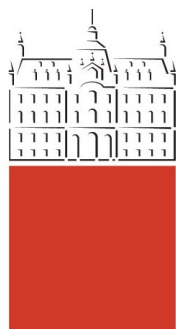


STROKOVNO SADJARSKO DRUŠTVO SLOVENIJE
UNIVERZA V LJUBLJANI, BIOTEHNIŠKA FAKULTETA,
ODDELEK ZA AGRONOMIJO,
KATEDRA ZA SADJARSTVO, VINOGRADNIŠTVO IN VRTNARSTVO



Univerza
v *Ljubljani* *Biotehniška*
fakulteta
Oddelek za agronomijo



ZBORNİK REFERATOV

5. SLOVENSKEGA SADJARSKEGA
KONGRESA Z MEDNARODNO UDELEŽBO

KRŠKO, 17. – 18. JANUAR 2024

LJUBLJANA, 2024

**STROKOVNO SADJARSKO DRUŠTVO SLOVENIJE
UNIVERZA V LJUBLJANI, BIOTEHNIŠKA FAKULTETA,
ODDELEK ZA AGRONOMIJO,
KATEDRA ZA SADJARSTVO, VINOGRADNIŠTVO IN VRTNARSTVO**

ZBORNİK REFERATOV

**5. SLOVENSKEGA SADJARSKEGA
KONGRESA Z MEDNARODNO UDELEŽBO**

KRŠKO, 17. – 18. JANUAR 2024

LJUBLJANA, 2024

Katalogni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani
COBISS.SI-ID 180460035
ISBN 978-961-91301-6-2 (PDF)

Organizacijski odbor:

prof. dr. Metka HUDINA
prof. dr. Robert VEBERIČ
prof. dr. Gregor OSTERC
izr. prof. dr. Jerneja JAKOPIČ
izr. prof. dr. Valentina USENIK
izr. prof. dr. Ana SLATNAR
izr. prof. dr. Maja MIKULIČ PETKOVŠEK
dr. Mariana Cecilia GROHAR
dr. Aljaž MEDIČ
dr. Tilen ZAMLJEN
Tina SMRKE, mag. inž. hort. asist.
Saša GAČNIK, mag. inž. hort.
Petra KUNC, mag. inž. hort.
Vojko BIZJAK, univ. dipl. inž.
Magdalena KROŠELJ, univ. dipl. inž.

Strokovni odbor:

prof. dr. Metka HUDINA
prof. dr. Franci ŠTAMPAR
prof. dr. Robert VEBERIČ
znan. svet. dr. Anita SOLAR
izr. prof. dr. Jerneja JAKOPIČ
izr. prof. dr. Valentina USENIK
prof. dr. Rajko VIDRIH
prof. dr. Tatjana UNUK
doc. dr. Nika CVELBAR WEBER
dr. Anka ČEBULJ
mag. Viljanka VESEL

Organizatorja:

- Strokovno sadjarsko društvo Slovenije, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, e-mail: sad.kongres@bf.uni-lj.si; spletna stran: <http://sadjar.si/kongresi/>
- Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana

Urednik zbornika: prof. dr. Metka HUDINA

Tehnični urednik: prof. dr. Metka HUDINA

Založnik: Strokovno sadjarsko društvo Slovenije, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana

Kraj in leto izida: Ljubljana, 2024

1. elektronska izdaja

Objavljeni članki so recenzirani.

Dostopno na: <https://sadjar.si/kongresi/>

KAZALO

SLOVENSKO SADJARSTVO - QUO VADIS? Marko BABNIK SLOVENIAN FRUIT GROWING - QUO VADIS?	1
HOW DOES SECTORIAL PRUNING AFFECT THE VEGETATIVE GROWTH, PRODUCTIVITY AND FRUIT QUALITY OF SUBSTRATE-GROWN HIGHBUSH BLUEBERRY CV. 'BLUECROP'? Jasminka MILIVOJEVIĆ, Dragan RADIVOJEVIĆ, Đorđe BOŠKOV, Jelena DRAGIŠIĆ MAKSIMOVIĆ, Dragica MILOSAVLJEVIĆ, Slavica SPASOJEVIĆ, Robert VEBERIČ, Maja MIKULIČ PETKOVŠEK KAKO VPLIVA SEKCIJSKA REZ NA VEGETATIVNO RAST, RODNOST IN KAKOVOST PLODOV V SUBSTRATU GOJENIH AMERIŠKIH BOROVIČNIH SORTI 'BLUECROP'?	9
KONKURENČNA PRIDELAVA JABOLK – RAZVOJ V NASLEDNJIH LETIH Franci ŠTAMPAR, Metka HUDINA COMPETITIVE PRODUCTION OF APPLE – DEVELOPMENT IN THE COMING YEARS	18
PRECIZNO SADJARSTVO: VPLIV OSVETLITVENE REZI NA FIZIOLOGIJO JABLANE Robert VEBERIČ, Jerneja JAKOPIČ, Mariana Cecilia GROHAR PRECISION FRUIT GROWING: THE EFFECT OF PREHARVEST PRUNING ON APPLE PHYSIOLOGY	26
RAZLIČNO CVETOČE JABLANE SE RAZLIČNO ODZIVAJO NA REDČENJE PLODIČEV IN SPODBUJANJE POVRATNEGA CVETENJA – POTREBA PO SELEKTIVNEM PRISTOPU Matej STOPAR, Biserka DONIK PURGAJ, Marko HOČEVAR DIFFERENT FLOWERING APPLE TREES REACT DIFFERENTLY TO FRUITLET THINNING AND FLOWER PROMOTION – A SELECTIVE APPROACH TO TREE MANAGEMENT IS REQUIRED	32
EMULGATORJI KOT ALTERNATIVA KLASIČNIM SREDSTVOM ZA REDČENJE PLODIČEV JABLANE Nika HILLMAYR, Matej STOPAR EMULGATORS AS AN ALTERNATIVE TO CLASSICAL APPLE THINNERS	38
VPLIV BIOSTIMULANTA AMICEL ROOT NA PRIDELEK PRI JABLANI (<i>Malus domestica</i> Borkh.) Metka HUDINA, Jerneja JAKOPIČ, Robert VEBERIČ THE INFLUENCE OF THE AMICEL ROOT BIOSTIMULANT ON THE YIELD OF THE APPLE TREE (<i>Malus domestica</i> Borkh.)	44
'MOJCA' – NOVA SLOVENSKA SORTA JABLANE (<i>Malus domestica</i> Borkh.) Alojz MUSTAR, Tanja BAŠKOVČ 'MOJCA' – A NEW SLOVENIAN APPLE CULTIVAR (<i>Malus domestica</i> Borkh.)	54

NEIZKORIŠČEN POTENCIAL SLOVENSKE SORTE JABOLK 'MAJDA' IN MOŽNOST NJENE UPORABE V GOSPODARSTVU – ZAKLJUČEK PROJEKTA Anka ČEBULJ UNUSED POTENTIAL OF SLOVENIAN APPLE CULTIVAR 'MAJDA' AND POSSIBLE USE IN THE INDUSTRY – PROJECT RECAP	58
POSTOPKI ZA AVTOMATIZIRANO ZGODNJE NAPOVEDOVANJE PRIDELKA JABOLK Simon KOLMANIČ, Stanislav TOJNKO, Nina TOJNKO, Denis STAJNKO, Tatjana UNUK PROCEDURES FOR AUTOMATED EARLY PREDICTION OF APPLE YIELD	63
RAZNOLIKOST JABLANE V SLOVENIJI: MONITORING IN GENOTIPIZACIJA SORT Valentina USENIK, Gregor OSTERC, Kristina GOSTINČAR, Zlata LUTHAR APPLE DIVERSITY IN SLOVENIA: MONITORING AND GENOTYPING OF VARIETIES	70
RAZNOLIKOST HRUŠKE V SLOVENIJI: MONITORING IN GENOTIPIZACIJA SORT Gregor OSTERC, Valentina USENIK, Kristina GOSTINČAR, Zlata LUTHAR PEAR DIVERSITY IN SLOVENIA: MONITORING AND GENOTYPING OF VARIETIES	77
VPLIV PODLAGE NA RAST, RODNOST IN ODMIRANJE DREVES PRI SLIVI (<i>Prunus domestica</i> L.) Davor MRZLIČ, Erika KOMEL, Valentina USENIK THE IMPACT OF ROOTSTOCK ON GROWTH, PRODUCTIVITY AND DECLINE OF PLUM (<i>Prunus domestica</i> L.) TREES	84
EFFECTS OF A CHITOSAN COATING ON THE POST-STORAGE QUALITY OF PLUM FRUIT Aleksandra KORIČANAC, Dragan MILATOVIĆ, Branko POPOVIĆ, Olga MITROVIĆ, Tanja VASIĆ, Ivana GLIŠIĆ VPLIVI PREVLEKE IZ HITOZANA NA KAKOVOST PLODOV SLIVE PO SKLADIŠČENJU	91
VPLIV TERMINA REZI NA RAST IN RODNOST ČEŠNJE Valentina USENIK, Erika KOMEL, Matej VOŠNJAK, Davor MRZLIČ THE EFFECT OF PRUNING TIMING ON GROWTH AND PRODUCTIVITY OF SWEET CHERRY TREES	98
ODZIV ČEŠNJE NA IZPOSTAVITEV NIZKIM TEMPERATURAM ZRAKA PO CVETENJU Matej VOŠNJAK, Valentina USENIK RESPONSE OF SWEET CHERRY TO EXPOSURE TO LOW AIR TEMPERATURES AFTER FLOWERING	103

- RDEČA SADNA PRŠICA: VPLIV NA METABOLIZEM LISTOV IN PLODOV
JABLAN
Mariana Cecilia GROHAR, Jerneja JAKOPIČ, Robert VEBERIČ
SPIDER MITE: EFFECT ON APPLE LEAF AND FRUIT METABOLISM 109
- UČINKOVITOST METOD VARSTVA RASTLIN Z NIZKIM TVEGANJEM:
OBVLADOVANJE MARMORIRANE SMRDLJIVKE (*Halyomorpha halys* [Stål]) V
NASADIH JABLANE Z UPORABO PROTIINSEKTNIH MREŽ
Mojca ROT, Ivan ŽEŽLINA, Branko CARLEVARIS, Marko DEVETAK, Jan ŽEŽLINA,
Vasja JURETIČ, Danijela VOLK, Erika KOMEL, Davor MRZLIĆ
LOW-RISK PLANT PROTECTION METHODS EFFICACY: BROWN
MARMORATED STINK BUG (*Halyomorpha halys*) MANAGEMENT IN APPLE
ORCHARDS USING INSECT PROOF NETS 115
- POPULACIJSKA DINAMIKA MARMORIRANE SMRDLJIVKE (*Halyomorpha halys*
(Hemiptera: Pentatomidae)) V OLJČNIKI SLOVENSKE ISTRE LETA 2023
Sara HOBLAJ, Marko DEVETAK, Matjaž JANČAR, Mojca ROT, Jan ŽEŽLINA
POPULATION DYNAMICS OF THE BROWN MARMORATED STINK BUG
(*Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae)) IN THE OLIVE ORCHARDS OF
SLOVENIAN ISTRIA IN 2023 123
- UČINKOVITOST PRIPRAVKOV Z NIZKIM TVEGANJEM NA ŠKODLJIVE
ORGANIZME V OLJČNIKI
Sara HOBLAJ, Marko DEVETAK, Matjaž JANČAR, Jan ŽEŽLINA
EFFICIENCY OF LOW RISK PLANT PROTECTION PRODUCTS ON PESTS AND
DISEASES IN OLIVE ORCHARDS 132
- REZULTATI PROUČEVANJA SORT OLJK V SLOVENSKI ISTRI
Viljanka VESEL, Teja HLADNIK
RESULTS OF OLIVE VARIETIES STUDY IN THE SLOVENIAN ISTRIA 140
- FENOLOŠKI RAZVOJ OLJKE (*Olea europaea* L.) IN SPRMENJENI ABIOTSKI
DEJAVNIKI - PRELIMINARNA ANALIZA
Maja PODGORNIK, Milena BUČAR MIKLAVČIČ, Vasilij VALENČIČ, Rok BABIČ,
Jakob FANTINIČ
PHENOLOGICAL DEVELOPMENT OF OLIVE TREE (*Olea europaea* L.) AND
MODIFIED ABIOTIC CONDITIONS - A PRELIMINARY ANALYSIS 150
- VPLIV RAZLIČNIH VRST GNOJIL NA OLJKO (*Olea europaea* L.) V ZMERNEM
SREDOZEMSKEM PODNEBJU
Jakob FANTINIČ, Milena BUČAR MIKLAVČIČ, Vasilij VALENČIČ, Rok BABIČ,
Maja PODGORNIK
COMPARISON OF THE EFFECTS OF DIFFERENT TYPES OF FERTILIZERS ON
OLIVE (*Olea europaea* L.) IN A SUB-MEDITERRANEAN CLIMATE 158

- NEKATERE KEMIJSKE ZNAČILNOSTI DOMAČIH SORT OLJKE 'BUGA', 'ČRNICA'
IN 'DROBNICA'
Vasilij VALENČIČ, Milena BUČAR-MIKLAVČIČ, Maja PODGORNIK
SOME CHEMICAL CHARACTERISTICS OF DOMESTIC VARIETIES 'BUGA',
'ČRNICA' AND 'DROBNICA' 164
- CHANGES IN STRAWBERRY AROMA: DOES FRUIT SIZE MATTER?
Kristyna ŠIMKOVA, Robert VEBERIČ, Mariana Cecilia GROHAR, Tea IVANČIČ, Tina
SMRKE, Massimiliano PELACCI, Jerneja JAKOPIČ
SPREMINJANJE AROME JAGOD – JE VELIKOST PLODOV POMEMBNA? 171
- PHYTOCHEMICAL CHARACTERISATION OF THE SOROSSES OF THE OLD
LOCAL MULBERRY GENOTYPES AND REINTRODUCTION OF MORICULTURE
IN SLOVENIA WITH THE AIM OF DIFFERENT USES IN AGRICULTURE
Andreja URBANEK KRAJNC, Jan SENEKOVIČ, Špela JELEN, Martin KOZMOS,
Johannes RABENSTEINER, Maja MIKULIČ PETKOVŠEK, Gregor OSTERC
FITOKEMIČNA KARAKTERIZACIJA PLODOV STARIH LOKALNIH GENOTIPOV
MURV IN PONOVRNO UVAJANJE PRIDELAVE MURV V SLOVENIJI Z NAMENOM
VSESTRANSKE UPORABNOSTI V KMETIJSTVU 177
- VSEBNOST FENOLNIH SPOJIN V RAZLIČNIH DELIH OREHA
Aljaž MEDIČ, Robert VEBERIČ
THE CONTENT OF PHENOLIC COMPOUNDS IN DIFFERENT PARTS OF THE
WALNUT PLANT 190
- USPEŠNOST RAZMNOŽEVANJA EVROPSKEGA PRAVEGA KOSTANJA (*Castanea
sativa* Mill.) TER KRIŽANCEV JAPONSKEGA IN EVROPSKEGA PRAVEGA
KOSTANJA (*Castanea crenata* Sieb. in Zucc. x *Castanea sativa* Mill.) Z METODO
ZELENIH POTAKNJENCEV
Petra KUNC, Gregor OSTERC
PROPAGATION SUCCESS OF EUROPEAN CHESTNUT (*Castanea sativa* Mill.) AND
HYBRIDES OF JAPANESE AND EUROPEAN CHESTNUT (*Castanea crenata* Sieb.
and Zucc. x *Castanea sativa* Mill.) USING GREEN CUTTINGS METHOD 196
- TO BIO OR NOT TO BIO? A COMPARATIVE ANALYSIS OF TOTAL PHENOLIC
CONTENT IN SELECTED ORGANICALLY AND CONVENTIONALLY GROWN
FRUITS
Martina PERŠIČ, Igor BRGIČ, Marijana KOZARIĆ CIKOVIČ, Melita ZEC VOJINOVIČ,
Marin TOMIČIČ, Slavica DUDAŠ
V BIO ALI NE V BIO? PRIMERJALNA ANALIZA VSEBNOSTI SKUPNIH
FENOLOV V IZBRANEM EKOLOŠKO IN KONVENCIONALNO PRIDELANEM
SADJU 202
- PREŽIVETJE TRAVNIH MEŠANIC IN TRAV V NEGOVANI LEDINI
Ivan KODRIČ, Anka POŽENEL
SURVIVAL OF GRASS MIXTURES AND GRASSES IN THE MOWED FALLOW
STRIP 209

- UPORABA BIORAZGRADLJIVIH FOLIJ V PRIDELAVI JAGOD: REŠITEV ALI
NOVI IZZIVI? - PRELIMINARNA ANALIZA
Mateja POTISEK, Darinka KORON, Nika CVELBAR WEBER
USE OF BIODEGRADABLE FILMS IN STRAWBERRY PRODUCTION: SOLUTION
OR NEW CHALLENGES? - PRELIMINARY RESEARCH 216
- SEASONAL VARIATIONS ON THE BIOCHEMICAL FRUIT PROFILE OF
BLUEBERRY CULTIVARS
Pakeza DRKENDA, Stefan MARKOVIĆ, Asima AKAGIĆ, Osman MUSIĆ, Amila
ORAS, Mariana Cecilia GROHAR, Robert VEBERIČ, Metka HUDINA
SEZONSKE SPREMEMBE BIOKEMIJSKEGA PROFILA PLODOV SORT
AMERIŠKIH BOROVNIC 225
- VPLIV ČASA IN TEMPERATURE ZAMRZOVANJA NA KEMIČNO SESTAVO
PLODOV AMERIŠKE BOROVNICE SORTE 'BLUECROP'
Maja MIKULIČ-PETKOVŠEK, Daša PODBOJ, Darinka KORON, Zala ZORENČ, Robert
VEBERIČ INFLUENCE OF TIME AND TEMPERATURE OF FREEZING ON THE
CHEMICAL COMPOSITION OF FRUITS OF AMERICAN BLUEBERRY CULTIVAR
'BLUECROP' 227
- PRESERVATION AND REVITALIZATION OF THE TRADITIONAL PEAR
CULTIVAR 'TEPKA' IN CROATIA
Martina SKENDROVIĆ BABOJELIĆ
OHRANJANJE IN REVITALIZACIJA TRADICIONALNE SORTE HRUŠK 'TEPKA'
NA HRVAŠKEM 234
- VPLIV SALICILATOV NA FIZIKALNO-KEMIJSKE LASTNOSTI JAGOD
Saša GAČNIK, Darinka KORON, Maja MIKULIČ-PETKOVŠEK
EFFECTS OF SALICYLIC ACID AND ITS DERIVATIVES ON PHYSICO-
CHEMICAL PROPERTIES OF STRAWBERRY FRUITS 238
- INFLUENCE OF ENZYME-ASSISTED EXTRACTION ON THE YIELD, COLOUR
AND CONCENTRATION OF SELECTED PRIMARY AND SECONDARY
METABOLITES IN THE JUICE OF ARONIA (*Aronia melanocarpa* L.)
Alema PUZOVIĆ, Maja MIKULIČ-PETKOVŠEK
VPLIV ENZIMSKE EKSTRAKCIJE NA IZKORISTEK, BARVO IN
KONCENTRACIJO IZBRANIH PRIMARNIH IN SEKUNDARNIH METABOLITOV V
SOKU ARONIJE (*Aronia melanocarpa* L.) 244
- DIHYDROQUERCETIN-BASED NANOEMULSION AS A PROMISING
BIOSTIMULANT FOR ENHANCING IN FRUIT QUALITY OF STRAWBERRY
Jelena TOMIĆ, Boris RILAK, Žaklina KARAKLAJIĆ-STAJIĆ, Marijana PEŠAKOVIĆ,
Svetlana M. PAUNOVIĆ, Aleksandra KORIČANAC
NANOEMULZIJA NA OSNOVI DIHIDROKVERCETINA KOT OBETAVNI
BIOSTIMULANT ZA IZBOLJŠANJE KAKOVOSTI PLODOV JAGODE 250

- ALI PRIDELAVA AMERIŠKIH BOROVIČ (*Vaccinium corymbosum* L.) POD RAZLIČNIMI FOTOSELEKTIVNIMI MREŽAMI VPLIVA NA ZRELOST IN KEMIČNO SESTAVO PLODOV?
Tina SMRKE, Mariana Cecilia GROHAR, Eva INDIHAR, Robert VEBERIČ, Metka HUDINA, Jerneja JAKOPIČ
DOES PRODUCTION OF Highbush BLUEBERRY (*Vaccinium corymbosum* L.) PLANTS UNDER DIFFERENT PHOTOSELECTIVE NETS AFFECT FRUIT MATURITY AND CHEMICAL COMPOSITION? 258
- TEHNOLOŠKE REŠITVE ZA ZAŠČITO VISOKOKAKOVOSTNEGA PRIDELKA PRED NEGATIVNIMI VPLIVI POZEBE V SADOVNJAKIH – EIP POZEBA
Jerneja JAKOPIČ, Robert VEBERIČ, Metka HUDINA, Franci ŠTAMPAR
TECHNOLOGICAL SOLUTIONS IN ORCHARDS FOR THE PROTECTION OF HIGH-QUALITY YIELDS AGAINST FROST DAMAGE – EIP FROST 266
- NOVE ODPORNE SORTE JABOLK PREUČEVANE V SLOVENIJI
Domen ŠTAMIC, Biserka DONIK PURGAJ
NEW RESISTANT APPLE VARIETIES STUDIED IN SLOVENIA 268
- SPREMLJANJE NOVIH PODLAG ZA JABLANO V SLOVENIJI, NA SORTI 'GALAVAL'
Biserka DONIK PURGAJ
MONITORING OF NEW ROOTSTOCKS FOR APPLE TREE IN SLOVENIA, ON THE CULTIVAR 'GALAVAL' 274
- 'BONITA' – PRIMER CELOSTNEGA UVAJANJA NOVE SORTE JABOLK
Jerneja JAKOPIČ
'BONITA' – AN EXAMPLE OF THE COMPREHENSIVE INTRODUCTION OF A NEW VARIETY OF APPLES 282
- BIOFIZIKALNI PARAMETRI POVRŠINE AVTOHTONIH IN NOVIH SORT JABOLK
Klemen BOHINC, Roman ŠTUKELJ, Anže ABRAM, Ivan JERMAN, Nigel VAN DE VELDE, Rajko VIDRIH
BIOPHYSICAL PARAMETERS OF THE SURFACE OF AUTOCHTHONOUS AND NEW CULTIVARS OF APPLES 290
- VPLIV REZI NA PRIDELEK TREH SORT ŽIŽOLE (*Ziziphus jujuba* Mill.)
Rok BABIČ, Jakob FANTINIČ, Maja PODGORNIK
EFFECT OF PRUNING ON THE YIELD OF THREE JUJUBE VARIETIES (*Ziziphus jujuba* Mill.) 294

SLOVENSKO SADJARSTVO – QUO VADIS?

Marko BABNIK¹

POVZETEK

Varovanje vodnih virov in domača pridelava hrane sta strateški prioriteti za vsako državo, saj zagotavljata osnovo za vse panoge. V drugi polovici 19. in začetku 20. stoletja je Slovenija pridelovala sadje visoke kakovosti, vendar so po drugi svetovni vojni ekstenzivni nasadi doživeli težave s škodljivci. Uvedba novih tehnologij, gostega sajenja in poslovna povezanost so premagali krizo v sedemdesetih letih. Sedaj se soočamo z izzivi kot so nižje odkupne cene slovenskega sadja od sosednjih držav, saj poceni uvoženo sadje predstavlja konkurenco. Slovenija je primerljiva z razvitimi EU državami glede intenzivnosti sadjarstva, vendar zaostaja pri zaščiti, stalnosti pridelkov in hladilni infrastrukturi. Ekološka pridelava narašča, vendar se sooča z izzivi, kot so stroški, manjši pridelki in nihanje cen. Intenzivna integrirana pridelava sadja temelji na znanstvenih dognanjih in pridelava glavne tržne viške sadja. Pomemben pokazatelj je stopnja samooskrbe, ki pa je v upadanju zaradi sprememb v kmetijskih površinah in neugodnih klimatskih razmer v zadnjem desetletju. Načrti za izboljšanje stanja v slovenskem sadjarstvu, ki se sooča z izzivi, kot so podnebne spremembe, globalizacija, inovacije ter organizacijski izzivi, vključuje naslednje ključne točke: ukrepi za blažitev podnebnih sprememb, izkoriščanje odličnih okoljskih razmer, vzpostavitev učinkovitega poslovnega modela, izkoriščanje inovacij in 4. industrijske revolucije, povezovanje izobraževalnih in strokovnih institucij ter prenos znanja do sadjarjev, ustvarjanje ugodnih pogojev za razvoj sadjarstva kot panoge in postavitve kompetenčnega centra.

Ključne besede: sadjarstvo, razvoj, ukrepi

SLOVENIAN FRUIT GROWING – QUO VADIS?

ABSTRACT

The protection of water resources and domestic food production are strategic priorities for every country, as they form the basis for all sectors. In the second half of the 19th and the beginning of the 20th century, Slovenia produced high-quality fruit, but after the Second World War, the extensive orchards struggled with pest infestation. The crisis was overcome in the 1970s thanks to the introduction of new technologies, dense planting and the networking of companies. Current challenges comprise lower purchase prices for Slovenian fruit compared to neighbouring countries, with cheap imported fruit representing the competition. Slovenia is comparable to developed EU countries in terms of the intensity of fruit growing but lags in terms of protection, crop stability, and storage infrastructure. Organic farming is growing but facing problems such as costs, lower yields, and price fluctuations. Intensive integrated fruit growing is based on scientific knowledge and produces the largest surpluses. An important indicator is the degree of self-sufficiency, which has been declining over the last decade due to changes in the area under cultivation and unfavourable climate conditions. In order to improve the situation of Slovenian fruit growing in the light of challenges such as

¹ Podpredsednik Strokovnega sadjarskega društva Slovenije, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

climate change, globalization, innovation, and organizational issues, potential plans should include the following key points: measures to mitigate climate change, intelligent use of the excellent local environmental conditions, the creation of an efficient business model, the use of innovation from the fourth industrial revolution, the networking with educational and vocational training institutions, the transference of knowledge to fruit growers, the creation of favourable conditions for the development of fruit growing as an industry, and the establishment of a competence center.

Key words: fruit growing, development, measures

1. UVOD

Noben človek ne preživi brez vode in hrane. Gospodarstvo pa ne more delovati brez ljudi. Varovanje vodnih virov in pridelava hrane morata biti prvi strateški prioriteti vsake države. To sta temelja na katerih slonijo vse ostale panoge. Država, ki ne ohranja vodne vire in ne zagotovi dovolj doma pridelane hrane je zelo ranljiva, ker je močno odvisna od držav izvoznic hrane. Znotraj kmetijstva ima sadjarstvo posebno mesto. Je tehnološko najbolj zahtevna panoga. Pridelano sadje zagotavlja prebivalstvu naraven vir vitaminov, vlaknin, mineralov in ostalih koristnih snovi, ki lahko preprečijo ali omilijo marsikatero bolezen in tako se posledično zmanjša število obolelih. Zato sadje spada v glavno skupino živil in mora biti vsak dan na jedilniku.

2. KRATEK PREGLED ZGODOVINE PRIDELAVE SADJA NA NAŠEM OZEMLJU

Stanje pred 2. svetovno vojno

V drugi polovici 19. in začetku 20. stoletja so sadje, pridelano na območju današnje Slovenije, prodajali tudi na Dunaju, v Budimpešti in v Trstu. Sadje je bilo prepoznavno zlasti zaradi **izredne okusnosti**. Imeli smo okoli 42.000 ha sadovnjakov.

Stanje po 2. svetovni vojni

Takoj po vojni smo imeli neintenzivne visokodebelne sadovnjake; velik problem je predstavljal škodljivec: ameriški kapar. Sadje je bilo slabe kakovosti z nizkimi pridelki. Preboj iz krize je prinesla zlasti uvedba nove tehnologije, goste sadnje jablan, v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja in poslovna povezanost. V tem obdobju so sadjarji med seboj kontinuirano korektno sodelovali in odkrito komunicirali. Gostejša sadnja se je uveljavila tudi pri drugih sadnih vrstah, ker je bila ekonomsko učinkovita Tuji strokovnjaki (iz Belgije in Južne Tirolske) so svetovali pri uvedbi novih tehnologij. Tujih izkušenj nismo slepo prenesli v naš prostor ampak smo s poskusnimi nasadi prišli do lastnih izkušenj. Temeljno vodilo je bila ekonomska uspešnost teh nasadov. Imeli smo strokovne mesečne, celo tedenske publikacije za področje sadjarstva, danes pa nimamo niti enega strokovnega glasila za to področje.

Stanje v zadnjem desetletju in danes

Smo primerljivi z razvitimi sadjarskimi državami v EU tako glede deleža pokritih površin intenzivnih sadovnjakov s proti točnimi mrežami, višine pridelkov v polno rodnih nasadih in gostote sajenja, zlasti pri jablanah in hruškah. Zaostajamo pri protislanski zaščiti, konstantnosti pridelkov (prevelika nihanja po letih glede količine in kakovosti pridelka, kar vpliva na trdnost prodajnih vezi) in pri hladilniški infrastrukturi. Na vsaj dveh področjih pa nismo uspeli: glede poslovne povezanosti in s tem povezane cenovne politike. Odkupna cena

slovenskih jabolk je precej nižja od odkupne cene jabolk v Nemčiji, Avstriji ali Italiji. Po drugi strani pa je močan pritisk poceni jabolk iz Poljske. Pridelava sadja ni dala dovolj denarja za pospešeno obnovo nasadov, ki zagotavljajo velike in kakovostne pridelke.

Pridelava v naših nasadih je intenzivna integrirana pridelava, nekoliko manj intenzivna je ekološka pridelava in ekstenzivna pridelava v travniških nasadih. Del sadja pridelamo na ohišnicah.

Travniški nasadi so pomembni za ohranjanje biotske raznovrstnosti in kulturne krajine. Zelo pomembni so tudi za pestrost turistične ponudbe. Pridelki so zelo nihajoči z izrazito alternanco. Travniški nasadi bodo težko dajali stalne pridelke, zato ne morejo biti osnova za predelovalno industrijo.

Ekološki nasadi se približujejo čim bolj naravni pridelavi sadja z minimalno uporabo fitofarmaceutskih sredstev (FFS). Marsikatera tehnološka rešitev iz ekološkega sadjarstva se potem uporablja tudi v intenzivni integrirani pridelavi. Hitrejši razvoj ekološkega sadjarstva zavira cena pridelanega sadja, ki ni veliko večja od sadja iz intenzivne integrirane pridelave. Ekološka pridelava ima večje stroške pridelave, večja je lahko škoda zaradi bolezni in škodljivcev, ki jih s pripravki za varstvo rastlin, dovoljenimi v ekološki pridelavi, še ne moremo zadovoljivo kontrolirati. Posledično so precej manjši pridelki. Premalo je kupcev, ki bi bili sposobni in pripravljeni plačati 2-3 x višjo ceno od sadja pridelanega na integriran način.

Intenzivna integrirana pridelava sadja temelji na vseh znanstvenih in izkustvenih dognanjih, ki jih uporabljamo v tehnologiji pridelave in skladiščenja sadja. Glavne tržne viške sadja dobimo iz intenzivne integrirane pridelave.

Sadje, iz vseh načinov pridelave mora biti, in je, varno za uživanje. Pomemben pokazatelj stanja pridelave sadja je stopnja samooskrbe s sadjem.

Preglednica 1: Delež samooskrbe s sadjem v Sloveniji (Vir: SURS)

Table 1: Percentage of self-sufficiency in fruit in Slovenia (Source: SURS)

Leto	1991	2000	2022
Samooskrba (%)	98,90	66,04	29,00
Obdobje	10 letno poprečje 2000-2009	10 letno poprečje 2010 - 2019	3 letno poprečje 2020 - 2022
Samooskrba (%)	52,03	38,53	26,33

V izjemnih razmerah bi morala biti vsaj 60 % samooskrba s sadjem, od katere smo pa zelo oddaljeni. Vidi se jasen trend upadanja stopnje samooskrbe. Samooskrba je močno odvisna od naraščanja ali zmanjševanja površin, kjer pridelujemo sadje (preglednica 2).

Zmanjšuje se delež površin jablan, hrušk, breskev in nektarin ter višenj; povečujejo se površine oljčnikov, orehov, jagod in koščičarjev (češnje, marelice, slive in češplje). V Sloveniji gojimo sadje na približno 13.000 ha površin (intenzivni in ekstenzivni nasadi ter ohišnice)

Preglednica 2: Površine intenzivnih nasadov (ha) pri različnih sadnih vrstah v Sloveniji (Sektor za kmetijske trge in sektorske načrte, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Direktorat za kmetijstvo)

Table 2: Areas of intensive plantations (ha) for various fruit species in slovenia (Sector for agricultural markets and sectoral plans, Ministry of agriculture, forestry and food, Directorate for agriculture)

Sadne vrste	Leto	Leto
	2000	2023
Jablane	3.081	1.938
Hruške	374	213
Breskve in nektarine	737	225
Višnje	72	8
Češnje	92	214
Marelice	43	89
Slive in češplje	57	67
Orehi	77	577
Jagode	107	130
Oljke	586	1.630 ^{*1} 2.571 ^{*2}

*1 Vir: register kmetijskih gospodarstev – RKG

*2 Vir: Evidenca rabe kmetijskih zemljišč - raba

V zadnjem desetletju se soočamo z neugodnimi klimatskimi spremembami, ki zahtevajo veliko večja vlaganja v napravo novih nasadov (mile zime, spomladanske pozebe, toča, orkanski vetrovi, močni nalivi, neenakomerna razporeditev padavin, neurja, poplave, poletne vročine, močno sončno žarčenje, suša, pojav novih škodljivcev in bolezni, ...). Od leta 2014 naprej so bili nasadi, lokalno ali po vsej Sloveniji, vsako leto prizadeti zaradi toče in samo 3 x nismo imeli pozebe!

3. KAJ MORAMO STORITI ZA IZBOLJŠANJE STANJA?

A. Zmanjšati negativni vpliv klimatskih sprememb.

Zaradi klimatskih sprememb je pridelava sadja vedno bolj rizična.

Klimatske spremembe in globalizacija sta tudi glavna vzroka za pojav novih, zelo škodljivih insektov, novih bolezni in invazivnih, tujerodnih plevelov. Izbor ustreznih sredstev za varstvo rastlin (FFS) se krči, ni pa ustreznih nadomestnih rešitev.

Imamo več možnosti za omilitev negativnih vplivov klimatskih sprememb:

- **Rajonizacija**

S posodobljeno rajonizacijo bomo izbrali območja, kjer je, poleg ostalih ekoloških pogojev, najmanj rizična pridelava glede na klimatske spremembe. Rajonizacija je eden izmed temeljnih projektov, ki bodo osnova za napravo novih nasadov različnih sadnih vrst na območjih, najprimernejših za gojenje določene sadne vrste, tako iz ekološkega kot ekonomskega vidika. Projekt zahteva interdisciplinaren pristop (sadjarska stroka, pedologi, klimatologi, ekonomisti....)

- **Standardni pristop za zaščito pridelka**

Vpliv neugodnih klimatskih sprememb na pridelavo sadja lahko dokaj uspešno kontroliramo s protislansko zaščito z oroševanjem, mrežami proti toči, namakalnimi sistemi, mrežniki proti

insektom, novimi pripravki za varstvo rastlin kar pa zahteva velik finančni vložek na enoto površine (ha).

Zavarovanje nasadov lahko povrne del dohodka zaradi izpada pridelka, vendar nimamo vsakoletnega pridelka, zato lahko hitro izgubimo težko pridobljeno tržišče.

- **Inovativni pristop z uporabo biotehnologije**

Lahko jih bistveno zmanjšamo z uporabo biotehnologije. Je cenejša, varna in učinkovita rešitev proti pozebam, suši, boleznim, škodljivcem, virusom in še mnogim drugim problemom. Med drugim nam bo omogočila, da se bomo hitreje približali enemu od ciljev slovenskih sadjarjev, ki je: pridelati sadje z 0.0 ostankov FFS. Imamo domače znanje in laboratorije. Za uvedbo biotehnologije v prakso moramo poučiti in prepričati javnost, da je varna in da prinaša ogromno prednosti. Brez nje v naslednjih desetletjih ne bo mogoče zagotoviti zadostnih količin varne hrane. Za objektivno poročanje o uporabi biotehnologije v kmetijstvu nam morajo na pomoč priskočiti mediji s korektnim poročanjem o tej tehnologiji. Mediji močno vplivajo na javno mnenje, to pa močno vpliva na politiko. Na koncu vedno odloči politika. Evropa je na tem področju zelo konzervativna in bistveno zaostaja za ostalim svetom. Biotehnologija se v svetu bliskovito razvija in uporablja v sklopu 4. industrijske revolucije. V bodoče se bomo morali odločiti čemu damo prednost (nekaj primerov):

- Sajenju sort, odpornih proti pozebi cvetov ali protislanski zaščiti s pomočjo oroševalnih sistemov?
- Sortam odpornim na boleznim, škodljivcem in viruse ali uporabi fitofarmaceutskih sredstev(FFS)?
- Sortam, odpornim na sušo ali intenzivnemu namakanju?

- **Veliki rastlinjaki**

Z gojenjem v velikih rastlinjakih lahko v veliki meri preprečimo negativne vplive vremena na rast in pridelek sadnih rastlin. V prvi fazi je realna predvsem pridelava jagodičja. Ob poslabšanju klimatskih razmer v naslednjih desetletjih je lahko to tudi rešitev za drevesaste sadne rastline.

B. Izkoristiti odlične okoljske razmere

Stalnica je trditev, da v Sloveniji lahko pridelamo sadje vrhunske kakovosti. Od nekdaj je bilo slovensko sadje prepoznavno po okusnosti in gojenju v čistem okolju. Pri nakupu sadja porabnika najprej privabi izgled, za ponoven nakup pa je bistvena okusnost. In naše sadje je okusno! To dokazujejo že od nekdaj briške in vipavske češnje, štajersko jabolko, v zadnjih letih pa oljčno olje. Pri vseh so porabniki prepoznali izjemno okusnost!

Izoblikujmo in dajmo na trg enotno blagovno znamko za slovensko sadje, ki bo vsebovala te prednosti: Slovensko sadje - okusno in varno! Slovenian Fruit – Tasty and Safe!

Ker nimamo količin, pridelajmo sadje vrhunske kakovosti. Ne smemo se ozirati na konkurenco iz tujine npr. Poljske, ampak moramo samozavestno postaviti pravo ceno za našo kakovost in najti kupce na EU tržišču in doma, ki to prepoznajo in kupijo.

C. Vzpostaviti učinkovit poslovni model

Trenutno stanje je odraz zatečenega stanja iz konca prejšnjega in začetka tega stoletja, ko se je na noge postavljala Republika Slovenija in so se dogajale velike spremembe. Mlada država ni bila, s svojim birokratskim aparatom, ki je kreiral in vodil lastno kmetijsko politiko, sposobna urediti državne in EU podpore na osnovi realnih tržnih danosti, ki so se zelo spremenile po razpadu Jugoslavije. Podpore investicijam so bile prepletene z mnogimi različnimi interesi ki pa žal niso vedno delovali v prid uspešnemu preoblikovanju slovenske tržne pridelave sadja in spremembam na področju organiziranega trženja domačega sadja.

Če na grobo primerjamo trenutno stanje prodaje jabolk v sosednji Avstriji z našim, vidimo pomembne razlike na tem področju.

V Avstriji obstaja večja specializacija in povezanost. Sadjarji pridelujejo sadje in nimajo lastnih hladilnic. Lastniki hladilnic, ki so samostojni podjetniki, odkupijo, skladiščijo, sortirajo in pakirajo sadje, ki ga pripeljejo sadjarji. Hladilnice (in z njo pogodbeno vezani sadjarji) so povezane v organizaciji proizvajalcev (OP), ki pokriva določeno območje. OP so upravičene do domačih in EU sredstev, ki so namenjene investicijam v sadjarsko infrastrukturo. To je tudi edino mesto, kjer trgovci lahko kupijo sadje iz hladilnic zato imajo malo manevrskega prostora za zniževanje cene. Organizacija proizvajalcev posluje stroškovno učinkovito in s svojim načinom poslovanja zagotavlja vsem članom čim boljši zaslužek. Tak način poslovne organiziranosti zahteva dosledno spoštovanje pravil. Kapaciteta hladilnic v Avstriji je med 15 – 30.000 t. Sadje iz ekoloških nasadov se skladišči v posebnih hladilnicah povezanih preko svoje organizacije pridelovalcev (OP).

V Sloveniji je pridelovalec, lastnik hladilnice in prodajalec večinoma ena družba, ki prideluje sadje, ga skladišči v lastni hladilnici in sama trži. Lahko pa odkupi tudi sadje od sadjarjev (lahko tudi s pogodbeni pridelovalci sadja), ki nimajo lastnih hladilnic. Trgovci kupujejo sadje pri vsaki sadjarski gospodarski družbi posebej, zato imajo večji manevrski prostor in lažje dosežejo nižjo odkupno ceno.

Ker še vedno večino sadja prodamo individualno, ne moremo izkoristiti sredstev, ki jih EU in država namenjata OP. Kapaciteta vseh hladilnic v Sloveniji je dovolj velika za količino sadja, ki ga pridelamo, vendar so hladilnice bistveno manjše kot v Avstriji (največja ima kapaciteto 10.000 t).

Zgodovina nas uči, da smo povezani praviloma močnejši in odpornejši. Pri vsakem povezovanju je zelo pomembna poštenost, zaupanje in korektnost. Sadjarji sami, predvsem mladi, se bodo morali dogovoriti, kakšen poslovni model bodo izbrali. Verjetno so tisti sadjarji ali sadjarske družbe, ki uvajajo najnovejše tehnologije in uspešno kljubujejo klimatskim spremembam sposobni uspešno pridelovati sadje za trg, ne glede na poslovni model. Moramo pa izbrati tak model, da bo večini sadjarjev omogočal dostojne zaslužke, kar je temelj za obnove in napravo novih nasadov.

D. Izkoristiti možnosti, ki jih ponuja 4. industrijska revolucija

Tretji industrijski revoluciji, ki jo običajno imenujemo računalniška ali digitalna revolucija sledi 4. industrijska revolucija. Ta nam omogoča, da množico podatkov, ki jih dobimo od pametnih tehnologij, ki temeljijo na umetni inteligenci, z uporabo pametnih sistemov izdela priporočila s predlagano rešitvijo ali nasvetom. Olajša sprejemanje odločitev, poveča produktivnost in zmanjša stroške.

Hitrost in obseg te revolucije sta neizmerna. Zajema različna področja: umetno inteligenco, robotiko, internet stvari, nanotehnologijo, biotehnologijo in še množico drugih področij. Predstavlja neslutene možnosti in sočasno tudi nevarnosti.

Četrte industrijske revolucije ne moremo izpeljati brez popolnega dostopa do interneta in digitalizacije. V sadjarstvu je prisotna tako v tehnologiji pridelovanja kot pri skladiščenju in prodaji. Tako med drugim omogoča, da postaja skladiščenje, sortiranje in pakiranje sadja ter logistika znotraj skladišč skoraj popolnoma avtomatiziran proces. Omogoča uvajanje dronov

za hitro in natančno odkrivanje bolezni in škodljivcev. Uvaja robote za obiranje sadja kar lahko bistveno zmanjšajo potrebo po sezonski delovni sili. V Sloveniji ni mogoče dobiti domače sezonske delavce za obiranje sadja. Žal moramo ugotoviti, da Slovenci izgubljammo sloves, da smo pridni in pošteni. Ne moremo več računati na uvoz sezoncev iz Balkana, ker raje odhajajo v države, kjer več zaslužijo. Prihaja sezonska delovna sila iz drugih celin, ki ima probleme s komunikacijo in integracijo.

Na biološkem področju so inovacije, zlasti v genetiki, osupljive in dajejo tudi sadjarstvu zelo uporabne inovacije. Uvesti jo moramo premišljeno, na podlagi tujih in domačih izkušenj ter ekonomske učinkovitosti. Domače znanje že imamo. Uvedba najnovejših tehnologij bo lahko hitrejša in učinkovitejša s pomočjo vrhunskih tujih strokovnjakov, če domačih za določeno področje nimamo. Lep primer za to lahko vidimo v slovenskem športu. Odbojka se je v nekaj letih zasidrala v samem evropskem in svetovnem vrhu s pomočjo vrhunskih tujih strokovnjakov.

E. Aktivirati šolstvo in strokovne ustanove

Pred šolstvom je velik izziv. Izobraževalne ustanove morajo dati dijakom in študentom zelo dobro temeljno znanje, znanje o najnaprednejših tehnologijah in jih usposobiti, da bodo poleg tega tudi široko razgledani. Tako bodo sposobni uvajanja najnovejših tehnologij in inovacij v sadjarstvo.

Poleg izobraževanja je na fakultetah zelo pomembno raziskovalno delo, ki naj bi imelo večji poudarek na temeljnih kot na aplikativnih raziskavah. Pri prehodu diplomantov v prakso je izrednega pomena kakovostno mentorstvo, ki mora biti opredeljeno, dosledno izvajano in nagrajeno. Šol s programom kmetijstva je na vseh nivojih dovolj ali morda celo preveč.

Strokovne ustanove morajo predvsem skrbeti za prenos znanja do porabnikov, sadjarjev. S sledenjem novostim v svetu, aplikativnimi raziskavami in tehnološkimi poskusi pridobijo lastne izkušnje, ki jih potem prenašajo v prakso. Stroka mora imeti zaupanje sadjarjev, ki potem strokovna navodila dosledno upoštevajo. Strokovnih ustanov imamo dovolj. Med seboj morajo doseči določen nivo sodelovanja in tudi skupnega odločanja.

Država vsem omogoča, da v okviru sektorskega ciljnega raziskovalnega programa (CRP »Naša hrana, podeželje in naravni viri«) lahko prijavijo raziskovalne teme, ki so bistvenega pomena za uvajanje inovacij, reševanje problemov in doseganje poslovnih ciljev sadjarstva.

Naše izobraževalne in strokovne ustanove imajo znanje za nove izzive samo učinkovito ga morajo prenesti na šolajoče in v prakso. Do sedaj je bilo napravljenih že veliko študij, raziskovalnih nalog in projektov, vendar je mnogo od teh neizkoriščenih.

F. Država naj ustvari ugodne pogoje za razvoj sadjarstva

Država je vedno pomemben dejavnik za razvoj določene panoge. Njena naloga je, da ustvari ugodne pogoje za razvoj panoge. Državna administracija (vodenje upravnih poslov) in resorna birokracija (uradniki, ki vodijo javno upravo) mora biti dober servis za panogo, da poenostavi poslovanje podjetij v panogi, ki jo pokriva. S tem tudi zmanjša stroške poslovanja. Učinkovita birokracija je zlata vredna in nujno potrebna, ne sme pa se razviti v birokratizem (formalistično, neživljenjsko upoštevanje predpisov, zlasti pri uradnikih (<https://fran.si>)).

Močan dejavnik so subvencije in sofinanciranje. Lahko pozitivno ali tudi negativno vplivajo na razvoj. Spremljanje in analiza njihovih učinkov je bistvenega pomena kam v bodoče usmeriti te podpore.

G. Postaviti »Kompetenčni center«

Učinkovito povezovanje stroke s pridelavo je zelo pomemben, vendar težaven segment, zato je cilj boljša organiziranost in sodelovanje med vsemi akterji.

Namen centra je:

- koncentracija sadjarskega znanja na enem mestu,
- poenotenje strokovnih navodil,
- enoten pristop k svetovanju,
- usklajeno znanje prenesti na uporabnika,
- povezovanju med različnimi subjekti vključenimi v prenos znanja in zagotavljanju lažje dostopnosti do strokovnih storitev.

Kompetenčni center je lahko koordinator implementacije strategije slovenskega sadjarstva v naslednjem obdobju.

Kdo bo prevzel odgovornost za bodoči razvoja sadjarstva?

Navzlic vsem novostim in napredku na vseh področjih je človek še vedno odločilen dejavnik za vpeljavo sprememb.

- Lahko so nosilci razvoja posamezni sadjarji, vendar v zelo omejenem obsegu.
- Poslovno povezana večina sadjarjev lahko da hiter zagon panogi (pomembno vlogo morajo imeti mladi, vrhunsko izobraženi sadjarji).
- Svež kapital iz drugih panog, ob angažiranju vrhunskih domačih ali tujih strokovnjakov, če vidi priložnost v pridelavi sadja.

Ob pomoči:

- Kompetenčnega centra - za koordinacijo in pomoč pri realizaciji strateških ciljev.
- Države - lahko da določene usmeritve in finančna sredstva, postavi pravila ter ustvari ugodno okolje za razvoj sadjarstva nikakor pa ne sme in ne more postati glavni načrtovalec in izvajalec strategije razvoja sadjarstva. To je naloga sadjarjev.

Odkriti moramo, kje je glavni vzrok, da nazadujemo – prodaja po nizkih cenah in pomanjkanje kapitala, nepovezanost, nezaupanje, ...?

4. SKLEPI

Navzlic vsem težavam moramo biti ponosni na naše sadjarje, da so še vedno v koraku s časom, da znajo pridelati sadje vrhunske kakovosti in da so odgovorni do okolja in porabnikov.

Želimo, da bo v bodoče sadjarstvo zopet paradna panoga slovenskega kmetijstva kar lahko dosežemo na temelju sodelovanja med sadjarji, stroko, trgovino in politiko ter permanentno korektno komunikacijo z javnostjo, kajti porabniki doma pridelanega sadja so vsi prebivalci naše države.

Slovensko sadje – okusno in varno!

HOW DOES SECTORIAL PRUNING AFFECT THE VEGETATIVE GROWTH, PRODUCTIVITY AND FRUIT QUALITY OF SUBSTRATE-GROWN HIGHBUSH BLUEBERRY CV. 'BLUECROP'?

Jasminka MILIVOJEVIĆ¹, Dragan RADIVOJEVIĆ¹, Đorđe BOŠKOV¹, Jelena DRAGIŠIĆ
MAKSIMOVIĆ², Dragica MILOSAVLJEVIĆ², Slavica SPASOJEVIĆ¹, Robert VEBERIČ³,
Maja MIKULIČ PETKOVŠEK³

ABSTRACT

The impact of pruning techniques on the plant growth, yield components and fruit quality traits of substrate-grown highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum*) cultivar 'Bluecrop' were evaluated over four years (2019-2022). The orchard was planted in the village of Gruža (Knić municipality, Serbia) in the spring of 2017 with 5-year-old nursery plants using 113 l polypropylene pots spaced 0.8 m apart in a row and 3.0 m between rows (4,170 plants/ha). At the onset of the trial the 'Bluecrop' plants were 8 years old. The two pruning techniques were applied: i) conventional pruning (CP) - removal of the most unproductive canes at the center of the canopy, and weak and excessively fruiting shoots from the top of bushes, and ii) sectorial pruning (SP) - only removal of basal canes in ¼ of the canopy each year. The average number of basal canes per bush was significantly lower in SP than in the CP treatment (14.4 vs. 17.4 canes bush⁻¹, respectively). SP plants had thinner canes than CP plants, which increased over the years of the study and reached a maximum diameter of 11.12 mm in 2022. CP had a positive influence on fruit yield (5.98 kg bush⁻¹), which was associated with a 20% higher number of fruits per bush than in sectorial pruned plants. The fruit yield increased in the first three years of the study, reaching a maximum value in 2021 (7.57 kg per bush), whereas an opposite trend was observed in average fruit weight over the years, with the lowest value reached in the last harvest year (1.81 g). Fruit weight and soluble solids content were not affected by the pruning method, while the content of total acids, total anthocyanins and total phenolics were significantly higher in fruit harvested from the SP treatment (0.70%, 37.04 mg eq mvd-3-G /100 g FW and 1.18 mg eq GA/g FW, respectively) along with the total antioxidant capacity (8.39 mg eq AsA /g FW).

Key words: highbush blueberry, substrate cultivation, pruning, plant growth, yield, fruit quality traits.

¹ University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Department of Fruit Science, 11080 Belgrade, Serbia

² University of Belgrade, Institute for Multidisciplinary Research, Kneza Višeslava 1, 11030 Belgrade, Serbia

³ University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovenia

KAKO VPLIVA SEKCIJSKA REZ NA VEGETATIVNO RAST, RODNOST IN KAKOVOST PLODOV V SUBSTRATU GOJENIH AMERIŠKIH BOROVNIC SORTE 'BLUECROP'?

POVZETEK

Na rastlinah ameriške borovnice, posajenih v loncih, smo v štiriletnem poskusu (2019–2022) ugotavljali vpliv različnih načinov rezi na rast grmov, pridelek in kakovost plodov. V poskus, ki smo ga postavili v vasi Gruža (občina Knić, Srbija) smo vključili 5 letne sadike ameriške borovnice (sorta 'Bluecrop') posajene v 113 litrske lonce. Razdalja med lonci je bila 0,8 m in medvrstna razdalja 3 m (4170 rastlin/ha). Na začetku preskušanja so bile rastline stare 8 let. Uporabili smo dve tehniki rezi: i) konvencionalna rez (CP) - odstranitev nerodnih poganjkov v sredini grma ter šibkih in preveč rodni poganjkov z vrha grmov in ii) sektorska rez (SP) - samo odstranitev bazalnih poganjkov na $\frac{1}{4}$ grma vsako leto. Povprečno število bazalnih poganjkov na grm je bilo značilno manjše pri SP kot obravnavanju CP (14,4 glede na 17,4 poganjkov/grm). Rastline SP so imele tanjše poganjke kot rastline CP, katerih poganjki so z leti raziskave postajali debelejši in leta 2022 dosegli največji premer 11,12 mm. Obravnavanje CP je pozitivno vplivalo na pridelek plodov (5,98 kg/grm), saj smo dosegli za 20% večji pridelek kot pri sektorijalno porezanih grmih. V prvih treh letih poskusa se je pridelek povečal in leta 2021 dosegel največjo vrednost (7,57 kg na grm). Nasprotno pa smo dobili manjše povprečne mase plodov, pri čemer smo najmanjšo povprečno maso dobili v zadnjem letu poskusa (1,81 g). Način rezi ni vplival na maso plodov in vsebnost topne suhe snovi, medtem ko so plodovi iz obravnavanja SP imeli večjo vsebnost skupnih kislin (0,70 %), skupnih antocianinov (37,04 mg eq mvd-3-G /100 g FW) in skupnih fenolov (1,18 mg eq GA/g FW) in tudi večjo antioksidativno kapaciteto (8,39 mg eq AsA/g FW).

Ključne besede: ameriška borovnica, pridelava v substratu, rez, rast rastlin, pridelek, kakovost plodov.

1. INTRODUCTION

The cultivation of highbush blueberry requires several management practices that affect production costs, yield and fruit quality (Retamales et al., 2023). Pruning is one of the most important cultural techniques in blueberry cultivation to balance fruit load and overall plant vigor. Highbush blueberry bushes need to be pruned regularly to maintain their productivity, with the pruning intensity depending on the age of the plants. In young plantations (three or four years old), the yield needs to be reduced to encourage vegetative growth and allow the bushes to develop properly (Milivojević and Miletić, 2022). Strik and Buller (2005) also confirmed that early fruit-bearing reduces the yield by 19% in cv. 'Bluecrop'. Regular pruning of mature bushes allows better light penetration into the canopy and stimulates the formation of more flower buds which consequently increase the fruit yield and contribute to its long-term stability. Numerous studies have examined the impact of the type and intensity of pruning on the bush architecture, fruit weight and harvest efficiency of the highbush blueberry (Retamales and Hancock, 2018; Strik and Buller, 2005; Strik et al., 2003; Siefher and Hancock, 1987). Pruning can change the plant architecture, i.e. the arrangement of the above-ground parts of the plant, whereby differences in the intensity of branching, the extension of the branches and the leaf position can be observed depending on the pruning technique used (Strik et al., 2003). Conventional pruning (CP) focuses on the removal of older, less productive canes at the base and excessively fruiting shoots at the top of the bush, as well as

the thinning out of annual shoots in the central part of the canopy. Well-pruned mature bushes of soil-grown highbush blueberries should have 15 to 18 well-positioned canes of varying ages. In contrast, soilless-grown blueberries with less intra-row spacing between containers should have 10 to 15 shoots depending on the cultivar's ability to form new canes (Milivojević and Miletić, 2022). Moderate pruning can lead to yield losses in the first year, but generally increases the fruit weight and may prevent a decline in productivity by stimulating the formation of new vigorous canes (Siefker and Hancock, 1987). Sectorial pruning (SP), a new pruning strategy for highbush blueberries used in Chile, involves removing a quarter of the basal canes in the shrub each winter without removing the canes in the other sectors of the canopy, thus completing the regeneration cycle of the entire bush in four years. Retamales et al. (2023) found that SP allows: i) to improve light availability in the center of the canopy; ii) to increase flower bud formation, fruit yield and quality; iii) to reduce the labor required for this task. The latter has become increasingly important as the availability of labor in blueberry growing areas decreases. While CP requires skilled labor capable of making many decisions in a short time, SP allows the use of unskilled labor due to the simplification of the instructions to be followed. Farmers are also keen to reduce the cost of pruning, which amounts to almost 20% of operating costs in blueberry fields (Retamales et al., 2023).

To our knowledge, there are no other studies investigating the long-term effects of sectorial pruning on the field performance and fruit quality of container-grown highbush blueberries. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of CP and SP on vegetative growth, yield components, nutritional and health-promoting properties of the fruit of the substrate-grown blueberry cultivar 'Bluecrop' over four seasons.

2. MATERIALS AND METHODS

The 4-year study was conducted from 2019 to 2022 in a mature blueberry field in the village of Gruža (municipality of Knić, Serbia). The orchard was planted in the spring of 2017 in 113 l polypropylene pots with 5-year-old nursery plants. The growing media was a mix of pine sawdust (50%) and white peat (50%). Each pot, filled with a mix, was placed at a spacing of 3 × 0.8 m (4,170 bushes ha⁻¹). At the onset of the trial the 'Bluecrop' plants were 8 years old. The orchard was covered with black anti-hail net. All cultural practices were regularly carried out to achieve a high fruit yield and quality. Irrigation and fertigation were provided by 4 spear drip emitters in each pot. Fertilizers were applied to achieve 72 kg N ha⁻¹, 48 kg P₂O₅ ha⁻¹ and 68 kg K₂O ha⁻¹. Two pruning methods were used: i) conventional pruning (CP), in which unproductive canes in the centre of the canopy and weak and excessively fruiting shoots at the top of the bushes were removed at the end of winter, and ii) sectorial pruning (SP), in which all canes in one quarter of the canopy were cut at the base at the end of winter each season. The trial was set up in a completely randomized design with 3 replications and 15 bushes/pots per replication for each pruning treatment.

The following vegetative and generative parameters were examined: height and width of bush (cm), number of basal canes per bush, diameter of canes (mm), number of fruits per bush, fruit weight (g) and yield per bush (kg). The maximum height and width of the bush were measured after cane growth and branching had stopped using the PVC tape at the end of each vegetative season. The number of basal canes per bush was measured before and after pruning at the end of winter each year, while cane thickening was assessed by measuring the diameter with a digital caliper (accuracy ±0.01 mm). The number of fruits per bush was counted after fruit set in the spring of each year to determine the yield potential. The yield per bush was

measured by weighing the fruit harvested from each plant over each season. A sample of 30 randomly selected fruits around the bush (from both pruning treatments and each replication) was collected at the second harvest (end of June) of each year to determine fruit weight (g), content of soluble solids – SSC, total acids – TA, total anthocyanins – TACY, total phenolics – TPC, and total antioxidant capacity – TAC. SSC was read by a digital refractometer (Pocket PAL-1, Atago, Japan) and results were expressed in % of dissolved solids in the fruit extract. The TA in the samples was analyzed using a digital burette for titration of 0.1 M NaOH to the endpoint and the acidity was expressed as a percentage of citric acid equivalents. For the extraction of phenolics, fruits were homogenized in 80% methanol (1:3 w/v). The homogenates were centrifuged at $10,000 \times g$ for 10 min. The three replications of supernatants were prepared for spectrophotometric analysis (Thermo Scientific Multiskan Spectrum, Vantaa, Finland). TPC in extracts was determined by the method based on the Folin-Ciocalteu phenol reagent using gallic acid (GA) as a standard for the calibration curve, modified for measurements in microtiter plates (Dragišić Maksimović and Živanović, 2012). Absorbance was read at 724 nm and results were expressed as milligrams of GA equivalent per gram of FW ($\text{mg GA eq g}^{-1} \text{FW}$). The TACY content was measured with the pH differential absorbance method (Cheng and Breen, 1991). Absorbance was measured at 510 and 700 nm (Multiscan® Spectrum, Thermo electron corporation, Vantaa, Finland) and results were expressed as malvidin-3-*O*-glucoside ($\epsilon = 36400 \text{ l mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) equivalents per 100 g of fresh weight ($\text{mg mvd-3-G eq } 100 \text{ g}^{-1} \text{FW}$). The TAC was measured by the ABTS method according to Arnao et al. (1999). The absorbance was recorded at 730 nm using a 2501 PC Shimadzu UV-vis spectrophotometer (Shimadzu, Kyoto, Japan) until a stable signal was attained due to ABTS-radical formation. The addition of fruit extracts (or ascorbic acid used as a standard) to the reaction mixture resulted in a decrease in absorbance as a result of ABTS-radical reduction. Results were expressed as milligrams of ascorbic acid equivalent per gram of fresh weight ($\text{mg AsA eq g}^{-1} \text{FW}$).

The data obtained in the research were processed applying the Fisher model of variance analysis (ANOVA, F test) and the statistics software package STATISTICA version 12.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA). The analyses were performed in three replications per treatment and obtained values were expressed as the means \pm standard error. The significance of differences between factor levels was determined using LSD test at the lowest significance level of $p \leq 0.05$.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Any pruning method must focus on maximizing light interception and reducing internal shading. To achieve these goals, SP generated a significantly lower average number of basal canes per bush compared to CP (14.4 vs. 17.4 bush⁻¹), but their number after pruning did not differ significantly across the years (Table 1).

The conventionally pruned bushes of the ‘Bluecrop’ cultivar had a greater average height (180.0 cm) and a larger cane diameter (11.14 mm), while no significant influence of the pruning technique on the width of the bushes was found. Retamales and Hancock (2018) reported that the highest-yielding bushes contain about 15-20% young canes (diameter <2.5 cm), 15-20% old canes (diameter >3.5 cm) and 50-70% middle-aged canes, which is not in agreement with our results. In our study, the highest average diameter of canes at the base was recorded in 2022 (11.12 mm), when the bushes were 11 years old, but they consisted of many younger canes that developed as a result of regular pruning. Plant structure may also contribute to fruit yield, with the number of canes per bush and their diameter, canopy

volume, number of fruits per cane and fruit weight identified as important factors for yield (Retamales et al., 2023; Milivojević et al., 2019; Siefker and Hancock, 1986).

Table 1: Effect of pruning method on vegetative growth of substrate-grown blueberry cv. 'Bluecrop' over four seasons

Preglednica 1: Vpliv načina rezi na vegetativno rast v substratu gojenih borovnicah sorte 'Bluecrop' v štirih rastnih dobah

Factor		Number of basal canes per bush at the end of winter		End of vegetation		
		Before pruning	After pruning	Bush height (cm)	Bush width (cm)	Diameter of basal canes (mm)
Pruning method	Conventional	20.8±0.63a	17.4±0.44a	180.0±3.4a	110.5±4.6	11.14±0.38a
	Sectorial	18.7±1.02b	14.4±0.70b	163.7±3.3b	107.8±5.5	9.04±0.22b
Year	2019	18.9±0.65b	15.2±0.726	172.5±6.4	86.3±1.2b	9.90±0.23b
	2020	22.8±0.77a	17.6±0.583	174.8±4.4	113.1±4.2a	9.12±0.27c
	2021	19.6±0.77b	15.8±0.929	178.7±5.4	124.3±6.3a	10.22±0.88b
	2022	17.8±1.70b	15.1±1.53	161.3±5.3	112.9±3.5a	11.12±0.64a
Sig.	Pruning method	*	***	**	ns	***
	Year	*	ns	ns	***	***
	Pruning method × Year	ns	ns	ns	ns	***

Data are presented as the means of 3 replications in each year ± standard error. Values within each column followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ (LSD test). Sig. – significance; * Significant at $P \leq 0.05$; ** Significant at $P \leq 0.01$; *** Significant at $P \leq 0.001$; ns – not significant.

Conventionally pruned plants had a higher average yield per bush than the plants in the SP treatment (5.98 kg vs. 4.99 kg bush⁻¹, respectively), which was associated with a 20% higher number of fruits per bush in the CP treatment (Table 2). These results could be due to the increased light availability provided by CP in various shaded parts of the canopy and the development of more productive canes. Siefker and Hancock (1987) compared the number of berries and yield per bush in mature 'Jersey' bushes over three years after removing 20 to 40% of the total basal area and found that pruning significantly reduced the number of berries in the first year, but not in the second and third years. In our study, the highest yield was obtained in the third season (7.55 kg bush⁻¹), while the lowest was in the first season (3.13 kg bush⁻¹). This increase in yield could be explained by the 2.6-fold increase in fruit number in both pruning treatments compared between season 1 and season 3. The lower average number of fruits was expected in the case of SP, as the initial canopy volume and cane diameter were reduced by the removal of a large proportion of the canopies during a 4-year study. It has also been reported that after a new shoot breaks from the base of the plant, it remains unbranched in the first year and begins to bear a fruit in the second year (Retamales and Hancock, 2018). Siefker and Hancock (1987) concluded that, as many as 40% of the buds could be pruned from a plant with no significant change in yield. They also found that pruning generally increases fruit weight and may act to prevent an eventual decline in productivity. However, the reverse relationship between the number of fruits and fruit weight in highbush blueberries

was already reported by Palma and Retamales (2017). In our study, no significant difference in fruit weight was found between pruning methods, but fruit weight decreased over the years, possibly related to the greater number of fruits per bush in the third and fourth season. Ehlenfeldt and Martin (2010) have evaluated whether the small fruit size is a consequence of poor pollination resulting in a reduced yield, or whether it indicates the overcropping of the plants, as yields over 10 years ranged from 3.7 to 7.0 kg per bush for 'Bluecrop', which is consistent with our results.

The nutritional quality of the fruit, as determined by the soluble solids content, was not affected by the pruning treatments, whereas a significant variation in the SSC was observed over the years, with the highest value reached in 2022 (12.45%). These results are generally lower than those for soilless-grown cv. 'Bluecrop' reported by Milivojević et al. (2019).

The variation of the SSC in fruits among different years of harvest can be explained by the fact that the accumulation of soluble solids in fruits is more intense if the weather is warmer and without precipitation during the ripening season. In addition to climatic factors, the genetic background, cultivation practices, growing location and harvest dates can also have a strong effect on the SSC in blueberries (Vittori et al., 2018; Milivojević et al., 2016). Organic acids contribute significantly to the fruit taste and flavor (Cvetković et al., 2022; Zorenc et al., 2016; Milivojević et al., 2012). In the present study, there were differences in the fruit acidity between the pruning treatments, with the mean TA content being higher in the SP treatment than in the CP (Table 3). Significant variations in TA content were also observed over the years, with a decrease in the last two years (0.61 and 0.68%, respectively), which probably influenced the increase in soluble solids content. These results confirm a previous finding of Cvetković et al. (2022), who determined a range of TA content of 0.44 to 1.12% depending on the harvest date. An increase in TA content of 34.5% from the first to the third harvest date was also measured by Castrejón et al. (2008) for the cultivar 'Bluecrop'.

Table 2: Effect of pruning method on number of fruit, fruit weight and yield per bush of substrate-grown blueberry cv. 'Bluecrop' over four seasons

Preglednica 2: Vpliv načina rezi na število plodov, maso ploda in pridelek na grm v substratu gojenih borovnic sorte 'Bluecrop' v štirih rastnih dobah

Factor		Number of fruit per bush	Fruit weight (g)	Yield per bush (kg)
Pruning method	Conventional	3004.2±314.9a	2.18±0.08	5.98±0.53a
	Sectorial	2562.3±294.6b	2.13±0.09	4.99±0.5b
Year	2019	1457.9±99.4c	2.33±0.07a	3.13±0.24c
	2020	2400.8±269.1b	2.38±0.13a	5.30±0.49b
	2021	3854.4±133.9a	2.09±0.05b	7.55±0.28a
	2022	3419.9±256.8a	1.81±0.04c	5.96±0.54b
Significance	Pruning method	***	ns	***
	Year	**	***	**
	Pruning method × Year	*	ns	ns

Data are presented as the means of 3 replications in each year ± standard error. Values within each column followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ (LSD test). * Significant at $P \leq 0.05$; ** Significant at $P \leq 0.01$; *** Significant at $P \leq 0.001$; ns – not significant.

The other factors that determine internal quality of the fruit, such as polyphenolics, are also affected by the pruning method in this study (Table 3). SP had a positive influence on TPC in the fruit (1.18 mg eq GA/g FW), while the highest content was measured in the first season (1.29 mg eq GA/g FW). According to Kim et al. (2013), the 'Bluecrop' cultivar grown in Korea exhibited higher TPC (2.05 mg eq GA/g FW) compared to the results of the present study. Anthocyanins are generally considered to be the largest and most important group of phenolics, which are water-soluble compounds responsible for the blue color of the fruit (Cosme et al., 2022; Milivojević et al., 2020; Retamales and Hancock, 2018; You et al., 2011). The average TACY content determined in the present study was significantly higher in the SP treatment (37.04 mg eq mvd-3-G /100 g FW), as increased light availability within the canopy contributes to anthocyanin biosynthesis and accumulation in the fruit. In addition, TACY was significantly affected by the pruning × year interaction, suggesting that both pruning method and weather conditions over the 4-year period influence the secondary metabolism of highbush blueberries.

The content of phytochemicals in blueberries, particularly anthocyanins and other polyphenolics, is responsible for the total antioxidant activity, which confirms the possibility of using a TPC as an indicator of antioxidant capacity (Milivojević et al., 2020). The contributions of TPC and TACY to expressed TAC of highbush blueberries were previously reported by Milivojević et al. (2016).

Table 3: Effect of pruning method on changes in the content of phytochemical compounds in the fruit of substrate-grown blueberry cv. 'Bluecrop' over four seasons

Preglednica 3: Vpliv načina rezi na spremembe vsebnosti fitokemičnih spojin v plodovih v substratu gojenih borovnic sorte 'Bluecrop' v štirih rastnih dobah

Factor		Soluble solids content (%)	Total acids content (%)	Total anthocyanin content (mg eq mvd-3-G /100 g FW)	Total phenolic content (mg eq GA /g FW)	Total antioxidant capacity (mg eq AsA /g FW)
Pruning method	Conventional	12.08±0.14	0.67±0.015b	31.32±0.97b	1.00±0.05b	7.58±0.28b
	Sectorial	12.20±0.10	0.70±0.019a	37.04±1.04a	1.18±0.05a	8.39±0.23a
Year	2019	12.02±0.29b	0.69±0.015b	31.60±1.72	1.29±0.03a	8.65±0.38
	2020	11.98±0.12b	0.75±0.023a	35.45±1.07	0.91±0.02c	8.27±0.31
	2021	12.12±0.06b	0.61±0.008c	35.03±2.64	1.09±0.09b	7.33±0.45
	2022	12.45±0.05a	0.68±0.014b	34.62±1.59	1.09±0.05b	7.71±0.26
Sig.	Pruning method	ns	*	***	***	*
	Year	**	***	ns	***	ns
	Pruning method × Year	***	*	*	***	ns

Data are presented as the means of 3 replications in each year ± standard error. Values within each column followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ (LSD test). Sig. – significance; * Significant at $P \leq 0.05$; ** Significant at $P \leq 0.01$; *** Significant at $P \leq 0.001$; ns – not significant. mvd-3-G, malvidin-3-O-glucoside; GA, gallic acid; AsA, ascorbic acid.

Other factors such as growing location, cultural management, maturity, postharvest handling and storage can influence blueberry metabolites in an inter- and intracultivar manner (Dragišić Maksimović et al., 2022; Vittori et al., 2018; Zorenc et al., 2016), but some antioxidant compounds show more plasticity depending on the weather conditions and do not change over the years, as confirmed by our research. Nevertheless, SP had a positive effect on the TAC in the fruit of cv. 'Bluecrop' (8.39 mg eq AsA /g FW), which is more likely related to higher concentrations of TACY and TPC in the fruit from the SP treatment, indicating a significant antioxidative activity of phenolic compounds in blueberry fruit. A similar observation was reported by Milivojević et al. (2016), who demonstrated that TAC levels in the fruits of the soil-grown blueberry cv. 'Bluecrop' is moderately influenced by the harvest date and weather conditions for two consecutive years.

In conclusion, the 4-year study on the overall effect of pruning methods showed that SP did not stimulate bush development resulting in a decrease in the average number of basal canes per bush, bush height and cane diameter. This new pruning method also resulted in a significant reduction in fruit number and yield per bush compared to the CP treatment. Fruit weight and SSC were not affected by the pruning method, while the higher synthesis and accumulation of TA, TACY and TPC, and consequently the increase in fruit TAC were induced by SP. Although sectorial pruning improves the chemical composition of the fruit and offers the possibility of reducing the need for specialized labor for this task, conventional pruning remains important to increase plant growth and productivity in the long term.

4. ACKNOWLEDGMENTS

This work was funded by the agreement on realization of scientific research work in 2023 between the Ministry of Science, Technological Development and Innovation of the Republic of Serbia and the University of Belgrade, Faculty of Agriculture (Contract No. 451-03-68/2023-14/200116) as well as with the University of Belgrade - Institute for Multidisciplinary Research (Contract No. 451-03-47/2023-01/200053) and by the Slovenian Research and Innovation Agency (ARIS) under Horticulture Program No. P4-0013-0481.

5. LITERATURE

- Arnao, M.B., Cano, A., Acosta, M. 1999. Methods to measure the antioxidant activity in plant material. A comparative discussion. *Free Radical Research*, 31: S89-96.
- Castrejón, A.D.R., Eichholz, I., Rohn, S., Kroh, L.W., Huyskens-Keil, S. 2008. Phenolic profile and antioxidant activity of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) during fruit maturation and ripening. *Food Chemistry*, 109:564-572,
- Cosme, F., Pinto, T., Aires, A., Morais, M.C., Bacelar, E., Anjos, R., Ferreira-Cardoso, J., Oliveira, I., Vilela, A., Gonçalves, B. 2022. Red fruits composition and their health benefits - A Review. *Foods*, 11: 644.
- Cvetković, M., Kocić, M., Dabić Zagorac, D., Ćirić, I., Natić, M., Hajder, Đ. Životić, A., Fotirić Akšić, M. 2022. When is the right moment to pick blueberries? Variation in agronomic and chemical properties of blueberry (*Vaccinium corymbosum*) cultivars at different harvest times. *Metabolites*, 12: 798.
- Cheng, G.W., Breen, P.J. 1991. Activity of phenylalanine ammonia-lyase (PAL) and concentrations of anthocyanins and phenolics in developing strawberry fruit. *Journal of American Society for Horticultural Sciences*, 116 (5): 865-869.

- Dragišić Maksimović, J., Milivojević, J., Djekić, I., Radivojević, D., Veberič, R., Mikulič Petkovšek, M. 2022. Changes in quality characteristics of fresh blueberries: Combined effect of cultivar and storage conditions. *Journal of Food Composition and Analysis*, 111: 104597.
- Dragišić Maksimović, J., Živanović, B.D. 2012. Quantification of the Antioxidant Activity in Salt-Stressed Tissues (Chapter 16). p. 237-250. In: S. Shabala and T.A. Cuin (eds.), *Plant Salt Tolerance: Methods and Protocols, Methods in Molecular Biology*, Vol. 913. Humana Press: Springer Science+Business Media, LLC, Heidelberg, Germany.
- Ehlenfeldt, M.K., Martin, R.B. 2010. Seed set, berry weight, and yield interactions in the highbush blueberry cultivars (*Vaccinium corymbosum* L.) 'Bluecrop' and 'Duke'. *Journal of American Society for Horticultural Sciences*, 64: 162–172.
- Kim, J.G., Kim, H.L., Kim, S.J., Park, K.S. 2013. Fruit quality, anthocyanin and total phenolic contents, and antioxidant activities of 45 blueberry cultivars grown in Suwon, Korea. *Journal of Zhejiang University-Science B (Biomedicine & Biotechnology)*, 14: 793-799.
- Milivojević, J., Miletić, N. 2022. *The Blueberry*. University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Belgrade, Serbia.
- Milivojević, J., Radivojević, D., Maksimović, V., Dragišić Maksimović, J. 2020. Variation in health promoting compounds of blueberry fruit associated with different nutrient management practices in a soilless growing system. *Journal of Agricultural Sciences*, 65, 2: 175-185.
- Milivojević, J., Radivojević, D., Dragišić Maksimović, J., Urošević, S., Koron, D., Žnidaršič Pongrac, V. 2019. Field performance of 'Bluecrop' highbush blueberry in a soilless growing system by using different fertilizers. *Acta Horticulturae*, 1265: 187-194.
- Milivojević, J., Radivojević, D., Nikolić, M., Dragišić Maksimović, J. 2016. Changes in fruit quality of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum*) during the ripening season. *Acta Horticulturae*, 1139: 657-664.
- Milivojević J., Maksimović, V., Dragišić Maksimović, J., Radivojević, D., Poledica, M., Ercišli, S. 2012. A comparison of major taste- and health-related compounds of *Vaccinium* berries. *Turkish Journal of Biology*, 36: 738-745.
- Palma, M.J., Retamales, J.B. 2017. Cane productivity and fruit quality in highbush blueberry are affected by cane diameter and location within the canopy. *European Journal of Horticultural Sciences*, 82 (4): 159–16.
- Retamales, J.B., Hancock, J.F. 2018. *Blueberries*. Series: Crop production science in horticulture, 21. CABI, Wallingford Oxfordshire, UK.
- Retamales, J.B., Palma, M.J., Araya, C.M., Espíndola, G.A., Bastías, R.M. 2023. Effect of sectorial pruning on yield and fruit quality of highbush blueberries. *Acta Horticulturae*, 1357: 13-18.
- Siefker, J.H., Hancock, J.F. 1987. Pruning effects on productivity and vegetative growth in the highbush blueberry. *HortScience*, 22: 210-211.
- Siefker, J.H., Hancock, J.F. 1986. Yield component interactions in cultivars of the highbush blueberry. *Journal of American Society for Horticultural Sciences*, 111: 606-608.
- Strik B., Buller, G. 2005. The impact of early cropping on subsequent growth and yield of highbush blueberry in the establishment years at two planting densities is cultivar dependent. *HortScience*, 40: 1998-2001.
- Strik, B., Buller, G., Hellman, E. 2003. Pruning severity affects yield, berry weight and hand harvest efficiency of highbush blueberry. *HortScience*, 38: 196-199.
- Vittori, L.D., Mazzoni, L., Battino, M., Mezzetti, B. 2018. Pre-harvest factors influencing the quality of berries. *Scientia Horticulturae*, 233: 310-322.
- You, Q., Wang, B., Chen, F., Huang, Z., Wang, X., Luo, P.G. 2011. Comparison of anthocyanins and phenolics in organically and conventionally grown blueberries in selected cultivars. *Food Chemistry*, 125: 201-208.
- Zorenc, Z., Veberic, R., Stampar, F., Koron, D., Mikulic-Petkovsek, M. 2016. Changes in berry quality of northern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) during the harvest season. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40: 855-864.

KONKURENČNA PRIDELAVA JABOLK – RAZVOJ V NASLEDNJIH LETIH

Franci ŠTAMPAR¹, Metka HUDINA¹

POVZETEK

V zadnjih štirih letih se je tehnologija pridelave jabolk močno spremenila. V letu 2018 smo bili priča nadpovprečnemu pridelku jabolk, kar je močno znižalo cene kilograma jabolk. Sadjarji, ki so dosegli velike in kakovostne pridelke so bolj ali manj pokrili stroške pridelave v tem letu, ostali sadjarji pa so resno začeli razmišljati o prenehanju pridelave jabolk. Skoraj v vseh evropskih državah se je začel intenziven proces krčenja jablanovih nasadov in na drugi strani večja intenzivnost pridelave v obstoječih nasadih. To je tudi obdobje, ko se v sadjarstvu drastično zmanjšuje oz. oža uporaba fitofarmaceutskih sredstev, na drugi strani pa se je močno povečala prisotnost novih sredstev, ki niso fitofarmaceutska sredstva in so dovoljene v ekološki, integrirani in konvencionalni pridelavi. V Sloveniji ta proces teče drugače. Vsi tisti pridelovalci, ki so dosegali povprečne ali podpovprečne pridelke, so se preusmerili v ekološko pridelavo zaradi subvencij in ne zaradi pridelka, od katerega bodo imeli primeren dohodek. Večina teh nasadov danes žalostno propada. Profesionalni sadjarji v Evropi in Sloveniji stremijo k temu, da z veliko znanja vpeljujejo v pridelavo nove tehnologije pridelave, predvsem novo gojitveno obliko z razdaljo sajenja 3,0 x 0,6 m, ki je enostavna za gojenje, upošteva potencial podlage v največji meri in daje velike in kakovostne pridelke ob pravilni postavitvi nasada takoj od prvega leta sajenja naprej.

Ključne besede: jablana, *Malus domestica*, tehnologija pridelave, okoljske zahteve

COMPETATIVE PRODUCTION OF APPLE – DEVELOPMENT IN THE COMING YEARS

ABSTRACT

Apple technology has changed considerably over the last four years. In 2018, we witnessed an above-average apple yield, which greatly reduced the price of a kilogram of apples. The fruit growers who achieved large and high-quality yields were more or less able to cover production costs that year, while other growers seriously began considering stopping apple production. In practically all European countries, apple orchards have undergone an intensive process of shrinkage, and at the same time, production in existing orchards has been intensified. In this period fruit growing drastically decreased, as well as the use of classic phytopharmaceuticals, but on the other hand, the presence of new agents, authorized for organic, integrated, and conventional growing, has greatly increased. In Slovenia, this process developed differently. All average or below-average integrated growers switched to organic farming because of the subsidies and not because of a yield that would provide them with a decent income. Most of those orchards are sadly decaying today. Professional fruit growers in Europe and Slovenia are creating knowledge to develop new growing technology, especially

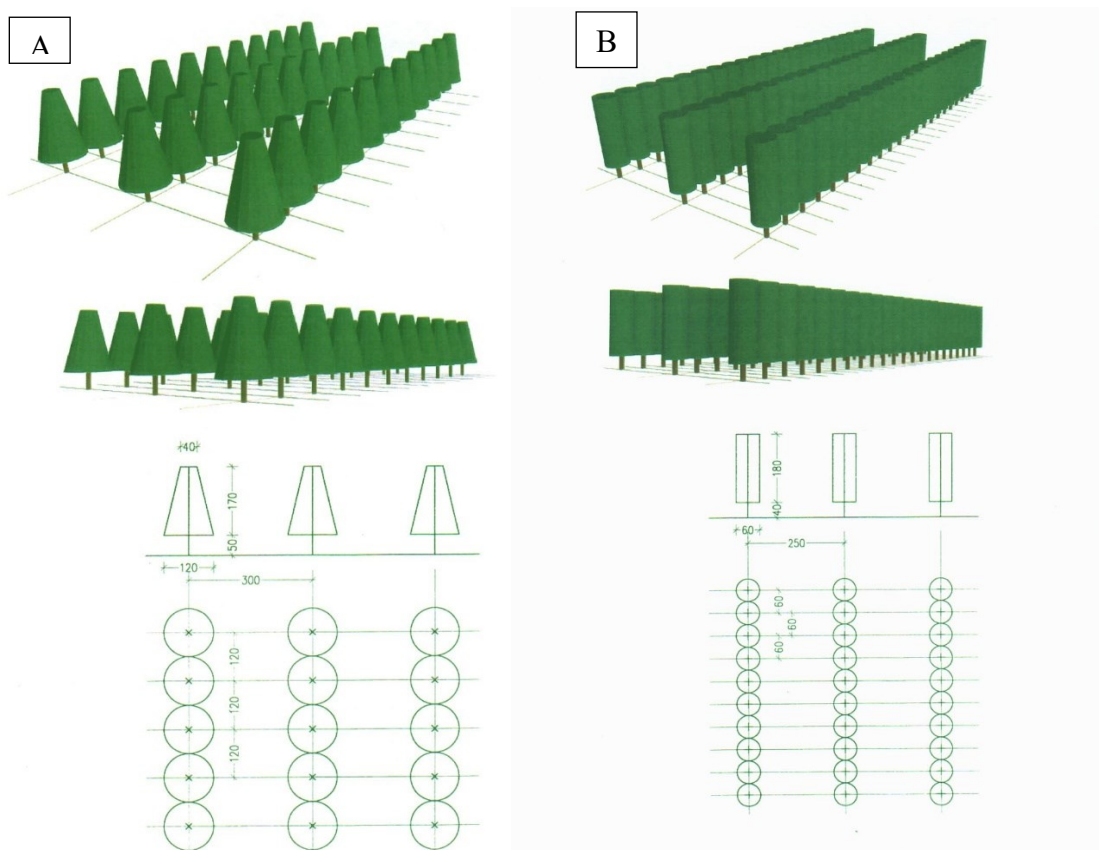
¹ Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

the new 3.0 x 0.6 m cultivation form, which is easy to grow, makes optimum use of the potential of the rootstock to the greatest extent, and gives large and high-quality yields, starting with an adequate location of the orchard straight from the first year of planting.

Key words: apple, *Malus domestica*, production technology, ecological requirements

1. UVOD

V tem stoletju se je izrazito povečal napredek v pridelavi jabolk. V praksi so se uvedli sistemi z veliko gostoto sajenja, s številnimi različicami gojitvenih oblik. Prišlo je do velikega izboljšanja v količini in kakovosti pridelanega sadja, kljub vse večjim okoljskim in okoljevarstvenim zahtevam. Ta napredek je bil mogoč zaradi boljšega razumevanja razvoja dreves in plodov ter izboljšanja arhitekture dreves in oblikovanja krošnje, ki temeljijo na načelih fiziologije rastlin (Tustin, 2014).



Slika 1: Enovrstni sistem. A - Ozko vreteno, 3,0 x 1,2 m, 2500 dreves/ha, B - vertikalni kordon, 2,5 x 0,6 m, 6000 dreves/ha (Zadravec, 2001)

Figure 1: Single row system. A - Narrow spindle, 3.0 x 1.2 m, 2500 trees/ha, B - Vertical cordon, 2.5 x 0.6 m, 6000 trees/ha (Zadravec, 2001)

V zadnjih 30 letih so se pridelki stalno povečevali od 30 pa vse do 70 ton/ha (Dorigoni in Micheli, 2015). V povprečju teh pridelkov pri nas še ne dosegamo, kar je posledica predvsem neizenačenega sadilnega materiala, poznega sajenja, slabe priprave tal in posledično slabe vegetativne rasti v prvih letih po postavitvi novih nasadov. Zaradi poznega sajenja in nezadostne preskrbe s hranili v prvem letu je slabši prirast poganjkov in minimalen pridelek.

Posledica je dobra diferenciacija rodni brstov in v drugem letu preobložena drevesa ter slaba vegetativna aktivnost, v tretjem letu spet sledi slabša rodnost in močna vegetativna rast, kar pripelje v izmenično rodnost dreves. V četrtem letu bi morali imeti poln rodni volumen, vendar ga imamo zgrajenega le polovico do dobri dve tretjini, pridelke pa le 40-45 ton/hektar (Štampar in Jakopič, 2016; Štampar in Schmitzer, 2012). Za pridelovalce gosto sajenih nasadov so pridelki v prvih letih po sajenju zelo pomembni za povrnitev stroškov investicije (Granatstein in sod., 2014).

V 90-ih letih smo v Sadjarskem centru Maribor - Gačnik imeli izjemno dober poskus gostega sajenja različnih sort jabolane ('Jonagold', 'Idared') (Zadravec, 2001).

Preglednica 1: Parametri vegetativne rasti in pridelek pri sorti 'Jonagold' pri različnih sistemih in gostotah sajenja.

Table 1: Vegetative growth parameters and yield of the 'Jonagold' cultivar under different planting systems and densities.

Parameter	Obravnavanje	
	Ozko vreteno, 3,0 x 1,2 m, 2500 dreves/ha (1,0 x več dreves/ha)	vertikalni kordon, 2,5 x 0,6 m, 6000 dreves/ha (2,4 x več dreves/ha)
Teoretični volumen krošnje v m ³ /drevo	0,9	0,5
Teoretični volumen krošnje v m ³ /ha	2314,2	3053,4
Površina plašča krošnje v m ² /drevo	4,4	3,4
Površina plašča krošnje v m ² /ha	10,9	20,4
Povprečno število listov/drevo (4. rastna doba)	1429,3	713,0
Povprečna listna površina/drevo v m ²	5,0	2,6
Povprečna velikost enega lista v cm ²	34,9	36,3
Povprečna listna površina/ha v m ²	10475,0	15180,0
Povprečno število plodov/drevo (4. rastna doba)	67,8	33,4
Povprečen pridelek kg/drevo	15,0	8,7
Povprečen pridelek t/ha	37,5	52,4

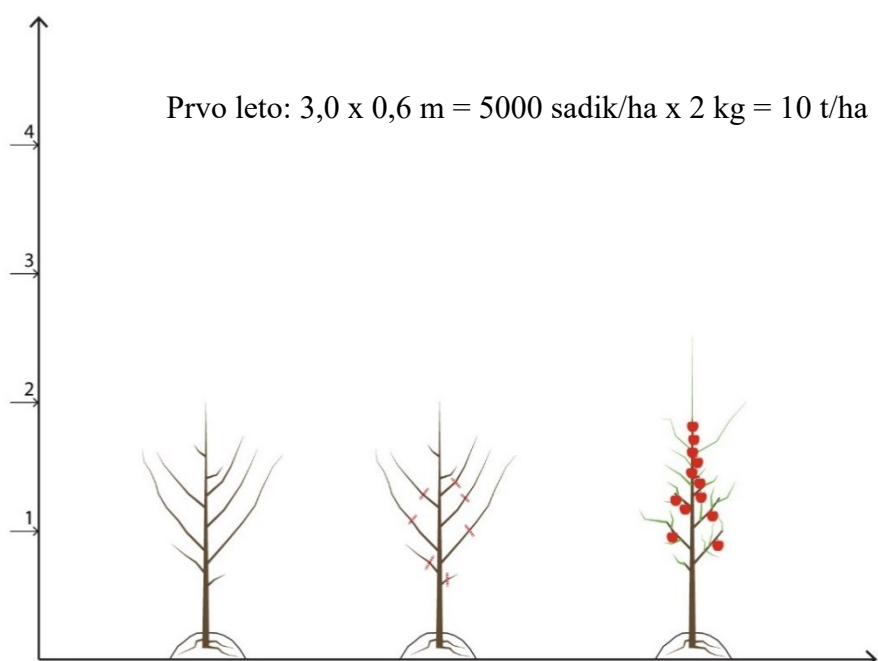
Dobljeni rezultati so bili za tiste čase izjemno zanimivi. Bistvena razlika od danes pa je v tem, da je bilo drevo visoko samo 2,2 m in da smo na tej višini dosegli sorazmerno velike pridelke. Žal teh rezultatov iz leta 1995 nismo znali pravilno spraviti v širšo pridelavo. Najbrž so temu krive tudi razmere v pridelavi jabolk, ki so bile takrat bistveno bolj ugodne kot so danes in so ti rezultati predstavljali neko futuristično zgodbo, ki je večina slovenskih pridelovalcev ni razumela. Kot vedno pa je bilo nekaj svetlih izjem.

Pridelki polne rodnosti iz leta 1995 danes ne pomenijo dovolj velikih pridelkov za normalno preživetje in pokritje vseh stroškov pridelave. Zato moramo iskati nove rešitve. Te so se ponudile bolj ali manj same z uvedbo mrež proti toči, ko smo višino drevesa dvignili na 3,2-3,5 m, kar pomeni vsaj dober meter dodatnega rodnega volumna. S tem ukrepom smo samo izkoristili vegetativni potencial podlage M9 in njenih klonov, ki na tej višini nimajo več resne močne vegetativne rasti. Prav tako smo v tem obdobju še bolj natančno spoznali fiziologijo rasti in razvoja jablan ter na ta način drevesa začeli saditi zelo gosto.

V Evropi trenutno prevladuje sistem ozkega vretena 3,2 x 0,8 m. Vedno večji delež nasadov pa predstavlja še bolj intenziven sistem zelo ozkega vretena 3,0 x 0,6 m. V Sloveniji imamo več kot 100 ha nasadov posajenih po tem sistemu. Najstarejši nasad bo letos v 15. rastni dobi ('Gala', 'Jonagold', 'Idared').

2. GOJENJE ZELO OZKEGA VRETENA V SISTEMU 3,0 x 0,6 m

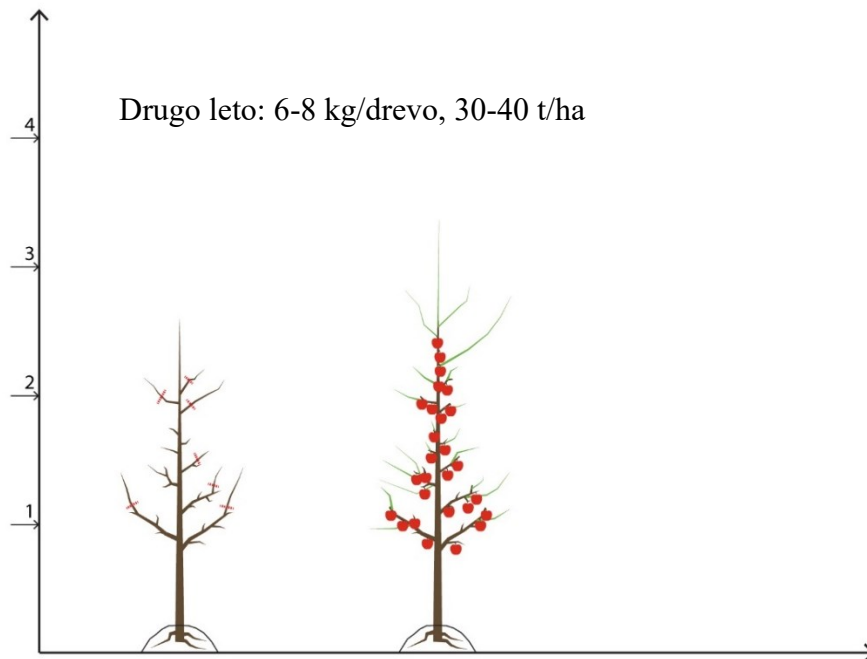
Za ta intenziven sistem lahko uporabimo 9-mesečno sadiko s petimi predčasnimi poganjki, ki je cenejša kot knip sadika s 5-7 predčasnimi poganjki. Razlika med sadikama je tudi v višini, saj je knip sadika višja za 20-50 cm in ima večje število diferenciranih brstov predvsem na provodniku, kar pomeni večji pridelek po sajenju že v prvem letu. Vendar izkušnje kažejo, da nekoliko večji pridelek prvega leta ne odtehta višje cene sadike, saj manj obremenjena sadika boljše prirašča v prvem letu po sajenju.



Slika 2: Gojenje jablan v prvem letu pri sistemu sajenja 3,0 x 0,6 m (Štampar in sod., 2022)
Figure 2: Growing of apple trees in the first year with a planting system of 3.0 x 0.6 m (Štampar in sod., 2022)

Pri tem sistemu je nujno, da sadiko posadimo na greben. Višina grebena naj bo 10-15 cm, ko se zemlja po sajenju posede. Sadiki dodamo potrebne minerale in organsko snov. Nato jo močno porežemo. Na višini 60 cm od tal pustimo 3-4 predčasne poganjke, ki jih prikrajšamo na 30 cm. Vse ostale poganjke na provodniku prikrajšamo na največ 10 cm. Če je to knip sadika z dolgimi predčasnimi poganjki, to pomeni, da smo odrezali 2/3 prirasta. Provodnika ne prikrajšujemo. Ko provodnik odžene, ga sprostimo (vrhnji brst pustimo in odstranimo 4-5 brstov pod njim). Po cvetenju lahko ostane na knip sadiki od 10-25 plodov na provodniku, na 9-mesečni sadiki pa 5-15 plodov na provodniku. Provodnik priraste 50-70 cm, spodnje prikrajšane veje se obrastejo s kratkim rodnim lesom, ki tako kot provodnik odlično diferencira v prvem letu po sajenju ob optimalni oskrbi z vodo in hranili. Po obiranju lahko opravimo strojno rez obojestransko, brez rezi provodnika.

Na začetku druge rastne dobe opravimo zimsko rez, ki je zelo enostavna. Na spodnjih kratkih nosilcih rodnega lesa po potrebi kakšen poganjek, ki raste preveč navznoter, odrežemo na čep.

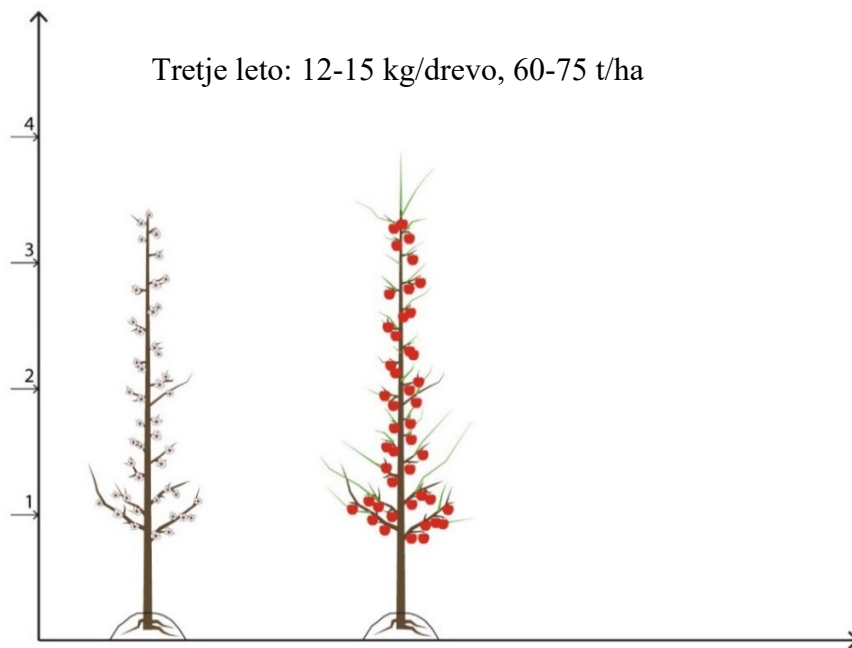


Slika 3: Gojenje jablan sorte 'Bonita' v drugem letu pri sistemu sajenja 3,0 x 0,6 m (Štampar in sod., 2022)

Figure 3: Growing of apple trees in the second year with a planting system of 3.0 x 0.6 m (Štampar in sod., 2022)

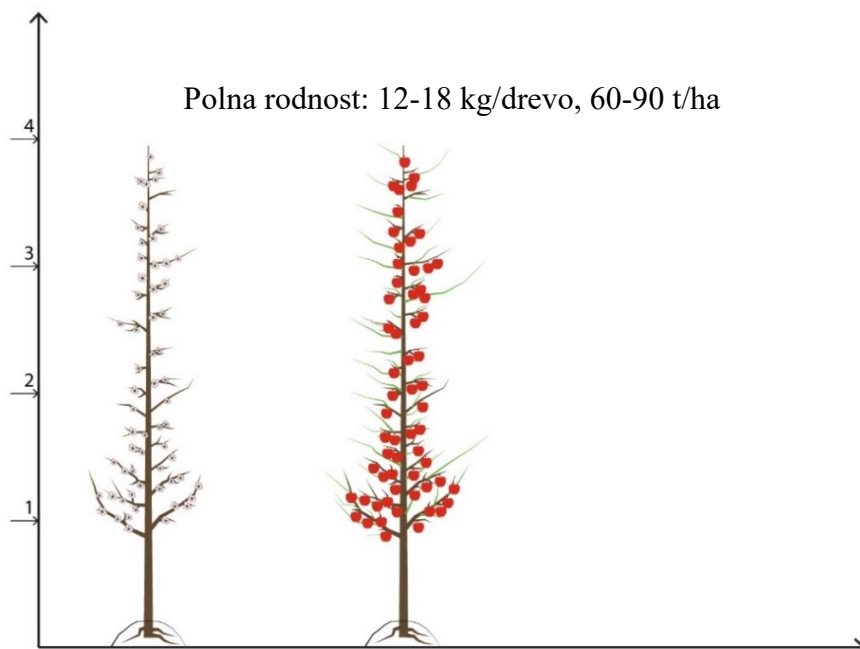
Predolge poganjke odrežemo na 2-3 rodne brste. Na provodniku, daljše poganjke prikrajšamo na 2, izjemoma na 3 rodne brste (slika 3). Na začetku druge rastne dobe želimo imeti 15 rodnih brstov in na provodniku vsaj 30 rodnih brstov. V drugem letu imamo lahko 30-45 rodnih brstov na drevo. Tako dosežemo pridelok 6-8 kg/drevo. Ob odganjanju moramo sprosti vrh. Optimalna oskrba v drugem letu nam bo omogočila, da provodnik zraste vsaj za 50 cm. Ob koncu druge rastne dobe dosežemo višino drevesa 3,0 m. Po obiranju drevesa strojno porežemo. V drugem letu je priporočljivo, da opravimo še ročno korekturno rez, saj tako vse veje, ki so namenjene za rodnost v naslednjem letu, razvijejo kakovostnejše brste.

V tretjem letu po potrebi še enkrat sprostimo vrh. V tem letu po redčenju pustimo na drevesu 60-75 plodov, kar pomeni 50-60 t/ha (slika 4). V tem letu je prirast provodnika vsaj 50 cm. Drevo konec rastne dobe doseže višino 3,5-3,8 m, kar je končna višina drevesa. Vrh drevesa privežemo na zgornjo žico z božir vezivom in ne s sponko. Provodnik je precej šibek in se lahko pod težo pridelka izmuzne iz sponke, zato se vrh povesi in celo polomi pod težo pridelka.



Slika 4: Gojenje jablan v tretjem letu pri sistemu sajenja 3,0 x 0,6 m (Štampar in sod., 2022)
Figure 4: Growing apple trees in the third year with a planting system of 3.0 x 0.6 m (Štampar in sod., 2022)

V letu polne rodnosti – četrto leto, na vseh rodnih nosilcih, ki izraščajo iz močnejših vej spodnjega dela in provodnika, prikrajšamo na 2 rodna brsta. Če rodni nosilec ni primeren, ga zamenjamo tako, da ga odrežemo na čep in s tem dobimo nov rodni nosilec.



Slika 5: Gojenje jablan v četrtem letu in nato v polni rodnosti pri sistemu sajenja 3,0 x 0,6 m (Štampar in sod., 2022)
Figure 5: Growing of apple trees in the fourth year and then in full fruiting with a planting system of 3.0 x 0.6 m (Štampar in sod., 2022)

Rez je zelo enostavna, tudi za delovno silo, ki nima izkušenj z rezjo. V polni rodnosti lahko pričakujemo povprečni pridelek 60-90 t/ha, saj pustimo na vsakem drevesu 60-90 plodov (slika 5).

Preglednica 2: Pričakovani pridelek na drevo (kg) in na hektar (t) v dveh sistemih gojenja.

Table 2: Expected yield per tree (kg) and per hectare (t) in two growing systems.

	Pridelek (kg/ drevo)	Pridelek (t/ha)
1. leto	2	10
2. leto	6-8	30-40
3. leto	12-15	60-75
Polna rodnost	12-18	60-90

V preglednici 2 so zapisani pričakovani pridelki na drevo in na hektar v prvih letih po sajenju.

Za doseganje teh rezultatov moramo v optimalnem času pripraviti tla, postaviti armaturo, posaditi drevesa že jeseni (do decembra), poskrbeti za dobro zdravstveno stanje sadik oz. dreves do polne rodnosti in preskrbo s hranili (glej Trajnostna pridelava jabolk sorte 'Bonita') (Štampar in sod., 2022). V Sloveniji imamo 14-letne izkušnje s tem sistemom in sadjarji, ki še naprej vlečejo voz v pridelavi jabolk, ugotavljajo, da je ta sistem enostaven za vzdrževanje, da pomeni manj ročnega dela na hektar, da daje velike in kakovostne pridelke, da ni težav v naslednjih letih, če sadovnjak izpade iz rodnosti zaradi naravne nesreče (pozeba). Drevo je zaradi svoje višine, odlične osvetlitve in pridelka veliko bolj umirjene rasti kot drevesa iz sistemov gojenja, ki smo jih uporabljali prej. Če želimo obstati na zemljevidu sadjarjev Slovenije, moramo nove nasade narediti v sistemu, ki nam bo vsako letu dajal velike in kakovostne pridelke.

4. ZAHVALA

Raziskava je del programa Hortikultura P4-0013-0481, ki ga financira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS).

5. LITERATURA

- Dorigoni A., Micheli F. 2015. The fruit wall: are tall trees really necessary? EFM, 06: 10-13.
- Granatstein D., Andrews P., Groff A. 2014. Productivity, economics, and fruit and soil quality of weed management systems in commercial organic orchards in Washington State, USA. Organic Agriculture, 4: 197-207.
- Štampar F., Jakopič J. 2016. Modern apple fruit production. Acta Hort., 1139: 419-424.
- Štampar F., Hudina M., Jakopič J., Veberič R., Lešnik M. 2022. Trajnostna pridelava jabolk sorte 'Bonita'. Ljubljana, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo: 100 str. <https://www.bf.uni-lj.si/sl/raziskave/raziskovalni-projekti/131/bonita%2C-nova-odporna-klubska-sorta-jabolk-v-sloveniji--od-pridelave-do-trzenja>.
- Štampar F., Schmitzer V. 2012. Kakšno letno vegetativno rast jablane potrebujemo za doseganje polne rodnosti v četrtem letu? Zbornik referatov 3. Slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo, Krško, 21.-23. november 2012. Ljubljana, Strokovno sadjarsko društvo Slovenije: 179-185.
- Tustin D. S. 2014. Future orchard planting systems – Do we need another revolution? Acta Hort., 1058: 27-36.

Zdravec, P. 2001. Povezava rasti in razvoja jablane (*Malus domestica* Borkh.) z gojitveno obliko in gostoto sajenja. Magistrska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 100 str.

PRECIZNO SADJARSTVO: VPLIV OSVETLITVENE REZI NA FIZIOLOGIJO JABLANE

Robert VEBERIČ¹, Jerneja JAKOPIČ¹, Mariana Cecilia GROHAR¹

POVZETEK

Vpliv rezi 6 tednov pred obiranjem na rast plodov in razvoj krovne barve jabolk sorte 'Topaz' smo proučevali v nasadu na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani. Ugotovili smo, da je bila rast plodov močno odvisna od temperature, pri čemer so plodovi bolje rasli pri nižjih temperaturah, zlasti ponoči. V oblačnih dneh, ko temperatura ni preseгла 20 °C, je rast plodov potekala enakomerno tako podnevi kot ponoči. Temperatura kože plodov je bila odvisna od njihove izpostavljenosti soncu. V sončnih dneh je lahko temperatura kože sončnih plodov dosegla 40 °C, vendar brez pojava sončnih ožigov. Pri obiranju plodov so senčni plodovi imeli minimalno obarvanost, medtem ko so sončni plodovi in plodovi izpostavljeni soncu po rezi imeli večji delež rdeče krovne barve. Z rezjo smo vplivali na boljšo obarvanost plodov. Prav tako je bilo ugotovljeno, da cianidin-galaktozid (antocian), ki je odgovoren za rdečo barvo jabolk, doseže večje vrednosti v kožici sončnih plodov in v kožici plodov izpostavljenih soncu po rezi. Ta porast antocianov je skladen z razvojem rdeče barve.

Ključne besede: velikost plodov, barva plodov, antociani, poletna rez

PRECISION FRUIT GROWING: THE EFFECT OF PREHARVEST PRUNING ON APPLE PHYSIOLOGY

ABSTRACT

The effect of pruning 6 weeks before harvesting on fruit growth and the colour development of 'Topaz' apples was studied in the orchard at the Laboratory Field of the Biotechnical Faculty in Ljubljana. We found that fruit growth was strongly dependent on temperature, with fruit growing better at lower temperatures, especially at night. On cloudy days, when the temperature did not exceed 20 °C, fruit growth was uniform both during the day and at night. The skin temperature of the fruits depended on their exposure to the sun. On sunny days, the skin temperature of the sunny fruit could reach 40 °C, but without the occurrence of sunburn. At harvest, shaded fruit had minimal colouration, while sunny fruit and fruit exposed to the sun after pruning had a higher proportion of red colour. The study showed that pruning was successful in increasing the colour of the fruit. It was also found that cyanidin-galactoside (anthocyanin), which is responsible for the red colour of apples, reached higher levels in the skin of sun-exposed fruit and in the skin of fruit exposed to the sun after pruning. This increase in anthocyanins is consistent with the development of the red colour.

Key words: fruit size, fruit colour, anthocyanins, summer pruning

¹ Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

1. UVOD

Rez je eden izmed osnovnih tehnoloških ukrepov pomembnih za vse sadne rastline. Ima ključno vlogo pri oblikovanju krošnje, zdravstvenem stanju rastlin in rodnosti dreves. Rez ni samo omejena na obdobje mirovanja, ampak se lahko izvaja tudi med rastno dobo. Sestavni del poletne rezi je tudi tako imenovana osvetlitvena rez med zorenjem plodov z namenom izboljšanja izpostavljenosti plodov in listov svetlobi ter s tem izboljšanja kakovosti sadja in boljše diferenciacije rodni brstov.

Fotosinteza je ključen proces, s katerim rastline pretvarjajo svetlobno energijo v kemično, kar lahko poveča vsebnost sladkorjev v plodovih. Boljša izpostavljenost svetlobi spodbuja učinkovitejšo fotosintezo listov v neposredni bližini plodov. Poleg tega ima svetloba pomembno vlogo pri razvoju rdeče krovne barve plodov. To je še posebej pomembno pri sortah jabolk, kjer je prisotnost in intenzivnost barve ključni tržni atribut. Študije so pokazale, da več svetlobe v spodnjem delu in notranjosti krošnje lahko bistveno izboljša obarvanost plodov (Jakopic in sod., 2009). Pri tem ne gre samo za lepoto izboljšavo, saj so intenzivnejše obarvani plodovi bogatejši z določenimi rastlinskimi sekundarnimi metaboliti (npr. antociani), ki so koristni za zdravje ljudi (Yuste, 2022). Z zagotavljanjem boljše obarvanosti plodov v vseh delih krošnje vplivamo tudi na učinkovitost obiranja in na število potrebnih obiranj.

Za doseganje pozitivnega učinka osvetlitvene rezi je nujno upoštevati primeren čas in intenzivnost rezi, kar izpostavljajo Morgan in sod. (1984) ter Li in sod. (2003). Prezgodnja ali prepozna izvedba rezi ter preveč ali premalo intenzivna rez ne bo prinesla zelenih rezultatov, ampak bo lahko negativno vplivala na kakovost plodov, zlasti zaradi zmanjšane fotosinteze in posledično manjše razpoložljive količine asimilatov.

Pomembno je, da se osvetlitvena rez izvaja ob upoštevanju specifičnih lastnosti sorte jabolk in rastnih razmer. Upoštevati je potrebno, da je rast večine rastnih vršičkov zaključena ter da se intenzivna sinteza rdečih barvil (antocianov) prične približno 5 tednov pred obiranjem. Izpostavljanje zasenčenih plodov predvsem zgodnejših sort neposredni sončni pripeki lahko vodi tudi do sončnih ožigov plodov zlasti, če nasad ni zaščiten s protitočnimi mrežami.

Namen raziskave je bil, da preverimo, kako rez pred obiranjem vpliva na fiziološki in biokemični odziv plodov. Pri tem smo s sodobnimi merilnimi tehnikami natančno spremljali rast plodov, temperaturo kože ploda ter akumulacijo antocianov.

2. MATERIAL IN METODE

Meritve smo izvedli na jablanah sorte 'Topaz' v polni rodnosti, posajenih na Laboratorijskem polju Oddelka za agronomijo Biotehniške Fakultete v Ljubljani. Poskus smo izvajali med 20. avgustom in 2. oktobrom 2023, ko smo jabolka obrali. Poletno osvetlitveno rez smo izvedli 22. avgusta. V poskus smo vključili naslednja obravnavanja: i) senčni plodovi (senčni - SE), ki so bili ves čas poskusa zasenčeni, ii) plodovi izpostavljeni soncu ves čas poskusa (sončni - SO) in iii) plodovi izpostavljenih soncu šele po poletni rezi (poletna rez - PR).

Skozi celotno trajanje poskusa smo kontinuirano merili rast plodov z dendrometri DF4 (EcoMatik; Nemčija) in temperaturo površine ploda (T-surface, EcoMatik; Nemčija). Poleg tega smo na nedestruktiven način na 5 plodovih za vsako obravnavanje v razmiku 2 dni merili krovno barvo ploda s kolorimetrom (CR-10 Chroma; Konica Minolta, Tokio, Japonska).

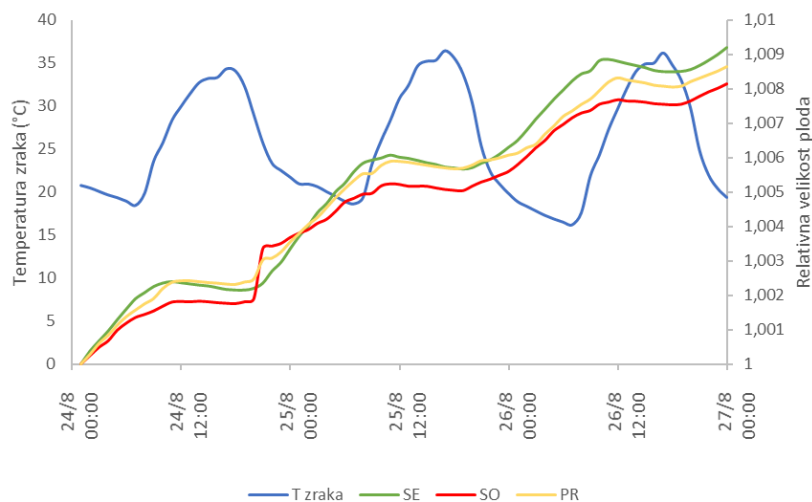
Vzorčenja za destruktivne meritve smo izvedli v treh terminih (22. avgusta – pred izvedbo poletne rezi, 6. septembra in 2. oktobra – ob obiranju), in sicer v petih ponovitvah za vsako obravnavanje, v vsaki ponovitvi je bilo 5 plodov. Plodovi so bili takoj prenešeni v laboratorij, kjer smo kožico olupili, zamrzili v tekočem dušiku ter shranili na $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Fenolne spojine. Kožico (0,1 g) smo zmleli v terilnici s tekočim dušikom in prelili s 5 ml ekstrakcijske raztopine (80% metanol s 3% mravljično kislino). Vzorce smo ekstrahirali 60 min v hlajeni ultrazvočni kopeli, nato pa centrifugirali 7 min pri 10.000 obratih/min. Supernatant smo prefiltrirali skozi poliamidne filtre Chromafil® AO-20/25 (Macherey-Nagel, Nemčija). Kvantifikacijo cianidin-galaktozida smo izvedli s pomočjo tekočinskega kromatografa Dionex UltiMate 3000 Series UHPLC+ focused (Thermo Scientific, San Jose, ZDA) s kolono Gemini C18 ($150 \times 4.6\text{ mm } 3\text{ }\mu\text{m}$; Phenomenex, Torrance, USA) pri $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ter z UV-detektorjem pri 530 nm. Mobilne faze, pretok in gradient smo povzeli po metodi Baluszynska in sod. (2023). Vsebnost spojine je bila preračunana glede na čisti standard (Merck, Nemčija).

Statistična obdelava podatkov. Enosmerna analiza variance (ANOVA) je bila izvedena s programom R (verzija 4.2.2). Povprečja obravnavanj smo primerjali s Tukey testom pri 95 % intervalu zaupanja.

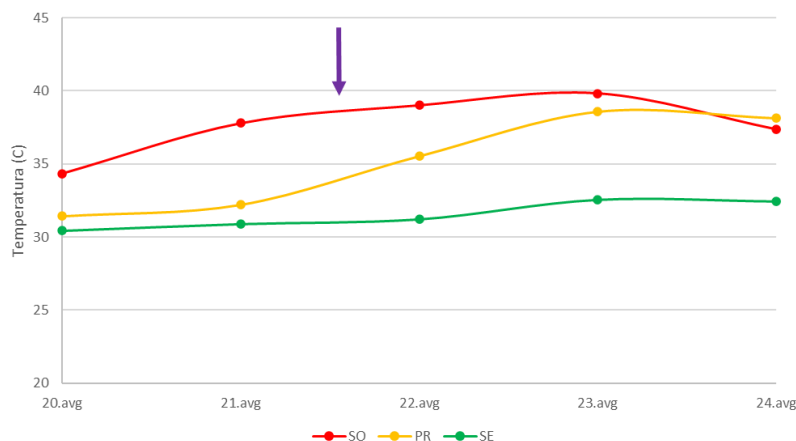
3. REZULTATI IN RAZPRAVA

'Topaz' je tipična dvobarvna sorta, ki ima v neugodnih okoljskih razmerah lahko težave z rdečo krovno barvo plodov. Poskus s poletno osvetlitveno rezjo smo začeli 6 tednov pred obiranjem, ko so bili plodovi ne glede na obravnavanje še brez rdeče krovne barve. Tudi Bizjak in sod. (2013) navajajo, da se prične tvorba rdeče krovne barve pri sorti 'Braeburn' približno 5 tednov pred obiranjem. Ne glede na to, ali so bili senčni, sončni plodovi ali plodovi izpostavljeni soncu po poletni rezi, se je pokazalo, da je njihova rast močno odvisna od temperature zraka. Plodovi so najbolj priraščali ponoči, ko so bile temperature nižje in manj podnevi, ko so bile temperature nad $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kljub temu, da avtorji navajajo, da je eksponentna faza rasti ploda, zaradi celične delitve, precej bolj občutljiva na temperaturo kot faza večanja celic (Warington in sod., 1999), smo uspeli pokazati, da je prirast ploda tudi ob zorenju še kako odvisen od dnevne temperature (slika 1). V oblačnem dnevu, ko temperatura ni presegla $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, so plodovi priraščali enakomerno podnevi in ponoči. Temperatura površine kožice ploda je bila prav tako močno povezana z izpostavljenostjo plodov soncu. Temperatura površine kožice senčnih plodov je bila zelo podobna temperaturi zraka. Pri sončnih plodovih je bila temperatura kožice bistveno višja in se je od senčnih plodov v jasnem vremenu lahko razlikovala skoraj za $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. V najtoplejšem dnevu v trajanju našega poskusa (23. 8.) je temperatura kožice sončnih plodov dosegla tudi $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (slika 2), kar je še pod kritično temperaturo, ki jo navajajo Zupan in sod. (2014) za pojav sončnih ožigov. Sončnih ožigov zaradi poletne rezi nismo opazili, poudariti pa je treba, da je nasad pokrit s protitočno mrežo. Opaziti je bilo, da je takoj po rezi temperatura kožice plodov, ki smo jih izpostavili soncu, narasla na zelo podobno raven kot pri sončnih plodovih, kar predstavlja stres za plodove.



Slika 1: Temperatura zraka in relativna velikost plodov v senci (SE), na soncu (SO) in izpostavljenih soncu po poletni rezi (PR)

Figure 1: Air temperature and relative fruit size of apples in the shade (SE), in the sun (SO) and exposed to the sun after summer pruning (PR)

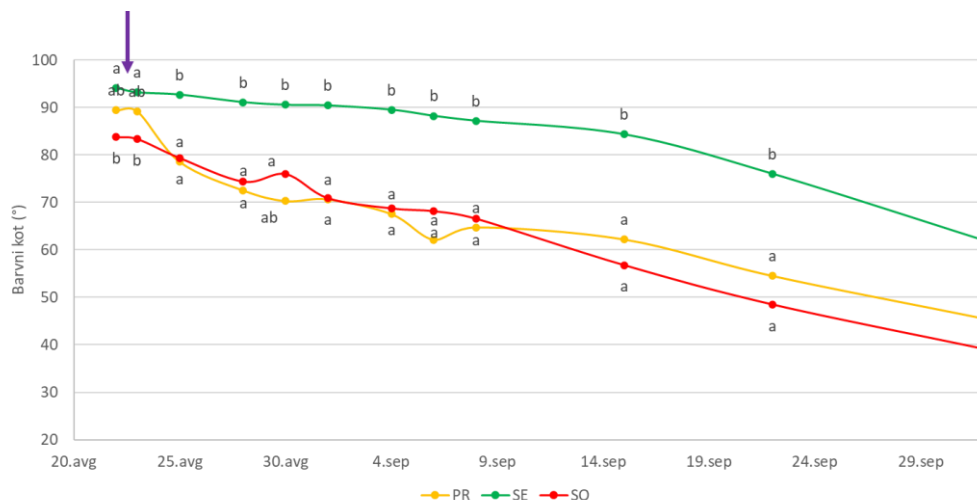


Slika 2: Temperatura na površini plodov v senci (SE), na soncu (SO) in izpostavljenih soncu po poletni rezi (PR)

Puščica prikazuje termin rezi. Figure 2: Surface temperature of fruit in shade (SE), in sun (SO) and exposed to sun after summer pruning (PR). The arrow shows the date of pruning

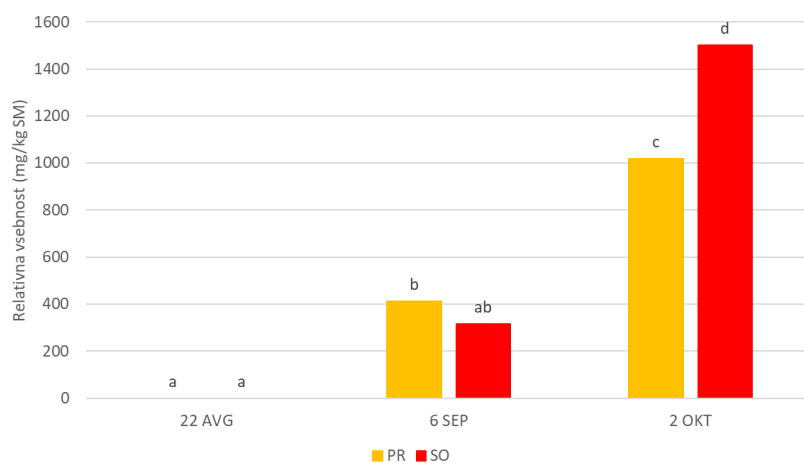
Rdeča krovna barva se je pri plodovih začela razvijati postopno. Senčni plodovi so imeli minimalno obarvanost plodov tudi ob obiranju, medtem ko so sončni plodovi imeli večji del ploda obarvanega z rdečo krovno barvo. Plodovi v obravnavanju poletna rez so uspešno izvedli tranzicijo od senčnih k sončnim plodovom (slika 3). Manjše vrednosti h^o kažejo na bolj rdečo barvo kože. Do podobnih ugotovitev pri sorti 'Fuji' so prišli tudi Lugaresi in sod. (2022), ki navajajo, da je pomemben optimalni čas za poletno rez, saj močno vpliva na kakovost pridelanega sadja. Antociani so barvila, ki so zadolženi za rdečo barvo jabolka. Med njimi cianidin-galaktozid dosega daleč največji delež. Na sliki 4 je prikazana relativna vsebnost tega antociana glede na senčne plodove. Viden je značilen porast v vsebnosti pri sončnih plodovih in plodovih, ki so bili izpostavljeni soncu po rezi. Takšen porast v vsebnosti antocianov je pričakovan in sovпада z razvojem rdeče krovne barve (Bizjak in sod., 2013). Zanimivo je, da plodovi izpostavljeni soncu po rezi niso dosegli enake vsebnosti cianidin - galaktozida kot sončni plodovi. Nekoliko manjša vsebnost glavnega antociana v kožici plodov

po rezi v primerjavi s sončnimi plodovi ni pokazala statistično značilne razlike tudi v kolorimetričnih meritvah.



Slika 3: Barvni kot (h°) barve plodov v senci (SE), na soncu (SO) in izpostavljenih soncu po poletni rezi (PR). Različne črke označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsakem terminu med obravnavanji. Puščica prikazuje termin rezi

Figure 3: Hue angle (h°) of fruit colour in shade (SE), in sun (SO) and exposed to sun after summer pruning (PR). Different letters indicate statistically significant differences ($p \leq 0.05$) at each time point between treatments. The arrow shows the date of pruning



Slika 4: Relativna vsebnost cianidin-galaktozida v mg/kg sveže mase v kožici plodov v senci (SE), na soncu (SO) in izpostavljenih soncu po poletni rezi (PR). Različne črke označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) med obravnavanji in termini

Figure 4: Relative cyanidin-galactoside content in mg/kg fresh weight in the skin of fruit in shade (SE), in sun (SO) and exposed to sun after summer pruning (PR). Different letters indicate statistically significant differences ($p \leq 0.05$) between treatments and dates

Dobljeni rezultati kažejo, da je rez pred obiranjem pri jablanah sorte 'Topaz' primeren ukrep za izboljšanje kakovosti plodov ob obiranju, zlasti v letih, ki so neugodne za razvoj rdeče krovne barve.

4. ZAHVALA

Raziskava je del programa Hortikultura P4-0013-0481, ki ga financira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS). Nasad spada v okvir Razvojno raziskovalnega centra za proučevanje rasti in razvoja kmetijskih rastlin (IO-0022-0481-0481-0), katerega delo prav tako sofinancira ARIS.

5. LITERATURA

- Baluszynska, U. B., Licznar-Malanczuk, M., Medic, A., Veberic, R., Grohar, M. C. 2023. Influence of living mulch and nitrogen dose on yield and fruit quality parameters of *Malus domestica* Borkh. cv. 'Sampion'. Agriculture, 13(5): 921. <https://doi.org/10.3390/agriculture13050921>
- Bizjak, J., Weber, N., Mikulic-Petkovsek, M., Slatnar, A., Stampar, F., Alam, Z., Stich, K., Halbwirth, H., Veberic, R. 2013. Influence of Phostrade Ca on color development and anthocyanin content of 'Braeburn' apple (*Malus domestica* Borkh.). HortScience, 48(2): 193-199. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.48.2.193>
- Li, K.-T., Lakso, A. N., Piccioni, R., Robinson, T. 2003. Summer pruning reduces whole-canopy carbon fixation and transpiration in apple trees. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 78 (6): 749-754. <https://doi.org/10.1080/14620316.2003.11511694>
- Jakopic, J., Stampar, F., Veberic, R. 2009. The influence of exposure to light on the phenolic content of 'Fuji' apple. Scientia Horticulturae 123: 234-239. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.09.004>
- Lugaresi, A., Steffens, C. A., Souza, M. P., Amarante, C. V. T., Brighenti, A. F., Pasa, M. S., Martin, M. S. 2022. Late summer pruning improves the quality and increases the content of functional compounds in Fuji apples. Bragantia, 81: e3122. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20210234>
- Morgan, D.C., Stanley, C.J., Volz, R., Warrington, I.J. 1984. Summer pruning of 'Gala' apple: The relationships between pruning time, radiation penetration, and fruit quality. Journal of the American Society for Horticultural Science, 109 (5): 637-642. <https://doi.org/10.21273/JASHS.109.5.637>
- Yuste, S., Ludwig, I.A., Romero, M., Motilva, M., Rubió, L. 2022. New red-fleshed apple cultivars: a comprehensive review of processing effects, (poly)phenol bioavailability and biological effects. Food & function. On-line. <https://doi.org/10.1039/D2FO00130F>
- Warrington, I. J., Fulton, T. A., Halligan, E. A., de Silva, H. N. 1999. Apple fruit growth and maturity are affected by early season temperatures. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 124(5): 468-477. <https://doi.org/10.21273/JASHS.124.5.468>
- Zupan, A., Mikulic-Petkovsek, M., Slatnar, A., Stampar, F., Veberic, R. 2014. Individual phenolic response and peroxidase activity in peel of differently sun-exposed apples in the period favorable for sunburn occurrence. Journal of Plant Physiology 171: 1706-1712. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2014.08.010>

RAZLIČNO CVETOČE JABLANE SE RAZLIČNO ODZIVAJO NA REDČENJE PLODIČEV IN SPODBUJANJE POVRATNEGA CVETENJA – POTREBA PO SELEKTIVNEM PRISTOPU

Matej STOPAR¹, Biserka DONIK PURGAJ², Marko HOČEVAR³

POVZETEK

V dveh poljskih poskusih smo ugotavljali, kako sredstva za redčenje cvetov oz. plodičev jablane ter sredstva za izboljšanje povratnega cvetenja, delujejo na šibko (Š), srednje (Sr) in močno (M) cvetočih drevesih sorte 'Zlati delišes'/M9. V prvem poskusu smo kot sredstvo za redčenje amonijev tiosulfat (ATS 0,7%) nanegli v vrh cvetenja, v drugem poskusu smo plodiče redčili z nanosom 1-naftilocetne kisline (NAA 12 mg l⁻¹) ob doseženi velikosti 10 mm. Mesec dni po vrhu cvetenja smo v obeh poskusih v petih zaporednih tedenskih intervalih škropili sredstva za izboljšanje povratnega cvetenja, t.j. NAA 5 mg l⁻¹ ali etefon 100 mg l⁻¹. Na Š drevesih je redčenje z ATS v samostojnem nanosu neznačilno zmanjšalo število tržnih plodov, medtem ko je redčenje Š dreves z NAA povzročilo nepotrebno izgubo plodov tržnega razreda. Samo redčenje z ATS ali NAA ni zadovoljivo izboljšalo povratnega cvetenja M dreves. Tretiranje za izboljšanje povratnega cvetenja s 5-kratnim nanosom NAA oz. etefona so se pri obeh poskusih pri Š drevesih izkazala za nepotrebna, medtem ko so ista tretiranja na Sr in M drevesih izredno močno in zadovoljivo izboljšala povratno cvetenje. V sklopu razvoja preciznega kmetijstva bi bil za nanos rastlinskih bioregulatorjev nujno potreben selektivni, individualnemu drevesu prilagojen pristop.

Ključne besede: *Malus domestica*, precizno kmetijstvo, 1-naftilocetna kislina, etefon

DIFFERENT FLOWERING APPLE TREES REACT DIFFERENTLY TO FRUITLET THINNING AND FLOWER PROMOTION – A SELECTIVE APPROACH TO TREE MANAGEMENT IS REQUIRED

ABSTRACT

In two field trials, the effect of thinning and flowering promotion was investigated on 'Golden Delicious'/M9 apple trees from three different flowering intensity groups: light (Š), medium (Sr) and high (M) flowering trees. In the first trial, ammonium thiosulphate (ATS; 0.7%) was applied at the time of full bloom, in the second trial 1-naphthaleneacetic acid (NAA; 12 mg l⁻¹) was sprayed at 10 mm fruitlet diameter. In both trials, treatments to promote return bloom were initiated one month after full bloom with five consecutive weekly applications of NAA 5 mg l⁻¹ or ethephon 100 mg l⁻¹. Thinning of Š trees with ATS alone application reduced (not significantly) the number of commercial fruit at harvest, but thinning with NAA significantly and adversely reduced the number of commercial fruit on Š trees. Thinning with ATS or NAA

¹ Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, Slovenija

² KGZS, Kmetijsko gozdarski zavod Maribor, Vinarska ulica 14, 2000 Maribor

³ Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani, Aškerčeva cesta 6, 1000 Ljubljana

alone did not improve the return bloom of the M trees to an adequate level. The Š control trees showed adequate return bloom and spraying the flowering promotion chemicals NAA or ethephon was not required on Š trees. In Sr and M trees, the return bloom promotion treatments successfully increased flowering to meet yield expectations for the next season. In the future, plant bioregulators should be used selectively according to the needs of individual trees.

Key words: *Malus domestica*, precision agriculture, 1-naphthaleneacetic acid, ethephon

1. UVOD

Izmenična ali alternativna rodnost je dobro znan pojav v tržni pridelavi jabolk, ko drevo v enem letu rodi, v naslednjem pa ne ali zelo malo (Monselise in Goldschmidt, 1982). Do izmenične rodnosti pride lahko zaradi zunanjih vplivov, npr. v primeru pozeb na celi površini sadovnjaka, medtem ko do variabilne rodnosti posameznih dreves znotraj vrste sadovnjaka pride zaradi notranjih fizioloških vzrokov drevesa (Tromp, 2000). Nekatere novejšje sorte jabolk kot npr. 'Elstar' ali 'Honeycrisp' nerade cvetijo, če so bile v predhodnem letu zelo rodne, k močnejši izmenični rodnosti pa so nagnjene tudi nekatere starejše sorte, kot npr. 'Rdeči delišes', 'Fuji' in 'Zlati delišes' (Wertheim, 1997). Nihanje pridelka posameznih jablan v sadovnjaku med leti lahko povzroči tudi ogromna nihanja pridelkov celotnega nasada (Bukovac in sod., 2010; Embree in sod., 2007). Z namenom izboljšanja kakovosti plodov in preprečevanja izmenične rodnosti, se v svetu kot vsesplošno priznan tehnološki ukrep škropi s sredstvi za redčenje cvetov ali plodičev jablane (Dennis, 2000; Pellerin in sod., 2011). Pogosto pa se zgodi, da v letu zelo močnega cvetenja samo redčenje cvetov ali plodičev ni dovolj močan ukrep za formiranje primerne povratnega cvetenja. V Evropi manj, na obeh ameriških celinah pa več, se v letu močnega cvetenja dreves škropi s sredstvi za spodbujanje povratnega cvetenja jablan (McArtney in Unrath, 2006; Robinson in sod., 2010). Neodvisno od redčenja lahko s petkratnim nanosom 1-naftilacetne kisline (NAA) ali etefona v majhnih koncentracijah v poletnem času, v letu zelo močnega rodnega nastavka, primerno spodbudimo formiranje cvetnega brstja oz. povratno cvetenje za naslednje leto (McArtney in sod., 2013). Glede na to, da imamo zaradi pojava izmenične rodnosti v vrstah komercialnega nasada jablan drevesa z zelo različnim rodnim nastavkom, ne vemo, kako se ta v osnovi različno rodna drevesa odzivajo na nanos sredstev za redčenje plodičev oz. na nanos sredstev za pospeševanje cvetenja. Stopar (2010) je pri redčenju plodičev sorte 'Elstar' z benziladeninom ugotovil nepotrebno in škodljivo redčenje dreves z majhnim rodnim nastavkom. Digitalne tehnologije s strojnimi vidom in drugimi naprednimi senzorskimi sistemi bi lahko ločevala drevesa po njihovem rodnem nastavku in tako zagotavljala individualno, drevesu prilagojeno obravnavo pri škropljenju z rastlinskimi bioregulatorji (Hočevar in sod., 2014; Aggelopoulou in sod., 2011).

V dveh poljskih poskusih smo ugotavljali, kako se različno cvetoča drevesa sorte 'Zlati delišes' odzivajo na nanos sredstev za redčenje cvetov oz. plodičev, t.j. amonijevega tiosulfata (ATS) in NAA, ter kako različno cvetoča drevesa reagirajo na škropljenje za spodbujanje povratnega cvetenja. Selektivni pristop k nanosu rastlinskih bioregulatorjev, bi lahko bil osnova za precizno, na individualnem drevesu zasnovano škropljenje sadovnjakov.

2. MATERIAL IN METODE

Eksperiment smo izvedli v poskusnem sadovnjaku Kmetijskega inštituta Slovenije na Brdu pri Lukovici (zem. širina 46° 10' S; zem. dolžina 14° 41' V). Izbrali smo odrasla drevesa sorte 'Zlati delišes' (*Malus domestica* Borkh) cepljene na šibko podlago M9, rastoča v enovrstnem sistemu (3,2 m x 0,8 m, gostota sajenja 3900 dreves ha⁻¹) in z gojitveno obliko ozkega vretena (2,5 – 3,0 m višine; 0,7 – 1,0 m širine drevesa). Celoten poskus je potekal v zasnovi naključnega bloka z osmimi ponovitvami, katere smo umestili v dve vrsti sadovnjaka s homogeno bujnostjo dreves. Statistično enoto je predstavljalo posamezno drevo. Pred nastavitvijo poskusa smo drevesom v vrstah prešteli socvetja in jih razdelili glede na obilnost cvetenja v tri skupine: šibko cvetoča drevesa (Š) s cvetnim nastavkom 20-50 socvetij na drevo, srednje cvetoča drevesa (Sr) s cvetnim nastavkom 70-120 socvetij na drevo in močno cvetoča drevesa (M) s cvetnim nastavkom 150-250 socvetji na drevo.

Za ugotavljanje vpliva sredstev za redčenje cvetov oz. plodičev, ter kasnejših poletnih škropljenj z NAA ali etefonom za spodbujanje povratnega cvetenja, smo eksperiment razdelili v dva ločena poskusa; (i) v poskusu 1 smo drevesa predhodno škropili s sredstvom za redčenje cvetov ATS (0,7%, ob vrhu cvetenja), (ii) v poskusu 2 pa smo drevesa predhodno tretirali s sredstvom za redčenje plodičev (NAA 12 mg l⁻¹, pri premeru centralnih plodičev 10 mm). Po nanosu obeh sredstev za redčenje cvetov oz. plodičev, smo pri obeh poskusih v poletnem času škropili za namen pospeševanja formiranja cvetnega brstja t.j. za spodbujanje povratnega cvetenja. V ta namen smo škropili v poletnem času z nizko koncentracijo NAA 5 mg l⁻¹ (Dirager, L.Gobbi S.r.l., Campo Ligure, Italija) oz. z etefonom 100 mg l⁻¹ (Flordimex, Nufarm Sp.z.o., Varšava, Poljska). Prvo škropljenje z NAA oz. etefonom za namen izboljšanja povratnega cvetenja smo izvedli mesec dni po vrhu cvetenja, nato pa so sledili še štirje nanosi v enotedenskih intervalih. Škropljenja posameznih dreves smo izvajali z nahrbtno škropilnico, s količino škropiva, ki je zagotavljala omočenost listja, t.j. do točke kapljanja. Tako smo v obeh poskusih imeli v vsaki Š/Sr/M skupini štiri obravnavanja: a) kontrola (neškropljeno), b) redčeno z ATS ali NAA, c) redčeno in dodatni 5-kratni nanos NAA ter d) redčeno in dodatni 5-kratni nanos etefona. Statistična analiza je bila napravljena s programom Statgraphics XVIII (Statgraphics technologies Inc., Virginia, USA). Razlike med poprečji obravnavanj smo razmejili z Duncanovim testom znotraj vsake skupine obilnosti cvetenja Š/Sr/M.

3. REZULTATI IN DISKUSIJA

3.1 POSKUS 1, PREDHODNO REDČENO Z ATS

V prvem poskusu smo drevesa razdeljena v tri skupine obilnosti cvetenja predhodno redčili v cvet z ATS (preglednica 1, poskus 1). V skupini šibko cvetočih dreves (Š) smo po osnovnem redčenju z ATS in 5x nanosu etefona v jeseni ugotovili zmanjšano število plodov s premerom večjim od 70 mm. V skupini srednje cvetočih dreves (Sr) je redčenje z ATS imelo pozitiven vpliv na povečanje števila tržnih plodov kadar smo nanašali ATS samostojno, ali pa ko so redčenje z ATS sledili zaporedni nanosi NAA.

V skupini Š je bilo pri kontrolnih drevesih povratno cvetenje zelo močno, pri Sr in M kontrolnih drevesih pa ni bilo zadovoljivo. Samo redčenje cvetov na Sr in M drevesih z ATS je nezadovoljivo (tudi nesignifikantno) povečalo povratno cvetenje na 115 oz. 90 socvetij na drevo. Povratno cvetenje je bilo v primeru 5-kratnega nanosa NAA oz. etefona večje v vseh treh skupinah obilnosti cvetenja Š/Sr/M, kar poročajo tudi Bukovac in sod. (2006) in

Robinson in sod. (2010). Pri obravnavanjih z dodatnimi nanosi NAA oz. etefona se je povratno cvetenje Š dreves povečalo na več kot 400 socvetij na drevo, kar bi lahko obravnavali kot preobilno cvetenje, ki bo povzročalo probleme z redčenjem rodne nastavka v prihodnjem letu. Na Sr in M drevesih je 5-kratni nanos NAA oz. etefona z namenom pospeševanja formiranja rodne brstja, močno izboljšal povratno cvetenje teh dreves, v tem primeru na zadovoljivo raven.

Preglednica 1: Končno število komercialnih plodov (>70mm) ter povratno cvetenje 'Zlatega delišesa'/M9 po osnovnem redčenju plodičev z amonijevim tiosulfatom (ATS; 0,7% w/w; poskus 1) ali 1-naftilocetno kislino (NAA; 12 mg l⁻¹; poskus 2) ter sledečih petih zaporednih nanosih NAA 5 mg l⁻¹ oz. etefona 100 mg l⁻¹; Š = šibko, Sr = srednje in M = močno cvetoča drevesa.

Table 1: Final fruit set of commercial fruit (>70mm) and return bloom of 'Golden delicious'/M9 after basic ammonium thiosulphate (ATS, 0.7% w/w, exp. 1) or 1-naphthaleneacetic acid (NAA; 12 mg l⁻¹; exp. 2) thinning followed by five consecutive applications of NAA 5 mg l⁻¹ or ethephon 100 mg l⁻¹; Trees were classified into three flowering categories: Š = small, Sr = medium and M = high flowering trees.

Obravnavanja	Predhodno redčeno z ATS (poskus 1)		Predhodno redčeno z NAA (poskus 2)	
	Št. velikih plodov (>70 mm)	Povratno cvetenje (št. socvetij)	Št. velikih plodov (>70 mm)	Povratno cvetenje (št. socvetij)
	Š		Š	
Kontrola	50 b*	357 ab	66 b	489 a
ATS ali NAA	41 ab	220 a	25 a	394 a
ATS ali NAA + 5x NAA	44 ab	416 b	24 a	459 a
ATS ali NAA + 5x ethephon	27 a	468 b	20 a	390 a
	Sr		Sr	
Kontrola	49 a	47 a	52 a	32 a
ATS ali NAA	73 b	115 a	76 a	240 b
ATS ali NAA + 5x NAA	69 b	314 b	65 a	318 b
ATS ali NAA + 5x ethephon	39 a	368 b	64 a	207 b
	M		M	
Kontrola	47 a	25 a	65 a	5 a
ATS ali NAA	55 a	90 a	91 a	52 a
ATS ali NAA + 5x NAA	49 a	214 b	90 a	193 b
ATS ali NAA + 5x ethephon	42 a	351 c	81 a	231 b

*Duncanov razvrstitveni test (p=0,05) za povprečja obravnavanj znotraj posamezne skupine intenzivnosti cvetenja (Š, Sr, M). Povprečja obravnavanj znotraj ene skupine intenzivnosti cvetenja se ne razlikujejo med seboj, kadar so označena z isto črko.

*Duncan's multiple range test ($p=0.05$) is valid for means in the separate flower intensity group (Š, Sr, M). Means within the flowering group designated with the same letters are not different.

3.2 POSKUS 2, PREDHODNO REDČENO Z NAA

Nanos NAA z namenom redčenja plodičev je v skupini Š dreves povzročil nepotrebno in škodljivo zmanjšanje rodnega nastavka na manj kot 25 tržnih plodov (>70 mm) na drevo, medtem ko so neredčena drevesa jeseni izkazovala 66 tržnih plodov na drevo (preglednica 1, poskus 2). Na Sr in M drevesih redčenje z NAA ni bilo statistično značilno.

Štetje socvetij v naslednjem letu je pokazalo, da je skupina Š dreves ne glede na redčenje z NAA in 5-kratnim dodatnim nanosom NAA oz. etefona, imela izenačeno in hkrati za vsa obravnavanja obilno povratno cvetenje. V skupini Sr na kontrolnih drevesih zaznamo manjše povratno cvetenje, ki po številu cvetov ni zadovoljivo za povprečno rodnost. Redčenje z NAA pa je statistično značilno izboljšalo povratno cvetenje na 240 socvetij na drevo. Tako v skupini Š in Sr nanos sredstev za izboljšanje povratnega cvetenja sploh ni bil potreben, saj se ocenjuje, da pri tej velikosti drevesa že približno 200 socvetij na drevo predstavlja zadovoljiv cvetni nastavek za primerno rodnost (Hladnik in Stopar, 2021). V skupini M kontrolna drevesa skorajda niso cvetela, redčenje z NAA ni izboljšalo povratnega cvetenja, dodatni 5-kratni nanos NAA oz. etefona pa je statistično značilno izboljšalo povratno cvetenje na 193 oz. 231 socvetij na drevo, kar je kot je že omenjeno zadostno število cvetov za primerno rodnost.

Poskusi na drevesih z različno obilnostjo cvetenja so pokazali, da lahko nanos nekega rastlinskega bioregulatorja v neki skupini cvetenja povzroči pozitivne učinke, v drugi skupini Š/Sr/M dreves pa celo negativne učinke. Tako v skupini Š dreves ni pravega razloga za uporabo sredstev za redčenje cvetov oz. plodičev (možnost preredčenja), prav tako pa je v tej skupini uporaba metod za pospeševanje povratnega cvetenja nepotrebna. V skupini M dreves je uporaba sredstev za redčenje rodnega nastavka nujna, prav tako kot bi bilo v tej skupini nujno tudi izvajati program za izboljšano tvorbo cvetnih brstov za naslednje leto. V času digitalnih tehnologij in naprednih senzorskih sistemov, bi bilo potrebno izvajati ciljan, individualni fiziologiji drevesa prilagojen nanos rastlinskih bioregulatorjev, drugih fitofarmaceutskih sredstev in tudi foliarnih gnojil.

4. ZAHVALA

Raziskavo je financirala javna agencija ARIS preko programske skupine Trajnostno kmetijstvo P4-0133. Za tehnično pomoč pri izvedbi poskusa se zahvaljujemo Boštjanu Sajetu, za primerno oskrbo dreves pa Romanu Mavcu s poskusnega sadovnjaka Brdo.

5. LITERATURA

- Aggelopoulou, A.D., Bochtis, D., Fountas, S., Swain, K.C., Gentos, T.A. Nanos, G.D. 2011. Yield and prediction in apple orchards based on image processing. *Precision Agric.* 12: 448-456.
- Bukovac, M.J., Sabbatini, P., Schwallier, P.G. 2006. Modifying alternate bearing of spur-type 'Delicious' apple with ethephon. *HortScience* 41: 1606-1611.
- Bukovac, M.J., Sabbatini, P., Zucconi, F., Schwallier, P.G. 2010. A Long-term study on native variation of flowering and fruiting in spur-type 'Delicious' apple. *HortScience* 45: 22-29.
- Dennis, F. G. 2000. The history of fruit thinning. *Plant Growth Regulation* 31, 1-16.

- Embree, C.G., Myra, M.T.D., Nichols, D.S., Wright, A.H. 2007. Effect of blossom density and crop load on growth, fruit quality and return bloom in 'Honeycrisp' apple. *HortScience* 42: 1622–1625.
- Hladnik, J., Stopar, M. 2021. Effect of flowering promotion with NAA or ethephon on 'Golden delicious' apple trees with different flowering intensities. *Eur. J. Hortic. Sci.* 86 (4): 384-390.
- Hočvar, M., Širok, B., Godeša, T., Stopar, M. 2014. Flowering estimation in apple orchards by image analysis. *Precision Agric.* 15: 466-478.
- McArtney, S.J., Unrath, D. 2006. Promotion of flowering in apple with NAA and Ethrel -abstract-p.983. *HortScience* 41: 983–983.
- McArtney, S., Greene, D., Schmidt, T., Yuan, R. 2013. Naphthaleneacetic acid and ethephon are florigenic in the biennial apple cultivars Golden Delicious and York Imperial. *HortScience* 48: 742–746
- Monselise, S. P., Goldschmidt, E. E. 1982. Alternate bearing in fruit trees. *Horticultural Review* 4: 128-173.
- Pellerin, B.P., Buszard, D., Iron, D., Embree, C.G., Marini, R.P., Nichols, D.S., Neilsen, G.H., Neilsen, D. 2011. A theory of blossom thinning to consider maximum annual flower bud numbers on biennial apple trees. *HortScience* 46: 40–42.
- Robinson, T., Lopez, S., Lungerman, K. 2010. Chemical thinning and summer PGRs for consistent return cropping of 'Honeycrisp' apples. *Acta Hortic.*: 635–642. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.884.84>.
- Stopar, M. 2010. Fruit set and return bloom of light, medium and high flowering apple trees after BA applications. *Acta Hortic.* 882: 351-356.
- Tromp, J. 2000. Flower-bud formation in pome fruits as affected by fruit thinning. *Plant Growth Regul.* 31: 27–34. <https://doi.org/10.1023/A:1006342328724>.
- Wertheim, S.J. 1997. Chemical thinning of deciduous fruit trees, *Acta Hortic.* 463: 445-462.

EMULGATORJI KOT ALTERNATIVA KLASIČNIM SREDSTVOM ZA REDČENJE PLODIČEV JABLANE

Nika HILLMAYR¹, Matej STOPAR¹

POVZETEK

Kemično redčenje plodičev je ukrep za izboljšanje velikosti plodov in preprečevanje izmenične rodnosti v komercialni pridelavi jabolk. Popolnega sredstva za redčenje plodičev jablan na trgu ni in tako stalno poteka iskanje bolj zanesljivih in okoljsko sprejemljivih sredstev za redčenje. Preučevali smo redčenje plodičev jablane po nanosu emulgatorjev: lecitin, polisorbati 20, 60, 80 in mešanice naštetih v različnih terminih nanosa. Nanesli smo 5 ml l⁻¹ emulgatorja dvakrat oz. trikrat: pri premeru plodičev 4,3 + 7,5 + 11,5 mm in pri 5,5 + 9,5 + 14 mm pri sortah 'Gala' in 'Elstar'. Kot najučinkovitejše sredstvo za redčenje se je izkazal polisorbati 60, ki je pri trikratnem nanosu redčil obe sorti, pri dvakratnem pa le sorto 'Gala'. Sposobnost redčenja plodičev se je pokazala tudi pri sredstvu polisorbati 80, ampak le pri trikratnem nanosu na sorto 'Gala'. Uporaba teh sredstev je vplivala tudi na večjo povprečno maso plodov in na izboljšano povratno cvetenje. Iz raziskave sklepamo, da so polisorbati obetavna sredstva za redčenje plodov jablane, če so naneseni v srednjih terminih (22.4., 29.4., 6.5.) tradicionalnega redčenja plodičev.

Ključne besede: *Malus domestica* Borkh., redčenje jablan, obremenjenost, emulgatorji

EMULGATORS AS AN ALTERNATIVE TO CLASSICAL APPLE THINNERS

ABSTRACT

Chemical fruit thinning is a measure to improve fruit size and prevent biennial bearing in commercial apple production. The market does not offer a perfect thinning agent and the search for reliable thinners that are environmentally and toxicologically indisputable is never ending. We studied the thinning effect of emulsifiers lecithin, polysorbates 20, 60, 80 and a mixture of the listed ones in the early and mid-late fruitlet thinning application window. Five ml l⁻¹ emulsifier was applied twice or three times: at 4.3 + 7.5 + 11.5 mm and 5.5 + 9.5 + 14 mm of fruitlet diameter in the varieties 'Gala' and 'Elstar'. Substance polysorbate 60 proved to be the most effective thinning agent, which thinned both cultivars when applied three times, but only the cultivar 'Gala' when applied twice. Thinning ability was also shown with substance polysorbate 80, but only with three times application at 'Gala' cultivar. The use of polysorbates also enhanced the average fruit weight and return bloom. We conclude that polysorbates are promising agents for thinning apple fruits when applied at the middle-time (22.4., 29.4., 6.5.) thinning window.

Key words: *Malus domestica* Borkh., apple thinning, crop load, surfactant

¹ Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, Slovenija

1. UVOD

Vsakemu pridelovalcu je pomemben prihodek, ki ga dobi od pridelka. Pri jabolani (*Malus domestica* Borkh) je vrednost pridelka pogojena s količino in kakovostjo plodov, ki sta odvisni predvsem od obremenitve dreves, kar v komercialnih nasadih reguliramo z redčenjem plodičev (Robinson in sod., 2017). Za doseganje prvovrstne kakovosti in velikosti plodov je pomembno pravočasno redčenje. Poleg tega je redčenje potrebno, da se izognemo izmenični rodnosti in tako uravnovesimo pridelavo sadja med leti (Davis in sod., 2004). Ročno redčenje je delovno intenzivno, kar pri današnjem trgu dela pomeni večji strošek. Hkrati pa se ročno redčenje izvaja prepozno, da bi zagotovilo zadosten rodni nastavek v naslednjem letu. Zato se pridelovalci večinoma odločajo za kemično redčenje, ki je zanesljivejši in cenovno ugodnejši ukrep. Vendar pa je uporaba kemijskih snovi pri pridelavi hrane strogo regulirana in pod stalnim drobnogledom javnosti. Seznam dovoljenih sredstev je omejen, poleg tega imajo tudi komercialno dostopna sredstva za redčenje tehnološke pomanjkljivosti oziroma lahko imajo vprašljiv vpliv na okolje.

Karbaril, kot aktivna snov, je bil med prvimi obsežno uporabljenimi sredstvi za redčenje, vendar je bil zaradi okoljske nesprejemljivosti prepovedan (Gunasekara in sod., 2008). Sredstva za redčenje plodičev na osnovi 6-benziladenina (BA) so znana, da prispevajo k velikosti plodov, dodatno in neodvisno od redčenja, ter so zato med pridelovalci priljubljena kot sredstva za redčenje (Wismer in sod., 1995). Vendar na učinkovitost sredstev na osnovi BA močno vplivajo predvsem fiziološko stanje rastlin ter vremenske razmere po nanosu, zato njihov učinek ni vedno predvidljiv (Greene, 1993; Marini, 2002). Sredstva na osnovi 1-naftilocetne kisline (NAA), naftilacetamida (NAD) in etefona lahko v nekaterih primerih celo povzročijo zmanjšanje končne velikosti plodov (Stopar in Tojnko, 2005). Poleg sredstev za redčenje plodičev poznamo tudi tista, ki se uporabljajo za redčenje v cvet. V tem primeru večinoma pride do požiga cvetov. V namene redčenja cvetov so se uporabljala številna sredstva. Amonijev tiosulfat (ATS), je sicer registriran kot listno gnojilo, ima pa pri nanosu na cvetove učinek redčenja (Fallahi in sod., 2006a). Povzroči izsušitve cvetnega tkiva (Byers, 1997). Sredstva na osnovi hidrogen cianamida, predvsem na južni polobli uporabljajo za zmanjšanje potreb po zimskem mirovanju (Fallahi in sod. 1990). Hkrati pa se uporabljajo kot sredstva za redčenje cvetov pri pečkarjih in koščičarjih. Njihovo delovanje je med leti primerljivo in ne povzroča rjavosti plodov (Fallahi in sod., 1998, 2006a). V Evropi tega sredstva na jablanah ne uporabljamo. Tergitol TMN-6 je bil potrjen kot učinkovito sredstvo za redčenje breskev, nektarin in sliv. Nanos se izvede med polnim cvetenjem in odpadanjem venčnih listov. Pri tem ni bilo opaženih negativnih vplivov na drevo ali plodove (Fallahi in sod., 2006b). Tergitol spada v skupino površinsko aktivnih snovi oziroma emulgatorjev, ki se uporabljajo za zmanjšanje površinske napetosti na listu rastline pri nanosu pesticidov in hkrati omogočajo lažje raztapljanje lipofilnih snovi v vodi. V kmetijstvu dodana sredstva za namen zmanjšanja površinske napetosti ob nanosu na list navadno imenujemo močila. Enako sta Klein in Cohen (2000) dokazala večnamensko delovanje organosilikonskih emulgatorjev, Silwet-408 (Witco) in Boost (Dow-Elanco) pri nektarinah in breskvah. Silwet je organosilikonsko močilo, ki poveča adhezijo nanesenih pripravkov kot so herbicidi, insekticidi in drugi (Tipa, 2023). Kasneje so sredstvo Silwet preizkusili še pri redčenju jablan, kjer so se prav tako pokazali pozitivni rezultati. Nanos sredstva Silwet ob začetku cvetenju pri sorti 'Jonagold', se je izkazal s 50 % zmanjšanjem pridelka; pri kombinaciji sredstva Silwet in sredstva na osnovi etefona pa je bil pridelek zmanjšan za več kot 90 %. Tekom iste študije so pri sorti 'Fuji' preizkusili še dvakratni nanos sredstva Silwet-408, ki se je v kombinaciji s sredstvom na osnovi etefona, izkazal kot močnejše redčenje v primerjavi z enkratnim nanosom, saj se je pridelek zmanjšal za 85 % (Bound in Klein, 2010). Tudi Lañar in sod. (2022) so dokazali

uspešno redčenje sliv s pripravkom SilwetStar, ter dosegli 69 % zmanjšanje števila plodov na drevo. Tako se je razvila ideja o preizkušanju ostalih emulgatorjev in njihovega vpliva na redčenje različnih sadnih vrst.

V našem poskusu smo preizkušali predstavnike živilskih emulgatorjev: polisorbati 20, polisorbati 60, polisorbati 80 in lecitin, ter preverjali njihovo sposobnost redčenja pri dveh sortah jablan: 'Gala' in 'Elstar'. Polisorbati so bili dokazani kot potencialno alternativno sredstvo za redčenje plodičev jablane (Stopar in Hladnik, 2020, 2021). Pred tem, pa je bilo potrebno določiti njim primerno okno uporabe. Zato smo jih preizkušali kot sredstvo za redčenje v času cvetenja in sočasno na plodičih do velikosti 15 mm.

2. MATERIALI IN METODE

Poskus smo izvajali pri sortah jablane 'Gala' in 'Elstar' z namenom preverjanja učinkovitosti redčenja emulgatorjev lecitin in polisorbati 20, 60 in 80 ter določanja optimalnega okna uporabe. Poskus smo izvajali v poskusnem nasadu Brdo pri Lukovici (osrednja Slovenija; 46°10'04.8"N; 14°40'55.2"E) v rastnih sezonah 2014 in 2015. Pri sorti 'Gala' smo v poskus izbrali mlada dvoletna drevesa, pri sorti 'Elstar' pa drevesa v polni rodnosti, cepljena na podlago M.9 in gojena v gojitveni obliki ozko vreteno. Dvanajst obravnavanj je bilo določenih v poskusni zasnovi osmih naključnih blokov, razporejenih v eno sadilno vrsto pri sorti 'Gala' in petih naključnih blokov razporejenih v dve vrsti pri sorti 'Elstar'. Izbrana so bila drevesa s homogeno rastjo in cvetenjem. Vsa škropljenja so bila izvedena z nahrbtno škroplilnico do točke kapljanja, v terminih 22.4., 29.4. in 6.5. pri obeh sortah.

Uporabljena je bila trojna kontrola: netretirano, ročno redčeno (po junijskem trebljenju) in kemično redčeno z BA (5 ml l⁻¹ Exilisa pri premeru plodičev 10 mm). Srednje okno uporabe emulgatorjev, je vključevalo dvakratni nanos, in sicer prvič konec cvetenja oz. pri premeru centralnih plodičev 'Gala' 4,3 mm in 'Elstar' 5,5 mm in drugič teden kasneje, pri 'Gala' 7,5 mm in 'Elstar' 9,5 mm. Kasnejše okno uporabe pa je vključevalo prvi dve škropljenji in tretje škropljenje še teden pozneje oz. pri premeru plodičev sorte 'Gala' 11,5 mm in 'Elstar' 14 mm. Zadnji dve obravnavanji sta predstavljali kombinacijo sredstev lecitin in polisorbati 60 oz. polisorbati 80, obravnavanji sta bili aplicirani v prvem in drugem terminu škropljenja. Podrobna razdelitev obravnavanj je zapisana v preglednicah 1 in 2. Lecitin (živilski emulgator na osnovi fosfolipidov E322), polisorbati 20 (E432, polioksietilen sorbitan monolaurat, Tween[®] 20), polisorbati 60 (E435, polioksietilen sorbitan monostearat, Tween[®] 60) in polisorbati 80 (E433, polioksietilen sorbitan monooleat, Tween[®] 80) smo nanесли kot 5 ml l⁻¹ emulzije v vseh treh časovnih obdobjih nanosa. Poleg tega sta bili sredstvi lecitin ter polisorbati 60 in 80 v koncentraciji 5 ml l⁻¹ kombinirana kot predhodna mešanica. Vsi polisorbati so bili dobavljeni kot emulgatorji Tween pri Merck KGaA, Darmstadt, Nemčija. Ob obiranju je bilo določeno št. plodov na drevo za velikostni razred nad in pod 70 mm premera ploda ter povprečna masa ploda (g). Obilnost cvetenja v naslednji rastni sezoni je bila vizualno ocenjena kot povratno cvetenje z lestvico od 1 do 10 (1 = brez cvetov, 5 = šibko cvetenje, 8 = optimalno cvetenje, 10 = pretirano cvetenje, 'snežna kepa'). Rezultati so bili statistično obdelani v programu Statgraphics (Statgraphics Technologies, Inc., The Plains, Virginia) z uporabo enosmerne analize variance (ANOVA) in sledečim Duncan testom.

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

Podatki, zbrani ob obiranju, so predstavljeni v preglednicah 1 in 2. Pri kontrolnem obravnavanju je bilo št. plodov na drevo večje, tako pri sorti 'Gala', kot 'Elstar', kar je

pričakovano za neredčena drevesa. Ročno redčenje je pri obeh sortah dalo statistično značilno manjše število netržnih plodov (<70mm) na drevo in s tem jih lahko označimo kot pravilno razredčena drevesa. Redčenje z BA je bilo uspešno le pri sorti 'Elstar', kjer so se pokazale statistične razlike pri številu netržnih plodov na drevo med obravnavanji kontrola in BA.

Preglednica 1: Rezultati redčenja s sredstvi polisorbata in lecitina v primerjavi s kontrolo, ročnim redčenjem in redčenjem z BA pri drevesih sorte 'Gala'. Povprečja z različnimi črkami se statistično razlikujejo pri $p=0,05$; analizirano z enosmerno ANOVA in Duncan testom

Table 1: Results of thinning with substance polysorbate and lecithin compared to control, hand thinning and thinning with BA on 'Gala' trees. Means with different letters are statistically different at $p=0.05$; analyzed by one-way ANOVA and Duncan test

Obravnavanje	Čas tretiranja	Št. cvetov drevo ⁻¹	Št. plodov <70mm drevo ⁻¹	Št. plodov >70mm drevo ⁻¹	Povp. masa ploda (g)	Povratno cvetenje (1-10)
Kontrola		143 a	184 ef	29 a	109 a	5,9 ab
Ročno redčenje	po junijskem trebljenju	133 a	117 bc	49 ab	139 bcd	5,3 a
Exilis (BA) - 5 ml l ⁻¹ 1x	10 mm	143 a	218 f	57 ab	123 abcd	7,2 ab
Lecitin - 5 ml l ⁻¹ 2x	KF 4,3 + 7,5 mm	132 a	218 f	53 ab	125 abcd	6,0 ab
Polisorbat 20 - 5 ml l ⁻¹ 2x		135 a	163 de	73 b	138 bcd	4,8 a
Polisorbat 60 - 5 ml l ⁻¹ 2x		142 a	122 bc	58 ab	145 cd	4,6 a
Polisorbat 80 - 5 ml l ⁻¹ 2x		146 a	192 ef	49 ab	118 ab	5,6 a
Lecitin 5 ml l ⁻¹ 3x	KF 4,3 + 7,5 + 11,5 mm	133 a	196 ef	59 ab	124 abcd	5,8 ab
Polisorbat 60 - 5 ml l ⁻¹ 3x		132 a	28 a	27 a	209 e	8,2 b
Polisorbat 80 - 5 ml l ⁻¹ 3x		144 a	98 b	45 ab	147 d	5,8 ab
Lecitin + P60 2x	KF 4,3 + 7,5 mm	129 a	145 cd	49 ab	130 abcd	4,6 a
Lecitin + P80 2x		130 a	220 f	53 ab	120 abc	5,0 a

Sredstvo lecitin se ni izkazal kot primerno sredstvo za redčenje, saj ni zmanjšal števila plodov pri dvakratnem, niti pri trikratnem nanosu. Edino redčenje z lecitinom, ki je bilo uspešno, je bilo v kombinaciji s polisorbatom 60 pri sorti 'Gala', kjer se je zmanjšalo število plodov manjših od 70 mm, ampak v tem primeru učinka redčenja ne moremo pripisati sredstvu lecitin. Pri isti sorti je sredstvo polisorbata 20 pri dvakratnem nanosu značilno povečal delež tržnih plodov (>70mm) glede na neredčena drevesa. Statistično značilne razlike pri redčenju s sredstvom polisorbata 80 smo dobili le pri sorti 'Gala' pri trikratnem nanosu, kjer se je št. jabolk manjšega velikostnega razreda zmanjšalo na povprečno 98 na drevo oz. se je zmanjšalo za 47 % v primerjavi s kontrolo. Sredstvo polisorbata 60 je bilo edino, ki je imelo statistično značilne učinke redčenja pri obeh sortah. Pri sorti 'Gala' se je pri dvakratnem nanosu zmanjšalo število netržnih plodov na drevo za 34 %, kar je povprečno 122 plodov na drevo. Pri trikratnem nanosu sredstva polisorbata 60 smo razredčili število netržnih plodov na povprečno 28 plodov na drevo, oz. se je število plodov <70mm zmanjšalo za 85 %. Iz tega lahko sklepamo, da je imel trikratni nanos sredstva polisorbata 60 premočan vpliv redčenja pri sorti 'Gala' in se je pridelek zmanjšal bolj, kot bi želeli. Pri sorti 'Elstar', ki je znana kot problematična sorta za redčenje, je statistično značilen vpliv imelo le trikratno redčenje s sredstvom polisorbata 60. V tem primeru se je pridelek netržnih plodov zmanjšal za 21 %, oz. je na drevesih ostalo povprečno 228 plodov manjših od 70mm.

Povprečna masa ploda je bila ustrezno večja pri obravnavanjih, ki so bila redčena ročno glede na kontrolo. Pri sorti 'Gala' je se je masa plodov povečala povprečno za 30 g, pri sorti 'Elstar' pa za 27 g. Sredstvo polisorbata 20 je ob dvakratnem nanosu imelo statistično značilen vpliv na

povprečno maso plodov sorte 'Gala', ti so bili v povprečju težji za 29 g v primerjavi s kontrolo. Pri sredstvu polisorbata 60 se je pri dvakratnem nanosu pri sorti 'Gala' prav tako pokazalo statistično značilno povečanje povprečne mase ploda za 36 g. Trikratni nanos sredstva polisorbata 60 oz. polisorbata 80 je v povprečju povečal maso plodov za 100 g oz. za 38 g pri sorti 'Gala'. Pri sorti 'Elstar' je trikratni nanos sredstva polisorbata 60 v povprečju povečal maso plodov za 19 g.

Preglednica 2: Rezultati redčenja s sredstvi polisorbata in lecitina v primerjavi s kontrolo, ročnim redčenjem in redčenjem z BA pri drevesih sorte 'Elstar'. Povprečja z različnimi črkami se statistično razlikujejo pri $p=0,05$; analizirano z enosmerno ANOVA in Duncan testom

Table 2: Results of thinning with substance polysorbate and lecithin compared to control, hand thinning and thinning with BA on 'Elstar' trees. Means with different letters are statistically different at $p=0.05$; analyzed by one-way ANOVA and Duncan test

Obravnavanje	Čas tretiranja	Št. cvetov drevo ⁻¹	Št. plodov <70mm drevo ⁻¹	Št. plodov >70mm drevo ⁻¹	Povp. masa ploda (g)	Povratno cvetenje (1-10)
Kontrola		232 abc	289 d	125 ab	125 a	1,5 abc
Ročno redčenje	po junijskem trebljenju	223 ab	162 a	130 ab	152 c	1,2 ab
Exilis (BA) - 5 ml l ⁻¹ 1x	10 mm	244 bc	224 b	132 ab	135 ab	2,1 c
Lecitin - 5 ml l ⁻¹ 2x	KF 5,5 + 9,5 mm	239 abc	270 bcd	119 a	129 a	1,2 ab
Polisorbat 20 - 5 ml l ⁻¹ 2x		252 c	277 d	135 ab	126 a	1,0 a
Polisorbat 60 - 5 ml l ⁻¹ 2x		243 bc	255 bcd	123 ab	126 a	1,5 abc
Polisorbat 80 - 5 ml l ⁻¹ 2x		233 abc	262 bcd	131 ab	128 a	1,5 abc
Lecitin 5 ml l ⁻¹ 3x		KF	230 abc	252 bcd	128 ab	129 a
Polisorbat 60 - 5 ml l ⁻¹ 3x	5,5 + 9,5 + 14 mm	229 abc	228 bc	164 ab	144 bc	1,5 abc
Polisorbat 80 - 5 ml l ⁻¹ 3x		226 ab	258 bcd	143 ab	132 a	2,0 bc
Lecitin + P60 2x	KF	239 abc	274 cd	167 b	135 ab	1,1 a
Lecitin + P80 2x	5,5 + 9,5mm	219 a	264 bcd	139 ab	129 a	1,4 abc

Ne nazadnje je tudi povratno cvetenje pomemben kriterij pri uspešnosti redčenja, saj je od tega odvisna obilnost pridelka v prihodnji sezoni. Pri sorti 'Elstar', kjer je bilo redčenje z BA uspešno, se je pokazalo tudi statistično značilno povečano povratno cvetenje. Tudi pri trikratnem nanosu sredstva polisorbata 60 pri sorti 'Gala' in pri trikratnem nanosu sredstva polisorbata 80 pri sorti 'Elstar' se je nakazal trend izboljšanja povratnega cvetenja, vendar ta ni bil statistično značilen.

Iz raziskave lahko sklepamo, da so polisorbati učinkovita sredstva pri srednjih terminih (22.4., 29.4., 6.5.) redčenja plodičev jablane, kar lahko potrdimo predvsem za sredstvo polisorbata 60 in delno za polisorbata 80. S kasnejšimi poskusi se je dokazalo tudi njihovo pozno delovanje vse do premera plodičev 20 - 22 mm (Stopar in Hladnik, 2020, 2021).

4. ZAHVALA

Raziskava je del raziskovalnega programa Trajnostno kmetijstvo P 0133, ki ga financira Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in inovacije. Zahvala gre tudi Romanu Mavcu za pomoč in oskrbo dreves v poskusnem sadovnjaku Brdo pri Lukovici.

5. LITERATURA

- Bound, S.A., Klein, J.D. 2010. Successful thinning of apples with an organosilicone surfactant. *Acta Hort.* 884, 413-417. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.884.50>
- Byers, R.E. 1997. Effects of bloom-thinning chemicals on apple fruit set. *J. Tree Fruit Production* 2(1): 13-31.
- Davis, K., Stover, E., Wirth, F. 2004. Economics of Fruit Thinning: A Review Focusing on Apple and Citrus. *HortTechnology* horttech 14 (2), 282-289. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.14.2.0282>
- Fallahi, E., Kilby, M., Moon, J.W. 1990. Effects of various chemicals on dormancy, maturity and thinning of peaches. *Deciduous Fruit and Nut: A College of Agriculture Report*. P-83, 121-128.
- Fallahi, E., Lee, R.R., Lee, G.A. 1998. Commercial-scale use of hydrogen cyanamide for apple and peach blossom thinning. *HortTechnology* 8, 556-560.
- Fallahi, E., Rom, C.R., Fallahi, B. 2006a. Effects of hydrogen cyanamide, ammonium thiosulfate, endothalic acid, and sulcarbamide on blossom thinning, fruit quality, and yield of apples. *J. Amer. Pomol. Soc.* 60(4), 198-204.
- Fallahi, E., Fallahi, B., McFerson, J.R., Byers, R.E., Ebel, R.C., Boozer, R.T., Pitts, J., Wilkins, B.S. 2006b. Tergitol-TMN-6 surfactant is an effective blossom thinner for stone fruits. *HortScience* 41(5), 1243-1248.
- Greene, D.W. 1993. A review of the use of benzyladenine (BA) as a chemical thinner for apples. *Acta Hort.* 329, 231-236. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1993.329.50>
- Gunasekara, A.S., Rubin, A.L., Goh, K.S., Spurlock, F.C., Tjeerdema, R.S. 2008. Environmental fate and toxicology of carbaryl. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. 196, 95-121. https://doi.org/10.1007/978-0-387-78444-1_4
- Klein, J. D., Cohen, S. 2000. 579 Thinning Nectarines and Peaches at Flowering with Organosilicone Surfactants. *HortScience* 35(3),496-496. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.35.3.496B>
- Laňar, L., Scháňková, K., Náměstek, J. 2022. Searching for plum flower thinner. *Acta Hort.* 1344, 93-98. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1344.14>
- Marini, R. 2002. Experience with thinning: what factors contribute to contradicting results. *HortScience* 37 (3), 484-486. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.37.3.484>
- Robinson, T.L., Lakso, A.N., Greene, D.W. 2017. Precision crop load management: the practical implementation of physiological models. *Acta Hort.* 1177, 381-390. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1177.55>
- Stopar, M., Hladnik, J. 2020. Polysorbates 20, 60 and 80 are apple thinning agents. *Acta Hort.* 1295, 57-62. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1295.7>
- Stopar, M., Hladnik, J. 2021. Polysorbates as potential apple thinning agents. *Acta Hort.* 1327, 685-690. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1327.90>
- Stopar, M., Tojnko, S. 2005. Small fruit appearance on 'Fuji/M.9' apples thinned by the most known thinning agents. *Plant Forsk.* 9, 1-4.
- Tipa. November 2023. Liquid fertilizer AgroBio Silwet Star 10 ml. <https://www.tipa.eu/en/liquid-fertilizer-agrobio-silwet-star-10-ml/d-230088/>
- Wismer, P.T., Proctor, J.T.A., Elfving, D.C. 1995. Benzyladenine affects cell division and cell size during apple fruit thinning. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 120 (5), 802-807. <https://doi.org/10.21273/JASHS.120.5.802>

VPLIV BIOSTIMULANTA AMICEL ROOT NA PRIDELEK PRI JABLANI (*Malus domestica* Borkh.)

Metka HUDINA¹, Jerneja JAKOPIČ¹, Robert VEBERič¹

POVZETEK

Vpliv sredstva Amicel root na količino in kakovost pridelka jabolane (*Malus domestica* Borkh.) pri sortah 'Topaz', 'Opal' in 'Idared' smo proučevali leta 2022. Poskus na sortah 'Topaz' in 'Opal' je potekal v Hortikulturnem centru Biotehniške fakultete (HC BF), Orehovlje, Miren, pri sorti 'Idared' pa v Bistrici ob Sotli. Poskus je vključeval dve obravnavanji: (i) tretirano s sredstvom Amicel root, kjer smo sredstvo Amicel root nanegli na tla v vrsti s herbicidno škropilnico v odmerku 16 l/ha 15. 4. in 22. 6. 2022, in (ii) kontrola, kjer tla nismo tretirali s sredstvom Amicel root. Ugotovili smo, da so imela drevesa obravnavanja Amicel root značilno večje število plodov/drevo pri sortah 'Opal' in 'Idared'. Kljub ekstremno visokim temperaturam in ob pomanjkanju padavin je bil pri sorti 'Opal' značilno večji pridelek pri obravnavanju Amicel root. Trend večjega pridelka pri obravnavanju Amicel root v primerjavi s kontrolo smo opazili tudi pri sortah 'Topaz' in 'Idared'. Tretiranje z Amicel root je vplivalo na večjo maso ploda pri sorti 'Topaz'. Koeficient rodnosti je bil značilno večji pri sortah 'Opal' in 'Idared' pri obravnavanju Amicel root. V višini, širini ploda, vsebnosti topne suhe snovi in škroba, v trdoti plodov ter parametrih osnovne in krovne barve ploda pri obravnavanih sortah med obravnavanjema ni bilo značilnih razlik.

Ključne besede: biostimulant, jabolana, *Malus domestica*, pridelek, suša, kakovost plodov

THE INFLUENCE OF THE AMICEL ROOT BIOSTIMULANT ON THE YIELD OF THE APPLE TREE (*Malus domestica* Borkh.)

ABSTRACT

The effect of Amicel root on the quantity and quality of the yield of apple (*Malus domestica* Borkh.) in the cultivars 'Topaz', 'Opal' and 'Idared' was studied in 2022. The experiment on the cultivars 'Topaz' and 'Opal' took place in the Horticultural Center of Biotechnical Faculty (HC BF), Orehovlje, Miren, and for the cultivar 'Idared' in Bistrica ob Sotli. The experiment included two treatments: (i) treated with the biostimulant Amicel root, where the Amicel root was applied to the soil in a row with a herbicide sprayer at a dose of 16 l/ha on 15th April and 22nd June 2022, and (ii) control, where the soil was not treated with Amicel root. We found that Amicel root treatment had a significantly higher number of fruit/tree in 'Opal' and 'Idared' cultivars. Despite the extremely high temperatures and the lack of rainfall, the cultivar 'Opal' had a significantly higher yield in the Amicel root treatment. A trend of higher yield in the treatment of Amicel root compared to the control was also observed in the cultivars 'Topaz' and 'Idared'. Treatment with Amicel root resulted in higher fruit weight in the cultivar 'Topaz'. The yield coefficient was significantly higher in the cultivars 'Opal' and 'Idared'

¹ Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

when treated with Amicel root. In the fruit height, fruit width, content of soluble solids and starch, fruit firmness, and the parameters of the ground and cover colour of the fruit, there were no significant differences between the two treatments.

Key words: biostimulant, apple, *Malus domestica*, yield, drought, fruit quality

1. UVOD

Eden od današnjih izzivov za doseganje prehranske varnosti je povečanje pridelave hrane ob povečevanju kakovosti pridelka in zmanjševanje vpliva kmetijskih praks na okolje (Del Buono, 2020). Da bi povečali kakovost pridelka in donos, zaščitili tisto, kar pridelamo, in trajnostno ohranili naravne kmetijske ekosisteme za prihodnje generacije, bi morali na eni strani povečati vnos hranil in učinkovitost uporabe (Singh et al., 2020) in po drugi strani okrepiti naravne obrambne mehanizme rastlin za soočanje s škodljivci in boleznimi brez uporabe fitofarmaceutskih sredstev (Costa et al., 2019). Ob upoštevanju teh ciljev so bili biostimulanti predlagani kot možna ključna sredstva za spodbujanje rasti rastlin in povečanje pridelka. Biostimulanti lahko tudi zmanjšajo vpliv abiotskega in biotskega stresa ter zmanjšajo odvisnost načinov pridelave od kemičnih gnojil in fitofarmaceutskih sredstev.

Biostimulanti so opredeljeni kot izdelki, ki vsebujejo snovi in/ali mikroorganizme, katerih naloga, kadar se jih nanese na rastline ali tla, je spodbujanje naravnih procesov za izboljšanje privzema hranil, učinkovitosti hranil, tolerance na abiotski stres in kakovosti pridelka, neodvisno od vsebnosti hranil (EBIC, 2023). Skupina biostimulantov je bila zakonsko opredeljena leta 2019 kot samostojna skupina, poleg gnojil in fitofarmaceutskih sredstev. Zakonsko so opredeljeni kot izdelki za krepitev rastlin, spodbujanje rasti rastlin in dvig odpornosti. V skupino biostimulantov se uvrščajo snovi in mešanice s sposobnostjo spodbujanja in krepitve rastlin ali izboljšanja tal, snovi, ki vplivajo na naravne procese v rastlinah in neposrednem okolju, kot so rast, tvorba plodov ali oblika in intenzivnost odziva rastline na stresne okoliščine.

Biostimulante so različni avtorji razvrstili v skupine glede na sestavo, izvor in način učinkovanja določene snovi (Yakhin in sod., 2017). Glede na izvor surovin, sestavo in učinkovanje jih delimo na (Du Jardin, 2015):

- aminokislina in beljakovinske hidrolizate,
- ekstrakte alg,
- druge rastlinske ekstrakte,
- huminske in fulvo kisline,
- hitozan in naravne polimere,
- mikroorganizme (glive, bakterije) in
- anorganske snovi.

Biostimulanti delujejo tako, da spodbujajo naravne procese v rastlinah ali njihovi okolici, vključno z obrambnimi reakcijami na negativne vplive okolja ter spodbujajo rast zaradi:

- fitohormonov (avksini, citokinini, giberelinska in abscizinska kislina, etilen) ali njim sorodno delujočih snovi (tvorba in razvoj korenin, cvetenje, zorenje plodov);
- elicitorjev, ki zmanjšujejo škodo povzročeno z boleznimi in škodljivci (nanešeni na rastline aktivirajo lastne obrambne mehanizme. Sproži se verižna reakcija z aktiviranjem genov za sintezo specifičnih obrambnih snovi);
- kelatov, ki povečajo dostopnosti hranil in njihovo mobilnost;

- zmanjševanja oksidativnega stresa, ki je posledica abiotičnega stresa (suša, vročina, mraz) in številnih drugih dejavnikov okolja. Preprečujejo kopičenje reaktivnih kisikovih spojin (ROS), ki povzročajo poškodbe celičnih sten in genetskih zasnov v celičnem jedru. V biostimulantih vsebujoči antioksidanti imajo sposobnost vezave in inaktivacije ROS;
- sekundarnih rastlinskih metabolitov, ki vplivajo na številne procese v rastlinah in so pomemben del obrambe pred paraziti (fenoli – salicilna kislina, polifenoli, terpeni, alkaloidi, aminokisliline);
- spodbujanja živosti tal v interakciji z mikroorganizmi, saj so hrana bakterijam (ekstrakti alg in beljakovinski hidrolizati) ter tako vplivajo na sestavo mikrobioma in na fizikalno kemijske lastnosti tal;
- pH vrednosti tal, ki odločilno vpliva na dostopnost hranil rastlini.

Nedavne raziskave so pokazale, da so učinki biostimulantov na rastline in njihov metabolizem v veliki meri posledica drugih biomolekul (ogljikovih hidratov, polifenolov itd.), ki vplivajo na izražanje genov in povzročajo presnovne spremembe v rastlinah. Biostimulanti z nizko molekulsko maso spodbujajo rast rastlin (Stirk in Van Staden 1997; Tarakhovskaya et al. 2007), medtem ko z visoko molekulsko maso, kot so polisaharidi in polifenoli, delujejo na odpornost proti biotsko in abiotsko povzročenim stresorjem (Klarzynski et al. 2003; Zhang et al. 2006; Rioux et al. 2007; González et al. 2013; Perez et al. 2016). Odziv rastlin na biostimulante in njihov učinek je odvisen od sadne vrste in njene razvojne faze, hormonskega stanja, temperature in vlage, pa tudi načina nanosa (nanos na nadzemni del rastline ali na talno površino). Delovanje sredstev, ki delujejo preko tal je posebej občutljivo, saj tip tal in vlaga v tleh lahko učinek zelo spremenijo.

S poskusom smo želeli ugotoviti, ali lahko z uporabo biostimulanta Amicel root, ki ga nanašamo na talno površino povečamo količino in kakovost pridelka jabolk sort 'Topaz', 'Opal' in 'Idared'.

2. MATERIAL IN METODE

Leta 2022 smo zastavili poskus, v katerem smo želeli ugotoviti vpliv sredstva Amicel root (Altinco, Španija), ki vsebuje rastlinske izvlečke in 6% Cu, na količino in kakovost pridelka jablane (*Malus domestica* Borkh.) pri sortah 'Topaz', 'Opal' in 'Idared'. Poskus na sortah 'Topaz' in 'Opal' je potekal v Hortikulturnem centru Biotehniške fakultete (HC BF), Orehovlje, Miren, pri sorti 'Idared' pa v Bistrici ob Sotli. V poskus smo vključili dve obravnavanji: tretirano s sredstvom Amicel root in kontrola, kjer tla nismo tretirali s sredstvom Amicel root. Sredstvo Amicel root smo nanegli na tla v vrsti s herbicidno škropilnico 15. 4. 2022 in nato 22. 6. 2022, vsakokrat 16 l/ha.

Opravili smo naslednje meritve in opazovanja: število cvetnih šopov/drevo, število plodov/drevo po kakovostnih razredih, količina pridelka/drevo, pridelek/ha, koeficient rodnosti, dimenzije ploda (višina, širina, masa), vsebnost topne suhe snovi, trdota mesa, vsebnost škroba, parametri osnovne in krovne barve (L^* , a^* , b^*).

Za boljše razumevanje rezultatov poskusa navajamo tudi temperature zraka in padavine za hidrometeorološko postajo Bilje, ki je od poskusa oddaljena 300 m in hidrometeorološko postajo Bizeljsko, ki je od poskusa oddaljena 5 km.

Preglednica 1: Povprečne mesečne temperature zraka, povprečne najvišje dnevne temperature zraka in mesečne količine padavin za leto 2022 ter povprečne mesečne temperature zraka in mesečne količine padavin za dolgoletno obdobje 1981-2010 za hidrometeorološko postajo Bilje (Bilje ..., 2023; Mesečni bilten ..., 2022)

Table 1: Average monthly air temperatures, average maximum daily air temperatures and monthly precipitation amounts for the year 2022 and average monthly air temperatures and monthly precipitation amounts for the long-term period 1981-2010 for the Bilje hydrometeorological station (Bilje ..., 2023; Mesečni bilten ..., 2022)

Mesec	2022			1981-2010	
	povp. T [°C]	povp. max T [°C]	količina padavin [mm]	povp. T [°C]	količina padavin [mm]
Januar	2,8	9,7	22,2	3,0	82
Februar	5,5	12,2	33,8	3,7	66
Marec	7,0	15,0	40,6	7,6	81
April	11,5	17,7	56,2	11,6	95
Maj	19,1	25,6	14,2	16,7	117
Junij	24,2	31,0	29,0	20,1	117
Julij	26,5	33,7	22,0	22,4	97
Avgust	24,4	31,9	58,8	21,8	112
September	17,9	24,2	239,0	17,3	162
Oktober	15,6	23,2	27,6	12,9	156
November	9,6	15,0	101,2	7,9	151
December	6,9	9,4	159,6	4,0	130
Leto	14,2	20,7	804,2	12,4	1365

Preglednica 2: Povprečne mesečne temperature zraka, povprečne najvišje dnevne temperature zraka in mesečne količine padavin za leto 2022 ter povprečne mesečne temperature zraka in mesečne količine padavin za dolgoletno obdobje 1981-2010 za hidrometeorološko postajo Bizeljsko (Bizeljsko ..., 2023; Mesečni bilten ..., 2022)

Table 2: Average monthly air temperatures, average maximum daily air temperatures and monthly precipitation amounts for the year 2022 and average monthly air temperatures and monthly precipitation amounts for the long-term period 1981-2010 for the Bizeljsko hydrometeorological station (Bizeljsko ..., 2023; Mesečni bilten ..., 2022)

Leto/mesec	2022			1981-2010	
	povp. T [°C]	povp. max T [°C]	količina padavin [mm]	povp. T [°C]	količina padavin [mm]
Januar	2,5	6,3	14,8	-0,4	53
Februar	5,7	9,9	26,2	1,5	53
Marec	7,2	11,7	23,8	6,2	73
April	10,1	14,7	76,0	10,9	73
Maj	17,6	22,5	72,8	15,8	89
Junij	22,3	27,3	38,8	18,8	121
Julij	23,5	29,7	51,6	20,7	89
Avgust	22,8	28,9	21,6	20,2	96
September	16,0	21,4	206,2	15,8	110
Oktober	14,3	19,1	23,6	10,8	101
November	7,5	10,4	118,2	5,1	88
December	3,3	5,6	113,6	0,6	78
Leto	12,7	17,3	772,4	10,5	1024

V letu 2022 je bila povprečna letna temperatura zraka v Biljah kar za 1,8 °C višja kot v 30-letnem obdobje (preglednica 1). Prav tako pa je bila količina padavin v letu 2022 manjša kot v 30-letnem obdobju za 560,8 mm. V letu 2022 smo imeli junija, julija in avgusta povprečne najvišje mesečne temperature nad 30 °C.

Najbližja hidrometeorološka postaja poskusu, ki smo ga izvajali na lokaciji Bistrica ob Sotli, je Bizeljsko. Leta 2022 je bila povprečna letna temperatura kar za 2,2 °C višja kot v 30-letnem obdobje (preglednica 2). Prav tako pa je bila količina padavin leta 2022 manjša kot v 30-letnem obdobju za 251,6 mm. Leta 2022 smo imeli junija, julija in avgusta povprečne najvišje mesečne temperature nad 27 °C.

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

V zadnjem času se veliko pozornosti posveča biostimulantom na osnovi rastlinskih izvlečkov, aminokislin in morskih alg, saj so študije pokazale, da imajo te kompleksne mešanice različne biostimulativne lastnosti in vsebujejo spojine, kot so različne oblike ogljikovih hidratov, aminokislina, majhne količine rastlinskih hormonov, osmoprotektorjev in beljakovin (Khan et al., 2009; Du Jardin, 2015). Poleg krepitve rastline proti stresu, povečevanja absorpcije hranil, boljše rast in večjega pridelka so biostimulanti na osnovi morskih alg dokazano krepili koreninski sistem, povečali cvetenje (Ali in sod., 2019), kakovost sadja in okus (Kapur in sod. 2018) ter celo kakovost pridelka (Li in Mattson, 2015).

Preglednica 3: Povprečno število cvetnih šopov na drevo pri sortah 'Topaz', 'Opal' in 'Idared' glede na obravnavanji; 2022

Table 3: Average number of flower buds per tree in 'Topaz', 'Opal' and 'Idared' cultivars according to treatments; 2022

Sorta	Amicel root	Kontrola	Stat. znač.
'Topaz'	116	150	*
'Opal'	157	185	NS
'Idared'	104	88	NS

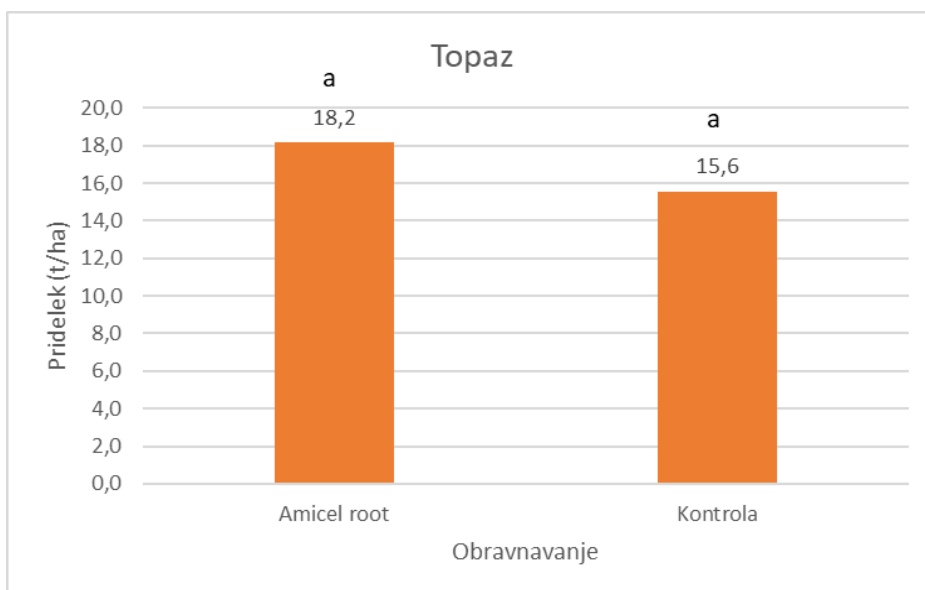
Pri sortah 'Opal' in 'Idared' ni bilo razlik v povprečnem številu cvetnih šopov/drevo med obravnavanjema (kontrola in Amicel root) (preglednica 3). Povprečno število cvetnih šopov na drevo je bilo pri sorti 'Topaz' večje pri kontroli kot pri obravnavanju Amicel root, vendar se to večje število cvetnih šopov/drevo ni odrazilo tudi v večjem številu plodov/drevo, saj pri sorti Topaz ni bilo značilnih razlik med obravnavanjema. Pri sortah 'Opal' in 'Idared' so imela drevesa obravnavanja Amicel root značilno večje število plodov/drevo kot kontrolna drevesa (preglednica 4).

Preglednica 4: Povprečno število plodov na drevo pri sortah 'Topaz', 'Opal' in 'Idared' glede na obravnavanji; 2022

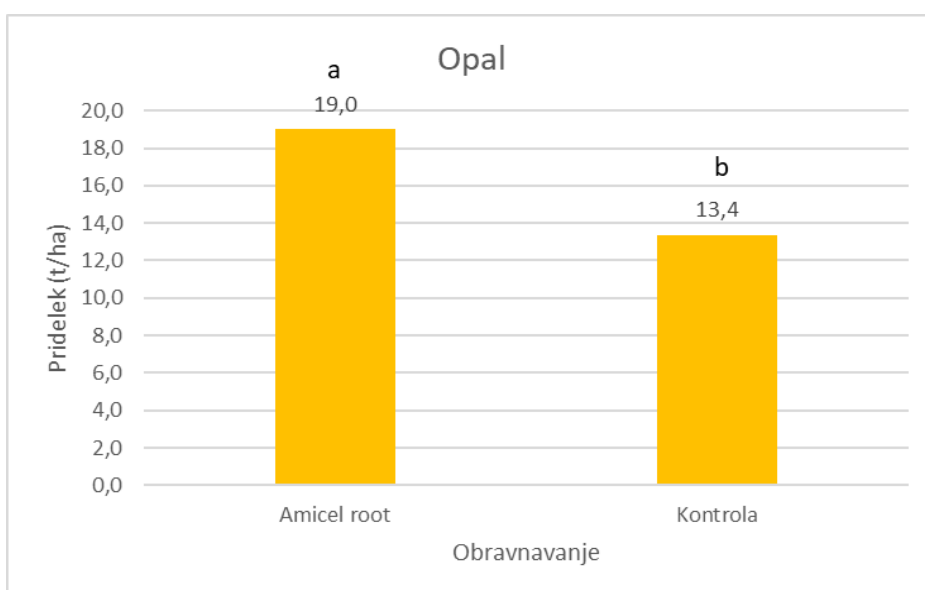
Table 4: Average number of fruits per tree in 'Topaz', 'Opal' and 'Idared' cultivars according to treatments; 2022

Sorta	Amicel root	Kontrola	Stat. znač.
'Topaz'	43	45	NS
'Opal'	85	55	*
'Idared'	208	160	*

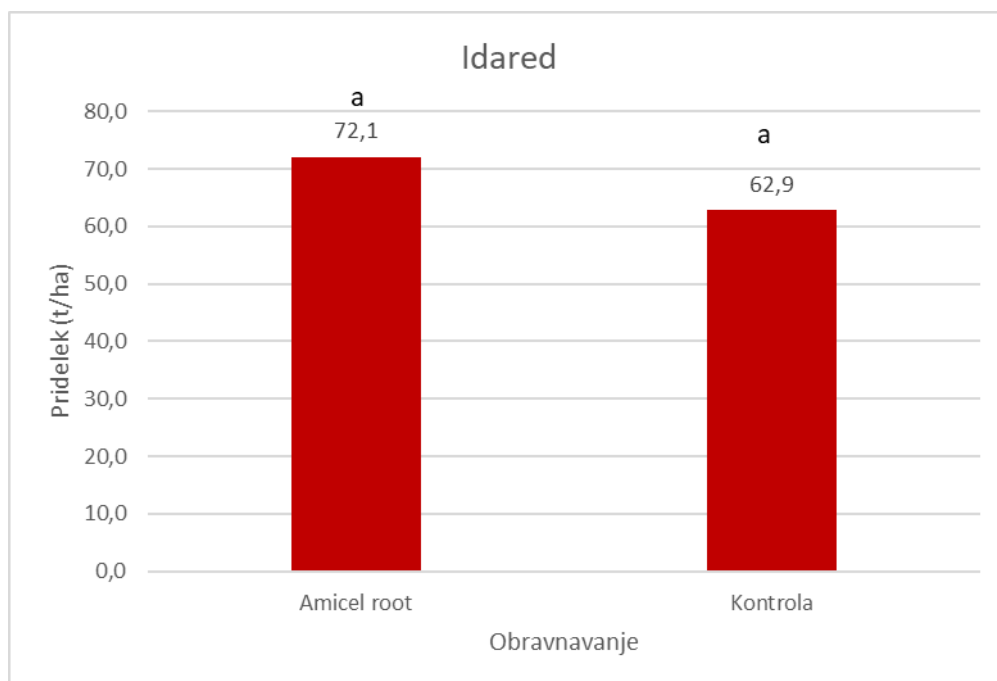
Na lokaciji HC BF v Mirnu pri Novi Gorici so pri sortah 'Topaz' in 'Opal' na količino in kakovost pridelka močno vplivali okoljski dejavniki – visoka temperatura in odsotnost padavin. Prav tako je bilo vodno zajetje Vogršček v sanaciji in ni bilo v zajetju vode, da bi lahko namakali. Kljub ekstremno visokim temperaturam in ob odsotnosti padavin pa je bil pri sorti 'Opal' značilno večji pridelek pri obravnavanju, kjer smo drevesom prek tal dodali Amicel root (slika 2). Enak trend – trend večjega pridelka pri obravnavanju Amicel root v primerjavi s kontrolo, smo opazili pri sortah 'Topaz' in 'Idared' (sliki 1 in 3). Sorto 'Topaz' smo v drugi polovici juliju namakali 6-krat in vsakokrat dodali po 10 l vode/drevo. Na lokaciji Bistrica ob Sotli, kjer so bile ravno tako ekstremno visoke temperature in tudi pomanjkanje padavin, vendar smo imeli možnost kapljičnega namakanja (vsak dan smo dodali 8 l vode na drevo), pa je bila količina pridelka pri sorti 'Idared' bistveno večja v primerjavi s sortama na lokaciji Miren.



Slika 1: Povprečen pridelek na hektar (t) pri sorti 'Topaz' glede na obravnavanji; 2022
Figure 1: Average yield per hectare (t) at cultivar 'Topaz' according to treatments; 2022



Slika 2: Povprečen pridelek na hektar (t) pri sorti 'Opal' glede na obravnavanji; 2022
Figure 2: Average yield per hectare (t) at cultivar 'Opal' according to treatments; 2022



Slika 3: Povprečen pridelek na hektar (t) pri sorti 'Idared' glede na obravnavanji; 2022
Figure 3: Average yield per hectare (t) at cultivar 'Idared' according to treatments; 2022

Tudi Malaguti in sod. (2002), de Sousa in sod. (2019) in Soppelsa in sod. (2018) so ugotovili, da biostimulanti na osnovi rastlinskih izvlečkov in morskih alg povečajo nastavek plodov, pridelek jabolk, vsebnost antocijaninov in izboljšajo intenzivnost rdeče barve.

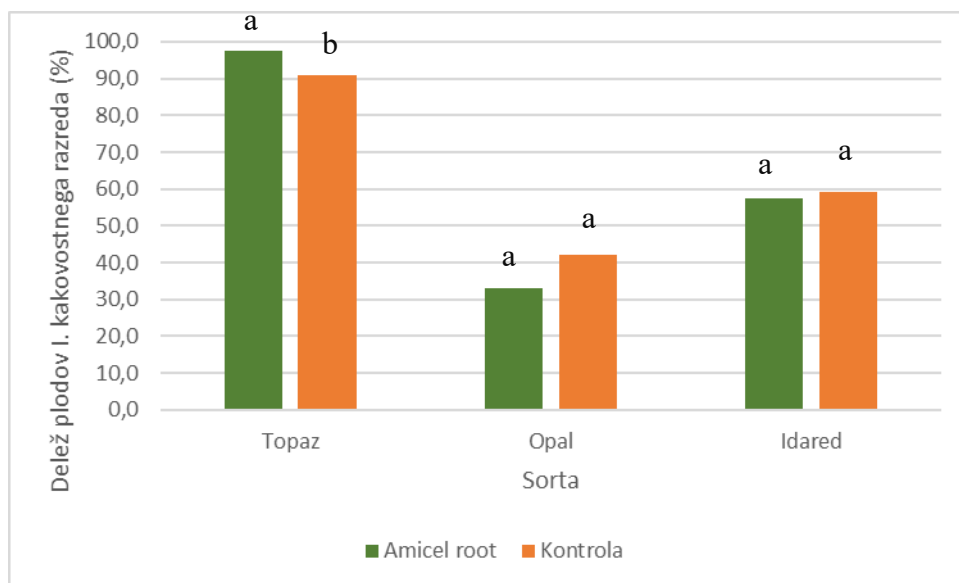
Preglednica 5: Povprečna masa ploda (g) pri sortah 'Topaz', 'Opal' in 'Idared' glede na obravnavanji; 2022

Table 5: Average fruit weight (g) in cultivars 'Topaz', 'Opal' and 'Idared' according to treatments; 2022

Sorta	Amicel root	Kontrola	Stat. znač.
'Topaz'	170	138	*
'Opal'	90	98	NS
'Idared'	139	158	NS

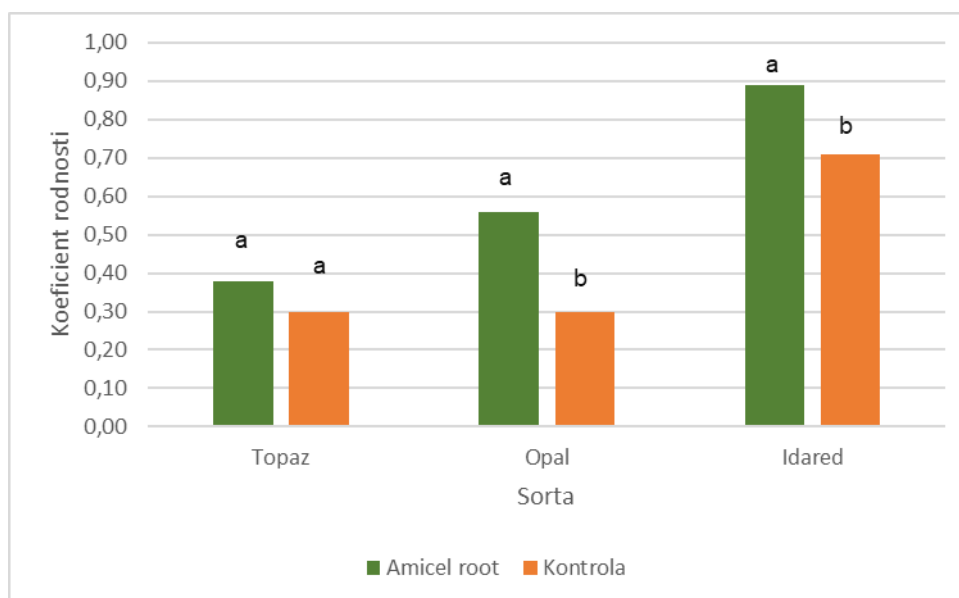
Iz preglednice 5 je razvidno, da je pri sorti 'Topaz' tretiranje z Amicel root vplivalo na večjo maso ploda. Tudi Mosa in sod. (2023) poročajo o večji masi ploda, večjem hektarskem pridelku in večji trdoti, vsebnosti antocijanov, N, P, K, Ca, Fe, Zn, Mn in B v plodovih jabolk sorte 'Anna' pri uporabi biostimulantov na osnovi rastlinskega izvlečka listov moringe (*Moringa oleifera*) skupaj z biostimulanti morskih alg in fulvo kislin. Rastlinski izvlečki moringe vsebujejo mešanico esencialnih aminokislin, vitamina A, vitamina C in minerale K, Ca. Pri sortah 'Opal' in 'Idared' med obravnavanjema ni bilo značilnih razlik v masi ploda. Je pa zaradi pomanjkanja vode in visokih temperatur opazno manjša masa ploda. Pri sorti 'Opal' plodovi niso dosegali minimalne mase ploda za I. kakovostni razred, ki je 110 g.

Pri sorti 'Topaz' je bil pri obravnavanju Amicel root tudi značilno večji delež plodov I. kakovostnega razreda, pri ostalih sortah ('Idared' in 'Opal') pa ni bilo razlike v deležu plodov I. kakovostnega razreda (slika 4).



Slika 4: Delež plodov I. kakovostnega razreda (%) pri sortah 'Topaz', 'Opal' in 'Idared' glede na obravnavanji; 2022

Figure 4: The proportion of the I. fruit quality class (%) in 'Topaz', 'Opal' and 'Idared' cultivars according to treatments; 2022



Slika 5: Koefficient rodnosti pri sortah 'Topaz', 'Opal' in 'Idared' glede na obravnavanji; 2022

Figure 5: Yield coefficient of 'Topaz', 'Opal' and 'Idared' cultivars according to treatments; 2022

Tretiranje z Amicel root je imelo pozitiven vpliv na koefficient rodnosti (to je na število plodov, ki se razvijejo iz enega cvetnega šopa), ki je bil značilno večji pri sortah 'Opal' in 'Idared' pri obravnavanju Amicel root v primerjavi s kontrolo (slika 5). Pri sorti 'Topaz' med obravnavanjema ni bilo značilnih razlik.

Gre za rezultate enoletnega poskusa, ki je potekal v ekstremnih razmerah – visoke temperature, pomanjkanje padavin (suša). Kljub ekstremnim razmeram lahko opazimo, da je tretiranje z Amicel root vplivalo na večji pridelek/ha (značilno pri sorti 'Opal') in večje število podov na

drevo in večji koeficient rodnosti (značilno pri sortah 'Opal' in 'Idared'). Tretiranje z Amicel root ni vplivalo na kakovost plodov.

4. ZAHVALA

Raziskava je del programa Hortikultura P4-0013-0481, ki ga financira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS).

5. LITERATURA

- Ali, O., Ramsubhag, A., Jayaraman, J. 2019. Biostimulatory activities of *Ascophyllum nodosum* extract in tomato and sweet pepper crops in a tropical environment. PLoS ONE, 14, e0216710. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216710>
- Bilje, mean monthly temperature. 2023. https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/table/sl/by_location/bilje/climate-normals_81-10_Bilje.pdf (23. 10. 2023)
- Bizeljsko, mean monthly temperature. 2023. https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/table/sl/by_location/bizeljsko/climate-normals_81-10_Bizeljsko.pdf (23. 10. 2023)
- Costa, J.A.V., Freitas, B.C.B., Cruz, C.G., Silveira, J., Morais, M.G. 2019. Potential of microalgae as biopesticides to contribute to sustainable agriculture and environmental development. J. Environ. Sci. Health B, 54 (5): 366–375. <https://doi.org/10.1080/03601234.2019.1571366>.
- Del Buono, D. 2020. Can biostimulants be used to mitigate the effect of anthropogenic climate change on agriculture? It is time to respond. Sci. Total Environ., 751, 141763. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141763>.
- de Sousa, A.M., Ayub, R.A., Viencz, T., Botelho, R.V. 2019. Fruit set and yield of apple trees cv. Gala treated with seaweed extract of *Ascophyllum nodosum* and thidiazuron. Rev. Bras. Frutic., 41(1): e-072. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452019072>
- Du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulturae, 53: 3555–3654. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- EBIC. 2023. European Biostimulant Industry Council. <http://www.biostimulants.eu/> (23.10.2023)
- González, A., Castro, J., Vera, J., Moenne, A. 2013. Seaweed oligosaccharides stimulate plant growth by enhancing carbon and nitrogen assimilation, basal metabolism, and cell division. J. Plant Growth Regul., 32: 443–448. <https://doi.org/10.1007/s00344-012-9309-1>
- Kapur, B., Saridas, M.A., Çeliktöpus, E., Kafkas, E., Paydas Kargı, S. 2018. Health and taste related compounds in strawberries under various irrigation regimes and biostimulant application. Food Chem., 263: 67-73. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.108>.
- Khan, W., Rayirath, U.P., Subramanian, S., Jithesh, M.N., Rayorath, P., Hodges, D.M., Critchley, A.T., Craigie, J.S., Norrie, J., Prithiviraj, B. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. J. Plant Growth Regul., 45: 112–134. <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x>
- Klarzynski, O., Descamps, V., Plesse, B., Yvin, J.C., Kloareg, B., Fritig, B. 2003. Sulfated fucan oligosaccharides elicit defence responses in tobacco and local and systemic resistance against Tobacco Mosaic Virus. Molecular Plant-Microbe Interaction, 16: 115–122. <https://doi.org/10.1094/MPMI.2003.16.2.115>
- Li, Y., Mattson, N.S. 2015. Effects of seaweed extract application rate and method on post-production life of petunia and tomato transplants. Horttechnology, 25(4): 505-510. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.25.4.505>
- Malaguti, D., Rombolà, A.D., Gerin, M., Simoni, G., Tagliavini, M., Marangoni, B. 2002. Effect of seaweed extracts-based leaf sprays on the mineral status, yield and fruit quality of apple. Acta Hortic., 594: 357-359. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.594.44>
- Mesečni bilten ARSO - Letnik 2022. 2022.

- <https://www.arso.gov.si/o%20agenciji/knji%C5%BEnica/mese%C4%8Dni%20bilten/bilten2022.htm> (23. 10. 2023)
- Mosa, W.F.A., Sas-Paszt, L., Głuszek, S., Górnik, K., Akbar Anjum, M., Saleh, A.A., Abada, H.S., Awad, R.M. 2023. Effect of some biostimulants on the vegetative growth, yield, fruit quality attributes and nutritional status of apple. *Horticulturae*, 9: 32. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9010032>
- Perez, M.J., Falque E., Domínguez H. 2016. Antimicrobial action of compounds from marine seaweed. *Mar Drugs*, 14(3): 52. <https://doi.org/10.3390/md14030052>
- Rioux, L.E., Turgeon, S.L., Beaulieu, M. 2007. Characterization of polysaccharides extracted from brown seaweeds. *Carbohydr. Polym.*, 69: 530–537. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.01.009>
- Singh, N., Joshi, E., Sasode, D.S., Dangi, R.S., Chouhan, N. 2020. Soil fertility, macro and micronutrient uptake and their use efficiencies under integrated nutrient management in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Int. J. Chem. Stud.*, 8 (1): 1983–1987. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i1ac.8556>.
- Soppelsa, S., Kelderer, M., Casera, C., Bassi, M., Robatscher, P., Andreotti, C. 2018. Use of biostimulants for organic apple production: Effects on tree growth, yield, and fruit quality at harvest and during storage. *Front. Plant Sci.*, 9: 1342. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01342>
- Stirk, W.A., Van Staden, J. 1997. Comparison of cytokinin- and auxin-like activity in some commercially used seaweed extracts. *J. Appl. Phycol.*, 8(6): 503–508
- Tarakhovskaya, E.R., Maslov, Y.I., Shishova, M.F. 2007. Phytohormones in algae. *Russ. J. Plant Physiol.*, 54: 163–170. <https://doi.org/10.1134/S1021443707020021>
- Yakhin, O.I., Lubyantsev, A.A., Yakhin, I.A., Brown, P.H. 2017. Biostimulants in plant science: A global perspective. *Frontiers in Plant Science*, 7: 2049. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>
- Zhang, Q., Zhang, J., Shen, J., Silva, A., Dennis, D.A. 2006. A simple 96-well microplate method for estimation of total polyphenol content in seaweeds. *J. Appl. Phycol.*, 18: 445–450. <https://doi.org/10.1007/s10811-006-9048-4>

'MOJCA' – NOVA SLOVENSKA SORTA JABLANE (*Malus domestica* Borkh.)

Alojz MUSTAR¹, Tanja BAŠKOVČ²

POVZETEK

Sadjarstvo mag. Mustarju predstavlja že od mladosti velik izziv. S cepljenjem najdenih sejancev jablan je preizkušal veliko sort. Začetek nove slovenske sorte sega v leto 1999, ko je na podlago M27 cepil cepič, ki je bil sejanec sorte 'Rubinette'. Drevesa je vrsto let opazoval. V letu 2013 so bile zaznane prve pozitivne lastnosti. V nadaljnjih letih se je odbiralo pozitivne primerke dreves. Konec leta 2018 je bila vložena prijava za postopek priznavanja nove sorte. Januarja 2023 je bila sorta uvrščena na Sorto listo RS z imenom 'Mojca'. Sorta 'Mojca' ima dvobarvne plodove, ki lahko ob ugodnih razmerah dosežejo povsem rdečo barvo, in je zelo rodna. Do sedaj ni pokazala nagnjenosti k izmenični rodnosti. Rast je srednje bujna. List je velik, temno zelen in močno ostro nazobčan. Plodovi so kopasti, debeli in lepo obarvani. Meso je kremno bele barve in nekoliko mehkejše. Primerno obarvani plodovi so zelo okusni, in imajo ugodno razmerje med sladkorji in kislinami. Zori konec septembra, začetek oktobra. V hladilnici z navadno atmosfero zdrži do šest mesecev.

Ključne besede: Mojca, jablana, *Malus domestica*, nova sorta

'MOJCA' – A NEW SLOVENIAN APPLE CULTIVAR (*Malus domestica* Borkh.)

ABSTRACT

Fruit growing has been a great challenge for Mag. Mustar since his youth. He tested many cultivars by grafting the apple seedlings he found. The beginning of the new Slovenian cultivar dates back to 1999, when a scion, which was a seedling of the 'Rubinette' cultivar, was grafted onto the M27 rootstock. The trees were monitored for many years. In 2013, the first positive characteristics were detected. In the following years, positive trees were selected. At the end of 2018, an application was submitted for the process of recognition of a new cultivar. In January 2023, the cultivar was included in the list of cultivars of the Republic of Slovenia under the name 'Mojca'. The cultivar 'Mojca' has bi-coloured fruits, which can be fully red under favourable conditions, and is highly productive. So far it has not shown any tendency to alternate bearing. Growth is moderately vigorous. The leaf is large, dark green and sharply serrated. Fruits are pitted, large, with attractive colour and shape. The flesh is creamy white and slightly softer. The fruit has a good sugar/acid ratio and is very tasty when properly coloured. It ripens at the end of September, the beginning of October. It can be stored in a cool storage with normal atmosphere for up to six months.

Key words: Mojca, apple, *Malus domestica*, new cultivar

¹ Upokojenec, Tomšičeva ulica 9, 8270 Krško, alojz.mustar@gmail.com

² KGZ Novo mesto - izpostava Brežice, Šentlenart 72, 8250 Brežice

1. UVOD

Mag. Mustar je v pridelavo uspešno uvedel sorto 'Granny Smith'. in kot svetovalec za sadjarstvo na KGZ Novo mesto sodeloval pri uvajanju sorte 'Braeburn'. Ljubiteljsko se je ukvarjal z zbiranjem naključnih križancev in križanjem sort. Tako je vrsto let v svojem nasadu cepil različne križance na podlago M27. Zavedal se je, da je kar nekaj znanih in še vedno aktualnih sort naključnih križancev, brez znanih starševskih sort, ki so bili najdeni v naravi. Tako je pričel z zbiranjem cepičev ob cestah najdenih primerkov samoniklih jablanovih dreves, ki jih je cepil v svojem sadovnjaku na podlago M27 za nadaljnje opazovanje. Iz tega obdobja je zanimiv rdeče obarvan križanec, verjetno potomec sorte 'Gloster', ki v letih hudih pozeb ni pozebel, medtem ko so ostale sorte utrpele tudi do 100% škodo.

2. POSTOPEK PRIDOBIVANJA NOVE SORTE

V nasadu je mag. Mustar leta 1999 z okulacijo cepil dve podlagi, ki sta bili pridobljeni iz semena sorte 'Rubinette'. Leto kasneje so bila drevesa porezana do vstavljenih očes sorte 'Topaz'. Odrezana poganjka sta bila lepa in gladka brez trnastih izrastkov in v prejšnjem letu z lepo razvitimi velikimi listi. Oboje je kazalo žlahtnost, kar je vodilo mag. Mustarja, da te pridobljene poganjke uporabi kot cepiče v poskusnem delu svojega nasada. Naslednja leta so bila raziskovalno-opazovalna, saj je bilo potrebno odbirati drevesa, ki so kazala pozitivne lastnosti v obliki, barvi in okusu plodov.

Najbolj obetaven primerek je bil označen z oznako 00. V naslednjih letih je negativne primerke precepljal s cepiči odbranega drevesa 00. Po dodatnih nekaj letih so drevesa cepljena s cepiči 00 dobila oznake tip -4, -5 in -6.

Pri ocenjevanju aromatičnosti, trdote mesa in ostalih parametrov mu je pomagala specialistka za sadjarstvo Andreja Brence iz KGZ Novo mesto. Konec leta 2018 je mag. Mustar sprejel odločitev, da križanca iz poskusnega nasada pošlje v postopek preizkušanja razločljivosti, izenačenosti in nespremenljivosti sorte – RIN. Testiranje je potekalo v letih od 2019 do 2022 na Poljskem pri COBORU, Research Center for Cultivar Testing.

Poročilo RIN, ki je bilo izdano 9. 12. 2022 potrjuje, da je nova sorta razločljiva, izenačena in nespremenljiva. Urad Skupnosti za rastlinske sorte (CPVO - Community Plant Variety Office) je označil ime 'Mojca' kot ustrezno. Januarja 2023, natančneje 6. 1. 2023 je bil postopek končan in sorta 'Mojca', z registrsko številko MAD111, je bila vpisana v sortno listo Republike Slovenije. Odločbo je izdala Uprava Republike Slovenije za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin.

V mesecu marcu 2023 je bilo odbranih 14 matičnih dreves na treh lokacijah: Kmetija Mustar, Darsad d.o.o. in kmetija Jelčič, ki so tudi skrbniki sorte. Matična drevesa bodo služila rezanju cepičev za možnost nadaljnjega razmnoževanja sorte. Pri odbiri in označitvi matičnih dreves je sodelovala Tanja Baškovč, terenska kmetijska svetovalka pri KGZ Novo mesto. Lastnik mag. Mustar je sorto zaščitil na pristojnem ministrstvu in se bodo sadike lahko kupile pod določenimi pogoji.

3. OPIS SORTE

'Mojca' je sorta z lepimi dvobarvnimi plodovi, ki so lahko v ugodnih razmerah v celoti obarvani rdeče. Je zelo rodna in do sedaj ni pokazala nagnjenosti k izmenični rodnosti. Rast dreves sodi v skupino bujnejše rastočih sort, kar bi lahko pozitivno izkoristili pri sajenju na utrujena zemljišča. Listi in plodovi ne kažejo občutljivosti na škrlup (kar morda potrjuje sum sorte 'Topaz' kot očeta).



Slika 1: Zreli plodovi, v letu 2021 nove še ne potrjene, sorte 'Mojca'

Figure 1: Ripe fruit of the new cultivar 'Mojca', not certified yet, in 2021



Slika 2: Mag. Alojz Mustar ob matičnih drevesih sorte 'Mojca' v nasadu podjetja Darsad d.o.o.
Figure 2: Mag. Alojz Mustar next to the 'Mojca' mother trees in the orchard of the company Darsad d.o.o.

List je velik, temno zelen in močno ostro nazobčan. Plodovi so, z razliko od materine sorte 'Rubinette', bistveno debelejši, lepše obarvani in lepo oblikovani. So kopasti in debeli. Meso je kremno bele barve in nekoliko mehkejše. Primerno obarvani plodovi so zelo okusni, z izredno harmonijo sladkorjev in kislin. Sorta zori konec septembra, začetek oktobra. V hladilnici z navadno atmosfero zdrži do šest mesecev.

4. LITERATURA

Mustar, A. 2023. domači arhiv

NEIZKORIŠČEN POTENCIAL SLOVENSKE SORTE JABOLK 'MAJDA' IN MOŽNOST NJENE UPORABE V GOSPODARSTVU – ZAKLJUČEK PROJEKTA

Anka ČEBULJ¹

POVZETEK

Med številnimi sortami jabolk, ki jih pridelujemo po vsem svetu, je le peščica takih, ki ne porjavijo, ko jih prerežemo ali zmeljemo. Med temi sortami je tudi slovenska sorta 'Majda'. Ta sorta je bila objekt raziskovanja v nedavno zaključenem raziskovalnem projektu, kjer smo proučevali tako ozadje te njene lastnosti, kot tudi možnosti njene uporabe v gospodarstvu. V sklopu več poskusov smo proučili sestavo primarnih in sekundarnih metabolitov, delovanje encimov, izražanje genov izbranih metabolitov, kot tudi predelavo v različne izdelke, ki smo jih tudi senzorično ocenili. Sorta 'Majda' se ponaša z visoko vsebnostjo kislin, glutaciona in na sploh močnim antioksidativnim delovanjem. Glavni »krivec« za odsotnost oksidacije je nizka vsebnost klorogenske kisline. Klorogenska kislina je eden glavnih substratov encima polifenol oksidaza, ki povzroča porjavenje poškodovanega rastlinskega tkiva. Normalno delovanje encimov polifenol oksidaza smo proučili in potrdili. Predelani izdelki iz sorte 'Majda' ostanejo izrazito svetlejše barve v primerjavi z izdelki drugih sort. Ob preizkušanju svežih in predelanih izdelkov se čuti izrazita kislost, ki je značilna za to sorto. Rezultati projekta so pokazali, da je sorta 'Majda' zanimiva za uporabo v predelavi.

Ključne besede: *Malus domestica*, jablana, jabolka, sladkorji, fenoli, oksidacija

UNUSED POTENTIAL OF SLOVENIAN APPLE CULTIVAR 'MAJDA' AND POSSIBLE USE IN THE INDUSTRY – PROJECT RECAP

ABSTRACT

Among numerous cultivars of apples grown around the world, there are only a handful, that do not oxidise when cut or ground. Slovenian cultivar 'Majda' is one of those varieties. This cultivar was the object of interest in a recently completed research project, where we studied both the background of this characteristic, as well as the possibilities of its use in the industry. We studied the composition of metabolites, the activity of enzymes, the expression of genes of selected metabolites, as well as different products, which were also sensorially evaluated. The cultivar 'Majda' has a high content of acids, glutathione, and a particularly strong antioxidant effect. The main "culprit" for the absence of oxidation is the low content of chlorogenic acid. Chlorogenic acid is one of the main substrates of the enzyme polyphenol oxidase (PPO), which causes the browning of damaged plant tissue. The normal functioning of PPO enzymes was also examined and confirmed. Processed products from the cultivar 'Majda' remain distinctly lighter in colour compared to products from other cultivars. When tasting fresh and processed products, you can feel the distinct acidity that is characteristic of this cultivar. The results of the project showed that the cultivar 'Majda' is interesting for use in processing.

¹ Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, Slovenija

Key words: *Malus domestica*, apple, sugar, phenolic compounds, oxidation

1. UVOD

Na svetu je priznanih okrog 7500 različnih sort jabolane, obstaja jih še bistveno več. Zaradi vse večjega števila sodobnih tehnik, ki pripomorejo k lažjemu in hitrejšemu žlahtnjenju, vsako leto nastajajo številne nove sorte (Laurens in sod., 2018). Žlahtnitelji se osredotočajo na različne lastnosti, od odpornosti na bolezni, škodljivce in abiotične strese do različnih parametrov kakovosti plodov. Pri kakovosti plodov igra pomembno vlogo oksidacija mesa oziroma encimsko porjavenje plodov. Oksidacija mesa nastopi kot posledica poškodb med rokovanjem s plodovi, fizioloških bolezni (različni tipi porjavenja plodov) in predelave (rezanje, mletje in stiskanje), kar vpliva na tržno vrednost plodov (Di Guardo in sod., 2013). V preteklosti so za preprečevanje oksidacije mesa uporabljali predvsem žveplov sulfid (Le Tien in sod., 2001), ki ga danes zaradi negativnega vpliva na zdravje nadomeščajo z različnimi drugimi tehnikami (Gacche in sod., 2004). Dodatno lahko k manjši stopnji oksidacije pripomoremo z izborom sorte. Sorte se razlikujejo po stopnji oksidacije mesa (Serra in sod., 2021), lahko pa izberemo tudi sorto, katere meso ne oksidira. Med temi sortami so sorte 'Ambrosia', 'Eden', 'Aori27' in 'Majda' (Cebulj in sod., 2021, Khanizadeh in sod., 2006, Tazawa in sod., 2019, Waltz in sod., 2015).

2. OKSIDACIJA PLODOV IN SORTE, KI NE OKSIDIRAJO

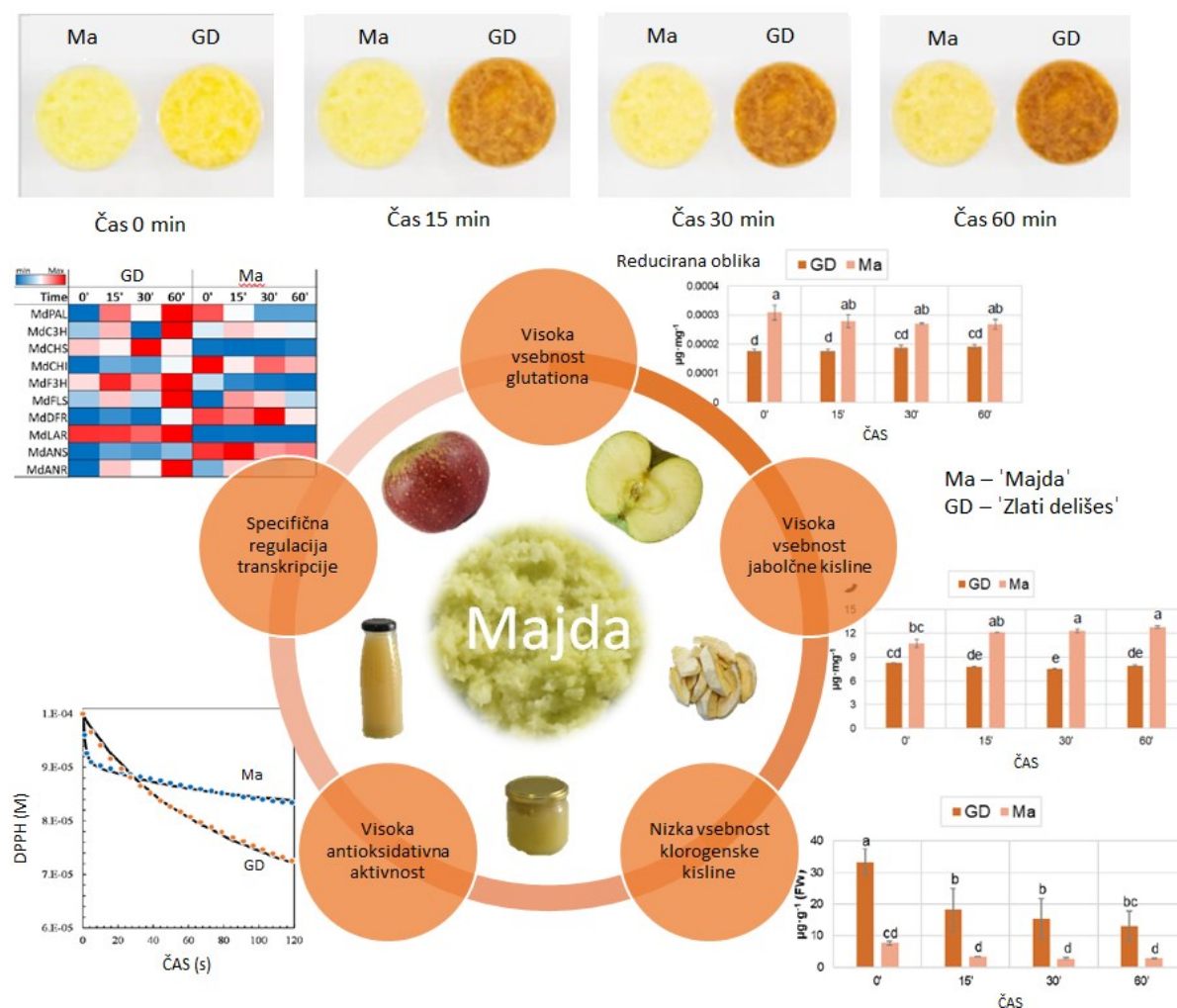
Oksidacija plodov nastane zaradi poškodbe celic, pri čemer pride do mešanja fenolnih snovi in encimov polifonol oksidaze (PPO). Fenolne snovi so v nepoškodovanih celicah shranjene v vakuolah in za tako shranjene fenolne snovi encimi PPO nimajo velike afinitete (Valente-Mesquita in Queiroz, 2013). Poleg same količine fenolnih snovi ima na stopnjo obarvanja vpliv tudi sama aktivnost encimov PPO. Encimi PPO za delovanje poleg substrata potrebujejo tudi prisotnost kisika. Pri sortah, ki izkazujejo manjšo stopnjo oksidacije, gre za različne kombinacije aktivnosti encimov in količine substrata. Na primer, sorta 'Eden' ima nizko vsebnost fenolnih spojin, sorta 'Ambrosia' ima nizko stopnjo aktivnosti encimov PPO, medtem ko naj bi bila pri sorti 'Aori27' za odsotnost oksidacije odgovorna tako nizka vsebnost fenolnih snovi kot nizka stopnja aktivnosti encimov PPO. Poleg teh sort obstajajo še sorte, ki se tržijo pod znamko Artic® apples, ki so bile gensko spremenjene tako, da imajo utišan gen za encime PPO. Posebnost teh sort je, da so znanim, uveljavljenim sortam jabolok, kot so 'Zlati delišes', 'Granny Smith' in druge, utišali gen encima PPO in tako pridobili bolj privlačne različice teh sort. Te sorte v Evropski uniji nimajo dovoljenja za pridelovanje in trženje. Tudi večina drugih sort, ki ne oksidirajo, so zaščitene in je težko ali pa povsem nemogoče pridobiti licenco za njihovo pridelavo v Sloveniji. Na srečo imamo tu slovensko sorto 'Majda', ki to lastnost ima in je prosta za uporabo.

Sorta 'Majda' je križanec sort 'Jonatan' in 'Golden Noble'. Plodovi so srednje veliki, okroglasti, nekoliko sploščeni, povprečna masa plodov je 175 g. Sorta ima izrazito kisel okus (Črnko in Viršček Marn, 1986). Sorta je med pridelovalci manj poznana oziroma ni široko razširjena. Poleg velikega deleža kislin bi lahko na to vplival tudi njen videz. Ima temno zeleno osnovno barvo kože, krovna barva je temno rdeča z nakazanimi progami. Kadar plodovi niso dobro osvetljeni, je delež krovne barve manjši. Ob zadostni osvetlitvi in ugodnih razmerah za razvoj krovne barve pa lahko krovna barva prekrije celoten plod. Sorta je za jabolnov škrlup manj

občutljiva (Godec, 2008). Zori v prvi dekadi oktobra, v kolikor jo želimo uporabiti za predelavo, pa je priporočljivo, da plodove na drevesu pustimo nekoliko dlje.

3. REZULTATI PROJEKTA

V sklopu projekta »Zavirana oksidacija mesa plodov sorte 'Majda' - neizkoriščen potencial slovenske sorte jabolčk in možnost njene uporabe v gospodarstvu« (v nadaljevanju projekt) v sodelovanju z gospodarsko družbo – Sadovnjak Resje, KGZ Sava Lesce z.o.o. smo proučili ozadje mehanizmov odsotnosti oksidacije ter možne načine uporabe plodov sorte 'Majda'. Cilj projekta je bil pojasniti mehanizme, ki vplivajo na upočasnjeno oksidacijo in zmanjšano porjavenje plodov sorte 'Majda'.



Slika 1: Grafični povzetek izbranih rezultatov različnih poskusov v sklopu projekta Zavirana oksidacija mesa plodov sorte 'Majda' - neizkoriščen potencial slovenske sorte jabolčk in možnost njene uporabe v gospodarstvu (Cebulj in sod., 2021; Cebulj in sod., 2023)

Figure 1: Graphical abstract of selected results of the experiments performed for the project Reduced oxidation of apple flesh of variety 'Majda' – unrecognized potential of the Slovenian apple variety and the possibility of its use in the industry (Cebulj in sod., 2021; Cebulj in sod., 2023)

V sklopu projekta smo določili metabolno sestavo plodov, tako primarnih kot sekundarnih metabolitov (vsebnost sladkorjev, organskih kislin, vsebnost vitamina C, vsebnost glutaciona

in njegovih prekurzorjev), določili smo aktivnost encimov, ki so odgovorni za oksidacijo mesa jabolk (POX in PPO), določili izražanje genov flavonoidne in fenilpropanoidne poti ter nekaterih drugih genov vpletenih v antioksidativno delovanje plodov. Sorto 'Majda' smo primerjali z izbranimi sortami jabolk ter iz plodov naredili izdelke kot so sok, čežana in suhi krlji, ki smo jih senzorično ocenili. Vzorčenje plodov je potekalo na dveh lokacijah, in sicer v sadovnjaku gospodarskega partnerja (Sadovnjak Resje) ter v poskusnem nasadu Kmetijskega inštituta Slovenije.

V prvem poskusu smo 'Majdo' primerjali z uveljavljeno sorto 'Zlati delišes', da bi ugotovili oziroma potrdili glavne vzroke za odsotnost oksidacije. Določili smo vsebnost sladkorjev, organskih kislin, vitamina C, glutaciona, fenolnih snovi v mesu in fenolne snovi v kožici ter listih obeh sort. Izmerili smo barvo prerezanih plodov ter aktivnost encimov polifenol oksidaze in peroksidaze. Meritve smo ponovili po skladiščenju. Najbolj zanimivi rezultati so bili visoka vsebnost jabolčne kisline, nizka vsebnost fenolnih spojin (še posebej hidrokscimetnih kislin in flavan-3-olov) sorte 'Majda' v primerjavi s sorto 'Zlati delišes'. V aktivnosti encima PPO med sortama ni bilo ugotovljenih statistično značilnih razlik. Po pregledu rezultatov sklepamo, da na odsotnost oksidacije najbolj vpliva nizka vsebnost fenolnih spojin in visoka vsebnost glutaciona (Cebulj in sod., 2021).

Pri poskusu primerjave sorte 'Majda' z izbranimi sortami jabolk, smo ugotovili, da se sorte jabolk močno razlikujejo v vsebnosti vitamina C, manj v aktivnosti encima PPO. Na odsotnost oksidacije tudi pri sorti 'Greenstar' najverjetneje vplivala nižja vsebnost fenolnih spojin, še posebej klorogenske kisline, ki je glavni substrat encima PPO (podatki še niso objavljeni).

V poskusu leta 2021 smo se raziskovanja lastnosti odsotnosti oksidacije lotili še z multidisciplinarnim pristopom. Analizirali smo izražanje genov fenilpropanoidne poti, polifenol oksidaze (MdPPO), alfafarnezen sintaze-1 (MdAFS1) in glutation-askorbisnega cikla. Za namen raziskave smo izolirali celoten RNA in izvedli reverzno transkripcijo v cDNA. S pomočjo real-time PCR in specifičnih primerjev smo ocenili profil izražanja izbranih genov. Določili smo vsebnost izbranih metabolitov ter antoksidativni potencial sorte 'Majda' v primerjavi z referenčno sorto 'Zlati delišes'. Ta pristop je potrdil, da to lastnost nadzira več mehanizmov. Sorti se razlikujeta v vsebnost klorogenske kisline in izražanju gena za polifenol oksidazo (MdPPO). Profiliranje genov obeh sort opravljeno med razvojem porjavitve v času 60 minut, je razkrilo, da poleg regulacije polifenolne poti lahko izrazito kopičenje organskih kislin in glutaciona dejansko sodeluje pri zaščitnem mehanizmu preprečevanje oksidativnega porjavenja mesa. To je bilo nadaljnjo potrjeno tudi s pristopom DPPH, opravljenim na obeh sortah, ki je pokazal večjo antioksidativno aktivnost sorte 'Majda' (Cebulj in sod., 2023).

Poskus možnosti uporabe sorte 'Majda' kot minimalno predelan izdelek in predelan izdelek je pokazal, da 'Majda' in njeni izdelki resnično manj oksidirajo in ostanejo svetle barve, kar jim daje atraktiven videz. Po drugi strani pa so ocenjevalci izpostavljali izrazito kislost tako svežih krljev kot tudi predelanih izdelkov. Ravno to lastnost pa marsikateri kupec prepozna kot značilnost sorte 'Majda' in jo tudi zato bolj ceni od prevladujočih sladkih sort na trgu (podatki so v procesu objave).

4. ZAKLJUČEK

Čeprav je bila sorta 'Majda' potrjena že leta 1986, se do danes ni nikoli zares razširila, čemur verjetno botrujejo tako njen specifičen kisel okus kot tudi njen manj privlačen videz. Rezultati projekta pa so pokazali, da ima sorta 'Majda' potencial in posebno tržno nišo, ki bi jo lahko izkoristili in zaokrožili s poudarkom na njenem slovenskem izvoru.

5. ZAHVALA

Raziskave so potekale v okviru projekta Raziskovalci na začetku kariere 2.1, Ministrstva za visoko šolstvo, znanost in inovacije (OP20.04515/1 - Raziskovalci-2.1-KIS-952049), znotraj raziskovalne skupine Trajnostno kmetijstvo (P4-0133) na Kmetijskem inštitutu Slovenije. Za veliko pomoč pri izvedbi projekta se zahvaljujem prof. dr. Urški Vrhovšek. Prav tako se zahvaljujem partnerju v projektu Sadovnjaku Resje.

6. VIRI

- Cebulj, A., Vanzo, A., Hladnik, J., Kastelec, D., Vrhovsek, U. 2021. Apple (*Malus domestica* Borkh.) Cultivar 'Majda', a Naturally Non-Browning Cultivar: An Assessment of Its Qualities. *Plants*, 10, 1402. <https://doi.org/10.3390/plants10071402>
- Cebulj, A., Populin, F., Masuero, D., Vrhovsek, U., Angeli, L., Morozova, K., Scampicchio, M., Costa, F., Busatto, N. 2023. A multifaced approach sheds light on the molecular details underlying the mechanism preventing enzymatic browning in 'Majda' apple cultivar (*Malus domestica* Borkh.). *Scientia Horticulturae*, 318, 112137, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112137>.
- Črnko, J., Marn, M. 1986. 'Majda' nova Jugoslovanska jablanova sorta za dvojno uporabo. *Zbornik Biotehniške fakultete Univerze Edvarda Kardelja Ljubljana, Kmet.*, 47: 49–62
- Di Guardo, M., Tadiello, A., Farneti, B., Lorenz, G., Masuero, D., Vrhovsek, U., Costa, G., Velasco, R., Costa, F. 2014. A Multidisciplinary Approach Providing New Insight into Fruit Flesh Browning Physiology in Apple (*Malus x domestica* Borkh.). *PLOS ONE* 9: 1 10.1371/annotation/72dfe3df-4cfd-49a8-93db-979bdd8794c3
- Gacche, R.N., Warangkar, S.C., Ghole, V.S. 2004. Glutathione and cinnamic acid: Natural dietary components used in preventing the process of browning by inhibition of polyphenol oxidase in apple juice. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 19: 175–179.
- Godec, B. 2008. Slovenske avtohtone jablanove sorte. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije, 59 str.
- Khanizadeh, S., Groleau, Y., Levasseur, A., Charles, M.T., Tsao, R., Yang, R., DeEll, J., Hampson, C., Toivonen, P.T. SJCA38R6A74 (Eden). 2006. *HortScience*, 41: 1513–1515.
- Laurens, F., Aranzana, M.J., Arus, P., Bassi, D., Bink, M., Bonany, J., Caprera, A., Corelli-Grappadelli, L., Costes, E., Durel, C.-E., Mauroux, J.-B., Muranty, H., Nazzicari, N., Pascal, T., Patocchi, A., Peil, A., Quilot-Turion, B., Rossini, L., Stella, A., Troglio, M., Velasco, R., van de Weg, E. 2018. An integrated approach for increasing breeding efficiency in apple and peach in Europe. *Horticultural Research* 5, 11. <https://doi.org/10.1038/s41438-018-0016-3>
- Le Tien, C., Vachon, C., Mateescu, M.-A., Lacroix, M. 2001. Milk protein coatings prevent oxidative browning of apples and potatoes. *Journal of Food Science*, 66: 512–516
- Serra S, Anthony B, Boscolo Sesillo F, Masia A, Musacchi S. 2021. Determination of Post-Harvest Biochemical Composition, Enzymatic Activities, and Oxidative Browning in 14 Apple Cultivars. *Foods*. 10(1):186. <https://doi.org/10.3390/foods10010186>
- Tazawa, J.; Oshino, H.; Kon, T.; Kasai, S.; Kudo, T.; Hatsuyama, Y. 2019. Genetic characterization of flesh browning trait in apple using the non-browning cultivar 'Aori 27'. *Tree Genetics & Genomes*, 15, 49.
- Valente-Mesquita, V.L., Queiroz, C. 2013. Enzymatic browning. v: *Biochemistry of Foods*; Eskin, N.A.M., Shahidi, F., ur.; Academic Press: London, UK, 3: 387–418.
- Waltz, E. 2015. Nonbrowning GM apple cleared for market. *Nature Biotechnology*, 33: 326–327.

POSTOPKI ZA AVTOMATIZIRANO ZGODNJE NAPOVEDOVANJE PRIDELKA JABOLK

Simon KOLMANIČ¹, Stanislav TOJNKO², Nina TOJNKO², Denis STAJNKO², Tatjana
UNUK²

POVZETEK

Predstavljeni so postopki za zgodnje napovedovanje pridelka jabolk v slovenskih nasadih s pomočjo sodobne aplikacije, ki deluje v android okolju in uporablja hitro prenosno omrežje 5G. Za prepoznavanje plodov na slikah smo uporabili predhodno učno mrežo YOLO, ki temelji na konvolucijskih nevronskih mrežah in regresijskih tehnikah za določitev položaja jabolk v sliki. Za modeliranje pridelka plodov so uporabljene specifične sortam prilagojene rastne krivulje, ki omogočajo napovedovanje mase plodov iz trenutnega in pričakovanega premera plodov ter razmerja med premerom in maso, pri čemer je upoštevana različna obremenitev dreves; nizka (N) 4 plodovi/cm², srednja (S) 7 plodov/cm² in visoka (V) 9 plodov/cm². V 34 nasadih je napoved z novo aplikacijo v poprečju preseгла dejanski pridelek za 5%, pri čemer je bil najbolje napovedan povprečni pridelek sort 'Zlati delišes' (+3% /2007 kg/ha) in 'Gala' (+8% /3038 kg/ha), najslabše pa sorte 'Elstar' (+16 % /4983 kg/ha). S prvimi testirani smo pokazali, da je avtomatizirana metoda za oceno pridelka odličen pripomoček za natančno oceno pridelka posamezne parcele in ga bomo v prihodnosti še nadgrajevali.

Ključne besede: jablana, napoved, premer, model, algoritem

PROCEDURES FOR AUTOMATED EARLY PREDICTION OF APPLE YIELD

ABSTRACT

Procedures for early prediction of apple yields in Slovenian orchards are presented using a modern application that works in the Android environment and uses a fast 5G transmission network. To recognize fruits in images, the YOLO pre-learning network was used, which is based on convolutional neural networks and regression techniques to determine the position of apples in the image. Crop specific growth curves are used to model fruit yield, allowing prediction of fruit mass from actual and expected fruit diameter and the ratio between diameter and mass, taking into account different tree loads; low (N) 4 fruits/cm², medium (S) 7 fruits/cm² and high (V) 9 fruits/cm². In 34 orchards, the prediction with the new application exceeded the actual yield by 5%, with the varieties 'Golden Delicious' (+3% /2007 kg/ha) and 'Gala' (+8% /3038 kg/ha) predicting the best and the variety 'Elsar' (+16% /4983 kg/ha) predicting the worst average yield. In the first tests, we have shown that the automatic yield estimation is an excellent tool for accurately estimating the yield of an individual plot, and we will continue to upgrade it in the future.

Key words: apple, forecast, diameter, model, algorithm

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Smetanova 17, 2000 Maribor

² Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, 2311 Hoče

1. UVOD

Pridelava jabolk je v EU 27 v zadnjih petih letih znašala med 10,5 in 13,0 milijonov ton, kar pomeni, da je jablana še vedno ena najpomembnejših listopadnih sadnih vrst (Lieberz in Luxbacher, 2023). Vendar se klimatske spremembe in z njimi povezane naravne katastrofe vse bolj odražajo na velikih medletnih nihanjih količine pridelka tako, da so za obdobje 2021/2022 v posameznih državah znašale med -33% in 33%. Takšna negotovost predstavlja velike težave pri načrtovanju obiranja in skladiščenja ter praviloma vpliva na kreiranje sezonskih in letnih tržnih cen (Lieberz in Sawatzki, 2022).

Zaradi blažitve večjih medletnih nihanj cen predstavlja učinkovito napovedovanje pridelka jabolk že od nekdanj svojevrsen izziv tako za znanstveno-raziskovalne organizacije, kakor tudi za posamezne sadjarje, sadjarske organizacije pa tudi trgovce. Od začetka 80-ih let prejšnjega stoletja se je zaradi naraščajoče zmogljivosti računalnikov modeliranje pridelka jabolk še posebej razširilo (Winter, 1986; Welte, 1990), saj je bilo moč velike poljske poskuse nadomestiti s simulacijo rasi plodov od cvetenja do zorenja (Hester in Cacho, 2003). Zamudno ročno štetje je vzpodbudilo razvoj »metode analize slike«, ki s pomočjo vizualizacije drevesnih krošenj v sadovnjakih omogoča uporabo računalniškega procesiranja algoritmov prilagojenih prepoznavanju in štetju plodov različnih sort jabolk in hrušk.

V Sloveniji se v zadnjih dveh desetletjih za napovedovanje pridelka jabolk in hrušk uporablja metoda obdelave slike, ki jo je širši javnosti prvič predstavil Stajnko s sodelavci (2004). Računalniška koda je napisana v programskem okolju Labview, paketu IMAQ Vision, in temelji na procesiranju in analiziranju digitalnih slik, zajetih v sadovnjakih Slovenije, ter pri večini vzorcev natančno napoveduje pričakovani pridelek.

Vgrajen algoritem izračuna maso pridelka na hektar ob obiranju iz števila prešteti plodov na slikah in pričakovanega premera plodov ob obiranju, ocenjenega s pomočjo dolgoletnih rastnih krivulj. Ker so se pri napovedovanju pridelka z metodo analize slike v manjšem deležu še vedno pojavljala odstopanja, ki jih povezujemo z napakami pri prepoznavanju plodov na slikah, smo v preteklosti želeli v nove algoritme vključiti novejša načine prepoznavanja plodov in uporabiti sodobnejšo umetno logiko, kot so odločitvena drevesa, vendar programsko okolje Labview ni bilo primerno za novejša mobilne operacijske sisteme.

S pojavom pametnih telefonov in hitrih 5G internetnih povezav od začetka leta 2020 je metoda obdelave slike zaradi načina zajemanja in obdelave podatkov postajala tudi vedno bolj zastarela, saj še vedno zahteva prenos slik in njihovo obdelavo v laboratorijih na algoritmih, nameščenih na osebne računalnike.

V pričujočem članku želimo v prvi vrsti predstaviti funkcionalnost postopkov, ki deluje v okolju Android na tabličnih računalnikih in pametnih telefonih, za avtomatizirano zgodnje napovedovanje pridelka jabolk. V drugem delu pa primerjamo natančnost novega postopek s starejšim algoritmom ter dejansko izmerjenim predelkom v nekaterih vzorčnih nasadih.

2. MATERIAL IN METODE

2.1 ZASNOVA POSKUSOV

Junija in julija 2023 smo pri nekaterih pridelovalcih jablan v Sloveniji obiskali 34 nasadov, zasajenih s tržno najbolj pomembnimi sortami 'Breaburn', 'Estar', 'Fuji', 'Gala', 'Zlati delišes' in 'Jonagold', v katerih smo kot vsako leto fotografirali drevesa z razdalje 1,5 m za potrebe analize slike v programskem okolju Labview. Hkrati se je na posameznih drevesih preštelo število plodičev in ocenilo njihov trenutni premer. Vsako fotografijo smo v laboratoriju najprej obdelali po že znanih postopkih in jo nato uporabili tudi za kalibriranje novega postopka.

2.2 ALGORITEM

Za detekcijo jabolk na slikah smo uporabili nevronske mreže YOLO (ang.: You Look Only Once) (Du, 2018; Liu in sod., 2018), ki je uveljavljena metoda za detekcijo objektov in se uspešno uporablja na številnih področjih. Algoritem iskani objekt v sliki obkroži s kvadratom in mu pripiše verjetnost ujemanja z iskanim predmetom. Prednost metode YOLO pred ostalimi nevronskimi mrežami je ta, da vse objekte v sliki najde z enim samim prehodom. Zaradi tega je metoda izjemno hitra in primerna tudi za realno časovno detekcijo objektov. Hitrost delovanja metode je omogočila, da smo pri napovedi lahko uporabili deset posnetkov po sadovnjaku, ter da smo lahko izvajali dodatne aktivnosti za izboljšanje zaznave. Čeprav bi jih z omenjeno metodo z lahkoto obdelali tudi več, pa je glavno ozko grlo prenos fotografij iz sadovnjaka na strežnik, kjer algoritem prepoznave jabolk deluje. Naša mreža, ki smo jo uporabili za zaznavo jabolk, je bila predhodno naučena. Zaradi tega smo prihranili veliko časa, saj nam ni bilo potrebno sestavljati učne množice, kjer bi morali na veliki količini slik jablan predhodno ročno označevati jabolka, da bi lahko mreža v fazi učenja ustrezno kalibrirala uteži nevronov in tako omogočila razpoznavo jabolk. Čeprav nam je tak pristop omogočil, da smo z zaznavo sploh lahko pričeli, je imela izbira že naučene nevronske mreže tudi nekaj slabosti. Prva je bila ta, da je v nekaterih primerih, ko je bilo na sliki veliko jabolk v neposredni bližini, poleg posameznih jabolk, kot zadetek označila tudi celotno skupino, kot to lahko vidimo na sliki 1.



Slika 1: Napačna označitev skupine jabolk kot dodatno veliko jabolko
Figure 1: Mislabeling a group of apples as an extra large apple

Napako smo odpravili tako, da smo vsa najdena jabolka vstavili v seznam in ob tem računali porazdelitev debeline plodov. Nato smo jabolka iz spodnjega in zgornjega razreda odstranili iz seznama. Na tak način nismo izločili zgolj skupka jabolk, ampak tudi morebitna jabolka iz dreves v sosednjih vrstah, ali jabolka na tleh.

Druga težava, ki jo je bilo potrebno rešiti, je bila slabša zaznava jabolk pri slabih osvetlitvah, kjer je bila majhna razlika v barvi med listjem in plodovi. To smo reševali tako, da smo vsako sliko pregledali dvakrat in sicer ob različnih resolucijah in z dodanim zasukom. S tem smo precej izboljšali zanesljivost zaznave, saj je mreža na tako ustvarjenih slikah lahko našla dodatna jabolka, ki bi sicer ostala nezaznana. Pri tem je bilo seveda potrebno paziti, da istih jabolk ne bi šteli dvakrat. To smo preprečili tako, da smo na podlagi seznama zaznanih jabolk na obeh slikah tvorili nov končni seznam. V ta seznam smo najprej vstavili vsa zaznana jabolka iz prve slike, nato pa smo dodajali zaznana jabolka še z druge slike, a le, če to ni bilo že najdeno na prvi sliki. To smo določili s pomočjo relativnega položaja jabolka, glede na njegove sosedbe. Gradnjo seznama pa smo uporabili tudi zato, da smo poiskali referenčni objekt v sliki. To je bila teniška žogica modre ali vijolične barve, ki jo je bilo potrebno obesiti na jablano pred fotografiranjem (slika 2).



Slika 2: Zaznava jabolk sorte 'Zlati delišes' skupaj z referenčni objektom

Figure 2: Detection of 'Golden Delicious' apples together with a reference object

Ker smo želeli, da zaznava jabolk deluje popolnoma avtonomno, se pravi brez pomoči uporabnika, smo morali referenčni objekt na sliki prav tako poiskati z uporabo mreže YOLO. Ta je zaradi okrogle oblike referenčnega objekta le-tega zaznala kot jabolko. Tako je bilo potrebno pregledati seznam zaznanih jabolk na sliki in odstraniti tistega, katerega barva je bila najbližja izbrani barvi referenčnega objekta. Da ta postopek deluje, se mora barva referenčnega objekta čim bolj razlikovati ob drugih barv v sliki. Po tem, ko smo referenčni objekt poiskali, z njegovo pomočjo izračunamo še premere vseh najdenih jabolk.

2.3 RASTE KRIVULJE ZA PRERAČUNAVANJE MASE PLODA

Modele rastnih krivulj, ki smo jih uporabili v novi aplikaciji so natančno predstavili Stajniko in sodelavci (2012), zato na tem mestu povzemamo samo splošno enačbo za računanje rasti premera plodov v času od cvetenja do obiranja, ki je povzeta po Mitchell (1986), in se glasi:

$$D(t) = 3,5 + \alpha \cdot (1 - e^{-\beta t})^\gamma \quad (1)$$

Kjer pomeni:

$D(t)$ – premer plodu (mm),

t – čas od polnega cvetenja do obiranja (dni),

$\alpha + 3,5$ – maksimalni teoretični premer plodu (mm),

β, γ – parametri oblike plodu

Potem, ko smo dobili enačbe priraščanja premera plodov, smo v drugem koraku iz premera preračunali maso ploda v skladu z enačbo:

$$Y_d = \frac{0,4059 \cdot D^{2,9602}}{1000} \quad (2)$$

Kjer pomeni:

Y_d masa plodu (g)

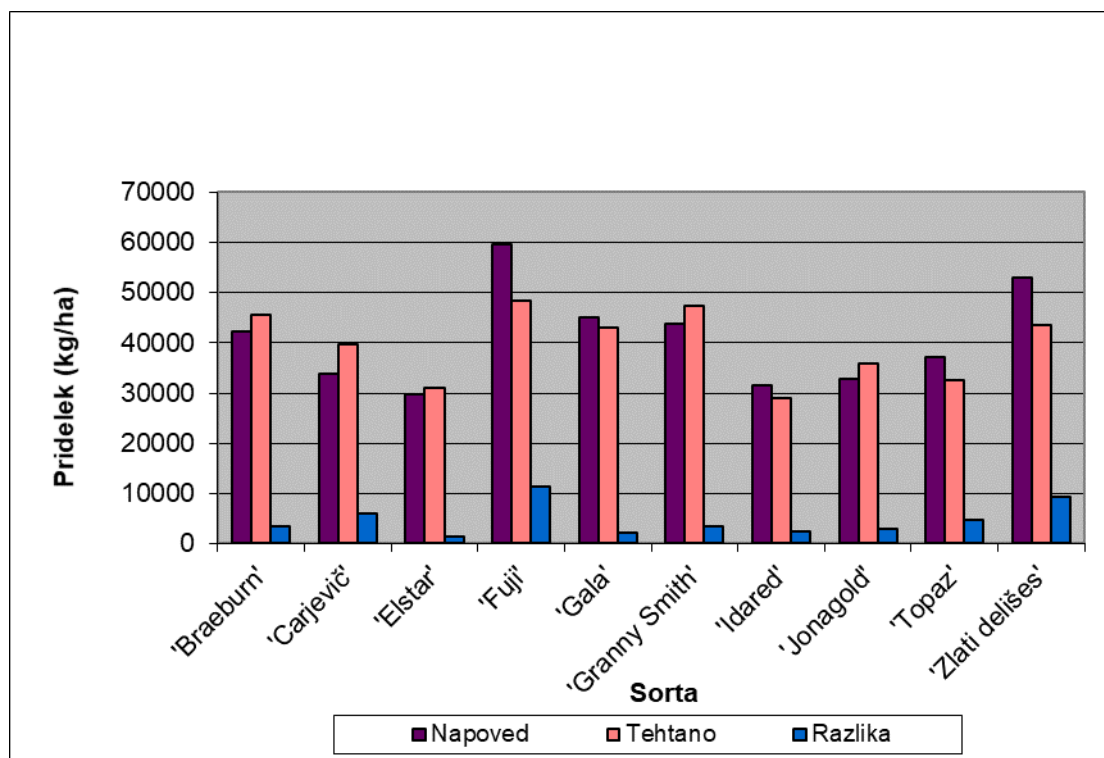
D promer plodu (mm)

Za obdelavo podatkov smo uporabili statistični program IBM SPSS Statistics 22.0, s katerim smo ovrednotili različne modele in napovedani pridelek z metodo 'test mnogoterih parov' pri $p < 0,05$.

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

3.1 NATANČNOST ZGODNJE NAPOVEDI PRIDELKOV S STARO METODO

Na sliki 3 so prikazani napovedani in tehtani povprečni pridelki vseh sort, iz katerih je razvidno, da je v letu 2023 napoved z novo aplikacijo v poprečju preseгла dejanski pridelek za 4.738 kg/ha. Z natančnejšo analizo smo ugotovili, da je bila razlika med napovedanim in dejanskim pridelkom za 11.324 kg/ha največja pri sorti 'Fuji' in najmanjša pri sorti 'Elstar' (-1.348 kg/ha).



Slika 3: Razlika med napovedanim in tehtanim pridelkom različnih sort jabolk v letu 2023
Figure 3: Difference between predicted and weighted yield of different apple cultivars in 2023

3.2 PREDNOSTI NOVE APLIKACIJE

Uporabljeni algoritmi omogočajo, da lahko slike preprosto zajemamo v sadovnjakih s pomočjo mobilne aplikacije, ki jih nato pošlje v obdelavo na strežnik. Zaradi hitrosti mreže YOLO je obdelava hitra, izračunano napoved pridelka pa nato mobilna aplikacija prikaže uporabniku. Napoved je vedno odvisna od dreves, ki jih izberemo za fotografiranje, v kolikor te niso reprezentativne, se lahko napoved razlikuje od tehtanega pridelka, zato ima uporabnik možnost napoved razveljaviti in ponoviti postopek snemanja. Če uporabnik napoved sprejme, se ta samodejno vnese v aplikacijo za beleženje aktivnosti v sadovnjaku, s katero je mobilna aplikacija povezana. Po drugi strani pa mobilna aplikacija iz spletne platforme pridobi potrebne podatke o sorti, številu dreves v sadovnjaku, razdalji med drevesi v vrsti in med vrstami ter druge podatke, ki so shranjeni v Registru kmetijskih gospodarstev. Da lahko uporabnik uporabi mobilno aplikacijo za zgodnjo napoved pridelka, mora imeti aktiven račun v aplikaciji za beleženje aktivnosti v sadovnjaku. Uporabnik se tako v mobilno aplikacijo vpiše z uporabniškim imenom in geslom, nato pa iz seznama nasadov, za katerega vodi statistiko, izbere nasad, za katerega se bo izvajala napoved. To je potrebno, saj se lahko na posameznem GERK-u nahaja več nasadov, o katerih pa nimamo podatka, kje natančno na GERK-u se nahajajo, prav tako pa je potrebno izbrati tudi višino dreves, saj tudi tega podatka v Registru kmetijskih gospodarstev ne vodimo. Po vnosu teh dveh podatkov aplikacija zahteva samo še fotografije petih dreves v sadovnjaku in na podlagi tega izračuna napoved. Uporaba aplikacije je preprosta in tako primerna za sadjarje vseh starosti, z uporabo mobilnih telefonov ne zahteva nobene dodatne opreme in tako v praksi demonstrira prednosti digitalizacije.

4. ZAHVALA

Raziskava je nastala v okviru CRP-V4 2022 projekta Digisad, ki ga financirata Javna agencija za znanstveno-raziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS) in Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije (MKGP).

5. VIRI

- Du, J., 2018. Understanding of object detection based on CNN family and YOLO. In: Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing. p. 012029.
- Hester S. M., Cacho O., 2003. Modelling apple orchard systems. *Agricultural systems*, 77, 137-154.
- Mitchell, P.D., 1986. Pear fruit growth and the use of diameter to estimate fruit volume and weight, *Hort Science* 21 (4), 1003-1005.
- Lieberz, S., Sawatski, K., 2022. Prognosfruit 2022, 10 s., <https://fas.usda.gov/data/european-union-prognosfruit-2022>, (20. nov. 2023)
- Lieberz, S., Luxbacher, K., 2023. Prognosfruit 2023 - EU Apple and Pear Production is Forecast to Decline 2023, 11 s., <https://fas.usda.gov/data/european-union-prognosfruit-2023-eu-apple-and-pear-production-forecast-decline> (20. nov. 2023)
- Liu, C., Tao, Y., Liang, J., Li, K., Chen, Y., 2018. Object detection based on YOLO network. In 2018 IEEE 4th information technology and mechatronics engineering conference (ITOEC), pp. 799-803. IEEE.
- Stajniko, D., Lakota, M., Tojnko, S., 2004. Zgodnja prognoza pridelka jabolk s pomočjo vizualizacije digitalnih slik. V: HUDINA, Metka (ur.). Zbornik referatov 1. slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo, Krško, 24.-26. marec 2004. Ljubljana: Strokovno sadjarsko društvo Slovenije, 2004. Str. 103-109.
- Stajniko, D., Beber, M., Zadravec, P., 2012. Modeliranje pridelka jabolk sorte 'Gala' z uporabo rastnih krivulj in vizualizacije rodnega volumna dreves. V: HUDINA, Metka (ur.). Zbornik referatov 3. Slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo, Krško, 21.-23. november 2012. Ljubljana: Strokovno sadjarsko društvo Slovenije, 2012. Str. 51-57.
- Winter, F., 1986. Modelling the biological and economic development of an apple orchard, *Acta Horticulturae* 160, p. 353-360.
- Welte, H.F., 1990. Forecasting harvest fruit size during the growing season. *Acta Horticulturae* 276, 275-282.

RAZNOLIKOST JABLANE V SLOVENIJI: MONITORING IN GENOTIPIZACIJA SORT

Valentina USENIK¹, Gregor OSTERC¹, Kristina GOSTINČAR², Zlata LUTHAR²

POVZETEK

Opravili smo popis starih sort jabolane na območju Slovenije ter genotipizacijo sort iz treh zbirk (Pleterje, Kozjanski park in Kojsko). Ugotovili smo, da imamo v Sloveniji ohranjenih še veliko starih sort jabolane. Zbrane so v zasebnih in nacionalnih zbirkah ter rastejo kot posamična drevesa v travniških sadovnjakih. Vsem sortam, ki niso vključene vsaj v eno izmed omenjenih zbirk, grozi genska erozija, saj so drevesa bodisi stara ali pa z njimi upravljajo lastniki, ki nimajo dolgoročnega interesa, da bi jih ohranili. Na osnovi rezultatov genotipizacije, analizirane z uporabo mikrosateltnih markerjev, se je 119 starih sort jabolane iz treh lokacij razvrstilo v 4 genetsko različne skupine in vsaka na več podskupin. Na ta način smo pridobili dragocene informacije o genetski sorodnosti med posameznimi sortami. Lahko smo rešili tudi probleme sinonimov in homonimov. Ugotovili smo, da je pestrost sort v Sloveniji še večja, kot smo pričakovali na podlagi morfoloških opazovanj. Stare sorte so pomemben vir genetske variabilnosti in dragocena kulturna dediščina, ki jo je treba ohraniti.

Ključne besede: stare sorte, travniški sadovnjak, zbirka, morfološka analiza, genetska analiza

APPLE DIVERSITY IN SLOVENIA: MONITORING AND GENOTYPING OF VARIETIES

ABSTRACT

An inventory of old apple varieties in Slovenia and genotyping of apple varieties from three primary collections (Pleterje, Kozjanski park and Kojsko) was carried out. Our research has shown that a considerable number of old apple varieties are preserved, scattered both in private and national collections, and in meadow orchards as solitary trees. All varieties that are not included in at least one of these collections are at risk of genetic erosion. This risk arises from the fact that the trees are either over-aged or in the care of owners who have no long-term interest in their preservation. By examining genotypic data using the microsatellite marker system, 119 old apple varieties were categorised into four groups based on their genetic relationship. Each group was subdivided into several subgroups. This approach gave us valuable insights into the genetic relationships between the varieties. In addition, genotyping allowed us to clarify questions about synonyms and homonyms within the apple varieties. Our research has shown that the diversity of apple in Slovenia exceeds previous assumptions based solely on morphological observations. Old apple varieties are an important source of genetic variability and a valuable cultural heritage that must be preserved.

¹ Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

² Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za genetiko, biotehnologijo, statistiko in žlahtnjenje rastlin, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

Key words: old varieties, meadow orchard, collection, morphological analyse, genetic analyse

1. UVOD

Rastlinski genski viri (RGV) predstavljajo osnovni vir raznolikosti za prehrano ljudi, kmetijsko pridelavo in vzgojo novih sort, vendar jim zaradi različnih vplivov okolja, rasti prebivalstva in sprememb kmetijske prakse grozi genska erozija (Šuštar Vozlič in sod., 2022). K ohranjanju RGV nas zavezujejo številni mednarodni dokumenti in sporazumi (npr. ECPGR, 2021), poleg tega pa tudi slovenska zakonodaja (Zakon ..., 2005). Predpogoj za oceno stopnje genske erozije je informacija o stanju RGV *in situ* (Thormann in Engels, 2015).

Poseben pomen imajo RGV sadnih rastlin. Močno so jih zaznamovale družbene spremembe zadnjih 200 let, kljub temu so se mnogi ohranili in nam še vedno pripovedujejo zgodbe preteklih dni. Najprej so naši pradedje na samorasle gozdne divjake cepili trdike in razna druga, zlasti sladka jabolka (Humek, 1916). Sledilo je zbiranje sort. Pri sortah so cenili le okus, pridelovalne lastnosti jih niso zanimale. Tiste dni so priporočali predvsem sorte za sušenje ali žganje (Valenčič, 1970). V drugi polovici 19. stoletja so si že prizadevali za širjenje sadjarstva. Tako so leta 1875 na slovenskem ozemlju poučevali sadjarstvo na 290 osnovnih šolah. Od teh jih je 181 imelo tudi sadno drevesnico, kjer so se otroci učili cepiti in domov nosili sadike (Maček, 1995; cit. po Smole in Maček, 2004). Sadje je bilo nekoč glavni vir preživetja kmeta, še prav posebej pod avstrijskim cesarstvom, ko se je s sadjem začelo resneje trgovati (Božič, 2013). Leta 1937 je bilo v Sloveniji 552 drevesnic, ki so večinoma pridelovale sadike jablane (82,5%) (Valenčič, 1970). Spremenila se je usmeritev pridelave; od pridelave mošta in žganja v pridelavo namiznega sadja.

Do sedaj smo iz obdobja prve polovice 20. stoletja izgubili že veliko sort, čemur so botrovali različni vzroki, od političnih, gospodarskih, pa tudi povsem subjektivnih (umrli lastniki, prenos lastništva, ipd.). Kljub vsemu se je del sort ohranil. Ker genska karakterizacija v Sloveniji še ni bila opravljena, za nekatere na osnovi morfoloških opisov nismo zanesljivo vedeli, ali raznolika imena sort predstavljajo tudi različne sorte. Opravljene so bile le genetske analize v manjšem obsegu, med katerimi velja izpostaviti analizo lokalnih sort 'Dolenjska voščenska' in 'Gorenjska voščenska' v okviru CRP projekta 'Ogroženost lokalnih sort zaradi genske erozije in njihova vrednost za pridelavo in uporabo' (Ugrinović, 2019).

Namen prispevka je, predstaviti rezultate popisa starih sort jablane v Sloveniji in rezultate genetske karakterizacije dela zbranih genskih virov.

2. MATERIAL IN METODE DELA

S terenskimi ogledi in z anketami smo v letih 2020 in 2021 v okviru projekta PRP: Pregled, inventarizacija in monitoring rastlinskih genskih virov, ki so pomembni za prehrano in kmetijstvo in se ohranjajo *in situ* na kmetijskih gospodarstvih (PRP Monitoring) preverili, koliko starih sort jablane še uspeva po Sloveniji. Obiskali smo tiste lokacije, kjer smo iz pregleda podatkov (Register ..., 2019), literature in informacij, pridobljenih s strani svetovalne službe, predstavnikov lokalnih sadjarskih društev in drugih deležnikov, sklepali, da so stare sorte še zastopane. Upoštevali smo le sorte, ki so v Sloveniji že več kot 50 let in so ogrožene. Na lokaciji smo opravili ogled, pogovor z lastniki in, če je bilo mogoče, vzorčili

plodove, ki smo jih nato pomološko ovrednotili v laboratoriju Katedre za sadjarstvo, vinogradniško in vrtnarstvo Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

V analize genetske karakterizacije jablane v okviru projekta PRP: Genotipizacija jablane, hruške in vinske trte ter izbor akcesij za oblikovanje jedrnih zbirk (PRP Genotipizacija) smo vključili 61 sort iz zbirke Pleterje, 56 sort iz zbirke Kozjanski park in 2 sorti iz zbirke Kojsko. Liste za analize smo vzorčili v času najintenzivnejše spomladanske rasti (junij 2020 in junij 2021), z vsakega drevesa 4 – 5 mladih, nepoškodovanih listov. Liste smo v hladilni torbi takoj prenesli v laboratorij in jih do analize hranili na $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Izolacijo DNA in genetske analize smo opravili v laboratoriju Katedre za genetiko, biotehnologijo, statistiko in žlahtnjenje rastlin Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Ekstrakcija celokupne genomske DNA iz listov je potekala z uporabo cetyltrimethylammonium bromida (CTAB) po modificiranem postopku Kump in Javornik (1996). Koncentracija DNA v vzorcih je bila izmerjena s fluorimetrom DyNA Quant 200 (Amersham Biosciences, Chicago, ZDA). Čistost izolirane DNA je bila določena spektrofotometrično (NanoVue Plus, GE Healthcare) z absorbanco pri valovnih dolžinah A260/A280 in A260/A230. Na podlagi literature je bil izbran set 16 mikrosatelitnih markerjev in 8 standardnih oz. referenčnih sort (*Malus x domestica* 'Delicious', 'Fiesta', 'Prima', 'Worcester Pearmain', 'Michelin', 'Malling 9', *Malus floribunda* 821, *Malus robusta* 5), ki so bili optimizirani in definirani v različnih laboratorijih ter so priporočeni za genotipizacijo v sklopu delovne skupine ECPGR *Malus/Pyrus*, z namenom lažje primerjave rezultatov med laboratoriji in možno primerjalno vključitev rezultatov v mednarodno bazo podatkov (Hokanson in sod., 1998; Liebhard in sod., 2002; Silfverberg-Dilworth in sod., 2006; Vinatzer in sod., 2004; Urrestarazu in sod., 2016).

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

V okviru popisa na območju Slovenije smo ugotovili, da je ohranjenih še 603 imen sort jablane. Končno število ohranjenih sort je verjetno manjše, saj je med imeni sort veliko sinonimov in homonimov, ki še niso razjasnjeni. Z anketami smo pridobili tudi imena sort, ki jih ljudje poznajo zgolj z domačimi imeni, npr. 'Žavarček', 'Bevček', 'Dunajca', 'Hlevniška', 'Kodermaška', 'Krhlica', 'Liška', 'Malonca', itd. Stare sorte jablane so se ohranile predvsem na območjih, kamor je zaradi naravnih danosti intenzivno kmetijstvo vstopilo kasneje (Zgornje Posočje, Brkini, Kočevsko, območje Kuma, Savinjska regija, Haloze, Slovenske gorice).

Ugotovili smo, da je veliko starih sort jablane zbranih v zasebnih zbirkah. Sorte so se ohranile zaradi prizadevanj zanesenjakov, ki so z zbiranjem sort na širšem ali ožjem območju svojega doma pričeli že pred desetletji. Na lokacijah Kamnik in Tunjice so tako zbrane sorte tega območja. Na lokacijah Andraž nad Polzelo in Mozirje so zbrane sorte zgornjega gričevnatega dela Savinjske regije. Stare sorte jablane so zbrane tudi na lokacijah Pleterje (101 sorta, ki sodijo v nacionalno zbirko genske banke) in Kozjanski park (107 sort). V nekaterih regijah takih kolekcij ni, zato so se tam stare sorte ohranile le v travniških nasadih. V vseh zbirkah skupaj je zbranih 586 imen sort jablane. Nekatere sorte so zastopane v več zbirkah, vendar v povprečju na manj kot 2 lokacijah. Večina sort, ki še raste v travniških sadovnjakih, je zastopanih vsaj v 1 zbirki in večine sort, ki so v zbirkah, pa v travniških sadovnjakih ne najdemo več. Ugotovili smo, da 75 % sort ne hranimo v nacionalni zbirki sadnih rastlin. V travniških sadovnjakih po Sloveniji uspeva še vsaj 207 sort jablane. Predvidevamo, da je število različnih starih sort jablane v travniških sadovnjakih večje od navedenega, vendar pa jih zaradi omejitev raziskave nismo uspeli določiti.

Preglednica 1: Rezultati genotipizacije genskih virov - sorte jablane v 1. skupini, razvrščene v štiri podskupine

Table 1: Results of genotyping genetic resources - apple varieties in group 1, divided into four subgroups

1. skupina / 4 podskupine			
'Bismark'	'Imperial McIntosh'	'Čebulka'	'Berlon'
'Bobovec'	'Karla'	'Ovčji nos'	'Ontario'
'Carjevič'	'Mantet'	'Poznocvetka'	'Rdeči jesenski kalvil'
'Dolenjska voščenska'	'Medenček'	'Prsnika'	
'Gorenjska voščenska'	'Quinte'	'Špička'	
'Goriška sevka'	'Peteršiljka'	'Zmika'	
'Hlebčar'	'Rdeči bobovec'	'Zvezdasto jabolko'	
'Krivopecelj'	'Tafelca'	'Železnica'	
'Letni mošancelj'	'Vivanka'	'Weinapfel'	
'Muškatevka'	'Žlahtnica'		
'Puhovka'			
'Sladka'			
'Štajerski mošancelj'			
'Štajerski pogačar'			
'Vrtnica'			
'Zelenec'			
'Zeleni štetinec'			

V travniških sadovnjakih prevladuje nekaj najbolj razširjenih starih sort, ki so prisotne v vseh regijah. Najbolj sta zastopani sorti 'Bobovec' in 'Carjevič'. Večina dreves ohranjenih sort v travniških sadovnjakih je ostarelih in slabo oskrbovanih. Pogosto so le ovira za mehanizirano obdelavo zemljišč. Velika prisotnost divjadi je dodaten razlog, da ljudje za drevesa, s katerih ne morejo dobiti pridelka, ne skrbijo in jih zato sčasoma izkrčijo. Zaradi divjadi so bili pogosto neuspešni tudi poskusi sajenja starih sort ali obnavljanja travniških sadovnjakov. Do opuščanja prihaja tudi zato, ker ljudje sadja nimajo kam prodati, doma ga ne morejo porabiti, pogosto pa nimajo niti znanja in niti opreme za predelavo. Izguba starih sort ne pomeni le izgube genskih virov, temveč tudi izgubo znanja, povezanega z rabo. Genski viri so v travniških sadovnjakih na kmetijah v veliki nevarnosti izgube, še posebej tisti, ki niso vključeni v nobeno od zbirk. V okviru projekta smo ugotovili tudi, da je v Sloveniji ohranjenih še veliko sort jablane, ki pa niso enake kakovosti. Velike razlike med sortami so v namembnosti plodov. Plodovi nekaterih sort so primerni le za predelavo, celo le za določeno vrsto predelave, npr. le za peko. Nedvomno pa stare sorte jablane ponujajo mavrično paleto okusov in arom, ki jih pri sodobnih sortah ne poznamo.

Preglednica 2: Rezultati genotipizacije genskih virov - sorte jablane v 2. skupini, razvrščene v dve podskupini

Table 2: Results of genotyping genetic resources - apple varieties in group 2, divided into two subgroups

2 skupina / 2 podskupini	
'Citronka'	'Ananasova reneta'
'Febegova'	'Beli mičurin'
'Gdanski robač'	'Debela špička'
'Liberty'	'Jakob fišer'
'Lobo'	'Jakobovka'
'Mičurin'	'Jesenska rožmarinka'
'Nova easygro'	'Kvinten'
'Nova mac'	'Orehovec'
'Rdeči delišes'	'Rdeči astrahan'
'Spartan'	'Šarlamovski'

Preglednica 3: Rezultati genotipizacije genskih virov - sorte jablane v 3. skupini, razvrščene v tri podskupine

Table 3: Results of genotyping genetic resources - apple varieties in group 3, divided into three subgroups

3 skupina / 3 podskupine		
'Bogatinka'	'Akane'	'Beli poletni kalvil'
'Ducat'	'Arlet'	'Glockenapfel'
'Jamba'	'Burgundy'	'Petnošter'
'Karmijn'	'Charden'	'Prinčevo jabolko'
'Koksova'	'Goldjon'	
'Merton Worcester'	'James Grieve'	
'Rubin'	'Jonatan'	
'Šampion'	'Krvavka'	
	'Maslenka'	
	'Mcfree'	
	'Melrose'	
	'Mutsu'	
	'Paradox'	
	'Priam'	

Na podlagi opravljene genotipizacije smo proučevane sorte jablane razvrstili v 4 skupine, ki se bistveno razlikujejo in to na večih proučevanih regijah oz. lokusih genoma (preglednice 1 - 4). Sorte znotraj posamezne skupine so po sorodnosti razvrščene v podskupine (npr. 1. skupina na 4 podskupine). Sorte, ki so v podskupini, se genetsko na proučevanih lokusih ne razlikujejo, med podskupinami pa obstajajo razlike med sortami na enem lokusu.

Preglednica 4: Rezultati genotipizacije genskih virov - sorte jablane v 4. skupini, razvrščene v tri podskupine

Table 4: Results of genotyping genetic resources - apple varieties in group 4, divided into three subgroups

4 skupina / 3 podskupine		
'Baumanova reneta'	'Carska reneta'	'Bauacher waedenswil'
'Blenheimska reneta'	'Debela vahna'	'Grafenštajnc'
'Bordin'	'Detel'	'Lovrenčovka'
'Boskopski kosmač'	'Glažnica'	'Preskar'
'Damasonski kosmač'	'Legro'	'Red transparent'
'Francoska kožarka'	'Murček'	'Rožmarinka'
'Francoski kosmač'	'Orleanska reneta'	'Zupanšča'
'Gloria mundi'	'Pisani kardinal'	
'Herbertova reneta'	'Rambura'	
'Jakob lebel'	'Repuvšca'	
'Jerseyred'	'Zimski rambour'	
'Kanadska reneta'- 'Kanadka'		
'Karmelitska reneta'		
'Kasselska reneta'		
'Rožnik'		
'Velika vahna'		

Genotipizacija je zelo pomembna tudi pri reševanju problema sinonimov (sorte, ki jih označujemo z različnimi imeni, a so genetsko na proučevanem delu genoma enake) in homonimov (sorte, ki jih vodimo pod istim imenom, a so genetsko na proučevanem delu genoma različne). Ugotovili smo, da se nekatere sorte (npr. 'Carjevič', 'Bobovec', 'Štajerski mošancelj'), ki jih hranimo na dveh lokacijah, Pleterje in Kozjanski park, genetsko razlikujejo. To pomeni, da so v zbirkah kloni iste sorte in je zato pomembno, da ohranjamo tudi klone.

4. ZAHVALA

Zahvaljujemo se financerjema Agenciji za kmetijske trge in razvoj podeželja za financiranje projektnih nalog v slopu PRP: 'Pregled, inventarizacija in monitoring rastlinskih genskih virov, ki so pomembni za prehrano in kmetijstvo in se ohranjajo *in situ* na kmetijskih gospodarstvih' in 'Genotipizacija jablane, hruške in vinske trte ter izbor akcesij za oblikovanje jedrnih zbirk' ter Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, ki v sklopu 'Javne službe nalog rastlinske genske banke' financira zbirko v Kartuzijanskem samostanu Pleterje in tehnologoma Jožetu Simončiču in Marku Cvelbarju, zbirki Kozjanski park in vodi zbirke Adrijanu Černelču ter lastnikom zasebnih zbirk Gregorju Božiču, Konradu Brunšku ter Ladu Dobrovoljcu.

5. LITERATURA

- Božič G. 2013. Stare sadne sorte na Goriškem. Nosorogi, zavod za kulturno dejavnost, Ljubljana, 107 str
- ECPGR, 2021. Plant Genetic Resources Strategy for Europe. European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources, Rome, Italy: 91 str.
- Hokanson S.C., Szewc-McFadden A.K., Lamboy W.F., McFerson J.R. 1998. Microsatellite (SSR) markers reveal genetic identities, genetic diversity and relationships in a *Malus x domestica* borkh. core subset collection. *Theoretical and Applied Genetics*, 97: 671–683
- Humek, M. 1913 -1918. Slovenski sadjar. Samozaložba. Katoliška tiskarna, Ljubljana

- Kump B., Javornik B. 1996. Evaluation of genetic variability among common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) populations by RAPD markers. *Plant Science*, 114: 149–158
- Liebhard R., Gianfranceschi L., Koller B., Ryder C.D., Tarchini R., van de Weg E., Gessler C. 2002. Development and characterisation of 140 new microsatellites in apple (*Malus x domestica* Borkh.). *Molecular Breeding*, 10: 217–41
- Register kmetijskih gospodarstev, 2019. <https://e-uprava.gov.si/podrocja/kmetijstvo-gozdarstvo-prehrana/kmetijska-gospodarstva/vpogled-v-register-kmetijskih-gospodarstev.html>
- Silfverberg-Dilworth E., Matasci C.L., van de Weg W.E., van Kaauwen M.P.W., Walser M., Kodde L.P., Soglio V., Gianfranceschi L., Durel C.E., Costa F., Yamamoto T., Koller B., Gessler C., Patocchi A. 2006. Microsatellite markers spanning the apple (*Malus x domestica* Borkh.) genome. *Tree Genetics & Genomes*, 2: 202–24
- Smole, J., Maček, J. 2004. Razvoj sadjarstva kot panoge skozi čas. Zbornik referatov 1. slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo, Krško, 24. – 26. marec 2004, 7-29.
- Šuštar Vozlič, J., Luthar, Z., Osterc, G., Usenik, V., Verbič, J., Baričevič, D., Vršič, S., Jež Krebelj, A., Ferant, N., Šantavec, I., Ugrinovič, K., Šuklje, K., Zemljich, A., Lukač, B. 2023. Pregled, inventarizacija in monitoring rastlinskih genskih virov za prehrano in kmetijstvo, ki se ohranjajo in situ na kmetijskih gospodarstvih. V: ČEH, Barbara (ur.). *Novi izzivi v agronomiji 2023: zbornik simpozija*, Laško: Slovensko agronomsko društvo. 191-197.
- Thormann I., Engles J. M. M. 2015. Genetic diversity and Erosion – A global perspective. V: *Genetic Diversity and Erosion in Plants - Indicators and prevention*. Ahuja M.R., Mohan Jain S. (ur.). Switzerland, Springer International Publishing: 263-294.
- Ugrinovič K. 2019. Ogroženost lokalnih sort zaradi genske erozije in njihova vrednost za pridelavo in uporabo. Kmetijski inštitut Slovenije, rezultati CRP projekta.
- Urrestarazu J., Denance C., Ravon E., Guyader A., Guisnel R., Feugey L. ...Durel C.E. 2016. Analysis of the genetic diversity and structure across a wide range of germplasm reveals prominent gene flow in apple at the European level. *BMC Plant Biology*, 16: 130. doi.org/10.1186/s12870-016-0818-0: 20 str.
- Valenčič, V. 1970. Sadjarstvo. V: *Gospodarska in družbena zgodovina Slovencev. Zgodovina agrarnih panog*. 1. zvezek. Agrarno gospodarstvo. Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Inštitut za zgodovino, Sekcija za občo in narodno zgodovino. Državna založba Slovenije, Ljubljana, 317-341.
- Vinatzer B.A., Patocchi A., Tartarini S., Gianfranceschi L., Sansavini S., Gessler C. 2004. Isolation of two microsatellite markers from BAC clones of the Vf scab resistance region and molecular characterization of scab-resistant accessions in *Malus* germplasm. *Plant Breeding*, 123, 4: 321–326
- Zakon o ratifikaciji Mednarodne pogodbe o rastlinskih genskih virih za prehrano in kmetijstvo. 2005. Ur. l. RS, št. 18/05

RAZNOLIKOST HRUŠKE V SLOVENIJI: MONITORING IN GENOTIPIZACIJA SORT

Gregor OSTERC¹, Valentina USENIK¹, Kristina GOSTINČAR², Zlata LUTHAR²

POVZETEK

Opravili smo popis starih sort hruške na območju Slovenije ter genotipizacijo sort iz treh zbirk (Pleterje, Kozjanski park in Kojsko). V Sloveniji še imamo 164 starih sort hruške. Večina sort se je ohranila zgolj zato, ker so zbrane v zasebnih in nacionalnih zbirkah. Ugotovili smo, da je genska erozija pri hruški velika in večja kot pri jabolani. Na osnovi rezultatov genotipizacije z mikrosatelitnim markerskim sistemom, smo 80 starih sort hruške razvrstili na osnovi genetske sorodnosti v 3 skupine, vsako od prvih dveh skupin pa na več podskupin. Na ta način smo pridobili dragocene informacije o genetski sorodnosti med posameznimi sortami. Na osnovi genotipizacije smo lahko rešili tudi probleme sinonimov in homonimov pri starih sortah hruške. Stare sorte so pomemben vir genetske variabilnosti in dragocena kulturna dediščina, ki jo je treba ohraniti.

Ključne besede: stare sorte, travniški sadovnjak, zbirka, morfološka analiza, genetska analiza

PEAR DIVERSITY IN SLOVENIA: MONITORING AND GENOTYPING OF VARIETIES

ABSTRACT

We have initiated a preliminary assessment focused on monitoring of old pear varieties in Slovenia and conducted genotyping of varieties from three primary deposits (Pleterje, Kozjanski Park and Kojsko). Currently, there are 164 old pear varieties in Slovenia. Most varieties have only been preserved because they were collected in private and national collections. Our results show significant genetic erosion in pear, which exceeds the erosion observed in apple. Based on the results of genotyping by microsatellite marker systems, we categorised 80 old pear varieties into three groups based on their genetic relatedness. Each of the first two groups were further divided into subgroups. This method provided valuable insights into the genetic relationships between the varieties. In addition, genotyping enabled the clarification of questions related to synonyms and homonyms within the varieties. Old pear varieties are an important source of genetic variability and a valuable cultural heritage that must be preserved.

Key words: old varieties, meadow orchard, collection, morphological analyse, genetic analyse

¹ Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

² Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za genetiko, biotehnologijo, statistiko in žlahtnjenje rastlin, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

1. UVOD

V večjem delu Slovenije so nekdanje prednjačile hruške moštnice – hruške za mošt, pijačo ali žganje. Tako je bila npr. v Zasavju še nedavno najpomembnejša pijača 'tolkovec' iz hrušk 'Vinska moštnica' in 'Tepka'. Nekoč so jih sadili, ker so najbolj zanesljivo rodile, tudi v hladnejših območjih in na večjih nadmorskih višinah in tudi v pozebnih letih. Poleg tega so imeli hruške, ki se jih je sušilo, ali zgodnje hruške za prodati. Na Goriškem so bile hruške poleg češenj najpomembnejša sadna vrsta. Zgodnje sorte so se sveže dobro prodajale na bližnjih lokalnih trgih ali na Dunaju, poznejše in drobnejše hruške pa so se sušile in prodajale kot delikatesa (npr. 'Štrnivke'), za vkuhanje (npr. 'Funtarica') ali za žganje, liker. Kljub vsemu so na pomenu vse bolj pridobivale t.i. žlahtne hruške, ki so imele večje plodove, bolj fino meso in pogosto bolj žlahtno aromo. S temi sortami je hruška počasi dobila na pomenu, kot sadež za svežo porabo. Žlahtne sorte hrušk so sprva preizkušali, gojili in tudi uživali le premožnejši družbeni sloji (Flajšman, 1848; Humek, 1913-1918; Valenčič, 1970; Smole in Maček, 2004; Božič, 2013 in 2014, Antič, 2015).

Sorte, ki so dajale kruh našim prednikom, so sedaj, če so se ohranile, pomembni rastlinski genski viri (RGV). Predstavljajo osnovni vir raznolikosti za prehrano ljudi, kmetijsko pridelavo in vzgojo novih sort. Zaradi različnih vplivov okolja, rasti prebivalstva in sprememb kmetijske prakse jim grozi genska erozija (Šuštar Vozlič in sod., 2022). K ohranjanju RGV nas zavezujejo številni mednarodni dokumenti in sporazumi (npr. ECPGR, 2021, Zakon ..., 2005). Predpogoj za oceno stopnje genske erozije je informacija o stanju RGV *in situ* (Thormann in Engels, 2015), ki je do sedaj v Sloveniji nismo imeli.

Pri sortah hrušk, ki jih najdemo pri nas, še ni bila opravljena sistematična genotipizacija, ne za sorte žlahtne hruške, kakor tudi ne za sorte drugih vrst hrušk. Prav zato tudi ne vemo, koliko imamo v Sloveniji sort ali akcesij, ki imajo večinoma dednino ne-žlahtnih vrst hruške. Na osnovi predhodnih morfoloških raziskav (Šiftar, 2008; Šiško in sod., 2009) lahko sklepamo, da je takšnih hrušk po Sloveniji še veliko.

Namen dela je bil, pridobiti informacije o genskih virih hruške, ki so se ohranili do danes, in vsaj na delu genskih virov opraviti genetsko karakterizacijo. Genotipizacijo smo opravili večinoma pri žlahtnih sortah hruške, smo pa v analize vključili tudi sorte z različnimi domačimi imeni, za katere ne vemo, kakšnega izvora so.

2. MATERIAL IN METODE DELA

S pregledom in analizo javno dostopnih podatkov (Register kmetijskih gospodarstev, 2019), s terenskimi ogledi in z anketami smo v letih 2020 in 2021 v okviru projekta PRP: Pregled, inventarizacija in monitoring rastlinskih genskih virov, ki so pomembni za prehrano in kmetijstvo in se ohranjajo *in situ* na kmetijskih gospodarstvih (PRP Monitoring) preverili, koliko starih sort hruške še imamo v Sloveniji. Obiskali smo tiste lokacije, kjer smo glede predhodnih analiz in podatkov (statističnih, zgodovinskih, družbenih) ter na osnovi informacij, pridobljenih s strani svetovalne službe, predstavnikov lokalnih sadjarskih društev in drugih deležnikov, sklepali, da so še zastopane. Upoštevali smo le sorte, ki so v Sloveniji že več kot 50 let in so ogrožene. Na lokaciji smo opravili ogled, pogovor z lastniki, če je bilo mogoče, vzorčili plodove, ki smo jih nato pomološko ovrednotili v laboratoriju Katedre za sadjarstvo, vinogradniško in vrtnarstvo Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

V analize genetske karakterizacije hruške v okviru projekta PRP: Genotipizacija jablane, hruške in vinske trte ter izbor akcesij za oblikovanje jedrnih zbirk (PRP Genotipizacija) smo vključili 38 sort iz zbirke Pleterje, 29 sort iz zbirke Kozjanski park ter 13 sort iz zasebne zbirke Kojsko v Goriških brdih. Pri izbiri sort za analizo smo se osredotočali na sorte, za katere smo na osnovi morfoloških znakov domnevali, da sodijo v skupino žlahtnih sort. Liste za analize smo nabrali v času najintenzivnejše spomladanske rasti (junij 2021 in maj 2022), z vsakega drevesa 4 – 5 mladih, nepoškodovanih listov. Liste smo v hladilni torbi takoj prenesli v laboratorij in jih do analize hranili na -80 °C. Izolacijo DNA in analize smo izvedli v laboratoriju Katedre za genetiko, biotehnologijo, statistiko in žlahtnjenje rastlin Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Ekstrakcija celokupne genomske DNA iz listov je potekala z uporabo cetyltrimethylammonium bromida (CTAB) po modificiranem postopku Kump in Javornik (1996). Koncentracija DNA v vzorcu je bila določena s fluorimetrom DyNA Quant 200 (Amersham Biosciences, Chicago, ZDA). Čistost izolirane DNA je bila preverjena spektrofotometrično (NanoVue Plus, GE Healthcare) z absorbanco pri valovnih dolžinah A260/A280 in A260/A230. Na podlagi literature je bil izbran set 14 mikrosatelitnih markerjev in 7 standardnih oz. referenčnih sort (*Pyrus communis* 'Abbe Fetel', 'Comice', 'Conference', 'Passe Crassane', 'Williams'; *Pyrus calleryana* 'Chantecler'; *Pyrus salicifolia* 'Pendula'). Ti so bili optimizirani in definirani v različnih laboratorijih ter so priporočeni za genotipizacijo v sklopu delovne skupine ECPGR *Malus/Pyrus*, z namenom lažje primerjave rezultatov med laboratoriji in možno primerjalno vključitev rezultatov v mednarodno bazo podatkov (Hokanson in sod., 1998; Liebhard in sod., 2002; Silfverberg-Dilworth in sod., 2006; Vinatzer in sod., 2004; Urrestarazu in sod., 2016).

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

Pregled podatkov glede starih sort hruške, ki še rastejo v Sloveniji (Register..., 2019) in primerjava z viri iz začetka 20. stoletja (Humek, 1913-1918; Humek, 1925; Priol, 1925) pove, da je izguba genskih virov pri hruški precejšnja in večja kot pri jablani. Od hruševih sort, ki so bile predstavljene v časopisu Slovenski sadjar (1914 in 1916) kot 'najvažnejše žlahtne hruške', ki so uspevale v osrednjem delu sedanje Slovenije, jih je danes v Sloveniji le še 31 %. Od žlahtnih hruševih sort, ki jih je za pridelavo priporočal Sadni izbor v letu 1925, jih je ohranjenih še 67 %, od moštnic pa 50 %. Veliko sort na terenu ni več ali pa jih nismo uspeli najti. Tako nismo več našli dreves sorte 'Masovnica', nekdanje razširjene hruške za sušenje, in tudi ne hrušk 'Okrogelček', 'Pisank', 'Grapovček' ali 'Lušperna', o katerih je poročal Humek (Slovenski sadjar, 1915). Kljub genski eroziji pa se je na hribovitem vzhodnem območju občine Ljubljana npr. ohranila sorta 'Dišečka', hruška primerna za pridelavo žganja ali sušenje, o kateri so poročali že leta 1848 (Flajšman, 1848). Dreves starih sort hrušk je v ekstenzivnih nasadih v Sloveniji 16,5 %. Od teh jih je največ v Jugovzhodni regiji in Savinjski regiji. Sledijo Koroška, Posavska Osrednjeslovenska regija in Pomurska regija s 3 %.

Z vsemi načini zbiranja podatkov skupaj smo našli 164 starih sort hruške. Večina sort se je ohranila zgolj zato, ker so zbrane v kolekcijah. Pri hruški je v Sloveniji 6 kolekcij, ki imajo 38 (Kojsko), 12 (Vrhovlje pri Kojskem), 31 (Tunjce), 43 (Pleterje), 50 (Andraž nad Polzelo) ali 59 (Kozjanski park) sort hruške. Med njimi so zasebne zbirke družin, ki so z zbiranjem sort in oblikovanjem kolekcijskih nasadov na lastno pobudo in zgolj z lastnimi sredstvi, preprečili izgubo večine nekdanje razširjenih sort. Nekatere sorte rastejo v več zbirkah, največ starih sort

hruške pa raste le še na 1 lokaciji. V povprečju raste sorta na 1,4 lokaciji. Sorte v kolekcijah odražajo prisotnost in razširjenost sort specifičnega območja, npr. kolekcija Kojsko za območje Goriških brd in Goriškega. RGV hruške so glede na rezultate zelo ogroženi.

Preglednica 1: Rezultati genotipizacije genskih virov - sorte hruške v 1. skupini, razvrščene v štiri podskupine

Table 1: Results of genotyping genetic resources – pear varieties in group 1, divided into four subgroups

1. skupina / 4 podskupine			
'Cug'	'Canalred'	'Pituralka'	'Hardijeva'
'Dišočka'	'Japonska moštnica'		'Hartilian'
'Debela Blica'	'Junijska lepotica'		'Ivanjščica'
'Ercoler Dieste'	'Kramarjeva moštnica'		'Kavkaška moštnica'
'Kranjska medrovka'	'Kejzerbirnca'		'Klapova'
'Moretinijeva'	'Lovrenčovka'		'Mala vrtolanka'
'Moškatevka'	'Medvenka'		'Pastorjevka'
'Ovsenka'	'Pšeničnica'		'Rdeča krašnji vrh'
'Rogverd'	'Red butira Hardy'		'Rumena pozna'
'Rosada'	'Rjava jesenska'		'Santa Maria'
'Šmarješca'	'Rženka'		'Spada'
'Zelenka'	'Sršenka'		'Zimka'
	'Štulka'		
	'Teleba'		

Preglednica 2: Rezultati genotipizacije genskih virov - sorte hruške v 2. skupini, razvrščene v pet podskupin

Table 2: Results of genotyping genetic resources – pear varieties in group 2, divided into five subgroups

1. skupina / 5 podskupin				
'Debela padenka'	'Avranška'	'Mačja glava'	'Cimetovka'	'Piros Vilmos'
'Druardova'	'Boskova steklenka'	'Pakhamova'	'Društvenka'	'Raimerred'
'Farovšca'	'Konferans'	'Vahtenca'	'Fetelova'	'Šmarješca'
'Harvest'	'Parnca'		'Risovka'	'Verdi'
'Klapova'	'Podgorka'		'Starkrimson'	
'Margarit Marilat'	'Salzburgerca'		'Vienka'	
'Maslenka'	'Sensation'			
'Passa Crassana'	'Trevuška'			
'Piševka'				
'Rana viljamovka'				
'Rdeča viljamovka'				
'Rosired'				
'Sirene'				
'Slavonska'				
'Viljamovka'				
'Vrtolanka'				
'Zimska postrvka'				

Rezultati genotipizacije so pokazali, da lahko sorte hrušk, ki smo jih vključili v analizo, genetsko razdelimo v tri osnovne skupine, ki se med seboj ločijo na večjih proučevanih

lokusih, od katerih se prvi dve ločita še v posamezne podskupine (Preglednice 1 - 3). Sorte, ki se nahajajo v posamezni podskupini, so si genetsko za proučevane DNA regije enake, med podskupinami se ločijo zgolj na enem lokusu.

Sorte v prvi in tretji skupini so od žlahtnih sort genetsko precej oddaljene, saj prevladujejo sorte z različnimi domačimi imeni (v tretji skupini se nahajajo zgolj briške avtohtone sorte), za katere smo do sedaj lahko zgolj ugibali, kolikšen del dednine žlahtne hruške imajo. Z našimi rezultati seveda še ne moremo natančno opredeliti, kolikšen del dednine žlahtne hruške je v teh sortah, lahko pa ugotovimo, da se številne naše lokalne sorte hrušk genetsko precej razlikujejo od sort žlahtne hruške. Hkrati pa ti rezultati jasno kažejo, da bi bilo potrebno pri hruški te raziskave nujno razširiti tudi na sorte hrušk iz skupine moštnic ('Vinska moštnica', Štajerska moštnica', 'Bela tepka', 'Črna tepka', idr.), ki jih je v Sloveniji tudi zelo veliko in se verjetno od žlahtnih sort genetsko še bistveno bolj razlikujejo, kot te, ki smo jih vključili v analizo (Godec M. in Godec B., 2013).

Preglednica 3: Rezultati genotipizacije genskih virov - sorte hruške v 3. skupini

Table 3: Results of genotyping genetic resources – pear varieties in group 3

1. skupina
'Aljanka'
'Fermentinka'
'Peterinka'

Sorte, ki se nahajajo v drugi skupini, so tipične žlahtne sorte hrušk, saj so se v to skupino uvrstili tudi standardi nekaterih žlahtnih hrušk, ki smo jih pridobili od ECPGR delovne skupine Malus/Pyrus ('Williams', 'Doyene du Comice', 'Passe Crassane', 'Abbate Fetel', 'Conference'). Zanimivo je, da so tudi posamezne lokalne sorte (npr. briške sorte 'Debela padenka', 'Vahtenca', 'Vrtolanka') ter nekatere sorte, ki jih poznamo pod domačimi imeni ('Cimetovka', 'Mačja glava', 'Podgorka') očitno blizu žlahtnim sortam. Za sorto 'Vrtolanka' npr. Brici trdijo, da je to njihova Viljamovka. Genetska analiza to potrjuje, saj se je sorta uvrstila v isto podskupino s sorto 'Viljamovka'.

Analize v okviru genotipizacije bodo v veliko pomoč pri reševanju sinonimov (sorte, ki jih označujemo z različnimi imeni, a so genetsko enake na proučevani DNA regiji) in homonimov (sorte, ki jih vodimo pod istim imenom, a so genetsko na proučevani regiji genoma različne). Tu smo ugotovili, da hranimo v kolekcijah, ki smo jih vključili v analizo, kar nekaj sort, za katere smo domnevali, da so enake, pa smo z genetsko analizo ugotovili, da imamo v različnih kolekcijah različice iste sorte, ki se precej razlikujejo med seboj (npr. sorte 'Viljamovka', 'Canalred', 'Klapova', 'Pituralka'). To pomeni, da imamo pri teh sortah v Sloveniji zbrane različne klone, kar pomeni, da je potrebno hraniti tudi klone.

Pri posameznih sortah, kot je npr. 'Pituralka' (znana briška avtohtona sorta), ta ugotovitev pomeni, da pravo sorto s tem imenom hranimo zgolj v kolekciji na Kojskem, pri sortah z istim imenom v ostalih kolekcijah pa gre očitno za druge sorte. Lahko gre za italijansko sorto 'Pera volpina', ki so jo v preteklosti pogosto enačili s sorto 'Pituralka', a se sorta 'Pera volpina' tudi morfološko od sorte 'Pituralka' bistveno razlikuje.

4. ZAHVALA

Zahvaljujemo se financerjema Agenciji za kmetijske trge in razvoj podeželja za financiranje projektnih nalog v slopu PRP: 'Pregled, inventarizacija in monitoring rastlinskih genskih

virov, ki so pomembni za prehrano in kmetijstvo in se ohranjajo *in situ* na kmetijskih gospodarstvih' ter 'Genotipizacija jablane, hruške in vinske trte ter izbor akcesij za oblikovanje jedrnih zbirk' ter Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, ki v sklopu 'Javne službe nalog rastlinske genske banke' financira zbirko v Kartuzijanskem samostanu Pleterje in tehnologoma Jožetu Simončiču in Marku Cvelbarju, zbirki Kozjanski park in vodji zbirke Adrijanu Černelču ter lastnikom zasebnih zbirk Gregorju Božiču, Konradu Brunšku ter Ladu Dobrovoljcu, da so omogočili začetno delo na področju monitoringa sadnih vrst.

5. LITERATURA

- Antič, I. 2015. Marija Terezija in Slovenci. V: Herre, F., Marija Terezija. Velika Habsburžanka, Cankarjeva založba, 7-22.
- Božič G. 2014. Sadje sonca. Bogastvo starih briških sadnih sort. Tiskarna Ozimek, Kojsko, 205 str.
- Božič G. 2013. Stare sadne sorte na Goriškem. Nosorogi, zavod za kulturno dejavnost, Ljubljana, 107 str
- ECPGR, 2021. Plant Genetic Resources Strategy for Europe. European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources, Rome, Italy: 91 str.
- Flajšman. 1848. Slovenski vrtnar z oziram na razstavo v Ljubljani. Doklada Novic, c.k. kmetijska družba, 27 str.
- Godec M., Godec B. 2013. Zrela hruška pade sama. Založba Orbis, Ljubljana, 114 str.
- Hokanson S.C., Szewc-McFadden A.K., Lamboy W.F., McFerson J.R. 1998. Microsatellite (SSR) markers reveal genetic identities, genetic diversity and relationships in a *Malus x domestica* borkh. core subset collection. *Theoretical and Applied Genetics*, 97: 671–683
- Humek, M. 1913 -1918. Slovenski sadjar. Samozaložba. Katoliška tiskarna, Ljubljana
- Humek, M. 1925. Sadjar in vrtnar. Sadjarsko in vrtnarsko društvo za Slovenijo. Tiskarna J. Blasnika nasl. v Ljubljani, Ljubljana, 192 str.
- Kump B., Javornik B. 1996. Evaluation of genetic variability among common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) populations by RAPD markers. *Plant Science*, 114: 149–158
- Liebhart R., Gianfranceschi L., Koller B., Ryder C.D., Tarchini R., van de Weg E., Gessler C. 2002. Development and characterisation of 140 new microsatellites in apple (*Malus x domestica* Borkh.). *Molecular Breeding*, 10: 217–41
- Priol, J. 1925. Sadni izbor jabolk in hrušek za Slovenijo. V: Sadjar in vrtnar (Humek, ur.). Sadjarsko in vrtnarsko društvo za Slovenijo. Tiskarna J. Blasnika nasl. v Ljubljani, Ljubljana, 100-102
- Register kmetijskih gospodarstev, 2019.
- Silfverberg-Dilworth E., Matasci C.L., van de Weg W.E., van Kaauwen M.P.W., Walser M., Kodde L.P., Soglio V., Gianfranceschi L., Durel C.E., Costa F., Yamamoto T., Koller B., Gessler C., Patocchi A. 2006. Microsatellite markers spanning the apple (*Malus x domestica* Borkh.) genome. *Tree Genetics & Genomes*, 2: 202–24
- Šiško, M., Javornik, B., Siftar, A., & Ivancic, A. (2009). Genetic Relationships among Slovenian Pears Assessed by Molecular Markers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 134(1), 97-108. <https://doi.org/10.21273/jashs.134.1.97>
- Šiftar, A. 2008. In Slovenia found traditional pear cultivar to eat processed, p. 391–396. In: M. Hudina (ed.). Zbornik referatov 2. slovenskega sadjarskega kongresa, Krško, Slovenia.
- Smole, J., Maček, J. 2004. Razvoj sadjarstva kot panoge skozi čas. Zbornik referatov 1. slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo, Krško, 24. – 26. marec 2004, 7-29.
- Šuštar Vozlič, J., Luthar, Z., Osterc, G., Usenik, V., Verbič, J., Baričević, D., Vršič, S., Jež Krebelj, A., Ferant, N., Šantavec, I., Ugrinovič, K., Šuklje, K., Zemljčič, A., Lukač, B. 2023. Pregled, inventarizacija in monitoring rastlinskih genskih virov za prehrano in kmetijstvo, ki se ohranjajo *in situ* na kmetijskih gospodarstvih. V: ČEH, Barbara (ur.). Novi izzivi v agronomiji 2023: zbornik simpozija, Laško: Slovensko agronomsko društvo. 191-197.
- Thormann I., Engles J. M. M. 2015. Genetic diversity and Erosion – A global perspective. V: Genetic Diversity and Erosion in Plants - Indicators and prevention. Ahuja M.R., Mohan Jain S. (ur.). Switzerland, Springer International Publishing: 263-294.

- Urrestarazu J., Denance C., Ravon E., Guyader A., Guisnel R., Feugey L. ...Durel C.E. 2016. Analysis of the genetic diversity and structure across a wide range of germplasm reveals prominent gene flow in apple at the European level. *BMC Plant Biology*, 16: 130. doi.org/10.1186/s12870-016-0818-0: 20 str.
- Valenčič, V. 1970. Sadjarstvo. V: Gospodarska in družbena zgodovina Slovencev. Zgodovina agrarnih panog. 1. zvezek. Agrarno gospodarstvo. Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Inštitut za zgodovino, Sekcija za občo in narodno zgodovino. Državna založba Slovenije, Ljubljana, 317-341.
- Vinatzer B.A., Patocchi A., Tartarini S., Gianfranceschi L., Sansavini S., Gessler C. 2004. Isolation of two microsatellite markers from BAC clones of the Vf scab resistance region and molecular characterization of scab-resistant accessions in *Malus* germplasm. *Plant Breeding*, 123, 4: 321–326
- Zakon o ratifikaciji Mednarodne pogodbe o rastlinskih genskih virih za prehrano in kmetijstvo. 2005. Ur. l. RS, št. 18/05

VPLIV PODLAGE NA RAST, RODNOST IN ODMIRANJE DREVES PRI SLIVI (*Prunus domestica* L.)

Davor MRZLIČ¹, Erika KOMEL¹, Valentina USENIK²

POVZETEK

V poskusu smo podlage za slivo Adesoto, Penta, St. Julien A, Tetra in WaVit primerjali s standardno podlago sejanec mirabolane. Drevesa, cepljena s sortama 'Stanley' in 'Valor', smo posadili jeseni 2017 in jih spremljali v obdobju 2018-2023. Vrednotili smo količino pridelka, bujnost in odmiranje dreves. Podlaga Adesoto se je izkazala za najbolj bujno, podlaga WaVit pa za najšibkejšo izmed preizkušanih podlag, z značilno večjo učinkovitostjo rodnosti. Pri sorti 'Valor' smo zabeležili značilno večji prirast in presek debla. Na podlagi Tetra je po šestih letih rasti odmrlo 40 % dreves sorte 'Stanley' in 80 % dreves sorte 'Valor'. Na podlagah sejanec mirabolane in Wavit odmiranja dreves ni bilo. Sejanec mirabolane ostaja zelo dobra podlaga za slivo.

Ključne besede: sejanec mirabolane, šibke podlage, učinkovitost rodnosti, bujnost

THE IMPACT OF ROOTSTOCK ON GROWTH, PRODUCTIVITY AND DECLINE OF PLUM (*Prunus domestica* L.) TREES

ABSTRACT

Plum rootstocks Adesoto, Penta, St. Julien A, Tetra and WaVit were compared with Myrobolan seedling, the standard plum rootstock. The trees planted in autumn 2017, grafted with the varieties 'Stanley' and 'Valor' were monitored in the period 2018-2023. We evaluated the yield, tree vigour and tree decline. Adesoto rootstock proved to be the most and WaVit the less vigorous of the tested rootstocks, with significantly higher yield efficiency. Average trunk growth and final trunk cross section area were significantly higher in cv. 'Valor'. On rootstock Tetra, 40% of 'Stanley' trees and 80% of 'Valor' trees died after six years of growth. In trees grafted on Myrobolan seedling and Wavit there was no dieback. Myrobolan seedling remains a very good performing plum rootstock.

Key words: Myrobolan seedling, dwarfing rootstocks, yield efficiency, vigour

1. UVOD

Podlage za slivo in njihov vpliv na rast in rodnost dreves ter kakovost plodov so v Sloveniji slabo raziskani. Uporabljena podlaga močno vpliva na notranjo kakovost plodov, vsebnost primarnih in sekundarnih metabolitov ter mineralov v plodovih slive (Radović in sod., 2020). Vegetativno razmnožene podlage so nagnjene k večjim pridelkom in večji učinkovitosti

¹ Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod Nova Gorica, Sadjarski center Bilje, Bilje 1, 5292 Renče

² Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

rodnosti (Popara in sod., 2020). Izkušnje iz mednarodnih poskusov s podlagami kažejo, da se lahko učinek podlage v kombinaciji s sorto spremeni v različnih rastnih razmerah (Hartmann in sod., 2007). Zato rezultatov tujih poskusov ne moremo uporabiti pri nas in so potrebni poskusi v slovenskih podnebnih in talnih razmerah. Osnovni namen poskusa je bil primerjati nove podlage s standardno podlago sejanec mirabolane. V novejših podlagah smo videli potencial za manjša in manj bujna drevesa, izenačenost v rasti, manjše odganjanje koreninskih izrastkov, redno in dobro rodno ter za plodove boljše kakovosti.

2. MATERIAL IN METODE DELA

V nasadu Sadjarskega centra Bilje (SC Bilje) smo oktobra 2017 posadili poskus s podlagami za slivo, v katerega smo vključili šest podlag (Adesoto, Penta, St. Julien A, Tetra, WaVit in sejanec mirabolane) in dve sorti ('Stanley' in 'Valor'). Na vsako kombinacijo sorta/podlaga smo posadili 10 sadik. Sadilne razdalje v poskusu so 4,0 x 3,0 m, gostota sajenja je 833 dreves/ha, gojitvena oblika pa pravilna palmeta. Od sajenja smo spremljali bujnost in odmiranje dreves, od vstopa v rodno (2020) pa spremljamo tudi fenološke razvojne faze, pridelek in maso plodov. Iz podatkov pridelka za obdobje 2020-2023 smo izračunali kumulativni pridelek. Premer debla smo od sajenja merili 20 cm nad cepljenim mestom, iz podatkov pa izračunali prirast debla (v mm) v obdobju 2018-2023. Iz podatkov o premeru debla v 2023 smo izračunali končni presek debla in učinkovitost rodno (g/cm^2 preseka).

Sorta 'Stanley' ('Agen' × 'Grand Duke') je starejša ameriška sorta slive, tolerantna za šarko, dobre kakovosti plodov in odlične rodno, zaradi katere včasih potrebuje redčenje (Wells in Bukovac, 1978). Kanadska sorta 'Valor' ('Imperial Epineuse' × 'Grand Duke') je prav tako rodna, tolerantna za šarko, odlikuje jo nadpovprečna vsebnost topne suhe snovi in skupnih fenolov v plodovih (Usenik in sod., 2008). Obe zorita v začetku meseca septembra, srednje pozno do pozno in sta v Sadnem izboru za Slovenijo, 'Stanley' na seznamu A, 'Valor' pa na seznamu B (Čebulj in sod., 2022).

Generativna podlaga sejanec mirabolane (*Prunus cerasifera* Ehrh.) je bujna, skladna s slivo, a zaradi heterogenosti materiala neizenačena v rasti (Milutinović in Nikolić, 1993). Praviloma odžene večje število koreninskih izrastkov. Je daleč najbolj razširjena slivova podlaga v slovenskih drevesnicah in nasadih. Ob standardni podlagi smo uporabili podlagi Adesoto in St. Julien A, ki sta selekciji cibore (*Prunus insititia* L.), ter slivove (*Prunus domestica* L.) podlage Penta, Tetra in WaVit. Vse našete podlage, razen sejanca mirabolane, razmnožujejo vegetativno.

Španska podlaga Adesoto je po opisih bujna, tolerantna na sušo, aktivno apno v tleh, kloroze in nematode. Ob slivi jo v sredozemskem podnebjju uporabljajo še kot podlago za breskev, marelico in mandelj (Moreno in sod., 1995). Podlagi Penta in Tetra sta prostooprašena sejanca sort 'Regina Claudia Verde' in 'Imperial Epineuse', požlahtnjeni sta bili za cepljenje breskve in nektarine (Nicotra in Moser, 1997). St. Julien A je srednje bujna angleška podlaga, primerna za slivo in breskev, ponekod najpomembnejša v pridelavi sliv (Reeves in sod., 1985). WaVit® Prudom je novejša podlaga, in vitro razmnoženi klon sejanca sorte 'Wangenheimova', šibkejše rasti in zgodnjega vstopa v rodno, ki je dobra (Tomić in sod., 2021).

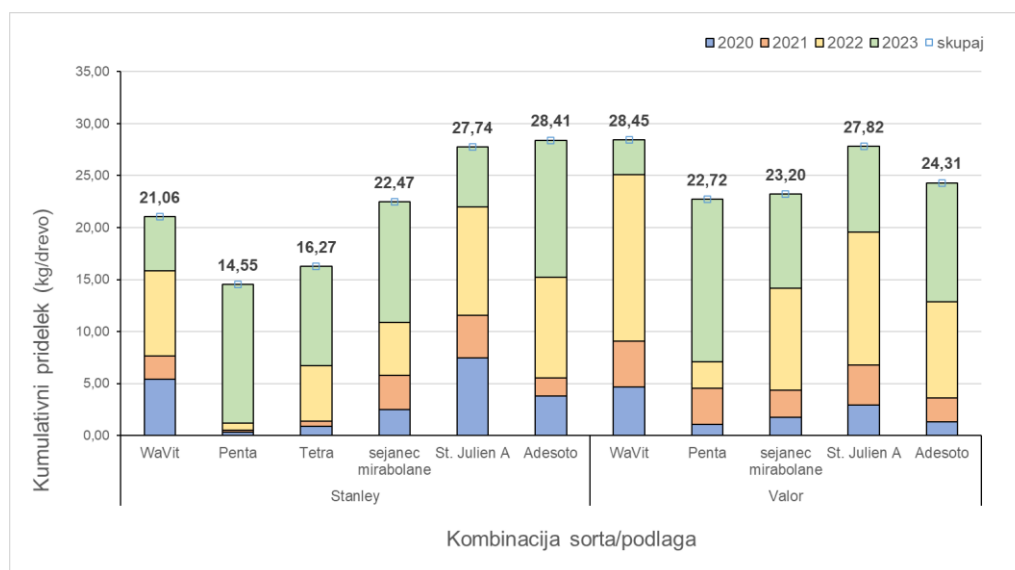
Statistično analizo podatkov smo opravili s pomočjo statističnega programskega okolja R, različice 4.1.0, z grafičnim vmesnikom R Commander (R Core Team, 2021). Uporabili smo dvofaktorsko analizo variance (faktorja podlaga in sorta), enofaktorsko analizo variance (faktor podlaga) in test mnogoterih primerjav (Tukey).

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

V prvih šestih letih poskusa je odmrla 5 dreves (8,3 %) sorte 'Stanley', 1 na podlagi Penta in 4 na podlagi Tetra (preglednica 1). V istem obdobju je odmrla trikrat več (16 dreves, 26,7 %) dreves sorte 'Valor'. Število odmrlih dreves po posameznih podlagah je: Tetra 8, Adesoto 4, St. Julien A 3 in Penta 1. Odmiranje je ekonomsko nevzdržno za obe sorti, cepljeni na podlago Tetra, za sorto 'Valor' pa tudi v kombinaciji s podlagama St. Julien A in Adesoto. Ne glede na sorto drevesa na podlagah sejanec mirabolane in WaVit niso propadala. Zaradi obsežnega propadanja dreves smo podlago Tetra izločili iz dvofaktorske analize, prikazani so le delni rezultati (učinkovitost rodnosti, presek debla) za sorto 'Stanley'.

Preglednica 1: Odmiranje dreves slive, sorti 'Stanley' in 'Valor', šest podlag, 2020-2023
Table 1: Decline of plum trees, cv. 'Stanley' and 'Valor', six rootstocks, 2020-2023

Sorta	Leto	Adesoto	Penta	Sej. mirab.	St. Julien A	Tetra	WaVit	Skupaj	Odmrlo (%)
'Stanley'	2021					1		1	1,7
	2022		1			2		3	5,0
	2023		1			4		5	8,3
'Valor'	2021	4	1		2	4		11	18,3
	2022	4	1		2	6		13	21,7
	2023	4	1		3	8		16	26,7
Skupaj		4	2	0	3	12	0	21	



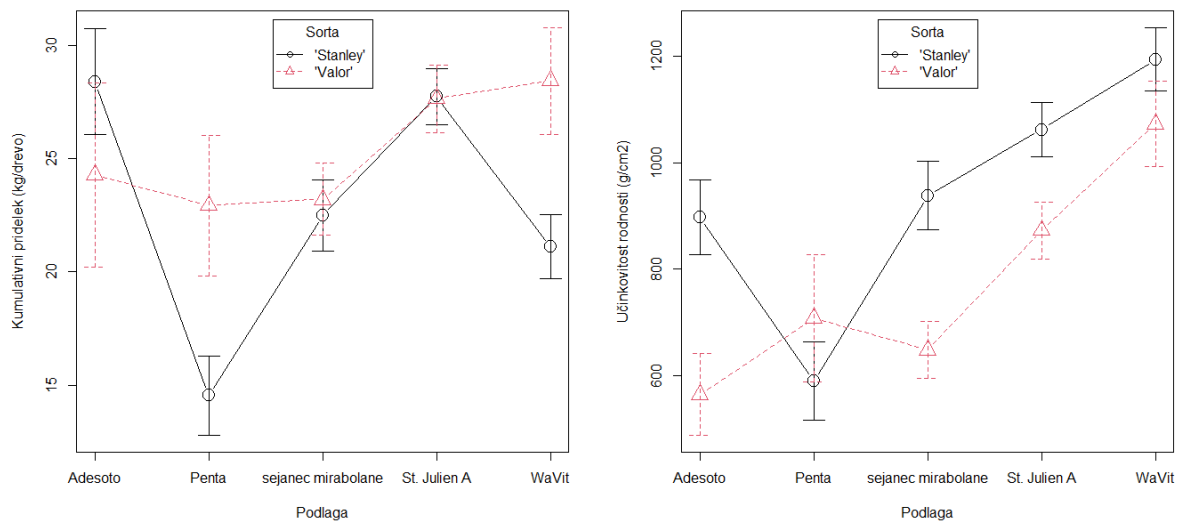
Slika 1: Kumulativni pridelek (kg/drevo) za dve sorti slive na šestih ('Stanley'), oziroma petih ('Valor') podlagah; 2020-2023

Figure 1: Cumulative yield (kg/tree) for two plum cultivars on six ('Stanley') or five ('Valor') rootstocks; 2020-2023

Kumulativni pridelek sort 'Stanley' in 'Valor' (slika 1) se po rezultatih statistične analize ni razlikoval na podlagah Adesoto, sejanec mirabolane in St. Julien A, na podlagah Penta in WaVit pa je bil značilno večji pri sorti 'Valor' (slika 2, levo). Pridelek sorte 'Stanley' na podlagah WaVit (21,1 kg) in sejanec mirabolane (22,5 kg) je bil podoben, prav tako ni bilo razlik med podlagami Adesoto (28,4 kg), St. Julien A (27,7 kg) in sejanec mirabolane.

Kumulativni pridelek sorte 'Valor' se med podlagami ni razlikoval (slika 2, levo). O značilno večjih pridelkih sorte 'Valor' v poskusu poročata Blažek in Pištěková (2012). Navajata tudi večji pridelek na sejancu mirabolane v primerjavi s sejancem sorte 'Wangenheimova', česar mi v poskusu nismo zaznali.

Učinkovitost rodnosti sort 'Stanley' in 'Valor' je bila primerljiva na podlagah Penta in WaVit, na ostalih treh podlagah pa večja pri sorti 'Stanley' (slika 2, desno). Za sorto 'Stanley' je bila učinkovitost rodnosti na podlagi WaVit (1194 g/cm^2) večja od tiste na podlagah sejane mirabolane (938 g/cm^2) in Adesoto (897 g/cm^2). Podlaga St. Julien A (1062 g/cm^2) se od njiju ni razlikovala. Najmanjšo učinkovitost rodnosti smo izračunali za podlagi Penta (590 g/cm^2) in Tetra (647 g/cm^2) (slika 4, levo). Manjše pridelke in učinkovitost rodnosti za sorto 'Stanley' na podlagah Penta in Tetra v primerjavi s podlago Mirabolana 29C navajajo tudi De Salvador in sod. (2014). Med podlagama St. Julien A in sejane mirabolane, cepljenima s sorto 'Stanley', niso zabeležili razlik niti Mészáros in sod. (2015).



Slika 2: Povprečni kumulativni pridelek (kg/drevo) \pm se (standardna napaka) (levo) in povprečna učinkovitost rodnosti (g/cm^2) \pm se (desno) za sorti 'Stanley' in 'Valor' na petih podlagah; 2020-2023

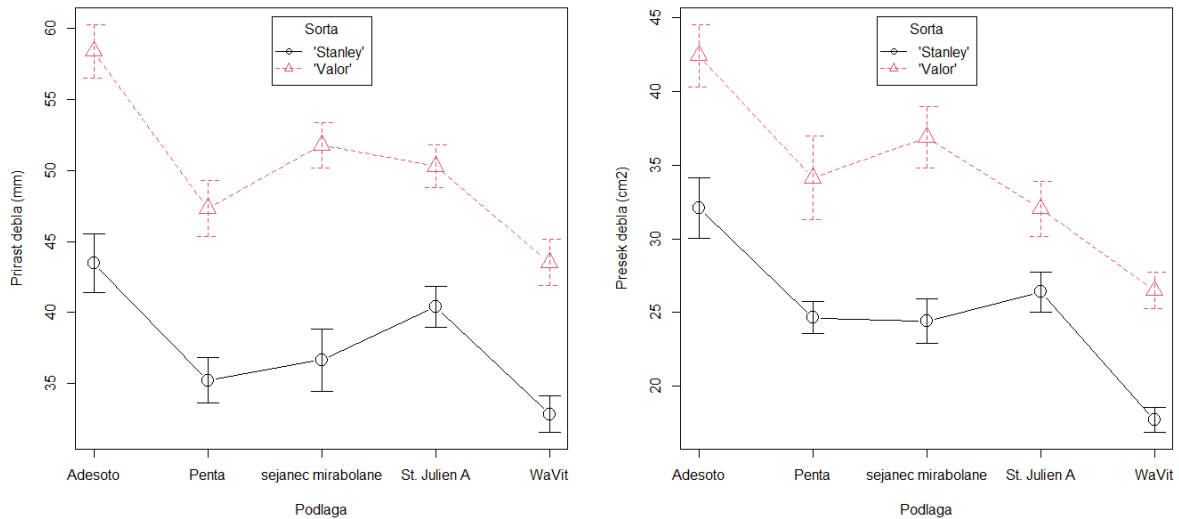
Figure 2: Average cumulative yield (kg/tree) \pm se (standard error) (left) and average yield efficiency (g/cm^2) \pm se (right) for cv. 'Stanley' and 'Valor' on five rootstocks; 2020-2023

Sorta 'Valor' je imela na podlagah St. Julien A in WaVit, ki se med sabo nista razlikovali, značilno večjo učinkovitost rodnosti (872 in 1073 g/cm^2) kot na podlagi sejane mirabolane (648 g/cm^2). Podlaga WaVit je bila v tem parametru značilno boljša od podlag sejane mirabolane, Penta in Adesoto (slika 2, desno).

Sorta 'Stanley' je imela v obdobju 2018-2023 povprečni prirast debla $37,7 \text{ mm}$, kar je značilno manj od sorte 'Valor' s povprečnim prirastom debla $49,9 \text{ mm}$ (slika 3, levo). Prirast debla obeh sort je bil na podlagi Adesoto večji, na podlagi Wavit pa manjši od standarda.

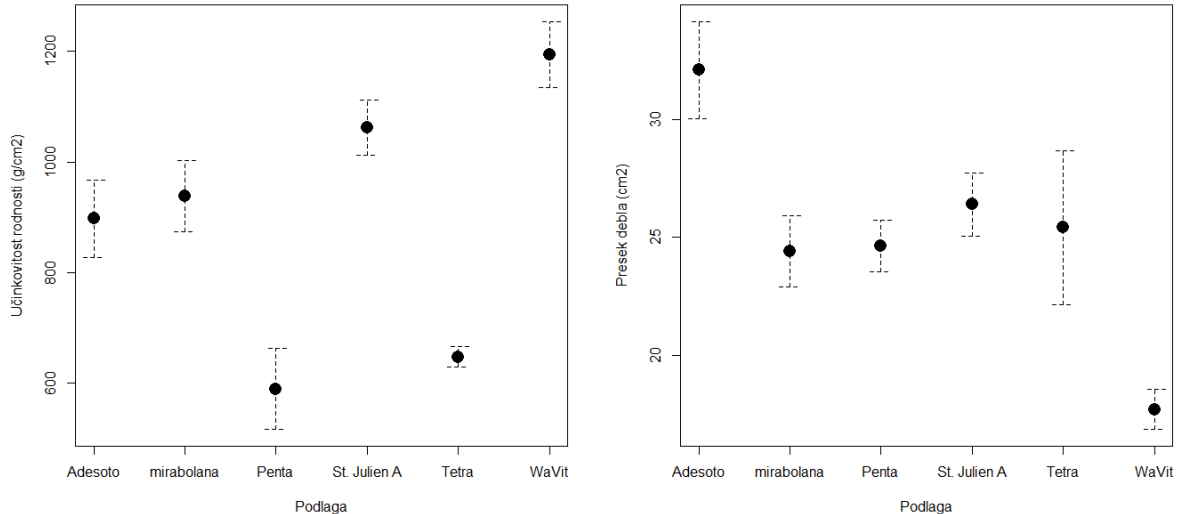
Povprečni presek debla je dober pokazatelj bujnosti drevesa. Rezultati kažejo, da je sorta 'Valor' s povprečnim presekom debla $34,2 \text{ cm}^2$ bujnejša od sorte 'Stanley' s povprečnim presekom $25,0 \text{ cm}^2$ (slika 3, desno). Pri obeh sortah je bila podlaga Adesoto najbujnejša in podlaga Wavit najšibkejša. Pri sorti 'Valor' med podlagama Adesoto ($42,4 \text{ cm}^2$) in sejane mirabolane ($36,9 \text{ cm}^2$) ni bilo značilnih razlik v preseku debla, pri sorti 'Stanley' pa je bil

presek debla na podlagi Adesoto značilno večji. Pri obeh sortah je povprečni presekok debla na podlagi Wavit značilno manjši kot na podlagi sejaneč mirabolane. Podlagi Penta in St. Julien A sta podobne bujnosti kot podlaga sejaneč mirabolane.



Slika 3: Povprečni prirast debla (mm) ± se v obdobju 2020-2023 (levo) in povprečni presekok debla (cm²) v 2023 ± se (desno) za sorti 'Stanley' in 'Valor' na petih podlagah

Figure 3: Average trunk growth (mm) ± se in 2020-2023 (left) and average trunk cross section area (TCSA, cm²) (right) in 2023 ± se for cv. 'Stanley' and 'Valor' on five rootstocks



Slika 4: Povprečna učinkovitost rodnosti (g/cm²) ± se (levo) in povprečen presekok debla (cm²) v 2023 ± se (desno) za sorto 'Stanley' na šestih podlagah

Figure 4: Average yield efficiency (g/cm²) ± se (left) and average TCSA (cm²) (right) in 2023 ± se for cv. 'Stanley' on six rootstocks

Pri sorti 'Stanley' so na sliki 4 prikazani rezultati za vseh šest podlag. Vključena je tudi podlaga Tetra, na kateri so drevesa najbolj odmirala. Iz slike je razvidno, da je podlaga Tetra manj rodna (slika 4, levo) in podobne bujnosti kot sejaneč mirabolane (slika 4, desno).

Na rezultate so vplivale tudi ekstremne vremenske razmere v času poskusa. V začetku aprila 2021 je nasade SC Bilje prizadela pozeba, ki je zmanjšala pridelek sliv v poskusu. Leto 2022 je bilo s povprečno letno temperaturo 14,2 °C najbolj vroče in eno izmed najbolj suhih v zadnjih šestdesetih letih (ARSO, 2023). Namakalne vode v NR Vogršček zaradi sanacije jezu ni bilo, rastline so posledice izredne suše občutile tudi v letu 2023. Drevesa oziroma sorte, ki so rodile več v letu 2022, so imele v 2023 manjši pridelek (slika 1). Glede na dosedanje rezultate poskusa je sejanec mirabolane še vedno zelo dobra podlaga za slivo s solidno rodnostjo in brez odmiranja dreves. Zelo zanimiva je tudi šibka podlaga Wavit, ki je primerljivo rodna, ne odmira in bi bila po zbranih podatkih primerna tudi za večje gostote sajenja.

4. ZAHVALA

Raziskava je del programa Javne službe v sadjarstvu, strokovne naloge Introdukcijska koščičarjev in kakija, ki ga financira Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije.

5. LITERATURA

ARSO, 2023.

<https://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/> (28. 11. 2023)

Čebulj, A., Godec, B., Donik Purgaj, B., Hudina, M., Mrzlič, D., Rusjan, D., Solar, A., Usenik, V., Vesel, V., Ambrožič Turk, B., Koron, D. 2022. Sadni izbor za Slovenijo. Ljubljana, Javna služba v sadjarstvu: 78-82.

Blažek, J., Pišteková, I. 2012. Final Evaluation of Nine Plum Cultivars Grafted onto Two Rootstocks in a Trial Established in 1998 at Holovousy. Horticultural Science 39(3): 108–115.

De Salvador, F.R., Proietti, G., Tomasone R., Cedrola, C. 2014. Field Performance of Five Rootstocks with Two Plum Cultivars. Acta Horticulturae (1058): 571–575.

Hartmann W., Beuschlein, H.D., Kosina, J., Ogašanović, D., Paszko, D. 2007. Rootstock in plum growing – results of an international rootstock trial. Acta Horticulturae (ISHS), 734: 141–148.

Milutinović, M., Nikolić, D. 1994. Genetical Variability of Myrobalan (*Prunus Cerasifera*) Seedlings. Acta Horticulturae (359): 217–224.

Mészáros, M., Kosina, J., Laňar, L., Náměstek, J. 2015. Long-term evaluation of growth and yield of Stanley and Čačanska lepotica plum cultivars on selected rootstocks. Horticultural Science 42(1): 22–28.

Moreno, M. A., Tabuenca, M. C., Cambra, R. 1995. Adesoto 101, A Plum Rootstock for Peaches and Other Stone Fruit. HortScience 30(6): 1314–1315.

Nicotra, A., Moser, L. 1997. Two New Plum Rootstocks for Peach and Nectarines: Penta and Tetra. Acta Horticulturae (451): 269–272.

Popara, G., Magazin, N., Keserović, Z., Milić, B., Milović, M., Kalajdžić, J., Manojlović, M. 2020. Rootstock and interstock effects on plum cv. 'Čačanska Lepotica' young tree performance and fruit quality traits. Erwerbs-Obstbau 62(4): 421–428.

R Core Team (2021) R: a language and environment for statistical computing computer program, version 4.1.0 R Core Team, Vienna, Austria

Radović, M., Milatović, D., Tešić, Ž., Tosti, T., Gašić, U., Dojčinović, B., Dabić Zagorac, D. 2020. Influence of rootstocks on the chemical composition of the fruits of plum cultivars. Journal of Food Composition and Analysis 92: 103480.

Reeves, D. W., Couvillon, G. A., Horton, B. D. 1985. Effect of gibberellic acid (GA3) on elongation and rooting of 'St. Julien A' rootstock in vitro. Scientia Horticulturae 26(3): 253–259.

Tomić, J., Glišić, I., Milošević, N., Štampar, F., Mikulić Petkovšek, M., Jakopič, J. 2022. Determination of fruit chemical contents of two plum cultivars grafted on four rootstocks. Journal of Food Composition and Analysis 105: 103944.

Usenik, V., Kastelec, D., Veberič, R. in Štampar, F. 2008. Quality Changes during Ripening of Plums (*Prunus Domestica* L.). Food Chemistry 111(4): 830–836.

Wells, J. M., Bukovac, M. J. 1978. Effect of Fruit Thinning on Size and Quality of 'Stanley' Plum (Prunus domestica L.). Journal of the American Society for Horticultural Science 103(5): 612–616.

EFFECTS OF A CHITOSAN COATING ON THE POST-STORAGE QUALITY OF PLUM FRUIT

Aleksandra KORIĆANAC¹, Dragan MILATOVIĆ², Branko POPOVIĆ¹,
Olga MITROVIĆ¹, Tanja VASIĆ³, Ivana GLIŠIĆ¹

ABSTRACT

The effects of a chitosan coating on the quality and storability of 'Stanley' plum fruit were investigated. Plum fruits were treated with a 1.0 % w/v chitosan coating and stored at 1 ± 1 °C under 90–95% relative humidity for 28 days, and, subsequently, held at 24 °C for four days to evaluate shelf life. Some basic physical and chemical quality indices (weight loss, fruit firmness, soluble solids content, pH, content of total sugars, inverted sugars, sucrose and acids) were evaluated after storage, and after four days of shelf life. Furthermore, the occurrence of pathogens in treated and control fruit was monitored. Weight loss was pronounced after cold storage and it almost doubled during shelf life in both groups of plums, and the results obtained show that the chitosan coating could not prevent shrivelling. Although, the chitosan-coated fruits showed higher firmness after cold storage and during shelf life (2.51 kg/cm², and 1.75 kg/cm², respectively) than the control fruits (2.28 kg/cm², and 1.66 kg/cm², respectively), the observed differences were not statistically significant. There was also no significant difference in chemical composition between treated and control fruits. However, the percentage of fruit infected with *Monilinia* spp. at the end of cold storage was slightly lower in the chitosan-coated fruit (2.00%) than in the untreated fruit (3.33%). The effectiveness of chitosan coating in maintaining plum quality during storage therefore remains questionable.

Key words: *Prunus domestica*, postharvest treatment, shelf life, weight loss, firmness

VPLIVI PREVLEKE IZ HITOZANA NA KAKOVOST PLODOV SLIVE PO SKLADIŠČENJU

POVZETEK

Raziskali smo vpliv prevleke iz hitozana na kakovost in sposobnost skladiščenja plodov sliv sorte 'Stanley'. Plodove sliv smo obdelali z 1,0 % m/v prevleko iz hitozana jih skladiščili pri 1 ± 1 °C pri 90–95 % relativni vlažnosti 28 dni, nato pa jih hranili pri 24 °C štiri dni, da bi ocenili rok uporabnosti. Nekatere osnovne fizikalno-kemijske kazalnike kakovosti (izguba mase, čvrstost plodov, vsebnost topne suhe snovi, pH, vsebnost skupnih sladkorjev, invertiranih sladkorjev, saharoze in organskih kislin) smo izmerili po skladiščenju in po štirih dneh shranjevanja pri sobni temperaturi. Nadalje smo spremljali pojav patogenov pri tretiranih in kontrolnih plodovih. Izguba mase je bila po hladnem skladiščenju izrazita in se je med shranjevanjem pri sobni temperaturi pri obeh skupinah sliv skoraj podvojila, dobljeni rezultati pa kažejo, da obloga iz hitozana ni preprečila zgubanosti kože. Čeprav so plodovi,

¹ Fruit Research Institute, Čačak, Kralja Petra I 9, 32102 Čačak, Serbia

² University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, 11080 Belgrade, Serbia

³ University of Niš, Faculty of Agriculture, Kosančičeva 4, 37000 Kruševac, Serbia

prevlečeni s hitozanom, pokazali večjo trdoto po hladnem skladiščenju in med rokom trajanja ($2,51 \text{ kg/cm}^2$ oziroma $1,75 \text{ kg/cm}^2$) kot kontrolni plodovi ($2,28 \text{ kg/cm}^2$ oziroma $1,66 \text{ kg/cm}^2$), opažene razlike niso bile statistično značilne. Prav tako ni bilo pomembne razlike v kemični sestavi med tretiranimi in kontrolnimi plodovi. Vendar pa je odstotek plodov, okuženih z *Monilinia* spp. ob koncu skladiščenja nekoliko manjši pri plodovih, obloženih s hitozanom (2,00 %) kot pri netretiranih plodovih (3,33 %). Učinkovitost premaza s hitozanom pri ohranjanju kakovosti sliv med skladiščenjem ostaja torej vprašljiva.

Ključne besede: *Prunus domestica*, obdelava plodov po obiranju, rok uporabnosti, izguba mase, trdota

1. INTRODUCTION

The main challenge in storing plums is to reduce water loss, which leads to shrivelling and loss of firmness. Among the available postharvest management procedures, edible coatings are becoming more and more interesting as they can preserve fruit quality in an environmentally friendly and safe way (Dhall, 2013). They represent “a thin material used for wrapping various food to extend shelf life of the product which can be consumed together with the food with or without further removal and provide a barrier to moisture, oxygen and solute movement for the food” (Nayik et al., 2015). Among the various bio-based materials, chitosan, a non-toxic, high molecular weight polymer, found in the exoskeleton of crustaceans and in the cell walls of fungi, was considered as a potentially ideal compound due to its safety (GRAS), antifungal properties and ability to form semi-permeable coatings, that can be modified by methylation or incorporation of compounds with specific properties (Dhall et al., 2013).

Chitosan coatings have been used as a microbial coating on strawberries, and as a gas barrier on apples, pears, sweet cherries, peaches, and Japanese plums (Dhall, 2013; Petriccione et al., 2015; Kumar et al., 2017, Adiletta et al., 2022). However, there are only several studies related to chitosan coatings in European plums. In the study of Bal (2013), chitosan-coated plums had lower weight loss, respiration and decay rate, although soluble solids and ascorbic acid contents were not affected by the treatment. Mahmoudi et al. (2022) achieved an extension of postharvest life of plums by applying glycine betaine-coated chitosan nanoparticles, which delayed plum weight loss and tissue softening, reduced symptoms of chilling injury and maintained higher levels of ascorbic acid during storage. Since, on the one side plum (*Prunus domestica*) is one of the most important fruit species in Serbia, and on the other hand, literature data on the application of chitosan coatings are scarce, the aim of this study was to evaluate the potential effects of 1% w/v chitosan coating on physicochemical properties and pathogen incidence after 28 days of storage at 1 °C and subsequent shelf life of 'Stanley' plums grown under environmental conditions typical for Serbia.

2. MATERIALS AND METHODS

Fruit of the examined plum cultivar 'Stanley' were harvested at the maturity stage which is, according to the criteria imposed by the market, suitable for plums intended for storage and fresh consumption, i.e., at the stage when about 60–70% of the fruit surface is covered with cultivar characteristic colour, with marked firmness. The harvest date was 20th August 2020, and fruit were picked from a commercial orchard situated near Čačak (central Serbia), where all standard cultural practices (irrigation, fertilization, pruning, disease control) were applied.

The plums were transported to the laboratory of the Fruit Research Institute, Čačak and examined for defects and decay. The average fruit weight was 36.64 ± 5.16 g, which indicates a pronounced heterogeneity of the fruit harvested at this maturity stage.

The chitosan coating (1.0 % w/v) was prepared by dissolving chitosan powder in 1.0% (v/v) glacial acetic acid under continuous stirring for three hours and adjusting the pH to 5.98 using 1 N NaOH. One group of fruit was immersed in the chitosan coating solution for three minutes and air-dried at 24 °C. The untreated fruits represented the control. The coated and control samples were stored at 1 ± 1 °C under 90–95% relative humidity for 28 days, and then kept at 24 °C for four days to evaluate shelf life. All analyses were performed at harvest (day 0), after a period of cold storage (28 days), and after shelf life (28 + 4 days).

Thirty fruit per treatment were selected for the weight loss test and measured on a technical scale (Ohaus Adventurer, Parsippany, NJ, USA) at harvest and after cold storage and shelf life. Weight loss was expressed as a percentage loss of initial weight. Fruit firmness was measured in kg/cm^2 , using a hand penetrometer (model FT 327, T.R. Turoni, Forly, Italy), equipped with an 8-mm spherical probe. A digital refractometer (Milwaukee Instruments, US) was used to determine the total soluble solids content (SSC). Total acids content (TA) was determined by neutralization with 0.1 N NaOH to pH 8.2, using phenolphthalein as an indicator. The results were expressed as percentage of malic acid. The pH of the pulp was measured with a pH meter (Mettler Toledo EL 20-Basic, Schwerzenbach, Switzerland). The content of total sugars, inverted sugars and sucrose was determined using the Luff-Schoorl method (Tanner and Brunner, 1979). After removing the samples from the cold chamber and after the subsequent shelf life, the number of fruits infected with pathogens was recorded and the pathogens were identified on the basis of morphological characteristics (Vasić et al., 2017)

The data obtained were subjected to a one-way analysis of variance (ANOVA). Significant differences ($p = 0.05$) between the mean values were determined using the Tukey post-hoc test. The statistical analyses were performed using STATISTICA 7.0 software (Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA).

3. RESULTS AND DISCUSSION

The weight loss of the plum fruit increased during cold storage and almost doubled during the shelf life (Figure 1), which can be explained by the intensive transpiration at room temperature. As a result of the high weight loss, symptoms of shrivelling were observed after shelf life. Chitosan-coated fruit showed a slightly lower weight loss after shelf life; however, an effective water vapour barrier cannot be assumed. In the study of Mahmoudi et al. (2022), 1% chitosan coating significantly reduced the weight loss of plum fruit, which was about 2% after 30 days of cold storage, while the control fruit had a similar weight loss (~6%) to those in our study. Kumar et al. (2017) found that chitosan coating successfully delayed moisture loss in Japanese plums by smoothing the pericarp surface and covering the stomata. Interestingly, Fawole et al. (2020) reported significantly higher moisture loss in chitosan-coated Japanese plums than in control fruit throughout the storage period. The effect of chitosan on weight loss therefore remains controversial.

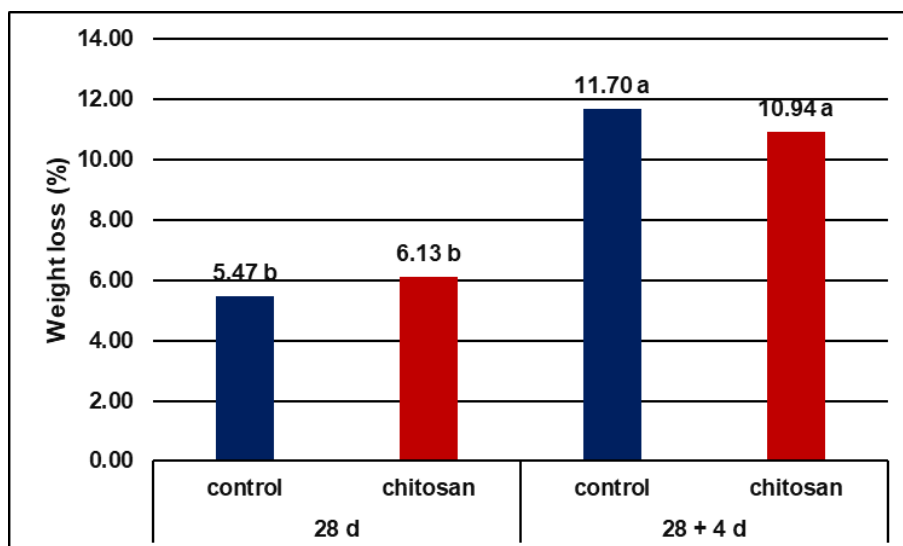


Figure 1: Effect of chitosan coating on the weight loss of plum fruit after cold storage and shelf life. Mean values followed by different letters are significantly different according to the Tukey test ($p = 0.05$).

Slika 1: Vpliv premaza s hitozanom na izgubo mase plodov sliv po skladiščenju v hladilnici in pri sobni temperaturi. Povprečne vrednosti, ki jim sledijo različne črke, se značilno razlikujejo glede na Tukeyjev test ($p = 0,05$).

The firmness of the fruit decreased noticeably during cold storage; the control fruit lost 38.54% of initial firmness, while the decrease in firmness in the chitosan-coated fruit was 32.34% (Figure 2). Although the treated fruits showed a higher firmness after shelf life in comparison to the control ones, the difference was not statistically significant. Interestingly, chitosan-coated fruit showed a slightly lower softening rate during cold storage (0.04 kg/cm^2 per day) than the control fruit (0.05 kg/cm^2 per day). However, softening during shelf life was more pronounced in the treated fruit compared to the untreated fruit (0.19 kg/cm^2 per day and 0.16 kg/cm^2 per day, respectively). The results obtained on the efficacy of chitosan in reducing the softening of European plums differ from those in the literature (Bal, 2013; Mahmoudi et al., 2022), which suggest that chitosan can effectively prevent loss of firmness, especially when combined with glycine betaine. On the other hand, the study of Adiletta et al. (2022) found no statistical difference in firmness between coated and uncoated Japanese plums during shelf life.

A slight increase in the SSC value was observed during cold storage, but there were no marked differences between the treated and non-treated fruits, while the chitosan-coated fruit showed a higher value of this parameter than the non-coated fruit after the shelf life (Figure 3). The reported data on the effect of chitosan on SSC in both European and Japanese plums are contradictory; in several studies chitosan was found to promote the increase in SSC (Bal, 2013; Mahmoudi et al., 2022), in others a delay in SSC increase was found (Liu et al., 2014; Kumar et al., 2017; Adiletta et al., 2022), while Fawole et al. (2020) observed no differences between treatment and control.

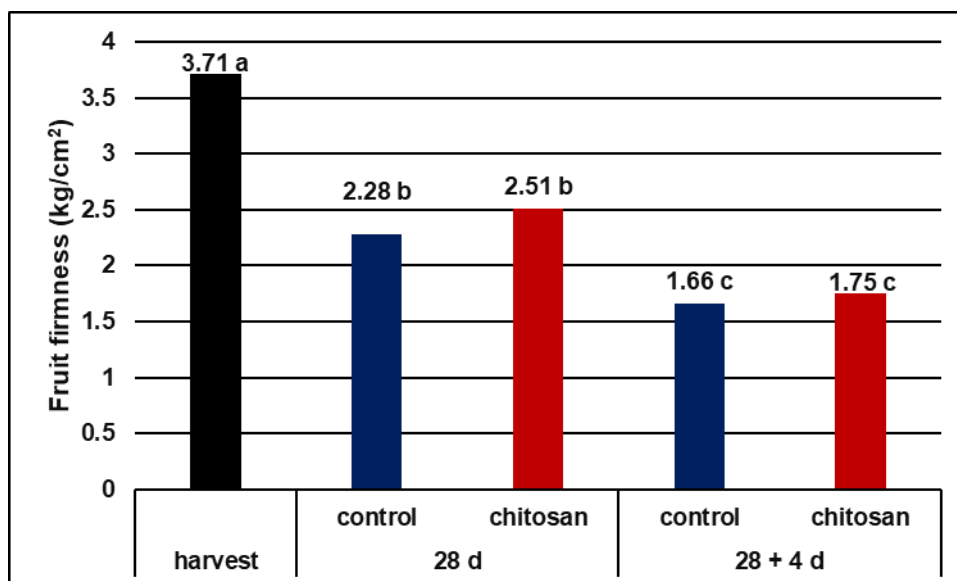


Figure 2: Effect of chitosan coating on the firmness of plum fruit after cold storage and shelf life. Mean values followed by different letters are significantly different according to the Tukey test ($P = 0.05$).

Slika 2: Vpliv premaza s hitozanom na trdoto plodov sliv po skladiščenju v hladilnici in pri sobni temperaturi. Povprečne vrednosti, ki jim sledijo različne črke, se značilno razlikujejo glede na Tukeyjev test ($P = 0,05$).

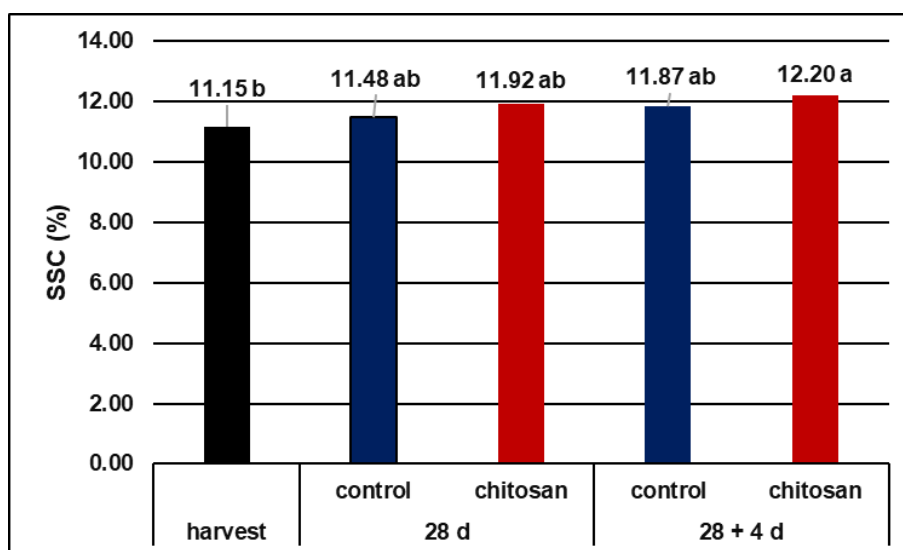


Figure 3: Effect of chitosan coating on the soluble solids content (SSC) of plum fruit after cold storage and shelf life. Mean values followed by different letters are significantly different according to the Tukey test ($p = 0.05$).

Slika 3: Vpliv prevleke s hitozanom na vsebnost topne suhe snovi (SSC) plodov sliv po skladiščenju v hladilnici in pri sobni temperaturi. Povprečne vrednosti, ki jim sledijo različne črke, se značilno razlikujejo glede na Tukeyjev test ($p = 0,05$).

The content of total sugars and inverted sugars increased slightly during storage in both fruit groups. The sucrose content decreased, which may be a result of hydrolysis and conversion to glucose and fructose as constituent subunits (Table 1). The chitosan coating delayed the change in TA during storage, so that the values at harvest and at the end of cold storage of the coated fruits were almost the same (Table 1), which is consistent with the results of Fawole et

al. (2020). The cited authors also found the highest TA values after shelf life in chitosan-treated fruits than in the control ones.

Table 1: Effect of chitosan coating on the basic chemical properties of plum fruit after cold storage and shelf life

Preglednica 1: Vpliv premaza s hitozanom na osnovne kemijske lastnosti plodov sliv po skladiščenju v hladilnici in pri sobni temperaturi

Treatment	Storage time (day)	Total sugars (%)	Inverted sugars (%)	Sucrose (%)	Total acids (%)	pH
Control	0	7.12 ± 0.18 b	4.29 ± 0.08 b	2.69 ± 0.11 a	0.71 ± 0.03 c	3.43 ± 0.02 b
	28	7.96 ± 0.45 a	5.39 ± 0.28 a	2.44 ± 0.20 ab	0.79 ± 0.02 ab	3.45 ± 0.03 b
	28 + 4	7.76 ± 0.39 ab	5.27 ± 0.14 a	2.37 ± 0.23 ab	0.74 ± 0.04 bc	3.66 ± 0.06 a
Chitosan	0	7.12 ± 0.18 b	4.29 ± 0.08 b	2.69 ± 0.11 a	0.71 ± 0.03 c	3.43 ± 0.02 b
	28	8.16 ± 0.24 a	5.54 ± 0.19 a	2.49 ± 0.05 ab	0.69 ± 0.01 c	3.58 ± 0.06 a
	28 + 4	7.56 ± 0.12 ab	5.23 ± 0.12 a	2.22 ± 0.01 b	0.81 ± 0.01 a	3.64 ± 0.04 a

Values are expressed as means ± standard deviations, $n=3$. Mean values followed by different letters within a column are significantly different according to the Tukey test ($p = 0.05$).

The only pathogen detected in both fruit groups was *Monilinia* spp., and the number of infected fruits after 28 days of cold storage was higher in the control group (3.33%) than in the chitosan-treated group (2.00%). Since the infected fruits were removed, no infection was detected after shelf life. The data obtained indicate a potential antimicrobial effect of chitosan and are in agreement with data reported for plums (Bal, 2013), sweet cherries (Dang et al., 2010; Tokatlı and Demirdöven, 2020) and nectarines (Chiabrando and Giacalone, 2016). Although the antimicrobial activity of chitosan has not been elucidated in detail, the polycationic nature of this compound is thought to be a key factor in the interruption of fungal growth (Bautista-Baños et al., 2006).

The application of a chitosan coating did not significantly reduce the loss of weight and firmness during storage of 'Stanley' plums. However, the pronounced shrivelling and decrease in firmness can be explained by the early harvest, which has become common among Serbian plum producers. The results suggest potential antifungal properties of the chitosan coating; therefore, future research should focus on the antimicrobial activity of chitosan, which as a non-toxic, biodegradable material could potentially suppress the occurrence of pathogens during storage.

4. ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by the Ministry of Science, Technological Development, and Innovation of the Republic of Serbia (Contract number: 451-03-47/2023-01/200215).

5. LITERATURE

- Adiletta, G., Gliottone, G., Di Matteo, M., Petriccione, M. 2022. Response of qualitative traits and antioxidant systems to chitosan postharvest treatment in 'Black Golden' Japanese plum. *Foods*, 11: 853.
- Bal, E. 2013. Postharvest application of chitosan and low temperature storage affect respiration rate and quality of plum fruits. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15: 1219–1230.

- Bautista-Baños, S., Hernández-Lauzardo, A.N., Velázquez-del Valle, M.G., Hernández-López, M., Ait Barka, E., Bosquez-Molina, E., Wilson, C.L. 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *Crop Protection*, 25: 108–118.
- Chiabrando, V., Giacalone, G. 2016. Effects of edible coatings on quality maintenance of fresh-cut nectarines. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 28, 3: 201–207.
- Dang, Q.F., Yan, Y.Q., Li, Y., Cheng, X.J., Liu, C.S., Chen, X.G. 2010. Chitosan acetate as an active coating material and its effects on the storing of *Prunus avium* L. *Journal of Food Science*, 75, 2: 125–131.
- Dhall, R.K. 2013. Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53: 435–450.
- Fawole, O.A., Riva, S.C., Opara, U.L. 2020. Efficacy of edible coatings in alleviating shrivel and maintaining quality of japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.) during export and shelf life conditions. *Agronomy*, 10: 1023.
- Kumar, P., Sethi, S., Sharma, R.R., Srivastav, M., Varghese, E. 2017. Effect of chitosan coating on postharvest life and quality of plum during storage at low temperature. *Scientia Horticulturae*, 226: 104–109.
- Liu, K., Yuan, C., Chen, Y., Li, H., Liu, J. 2014. Combined effects of ascorbic acid and chitosan on the quality maintenance and shelf life of plums. *Scientia Horticulturae*, 176: 45–53.
- Mahmoudi, R., Razavi, F., Rabiei, V., Gohari, G., Palou, L. 2022. Application of glycine betaine coated chitosan nanoparticles alleviate chilling injury and maintain quality of plum (*Prunus domestica* L.) fruit. *International Journal of Biological Macromolecules*, 207: 965–977.
- Nayik, G.A., Majid, I., Kumar, V. 2015. Developments in edible films and coatings for the extension of shelf life of fresh fruits. *American Journal of Nutrition and Food Science*, 2, 1: 16–20.
- Petriccione, M., De Sanctis, F., Pasquariello, M.S., Mastrobuoni, F., Rega, P., Scortichini, M., Mencarelli, F. 2015. The effect of chitosan coating on the quality and nutraceutical traits of sweet cherry during postharvest life. *Food and Bioprocess Technology*, 8: 394–408.
- Tanner, H., Brunner, H.R. 1979. *Getränke Analytik*; Verlag Heller Chemie: Schwäbisch Hall, Germany.
- Tokatlı, K., Demirdöven, A. 2020. Effects of chitosan edible film coatings on the physicochemical and microbiological qualities of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Scientia Horticulturae*, 259: 108656.
- Vasić, T., Jevremović, D., Krnjaja, V., Laposavić, A., Andjelković, S., Živković, S., Paunović, S. 2017. Morphological description and molecular detection of *Pestalotiopsis* sp. on hazelnut in Serbia. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 15, 3: 1–5.

VPLIV TERMINA REZI NA RAST IN RODNOST ČEŠNJE

Valentina USENIK¹, Erika KOMEL², Matej VOŠNJAK³, Davor MRZLIČ²

POVZETEK

Namen poskusa, kjer smo tri zaporedna leta pri 4 sortah češnje (*Prunus avium* L.) polovico dreves porezali poleti, drugo polovico pa zgodaj spomladi, je bil ugotoviti, kateri termin rezi daje najboljše rezultate. Ne glede na termin rezi se je z rezjo povečalo število enoletnih poganjkov na cm² veje pri vseh sortah, razen pri sorti 'Grace Star'. Količina pridelka (g/cm² veje) je bila pri poletni rezi značilno večja pri sortah 'Grace Star' in 'Regina' v vseh treh letih, pri sortah 'Vigred' in 'Staccato' pa v obeh letih s pridelkom. Ugotovili smo, da je termin rezi značilno vplival na količino pridelka, ne pa tudi na število poganjkov.

Ključne besede: termin, poganjki, pridelek

THE EFFECT OF PRUNING TIMING ON GROWTH AND PRODUCTIVITY OF SWEET CHERRY TREES

ABSTRACT

The purpose of the experiment, in which we pruned half of the sweet cherry (*Prunus avium* L.) trees in summer and the other half at the beginning of spring for three consecutive years performed on four cultivars, was to find out which pruning time gives the best results. With pruning, the number of annual shoots per cm² of branch was increased in all cultivars, except for 'Grace Star', regardless of the pruning time. With summer pruning, the yield (g/cm² branch) was significantly higher for the cultivars 'Grace Star' and 'Regina' in all years and for the cultivars 'Vigred' and 'Staccato' in both years with yield. The time of pruning had a significant effect on the yield, but not on the number of shoots.

Key words: timing, shoots, yield

1. UVOD

Uporaba podlag manjše bujnosti sedaj omogoča izboljšane svetlobne razmere tudi pri češnji (Hampson et al., 2002; Wünsche in Lakso, 2000). Poleg velikosti drevesa in gojitvene oblike na osvetljenost krošnje pomembno vpliva tudi rez (Hampson et al., 2002), ki določa vegetativno rast (Gonçalves in sod., 2003; Lang, 2001; Usenik in sod., 2008; Villasante in sod., 2012; Whiting in Lang, 2004), količino pridelka in kakovost plodov (Villasante et al., 2012; von Bennewitz et al., 2011; Whiting in Lang, 2004). Rez češnje lahko izvedemo ob koncu mirovanja (spomladanska rez) ali po obiranju poleti (poletna raz) (Mika, 1986). Rez je

¹ Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

² Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod Nova Gorica, Sadjarski center Bilje, Bilje 1, 5292 Renče

³ Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta, Kardeljeva ploščad 16, 1000 Ljubljana

pomembna za optimizacijo razmerja med listno površino in številom plodov ter za rast novih poganjkov, kar vse določa kakovost češenj in prihodnjo rodnost (Lang, 2001). Rez nazaj z odvajanjem primarnih vej spodbudi večjo rast novih poganjkov kot krajšanje enoletnih poganjkov (Usenik in sod., 2008).

Dokazano je že bilo, da poletna rez poveča fotosintezo (Mierowska et al., 2002; Passos et al., 2018; Zhang et al., 2003). Svetloba je eden najpomembnejših okoljskih dejavnikov, ki vplivajo na rast in razvoj rastlin (Passos et al., 2018; Zhang et al., 2003). Boljša osvetljenost krošnje je povezana z večjimi vrednostmi parametrov izmenjave plinov v listih, na primer s prevodnostjo listnih rež, neto fotosintezo, transpiracijo in koncentracijo CO₂ v listih (Afonso et al., 2017; Larbi et al., 2015; Mendes et al., 2001; Proietti et al., 2000).

Namen poskusa je bil ugotoviti, kateri termin rezi daje v Sloveniji boljše rezultate: poletna rez ali spomladanska rez (Je bolje, da češnjo porežem poleti ali spomladi pred brstenjem?). Boljša osvetljenost listov po poletni rezi naj bi pripomogla k boljši diferenciaciji in prehranjenosti cvetnih brstov, posredno pa k večjemu pridelku v naslednjem letu.

2. MATERIAL IN METODE DE LA

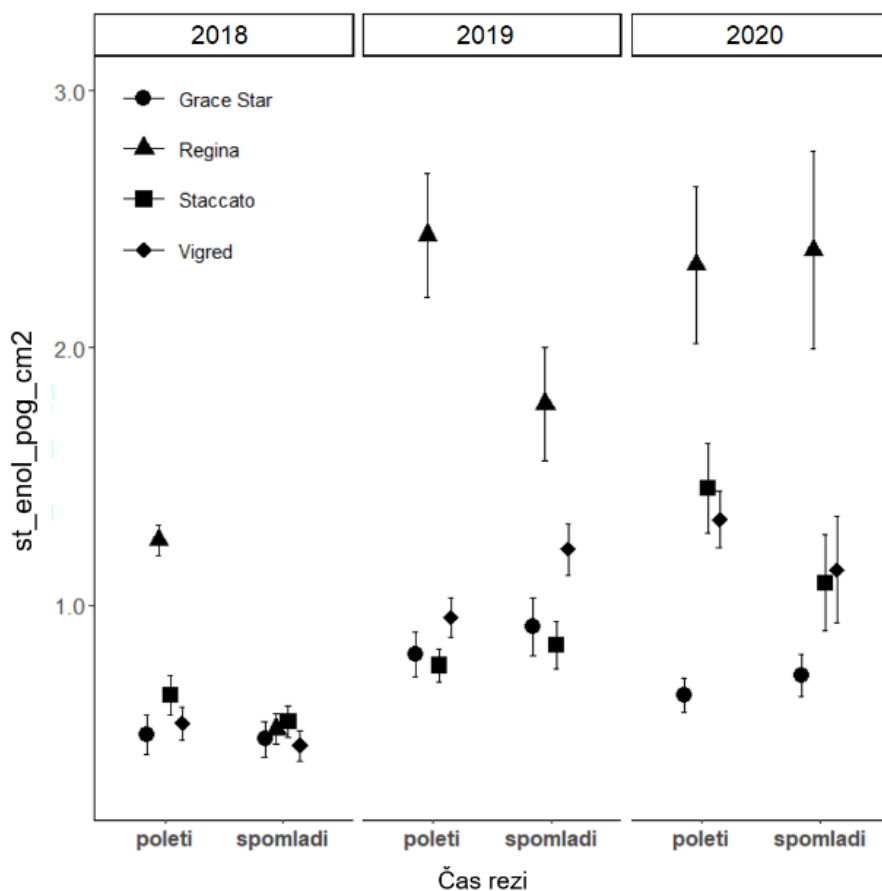
Poskus smo zasnovali v Sadjarskem centru Bilje (SC Bilje) v letu 2017. Vključili smo štiri sorte češnje ('Grace Star', 'Vigred', 'Regina' in 'Staccato') na podlagi Gisela 5. Drevesa so bila ob začetku poskusa v deveti rasti dobi. Pet dreves vsake sorte smo tri leta zapored porezali poleti po zaključeni rasti poganjkov, drugih pet pa spomladi tik pred brstenjem. Način rezi je bil ob obeh terminih enak; rez nazaj z odvajanjem ali spodrezovanjem vej, izrezovanje prebujnih vej v zgornji polovici krošnje ter izrezovanje pokončnih poganjkov (izjemoma tudi krajšanje v spodnjem delu krošnje na kratke čepe). Poletno rez smo prvič opravili poleti 2017, nato pa še v letih 2018 in 2019. Spomladansko rez smo prvič opravili spomladi 2018, nato pa še v letih 2019 in 2020. Na vsakem drevesu smo vsako leto izmerili premer debla in označili po dve izenačeni veji. Na izbranih vejah smo vsako leto pred rezjo spomladi prešteli enoletne poganjke, izmerili premer veje, prešteli cvetove, plodiče in plodove ob obiranju. Tehtali smo pridelok češenj na označenih vejah, pridelok na drevo in maso 50 plodov. Število poganjkov in pridelok smo merili v letih 2018, 2019 in 2020.

Statistično analizo podatkov in izdelavo slik smo opravili s pomočjo odprtokodnega statističnega programskega okolja R, različice 3.6.1, z grafičnim vmesnikom R Commander (R Core Team, 2019). Uporabili smo trofaktorsko analizo variance (faktorji: termin rezi, leto, sorta) in test mnogoterih primerjav (Tukey).

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

V letu 2020 je bilo povprečno število enoletnih poganjkov na vejo pri vseh sortah in neodvisno od termina rezi večje kot v letu 2018. Podobne rezultate smo dobili, če smo izračunali število enoletnih poganjkov na cm² izbrane veje (slika 1). Le pri sorti 'Grace Star' se število poganjkov po treh letih ni statistično značilno povečalo. Upošteva podatke treh let in štirih sort termin rezi na povprečno število poganjkov na cm² veje ni vplival. Značilen je bil le vpliv sorte. Sorta 'Regina' je po treh letih redne rezi imela več enoletnih poganjkov kot ostale sorte.

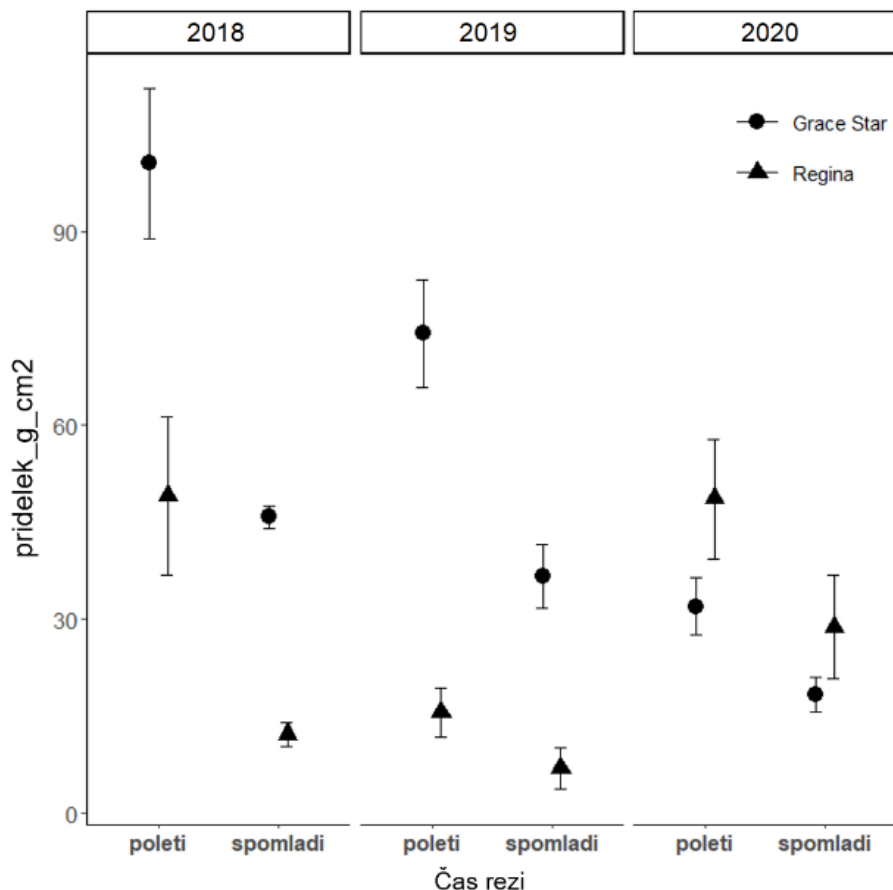
Povprečno število cvetov, preračunano na cm^2 veje, je bilo pri samooplodni sorti 'Grace Star' ne glede na termin rezi in leto manjše od števila cvetov pri samoneoplodni sorti 'Regina' in podobno kot pri drugih sortah.



Slika 1: Povprečno število enoletnih poganjkov/ cm^2 veje za dva termina rezi (poletna, spomladanska), 3 leta (2018, 2019, 2020) in 4 sorte češnje ('Grace Star' ●, 'Regina' ▲, 'Staccato' ■, 'Vigred' ◆); SC Bilje, 2018-2020

Figure 1: Average number of one-year-old shoots/ cm^2 branch for two pruning times (summer, spring), 3 years (2018, 2019, 2020) and 4 sweet cherry cultivars ('Grace Star' ●, 'Regina' ▲, 'Staccato' ■, 'Vigred' ◆); SC Bilje, 2018-2020

Delež oploditve, izračunan iz števila plodičev in cvetov, je bil pri poletni rezi (24,7%) značilno večji kot pri spomladanski rezi (20,6%). Poleg tega je bil delež oploditve pri samooplodni sorti 'Grace Star' v letu 2020 manjši (22,4%) kot v predhodnih letih (v letu 2018: 41,1 % in v letu 2019: 48,9 %) in večji kot pri obeh samoneoplodnih sortah v vseh treh letih ('Regina': 12,9, 8,3 in 12,8%; 'Vigred': 20,6, 17,3 in 15,1%). Tudi sorta 'Staccato' je samooplodna sorta, vendar delež oploditve v letih 2019 (15,2%) in 2020 (19,2%) ni bil značilno večji od deleža oploditve samoneoplodnih sort.



Slika 2: Povprečni pridelek (g/cm^2 veje) za dva termina rezi (poletna, spomladanska), 3 leta (2018, 2019, 2020) in 2 sorti češnje ('Grace Star' ●, 'Regina' ▲); SC Bilje, 2018-2020

Figure 2: Average yield (g/cm^2 branch) at two pruning times (summer, spring), 3 years (2018, 2019, 2020) and 2 sweet cherry cultivars ('Grace Star' ●, 'Regina' ▲); SC Bilje, 2018-2020

Ker pri sortah 'Vigred' in 'Staccato' zaradi izpada pridelka v letu 2020 nismo imeli podatkov za 2020, smo za vse sorte statistično analizo opravili za leti 2018 in 2019. Rezultati analize so pokazali značilno večji pridelek (g/cm^2 veje) pri drevesih, porezanih poleti; pri sorti 'Grace Star' (poletna rez: $87,4 \text{ g}/\text{cm}^2$, spomladanska rez: $41,3 \text{ g}/\text{cm}^2$), 'Vigred' (poletna rez: $66,4 \text{ g}/\text{cm}^2$, spomladanska rez: $43,6 \text{ g}/\text{cm}^2$), 'Staccato' (poletna rez: $52,2 \text{ g}/\text{cm}^2$, spomladanska rez: $45,8 \text{ g}/\text{cm}^2$) in 'Regina' (poletna rez: $32,4 \text{ g}/\text{cm}^2$, spomladanska rez: $9,5 \text{ g}/\text{cm}^2$). Nato smo analizirali še podatke treh let za sorti 'Grace Star' in 'Regina'. Količina pridelka (v g/cm^2 veje) je bila pri obeh sortah v vseh treh letih pri poletni rezi značilno večja kot pri spomladanski rezi. Najmanjša razlika med terminoma rezi je bila v letu 2020 (slika 2).

4. ZAHVALA

Raziskovalno delo je bilo opravljeno v okviru programa Javne službe v sadjarstvu - Tehnologije pridelave koščičarjev in kakija, ki ga financira Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije.

5. VIRI

- Afonso, S., Ribeiro, C., Bacelar, E., Ferreira, H., Oliveira, I., Silva, A., Gonçalves, B. 2017. Influence of training system on physiological performance, biochemical composition and antioxidant parameters in apple tree (*Malus domestica* Borkh.). *Scientia horticultrae*, 225, 394-398.
- Gonçalves, B., Santos, A., Silva, A., Moutinho-Pereira, J., Torres-Pereira, J. 2003. Effect of pruning and plant spacing on the growth of cherry rootstocks and their influence on stem water potential of sweet cherry trees. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 78, 667-672.
- Hampson, C.R., Quamme, H.A., Brownlee, R.T. 2002. Canopy growth, yield, and fruit quality of 'Royal Gala' apple trees grown for eight years in five tree training systems. *HortScience*, 37, 627-631.
- Lang, G.A. 2001. Critical concepts for sweet cherry training systems. *Compact Fruit Tree*, 34, 70-75.
- Larbi, A., Vázquez, S., El-Jendoubi, H., Msallem, M., Abadía, J., Abadía, A., Morales, F. 2015. Canopy light heterogeneity drives leaf anatomical, eco-physiological, and photosynthetic changes in olive trees grown in a high-density plantation. *Photosynthesis research*, 123, 141-155.
- Mendes, M., Gazarini, L., Rodrigues, M. 2001. Acclimation of *Myrtus communis* to contrasting Mediterranean light environments—effects on structure and chemical composition of foliage and plant water relations. *Environmental and Experimental Botany*, 45, 165-178.
- Mierowska, A., Keutgen, N., Huysamer, M., Smith, V. 2002. Photosynthetic acclimation of apple spur leaves to summer-pruning. *Scientia Horticulturæ*, 92, 9-27.
- Mika, A. 1986. Physiological responses of fruit trees to pruning. *Horticultural reviews*, 8, 337-378.
- Passos, L.C., da Silva, J.R., Rodrigues, W.P., de Oliveira Reis, F., da Silva Vasconcellos, M.A., Machado Filho, J.A., Campostrini, E. 2018. Leaf photosynthetic responses of passion fruit genotypes to varying sunlight exposure within the canopies. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 30, 103-112.
- Proietti, P., Palliotti, A., Famiani, F., Antognozzi, E., Ferranti, F., Andreutti, R., Frenguelli, G. 2000. Influence of leaf position, fruit and light availability on photosynthesis of two chestnut genotypes. *Scientia Horticulturæ*, 85, 63-73.
- R Core Team (2019) R: a language and environment for statistical computing computer program, version 3.6.1. R Core Team, Vienna, Austria
- Usenik, V., Solar, A., Meolic, D., Stampar, F. 2008. Effects of summer pruning on vegetative growth, fruit quality and carbohydrates of 'Regina' and 'Kordia' sweet cherry trees on 'Gisela 5'. *European Journal of Horticultural Science*, 73, 62.
- Villasante, M., Godoy, S., Zoffoli, J.P., Ayala, M. 2012. Pruning effects on vegetative growth and fruit quality of 'Bing'/Gisela 5 and 'Bing'/Gisela 6 sweet cherry trees (*Prunus avium*). *International Journal of Agriculture and Natural Resources*, 39, 117-126.
- Whiting, M.D., Lang, G.A. 2004. 'Bing' sweet cherry on the dwarfing rootstock Gisela 5: thinning affects fruit quality and vegetative growth but not net CO₂ exchange. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129, 407-415.
- Wünsche, J.N., Lakso, A.N. 2000. The relationship between leaf area and light interception by spur and extension shoot leaves and apple orchard productivity. *HortScience*, 35, 1202-1206.
- Zhang, S., Ma, K., Chen, L. 2003. Response of photosynthetic plasticity of *Paeonia suffruticosa* to changed light environments. *Environmental and Experimental Botany*, 49, 121-133.

ODZIV ČEŠNJE NA IZPOSTAVITEV NIZKIM TEMPERATURAM ZRAKA PO CVETENJU

Matej VOŠNJAK¹, Valentina USENIK²

POVZETEK

Drevesa sorte 'Grace Star' na podlagi Gisela 5 smo 36 dni po cvetenju izpostavili nizkim temperaturam zraka v naravnih razmerah do dve zaporedni noči. Prvo noč je bila povprečna nočna temperatura 2,4 (\pm 0,2) °C, minimalna 0,8 °C, drugo noč povprečna temperatura 4,9 (\pm 0,3) °C in minimalna 2,4 °C. Kontrolna drevesa niso bila izpostavljena nizkim temperaturam. Odziv smo proučevali z merjenjem fluorescence klorofila (Fv/Fm in Fv'/Fm') takoj po izpostavitvi, po 24 in 48 urah ter s štetjem cvetov, plodičev in plodov. Nizke temperature so v rastlinah sprožile stres, kar so pokazali rezultati meritev potencialne (Fv/Fm) in dejanske (Fv'/Fm') fotokemične učinkovitosti na listih. Izpostavitvev nizkim temperaturam je vplivala na manjši ovesek. Dvakratna zaporedna izpostavitvev je podaljšala obdobje okrevanja rastlin.

Ključne besede: stres, naravne razmere, ovesek

RESPONSE OF SWEET CHERRY TO EXPOSURE TO LOW AIR TEMPERATURES AFTER FLOWERING

ABSTRACT

Trees of 'Grace Star' on rootstock Gisela 5 were exposed to low air temperatures under natural conditions for up to two consecutive nights 36 days after flowering. During the first night, the average temperature was 2.4 (\pm 0.2) °C with a minimum of 0.8 °C. On the second night, the average temperature was 4.9 (\pm 0.3) °C, and the minimum temperature was 2.4 °C. The control trees were not subjected to low temperatures. Response was investigated by measuring chlorophyll fluorescence (Fv/Fm and Fv'/Fm') immediately after exposure, as well as 24 and 48 hours later. and by counting flowers, fruitlets and fruits. Exposure to low temperatures led to a decrease in both maximum quantum yield (Fv/Fm) and effective quantum yield (Fv'/Fm'). In addition, the fruit set of trees exposed to low temperatures was reduced. Two consecutive exposures extended recovery period.

Key words: stress, natural conditions, fruit set

1. UVOD

Češnja (*Prunus avium* L.) je sadna vrsta, ki ji ustrezajo konstantne rastne razmere, v rastni dobi temperatura 19 - 25 °C (Azarenko in sod., 2008; Roper in Kennedy, 1986). Posebnosti

¹ Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta, Kardeljeva ploščad 16, 1000 Ljubljana

² Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

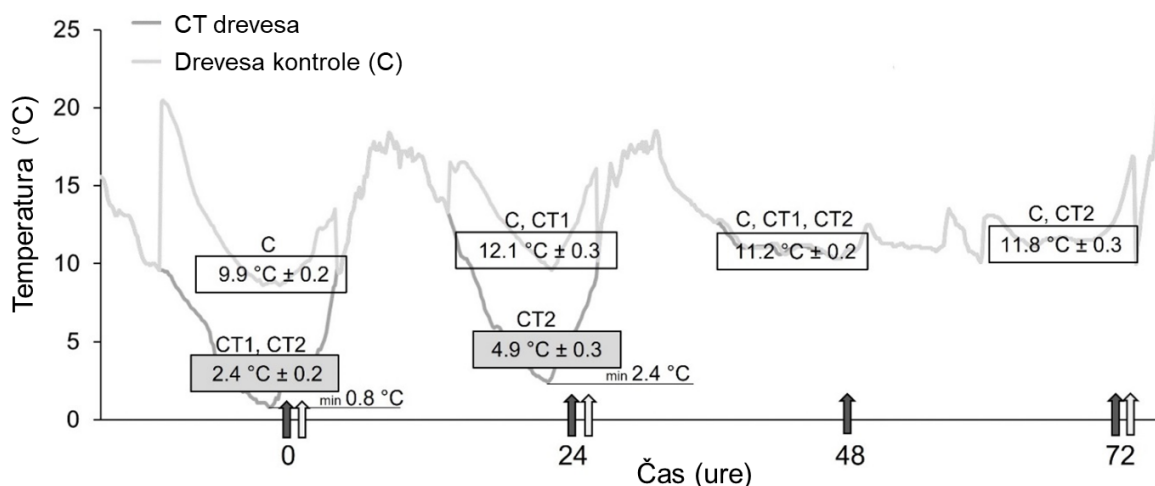
sta še zgodnje cvetenje ter kratko obdobje razvoja plodov, zaradi česar lahko izpostavitve suboptimalnim ravnim razmeram povzroči stres hitreje kot pri ostalih sadnih vrstah (DiPaola in Beard, 1992; Hasanuzzaman in sod., 2013). Suboptimalne razmere so razmere, ki odstopajo od optimalnih vrednosti, ki veljajo za posamezno rastlinsko vrsto, vendar za rastlino niso usodne.

Eden najpomembnejših podnebnih dejavnikov, ki omejuje pridelavo češenj, je spomladanska pozeba, vendar so češnjeva drevesa pogosto izpostavljena tudi nizkim temperaturam brez zmrzali. Gre za temperature nad ničlo, a pod pragom 4,5 °C, zgodaj v rastni sezoni. Celovite analize fizioloških odzivov rastlin na tovrsten stres so redke, čeprav je znano za nekatere druge rastlinske vrste, da v takih razmerah aktivirajo različne fiziološke in biokemične procese (Ahmad in Prasad, 2011; Szymańska in sod., 2017).

Ocenjuje se, da bo češnja zaradi posledic napredujočih klimatskih sprememb med sadnimi vrstami utrpela največ škode (Luedeling, 2012; Ramírez in Kallarackal, 2015), zato se neželene učinke suboptimalnih razmer v praksi že poskuša zmanjševati z različnimi tehnološkimi ukrepi in mehanskimi zaščitami. Namen naše raziskave je bil preveriti odziv češnje na izpostavitve temperaturi zraka v suboptimalnih vrednostih v obdobju razvoja plodov.

2. MATERIAL IN METODE DELA

Poskus smo izvedli na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, 36 dni po cvetenju češnje sorte 'Grace Star' v letu 2019. Triletna drevesa na podlagi Gisela 5, posajena v lonce volumna 76 litrov, smo eno ali dve zaporedni noči izpostavili nizkim temperaturam v naravnih razmerah.



Slika 1: Temperatura zraka (°C) za obdobje trajanja poskusa in za povprečje noči (\pm standardna napaka). Drevesa češnje 'Grace Star' so bila v dveh zaporednih nočeh enkrat (CT1) ali dvakrat (CT2) izpostavljena nizkim temperaturam v naravnih razmerah, kontrola (C) pa nizkim temperaturam ni bila izpostavljena. Meritve so bile izvedene takoj po izpostavitvi nizkim temperaturam (čas 0), 24 ur (čas 24 ali 48) in 48 ur (čas 48 ali 72) po izpostavitvi; Ljubljana, 2019

Figure 1: Air temperature (°C) for the duration of the experiment and for the night average (\pm standard error). 'Grace Star' cherry trees were exposed to low temperatures once (CT1) or twice (CT2) on two consecutive nights under natural conditions, while the control trees (C) were not exposed to low temperatures. Measurements were taken immediately after exposure

to low temperatures (time 0), 24 hours (time 24 or 48) and 48 hours (time 48 or 72) later;
Ljubljana, 2019

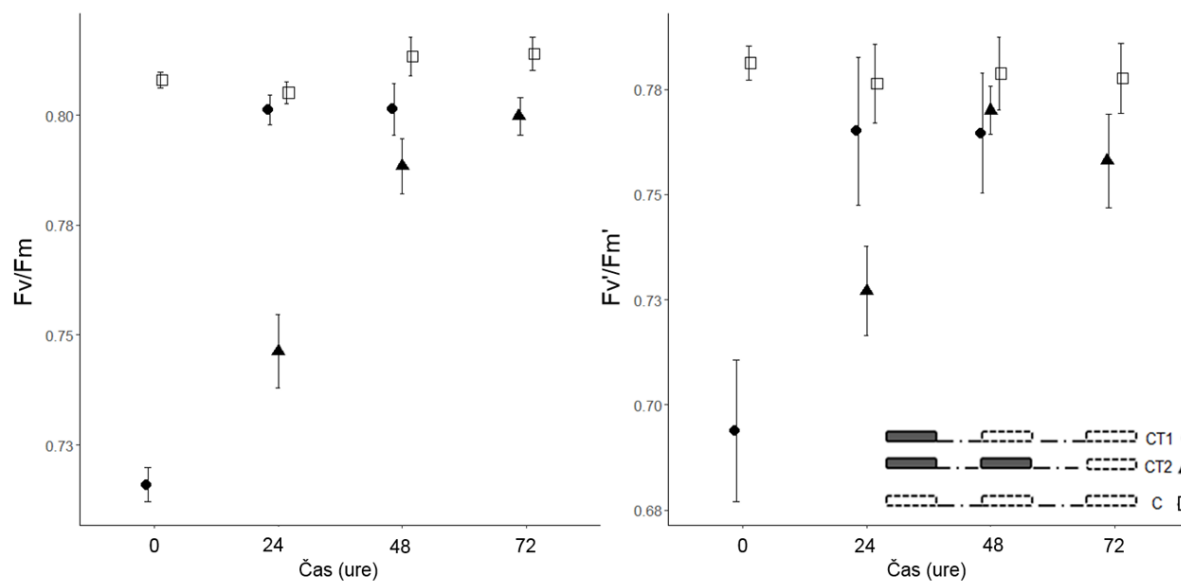
Predhodno smo 18 drevesom priredili obravnavanja; 9 dreves za izpostavitve nizkim temperaturam (CT); CT1 (1 izpostavitve), CT2 (2 izpostavitvi), CT3 (3 izpostavitve), po 3 drevesa/obravnavanje in 9 dreves za kontrolo (C). Prvo noč smo na prostem, v naravnih razmerah, pustili 9 dreves obravnavanj CT, drugo noč 6 dreves obravnavanj CT2 in CT3, tretja noč pa je bila topla, zato izpostavitve dreves CT3 nismo mogli izvesti (slika 1). Tako so bila drevesa CT1 nizkim temperaturam izpostavljena le prvo noč, drevesa CT2 pa dve zaporedni noči. Drevesa CT so bila prvo noč izpostavljena povprečni temperaturi 2,4 °C in minimalni temperaturi 0,8 °C, drugo noč pa povprečni temperaturi 4,9 °C in minimalni temperaturi 2,4 °C. Drevesa kontrole smo vsak večer ob 20:30 uri prestavili v rastlinjak, kjer so ostala do 8:00 zjutraj. Ta drevesa so bila ponoči izpostavljena višjim povprečnim temperaturam (od 9,9 °C do 12,1 °C). Čez dan so bile vse rastline izpostavljene enakim okoljskim razmeram.

Temperaturo zraka smo kontinuirano merili s termometri Voltcraft DL-121TH (Hirschau, Nemčija), nameščenimi 1,2 m nad tlemi. Meritve fluorescence klorofila smo opravili z modulacijskim fluorometrom PAM 2500 (Heinz Walz, Effeltrich, Nemčija). Meritve so vključevale meritve potencialne (temotno adaptirani listi, F_v/F_m) in dejanske (svetlobno adaptirani listi, F_v'/F_m') fotokemične učinkovitosti klorofila a. Ob fenofazi vrh cvetenja smo prešteli cvetove, 36 dni po vrhu cvetenja smo prešteli število plodičev, število plodov pa ob zrelosti. Iz teh podatkov smo izračunali ovesek, izračunan glede na število plodičev in glede na število plodov.

Za analizo rezultatov fluorescence klorofila smo uporabili linearni mešani model, v katerem smo upoštevali vpliv združenega fiksnega dejavnika »CT.čas« (CT1 ali CT2 v časih 0, 24, 48), v nadaljevanju pa načrtovane primerjave. Rezultate parametrov rodnosti smo analizirali z enofaktorsko analizo variance, kjer smo upoštevali glavni dejavnik »izpostavitve« s 3 nivoji (CT1, CT2 in C). Statistično značilne razlike med obravnavanji smo ugotavljali s pomočjo testa mnogoterih primerjav (Duncanov preizkus) z upoštevanim 5 % tveganjem.

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

Meritev fluorescence klorofila je znana kot zanesljiva in splošno uporabljena nedestruktivna metoda za odkrivanje in kvantificiranje stresa rastlin, ki ga lahko povzročijo različni okoljski dejavniki (Maxwell in Johnson, 2000). Listi dreves enkrat ali dvakrat izpostavljenih nizkim temperaturam (CT1 in CT2) so imeli takoj po izpostavitvi statistično značilno manjše povprečne vrednosti F_v/F_m in F_v'/F_m' kot listi kontrolnih dreves, merjenih ob istem času (slika 2). Razmerje F_v/F_m je merilo potencialne fotokemične učinkovitosti in je sorazmerno fotosintezi (Lee in Oh, 2015). Pri vitalnih rastlinah v ugodnih, optimalnih, razmerah so te vrednosti okoli 0,83. Kadar je rastlina izpostavljena stresu, so vrednosti manjše (Lichtenthaler, 1988; Schreiber in sod., 1995). V našem primeru so imeli CT1 listi takoj po izpostavitvi vrednost 0,726, listi CT2 pa 0,746. Dejanska fotokemična učinkovitost (F_v'/F_m') je običajno manjša ali enaka vrednostim potencialne fotokemične učinkovitosti (F_v/F_m). V našem poskusu so imeli listi CT1 vrednost 0,696, listi CT2 pa 0,733. Listi dreves, ki so bila enkrat izpostavljena nizkim temperaturam, so si opomogli v 24 urah, medtem ko so si listi dvakrat izpostavljenih dreves opomogli šele v 48 urah, ko so dosegli primerljive povprečne vrednosti kot pri kontroli (preglednica 1).



Slika 2: Povprečne vrednosti potencialne (F_v/F_m) in dejanske fotokemične učinkovitosti (F_v'/F_m') s standardno napako povprečja ($n=3, 6$ ali 9 ; $n=6$ ali 9 za kontrole), merjenih na listih sorte 'Grace Star' v času 0, 24, 48 in 72 za drevesa enkrat (CT1, ●) ali dvakrat (CT2, ▲) izpostavljena nizkim temperaturam ter kontrolo (C, □); Ljubljana, 2019

Figure 2: The average of maximum (F_v/F_m) and effective quantum yield (F_v'/F_m') with standard error of the mean ($n=3, 6$ or 9 ; $n=6$ or 9 for the controls) measured on leaves of 'Grace Star' at times 0, 24, 48 and 72 for the trees exposed to low temperatures once (CT1, ●) or twice (CT2, ▲) and the control (C, □); Ljubljana, 2019

Preglednica 1: Rezultati analize kontrastov fluorescence klorofila (F_v/F_m in F_v'/F_m') v listih sorte 'Grace Star', izpostavljenih nizkim temperaturam v eni (CT1) ali dveh (CT2) nočeh; Ljubljana, 2019

Table 1: The results of contrast analysis of chlorophyll fluorescence (F_v/F_m and F_v'/F_m') in leaves of 'Grace Star', exposed to one (T1) or two (T2) nights of low temperatures; Ljubljana, 2019

	T1			T2		
	0h	24h	48h	0h	24h	48h
F_v/F_m	↓***	ns	ns	↓***	↓*	ns
F_v'/F_m'	↓***	ns	ns	↓*	ns	ns

V preglednici so statistično značilne razlike pri: *** $p < 0,001$, * $p < 0,05$, ns - ni značilnih razlik; ↓ = zmanjšanje vrednosti v listih dreves izpostavljenih nizkim temperaturam v primerjavi z listi kontrolnih dreves

Izpostavitev nizkim temperaturam je statistično značilno vplivala na ovesek, izračunan iz števila plodičev ($p < 0,05$) ali iz števila plodov ($p < 0,001$) (preglednica 2). Kontrolna drevesa sorte 'Grace Star' so imela večji ovesek plodičev in plodov kot drevesa, ki so bila nizkim temperaturam zraka izpostavljena enkrat ali dvakrat (CT1 in CT2). Ovesek plodičev pri drevesih CT2 je bil značilno manjši kot pri CT1, pri ovesku plodov med CT1 in CT2 ni bilo statistično značilnih razlik (preglednica 2).

Preglednica 2: Povprečne vrednosti števila cvetov, oveska plodičev in plodov s pripadajočimi standardnimi napakami (SE) (n=3; n=9 za kontrolo) za drevesa sorte 'Grace Star', izpostavljena nizkim temperaturam (CT1, CT2) in kontrolo (C); Ljubljana, 2019

Table 2: Average number of flowers and of fruit set (fruitlets and fruits) with the corresponding standard error (SE) (n=3; n=9 for controls) for trees of the cultivar 'Grace Star' exposed to low temperatures (CT1, CT2) and control (C); Ljubljana, 2019

Izpostavitev	Število cvetov			Ovesek plodičev (%)			Ovesek plodov (%)		
	\bar{x}	SE		\bar{x}	SE		\bar{x}	SE	
CT1	137,3	27,4	a	33,9	2,5	b	22,9	0,9	b
CT2	124,3	15,3	a	23,9	2,5	c	17,2	0,9	bc
C	168,1	26,2	a	36,0	2,3	a	29,7	1,7	a
ANOVA									
Izpostavitev	ns			*			***		

Različne črke v stolpcu pomenijo statistično značilne razlike (Duncan test; $p < 0,05$)

V preglednici so statistično značilne razlike pri: *** $p < 0,001$, * $p < 0,05$, ns - ni značilnih razlik

Meritve fluorescence klorofila so pokazale, da so rastline, izpostavljene nizkim temperaturam, doživele stres prehodne narave, ki je bil pogojen s številom izpostavitvev. Rastline so si relativno hitro opomogle, kljub temu pa so bile stresu izpostavljene v občutljivih fazah razvoja plodov. Naši rezultati kažejo, da že enkratna izpostavitvev dreves nizkim temperaturam čez noč v obdobju po cvetenju vpliva na zmanjšanje pridelka češnje, s številom izpostavitvev pa se zmanjšanje pridelka še poveča.

4. ZAHVALA

Raziskovalno delo je del programa Hortikultura P4-0013-0481, ki ga financira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS).

5. VIRI

- Ahmad P., Prasad M. N. V. 2011. Abiotic stress responses in plants: metabolism, productivity and sustainability. New York, Springer Science & Business Media: 472 str.
- Azarenko A., Chozinski A., Brewer L. 2008. Fruit growth curve analysis of seven sweet cherry cultivars. *Acta Horticulturae*, 795: 561-566.
- DiPaola J., Beard J. 1992. Physiological effects of temperature stress. *Turfgrass*, 32: 231-267.
- Hasanuzzaman M., Nahar K., Fujita M. 2013. Extreme temperature responses, oxidative stress and antioxidant defense in plants. V: Abiotic stress-plant responses and applications in agriculture. Vahdati K., Leslie C. (ur.). Rijeka, InTech Open Access Publisher: 169-205.
- Lee J. H., Oh M. M. 2015. Short-term low temperature increases phenolic antioxidant levels in kale. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 56: 588-596.
- Lichtenthaler H. K. 1988. *In vivo* chlorophyll fluorescence as a tool for stress detection in plants. V: Applications of chlorophyll fluorescence in photosynthesis research, stress physiology, hydrobiology and remote sensing. Lichtenthaler H. K. (ur.). London, Kluwer Academic Publisher: 129-142.
- Luedeling E. 2012. Climate change impacts on winter chill for temperate fruit and nut production: a review. *Scientia Horticulturae*, 144: 218-229.
- Maxwell K., Johnson G. N. 2000. Chlorophyll fluorescence - a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 51: 659-668.
- Ramírez F., Kallarackal J. 2015. Responses of fruit trees to global climate change. New York, Springer, SpringerBriefs: 47 str.
- Roper T. R., Kennedy R. A. 1986. Photosynthetic characteristics during leaf development in 'Bing' sweet cherry. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 111: 938-941.

- Schreiber U., Bilger W., Neubauer C. 1995. Chlorophyll fluorescence as a noninvasive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis. V: *Ecophysiology of Photosynthesis*. Schulze E. D., Caldwell M. (ur.). Berlin, Springer-Verlag: 49-70.
- Szymańska, R., Ślesak, I., Orzechowska, A., Kruk, J. 2017. Physiological and biochemical responses to high light and temperature stress in plants. *Environmental and Experimental Botany*, 139: 165-177.

RDEČA SADNA PRŠICA: VPLIV NA METABOLIZEM LISTOV IN PLODOV JABLAN

Mariana Cecilia GROHAR¹, Jerneja JAKOPIČ¹, Robert VEBERIČ¹

POVZETEK

Rdeča sadna pršica (*Panonychus ulmi*) je pogost škodljivec, ki lahko resno prizadene pridelavo jabolk, podnebne spremembe pa njen pojav le povečujejo. V tem delu smo preučili vpliv rdeče sadne pršice na morfološke in biokemične lastnosti listov in plodov jablane (*Malus domestica* Borkh.). Ugotovili smo značilne razlike v barvi med zdravimi in prizadetimi listi, ki so bile obstojne do obiranja. Opisali smo tudi znatno zmanjšanje fotosinteze, transpiracije, prevodnosti listnih rež ter vsebnosti klorofila v okuženih listih ob okužbi, se je pa aktivnost teh procesov v okuženih listih do obiranja izenačila z zdravimi listi. Značilne razlike smo zaznali in opisali tudi na nivoju primarnega in sekundarnega metabolizma listov. Pri plodovih so bile morfološke razlike med okuženimi in zdravimi plodovi prav tako izrazite kot pri listih, saj so plodovi, ki so rasli na vejah s poškodovanimi listi zakasnili v zorenju. Do neke mere je bil prizadet tudi njihov primarni in sekundarni metabolizem. Te razlike niso bile vidne le v trenutku pojava škodljivca – v sredini avgusta –, ampak tudi ob obiranju.

Ključne besede: sladkorji, organske kisline, fenoli, hlapne snovi

SPIDER MITE: EFFECT ON APPLE LEAF AND FRUIT METABOLISM

ABSTRACT

Spider mite (*Panonychus ulmi*) is a common pest that can seriously affect apple production, and climate change is only increasing its occurrence. In this work, we studied the influence of the spider mite on the morphological and biochemical properties of the leaves and fruits of the apple tree (*Malus domestica* Borkh.). We found significant differences in color between healthy and affected leaves, which persisted until harvest. We also described a significant reduction in net photosynthesis, transpiration, stomatal conductance, and chlorophyll content in affected leaves at the moment of their appearance, which, however, equalized to healthy parameters at harvest. Significant differences were also found in the primary and secondary metabolism of leaves. In fruits, morphological differences between affected and healthy ones were as pronounced as in leaves, since the fruits that grew on branches with damaged leaves were delayed in ripening. Their primary and secondary metabolism was also affected to some extent. These differences were not only visible at the time of the pest's first appearance - in mid-August - but also at harvest.

Key words: sugars, organic acids, phenolics, volatile organic compounds

¹ Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

1. UVOD

Rdeča sadna pršica (*Panonychus ulmi*) predstavlja velik izziv za nasade jablan po vsem svetu, saj lahko povzroči veliko ekonomsko škodo, ker povzroči zmanjšanje pridelka (Light, 1972). Poškodbe pršic lahko vplivajo na različne parametre, kot so fotosinteza, transpiracija, rast poganjkov, debela in vej, korenin in tudi na velikost plodov (Avery in Briggs, 1968b).

Ta škodljivec se primarno prehranjuje s sokovi listov jablane. Vbodi v listno površino povzročijo razbarvane lise, ki ustvarjajo izrazit vzorec rumene ali bronaste barve. V nekaterih primerih se opazi tudi prezgodnje odpadanje listov. Ob napadu nekaterih vrst pršic se poveča tudi emisija hlapnih snovi, ki lahko pritegnejo naravne zatiralce pršic (Llusià in Peñuelas, 2001). V nekaterih okoliščinah napad pršic vpliva tudi na različne parametre plodov, kot so velikost, barva, topna suha snov in trdota. Take spremembe bistveno vplivajo na količino in kakovost pridelka, ter na diferenciacijo rodnih brstov v naslednjem letu.

Ker uporaba akaricidov učinkovito zatira populacijo pršic v nasadih jablan (Vogt in sod., 1990), je kljub veliki škodi, ki jo rdeča sadna pršica lahko povzroči, presenetljivo malo literature, ki bi znanstveno proučevale učinek tega škodljivca na razne organe jablane, in večina le-te je bila izvedena v prejšnjem stoletju, brez sodobnih tehnologij, ki bi natančneje opisale morfološke in fiziološke spremembe. Razumevanje in natančni opis učinkov napada pršic na jablane je ključnega pomena za iskanje novih učinkovitih strategij zatiranja ter obvarovanja sadovnjakov. To je še pomembnejše v današnjih časih, ko se tradicionalne metode zatiranja vedno bolj omejujejo, zato s to raziskavo preučujemo učinek tega škodljivca na morfološke in fiziološke parametre listov in plodov jablane.

2. MATERIAL IN METODE

Meritve so se izvajale na jablanah sorte 'Topaz' v polni rodnosti, posajene na poskusnem polju Oddelka za Agronomijo Biotehniške Fakultete v Ljubljani. Rdeča sadna pršica se je v nasadu pojavila med 18 in 20. avgustom 2023. Prvo vzorčenje se je izvedlo 24. avgusta 2023, nekaj dni po napadu rdeče sadne pršice; drugo vzorčenje pa 2. oktobra 2023, ob koncu zorenja. Takoj po prvem vzorčenju smo izvedli standardne ukrepe za zaščito pred pršico, s katerimi se je pojav škodljivca v celoti zatrl.

Vsak termin smo na 10 listih pri vsakem obravnavanju merili barvo s kolorimetrom (CR-10 Chroma; Konica Minolta, Tokio, Japonska), vsebnost klorofila na 40 listih z merilcem SPAD-502 (Minolta Corporation, Japonska) ter fotosintezo, prevodnost listnih rež in transpiracijo z merilcem CI-340 Handheld Photosynthesis System (CID-bioscience, ZDA). Pri plodovih smo na 20 plodovih pri vsakem obravnavanju izvedli nedestruktivne meritve barve s kolorimetrom (CR-10 Chroma; Konica Minolta, Tokio, Japonska) ter vsebnosti klorofila z DA metrom (Sinteleia, Bologna, Italy). Ob koncu sezone smo izvedli zrelostne teste na 10 plodovih pri vsakem obravnavanju. Pri plodovih smo izmerili maso, premer, trdoto, topno suho snov z digitalnim refraktometrom (WM-7, Atago, Tokio, Japonska) ter škrobni test.

Vzorčenja za destruktivne meritve smo tudi izvedli v obeh terminih, in sicer za vsako obravnavanje 10 listov in 5 plodov na ponovitev, v petih ponovitvah. Plodovi so bili takoj

prenešeni v laboratorij, kjer smo ločili kožico od mesa. Vsi vzorci (listi, meso in kožica) so bili takoj zamrznjeni v tekočem dušiku ter shranjeni na $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sladkorji in organske kisline. Rastlinska tkiva (0,1 g listov, 3 g kožice ali 2 g mesa) smo zmleli v terilnici s tekočim dušikom ter prelili z bidestilirano vodo (8 ml za liste in meso, 3 ml za kožico). Nato smo stresali 30 minut na stresalniku pri sobni temperaturi, centrifugirali 7 minut pri 7.000 obratih/minuto in filtrirali skozi celulozne filtre Chromafil® MV20/25 (Macherey-Nagel, Nemčija). Vsebnost sladkorjev in organskih kislin v ekstraktu smo določili s sistemom tekočinske kromatografije visoke ločljivosti (HPLC Thermo Scientific, ZDA) z UV in RI detektorjema (210 nm za kisline). Za analizo organskih kislin smo uporabili kolono ROA-organic acid 150 x 7,8 mm (Phenomenex, Kalifornija, ZDA), ogreto na $65\text{ }^{\circ}\text{C}$, s pretokom mobilne faze 0,6 ml/min in 4mM žvepleno kislino kot mobilno fazo. Mobilna faza za sladkorje je bila bidestilirana voda, kolona pa Rezex RCM-Monosaccharide Ca^{+} (2 %) 150 x 7,8 mm (Phenomenex, Kalifornija, Združene države Amerike), ogreta na 85°C s pretokom 0,8 ml/min. Vsebnosti posameznih sladkorjev in organskih kislin smo določili v mg/g sveže mase (SM) s pomočjo umeritvene krivulje ustreznih standardov znane koncentracije.

Skupne fenolne spojine. Rastlinska tkiva (0,01 g liofiliziranih listov, 2 g kožice ali 3 g mesa) smo zmleli v terilnici s tekočim dušikom in prelili z 80% metanolom in 3% mravljične kisline. Vzorce smo ekstrahirali 60 minut v hlajeni ultrazvočni kopeli, nato pa centrifugirali 7 minut pri 10.000 obratih/minuto. Vzorce smo končno filtrirali skozi poliamidne filtre Chromafil® AO-20/25 (Macherey-Nagel, Nemčija). Kvantifikacijo skupnih fenolnih spojin smo izvedli po standardni metodi (Singleton in Rossi, 1965), v katerem smo zmešali 7,9 ml bidestilirane vode, 100 μl ekstrakta ter 500 μl 50% Folin-Cicolteau reagenta (1:1 v vodi). Po nekaj minutah na sobni temperaturi smo dodali 1,5 ml 20% natrijevega karbonata (Na_2CO_3) in inkubirali 30 minut v pečici pri $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nato smo na spektrofotometru (Thermo Scientific, GENESYS 10S UV-Vis, ZDA) izmerili absorbanco pri valovni dolžini 765 nm, koncentracije smo preračunali v mg/kg SM na osnovi umeritvene krivulje galne kisline.

Hlapne snovi. Profil hlapnih snovi smo analizirali s pomočjo plinske kromatografije (HS-GC-MS). Rastlinski material smo zmleli v fin prah z uporabo tekočega dušika in analitskega mlinčka (IKA A11 basic, Staufen, Nemčija). Zmlet rastlinski material (1 g kožice ali 5 g mesa) smo zatehtali v 20 ml vialo skupaj z 10 μL internega standarda (IS: 3-nonanon, 1:8000, 0,09 mg/mL v acetonitrilu). Vialo smo zaprli s pokrovom na navoj s PTFE-silikonsko septo, ter prenesli v samovzorčevalnik AOC-20s (Shimadzu, Kyoto, Japonska), kjer so se inkubirali pri $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 10 minut s stalnim stresanjem pri 250 obratih na minuto. Del hlapne faze nad vzorcem (1000 μL) smo injicirali v *split* načinu 1:10 za 0,4 minute pri $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ s hitrostjo 25 ml/min v plinski kromatograf GC-MS QP2020 (Shimadzu, Kyoto, Japonska), povezan s kvadropolnim masnim spektrometrom z EI detektorjem. Ločevanje hlapnih spojin smo izvedli s pomočjo kapilarne kolone ZB-wax PLUS (30 m x 0,25 mm, debelina stacionarne faze 0,5 μm). Kot nosilni plin smo uporabili helij s pretokom 4 ml/min. Temperaturni program je bil nastavljen na naslednji način: najprej se temperatura zadrži 3 minute pri $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, nato se dvigne na $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ s hitrostjo $4\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$, nato se ponovno dvigne na $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ pri $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ in nazadnje se zadrži pri $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ 5 minut. Temperatura vmesnika in MS ionskega vira je bila nastavljena na $240\text{ }^{\circ}\text{C}$, hitrost skeniranja na 2,0 skeniranja/s, ionizacijska energija na 70 eV in območje masnega skeniranja na 50–500 m/z. Hlapne snovi vzorcev so bile identificirane na podlagi njihovih retencijskih indeksov (RI) in komercialnih knjižnic (NIST 11 in FFNSC 4) ter semikvantificirane na podlagi mase in površine pikov vsake spojine, internega standarda in vzorca.

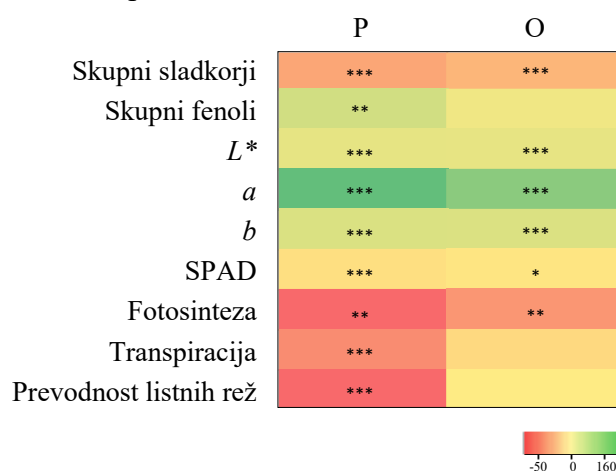
Statistična obdelava podatkov. Enosmerna analiza variance (ANOVA) je bila izvedena s programom R (verzija 4.2.2). Povprečja obravnavanj so se primerjale s Student t testom med obema obravnavanjema (zdravi in poškodovani) 95 % intervalu zaupanja za vsak datum posebej.

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

Rezultati so očitno dokazali zelo značilne razlike med zdravimi in okuženimi organi v vseh morfoloških in metabolnih parametrih, čeprav je bila razlika izrazitejša pri listih kot pri plodovih.

3.1 UČINEK NA LISTE

Sadna listna pršica se primarno prehranjuje s sokovi listov jablane (Avery in Briggs, 1968a). Vbodi v listno površino povzročijo razbarvane lise, ki ustvarjajo izrazit vzorec rumene ali bronaste barve. Kvantitativno obravnavanje barve v tem poskusu v listih je pokazalo značilne razlike pri barvi (parametri L^* , a in b), saj so bili poškodovani listi manj zeleni kot zdravi (Slika 1). Povečanje parametra a , ki prikazuje spreminjanje barve med zeleno in rdečo, nakazuje, da je v poškodovanih listih manj zelenih in več rdečkasto-rjavih odtenkov. Prav tako parameter b nakazuje povečanje rumenih odtenkov v poškodovanih listih. Rezultat teh dveh parametrov je oranžno-rjavkasta barva, ki je značilna posledica napada rdeče sadne pršice. V vseh barvnih parametrih pa je bil učinek izrazitejši takoj po napadu škodljivca. Sprememba v barvi je bila, kljub zatiranju škodljivca, trajnostna, saj so bile ob obiranju – 5 tednov kasneje, razlike še vedno opazne.



Slika 1: Barvni diagram, ki prikazuje delež (%) spremembe okuženih listov napram zdravim ob napadu – 24. avgusta (P) ter v času obiranja – 2. oktobra (O) za različne spremenljivke. Zvezdice označujejo statistično značilne razlike za vsako spremenljivko med zdravimi in okuženimi listi (* $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; *** $p < 0,0001$).

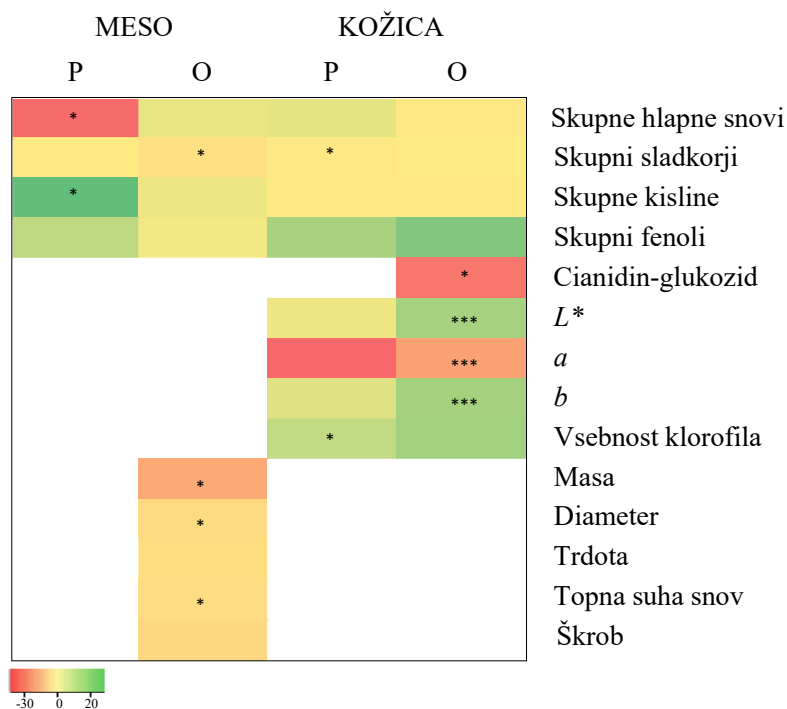
Figure 1: Colored diagram showing the proportion (%) of the difference between infected and healthy leaves after the attack - on 24th august (P) and at harvest time – on 2nd October (O) for different variables. Asterisks indicate statistically significant differences between healthy and infected leaves for each variable (* $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; *** $p < 0,0001$).

Tudi na nivoju metabolizma listov so bile opazne posledice poškodb, kot posledica napada rdeče sadne pršice, ki so se izrazile v zmanjšanih vrednostih klorofila, fotosintetske aktivnosti, transpiracije in prevodnosti listnih rež (slika 1). Izguba zelene barve korelira z zmanjšanjem vsebnosti klorofila, kar negativno vpliva na fotosintezo ter na sintezo sladkorjev, ki nastajajo

pri fotosintezi in so vir energije za metabolno aktivnost drevesa (Avery in Briggs, 1968a; Plourde in sod., 1983). Tanigoshi in Browne (1981) sta iz anatomskih analiz listov zaključila, da pršica ob vbodu posrka organele iz prebodene celice, kar povzroči njeno smrt, posredno pa povzroči tudi spremembe v strukturi kloroplastov v sosednjih celicah. Učinek napada pršic na transpiracijo ni enakomeren pri vseh sadnih vrstah, a pri jablanah sorte 'Topaz' je bilo zmanjšanje izrazito, kot je bilo opisano tudi pri sorti 'Zlati delišes' (Campbell, 1988). Prav tako se ob napadu škodljivca sproži sekundarni metabolizem, kar je razvidno iz povečanja vsebnosti skupnih fenolnih spojin (slika 1), ki so bistven del obrambnega mehanizma rastline.

3.2 UČINEK NA PLODOVE

Posledice napada rdeče sadne pršice so izrazite tudi na plodovih. Zmanjšanje fotosintetske zmogljivosti rastline vpliva na razvoj ploda, ki je imel ob koncu sezone značilno manjšo maso in premer (slika 2), kot je bilo opisano tudi za druge jablanove sorte (Palevsky in sod., 1996). Velik negativni učinek napada rdeče sadne pršice se je kazal tudi na barvo plodov. Razlika v barvnih parametrih, ki jih izmeri kolorimeter, so bili značilni (Slika 2). Zmanjšanje parametra *a* in povečanja parametra *b* nakazuje, da imajo napadeni plodovi manj rdečih odtenkov in več rumenih, parameter *L* pa označuje še, da so plodovi svetlejši. V skladu s temi rezultati se vsebnost cianidin-glukozida, antocianina, ki določa barvo v kožici jabolk, tudi izrazito zmanjša v kožici napadenih plodov. Kljub temu vpliv na ostale parametre kakovosti (trdota, škrob) ni značilen.



Slika 2: Barvni diagram, ki prikazuje delež (%) spremembe okuženih delov ploda (M - meso, K - kožica) napram zdravih ob napadu – 24. avgusta (P), ter v času obiranja – 2. oktobra (O) za različne spremenljivke. Zvezdice označujejo statistično značilne razlike za vsako spremenljivko med zdravimi in okuženimi listi (* $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; *** $p < 0,0001$).

Figure 2: Colored diagram showing the proportion (%) of the difference in different fruit tissues (M - flesh, K - skin) between infected and healthy fruit after the attack - on 24th august (P) and at harvest time – on 2nd October (O) for different variables. Asterisks indicate statistically significant differences between healthy and infected leaves for each variable (* $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; *** $p < 0,0001$).

Na metabolnem nivoju je učinek drugačen v različnih tkivih (slika 2). Takoj po pojavu škodljivca se je v mesu povečala vsebnost kislin in zmanjšala vsebnost hlapnih spojin, v kožici pa zmanjšala vsebnost skupnih sladkorjev ter posledično topne suhe snovi. Ob obiranju je bila v mesu zmanjšana vsebnost sladkorjev, v kožici pa samo prej omenjenega antocianina.

4. ZAHVALA

Raziskava je del programa Hortikultura P4-0013-0481, ki ga financira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS).

5. LITERATURA

- Avery, D. J., Briggs, J. B. 1968a. Damage to leaves caused by fruit tree red spider mite, *Panonychus ulmi* (Koch). Journal of Horticultural Science, 43(4), 463-473.
- Avery, D. J., Briggs, J. B. 1968b. The aetiology and development of damage in young fruit trees infested with fruit tree red spider mite, *Panonychus ulmi* (Koch). Annals of Applied Biology, 61: 277-288.
- Campbell, R. J. 1988. Effect of nitrogen fertilization on the physiological damage and subsequent recovery of mite-infested apple leaves (MSc naloga). Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia, ZDA).
- Light, W. S. G., Ludlam, F. A. B. 1972. The effects of fruit tree red spider mite (*Panonychus ulmi*) on yield of apple trees in Kent. Plant Pathology, 21: 175-181.
- Llusia, J., Peñuelas, J. 2001. Emission of volatile organic compounds by apple trees under spider mite attack and attraction of predatory mites. Experimental & applied acarology, 25: 65-77.
- Palevsky, E., Oppenheim, D., Reuveny, H., Gerson, U. 1996. Impact of European red mite on Golden Delicious and Oregon Spur apples in Israel. Experimental & applied acarology, 20: 343-354.
- Plourde, D. F., Goonewardene, H. F., Kwolek, W. F., Nielsen, N. C. 1983. The effect of European red mite, *Panonychus ulmi*, on chlorophyll content and chlorophyll a/b ratios of apple, *Malus domestica* Borkh., leaves in a growth chamber study (Acarina: Tetranychidae). International Journal of Acarology, 9: 11-18.
- Singleton, V. L., Rossi, J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American journal of Enology and Viticulture, 16: 144-158.
- Tanigoshi, L. K., Browne, R. W. 1981. Coupling the cytological aspects of spider mite feeding to economic injury levels on apple. Protection Ecology, 3.
- Vogt, H., Dickler, E. Grauhan, H. 1990. Ein uss einer einmaligen Anwendung von Akariziden auf die Populationsdynamik von *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae) und *Aculus schlechtendali* (Acari, Eriophyoidea) am Apfel unter besonderer Berücksichtigung der Antagonisten. Journal of Applied Entomology 110: 35-54.

UČINKOVITOST METOD VARSTVA RASTLIN Z NIZKIM TVEGANJEM: OBVLADOVANJE MARMORIRANE SMRDLJIVKE (*Halyomorpha halys* [Stål]) V NASADIH JABLANE Z UPORABO PROTIINSEKTNIH MREŽ

Mojca ROT¹, Ivan ŽEŽLINA¹, Branko CARLEVARIS¹, Marko DEVETAK¹, Jan ŽEŽLINA¹, Vasja JURETIČ¹, Danijela VOLK¹, Erika KOMEL¹, Davor MRZLIČ¹

POVZETEK

Pridelovalci in strokovnjaki na področju zdravstvenega varstva rastlin se nenehno soočamo z izzivi, ki jih prinašajo novi tujerodni škodljivci in bolezni. V zadnjem desetletju je bilo veliko truda vloženega v razvoj učinkovitih metod za preprečitev škode, ki ju povzročata globalna škodljivca kot sta plodova vinska mušica (*Drosophila suzukii* (Matsumura)) in marmorirana smrdljivka (*Halyomorpha halys* [Stål]). Obe vrsti sta tudi slovenski pridelavi sadja prizadejali veliko škode, kar je zahtevalo uvedbo intenzivnih ukrepov varstva rastlin, ki so temeljili predvsem na pogostni rabi insekticidov. Vse večje zanimanje potrošnikov o pomenu pridelave zdrave hrane, kot tudi zavedanje o potrebi varstva okolja, nas spodbujata k iskanju alternativnih načinov varstva rastlin, ki bi prispevali k zmanjšanju rabe kemičnih sredstev. Pri obvladovanju navedenih škodljivcev, kot tudi mnogih drugih, se protiinsektne mreže kažejo kot učinkovita, trajnostna metoda za preprečevanje škode, zato se njihova uporaba v svetu vse bolj širi. V letih 2022-2023 smo v sadjarskem centru Bilje preizkušali vpliv protiinsektnih mrež v sistemu enovrstnega prekrivanja jablan z namenom preprečevanja napada marmorirane smrdljivke (*H. halys*) in jabolčnega zavijača (*Cydia pomonella* L.). Vpliv protiinsektnih mrež smo ocenjevali na jablani (*Malus domestica* Borkh.) sorte 'Fuji', ki je zaradi poznega zorenja dolgo izpostavljena napadu marmorirane smrdljivke, kar se kaže v obsežnejših poškodbah plodov. V času izvajanja poskusa smo populacijo obeh škodljivcev spremljali s feromonskimi pastmi. Učinkovitost protiinsektnih mrež je bila ocenjena v fazi tehnološke zrelosti jabolka, na osnovi pregleda 500 naključno pobranih plodov ter ugotavljanja prisotnosti poškodb glede na vrsto povzročitelja. V obeh letih so protiinsektne mreže popolnoma preprečile napad jabolčnega zavijača, uspešno pa so zadržale tudi napad marmorirane smrdljivke. V obravnavanju s protiinsektnimi mrežami je bil delež poškodovanih plodov v posameznem letu 1,8 oz. 4,2%. Nasprotno, pa je poškodovanost plodov v kontrolnem obravnavanju, brez protiinsektne mreže in uporabe insekticidov, zaradi napada marmorirane smrdljivke v posameznem letu znašala 71 oz. 67%.

Ključne besede: *Halyomorpha halys*, *Cydia pomonella*, protiinsektne mreže, metode varstva rastlin z nizkim tveganjem, intenzivni nasadi jablan

¹ KGZS, Kmetijsko gozdarski zavod Nova Gorica, Pri hrastu 18, 5000 Nova Gorica

LOW-RISK PLANT PROTECTION METHODS EFFICACY: BROWN MARMORATED STINK BUG (*Halyomorpha halys*) MANAGEMENT IN APPLE ORCHARDS USING INSECT PROOF NETS

ABSTRACT

Fruit growers and experts in the field of plant health are continually faced with challenges in pest management brought by new pests and diseases. Over the past decade, considerable efforts have been made to develop effective methods to prevent crop damage caused by global pests like the spotted wing drosophila (*Drosophila suzukii* (Matsumura)) and the marbled stink bug (*Halyomorpha halys* [Stål]). Both species caused significant damage to Slovenian fruit production, *requiring the implementation* of intensive plant protection measures, primarily based on repeated insecticide applications. Consumer's demand for healthy food production and common concern of the publics for the environmental protection, has driven us to research alternative plant protection methods that would contribute to reduce pesticide use. Anti-insect proof nets are a sustainable and efficient approach for insect exclusion and crop damage prevention, over the last decade their use in fruit production has become increasingly widespread. The experiment with the anti-insect nets in a single-row system was conducted at the Fruit Growing Research Center in Bilje in years 2022 and 2023. The main purpose of the experiment was to evaluate netting efficacy in preventing fruit attacks caused by the brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*) and the codling moth (*Cydia pomonella* L.) in the apple orchards. The *efficiency* of anti-insect nets was assessed on the apple (*Malus domestica* Borkh.) cv. 'Fuji', which is particularly susceptible to the brown marmorated stink bug attack due to its late ripening season. During the experiment the population dynamics of both pests was monitored using pheromone traps. The evaluation of the experiment was done in the technological maturity stage, based on the examination of 500 randomly collected fruits and determining the presence of damage according to the type of pest. In both years, anti-insect nets completely prevented the attack of the codling moth and effectively protected fruits against the brown marmorated stink bug. In years 2022 and 2023 the percentage of damaged fruits in the treatment with anti-insect nets was 1.8% and 4.2%, respectively. In contrast, fruit damage in the control treatment, without anti-insect nets and without use of insecticides, due to the brown marmorated stink bug, reached 71% and 67% in individual years.

Key words: *Halyomorpha halys*, *Cydia pomonella*, insect proof nets, low-risk plant protection methods, intensive apple orchards

1. UVOD

Protiinsektne mreže postajajo vse bolj uveljavljena metoda varstva rastlin z nizkim tveganjem, ki nudi učinkovito zaščito plodov različnih sadnih vrst in zelenjave pred škodljivimi insekti. V tuji literaturi uporabo protiinsektnih mrež navajajo kot bistvo t.i. strategije izključevanja insektov (ang. exclusion strategy), s fizično prepreko, ki insektom onemogoča gibanje in dostop do gostiteljskih plodov.

Uvedba metode v varstvo rastlin sega v začetek 90-ih let prejšnjega tisočletja, ko so bile v Izraelu uporabljene v pridelavi plodovk v zaprtih prostorih, z namenom zaščite pred tobakovim resarjem (*Bemisia tabaci*), nevarnim prenašalcem virusov na paradižniku (Berlinger s sod., 2002). V intenzivno pridelavo sadja je metoda prodrla leta 2005, v Franciji,

kjer so razvili sistem protiinsektnih mrež poimenovan Alt'Carpo (Alaphilippe s sod., 2016). Povod je bil izjemno močan pritisk jabolčnega zavijača in velika škoda v pridelavi jabolk, v dolini reke Rhone, zaradi česar so opravili do 12 škropljenj letno (Sauphanor s sod., 2009). Sistem je bil zasnovan bodisi za enovrstno ali bločno prekrivanje dreves, z dimenzijami pletiva protiinsektnih mrež 2,2 x 5,4 mm ter 3,0 x 7,4 mm za protitočno zaščito (Romet in Severac, 2008). Uspešnem obdobju preizkušanja v francoskih in italijanskih nasadih (Alaphilippe s sod., 2016), je sledila širitev v praktično rabo. Danes je to eden najpogosteje uporabljenih sistemov protiinsektnih mrež v tržni pridelavi pečkatega sadja na svetu. Po zadnjih ocenah je z njimi prekritih 2000 ha nasadov jablan v južni Franciji ter okoli 1000 ha hrušk v Italiji (Chouinard in in sod., 2016).

Kljub temu, da so protiinsektne mreže izkazale trajnost in vzdržljivost ter visoko učinkovitost v preprečevanju škode na pridelku v spremenljivih pogojih, so le v redkih primerih upravičile visoke stroške uvedbe v pridelavo, v primerjavi z drugimi metodami varstva rastlin. V zadnjem desetletju se pogledi na to področje korenito spreminjajo. Deloma zaradi zahtev potrošnikov po drugače pridelani hrani ter povečanemu povpraševanju po ekoloških pridelkih, deloma zaradi vsesplošnih zahtev javnosti po zmanjšanju rabe fitofarmaceutskih sredstev in prehodu v trajnostno rabo FFS. Intenzivna pridelava trajnih kultur na prostem je, zaradi vpliva klimatskih sprememb, postala bolj ranljiva kot kadarkoli prej. Vse pogostejši ekstremni vremenski dogodki, kot so neurja s točo in vetrolomi ter vročinski valovi s sončno pripeko, zahtevajo tako protitočno zaščito, kot tudi senčenje dreves. Nove izzive na področju varstva rastlin pa prinašajo tudi tujerodni, agresivni škodljivci kot sta plodova vinska mušica (*Drosophila suzukii*) in marmorirana smrdljivka (*Halyomorpha halys*), katerih s klasičnimi metodami, ki temeljijo na rabi insekticidov, ne uspemo več obvladovati. V iskanju alternativnih pristopov v varstvu rastlin, ki bi hkrati naslovili čim več prej naštetih dilem, so protiinsektne mreže postale vse bolj sprejemljiva in hkrati izvedljiva metoda tudi v varstvu sadnega drevja.

Glede na fizikalne lastnosti, predvsem kar se tiče gostote pletenja oz. velikosti okenc, imajo protiinsektne mreže lahko več funkciji, zato jih imenujejo tudi multifunkcijske mreže. Hkrati nudijo protitočno zaščito rastlin ter obrambo pred različnimi škodljivci.

Protiinsektne mreže vplivajo na spremembo svetlobnih in mikroklimatskih razmere v nasadih, predvsem na temperaturo in relativno zračno vlažnost, s tem pa tudi na parametre rasti in rodnosti ter na kakovost pridelanega sadja. Gostoto pletenja in barva mreže vplivata na prepustnost zraka in svetlobe. V primerjavi s črnimi, bele mreže prepustijo več svetlobe (Giannoulis s sod., 2021).

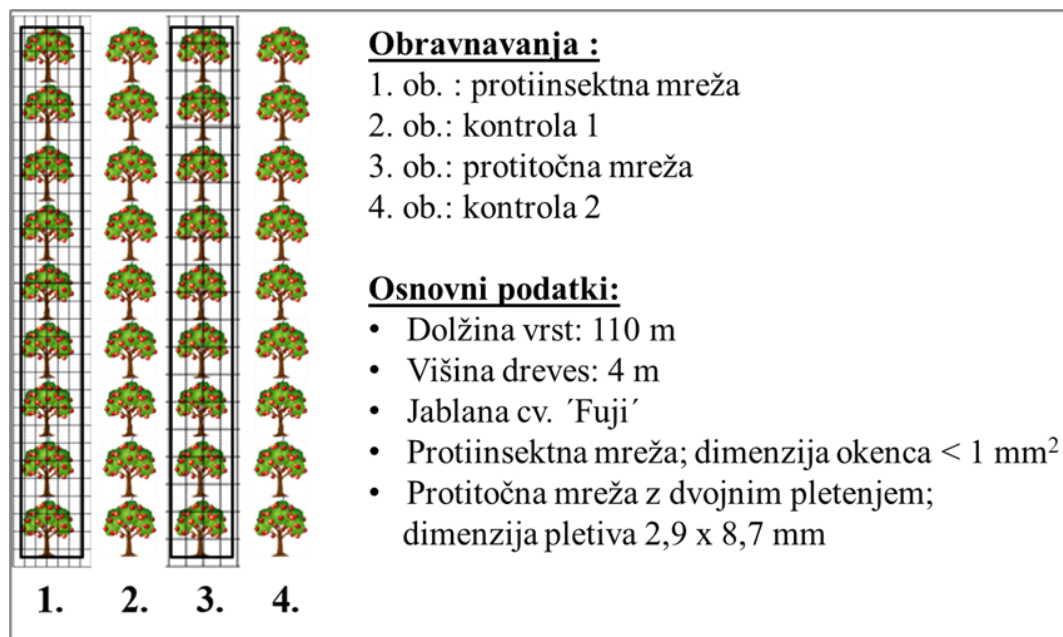
V osnovi ločimo dva glavna sistema protiinsektnih mrež; enovrstni sistem, kjer zaščitimo vsako vrsto posebej in bločni sistem kjer zaščitimo več vrst hkrati. Učinkovitost posameznega sistema je odvisna predvsem od tesnjenja protiinsektnih mrež, pri čemer je najpomembnejše zagotoviti dobro tesnjenje mrež na stikih s tlemi oziroma ob stiku stranskih mrež.

V Sloveniji je marmorirana smrdljivka prvič najdena leta 2017, škodo v kmetijski pridelavi pa povzroča od leta 2018 (Rot s sod., 2018). Do sedaj se je gospodarska škoda pojavljala predvsem v zahodni Sloveniji, kjer beležimo tudi zelo velike populacije škodljivke. Največjo škodo je povzročila leta 2019, ko je bilo prizadetih več kot 150 ha intenzivnih nasadov breskev, jablan in hrušk na območju Vipavske doline in Goriških Brd. Škoda na pridelku je bila 40 – 100 % (Rot s sod., 2022).

Med alternativnimi pristopi v preprečevanju škode zaradi napada marmorirane smrdljivke v pridelavi sadja, največ obetajo protiinsektne oz. multifunkcijske mreže. V Evropi se njihova uporaba v ta namen najbolj širi v Italiji. Tako v poskusih, kot v praksi so izkazale visoko učinkovitost v preprečevanju škode v pridelavi sadja (Caruso s sod., 2019 Canadian s sod., 2018; Candian s sod., 2021; Fornasiero s sod., 2023).

2. MATERIALI IN METODE

Preizkušanje protiinsektnih mrež smo izvajali v Sadjarskem centru Bilje v intenzivnem nasadu jablan sorte 'Fuji', ki je zaradi poznega zorenja dolgo izpostavljena napadu marmorirane smrdljivke, kar ima za posledico veliko škodo na pridelku. V dvoletnem poskusu smo primerjali učinkovitost protiinsektnih in protitočnih mrež v sistemu enovrstnega prekrivanja. Drevesa po celi dolžini vrst v obravnavanjih 1 in 3 so bila pokrita s protiinsektno oz. protitočno mrežo od konca cvetenja vse do obiranja. Vmesni vrsti 2 in 4 sta bili v tem obdobju odkriti in sta predstavljali kontrolo (obravnavanje 2 = kontrola 1; obravnavanje 4 = kontrola 2). Vsa drevesa v obravnavanjih 1-4 so bila škropljena v skladu s škropilnim programom za integrirano varstvo jablane, vendar samo proti povzročiteljem glivičnih bolezni, medtem ko je bila uporaba insekticidov v obdobju po cvetenju do obiranja jablan, v tem delu nasada opuščena. V času izvajanja poskusa smo na poskusni parceli s feromonskimi pastmi tedensko spremljali populacijo marmorirane smrdljivke in jabolčnega zavijača. Ocenov poskusa smo izvedli v času tehnološke zrelosti sorte 'Fuji', ki na Goriškem običajno dozori v prvi dekadi meseca oktobra. Leta 2022 smo jabolka obirali 4. oktobra, leta 2023 pa teden dni kasneje 11. oktobra. V vsakem obravnavanju smo naključno pobrali vzorec 500 plodov. Plodovi v vzorcu so bili enakomerno zastopani, obrani z dreves vzdolž celotne vrste ter na različnih višinah krošnje. Po obiranju smo plodove vizualno pregledali ter jih glede na vrsto povzročitelja poškodbe razvrstili v štiri kategorije (zdravi plodovi, plodovi poškodovani od marmorirane smrdljivke, plodovi poškodovani od jabolčnega zavijača, plodovi z drugimi poškodbami). Podatke smo analizirali s pomočjo metod opisne statistike.

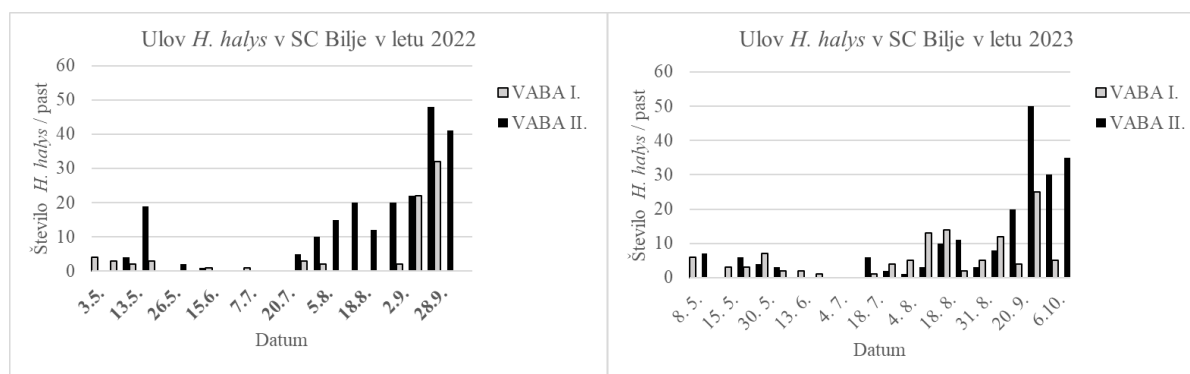


Slika 1: Zasnova poskusa; Bilje 2022-2023

Figure 1: Experimental design; Bilje 2022-2023

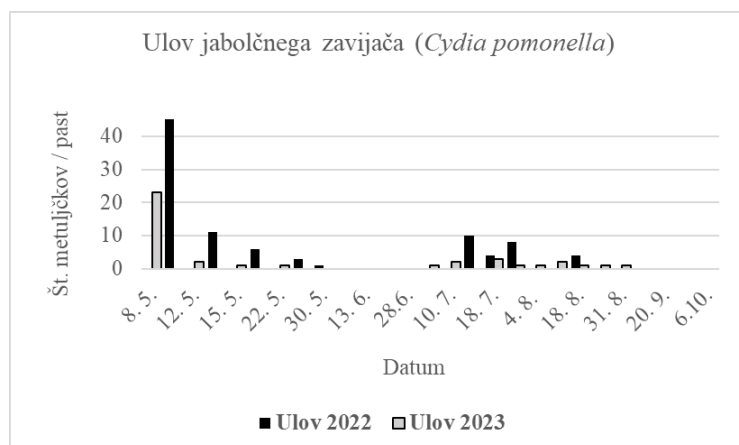
3. REZULTATI IN RAZPRAVA

Ulov marmorirane smrdljivke v poskusnem nasadu jablan v Sadjarskem centru Bilje je bil v letih 2022 in 2023 po številčnosti zelo primerljiv. Leta 2022 je povprečni kumulativni ulov znašal 147 odraslih stenic na past, leta 2023 pa 157 odraslih stenic na past. V primerjavi z drugimi lokacijami v okolici, so bili ulovi marmorirane smrdljivke na lokaciji Bilje relativno majhni. V nasadih jablan na sosednjih lokacijah Vogrsko, Dombrova in Šempeter so namreč kumulativni ulovi v pasteh v istem obdobju znašali 700-1800 stenic na past. Dinamika pojava odraslih marmoriranih smrdljivk na lokaciji Bilje v letih 2022 in 2023 kaže na izrazito rast števila ujetih stenic v pasteh zlasti v avgustu in septembru, kar je povezano s selitvijo marmorirane smrdljivke v nasade v obdobju dozorevanja jabolk. Pozen pojav stenic v nasadu jablan so potrjevale tudi vrste nastalih poškodb na plodovih. Značilne poškodbe kot so udrte pege na plodovih, plutavost in porjavenje mesa, nastajajo pri hranjenju stenic na plodovih v fazi zorenja.



Slika 2: Tedenski ulovi marmorirane smrdljivke (*Halyomorpha halys*) na feromonskih pasteh leta 2022 (levo) in 2023 (desno); Bilje

Figure 2: Weekly trap captures of *Halyomorpha halys* adults in pheromone-baited traps in years 2022(left) and 2023 (right); Bilje

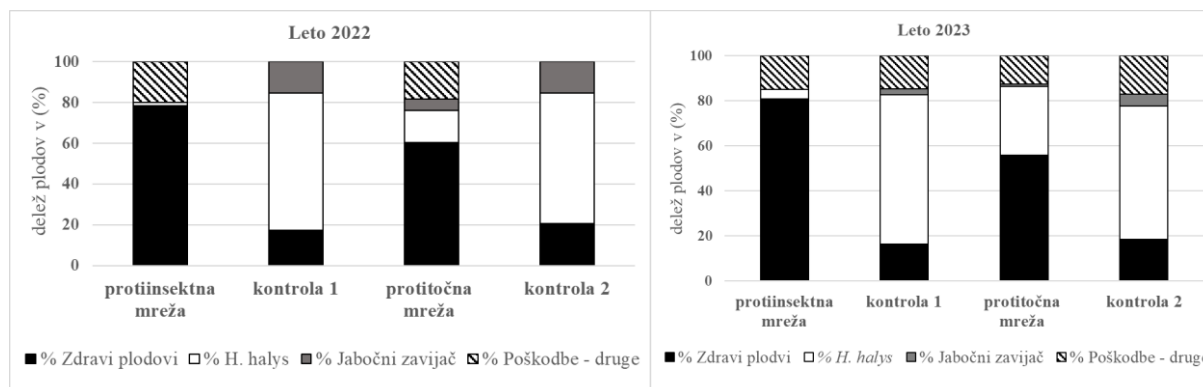


Slika 3: Tedenski ulovi jabolčnega zavijača (*Cydia pomonella*) v letih 2022 in 2023; Bilje

Figure 3: Weekly trap captures of codling moth (*Cydia pomonella*) in pheromone-baited traps in years 2022 and 2023; Bilje

Na lokaciji Bilje se dinamika ulova jabolčnega zavijača med leti 2022 in 2023 ni razlikovala. Prvi rod zavijača, ki je bil v obeh letih številčnejši od drugega, je vrh dosegel konec prve dekade maja. Drugi rod metuljkov, ki se je pojavljal od začetka julija naprej, je vrh dosegel

sredi meseca julija. Prag škodljivosti (7-10 metuljčkov/vabo/teden) je bil pri drugem rodu presežen samo v letu 2022. Populacija zavijača je bila leta 2022 dvakrat večja kot leta 2023, kar se je odrazilo tudi v visokem deležu črvivih plodov v kontrolnih obravnavanjih. V obeh kontrolnih obravnavanjih smo leta 2022 v povprečju ugotovili 15,4% črvivih plodov zaradi napada zavijača, leta 2023 pa je črvičnost znašala 2,8 oz. 5,2%. Protiinsektne mreže so v obeh letih popolnoma preprečile napad zavijača, protitočne pa so ga le delno zmanjšale. V obravnavanju s protitočno mrežo smo imeli v letu z večjo populacijo zavijača (2022) 5-odstotno črvičnost plodov, v letu 2023, ko je bila populacija škodljivca manjša, pa le 1-odstotno.



Slika 4: Delež poškodovanih plodov (%) glede na povzročitelja pri posameznem obravnavanju v letih 2022 (levo) in 2023 (desno); Bilje
Figure 4: Percentage of damaged fruits (%) according to causative agent between different treatments in years 2022 (left) and 2023 (right), Bilje

Poškodovanost plodov zaradi napada marmorirane smrdljivke je bila pod protiinsektno mrežo zanemarljiva v primerjavi s kontrolo. Leta 2022 je znašala 1,8%, leta 2023 pa 4,2%. V obeh letih smo v kontrolnih obravnavanjih, brez uporabe kakršnekoli zaščite, zabeležili izjemno napadenost plodov. Leta 2022 je bilo v posameznih kontrolnih obravnavanjih 1 in 2 poškodovanih 71,4% (kontrola 1) oz. 66,8% (kontrola 2), leta 2023 pa 66,2% v kontroli 1 ter 59,2 v kontroli 2. Nekoliko manj učinkovite v preprečevanju poškodb so bile protitočne mreže. Leta 2022 je bilo pod tovrstno zaščito poškodovanih 16% plodov, leta 2023 pa kar 30%. Dimenzije pletiva protitočnih mrež (2,9 x 8,7 mm), ki smo ga preizkušali, seveda ne zadržijo ličink marmorirane smrdljivke. Predvsem višje stopnje ličink L4 in L5, ki so zelo mobilne pa v primeru dostopa do plodov lahko povzročijo veliko škodo z vbadanjem in s hranjenjem na plodovih.

V obeh letih preizkušanj smo v vseh obravnavanjih zabeležili tudi dokaj visok odstotek drugih poškodb na plodovih, ki niso bile povezane z jabolčnim zavijačem in marmorirano smrdljivko. Večji delež so predstavljale sadne gnilobe, povezane z neugodnimi vremenskimi razmerami v obdobju zorenja jabolk. Pojav je bil posebej izrazit leta 2022, ko je hudi poletni suši sledilo obilno deževje v poznem poletju. Vzrok za visok delež poškodb pod protitočno mrežo gre iskati tudi v prerazmnožitvi krvave uši, ki je bila v tem obravnavanju izdatno prisotna prav tako leta 2022. V kolikor temeljito ukrepanje proti škodljivcu ni izvedeno v obdobju pred cvetenjem, so kasnejša škropljenja ob spuščeni mrežah manj učinkovita. Problematiko prerazmnožitve uši pod mrežami izpostavljajo nekateri avtorji v predhodnih raziskavah (Alaphilippe s sod., 2016).

Preizkušanje enovrstnega sistema protiinsektnih mrež v preprečevanju škode zaradi

jabolčnega zavijača in marmorirane smrdljivke na jablani je potrdilo njihove multifunkcijske lastnosti. V raziskavi smo uporabili protiinsektne mreže z velikostjo okenca $< 1 \text{ mm}^2$, ki se običajno uporabljajo v nasadih koščičarjev in jagodičevja za zaščito pred plodovo vinsko mušico (*Drosophila suzukii*) (Rot s sod., 2021). Žal, zaradi epidemije Covid-19 v času postavitve poskusa, protiinsektne mreže z ustrežnejšimi dimenzijami pletiva niso bile dobavljive. Za namene preizkušanja, kot tudi v praktični rabi, bi enak učinek dosegli z mrežami iz manj gostega pletiva. V ponudbi različnih proizvajalcev so na tržišču dostopne mreže s standardnimi dimenzijami pletiva 1,3 x 4,7 mm, 2,50 x 4,0 mm, 2,50 x 4,0 mm, 2,4 x 4,8 mm in drugih dimenzij. Mnoge med njimi so bile v zadnjih letih preizkušene in ocenjene v raziskavah ter izkazale učinkovitost zoper trenutno najbolj pereča škodljivca v nasadih pečkarjev, marmorirano smrdljivko in jabolčnega zavijača (Candian s sod., 2018; Caruso in Vergnani, 2019; Marshall s sod., 2021).

Poleg zaščite pred škodljivci in ptiči, protiinsektne mreže nudijo tudi zaščito pred vremenskimi nepravilnostmi kot sta toča in veter in kar je najpomembnejše, bistveno prispevajo k zmanjšanju rabe insekticidov v nasadih. Seveda ostaja odprtih še veliko vprašanj, ki zahtevajo odgovore podprte z ustreznimi raziskavami. Pri tem imamo v mislih vpliv mrež na prerazmnožitev drugih škodljivcev (pršice, uši, ...) ter na zunanjo in notranjo kakovost plodov (velikost plodov, obarvanost, vsebnost sladkorjev, skladiščne sposobnosti jabolk, ...). Protitočne mreže v bločnih sistemih lahko zaustavijo nalet marmorirane smrdljivke z vrha, za bočno zaščito pa je potrebno uporabiti gostejše pletivo oz. protiinsektne mreže. Znano je, da protitočne mreže omejujejo let jabolčnega zavijača, kar lahko dodatno prispeva k manjši rabi insekticidov v zaščitenih nasadih.

4. ZAHVALA

Raziskava je nastala v okviru projekta "Obvladovanje marmorirane smrdljivke (*Halyomorpha halys*) v Sloveniji." (CRP V4- 2002); Vir financiranja ARIS, MKGP.

5. LITERATURA

- Alaphilippe, A., Capowiez, Y., Severac, G., Simon, S., Saudreau, M., Caruso, S., Vergnani, S., 2016. Codling moth exclusion netting: an overview of French and Italian experiences. IOBC-WPRS Bull. 112, 31–35.
- Berlinger, M. J., Taylor, R. A. J., Lebiush-Mordechi, S., Shalhevet, S., Spharim, I. 2002. Efficiency of insect exclusion screens for preventing whitefly transmission of tomato yellow leaf curl virus of tomatoes in Israel. Bulletin of Entomological Research, 92(5), 367–373. <https://doi.org/10.1079/BER2002180>
- Candian, V., Pansa, M., Briano, R., Cristiana, P., Tedeschi, R., Tavella, L. 2018. Exclusion nets: A promising tool to prevent *Halyomorpha halys* from damaging nectarines and apples in NW Italy. Bulletin of Insectology, 71.
- Candian, V., Pansa, M. G., Santoro, K., Spadaro, D., Briano, R., Peano, C., Tavella, L., & Tedeschi, R. 2021. First multi-target application of exclusion net in nectarine orchards: effectiveness against pests and impact on beneficial arthropods, postharvest rots and fruit quality. Insects, 12(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/insects12030210>
- Caruso S., Vergnani S. 2019. Cimice asiatica: buon controllo con le reti multifunzionali. L'Informatore Agrario, 24-25: 47-50.
- Chouinard, G., Firlej, A., Cormier, D. 2016. Going beyond sprays and killing agents: Exclusion, sterilization and disruption for insect pest control in pome and stone fruit orchards. Scientia Horticulturae, 208, 13–27. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.03.014>
- Fornasiero, D., Scaccini, D., Lombardo, V., Galli, G., Pozzebon, A. 2023. Effect of exclusion net timing of deployment and color on *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) infestation in

- pear and apple orchards. *Crop Protection*, 172, 106331. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106331>
- Giannoulis, A., Briassoulis, D., Papadaki, N.-G., Mistriotis, A. 2021. Evaluation of insect-proof agricultural nets with enhanced functionality. *Biosystems Engineering*, 208, 98–112. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.05.012>
- Marshall, A. T., Beers, E. H. 2021. Efficacy and nontarget effects of net exclusion enclosures on apple pest management. *Journal of Economic Entomology*, 114(4), 1681–1689. <https://doi.org/10.1093/jee/toab094>
- Romet, L., Severac, G. 2008. Alt'Carpo, une alternative efficace. *Phytoma* 612, 16–20.
- Rot, M., Devetak, M., Carlevaris, B., Žežlina, J., Žežlina, I. 2018. First record of brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys* (Stål, 1855)) (Hemiptera: Pentatomidae) in Slovenia. *Acta entomologica slovenica*, ISSN 1318-1998, jun. 2018, vol. 26, št. 1, str. 5-12, ilustr., zvd.
- Rot, M., Žežlina, I., Carlevaris, B., Devetak, M., Žežlina, J., Dariž, J., Juretič, V., Trdan, S. 2022. Prvi korak na poti k biotičnemu varstvu marmorirane smrdljivke (*Halyomorpha halys* [Stål, 1855], Hemiptera, Pentatomidae) v Sloveniji = First steps towards biological control of brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys* [Stål, 1855], Hemiptera, Pentatomidae) in Slovenia. 15. slovensko posvetovanje o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo: izvlečki referatov, 32–33.
- Rot, M., Žežlina, I., Devetak, M., Rak Cizej, M., Poličnik, F., Koron, D., Cvelbar Weber, N., Modic, Š., Žigon, P., Novljan, M., Razinger, J., De Groot, M., Kavčič, Andreja. 2021. Strokovna priporočila za obvladovanje plodove vinske mušice: *Drosophila suzukii* (Matsumura). [s. l.: s. n., 2021]. 1 spletni vir (1 datoteka PDF (36 str.)), ilustr. <https://www.ivr.si/wp-content/uploads/2020/07/Priporocila-za-zatiranje-PVM-KONCNA.pdf>.
- Sauphanor, B., Dirwimmer, C., Volay, T., Boutin, S., Chaussabel, A. L., Dupont, N., Fauriel, J., Gallia, V., Lambert, N., Navarro, E. 2009. Analyse comparative de différents systèmes en arboriculture fruitière. In: INRA (ed.) *Ecophyto R&D: vers des systèmes de culture économes en produits phytosanitaires*. Rapport d'Expertise Collective Inra, Tome IV, 68 p.

POPULACIJSKA DINAMIKA MARMORIRANE SMRDLJIVKE (*Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae)) V OLJČNIKIH SLOVENSKE ISTRE LETA 2023

Sara HOBLAJ¹, Marko DEVETAK¹, Matjaž JANČAR¹, Mojca ROT¹, Jan ŽEŽLINA¹

POVZETEK

Marmorirana smrdljivka je invazivna tujerodna ščitasta stenica, ki se v Sloveniji pojavlja že od leta 2017. Populacija se iz leta v leto povečuje, hkrati se povečuje tudi gospodarska škoda na kmetijskih rastlinah. Gre za izrazitega polifaga, do sedaj je bilo namreč potrjenih že več kot 100 gostiteljskih rastlin. V Sloveniji največ škode povzroča v pridelavi breskev, jabolk in hrušk. V zadnjih letih opažamo škodo tudi v oljčnikih. Oddelek za varstvo rastlin Kmetijsko gozdarskega zavoda Nova Gorica spremlja populacijo marmorirano smrdljivko že od leta 2017. Leta 2021 smo na območju slovenske Istre prvič zaznali poškodbe na plodovih oljk, predvsem v fenofazi od konca cvetenja do trdenja koščice (BBCH 69-75), ko je plod oljke najbolj občutljiv na vbode. Zato smo leta 2021 pričeli s sistematičnim spremljanjem ulova marmorirane smrdljivke s feromonskimi pastmi tudi v oljčnikih. Z namenom ugotavljanja velikosti populacije in sezonske dinamike marmorirane smrdljivke na celotnem območju slovenske Istre smo leta 2023 spremljanje razširili na skupno 5 lokacij oz. oljčnikov. Marmorirano smrdljivko smo spremljali s pomočjo visečih piramidnih pasti proizvajalca Rescue® opremljenih z agregacijskim feromonom proizvajalca Trécé. Ulovi odraslih stenic in ličink so bili med lokacijami zelo različni. V primerjavi z ulovi v predhodnih letih ugotavljamo, da populacije marmorirane smrdljivke na območju slovenske Istre naraščajo.

Ključne besede: marmorirana smrdljivka, populacijska dinamika, oljčniki, slovenska Istra

POPULATION DYNAMICS OF THE BROWN MARMORATED STINK BUG (*Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae)) IN THE OLIVE ORCHARDS OF SLOVENIAN ISTRIA IN 2023

ABSTRACT

Brown marmorated stink bug is an invasive non-native stink bug that has been present in Slovenia since 2017. Its populations are increasing year by year, while the economic damage to agricultural crops is also increasing. It is a polyphagous pest, with more than 100 host plants confirmed so far. It causes significant damage to peach, apple and pear production in Slovenia. In recent years, damage has also been observed in olive orchards. The department of plant protection of Agriculture and Forestry Institute Nova Gorica has been monitoring the brown marmorated stink bug since 2017. In 2021, the first damage to olive fruit caused by the brown marmorated stink bug was observed in olive orchards, especially during the phenological stages from the end of flowering to stone set (BBCH 69-75), when the olive fruits are most susceptible to stink bug feeding. Therefore, in 2021 a systematic monitoring with pheromone baited traps was implemented into olive orchards. In order to investigate the

¹ Kmetijsko gozdarski zavod Nova Gorica, Oddelek za varstvo rastlin, Pri hrastu 18, 5000 Nova Gorica

population size and seasonal dynamic in whole territory Slovenian Istria, the monitoring was expanded to five locations in 2023. Hanging pyramid trap manufactured by Rescue®, baited with Trécé aggregation pheromones was used in monitoring pest population. Trap catches of adults and nymphs varied widely between locations. In comparison to the trap catches in previous years, an increasing trend in pest population was observed in Slovenian Istria in 2023.

Keywords: brown marmorated stink bug, population dynamics, olive orchards, Slovenian Istria

1. UVOD

Marmorirana smrdljivka (*Halyomorpha halys* Stål, 1855; Hemiptera: Pentatomidae) izvira iz vzhodne Azije. Uvrščamo jo v družino ščitastih stenic (Pentatomidae). Gre za tujerodno, polifagno vrsto z visokim razmnoževalnim potencialom. Ker v Evropskem prostoru nima naravnih sovražnikov je postala ena izmed najbolj invazivnih in škodljivih tujerodnih žuželk. Stenica se je v Sloveniji prvič pojavila leta 2017 v Šempetru pri Gorici (Rot s sod., 2018). Na tem območju se je populacija škodljivca hitro povečala; značilna je tudi škoda na kmetijskih rastlinah. Danes jo lahko najdemo na celotnem območju Slovenije. Marmorirana smrdljivka ima status gospodarsko pomembnega škodljivca. Največ škode povzroča v sadjarstvu (predvsem na pečkarjih in koščičarjih) ter tudi drugih panogah (vrtnarstvo, poljedelstvo). Marmorirana smrdljivka je prisotna celotno rastno sezono, od konca aprila, ko prehaja iz zimskih prezimovališč, do novembra/decembra, ko se odpravlja v prezimovališča (hiše, skladišča, barake, vikendi, kleti) (Inkley, 2012).

Marmorirana smrdljivka je za razliko od ostalih vrst ščitastih stenic izrazit polifag (redno menjuje gostitelje) in zelo dober letalec. Tekom rastne dobe povzroča poškodbe na plodovih in ostalih delih rastline s stiletom (sesalnim organom), s katerim izsesava rastlinske sokove in utekočinjeno pulpo plodov. Poškodbe so lahko primarne ali sekundarne narave, torej hranjenje stenice na razvijajočih plodovih povzroča deformacije le-teh, na zrelih pa nekrotične pege, razbarvanja, plutenje tkiva in druge poškodbe. Gospodarska škoda, ki jo marmorirana smrdljivka povzroči v posameznem letu, je odvisna od vremenskih razmer ter velikosti populacije škodljivca, obenem pa tudi od intenzivnosti in uspešnosti izvajanja ukrepov zdravstvenega varstva (Trdan in sod., 2023).

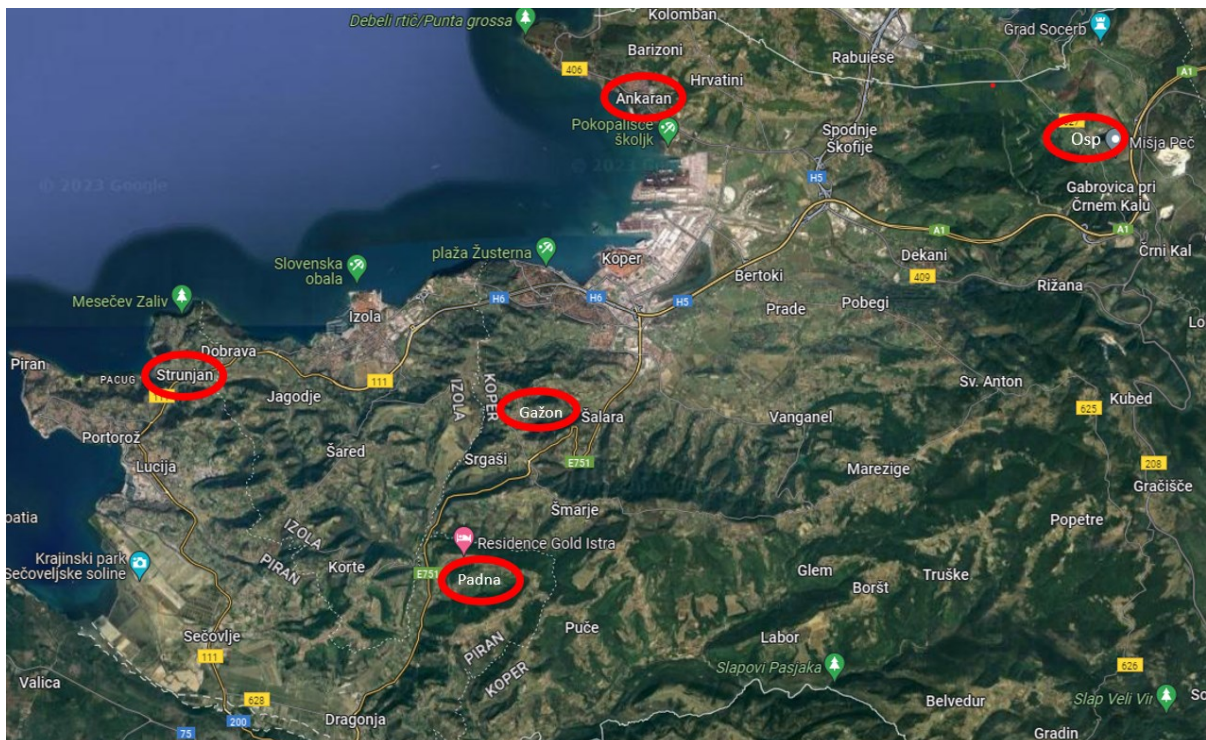
Marmorirana smrdljivka ima preko 100 evidentiranih gostiteljskih rastlin (število narašča). Med gostitelji je tudi oljka, zlasti pri večji namnožitvi škodljivca. Največ škode lahko povzroča na plodovih v zgodnji razvojni fazi (konec cvetenja do otrditve koščice). Napadeni plodovi so deformirani, tkivo okrog vbodnega mesta nekrotizira in otrdi. Poškodovani plodovi lahko tudi odpadejo. Deformirani plodovi niso primerni za vlaganje predvsem iz estetskega vidika, nimajo pa večjega negativnega vpliva pri pridelavi olja (Ivančič in sod., 2022).

Na Kmetijsko gozdarskem zavodu Nova Gorica škodljivko spremljamo vse od njenega prvega pojava leta 2017. S spremljanjem s feromonskimi pastmi v oljčnikih smo začeli leta 2021. V letu 2023 pa smo število pasti v oljčnikih povečali na 5 lokacij na območju slovenske Istre, saj nas je zanimala njena sezonska dinamika v oljčnikih na tem območju. S spremljanjem sezonske dinamike škodljivca pridobimo natančne podatke o številčnosti pojava škodljivca glede na razvojni stadiji tekom rastne dobe. Podatki, pridobljeni s spremljanjem sezonske dinamike škodljivca so pomembni predvsem za pripravo programov varstva, saj s tem lahko

določimo najbolj optimalen čas zatiranja kar vpliva na učinkovitost in smotrnost uporabe sredstev za varstvo rastlin.

2. MATERIALI IN METODE

Sezonsko dinamiko marmorirane smrdljivke v oljčnikih smo spremljali na petih lokacijah, in sicer: Ankaran, Strunjan, Gažon, Padna in Osp. Ankaran in Strunjan spadata pod priobalni pas, Gažon, Padna in Osp pa v zaledje slovenske Istre. Vabe za spremljanje marmorirane smrdljivke smo v oljčnike postavili konec marca 2023, s spremljanjem pa smo zaključili v začetku decembra 2023, ko so se še zadnje odrasle stenice preselile v zimska zatočišča. Lokacije so predstavljene na sliki 1.



Slika 1: Lokacije vab za spremljanje marmorirane smrdljivke v oljčnikih v Slovenski Istri

Figure 1: Locations of baits for monitoring the brown marmorated stink bug in olive orchards in Slovenian Istria

Za spremljanje marmorirane smrdljivke smo uporabljali viseče piramidalne pasti (slika 2) proizvajalca Rescue® z agregacijskim feromonom blagovne znamke Trécé. Po navodilih proizvajalca Trécé smo agregacijske feromone menjali na 12 tednov. Pasti smo pregledovali enkrat tedensko. Pri tem smo beležili število ujetih osebkov glede na razvojno stopnjo (ličinke, odrasli). V oljčnikih smo pregledovali tudi spodnjo stran listov, če bi bila mogoče prisotna jajčeca marmorirane smrdljivke.



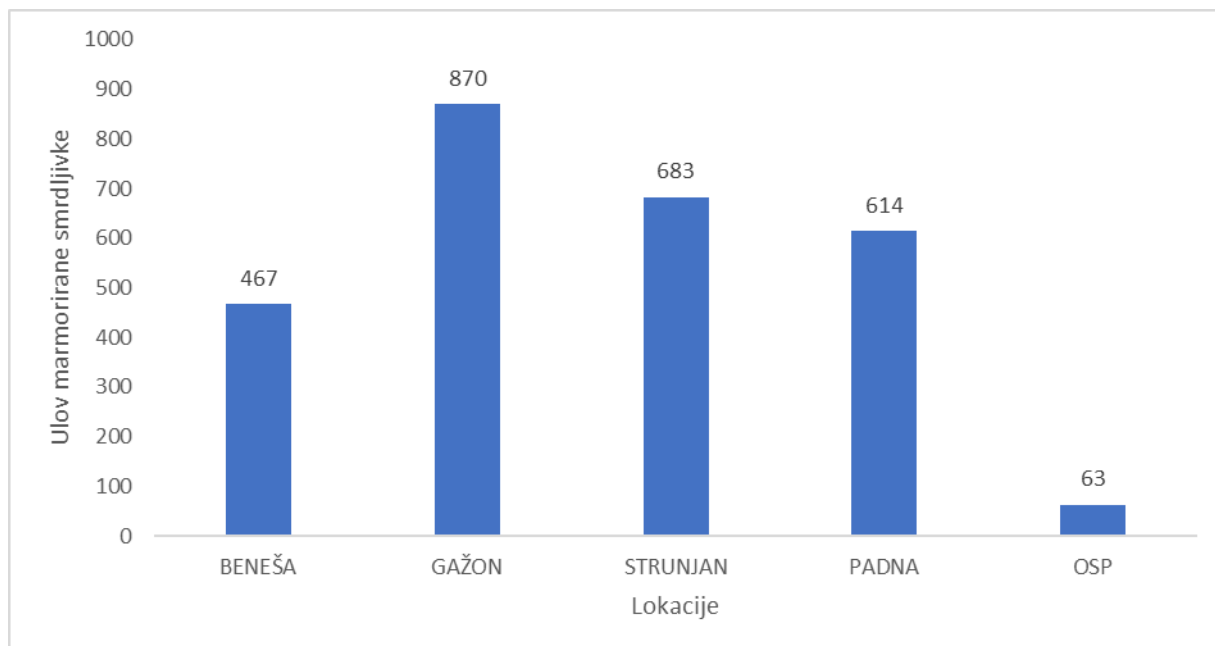
Slika 2: Piramidalna past proizvajalca Rescue® z agregacijskim feromonom blagovne znamke Trécé za spremljanje marmorirane smrdljivke

Figure 1: Pyramid trap by Rescue® with aggregation pheromone by Trécé to monitor the brown marmorated stink bug

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

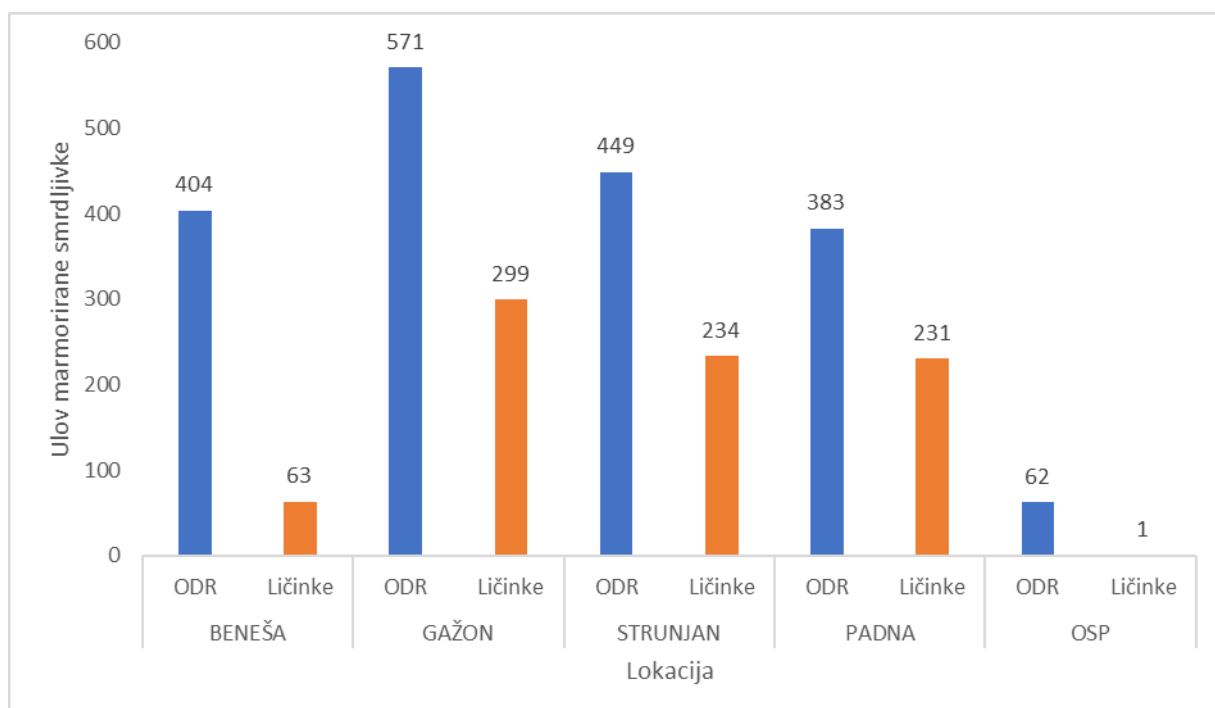
Za razliko od prejšnjih sezon, ko se je marmorirana smrdljivka pojavljala povečini le na območju Goriških brd in Vipavske doline se je v letu 2023 v večjem številu pojavila tudi v slovenski Istri. Večje populacije marmorirane smrdljivke opazamo tudi v oljčnikih, kjer vrsto že več let spremljamo s feromonskimi vabami. V letu 2023 opazamo, da se je populacija škodljivke v oljčnikih povečala. Zadnja tri leta beležimo tudi večje število odpadlih plodov v obdobju od zaključka cvetenja do otditve koščice, ko so plodovi oljk najbolj občutljivi na vbode žuželk. Vzrokov za odpadanje oljk je lahko več, in sicer so lahko v pojav vključeni abiotski ali biotski dejavniki. V sosednji Italiji poročajo o možnosti vpliva vbdov marmorirane smrdljivke na zgodnje odpadanje plodov oljk (Zapponi in sod., 2022).

S spremljanjem marmorirane smrdljivke v 5 oljčnikih na območju slovenske Istre smo pričeli 30. 3. 2023 ter zaključili 1. 12. 2023. Prve odrasle stenice smo na 4 lokacijah ulovili 4. 5. 2023, najvišji ulov je bil v oljčniku v Ospu (16 stenice), najnižji pa v Padni in Gažonu (1 stenica). Na lokaciji Beneša (Ankaran) so se prve 3 stenice ulovile 12. 5. 2023. Številčnejše so se odrasle stenice začele pojavljati med 26. 5. in 24. 7. 2023.



Slika 3: Skupni ulov marmorirane smrdljivke v letu 2023 po lokacijah

Figure 3: Total catch of brown marmorated stink bug in 2023 by location



Slika 4: Skupni ulov marmorirane smrdljivke (število odraslih in ličink) po lokacijah v letu 2023

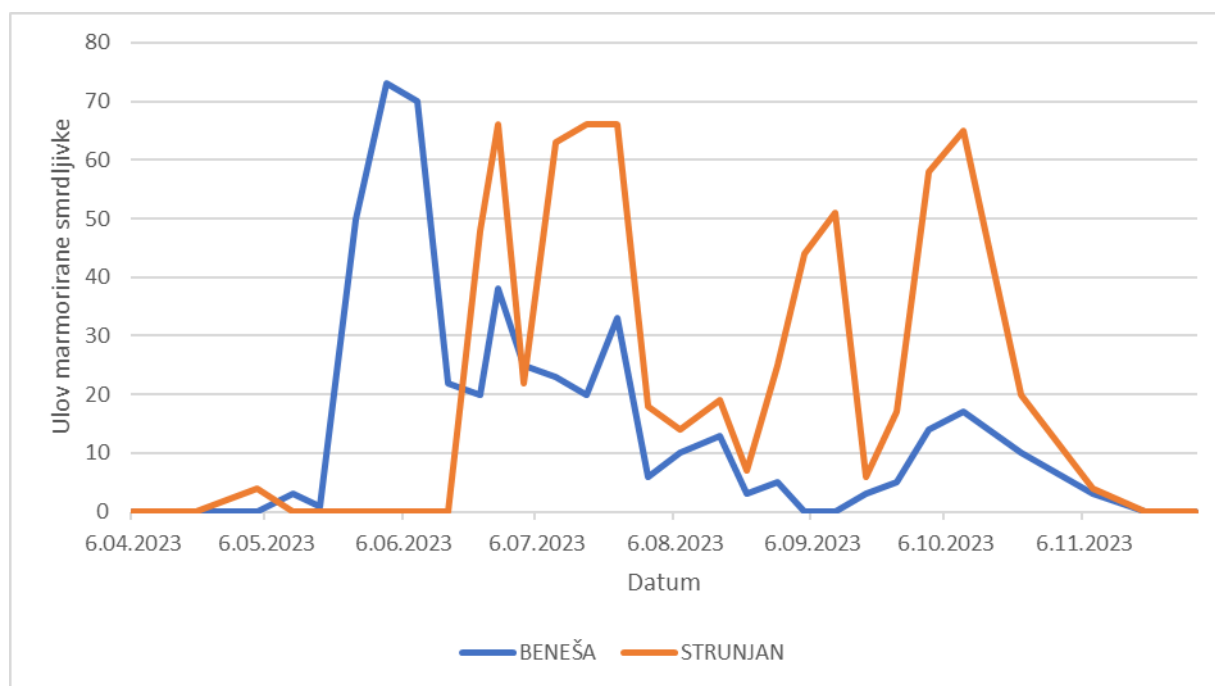
Figure 4: Total catch of brown marmorated stink bug (number of adults and larvae) by location in 2023

Na lokaciji Beneša se je 9. 6. 2023 ulovila prva ličinka, 23. 6. 2023 pa so se ličinke v večjem številu pojavile tudi na ostalih lokacijah, razen v vabi v Ospu. Ličinke so se v vabah pojavljale vse do 23.10.2023, od takrat pa do 8. 11. 2023 smo v vabah dobili samo še odrasle osebkke. S spremljanjem smo zaključili 1. 12. 2023, saj od 8. 11. v vabah nismo več beležili ulova.

Na sliki 3 je predstavljen seštevek ulova marmoriranih smrdljivk po lokacijah. Kot lahko vidimo je bilo od 30. 3. 2023 do 1. 12. 2023 najvišje število ujetih stenic lokaciji Gažon 870, sledi lokacija Strunjan s 683 marmoriranimi smrdljivkami, nato Padna s 614, Beneša s 467 in na koncu Osp s 63.

Na sliki 4 je predstavljeno število odraslih marmoriranih smrdljivk in število ličink (od L2 do L5) po lokacijah. Na vseh lokacijah smo v pasti ulovili več odraslih stenic, kot pa ličink. Kot že zgoraj omenjeno so se ličinke pojavljale od 9.6.2023 do 23.10.2023 v različnih razvojnih stadijih.

Na slikah 5 in 6 je predstavljena dinamika marmorirane smrdljivke na vseh 5 lokacijah. Zaradi boljše preglednosti rezultatov je populacijska dinamika stenice predstavljena na dveh slikah. Na sliki 5 je povzeto stanje na lokacijah Beneša (Ankaran) in Strunjan, ki spadata v priobalni pas, na sliki 6 pa Gažon, Padna in Osp, ki spadajo pod zaledje Slovenske Istre. Kot lahko vidimo je bil na lokaciji Beneša najvišji ulov v obdobju od 26. 5. 2023 do 16. 8. 2023, vrh je bil dosežen 2. 6. 2023. Na lokaciji Strunjan se je povečan ulov smrdljivke pojavil nekoliko kasneje, in sicer, 23. 6. 2023, je pa bil ulov kasneje višji kot na lokaciji Beneša vse do 8. 11. 2023, ko je tudi ulov v Strunjanu začel padati.

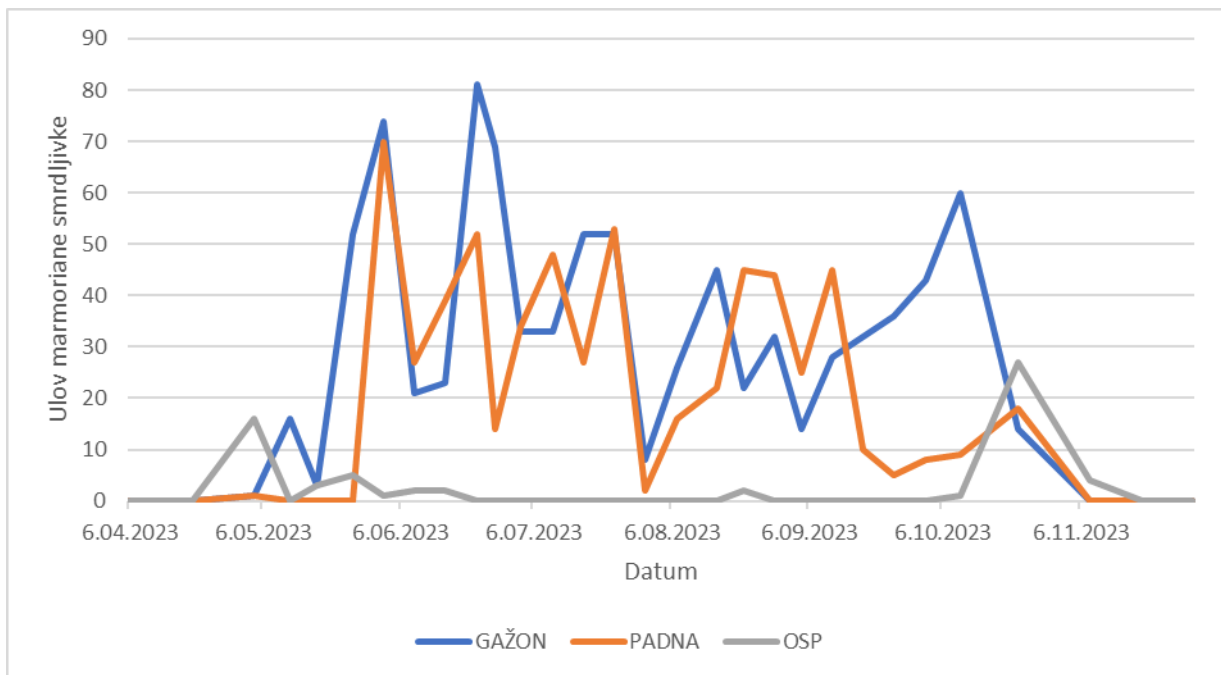


Slika 5: Dinamika ulova marmorirane smrdljivke v priobalnem pasu

Figure 5: Catch dynamics of brown marmorated stink bug in the coastal zone

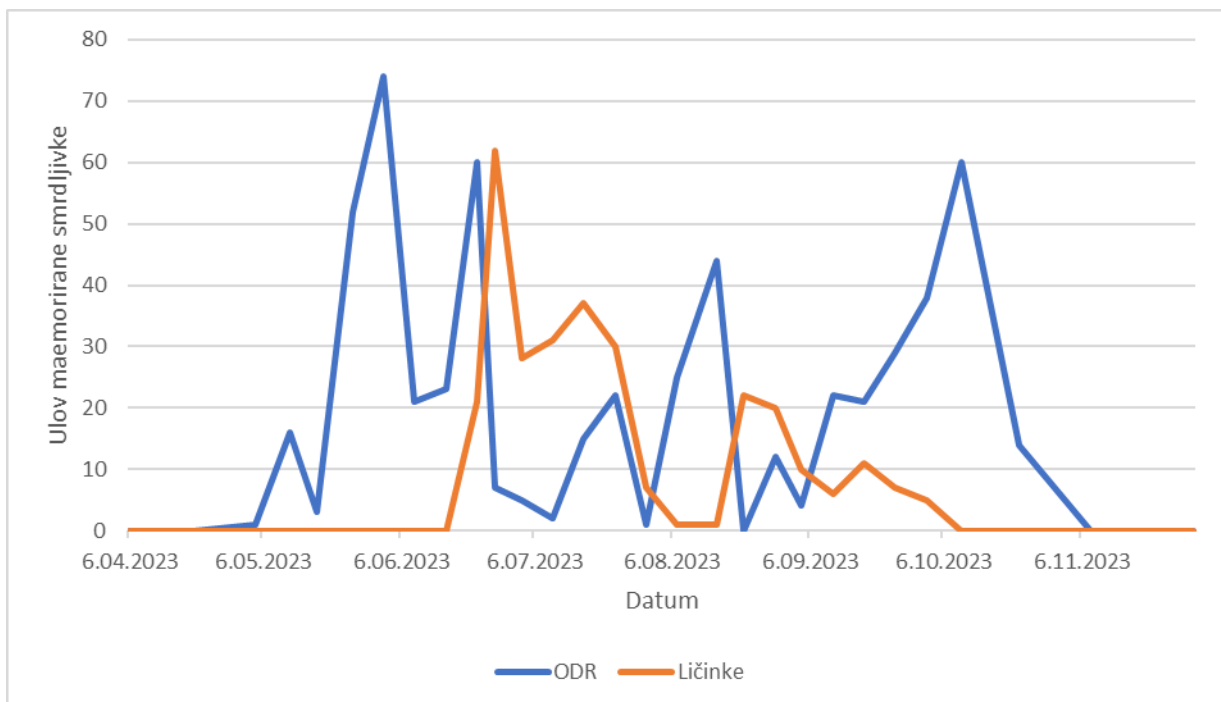
V zaledju slovenske Istre so se stenice najprej začele pojavljati v Ospu (4. 5.), vendar je bil ulov kasneje zelo nizek oziroma ga ni bilo. Večji ulov smo zaznali šele med 6. 10. in 6. 11. 2023. Kot lahko vidimo je bil v Gažonu ulov konstantno visok v primerjavi z ostalima lokacijama.

Na sliki 7 je natančneje predstavljena dinamika odraslih stenic in ličink na lokaciji Gažon, ki je v letu 2023 imela najvišji ulov. Kot lahko vidimo so se začele ličinke številčneje pojavljati od 9. 6. 2023 pa vse do 23. 10. 2023, vrh je bil dosežen 27. 6. 2023.



Slika 6: Dinamika ulova marmorirane smrdljivke v zaledju Slovenske Istre

Figure 6: Catch dynamics of brown marmorated stink bug in the hinterland of Slovenian Istria

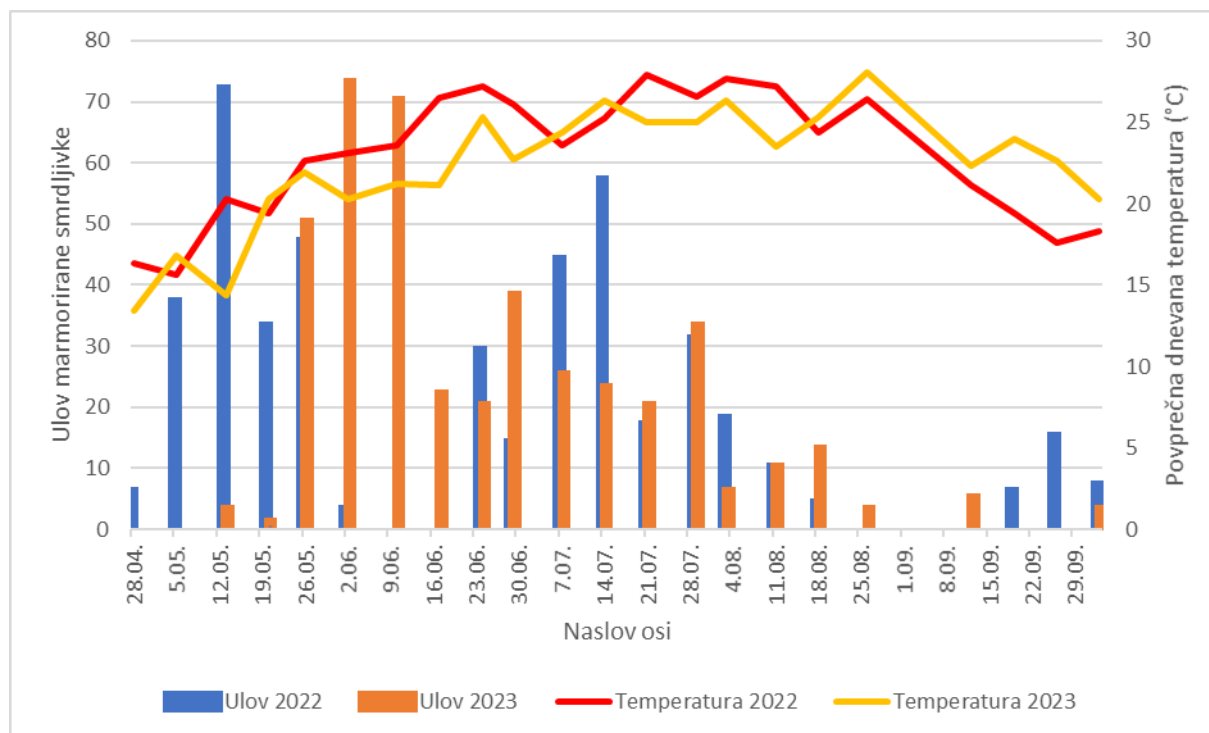


Slika 7: Dinamika ulova marmorirane smrdljivke na lokaciji Gažon (odrasle stenice in ličinke)

Figure 7: Catch dynamics of the brown marmorated stink bug at the location Gažon (adult bed bugs and larvae)

Na sliki 8 je predstavljen ulov marmorirane smrdljivke na lokaciji Beneša v letu 2022 in letu 2023 v obdobju od 28.4. do 3.10., ter povprečne dnevne temperature v oljčniku izmerjene s

pomočjo agrometeorološke postaje. Kot lahko vidimo se je v letu 2022 smrdljivka začela pojavljati 3 tedne prej, tako je bil vrh ulova tudi en teden prej kot v letu 2023. Ko je bila v letu 2023 populacija marmorirane smrdljivke največja je bila oljka v najbolj občutljivi fenofazi za vbode in sicer od konca cvetenja do otrdele koščice, kar bi lahko bil eden od možnih vzrokov za predčasno odpadanje plodov, vendar je zadeva bolj kompleksna in vsega ne moremo pripisati škodljivki. Najverjetneje gre za kombinacijo abiotskih in biotskih dejavnikov, zaradi tega bodo v prihodnje potrebne podrobnejše raziskave na tem področju. V enem od oljčnikov smo našli parazitiranja jajčeca marmorirane smrdljivke z jajčnim parazitoidom *Anastatus bifasciatus*.



Slika 8: Dinamika ulova marmorirane smrdljivke na lokaciji Beneša v letu 2022 in 2023 ter povprečne dnevne temperature v letu 2022 in 2023

Figure 8: Dynamics of the catch of brown marmorated stink bug at the Beneš location in 2022 and 2023 and average daily temperatures in 2022 and 2023

Kot lahko vidimo iz zgornjih rezultatov se populacijska dinamika marmorirane smrdljivke razlikuje od oljčnika do oljčnika. Tako v zaledju kot v priobalnem pasu so ulovi visoki, nizek ulov je imela samo lokacija Osp. Tudi okoliški prebivalci poročajo o večjem številu marmoriranih smrdljivk, ki so jeseni iskale zatočišče v stanovanjskih objektih, v primerjavi z jesenjo 2022. V naslednjih letih bomo s spremljanjem dinamike marmorirane smrdljivke v oljčnikih na več lokacijah v slovenski Istri nadaljevali in poskušali ugotoviti njen vpliv na pridelek. V literaturi se omenja možnost, da marmorirana smrdljivka z vbodom ploda oljk v fenofazi od konca cvetenja do otrditve koščice, lahko povzroči predčasno odpadanje plodov, s čimer se v zadnjih letih srečujemo tudi na našem območju (Zapponi in sod., 2022).

4. LITERATURA

Damos P., Soulopoulou P. in Thomidis. T. 2020. First record and current status of the brown marmorated sting bug *Halyomorpha halys* damaging peaches and olives in Northern Greece. J. Plant Prot. Res., 60, 323–326. <https://doi.org/10.24425/jppr.2020.133317>.

- Hoblaj S., Rot M., Devetak M., Jančar M. in Žežlina J. 2022. Razširjenost marmorirane smrdljivke (*Halyomorpha halys*) v oljčnikih in njeno obvladovanje. Oljka: novice Društva oljkarjev. sep. 2022, letn. 27, str. 18-20, ilustr. ISSN 1580-0113.
- Ivancic T., Grohar M.C., Jakopic J., Veberic R., Hudina M. 2022. Effect of brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys* Stål.) infestation on the phenolic response and quality of olive fruits (*Olea europaea* L.). *Agronomy*, 12, 2200.
- Inkley, D.B. 2012. Characteristics of home invasion by the brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Entomological Science*, 47(2), 125–130.
- Modic Š., Žigon P., Devetak M., Jančar M. in Hoblaj S. 2023. Marmorirana smrdljivka : *Halyomorpha halys* Stål. Integrirano varstvo rastlin : IVR. mar. ISSN 2670-7152.
- Rot M., Devetak M., Carlevaris B., Žežlina J. in Žežlina I., 2018. First record of brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys* (Stål, 1855)) (Hemiptera: Pentatomidae) in Slovenia. *Acta entomologica Slovenica*, Vol. 26, št. 1:5-12.
- Rot M., Persolja J., Bohinc T., Žežlina I. in Trdan S. 2023. Seasonal dynamics of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), in apple orchards of western Slovenia using two trap types. *Agriculture*. 2023, vol. 13, iss. 8, art. 1500, 22 str. ISSN 2077-0472.
- Rot M., Maistrello L., Costi E. in Trdan S. 2022 Biological parameters, phenology and temperature requirements of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in the Sub-Mediterranean climate of Western Slovenia. *Insects*, vol. 13, no. 10, art. 956, 15 str. ISSN 2075-4450.
- Trdan S., Laznik Ž., Bohinc T., Rupnik J., Vidrih M., Vučajnk F., Solar A., Godeša T., Žežlina I., Devetak M., Carlevaris B., Mrzlič D., Juretič V., Rot M., Lešnik M., Berk P., Tojnko S., Paušič A., Sirk M., Rak Cizej M., Poličnik F., Ferlež Rus A., Žveplan S., Miklavc J., Matko B., Mešl M., Lešnik, L. Modic Š., Žigon P., Praprotnik E., Nekrep I. in Razingger J., 2023. Obvladovanje marmorirane smrdljivke v Sloveniji: zaključno poročilo o rezultatih opravljenega raziskovalnega dela na projektu v okviru Ciljnega raziskovalnega programa (CRP) »Zagotovimo.si hrano za jutri« 2011 – 2020«. Ljubljana: Biotehniška fakulteta.str.173.
- Zapponi L., Morten M., Chiesa S. G., Angeli G., Borri G., Mazzoni V., Sofia M. in Anfora G., 2022. Brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*) feeding damage determines early drop in olive crops. *Journal of applied entomology*; 146: 791-795. doi: 10.1111/jen.13018

UČINKOVITOST PRIPRAVKOV Z NIZKIM TVEGANJEM NA ŠKODLJIVE ORGANIZME V OLJČNIKI

Sara HOBLAJ¹, Marko DEVETAK¹, Matjaž JANČAR¹, Jan ŽEŽLINA¹

POVZETEK

Najpomembnejša škodljiva organizma na oljki sta glivična bolezen pavje oko in oljčna muha. V letih z ugodnimi vremenskimi razmerami za razvoj obeh škodljivih organizmov in ob nezadostnem varstvu, lahko povzročita veliko gospodarsko škodo. Tudi na področju varstva oljk se kot posledica zelenega prehoda manjša nabor fitofarmaceutskih sredstev. V svetu se vse bolj uveljavljajo različne metode z nizkim tveganjem za omejevanja škodljivcev, vendar je njihova učinkovitost v našem okolju in na sortah še vprašljiva. V letih 2022 in 2023 smo izvedli poskus zatiranja pavjega očesa s pripravki na osnovi mikroorganizmov in zatiranje oljčne muhe s pripravki na osnovi talka oz. kaolina, ki jih uvrščamo bodisi med biostimulante ali pa med osnovne snovi za varstvo rastlin. Pri pavjem očesu smo v različnih terminih ocenili delež bolezenskih znamenj na listih, pri oljčni muhi pa delež aktivne in celotne poškodovanosti plodov ter rezultate primerjali z neškropljenim obravnavanjem. Pri pavjem očesu smo v primerjavi s kontrolo (neškropljeno obravnavanje) zaznali statistično značilno razliko v prid mikroorganizmov, pri oljčni muhi pa statistično značilne razlike med kontrolo in obravnavanjem s talkom oz. kaolinom ni bilo.

Ključne besede: pavje oko, oljčna muha, varstvo rastlin, metode z nizkim tveganjem, mikroorganizmi, osnovne snovi

EFFICIENCY OF LOW RISK PLANT PROTECTION PRODUCTS ON PESTS AND DISEASES IN OLIVE ORCHARDS

ABSTRACT

Among the most important pest and disease of olives are the fungal disease peacock leaf spot and the olive fruit fly. In years of favourable weather conditions and of improper pest control the development of both pest and disease can cause significant yield loss. In the field of olive crop protection, the Green Deal also reduces the range available pest control products. There is an increasing emphasis on low-risk methods, but with still questionable efficacy on our environment and on our varieties. In 2022 and 2023, we carried out a trial on the control of peacock leaf spot with microorganism-based products and on the control of olive fruit fly with talc or kaolin-based products, which are classified as either biostimulants or basic plant protection substances. The proportion of leaf symptoms was assessed at different dates for peacock leaf spot and for olive fruit fly, the proportion of active and total fruit damage was assessed and the results compared with the untreated control. For peacock leaf spot, there was a statistically significant difference in favour of the treatment with microorganisms-based products compared to the untreated, while for olive fruit fly there was no statistically significant difference between the untreated plot and the talc/kaolin treatments.

¹ Kmetijsko gozdarski zavod Nova Gorica, Oddelek za varstvo rastlin, Pri hrastu 18, 5000 Nova Gorica

Keywords: peacock leaf spot, olive fruit fly, plant protection, low-risk methods, microorganisms, basic substances

1. UVOD

Na območju Primorske gojenje oljk pridobiva na pomenu. Največje površine lahko najdemo v slovenski Istri, kjer je pomembna tudi z vidika izgleda kulturne krajine. Iz leta v leto se površine oljčnih nasadov povečujejo.

Najpomembnejša škodljivka oljk je oljčna muha, ki ima na našem območju ugodne pogoje za razvoj. Največjo škodo povzroča na sorti 'Istrska belica', ki je pri nas tudi najbolj razširjena. Vlažna poletja z nižjimi temperaturami ustrezajo razvoju škodljivke, v takih pogojih lahko pride do velikih populacij, ki povzročajo veliko gospodarsko škodo. Muha potrebuje za ugoden razvoj višjo relativno zračno vlažnost in temperature med 9 in 30 °C. Optimalna temperatura se giblje med 24 in 28 °C, temperature nad 35 °C pa so za muho lahko že letalne. Oljčna muha povzroča škodo na plodovih. Odrasla samica odloži jajčece v plod, iz njega se razvije žerka, ki ima tri larvalne stopnje. Žerka dela rove v plodu oljke, kjer se v zadnji fazi tudi zabubi. Iz bube se razvije odrasla muha, ki skozi izhodno odprtino zapusti plod oljke. Ob ugodnih razmerah se preko izhodne odprtine v oljki naselijo tudi glive in bakterije, ki povzročajo gnitje plodov, kar ima negativen vpliv na njihovo kakovost in posledično na slabšo kakovost olja. Večje populacije muhe na območju Primorske zaznavamo po prvih padavinah v mesecu avgustu. V letih, ko so populacije velike, se priporoča zgodnje obiranje plodov že v začetku oktobra. Zaradi visokega deleža poškodovanosti plodov lahko pride tudi do večjega odpadanja. Ob ugodnih vremenskih razmerah za oljčno muho in v kolikor ne izvajamo primerne varstva oljk, lahko povzroči tudi do 100% škode. Pojav oljčne muhe vpliva na količino in kakovost pridelka (Baldi in sod., 2019).

Najpomembnejša glivična bolezen oljk je pavje oko. Največ težav povzroča na nižjih in slabo prevetrenih legah. Tudi na to bolezen je najbolj občutljiva sorta 'Istrska belica'. Gliva povzroča poškodbe na listih. Bolezenska znamenja spominjajo na vzorec na pavjem perju. Od tod tudi ime mikozi. Ob močnih okužbah listi odpadejo, predvsem v spodnjem delu krošnje, kar vpliva na manjši pridelek v naslednjih letih. Za razvoj bolezni so ugodne temperature med 16 in 24 °C. Pomembne so tudi obilne padavine, ki vplivajo na omočenost listov (od 24 do 48 ur). Pojav pavjega očesa se lahko omeji z izvajanjem agrotehničnih ukrepov, ki zmanjšajo vlažnost v oljčniku ter vplivajo na boljšo osvetljenost in zračnost krošnje. Bolezen se zatira z uporabo registriranih fitofarmaceutskih sredstev (Vesel in sod., 2020).

Zaradi zelenega dogovora se na področju varstva rastlin manjša nabor kemičnih sredstev za varstvo rastlin. Vedno večji je poudarek na uporabi metod z nizkim tveganjem, kot so metoda konfuzije, množični ulov, uporaba sredstev na osnovi mikroorganizmov, uporaba osnovnih sredstev za varstvo rastlin, itd.. Tudi na področju varstva oljk se srečujemo s krčenjem nabora fitofarmaceutskih sredstev, zato je pomembno, da se izvedejo poskusi učinkovitosti metod z nizkim tveganjem, zlasti na najbolj razširjeni sorti 'Istrska belica'. Poskus smo izvedli v letu 2022 in 2023. Za zatiranje pavjega očesa smo uporabili dva pripravka na osnovi mikroorganizmov, za zatiranje oljčne muhe pa pripravek na osnovi talka oz. kaolina. Poskus je bil izveden v dveh vremensko zelo različnih sezonah, 2022 je bilo zelo sušno leto in neugodno za razvoj pavjega očesa in oljčne muhe, 2023 pa je bilo vlažno leto, ki je bilo zelo ugodno za razvoj obeh škodljivih organizmov.

2. MATERIALI IN METODE

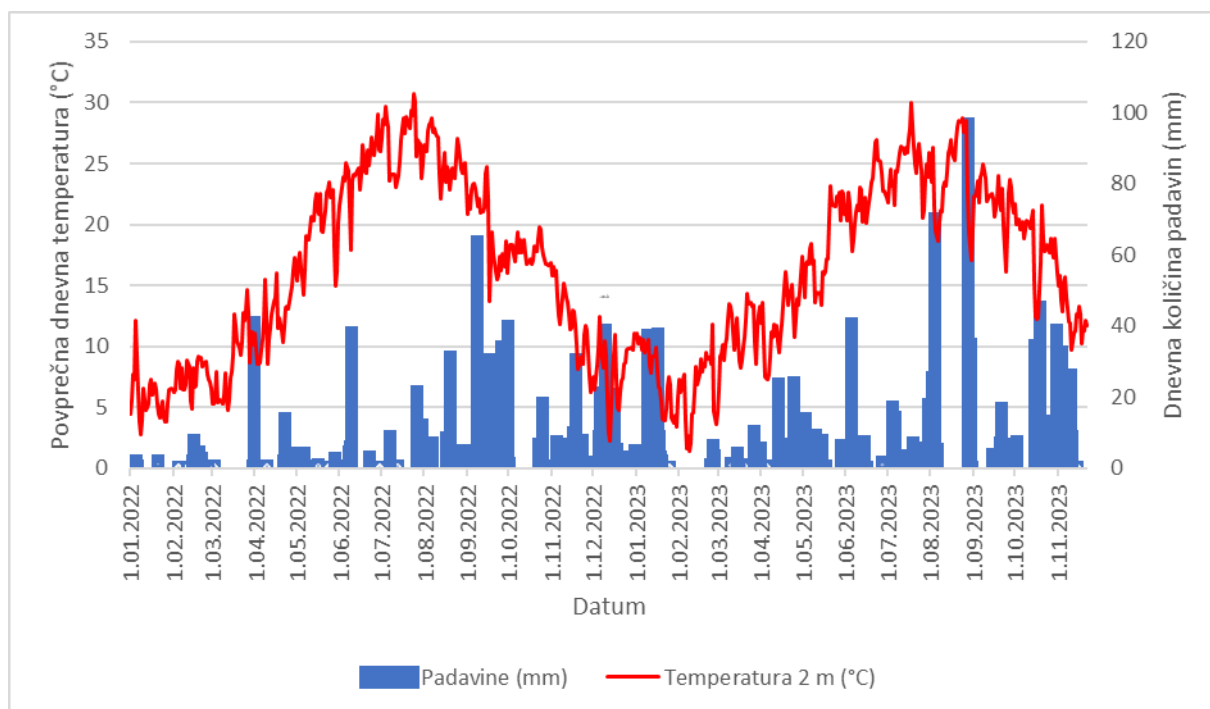
Poskus zatiranja pavjega očesa in oljčne muhe s pripravki z nizkim tveganjem je bil izveden v oljčniku na Beneši (nad Ankaranom). Velikost oljčnika, kjer je potekal poskus, znaša 5644 kvadratnih metrov in je del večjega kompleksa, ki ga sestavlja oljčni nasad s skupno površino 13 ha. Gre za sončno in zračno lego odprto proti morju. Parcela, kjer je potekal poskus, meji na gozd, zato so tukaj ugodnejši pogoji za razvoj pavjega očesa in oljčne muhe (večja vlažnost, senca), kot v ostalem delu oljčnika. V letu 2022 smo začeli s poskusom zatiranja pavjega očesa, v letu 2023 pa smo dodali še zatiranje oljčne muhe.



Slika 3: Shema oljčnika, v katerem je potekal škroplini poskus

Figure 1: Scheme of the olive orchard in which the spray experiment took place

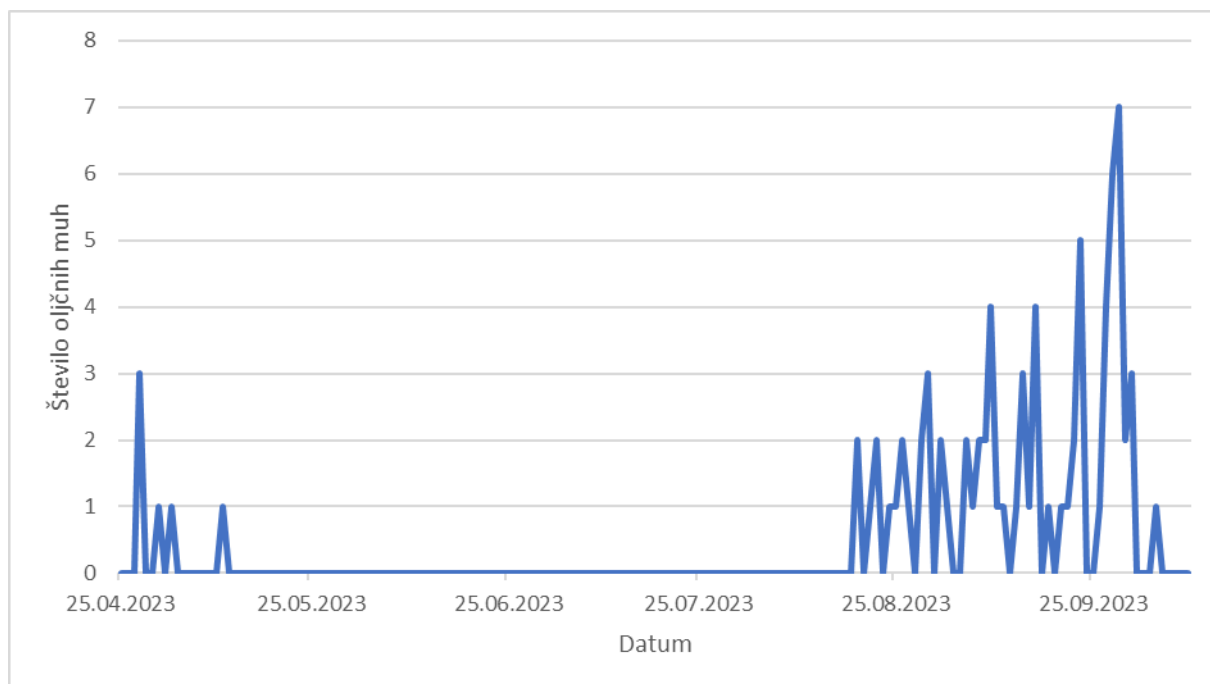
Na sliki 2 so predstavljene vremenske razmere za leto 2022 in 2023 na območju Beneše (agrometeorološka postaja se nahaja v oljčniku, kjer je bil izveden poskus). Kot smo že omenili, je bilo leto 2022 izrazito sušno z visokimi poletnimi temperaturami, do septembra ni bilo padavin. Takšne vremenske razmere niso bile ugodne za razvoj bolezni pavje oko poleg tega nismo beležili večjega ulova oljčne muhe. V letu 2023 so bile večje količine padavine razporejene čez celotno sezono. Tudi temperature so bile nekoliko nižje, kar je že v začetku leta omogočilo razvoj bolezni pavjega očesa. Ravno tako so bili ugodni pogoji za razvoj glive v jesenskem času, saj sta bila mesec september in oktober nadpovprečno topla. Za oljčno muho so bili najbolj ugodni pogoji od avgusta dalje, ko so se pojavile prve večje padavine, temperature pa so se nekoliko spustile. V septembru in oktobru smo lahko spremljali že velike populacije škodljivke, od septembra dalje pa je delež poškodovanih plodov začel strmo naraščati, zato smo v začetku oktobra priporočali zgodnje obiranje oljk. Zaradi neprestanih padavin je bilo izrazito izpiranje škroplilne obloge, kar je dodatno zmanjšalo učinkovitost zatiranja.



Slika 2: Vremenski podatki za leti 2022 in 2023 v oljčniku na Beneši (vir: Agrometeorološki portal RS, agrometeorološka postaja Beneša)

Figure 2: Weather data for the years 2022 and 2023 in the olive grove in Beneša (source: Agrometeorological portal of the RS, Beneša agrometeorological station)

Na sliki 3 je prikazan dnevni ulov oljčne muhe na elektronski vabi Trapview podjetja Efos d.o.o. Zaradi ugodnih vremenskih razmer se je populacija oljčne muhe močno povečala v avgustu. Vabo smo v oljčnik namestili 24.4.2023.



Slika 3: Dnevni ulov oljčne muhe na elektronski vabi Trapview

Figure 3: Daily catch of olive fly on the Trapview electronic lure

Poskus je bil izveden bločno v treh ponovitvah. V vsako ponovitev so bila vključena tri drevesa. Prvo obravnavanje je bilo tretirano proti pavjemu očesu z dvema pripravkoma na osnovi mikroorganizmov, in sicer Taegro (*Bacillus amyloliquefaciens* sev FZB24) ter Serenade aso (*Bacillus amyloliquefaciens* QST 713), proti oljčni muhi pa je bil uporabljen pripravek Invelop White Protect (85% talk živilske kakovosti E553b), ki se uvršča med osnovne snovi in biostimulante. Drugo obravnavanje ni bilo škropljeno in je predstavljalo kontrolo. V preglednici 1 so predstavljeni termini škropljenja z naštetimi pripravki v letih 2022 in 2023, v zadnjem stolpcu je zapisan škodljivi organizem, proti kateremu je bilo izvedeno varstvo.

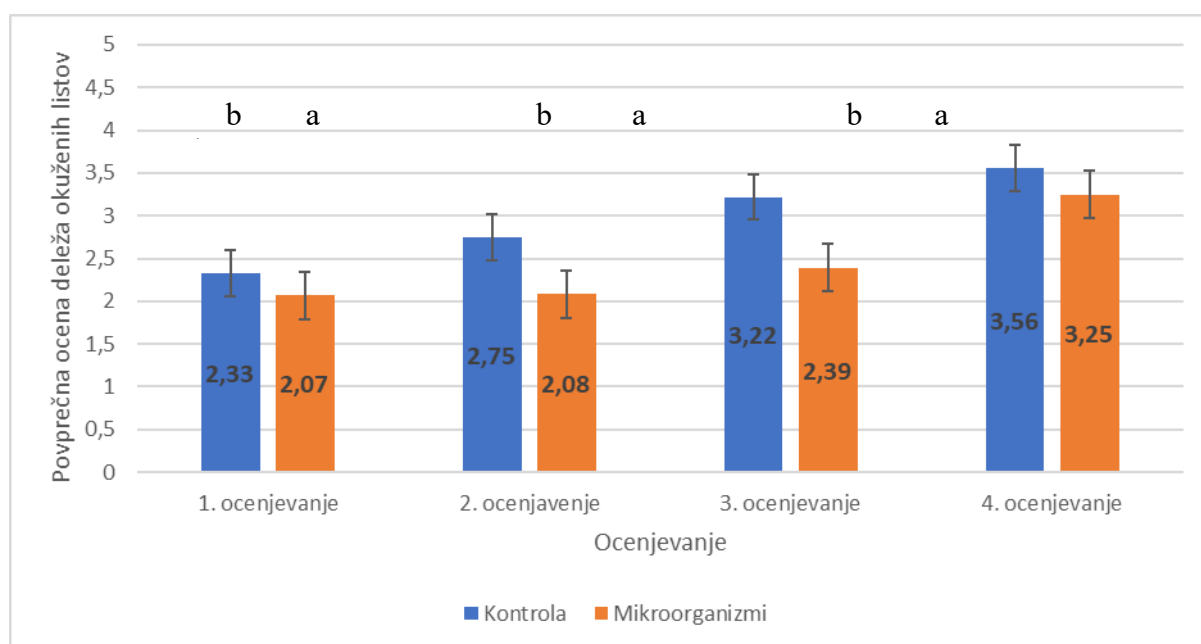
Preglednica 1: Datumi izvedenih škropljenj z navedenimi pripravki in odmerki ter škodljiv organizem proti kateremu navadeni pripravek deluje oz. ga zatira (pavje oko ali oljčna muha)
Table 1: Dates of spraying with the indicated preparations and doses and the harmful organism against which the usual preparation works or suppresses it (olive peacock spot or olive fly)

Datum škropljenja	Pripravek	Odmerek	Škodljiv organizem
28.03.2022	Taegro	9 g/14 l vode	pavje oko
5.04.2022	Serenade Aso	240 ml/12l vode	pavje oko
5.05.2022	Serenade Aso	240 ml/10 l vode	pavje oko
26.08.2022	Taegro	9 g/10 l vode	pavje oko
22.09.2022	Serenade Aso	240 ml/10l vode	pavje oko
25.11.2022	Taegro	9 g/12 l vode	pavje oko
18.04.2023	Taegro	9 g/14 l vode	pavje oko
4.05.2023	Serenade Aso	240 ml/12l vode	pavje oko
15.05.2023	Serenade Aso	240 ml/10 l vode	pavje oko
7.07.2023	Invelop White Protect	900 g/12 l vode	oljčna muha
27.07.2023	Invelop White Protect	720 g/12 l vode	oljčna muha
8.08.2023	Invelop White Protect	720 g/12 l vode	oljčna muha
8.08.2023	Taegro	9 g/10 l vode	pavje oko
4.09.2023	Invelop White Protect	720 g/12 l vode	oljčna muha
4.09.2023	Serenade Aso	240 ml/10l vode	pavje oko
25.09.2023	Invelop White Protect	720 g/12 l vode	oljčna muha
25.09.2023	Taegro	9 g/12 l vode	pavje oko
14.11.2023	Taegro	9g/12 l vode	pavje oko

Sledilo je ocenjevanje poskusa. Okuženost listov s pavjim očesom smo ocenjevali po Unterstehofferjevi letvici od 0 do 5: 0 – brez okužbe, 1 – okuženo do 5 % površine lista, 2 – okuženo 5-10 % površine, 3 – okuženo 10-25 %, 4 – okuženo 25-50 % površine in 5 – okuženo več kot 50 % površine lista. Okužbe smo vrednotili po obravnavanjih in ponovitvah. V oljčniku smo nabrali po 200 listov na ponovitev na srednjem drevesu. Prvo nabiranje listov in ocenjevanje smo izvedli 15.12.2022, drugo 16.1.2023, tretje 13.3.2023 in četrto 5.10.2023. Ravno tako smo 5.10.2023, v oljčniku pobrali reprezentativne vzorce 100 plodov oljk po obravnavanjih in po ponovitvah iz sredinskega drevesa. Vzorce smo nato natančno pregledali pod stereomikroskopom v laboratoriju. Na plodovih smo spremljali sterilne vbode, jajčeca, žerke (L1, L2 in L3), bube ter izhodne odprtine. Na podlagi teh podatkov smo izračunali delež aktivne in celotne poškodovanosti plodov oljk zaradi oljčne muhe. Sledila je statistična (Enosmerna anova – Tukey test) in grafična obdelava podatkov (R commander in Excel).

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

Iz rezultatov je razvidno, da so v vseh štirih terminih ocenjevanja statistično značilne razlike med kontrolo in obravnavanjem z mikroorganizmi. Za vsa štiri ocenjevanja je značilno, da je bil pri obravnavanju z mikroorganizmi delež okuženosti listov v primerjavi s kontrolo manjši. Delež okuženosti listov se je s časom večal, saj so bili kasneje pogoji za razvoj bolezni ugodnejši. Kljub zahtevnim vremenskim razmeram (spiranje fungicidne obloge) in ugodnim pogojem za razvoj bolezni, je bilo stanje rastlin škropljenih s pripravki na osnovi mikroorganizmov statistično značilno boljše v primerjavi s kontrolo. Kljub temu smo v oljčniku zaznali večje odpadanje listov na obravnavanju z mikroorganizmi kot na kontroli. Na sliki 4 so predstavljeni rezultati povprečnih ocen deleža okuženosti listov po Unterstehofferjevi letvici v vseh štirih ocenjevanjih pri obeh obravnavanjih.

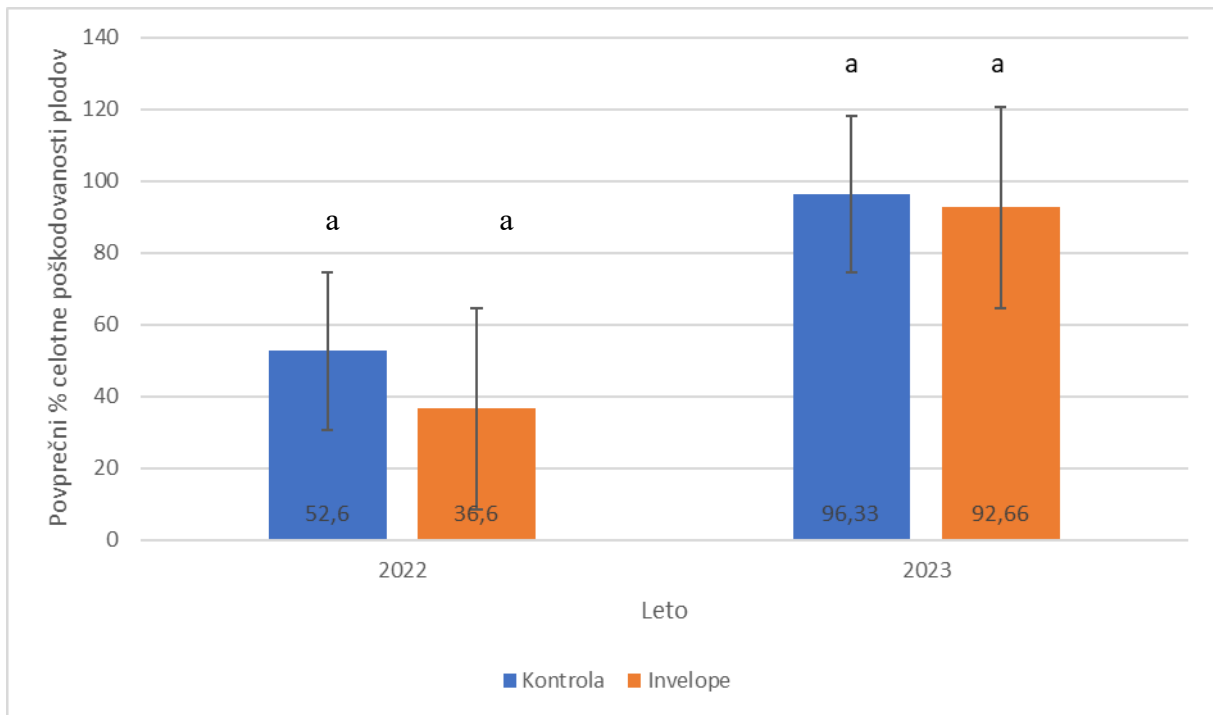


Slika 4: Povprečna ocena deleža okuženih listov s pavjim očesom po obravnavanju v štirih ocenjevanjih

Figure 4: Mean score of the proportion of leaves infected with olive peacock spot after treatment in four evaluations

Pri zadnjem vzorčenju okuženosti listov s pavjim očesom smo nabrali tudi reprezentativen vzorec 100 plodov na obravnavanje na ponovitev, ki smo jih uporabili za oceno deleža poškodovanosti plodov zaradi oljčne muhe. Določili smo povprečni delež aktivne in celotne poškodovanosti plodov. V letu 2023 je bil delež poškodovanosti plodov v kontroli in pri obravnavanju s talkom izjemno velik, blizu 100 %. Zaradi ugodnih vremenskih pogojev je muha razvila številčno populacijo, ki je povzročila ogromno škodo v oljčnikih. Zaradi velike količine padavin je prišlo do spiranja talka iz dreves in slabše učinkovitosti pripravka. Talk naj bi imel na muho odvrčalni učinek, s svojim tankim filmom na plodu pa naj bi otežil tudi prepoznavanje oljke. V sušnih letih, kot je bilo leto 2022, ima sredstvo tudi funkcijo hlajenja rastline. Bela barva odbija sončno svetlobo od rastline in s tem delno preprečuje segrevanje njene površine, kar je lahko odločilnega pomena, ali bo rastlina nadaljevala s transpiracijo in posledično s fotosintezo ali pa bo šla v mirovanje. Talk preprečuje tudi sončne ožige na povrhnjici plodov. Kot je razvidno iz slike 5, je bil v letu 2023 v povprečju celotni delež poškodovanih plodov zaradi oljčne muhe v kontroli 96,33 %, v obravnavanju s talkom pa

92,66 %. Med obravnavanjema ni statistično značilne razlike. V letu 2022, ko oljčna muha zaradi sušnih razmer ni imela ugodnih pogojev za razvoj, pa je bil povprečni delež celotne poškodovanosti plodov manjši, in sicer pri kontroli 52,6 %, pri obravnavanju s talkom pa 36,6 %. Tudi v tem primeru ni bilo statistično značilnih razlik med obravnavanjema. V letih, kot je bilo 2022, ko je bila nizka relativna zračna vlaga in temperature nad 35 °C, muha ni razvila velikih populacij in so bile lahko snovi na osnovi talka bolj učinkovite. Tudi spiranja je bilo manj, tako da ni bilo potrebe po pogostih obnovitvenih škropljenjih. V mokrih letih pa so snovi na osnovi talka ponavadi manj učinkovite.



Slika 5: Povprečni delež celotne poškodovanosti plodov zaradi oljčne muhe po obravnavanjih v letih 2022 in 2023

Figure 5: Average proportion of total fruit damage due to olive fly after treatments in 2022 and 2023

Glede na pridobljene rezultate lahko sklepamo, da so sredstva na osnovi mikroorganizmov manj učinkovita od kemičnih pripravkov za zatiranje pavjega očesa. Uporaba talka za omejevanje oljčne muhe se je izkazala kot sredstvo, katerega je v programih varstva potrebno kombinirati z drugimi registriranimi pripravki. Uporaba talka je smiselna v zelo sušnih sezonah in v zgodnjih fazah pojava oljčne muhe, ko so njene populacije še maloštevilne. Po prvih padavinah v mesecu avgustu, ko se populacija oljčne muhe poveča, pa je smiselna uporaba registriranih fitofarmaceutskih sredstev proti škodljivki.

4. LITERATURA

- Baldi, A., Biagiotti, G., Dalla Marta, A., Fabbri, C., Guidi, R., Mancini, M., Nencioni, A., Orlandini, S., Rosi, M. C., Sacchetti, P. in Vivoli, R. 2019. LA MOSCA DELLE OLIVE *Bactrocera oleae* (Rossi) Manuale pratico per il controllo della specie in Toscana. Fondazione Cassa di Risparmio di Firenze. 41 str.
- Burrack, H., Bingham, R., Price R., Connell, J., Phillips, P., Wunderlich, L., Vossen, P., O'Connell, N., Ferguson, L. in Zalom, F. 2011. Understanding the seasonal and reproductive biology of olive

- fruit fly is critical to its management. *Calif Agr* 65(1):14-20. <https://doi.org/10.3733/ca.v065n01p14>.
- Collier, T. in Van Steenwyk, R. 2003. Prospects for integrated control of olive fruit fly are promising in California. *Calif Agr* 57(1):28-32. <https://doi.org/10.3733/ca.v057n01p28>.
- Dias, N. P., Zotti, M. J., Montoya, P., Carvalho, I. R. in Nava, D. E. 2018. Fruit fly management research: A systematic review of monitoring and control tactics in the world. *Crop Protection* 112 (2018) 187–200. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.05.019>.
- Gonzales-Lamothe, R., Segura, R., Trapero, A., Baldoni, L., A Botella, M. in Valpuesta, V. 2002. Phylogeny of the fungus *Spilocaea oleagina*, the causal agent of peacock leaf spot in olive. *FEMS Microbiology Letters*, Volume 210, Issue 1. Str. 149-155.
- Miranda, M. A., Barcelo, C., Valdes, F., Feliu, J. F., Nestel, D., Papadopoulos, N., Sciarretta, A., Ruiz, M. in Alorda, B. 2019. Developing and Implementation of Decision Support System (DSS) for the Control of Olive Fruit Fly, *Bactrocera Oleae*, in Mediterranean Olive Orchards. *Agronomy* 2019, 9, 620; doi:10.3390/agronomy9100620.
- Obanor, F. O., Walter, M., Eirian, J. E. in Jaspers, M. V. 2007. Effect of temperature, relative humidity, leaf wetness and leaf age on *Spilocaea oleagina* conidium germination on olive leaves. *Eur J Plant Pathol* (2008) 120:211–222. DOI 10.1007/s10658-007-9209-6
- Obanor, F. O., Walter, M., Jones, E. E. in Jaspers, M. V. 2011. Effects of temperature, inoculum concentration, leaf age, and continuous and interrupted wetness on infection of olive plants by *Spilocaea oleagina*. *Plant Pathology* (2011) 60, 190–199. Doi:10.1111/j.13653059.2010.02370.x
- Pontikakos, C. M., Tsiligirdis, T. A., Yialouris, C. P. in Kontodimas, D. C. 2012. Pest management control of olive fruit fly (*Bactrocera oleae*) based on a location-aware agro-environmental system. *Computers and Electronics in Agriculture*. 87 (2012): 39–50.
- Rice, R., Phillips, P., Stewart-Leslie, J. in Sibbett, G. 2003. Olive fruit fly populations measured in Central and Southern California. *Calif Agr* 57(4):122-127. <https://doi.org/10.3733/ca.v057n04p122>.
- Sanei, S. J. in Razavi, S. E. 2011. Survey of *Spilocaea oleagina*, causal agent of olive leaf spot, in North of Iran. *Journal of Yeast and Fungal Research* Vol. 2(3), pp. 33 – 38. DOI: 10.5897/JYFR11.004
- Vesel, V., Vrhovnik, I., Jančar, M., Bandelj, D., Devetak, M. in Baruca Arbeiter, A. 2020. *Oljka*. Kmečki glas, Ljubljana. 216 str.
- Viruega, J. R., Moral, J., Roca, F., Navarro, N. in Trapero, A. 2013 *Spilocaea oleagina* in olive groves of southern Spain: Survival, inoculum production, and dispersal. *Plant Dis*. 97:1549-1556.
- Yokoyama, V. Y., Miller, G. T., Stewart-Leslie, J., Rice, R. E. in Phillips, P. A. 2006. Olive Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) Populations in Relation to Region, Trap Type, Season, and Availability of Fruit. *J. Econ. Entomol.* 99(6): 2072–2079 (2006).

REZULTATI PROUČEVANJA SORT OLJK V SLOVENSKI ISTRICI

Viljanka VESEL¹, Teja HLADNIK¹

POVZETEK

Pridelava oljk je v Slovenski Istri zelo pomembna kmetijska panoga in za uspešen nadaljnji razvoj oljkarstva je potrebno spremljanje tehnoloških lastnosti tako bolj uveljavljenih sort, kot tudi starih lokalnih sort, ki predstavljajo pomembno kulturno dediščino ter so potencialni vir različnih mehanizmov za prilagajanje na podnebne spremembe. Spremljali smo 16 sort oljk iz kolekcijskega nasada Purissima v Spodnjih Škofijah. Izbrane sorte izvirajo iz Slovenije, Španije, Italije, Francije in Hrvaške. Parametri, ki smo jih spremljali: vstop v rodnost, letni prirast, pridelek, izmenična rodnost ali alternanca in vsebnost olja. Na podlagi naših rezultatov so se kot gospodarsko ustrezne izkazale italijanske sorte 'Leccio del Corno', 'Leccino', 'Maurino', 'Pendolino' in 'Frantoio' ter francoska sorta 'Picholine'. Med domačimi sortami je kljub nenajvečjemu pridelku plodov na drevo, zaradi visoke vsebnosti olja imela najboljši pridelek olja sorta 'Istrska Belica', vendar pa je zanjo značilen pozen vstop v rodnost in zelo velika občutljivost na oljčno muho.

Ključne besede: *Olea europaea* L., sorte, pridelek, vsebnost olja, alternanca, oljčna muha

RESULTS OF OLIVE VARIETIES STUDY IN THE SLOVENIAN ISTRIA

ABSTRACT

Olive growing is a very important agricultural sector in Slovenian Istria, and for the successful further development of olive growing it is necessary to monitor the technological characteristics of both, widespread established varieties and old local varieties, which represent an important cultural heritage and a potential source of various climate change adaptation mechanisms. We studied 16 olive varieties from the Purissima collection orchard in Spodnje Škofije. The selected varieties originate from Slovenia, Spain, Italy, France and Croatia. The parameters we monitored were: entry into fruiting stage, annual growth, yield, alternate bearing or alternance and oil content. According to our results, the Italian varieties 'Leccio del Corno', 'Leccino', 'Maurino', 'Pendolino' and 'Frantoio' as well as the French variety 'Picholine' proved to be economically suitable. Among the local varieties, the 'Istrska Belica' variety had the best oil yield despite the lowest fruit yield per tree, due to its high oil content, but it is characterized by late entry into fruiting stage and a very high sensitivity to the olive fruit fly.

Key words: *Olea europaea* L., varieties, yield, oil content, alternance, olive fruit fly

¹ Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod Nova Gorica, Poskusni center za oljkarstvo, Pri hrastu 18, 5000 Nova Gorica

1. UVOD

Oljčno olje je zaradi zdravilne in prehranske vrednosti ter sorazmerno enostavne pridelave oljk vedno bolj priljubljeno. Gojenje oljke se je razširilo tudi v številne države, izven Sredozemlja, kot so Avstralija, Indija, Kitajska, Pakistan, južni del Severne Amerike, srednja Amerika in države Južne Amerike. Pri pridelavi oljk po svetu je zaznati velike spremembe, ki so posledica želje po povečanju pridelka ob istočasnem prilagajanju na podnebne spremembe. Pridelava temelji na le nekaj vodilnih sortah oljk, s čimer izgubljam lokalne sorte, ki so pomembne z vidika genskih virov (Lo Bianco in sod., 2021). Tudi v Slovenski Istri številne sorte izginjajo iz naših oljčnikov. Najbolj zastopana sorta v naših oljčnikih je 'Istrska Belica', saj so za njo značilni povprečni in redni pridelki ter višja vsebnost olja v primerjavi z drugimi sortami. Druga najbolj razširjena je toskanska sorta 'Leccino', ki velja za eno bolj razširjenih sort na svetu. Ostale sorte predstavljajo manjši delež (manj kot 20 %) (Vesel in sod., 2020). Zato smo že v začetku devetdesetih let začeli iskati manj znane domače genske vire, jih razmnožili in jih skupaj s tujimi sortami posadili v prvi kolekcijski nasad v Strunjanu (1995), kasneje pa še v kolekcijski nasad na Purissimi (2004–2005).

Zaradi podnebnih sprememb, ki odločilno vplivajo na pridelavo oljk je proučevanje starih lokalnih sort še toliko bolj pomembno. Sorte so namreč razvile različne mehanizme za prilagajanje na okoljske dejavnike, zato je pomembno da sorte spremljamo in identificiramo najbolj primerne za gojenje (Nissim in sod., 2020). Ekstremni pogoji kot so sušni ali temperaturni stres, lahko v katerikoli fazi rasti oljke porušijo ravnovesje med vegetativno rastjo in razvojem plodov, kar vodi v izmenično rodnost ali alternanco. Nihanje pridelka je značilno za različne sadne vrste, vendar oljka sodi med tiste, kjer se izmenična rodnost pogosto pojavlja in je zelo pomembna lastnost posamezne sorte (Toplu in sod., 2009). Tudi sorta 'Leccino', ki je druga najbolj zastopana sorta v slovenskih oljčnikih, je imela glede na raziskavo Tapia in sod. (2009) kljub visokemu pridelku višji indeks alternance, v primerjavi z nekaterimi drugimi sortami.

Za dobro rodnost morajo biti izpolnjeni različni dejavniki. V času cvetenja je pomembna dobra oploditev. Pri oljki se običajno v plod razvije le 1 do 4 % cvetov, kar vseeno zadostuje za dobro rodnost (Vesel in sod., 2020). Med sortami so velike razlike, tako pri dozorevanju plodov kot pri vsebnosti olja. Z izborom sort z različnim časom dozorevanja lahko prerazporedimo obdobje obiranja oljk, tako da pravočasno oberemo in predelamo zdrave plodove in tako dosežemo vrhunsko kakovost olja.

Veliko gospodarsko škodo v oljčnikih povzroča tudi oljčna muha (*Bactrocera oleae* Rossi) (Malheiro in sod., 2015), ki jo v Sloveniji najdemo na vseh območjih gojenja oljk. Sorte so različno občutljive na napad oljčne muhe in med najbolj dovzetnimi sortami je 'Istrska Belica' (Vesel in sod., 2020).

Pri uvajanju novih sort v nasade je zelo pomembno, da proučimo njihovo prilagojenost na območje, spoznamo njihove posebnosti in ekonomičnost pridelave. S spremljanjem 16 sort v kolekcijskem nasadu Purissima smo ovrednotili domače in tuje sorte ter določiti tiste, ki so primerne za pridelavo na območju Slovenske Istre in dosejajo dobre pridelke ter visoko kakovostne plodove.

2. MATERIAL IN METODE

Da bi preprečili izgubo dragocenih genskih virov oljk smo v okviru Poskusnega centra za oljkarstvo pri Kmetijsko gozdarskem zavodu Nova Gorica leta 2004–2005 postavili nacionalni introdukcijsko-kolekcijski nasad Purissima, ki ga obdeluje Vinakoper, d.d. Nasad je postavljen na legi Purissima (45°34'32.4"N 13°46'08.0"E) v Spodnjih Škofijah na 67 m nadmorske višine z razdaljami sajenja 6 × 6 m in izbranimi sortami ter akcesijami (25 sort, 10 neznanih genotipov) razmnoženih s potaknjenci in zastopanih načeloma po pet dreves in več. Nasad je brez namakanja, gnojenje je minimalno (letno 45 kg dušika/ha), gojitvena oblika pa kotlasta. Na tem območju je bila v zadnjih 20 letih povprečna letna količina padavin 936 mm (najnižja 595 mm (2015), najvišja 1464 mm (2014)), povprečna letna temperatura je bila 15,8 °C (najnižja 14,4 °C (2005), najvišja 16,7 °C (2022)), najnižje letne temperature so bile od -2,0 °C (27. 12. 2014) do -10,5 °C (2. 3. 2005), najvišje pa od 33,5 °C (26. 6. 2008) do 37,4 °C (22. 7. 2015).

V nasadu poteka morfološko, pomološko, fenološko in agronomsko vrednotenje sort, klonov, ekotipov in neznanih genotipov (Vesel in sod., 2020). Fenofaze in rodnost oljk smo spremljali od sajenja dalje in na podlagi metodologije, opisane v publikaciji Ohranjanje, vrednotenje, karakterizacija in zbiranje genskih virov oljk (Vesel in sod., 2019) smo sorte razvrstili v skupino z zgodnjim ali v skupino s poznim vstopom v rodnost. Razvrstitev je temeljila na količini (kg) skupnega pridelka v prvih sedmih letih (2005–2011). Indeks alternance smo izračunali za obdobje 2010–2023 (Pearce in Doberšek-Urbanc, 1967). Nadalje smo analizirali podatke 16 sort iz obdobja šestih letih (2018–2023), med katerimi so naše domače in udomačene sorte z najbolj razširjeno sorto v Sloveniji 'Istrska Belica' pa tudi manj zastopane sorte ('Buga', 'Črnica', 'Drobnica', 'Mata', 'Štorta'), ki smo jih primerjali s sortami iz Italije ('Coratina', 'Frantoio', 'Leccino', 'Leccio del Corno', 'Leccione', 'Maurino', 'Pendolino'), Francije ('Picholine'), Španije ('Arbequina') in Hrvaške ('Oblica').

V času primerne zrelosti glede na obarvanost plodov smo v nasadu naključno nabrali vsaj 550 g plodov vsake sorte. Na 100 naključno izbranih plodovih smo preverjali poškodovanost plodov z oljčno muho (izhodne luknje), na 50 naključno izbranih plodovih pa poškodovanost semena, kjer smo ugotavljali poškodbe zaradi abiotskih dejavnikov in poškodb zaradi oljčnega molja. Z laboratorijsko oljarno Abencor smo ugotavljali vsebnost olja posamezne sorte. Na podlagi vsebnosti olja in pridelka smo izračunali pridelek olja/drevo.

V zadnjem delu prispevka pa smo predstavili rezultate dodatnih meritev v obdobju 2021–2023, ko smo na opazovanih sortah spremljali tudi oploditev in prirast oljk. Tik pred odpiranjem brstov smo pri vsaki sorti označili 10 poganjkov, izmerili njihovo dolžino, prešteli število socvetij in brstov. Po 40 dneh od polnega cvetenja smo ponovno izmerili dolžino poganjkov in preverili število plodičev ter s sklepnim računom izračunali odstotek prirasta in oploditve.

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

Oljka je drevo, ki potrebuje več let za vstop v rodnost. Sorte z zgodnjim vstopom v rodnost so tiste, ki imajo v prvih sedmih letih skupen pridelek več kot 25 kg/drevo (Vesel in sod., 2019). Glede na naše meritve med te sodijo nekatere italijanske sorte ('Leccio del Corno', 'Maurino', 'Coratina', 'Pendolino') in naša domača sorta 'Črnica' (preglednica 1). Kot sorte s poznim vstopom v rodnost so določene tiste, ki imajo v prvih sedmih letih manj kot 10 kg pridelka na drevo. Med slednje smo uvrstili sorte 'Buga', 'Oblica', 'Štorta' in 'Istrska Belica'.

Preglednica 1: Podatki o skupnem pridelku v kg/drevo v obdobju 2005–2011 (vstopu v rodnost), indeks alternance (2010–2023) in povprečni podatki pridelka, vsebnosti olja, pridelka olja na drevo, poškodovanosti semena ter izhodne odprtine zaradi oljčne muhe za obdobje 2018–2023

Table 1: Data on total yield in kg/tree in the period 2005–2011 (entry into fruiting stage), alternate bearing index (2010–2023) and average data on yield, oil content, oil yield per tree, seed damage and exit holes caused by the olive fly for the period 2018–2023

Sorte	Vstop v rodnost (2005–2011)	Indeks alternance (2010–2023)	Pridelek (kg/drevo)	Vsebnost olja (%)	Pridelek olja (L/drevo)	Poškodbe semena (%)	Izhodne odprtine - oljčna muha (%)
Arbequina	19,6	0,48	8,5	13,8	1,3	31	34
Buga	1,1	0,38	3,1	11,7	0,4	21	35
Coratina	28,3	0,38	8,1	15,8	1,4	21	29
Črnica	34,1	0,68	9,7	10,4	1,0	13	35
Drobnica	22,7	0,51	8,3	11,9	1,0	38	44
Frantoio	22,7	0,40	11,8	16,0	2,0	39	31
Istrska Belica	9,2	0,52	8,6	17,3	1,6	13	54
Leccino	17,8	0,49	19,9	12,1	2,5	39	32
Leccio del Corno	48,0	0,52	21,5	13,4	2,9	29	24
Leccione	11,7	0,57	10,9	15,3	1,6	32	30
Mata	15,1	0,48	12,0	7,1	0,9	33	24
Maurino	43,8	0,50	16,9	12,6	2,1	46	25
Oblica	5,2	0,32	7,1	14,1	1,0	46	46
Pendolino	25,2	0,44	22,8	9,6	2,1	32	12
Picholine	17,6	0,45	15,8	14,3	2,4	26	27
Štorta	7,9	0,53	9,4	14,2	1,3	35	35

Preglednica 2: Podatki o pridelku oljk na drevo za obdobje 2018–2023

Table 2: Data on olive yield per tree for the period 2018–2023

Sorta	Pridelek oljk na drevo (kg)						
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	povp.
Arbequina	10,9	5,4	12,4	4,5	14,1	3,5	8,5
Buga	4,5	1,1	4,5	4,1	3,6	0,8	3,1
Coratina	7,1	10,7	10,7	2,5	14,8	3,1	8,1
Črnica	16,6	1,9	22,7	0,2	10,2	6,7	9,7
Drobnica	21,1	3,1	8,4	1,3	10,4	5,7	8,3
Frantoio	16,2	7,1	18,7	6,0	11,0	12,2	11,8
Istrska Belica	9,9	4,8	9,8	3,0	22,4	1,4	8,6
Leccino	26,1	12,6	27,5	4,4	38,3	10,3	19,9
Leccio del Corno	15,7	41,3	14,9	24,1	6,0	27,2	21,5
Leccione	21,7	3,4	20,9	1,4	14,1	4,1	10,9
Mata	14,3	8,9	18,3	5,0	17,1	8,1	12,0
Maurino	22,0	17,4	28,4	2,4	24,1	6,8	16,9
Oblica	6,1	12,5	6,4	4,2	8,7	4,5	7,1
Pendolino	30,8	22,5	43,6	12,1	3,3	24,6	22,8
Picholine	20,2	19,7	17,9	12,8	4,4	20,2	15,8
Štorta	11,1	3,8	35,7	0,7	3,4	1,8	9,4
Povprečje	15,9	11,0	18,8	5,5	12,9	8,8	12,2

Alternanca je pri oljki redno prisotna in je bolj ali manj izrazita. Indeks alternance, ki smo ga spremljali v obdobju 2010–2023 je bil visok (nad 0,6) samo pri sorti 'Črnica' (0,68), pri sortah

'Coratina', 'Buga' in 'Oblica' pa je bil indeks alternance nizek (pod 0,4). Iz slike 1, kjer so prikazani pridelki osmih sort, vidimo nihanje pridelka med leti 2010 in 2023. V zadnjih šestih letih (2018–2023) je bilo nihanje pridelka med leti zelo izrazito (preglednica 2). Med sortami so bile velike razlike v rodnosti. Med dobro rodnimi (nad 18 kg/drevo) so bile v povprečju zadnjih šestih let sorte 'Pendolino', 'Leccio del Corno' in 'Leccino', slabo rodnost (pod 9 kg/drevo) pa so imele sorte 'Buga', 'Oblica', 'Coratina', 'Drobnica', 'Arbequina' in 'Istrska Belica'. Na sliki 2 so predstavljeni kumulativni pridelki šestih let po posameznih sortah.

Preglednica 3: Podatki o vsebnosti olja za obdobje 2018–2023

Table 3: Data on oil content for the period 2018–2023

Sorta	Vsebnost olja (%)						
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	povp.
Arbequina	14,5	9,7	14,8	21,6	12,4	9,7	13,8
Buga	11,5	9,0	17,8	14,1	9,5	8,6	11,7
Coratina	16,7	16,5	13,7	19,0	16,1	12,8	15,8
Črnica	11,4	8,9	8,4	14,6	10,8	8,1	10,4
Drobnica	9,5	10,6	17,4	15,4	11,0	7,5	11,9
Frantoio	15,7	18,7	13,5	19,6	19,2	9,2	16,0
Istrska Belica	20,0	14,5	14,8	23,4	17,0	13,9	17,3
Leccino	15,0	11,9	10,2	16,7	10,1	9,0	12,1
Leccio del Corno	14,1	11,7	12,1	17,6	17,4	7,3	13,4
Leccione	13,4	17,6	10,2	18,5	17,9	14,3	15,3
Mata	8,8	6,0	5,7	10,6	6,2	5,3	7,1
Maurino	9,5	13,2	12,3	18,3	11,2	11,0	12,6
Oblica	14,1	11,0	14,5	17,4	14,6	12,8	14,1
Pendolino	8,8	10,6	7,9	10,8	14,1	5,7	9,6
Picholine	10,6	15,2	15,0	18,3	15,7	10,8	14,3
Štorta	18,1	15,2	11,2	15,9	14,1	10,4	14,2
Povprečje	13,2	12,5	12,5	17,0	13,6	9,8	13,1

Preglednica 4: Podatki o pridelkih olja na drevo za obdobje 2018–2023

Table 4: Data on oil yields per tree for the period 2018–2023

Sorta	Pridelek olja na drevo (L)						
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	povp.
Arbequina	1,7	0,6	2,0	1,1	1,9	0,4	1,3
Buga	0,6	0,1	0,9	0,6	0,4	0,1	0,4
Coratina	1,3	1,9	1,6	0,5	2,6	0,4	1,4
Črnica	2,1	0,2	2,1	0,0	1,2	0,6	1,0
Drobnica	2,2	0,4	1,6	0,2	1,2	0,5	1,0
Frantoio	2,8	1,4	2,8	1,3	2,3	1,2	2,0
Istrska Belica	2,2	0,8	1,6	0,8	4,2	0,2	1,6
Leccino	4,3	1,6	3,1	0,8	4,2	1,0	2,5
Leccio del Corno	2,4	5,3	2,0	4,6	1,1	2,2	2,9
Leccione	3,2	0,7	2,3	0,3	2,8	0,6	1,6
Mata	1,4	0,6	1,1	0,6	1,2	0,5	0,9
Maurino	2,3	2,5	3,8	0,5	2,9	0,8	2,1
Oblica	0,9	1,5	1,0	0,8	1,4	0,6	1,0
Pendolino	3,0	2,6	3,8	1,4	0,5	1,5	2,1
Picholine	2,3	3,3	2,9	2,6	0,8	2,4	2,4
Štorta	2,2	0,6	4,4	0,1	0,5	0,2	1,3
Povprečje	2,2	1,5	2,3	1,0	1,8	0,8	1,6

Glede na to, da oljko večinoma pridelujemo za olje, je poleg rodnosti pomembna tudi vsebnost olja, na podlagi katere lahko ugotovimo tudi pridelok olja na drevo. Na vsebnost olja pomembno vplivajo razmere v tekočem letu (osončenost, padavine), agrotehnika, naloženost in sorta (Navas-Lopez in sod., 2019). V letu 2021, ko so bili pridelki nizki, v poletnem času pa je bilo malo padavin, je bila v povprečju vsebnost olja višja, v letu 2023, v katerem je bilo veliko poletnih padavin, pa je bila v povprečju vsebnost olja nižja (preglednica 3).

V povprečju šestletnega obdobja so imele visoko vsebnost olja (15–18 %) sorte 'Istrska Belica', 'Frantoio', 'Coratina' in 'Leccione', nizko (9–12 %) sorte 'Drobnica', 'Buga', 'Črnica' in 'Pendolino', zelo nizko pa sorta 'Mata' (pod 9 %). Na podlagi pridelka in vsebnosti olja smo izračunali pridelok olja na drevo in ugotovili, da so imele dober pridelok olja na drevo (nad 2 l) tuje sorte 'Leccio del Corno', 'Leccino', 'Picholine', 'Maurino', 'Pendolino' in 'Frantoio', nizek pa domače sorte 'Buga', 'Mata', 'Drobnica', 'Črnica' in hrvaška sorta 'Oblica' (preglednica 4). Glede na to, da tako pridelok oljk kot tudi vsebnost olja nihata med leti, je nihanje prisotno tudi v pridelku olja na drevo. Največ olja na drevo (nad 2 l) smo v povprečju vseh sort pridelali v letu 2018 in 2020, najmanj pa v letih 2021 in 2023. Podobno je bilo s pridelkom oljk na drevo. V letu 2021 je prišlo do velikega izpada pridelka, najverjetneje zaradi spomladanske pozebe. Pri spremljanju poškodovanosti semen v šestih letih v času pred obiranjem, smo ugotovili, da je bilo največ poškodovanih semen ravno v letu 2021 (preglednica 5), kar pripisujemo napakam pri tvorbi cvetov zaradi nizkih temperatur v začetku aprila.

Preglednica 5: Podatki o poškodovanosti semen za obdobje 2018–2023

Table 5: Data on seed damage for the period 2018–2023

Sorta	Seme - skupaj poškodovano (%)						
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	povp.
Arbequina	8	10	10	78	60	18	31
Buga	22	18	12	24	28	22	21
Coratina	8	50	10	44	10	4	21
Črnica	10	6	4	28	12	16	13
Drobnica	16	20	30	52	68	42	38
Frantoio	28	32	32	92	36	16	39
Istrska Belica	4	6	12	42	8	8	13
Leccino	26	50	22	54	48	34	39
Leccio del Corno	10	22	8	58	50	26	29
Leccione	22	38	16	52	52	14	32
Mata	28	28	18	42	68	14	33
Maurino	14	40	50	88	50	36	46
Oblica	16	40	34	88	60	38	46
Pendolino	6	24	20	72	36	34	32
Picholine	14	22	22	24	48	28	26
Štorta	0	78	4	66	20	44	35
Povprečje	15	30	19	57	41	25	31

V letih 2018 in 2020, ko je bil pridelok v povprečju večji, je bilo manj poškodovanih semen. Pri nekaterih sortah je število poškodovanih semen redno visoko, med katerimi je sorta 'Maurino' in 'Oblica', malo poškodovanih semen pa smo opazili pri sorti 'Istrska Belica' in 'Črnica'.

Preglednica 6: Podatki o izhodnih odprtinah zaradi oljčne muhe za obdobje 2018–2023
Table 6: Data on exit holes caused by the olive fly for the period 2018–2023

Sorta	Izhodne odprtine-muha (%)						
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	povp.
Arbequina	34	26	47	1	1	94	34
Buga	19	44	45	0	0	100	35
Coratina	1	45	27	1	0	98	29
Črnica	12	53	40	3	0	100	35
Drobnica	48	59	43	18	1	97	44
Frantoio	8	23	54	5	0	95	31
Istrska Belica	85	71	42	12	11	100	54
Leccino	2	64	15	15	0	94	32
Leccio del Corno	7	12	24	3	0	99	24
Leccione	32	49	37	9	0	52	30
Mata	2	32	6	5	0	99	24
Maurino	3	38	8	5	0	98	25
Oblica	7	75	79	11	1	100	46
Pendolino	0	23	5	0	0	42	12
Picholine	0	54	5	3	0	99	27
Štorta	45	65	4	0	0	98	35
Povprečje	19	46	30	6	1	92	32

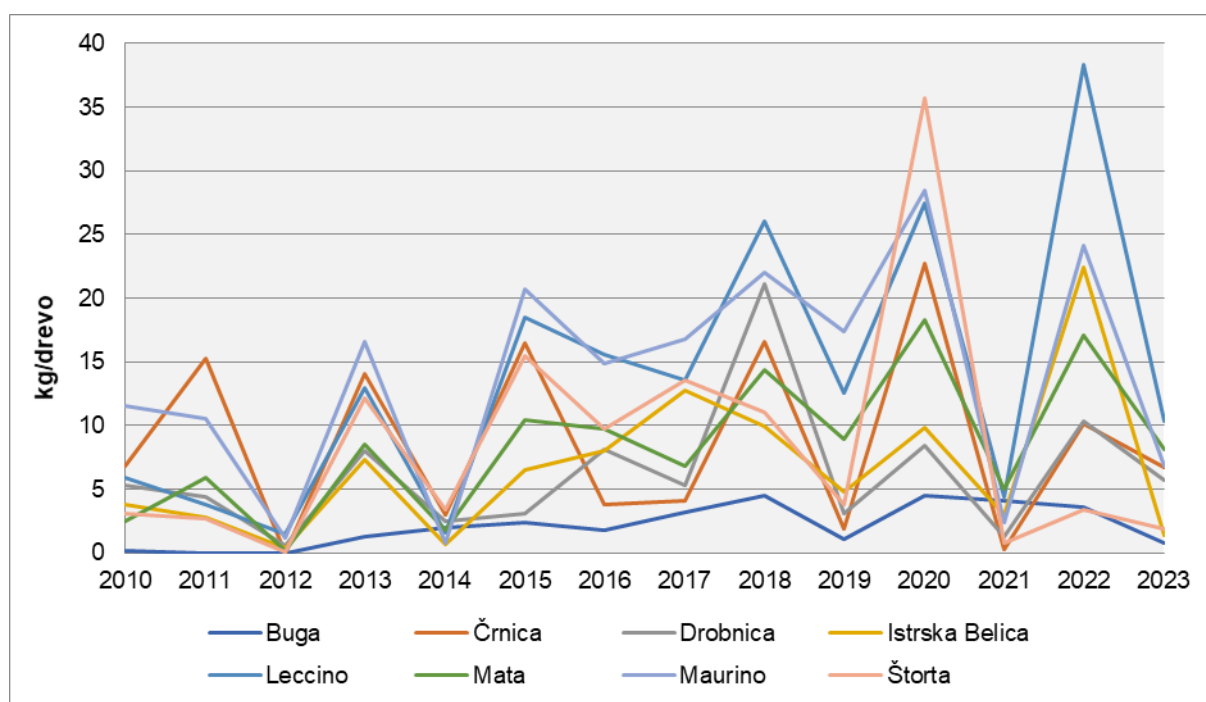
Med leti so velike razlike v prisotnosti oljčne muhe in škodi, ki jo povzroča, poleg tega pa je škoda vezana tudi na omejitev uporabe fitofarmaceutvskih sredstev. V letu 2023 je bila oljčna muha močno prisotna in je povzročila veliko škodo (preglednica 6), medtem ko je bila njena populacija v letih 2021 in 2022 zelo nizka. Med najbolj občutljivimi za napad oljčne muhe so se v opazovanih letih pokazale sorte 'Istrska Belica', 'Oblica' in 'Drobnica', najmanj občutljiva pa je bila sorta 'Pendolino'.

Preglednica 7: Podatki o letnem prirastu in oploditvi cvetov za obdobje 2021–2023
Table 7: Data on annual growth and flower fertilization for the period 2021–2023

Sorta	Prirast (%)			Oploditev (%)		
	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Arbequina	10,6	6,2	14,1	3,0	2,8	7,7
Buga	12,9	6,3	17,6	1,8	0,7	1,5
Coratina	10,7	4,2	25,3	1,7	4,6	1,5
Črnica	41,2	4,8	31,7	1,1	1,0	1,2
Drobnica	23,5	3,6	21,8	0,4	1,1	2,9
Frantoio	30,4	8,5	18,5	0,4	0,6	5,4
Istrska Belica	29,0	5,7	30,1	1,5	3,3	2,0
Leccino	34,3	5,8	43,9	1,8	2,8	11,4
Leccio del Corno	11,8	4,3	11,9	1,9	5,3	5,6
Leccione	20,4	3,0	26,6	2,8	2,0	4,5
Mata	25,7	6,0	37,9	4,4	2,5	10,6
Maurino	12,6	6,1	15,5	1,4	2,1	3,2
Oblica	9,3	5,5	31,4	0,8	2,0	2,0
Pendolino	66,4	2,9	39,4	2,2	0,3	3,7
Picholine	19,8	6,1	18,6	2,2	0,7	2,9
Štorta	22,9	4,0	44,4	0,4	0,4	0,9
Povprečje	23,8	5,2	26,8	1,7	2,0	4,2

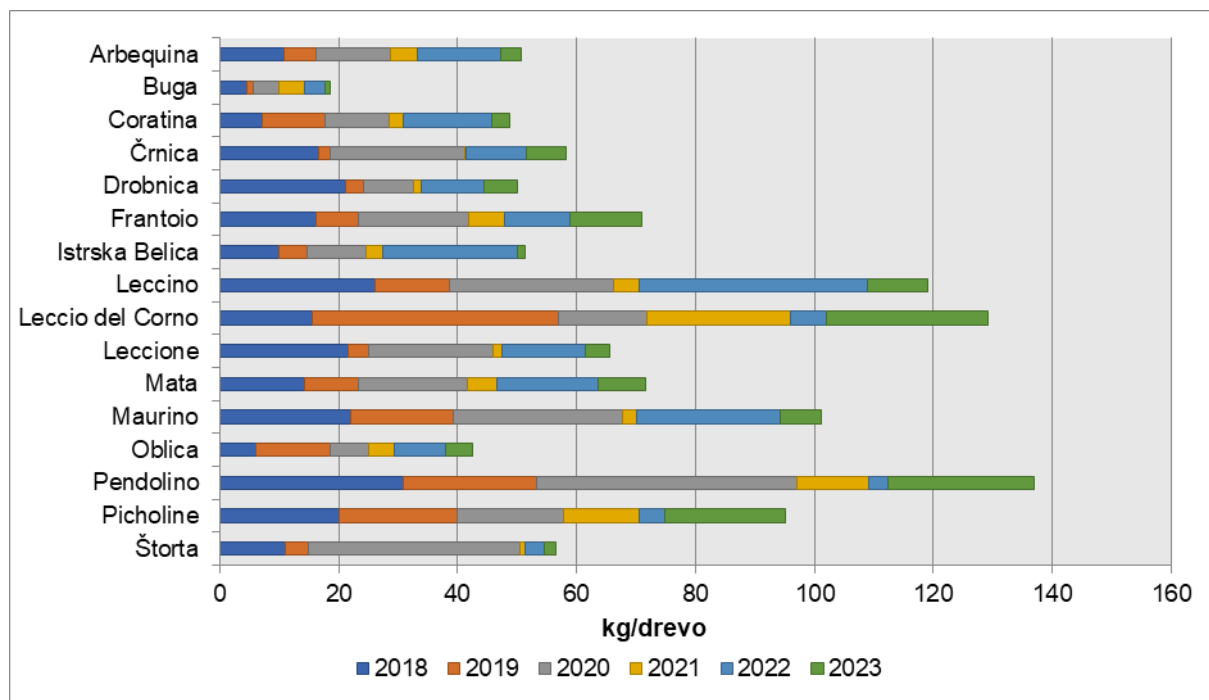
V letih 2021–2023 smo v opazovanja vključili še oploditev in merjenje prirasta (preglednica 7). V letu 2022 je bil prirast veliko nižji kot v ostalih dveh letih, v letu 2023 pa nekoliko višji kot v 2021, na kar so poleg nizkega pridelka vplivale tudi redne padavine v poletnem času. Največji prirast je imela sorta 'Pendolino', za njo sorte 'Leccino' in 'Črnica', najmanjši pa sorte 'Leccio del Corno', 'Arbequina', 'Mata' in 'Buga'. Najboljša oploditev je bila v letu 2023. Med sortami so imele zelo dobro (nad 5,5 %) povprečno oploditev 'Maurino' in 'Leccino', dobro (3,5–5,5 %) 'Arbequina' in 'Leccio del Corno', slabo (pod 1,5 %) pa 'Buga', 'Črnica' in 'Štorta'. V 2021, ko so bile zaradi nizkih temperatur v začetku aprila težave s poškodbami semen in pridelek načeloma nižji, je bil zelo dober prirast, zato smo pričakovano imeli v letu 2022 višje pridelke. Tako kot smo pričakovali, je bil v letu z visokimi pridelki (2022) prirast zelo nizek, kar je vplivalo tudi na načeloma slabšo rodnost v letu 2023. Nekatere sorte, ki so imele v tem letu višjo oploditev kot običajno ('Frantoio', 'Leccio del Corno', 'Pendolino' in 'Picholine'), so imele zaradi tega še zmeraj primerne pridelke.

Med spremljanimi sortami so se glede na vstop v rodnost, indeks alternance, občutljivost na oljčno muho in pridelek olja na drevo v obdobju 2018–2023 najboljše izkazale italijanske sorte 'Leccio del Corno', 'Leccino', 'Maurino', 'Pendolino' in 'Frantoio' ter francoska sorta 'Picholine'.



Slika 1: Prikaz alternance s povprečnimi pridelki na drevo za obdobje 2010–2023

Figure 1: Display of alternance with average yields per tree for the period 2010–2023



Slika 2: Kumulativni pridelek (kg/drevo) za obdobje 2018–2023

Figure 2: Cumulative yield (kg/tree) for the period 2018–2023

Med domačimi sortami je zaradi visoke vsebnosti olja imela najboljši pridelek olja na drevo 'Istrska Belica', vendar je zanjo značilen pozen vstop v rodnost in zelo velika občutljivost na oljčno muho. Za njo je domača sorta 'Štorta', ki ima nižji pridelek olja na drevo in prav tako pozen vstop v rodnost. Ostale štiri domače sorte ('Črnica', 'Drobница', 'Mata', 'Buga') so sorte z najnižjim pridelkom olja na drevo. Zavedati se moramo, da so to rezultati iz enega nasada. Bolj realno stanje bi dobili, če bi sorte preučili tudi v drugih nasadih z drugačno agrotehniko, saj vsaka sorta zahteva nekoliko drugačen pristop.

4. ZAHVALA

Zahvaljujemo se Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS za financiranje strokovnih nalog, vsem sodelavcem Kmetijsko gozdarskega zavoda Nova Gorica, ki so pomagali pri izvedbi nalog, predvsem pa Elizabeti Bonin, Janku Brajniku in Andreji Franca.

5. LITERATURA

- Lo Bianco, R., Proietti, P., Regni, L., Caruso, T. 2021. Planting systems for modern olive growing: strengths and weaknesses. *Agriculture* 2021, 11: 494. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060494>.
- Malheiro, R., Casal, S., Baptista, P., Pereira, J.A. 2015. A review of *Bactrocera oleae* (Rossi) impact in olive products: from the tree to the table. *Trends in Food Science & Technology*, doi: 10.1016/j.tifs.2015.04.009.
- Navas-Lopez, J.F., León, L., Trentacoste, E.R., de la Rosa, R. 2019. Multi-environment evaluation of oil accumulation pattern parameters in olive. *Plant Physiology and Biochemistry*, 139: 485-494. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.04.016>.
- Nissim Y, Shloberg M, Biton I, Many Y, Doron-Faigenboim A, Zemach H, et al. 2020. High temperature environment reduces olive oil yield and quality. *PLoS ONE* 15(4): e0231956. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231956>.

- Pearce, S.C., Doberšek-Urbanc, S. 1967. The measurement of irregularity in growth and cropping. *Journal of Horticultural Science*, 42, 3: 295-305, <https://doi.org/10.1080/00221589.1967.11514216>.
- Tapia C. F., Mora F., Santos A.I. 2009. Preliminary evaluation of 29 olive (*Olea europaea* L.) cultivars for production and alternate bearing, in the Huasco Valley, northern Chile. *Chilean journal of agricultural research* 69(3):325-330
- Toplu, C., Yildiz, E., Bayazit S. & Demirköser, T. H. 2009. Assessment of growth behaviour, yield, and quality parameters of some olive (*Olea europaea*) cultivars in Turkey. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 37, 1: 61-70, DOI:10.1080/01140670909510250.
- Vesel, V., Bandelj, D., Butinar, B., Bešter, E., Fantinič, J., Fičur, K., Podgornik, M., Valenčič, V., Volk, S., Baruca A., A., Bučar-Miklavčič, M., Jeraša, J. 2019. Ohranjanje, vrednotenje, karakterizacija in zbiranje genskih virov oljk. URN:NBN:SI:doc-D93EPTEZ.
- Vesel, V., Vrhovnik, I., Jančar, M., Bandelj, D., Devetak, M., Baruca A., A. 2020. Oljka. Ljubljana, Kmečki glas: 216 s.

FENOLOŠKI RAZVOJ OLJKE (*Olea europaea* L.) IN SPRMENJENI ABIOTSKI DEJAVNIKI - PRELIMINARNA ANALIZA

Maja PODGORNIK¹, Milena BUČAR MIKLAVČIČ¹, Vasilij VALENČIČ¹, Rok BABIČ¹,
Jakob FANTINIČ¹

POVZETEK

Pridelovalci oljk (*Olea europaea* L.) Severnega jadrana se že dalj časa srečujejo z velikimi izpadi pridelka, ki ga v največji meri pripisujejo predčasnemu sušenju in odpadanju plodov. Veliko pozornosti pri tem namenjajo ekstremnim vremenskim dogodkom in vremensko pogojenim ter škodljivim organizmom, ki povzročajo poškodbe na še ne otrdeli koščici oljke. Z namenom, da bi ugotovili vpliv okolijskih razmer na obilno trebljenje plodičev pri sorti 'Istrska Belica', smo na območju Slovenske Istre v letu 2023 zasnovali spremljanje abiotiskih dejavnikov v odvisnosti od fenoloških razvojnih stadijev. Meritve opoldanskega vodnega potenciala lista (Ψ), vsebnosti vode v tleh in temperature tal so pokazale, da so bile oljke sorte 'Istrska Belica' v času razvojne faze BBCH 71–74 izpostavljene sušnemu in vročinskemu stresu. Vročinski stres v kombinaciji s primanjkljajem vode je najverjetneje vplival na poškodbe embriov v plodovih oljke, razvoj katerih je odvisen tudi od delež nepopolnih cvetov z degeneriranim pestičem, kar je lahko posledica prilagoditvene strategije na nove okoljske razmere ali posledica okužb z glivičnimi boleznimi.

Ključne besede: predčasno odpadanje plodičev, vodni potencial rastline, cvetenje, oplodnja

PHENOLOGICAL DEVELOPMENT OF OLIVE TREE (*Olea europaea* L.) AND MODIFIED ABIOTIC CONDITIONS - A PRELIMINARY ANALYSIS

ABSTRACT

Producers of olives (*Olea europaea* L.) in the northern Adriatic region are experiencing significant yield losses, mainly due to premature drying and fruit drop. Much attention is paid to extreme weather events and weather-related pests that damage the not yet fully hardened olive stone. In order to determine the influence of environmental conditions on the abundant fruit set of the 'Istrska Belica' variety, we have designed a monitoring model of abiotic factors in relation to the phenological stages of development in the area of Slovenian Istria in 2023. Measurements of midday leaf water potential (Ψ), soil water content and soil temperature showed that olive trees of the variety 'Istrska Belica' were exposed to drought and heat stress at the BBCH 71-74 developmental stage. The heat stress in combination with the water deficit could have affected the embryo damage in the olive fruit, whose development also depends on the proportion of incomplete flowers with degenerated pistils, which could be the result of an adaptation strategy to the new environmental conditions or the consequence of infection with fungal diseases.

Key words: early fruit drop, plant water potential, flowering, fertilisation

¹ Znanstveno-raziskovalno središče Koper, Inštitut za oljkarstvo, Garibaldijska 1, 6000 Koper

1. UVOD

Pridelovalci oljk (*Olea europaea* L.) Severnega jadrana se že dalj časa srečujejo z velikimi izpadi pridelka, ki jih v največji meri pripisujejo predčasnemu sušenju in odpadanju plodov. Vzrok bi lahko bili ekstremni vremenski dogodki, ki se med leti zelo razlikujejo, vsem pa je skupno to, da močno vplivajo na ritem razvoja rastline in pojav škodljivih organizmov. Prav slednjim številni strokovnjaki pripisujejo največjo vlogo pri predčasnem sušenju in odpadanju plodov. Veliko pozornost pri tem namenjajo okužbam »oportunističnih« gliv, ki lahko napadejo celo zdravo tkivo, kadar je to že oslABLJENO zaradi drugih stresnih dejavnikov ter poškodb, ki jih marmorirana smrdljivka s sesanjem rastlinskega tkiva povzroča na še ne otrdeli koščici oljke. Pri tem ne gre zanemariti vpliva ekstremnih vremenskih dogodkov in spremenjenih okoljskih razmer na razvojni krog oljke in nastop posameznih fenoloških faz (Zapponi *in sod.*, 2022; Antelmi *in sod.*, 2019; Linaldeddu *in sod.*, 2023).

Dvig temperature zraka se trenutno odraža v zgodnejšem cvetenju oljk, krajšanju razvojnih faz ter skrajšanemu času potrebnem za rast in razvoj oljk. Opazen je tudi trend zgodnejšega pojava višjih temperatur v zimskem času, kar sicer pozitivno vpliva na vstop oljk v vegetacijo, ter zgodnejši razvoj reproduktivnih organov in fizioloških procesov, a ob nenadnem vdoru hladnega zraka iz severa se lahko zaključi s pozebo. Ta se zaradi globalnega segrevanja v slovenskem pridelovalnem območju oljk pojavlja vse pogosteje. Čedalje bolj ranljivo postaja slovensko oljkarstvo tudi zaradi spomladanskih in poletnih suš, vročinskih valov in intenzivnih sončnih pripek, ki se lahko odražajo v nepopolnem razvoju socvetij in cvetov, slabšem odpiranju in rjavenju cvetnih brstov, nepravilnem razvoju in intenzivnem trebljenju plodičev, manjši akumulaciji olja in manjši količini pridelka (Podgornik *in sod.*, 2022; Rapoport *in sod.*, 2012). Neugodne spomladanske vremenske razmere vplivajo tudi na oplodnjo oljk, saj je le-ta občutljiva na vodni primanjkljaj (Gucci *in sod.*, 2012) in omejena zaradi močnega vetra, dežja, visokih temperatur in toplih vetrov, ki lahko izsušijo pelod (cvetni prah) in brazdo pestiča (Connor in Fereres, 2005).

V optimalnih okoljskih razmerah je zasnova plodov, ki je prepozna po značilni hitri delitvi celic in pospešeni rast embria (semena), mogoča tudi v primerih, ko do zadovoljive oploditve ni prišlo. V takih primerih takoj po zaključku oploditve nastopi splav embria, vendar so taki plodovi navzven povsem normalnega videza, le v koščici ploda oljke seme ni prisotno. V ugodnih okoljskih razmerah taki plodovi ostanejo na drevesu do spravila pridelka (Rapoport and Moreno-Alías, 2017). Če pa so oljke v času hitre delitve izpostavljene sušnemu ali temperaturnemu stresu, to lahko vpliva na intenzivno trebljenje nepravilno razvitih plodičev. Oljka z naravnim trebljenjem skuša obdržati najboljše plodove in na ta način zmanjšati tveganje za izgubo semena zaradi napada škodljivcev ali bolezni oz. nepredvidenih meteoroloških pojavov, hkrati pa uravnovežiti rodnost posameznega drevesa v danih rastnih pogojih (Stephenson, 1981).

Z namenom, da bi ugotovili vpliv okoljski razmer na obilno trebljenje plodičev pri sorti 'Istrska Belica', smo na območju Slovenske Istre zasnovali spremljanje fenoloških razvojnih stadijev v odvisnosti od abiotskih dejavnikov.

2. MATERIALI IN METODE

V letu 2023 smo na podlagi tipa tal, nagiba in rodnosti dreves na območju Slovenske Istre izbrali tri polno rodne oljčne nasade sorte 'Istrska Belica' (Preglednica 1). Izbrani nasadi na

lokaciji Beneša, Dekani in Smedela so opremljeni s kapljičnim podzemnim namakalnim sistemom, dežemerjem, tremi sondami za spremljanje vsebnosti vode v tleh in temperature tal (SM150T Delta-T - Devices Ltd, VB; nameščene na globini med 20 cm in 30 cm), vodomermom in krmilnikom za upravljanje namakalnega sistema. Na lokaciji Beneša in Smedela sta nameščeni tudi samodejni brezžični meteorološki postaji Adcon GPRS/UMTS, ki sta v času spremljanja fenoloških faz omogočali validacijo podatkov. Za validacijo podatkov na lokaciji Dekani pa so bili uporabljeni podatki iz meteorološke postaje na lokaciji Purisima, ki je od mesta spremljanja oddaljena približno 2 km zračne linije v smeri severozahoda.

Preglednica 1: Lastnosti oljčnih nasadov na lokacijah Beneša, Dekani in Smedela

Table 1: Characteristics of olive orchards at Beneša, Dekani and Smedela

Lokacija	Beneša	Dekani	Smedela
Sadilna razdalja (m)	5x6	5x6	5x5
Sorta	'Istrska Belica'	'Istrska Belica'	'Istrska Belica'
Starost dreves (leta)	34	22	26
Gojitvena oblika	kotel	kotel	kotel
Vrsta sadike	potaknjenec	potaknjenec	potaknjenec
Povprečna ekspoziacija	175°- JV	229°- JZ	124°- JV
Naklon	11 %	21 %	32 %
Nadmorska višina	62,84 m	82,9 m	171,6 m
Tekstura tal	glineno- ilovnata (6 % skeleta)	glineno- ilovnata (5 % skeleta)	glineno- ilovnata (7 % skeleta)
Kritična točka (KT) vol %	19,95	19,98	22,65
Poljska kapaciteta tal (PK) vol %	31,00	32,33	35,00
Padavine od 1. 1. 2023 do 15. 11. 2023	1015 mm	969 mm	942 mm
Povp. min T tal od 1. 1. 2023 do 15. 11. 2023	6,0 °C	4,0 °C	2,3 °C
Povp. max T tal od 1. 1. 2023 do 15. 11. 2023	23,8 °C	25,9 °C	27,3 °C

V izbranih nasadih smo na podlagi slik, zajetih z daljinsko vodenim zrakoplovom (DJI – Phantom – 4 M), opremljenim z multispektralno kamero, ki zajame slike tudi v barvnem formatu RGB, izbrali reprezentativna drevesa, na katerih smo ob ključnih razvojnih fazah (razvoj socvetij in cvetov, razvoj plodov, zrelost plodov) spremljali stanje odvzetega rastlinskega materiala. Za ovrednotenje stanja socvetij in cvetov smo v razvojni fazi BBCH 50-69 na vsakem posameznem drevesu odvzeli 10 socvetij; za ovrednotenje stanja plodičev in embria pa smo v razvojni fazi BBCH 70-71 dne 29. 6. 2023 in 26. 7. 2023 na vsakem posameznem drevesu odvzeli 15 plodičev in ovrednotili število plodičev na socvetje.

Na izbranih drevesih smo opravili tudi meritve opoldanskega vodnega potenciala lista. Meritve vodnega potenciala smo opravili v 5 različnih terminih (26. 6. 2023; 5. 7. 2023; 31. 7. 2023; 31. 8. 2023; 28. 9. 2023) na poganjkih, ki so bili vzorčeni na južni strani krošnje. Na vsakem izbranem drevesu smo vzorčili dva poganjka, na katerih smo v času od 11:00 do 13:00 ure s tlačno komoro (Model 1505D-PMS Instrument) izmerili opoldanski vodni potencial (Ψ).

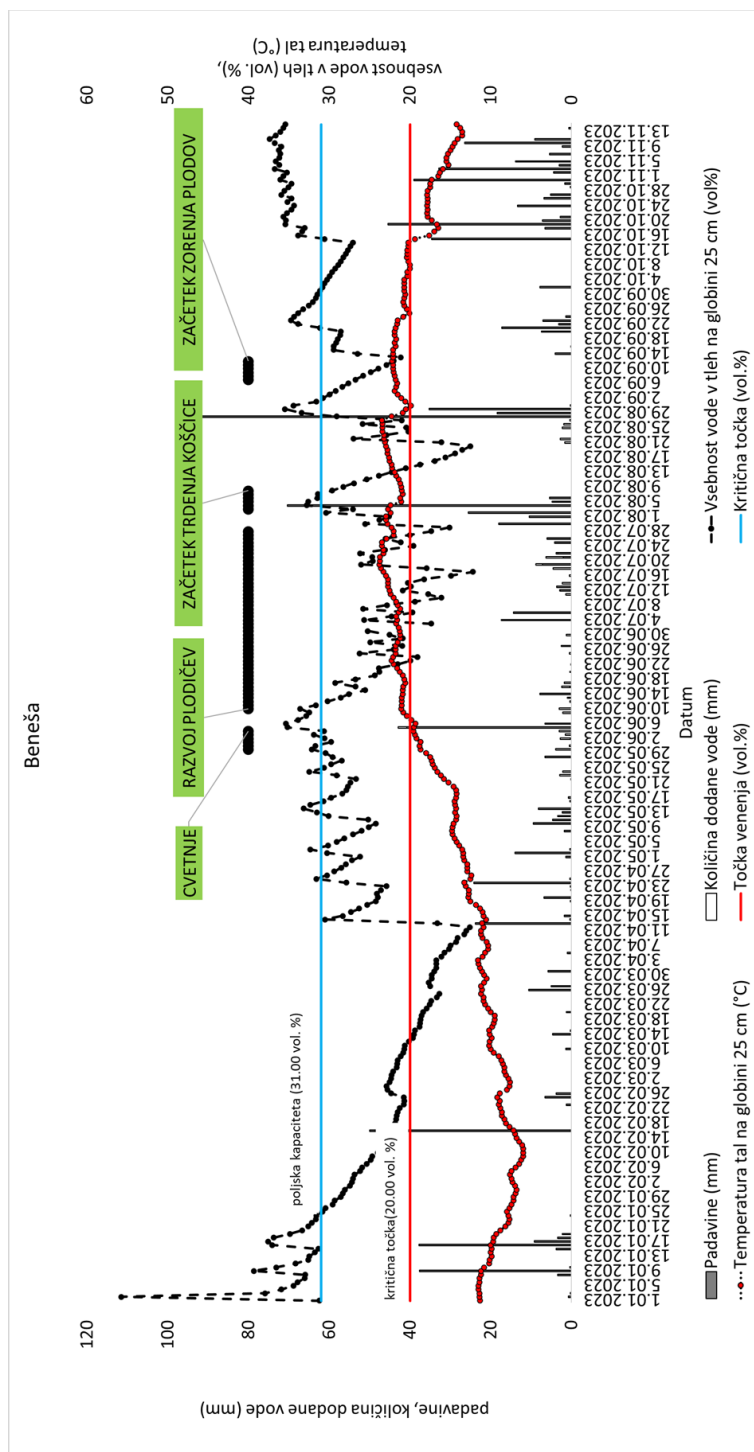
Ob spravilu pridelka je bila rodnost izbranih dreves ocenjena na podlagi naslednjih meril: 1 – zelo slaba rodnost < 5 kg; 2 slaba rodnost 5–9 kg; srednja rodnost 8–18 kg; dobra rodnost > 18 kg. V nadaljnjo statistično analizo so bila vključena le tista drevesa, ki so bila najbolj reprezentativna za izbrano rodnost na opazovanem mestu na izbrani lokaciji. Za vsako lokacijo smo tako izbrali 6 dreves, in sicer na lokaciji Beneša 6 dreves s slabo rodnostjo, na lokaciji Dekani 6 dreves s srednjo rodnostjo in na lokaciji Semedela 6 dreves z zelo slabo rodnostjo.

Statistično analizo smo izvedli s pomočjo programskega orodja SPSS (IBM, ZDA).

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

Analiza meritev vode v tleh in temperature tal, opravljenih na namakanih tleh v globini med 20 cm in 30 cm v oljčnih nasadih sorte 'Istrska Belica' v obdobju od 1. 1. 2023 do 15. 11. 2023, je pokazala, da je bila dinamika razpoložljivosti vode v tleh na vseh treh opazovanih lokacijah zelo podobna in je zato prikazana samo na primeru oljčnega nasada na lokaciji Beneša (slika 1). Na vseh treh opazovanih lokacijah je bila v času razvoja plodov, kljub dodani vodi z namakanjem in padavinam, večkrat zabeležena vsebnost vode v tleh pod ravnjo kritične točke. Voda je zato rastlinam težje dostopna, kar zavira njihovo optimalno rast in razvoj. Rastline so tedaj v sušnem stresu (Pintar, 2003). Da so bile oljke v času razvojne faze BBCH 71–74 razvoja plodov oziroma rasti celic – predvsem razvoja koščice (endokarp) – izpostavljene sušnemu stresu, so pokazale tudi vrednosti opoldanskega vodnega potenciala lista (Ψ), izmerjene dne 5. 7. 2023 na vseh izbranih lokacijah (Beneša $-2,72 \pm 0,17$ MPa; Dekani $-2,6 \pm 0,22$ MPa; Semedela $-2,4 \pm 0,20$ MPa) (slika 2). Zaradi zmanjšanja vrednosti vodnega potenciala oziroma razpoložljivosti vode v rastlini je prišlo do intenzivnejšega zapiranja listnih rež, postopnega upada turgorja ter omejitve procesa transpiracije in fotosinteze (Sofa *in sod.*, 2008). Larcher in sodelavci so že leta 1981 dokazali, da se fotosintezna aktivnost pri opoldanskemu vodnem potencialu lista $-2,2$ MPa lahko zmanjša za 50 %.

Ključen vpliv na razvojne faze BBCH 71–74 je imel tudi večdnevni vročinski val v juliju, ko so se temperature zraka dvignile nad 35 °C. Visoke temperature zraka so močno vplivale tudi na izjemno visoke temperature tal. Na območju globine med 20 cm in 30 cm namakanih tal smo zabeležili temperature nad 22 °C. Najvišje temperature v tleh smo zabeležili dne 19. 7. 2023 na lokaciji Semedela ($27,3$ °C). Na lokaciji Semedela smo v obdobju od 1. 1. 2023 do 15. 11. 2023 zabeležili tudi največjo razliko med minimalno in maksimalno temperaturo tal (Beneša – 18 °C, Dekani – 22 °C, Semedela – 25 °C). Iz slednjega izhaja, da so bile oljke na lokaciji Semedela izpostavljene tudi izjemnemu vročinskemu stresu.



Slika 1: Časovna dinamika povprečne volumske vsebnosti vode v tleh in temperature tal na globini med 20 cm in 30 cm, dnevnih padavin in količine dodane vode z namakanjem med 1. 1. 2023 in 15. 11. 2023 na lokaciji Beneša

Figure 1: The temporal dynamics of the average volumetric soil water content and soil temperature at a soil depth between 20 cm - 30 cm, daily precipitation and irrigation during 1. 1. 2023 and 15. 11. 2023 at the Beneša location



Slika 2: Vodni potencial (MPa) dreves sorte 'Istrska Belica' na lokacijah Beneša, Dekani in Semedela

Figure 2: Water potential (MPa) of trees of the 'Istrska Belica' variety at the Beneša, Dekani and Semedela locations

Vročinski stres v kombinaciji s primanjkljajem vode je najverjetneje vplival na poškodbe plodov, ki so se odražale v številu poškodovanih embriov (preglednica 2). Največji delež poškodovanih embriov (semena) smo zabeležili na lokaciji Semedela ob zaključku vročinskega vala dne 26. 7. 2023. Vsekakor je vzroke za poškodovanost embria zaradi vročinskega in sušnega stresa potrebno preučiti še na nivoju sprememb celičnih struktur, sinteze proteinov, hormonov, antioksidantov in drugih zaščitnih snovi. Treba pa je tudi proučiti vpliv škodljivih organizmov, saj Zapponi *in sod.* (2022) ugotavljajo, da lahko marmorirana smrdljivka s sesanjem rastlinskega tkiva povzroča poškodbe na še ne otrdeli koščici oljke. Na razvoj semenske zasnove ima prav gotovo velik vpliv tudi razvoj socvetji, cvetov, opravevanje in oplodnja. Zato smo z našo raziskavo preverili tudi stanje rastlinskega materiala v razvojni fazi BBCH 50-69.

Na lokaciji Dekani, kjer so bila v obravnavo izbrana drevesa z ocenjeno srednje dobro rodnostjo, smo zabeležili tudi največje število brstov oziroma cvetov na socvetje (14 ± 5), kar je skladno s sortno značilnostjo 'Istrske Belice' (Vesel V. *in sod.*, 2019). Na lokacijah Beneša in Semedela, kjer je bila ocenjena rodnost drevesa slaba oziroma zelo slaba, pa je bilo število brstov in socvetij znatno manjše (preglednica 2).

Največji delež nepopolnih cvetov z degeneriranim pestičem smo zabeležili na lokaciji Beneša (18,9 %), najmanjši delež pa na lokaciji Semedela (5,0 %). Razvoj cvetov z degeneriranimi pestiči je po ugotovitvah Maniriha (2022) prilagoditvena strategija na nove okoljske razmere, saj enospolni cvetovi z razvitimi prašniki omogočajo boljše opravevanje in večje količine peloda. Pelod je eden izmed glavnih omejitvenih dejavnikov oplodnje, saj se z lastnim pelodom (samooplodnja – avtokompatibilnost) lahko oplodi le manjše število sort oljk. Hkrati

slabše razviti cvetovi porabijo manj hranil, zato ostane razpoložljivih več hranil za omejeno število rastočih pestičev.

Preglednica 2: Stanje rastlinskega materiala na lokacijah Beneša, Dekani in Smedela v razvojni fazi BBCH 50-69 in BBCH 70-71

Table 2: Status of plant material at Beneša, Dekani and Smedela at development stage BBCH 50-69 and BBCH 70-71

Lokacija	Beneša	Dekani	Smedela
Število brstov (cvetov) na socvetje	9 ± 5	14 ± 5	11 ± 4
Delež cvetov brez pestiča (%)	19	12	5
Delež poškodovanih embriov - 29. 6. 2023 (%)	0	3	8
Delež poškodovanih embriov - 26. 7. 2023 (%)	5	19	21
Število plodičev na socvetju - 26. 6. 2023	1,9 ± 0,8	1,8 ± 0,95	2 ± 0,75
Število plodičev na socvetju - 26. 7. 2023	1,8 ± 0,8	1,8 ± 0,7	1,5 ± 0,7
Povp. vodni potencial (MPa)	-2,7 ± 0,2	-2,6 ± 0,2	-2,4 ± 0,2

Posebno pozornost pri vrednotenju nepopolnih cvetov z degeneriranim pestičem pa je treba nameniti tudi glivičnim boleznim, kot so *Botryosphaeria dothidea* in *Colletotrichum spp.*, ki so bile ob obiranju pridelka v letu 2023 zabeležene na številnih lokacijah Slovenske Istre. Moral in sodelavci (2009) poročajo, da lahko *Colletotrichum spp.* prezimi na listih gostiteljske rastline in pozno spomladi ali zgodaj poleti povzroči okužbe na mladih poganjkih in socvetjih, ki jih lahko opazimo kot nekrozo ali odpadanje cvetov.

4. ZAHVALA

Posebna zahvala gre lastnikom oljčnih nasadov na lokacijah Beneša, Dekani in Smedela, ki so nam prijazno dovolili, da smo z njihovo pomočjo lahko izvedli raziskavo v izbranih oljčnikih. Velika zahvala gre tudi sodelavki Michelle Umer za pomoč pri izvedbi terenskih in laboratorijskih meritev. Raziskava je bila delno financirana s sredstvi Javne službe v oljkarstvu in lastnimi sredstvi Inštituta za oljkarstvo, Znanstveno-raziskovalno središče Koper.

5. VIRI

- Antelmi I., Sion V., Nigo F. 2019. First Report of *Colletotrichum nymphaeae* on Olive in Italy. Plant disease 103: 4-765.
- Connor D. J., Fereres E. 2005. The physiology of adaptation and yield expression in olive. Horticultural Reviews, 31: 155–229.
- Gucci R., Fereras E., Goldhamer D. A. 2012. Olive. V: Steduto, Hsiao, Fereres, Raes. Crop yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper, 66: 300–313.
- Larcher W., Moraes J. A. P. V., Bauer H. 1981. Adaptative responses of leaf water potential, CO₂-gas exchange and water used efficiency of *Olea europea* during drying and rewatering. V: Components of productivity of Mediterranean-Climate Regions Basic and Applied Aspects. Margaris in Mooney (ur). Haag, Boston, London: 77–84.
- Linaldeddu B.T., Rossetto G., Maddau L., Vatrano T., Bregant C. 2023. Diversity and Pathogenicity of Botryosphaeriaceae and Phytophthora species associated with emerging olive diseases in Italy. Agriculture, 13(8):1575. <https://doi.org/10.3390/agriculture13081575>
- Moreira V., Mondino P., Alaniz S. 2021. Olive anthracnose caused by *Colletotrichum* in Uruguay: symptoms, species diversity and pathogenicity on flowers and fruits. European Journal of Plant

- Pathology 160 (3): 663–681.
- Moral J., Oliveira R., Trapero A. 2009. Elucidation of the disease cycle of olive anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum*. *Phytopathology* 99: 548–556.
- Pintar M. 2003. Osnove namakanja s poudarkom na vrtninah in sadnih vrstah v severovzhodni Sloveniji. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 49 str.
- Podgornik M., Valenčič V., Bučar-Miklavčič M. 2022. Bodo podnebne spremembe potisnile oljke zunaj meja Primorske? *Delo*, 64, 249: 11.
- Rapoport H. F., Hammami S. B. M., Matins, P., Perez-Priegoo, O., Orgaz, F. 2012. Influences wter deficits at different times during olive tree inflorescence and flower development. *Environmental and Experimental Botany*, 77: 227-233.
- Rapoport H.F., Moreno-Alías I. 2017. Botanica y morfología. In: Barranco D. R. Fernández-Escobar, and L. Rallo (eds.). 2017. *El cultivo del olivo*. 7th ed. Editorial Mundi-Prensa, Madrid. pp. 35–65
- Sofo A., Manfreda S., Fiorentino M., Dichio B., Xiloyannis C. 2008. The olive tree: a paradigm for drought tolerance in Mediterranean climates. *Hydrology and Earth System Sciences* 12, 293–301.
- Stephenson A.G. 1981. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. *Annual Review of Ecology and Systematics* 12: 253-279.
- Vesel V., Bandelj D., Butinar B., Bešter E., Fantinič J., Fičur K., Podgornik M., Valenčič V., Volk S., Baruca Arbaiter A., Bučar-Miklavčič M. 2019 Istrska belica: ohranjanje, vrednotenje, karakterizacija in zbiranje genskih virov oljk. Spletna izd. Koper: Znanstveno-raziskovalno središče, Annales ZRS, 21. str.
- Zapponi L., Morten M., Chiesa S.G., Angeli G., Borri G., Mazzoni V., Sofia M, Anfora G., 2022. Brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*) feeding damage determines early drop in olive crops. *Journal of applied entomology*, 146, 6: 791-795.

VPLIV RAZLIČNIH VRST GNOJIL NA OLJKO (*Olea europaea* L.) V ZMERNEM SREDOZEMSKEM PODNEBJU

Jakob FANTINIČ¹, Milena BUČAR MIKLAVČIČ¹, Vasilij VALENČIČ¹, Rok BABIČ¹,
Maja PODGORNIK¹

POVZETEK

Ekološko kmetovanje je v zadnjih letih postalo vse bolj priljubljeno, saj se potrošniki pogosto odločajo za hrano, ki je bila pridelana na okolju prijazen način. Vpliv uporabe organskih gnojil in gnojil živalskega izvora na pridelek oljk v suhih in ploskih podnebjih je temeljito raziskan. S petletno raziskavo (2018 do 2022), ki smo jo opravljali v Slovenski Istri, ki se uvršča v vlažno podnebje, smo želeli preučiti vpliv mineralnega gnojila (MG), organsko-mineralnega gnojila (OMG) in organskega gnojila (OG) na vegetativno rast in rodnost oljk. Rezultati so pokazali, da je samo gnojenje z OG, brez dodajanja preostalih gnojil, povzročilo slabšo rodnost in rast oljk v primerjavi z ostalimi gnojili. Nizke vsebnosti fosforja in kalija v OMG v primerjavi z MG niso vplivale na rast in rodnost oljk, saj ni bilo značilnih razlik med oljkami gnojenimi z enim ali drugim tipom gnojila, kar morda kaže na dobro predhodno založenost tal s fosforjem in kalijem, kar je vplivalo na rezultate poskusa.

Ključne besede: mineralno gnojilo, organsko gnojilo, organsko-mineralno gnojilo, hranila, talno gnojenje, kozji gnoj

COMPARISON OF THE EFFECTS OF DIFFERENT TYPES OF FERTILIZERS ON OLIVE (*Olea europaea* L.) IN A SUB-MEDITERRANEAN CLIMATE

ABSTRACT

Organic farming has become increasingly popular in recent years as consumers often choose food that has been produced in an environmentally friendly manner. The effects of the use of organic and animal fertilizers on olive yields in arid and semi-arid climates have been thoroughly researched. In a five-year study (2018 – 2022) conducted in Slovenian Istria, an area with a humid climate, we investigated the influence of mineral fertilizer (MF), organo-mineral fertilizer (OMF) and organic fertilizer (OF) on the vegetative growth and fruitfulness of olive trees. The results showed that fertilization with OF, without the addition of other fertilizers resulted in lower fruitfulness and growth of the trees compared to the other fertilizers. The low phosphorus and potassium content of OMF compared to MF did not affect the growth and fruitfulness of the olive trees, as there were no significant differences between olive trees fertilized with either type of fertilizer. This could indicate that the soil was sufficiently pre-supplied with phosphorus and potassium, which influenced the experimental results.

Key words: mineral fertilizer, organic fertilizer, organo-mineral fertilizer, nutrients, soil fertilization, goat manure

¹ Znanstveno-raziskovalno središče Koper, Inštitut za oljkarstvo, Garibaldijska 1, 6000 Koper

1. UVOD

Oljka (*Olea europaea* L.) je eno najstarejših gojenih drevesnih vrst v zgodovini, gojili naj bi jo že pred 8000 leti na vzhodnem delu Sredozemlja, od koder se je nato razširila po vsem Sredozemlju, ki še danes velja za glavno območje pridelave oljk (Hagagg in sod., 2014). Priljubljenost in poraba oljčnega olja se povečujeta zaradi ozaveščanja javnosti o zdravju in koristnih učinkih ter promocije uporabe oljčnega olja v gastronomiji (López-Miranda in sod., 2010).

V Sloveniji se po podatkih iz leta 2023 oljke prideluje na 2571 ha. Večina oljčnikov je zasajenih v Slovenski Istri, kjer najdemo 96 % vseh oljčnikov v Sloveniji. Za to območje je značilna izrazita posestna razdrobljenost, kar se odraža v podatku, da povprečna velikost oljčnika znaša le 0,2 ha. V Sloveniji se oljkarji odločajo med integrirano in ekološko pridelavo. V slednjo je po podatkih registra za ekološko pridelavo vključenih nekaj več kot 12 % površin, zasajenih z oljkami (MKGP, 2023). Ekološka pridelava je sistem kmetijske proizvodnje, ki se med drugim izogiba uporabi mineralnih gnojil. Zavedanje negativnega vpliva mineralnih gnojil na okolje in posledično na človekovo zdravje spodbuja kmetovalce, da pričnejo uporabljati organska gnojila namesto mineralnih (Fayed, 2005). Dodatno lahko vključitev gnoja živalskega izvora pomaga ustvariti ugodne pogoje za razvoj koreninskega sistema in absorpcijo hranil, saj omogoča izoblikovanje boljše strukture tal, kar olajša infiltracijo vode in hranil ter izboljša drenažo, prezračevnost, vlažnost in zmožnost zadrževanja hranil (Busso in sod., 2022).

Gnojenje je eden izmed temeljnih agrotehničnih ukrepov za zagotavljanje kakovostnega in velikega pridelka. Segal in sodelavci (2011) so ugotovili, da od sedemnajstih hranil, ki se absorbirajo iz talne raztopine, se dušik (N), fosfor (P) in kalij (K) porabljajo v največjih količinah in so najpomembnejši za prehrano in kondicijo rastlin. Dušik je vitalnega pomena za rast rastlin, saj je del aminokislin, beljakovin, encimov in molekul klorofila (Hagagg in sod., 2012). Kalij je potreben za osnovne fiziološke funkcije, kot so tvorba sladkorjev in škroba, sinteza beljakovin ter delitev in rast celic (Abbas in Fares, 2008). Fosfor je potreben za številne življenjske procese, kot so fotosinteza, sinteza in razgradnja ogljikovih hidratov ter prenos energije v rastlini (Obreza, 2001). Organska in mineralna gnojila se uporabljata za zagotavljanje hranil rastlinam, vzdrževanje rasti in razvoj rastlin ter povečanje pridelka.

Na podlagi smernic za strokovno utemeljeno gnojenje (Mihelič in sod., 2010) lahko v Sloveniji oljki letno dodamo največ 90 kg čistega dušika na hektar. Glede na izvor lahko gnojila razdelimo v tri kategorije: mineralna gnojila (MG), ki vsebujejo ali sproščajo hranila v mineralni obliki in ne spadajo med organska ali organsko-mineralna gnojila; organsko-mineralna gnojila (OMG), ki so sestavljena iz enega ali več mineralnih gnojil ter enega ali več materialov, ki vsebujejo organski ogljik in hranila izključno biološkega izvora; organska gnojila (OG), ki vsebujejo organski ogljik in hranila izključno biološkega izvora (Uredba (EU) 2019/1009).

Večina raziskav se osredotoča na uporabo OG in kombinacijo organskih in mineralnih gnojil v suhih ali polsuhih območjih (Al-Azzawi in Al-Ishaqi, 2022; Arji in sod., 2021; Hagagg in sod., 2012; Hagagg in sod., 2014). Z raziskavo smo želeli ugotoviti in ovrednotiti vpliv, ki ga imajo različne vrste gnojil na rast, cvetenje in razvoj plodov oljk v zmernem sredozemskem podnebju.

2. MATERIALI IN METODE

Raziskava je potekala v 1,4 ha velikem oljčniku v Izoli (45°31'38,1" N, 13°39'23,95" E). Oljke v nasadu so posajene na razdalji 6 x 6 m na ravnem terenu brez naklona. V poskus je bilo vključenih 36 oljk sorte 'Maurino', starih 10 let. Poskus je trajal tri leta v obdobju 2018 - 2022. Pred pričetkom poskusa so oljčnik več let gnojili samo z uležanim kozjim gnojem. Poskus je zajemal tri obravnave, ki so jih predstavljale tri vrste gnojil – MG, OMG in OG. Poskus je bil zasnovan po sistemu 12 naključnih blokov, v vsakem bloku so bile tri oljke. Gnojili smo spomladi v 1,5 m širokem pasu levo in desno od oljke. Pred gnojenjem s kozjim gnojem smo z namenom zrahljanja zemlje gnojilni pas površinsko obdelali, po gnojenju pa smo kozji gnoj zadelali v tla.

Z namenom, da bi oljke v vseh obravnavanjih pognojili z enako količino dušika, smo oljke glede na obravnavanje pognojili s 24 kg MG, 35 kg OMG in 540 kg OG - uležan kozji gnoj. Aplicirali smo take količine, ker smo na ta način z vsakim gnojilom dodali skoraj enako količino dušika na hektar. Vsebnosti hranil v gnojilu, ki so bile navedene na embalaži ali v primeru kozjega gnoja pridobljene s pomočjo laboratorijske analize, so predstavljene v preglednici 1.

Preglednica 2: Kemijske lastnosti gnojil uporabljenih v poskusu
Table 1: Chemical properties of fertilizers used in the experiment

Vrsta gnojila	Organsko-mineralno gnojilo (OMG)	Mineralno gnojilo (MG)	Organsko gnojilo (OG)
Vsebnost N (%)	10,5-11	15	2,11*
Vsebnost P (%)	1,5	15	0,51*
Vsebnost K (%)	1,5	15	3,45*
Vsebnost C (%)	39-45	0	37,95**

* Vrednosti hranil v organskem gnojilu na suho snov

** Povprečne vsebnosti C v kozjem gnoju povzeta iz literature (Magdich in sod., 2022; Batubara in sod., 2021; Alowaiesh in sod., 2023)

Pred pričetkom cvetenja smo na vsaki oljki izbrali pet enoletnih poganjkov, ki so imeli vsaj deset socvetij in so bili dolgi več kot 15 cm, ter jih označili. Za vsak označen poganjek smo prešteli število socvetij in število cvetnih brstov ter izmerili dolžino poganjka. Po cvetenju smo prešteli število plodičev, oktobra ponovno število plodov in izmerili končno dolžino poganjka. Na vsaki oljki smo vsako leto spomladi in jeseni izmerili obseg debla na višini 30 cm.

Po opravljenih meritvah smo preračunali oplodnjo, trebljenje, prirast poganjka in spremembo obsega debla. Statistično analizo podatkov smo opravili s pomočjo programskega orodja SPSS (IBM, ZDA). Za ugotavljanje razlik med obravnavami smo uporabili enosmerno analizo variance – ANOVA. V primeru ugotovljenih razlik smo uporabili Games-Howell neparametrični post-hoc test za vrednotenje razlik med povprečji obravnavanj.

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

V preglednici 2 so prikazane povprečne vrednosti in standardni odkloni za obdobje 2018 - 2022 za tiste meritve, kjer so se pokazale statistično značilne razlike med obravnavanji.

Statistično značilne razlike v številu cvetov na poganjek so se pokazale med MG in OG, ter OMG in OG. Največ cvetov smo zabeležili na oljkah, ki so bile gnojene z MG – 190,52, najmanj na tistih, gnojenih z OG - 158,34, kar pomeni 17 % manj cvetov. Razliko v intenzivnosti cvetenja med obravnavanji lahko morda pripišemo počasnejši mineralizaciji dušika v OG v prvih letih poskusa. Od leta 2019 dalje se je povprečno število cvetov na oljko povečalo ne glede na uporabljeno vrsto gnojila, najverjetneje zaradi gnojenja z zadostno količino dušika, kar je v skladu z ugotovitvami Haberman in sod. (2019), ki so z zadostno količino dušika zagotovili dober cvetni nastavek oljk.

Preglednica 3: Povprečne vrednosti izmerjenih podatkov \pm standardni odklon. Različna črka v posamezni vrstici označuje statistično značilno razliko med obravnavanji ($p < 0,05$)

Table 2: Average values of measured data \pm standard deviation. Different letters in each row indicate a statistically significant difference between treatments ($p < 0,05$).

	Organsko-mineralno gnojilo (OMG)	Mineralno gnojilo (MG)	Organsko gnojilo (OG)
Število cvetov na poganjek	181,34 \pm 70,64 a	190,52 \pm 92,29 a	158,37 \pm 60,87 b
Število plodov na poganjek	7,38 \pm 4,89 a	7,02 \pm 5,31 a	5,95 \pm 3,79 b
Prirastek poganjka (cm)	6,50 \pm 4,73 a	5,73 \pm 5,08 ab	5,38 \pm 4,70 b
Sprememba obsega debla (cm)	2,59 \pm 1,36 a	2,59 \pm 1,11 a	1,92 \pm 1,03 b

Večje razlike med obravnavanji so se pokazale pri štetju števila plodov na poganjek v mesecu oktobru. Tako kot pri cvetenju so se tudi tukaj pojavile statistično značilne razlike v številu plodov na poganjek med MG in OG, ter OMG in OG. Vrednosti so bile sledeče: 7,02 plodov na poganjek na oljkah gnojenih z MG, 7,38 na tistih gnojenih z OMG in 5,95 na tistih gnojenih z OG. Razlika približno enega ploda na poganjek lahko v tem primeru pomeni, ko so oljke še relativno mlade, skoraj 20 % povečan pridelek na oljkah, gnojenih z OMG, v primerjavi z OG. Slabši pridelek bi lahko morda pripisali počasnejši mineralizaciji elementov v tleh, gnojenih z OG, saj se v prvem letu po nanosu mineralizira le 15–20 % organsko vezanega dušika, 70 % se ga mineralizira postopno v naslednjih letih (Mihelič in sod., 2010). Številni avtorji so ugotovili, da aplikacija MG v kombinaciji z OG pozitivno vpliva na cvetenje in razvoj plodov oljke (Roussos in sod., 2017, Hagagg in sod., 2012). Morda je ravno prisotnost organske mase v tleh zaradi dolgoletne aplikacije kozjega gnoja kot edinega vira gnojila povzročila boljšo založenost tal s hranili in absorbcijo hranil v rastlino tam, kjer so bila uporabljena MG in OMG. Pekcan in sodelavci (2019) so v svoji raziskavi opazili izrazito povečan pridelek na oljkah, gnojenih s kombinacijo OMG in hlevskega gnoja, v primerjavi s kombinacijo MG in hlevskega gnoja ter samo MG. Omenjena raziskava je bila opravljena v sušnem območju. V našem podnebjju tako izrazitih razlik nismo zabeležili, smo pa prav tako ugotovili, da so imele oljke, gnojene z OMG, rahlo večje povprečno število plodov (sicer ne statistično značilno) tudi v primerjavi z MG – večje za približno 5 %. Pomemben pokazatelj učinkovitosti gnojenja je tudi prirastek poganjka. V okviru raziskave smo pred cvetenjem izmerili dolžino enoletnega poganjka, meritev smo nato pred obiranjem (oktober) ponovili. Razlika se je pokazala predvsem med OMG in OG. Oljke, gnojene z OMG, so povprečno dosegle največje prirastke (6,5 cm), medtem ko so oljke, gnojene z OG, imele najmanjšega (5,38 cm), kar znaša 12 % večji prirastek na oljkah, gnojenih z OMG. Nismo pa ugotovili bistvenih korelacij med prirastkom in končnim številom plodov ali intenzivnostjo cvetenja. Pred pričetkom poskusa in po vsaki sezoni smo izmerili premer debla vsake oljke, ki je bila vključena v poskus. Rezultati kažejo na boljšo vegetativno rast dreves, ki so bila gnojena z

MG ali OMG v primerjavi z OG, kjer je bilo povečanje debela manjše (26 % manj) v primerjavi z ostalima obravnavama.

Rezultati gnojenja z OG so kljub vsemu zadovoljivi. Z nadomeščanjem določenega deleža MG ali OMG z OG, kot je npr. kozji gnoj, bi lahko zmanjšali stroške gnojenja in pozitivno vplivali na tla in okolje. Ob aplikaciji OG so bila tla površinsko obdelana, kar je lahko vplivalo na relativno dobre rezultate obravnave z OG. Zaradi številnih traktorskih prehodov se lahko v oljčnikih pojavi težava z zbitostjo terena, kar lahko onemogoči oz. otežuje pronicanje vode in hranil v spodnje plasti tal. Le-to lahko izboljšamo s plitvo površinsko obdelavo, ki je bila izvedena ob zadelavi OG v tla. Vsebnosti P in K v OMG, ki je bilo uporabljeno v raziskavi, so zelo nizke v primerjavi z MG. Predvidevamo, da so bila tla že predhodno dobro preskrbljena s tema dvema esencialnima hraniloma in dodatno gnojenje z njima v primeru MG ni doprineslo k boljši vegetativni rasti ali rodnosti oljk. Podobne ugotovitve navajata v svoji raziskavi tudi Centeno in Gomez-del-Campo (2011). Zato bo v prihodnje potrebno raziskavo nadaljevati in nadgraditi z analizo tal ter listov. Višje cene gnojil, ki smo jim priča v zadnjih letih, so marsikaterega pridelovalca spodbudile k iskanju alternativnih načinov oskrbovanja rastlin s hranili za zagotavljanje kakovostnega in visokega pridelka. OG v kombinaciji z MG ali OMG bi lahko predstavljalo dobro alternativo gnojenju samo z MG, kar bi znatno zmanjšalo stroške gnojenja oljk v zmernem sredozemskem podnebjju.

5. ZAHVALA

Posebna zahvala gre gospodu Janezu Kobalu in gospodu Mateju Busiju, ki sta nam prijazno dovolila opravljati raziskavo v njunem oljčniku, ter za pomoč pri izpeljavi poskusa. Avtorji se zahvaljujejo Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Javni agenciji za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije, ki sta sofinancirala projekt GO-TO S-OIL - Ohranjanje in izboljšanje proizvodnega potenciala tal za trajnostno pridelavo oljk (Evidenčna številka ARRS: V4-2216).

6. VIRI

- Abbas F. and Fares A., 2008. Best management practices in citrus production, *Tree For. Sci. Biotech*, 3: 1 – 11
- Al-Azzawi A.K.T., Al-Ishaqi. 2022. Effect of organic and NPK fertilizers on some chemical traits of seedlings of two olive cultivars *Olea europaea* L. *Euphrates Journal of Agriculture Science*, 14(1): 159 – 170
- Alowaiesh B.F., Gad M.M., Ali M.S.M. 2023. Integrated Use of Organic and Bio-fertilizers to Improve Yield and Fruit Quality of Olives Grown in Low Fertility Sandy Soil in an Arid Environment. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, 92(6): 1813 – 1829
- Arji I., Safari M., Hadawi I. 2021. Effects of Different Organic Manures and Chemical Fertilizers on Yield and Yield Component of Olive (*Olea europaea* L.,) cv Zard In Kermanshah Province. *Agrotechniques in Industrial Crops*, 1(2): 61 – 70
- Batubara S.F., Santoso A.B., Ramija E.K. 2021. Potential of goat manure as organic fertilizer in North Sumatera. *BIO Web of Conferences*, 133: 6 str.
- Busso M.A., Suñer L.G., Rodríguez R.A. 2022. Effects of different fertilization sources on *Olea europaea* (Oleraceae). Impact on olives and oil yield and quality. Considerations on environmental sustainability and soil use. A review. *Lilloa*, 59 (2): 199 – 220
- Centeno A., Gomez-del-Campo M. 2011. Response of mature olive trees with adequate leaf nutrient status to additional nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization. *Acta Horticulturae*, 888: 277 – 280

- Fayed T. A. (2005). Effect of some organic manures and biofertilizers on Anna apple trees. Yield and fruit characteristics. *Egypt Journal of Applied Science*, 20: 176-191
- Haberman A., Dag A., Shtern N., Zipori I., Erel R., Ben-Gal A., Yermiyahu U. 2019. Significance of proper nitrogen fertilization for olive productivity in intensive cultivation. *Scientia Horticulturae*, 246: 710 – 717
- Hagagg L.F. Merwad M.A., Shahin M.F.M., Foud A.A. 2014. Effect of NPK and bio-fertilizers as soil application on promoting growth of "Toffahi" olive seedlings under greenhouse condition. *Journal of Agricultural Technology*, 10(6); 1607 – 1617
- Hagagg, L.F., El-Migeed M.M.M., Shahin M.F.M., Hassan H.S.A., El-Ashry S. 2012. Effect of mineral and organic fertilization rates on vegetative growth and N, P, K leaf content of olive seedlings cv. koroneiki. *Australian Journal of Basic Applied Sciences*, 6(7): 570-576
- López-Miranda J., Pérez-Jiménez F., Ros E., De Caterina R., Badimón L., Covas M.I., ESCRICH E., Ordovás J.M., Soriguer F., Abiá R., et al., 2010. Olive oil and health: summary of the II international conference on olive oil and health consensus report, Jaén and Córdoba (Spain) 2008. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2010 May;20(4): 284-94
- Magdich S., Ben Rouina B., Ammar E. 2022. Combined management of olive mill wastewater and compost in olivegrove: Effects on soil chemical properties at different layers depth. *Ecological Engineering*, 184: 13 str.
- Mihelič R., Čop J., Jakše M., Štampar F., Majer., Tojnko S., Vršič S. 2010. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Ljubljana, 182 str.
- MKGP. 2023a. Oljkarstvo. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. <https://www.gov.si teme/oljkarstvo/>
- Obreza T.A. 2001. Effects of p and k fertilization on young citrus tree growth. Cooperative extension service, university of Florida, institute of food and agricultural sciences, Florida: 1-3
- Pekcan T., Turan H.S., Çolakoğlu H. 2009. Effects of Organomineral, Mineral and Farmyard Manures on The Yield and Quality of Olive Trees (*Olea Europaea L.*). UC Davis: Department of Plant Sciences: The Proceedings of the International Plant Nutrition Colloquium XVI
- Roussos P.A., Gasparatos D., Kechrologou K., Katsenos P., Bouchagier P. 2017. Impact of organic fertilization on soil properties, plant physiology and yield in two newly planted olive (*Olea europaea L.*) cultivars under Mediterranean conditions. *Scientia Horticulturae*, 220: 11 – 19
- Segal E., Dag A., Ben-Gal A., Zipori I., Erel R., Suryano S., Yermiyahu U. 2011. Olive orchard irrigation with reclaimed wastewater: Agronomic and environmental considerations. *Agric. Ecosyst. Environ*, 140: 454–461
- Uredba (EU) 2019/1009 Evropskega parlamenta in sveta z dne 5. junija 2019 o določitvi pravil o omogočanju dostopnosti sredstev za gnojenje EU na trgu, spremembi uredb (ES) št. 1069/2009 in (ES) št. 1107/2009 ter razveljavitvi Uredbe (ES) št. 2003/2003

NEKATERE KEMIJSKE ZNAČILNOSTI DOMAČIH SORT OLJKE 'BUGA', 'ČRNICA' IN 'DROBNICA'

Vasilij VALENČIČ¹, Milena BUČAR-MIKLAVČIČ¹, Maja PODGORNIK¹

POVZETEK

V raziskavi smo v treh zaporednih letih proučili tiste kemijske značilnosti domačih oljčnih sort 'Buga', 'Črnica' in 'Drobnica', ki pomembno vplivajo na prehransko vrednost in varovalne učinke oljčnega olja na zdravje. Določili smo maščobnokislinsko sestavo, vsebnost in sestavo sterolov, biofenolov in tokoferolov. V oljih sorte 'Črnica' smo določili največjo povprečno vsebnost oleinske kisline (75,75 ut. %) in najmanjšo vsebnost linolne kisline (4,54 ut. %). Olja sorte 'Drobnica' so vsebovala 72,06 ut. % oleinske in 7,87 ut. % linolne kisline, olja sorte 'Buga' pa le 68,73 ut. % oleinske in 6,58 ut. % linolne kisline. Vse tri sorte so bogat vir naravnih antioksidantov, saj vsebujejo od 427 mg/kg ('Črnica') do 616 mg/kg ('Buga') skupnih biofenolov in od 243 mg/kg ('Črnica') do 378 mg/kg ('Buga') α -tokoferola. Olja vseh treh sort zadoščajo zahtevam zakonodaje glede sestave in vsebnosti sterolov. Največ skupnih sterolov smo določili v vzorcih olja sorte 'Buga' (2468 mg/kg), sledijo vzorci sorte 'Drobnica' (2391 mg/kg) in 'Črnica' (1351 mg/kg). Obravnavane domače sorte izkazujejo velik potencial za nadaljnje gojenje na območjih, kjer v Sloveniji uspeva oljka.

Ključne besede: oljka, *Olea europaea* L., maščobne kisline, steroli, biofenoli, tokoferoli

SOME CHEMICAL CHARACTERISTICS OF DOMESTIC VARIETIES 'BUGA', 'ČRNICA' AND 'DROBNICA'

ABSTRACT

In this study the chemical properties of the olive varieties 'Buga', 'Črnica' and 'Drobnica', which have a significant influence on the nutritional value and health-protective effect of olive oil, were investigated over three consecutive years. The fatty acid composition, the content and composition of sterols, biophenols and tocopherols were determined. The highest average content of oleic acid was found in the oils of the 'Črnica' variety (75.75 wt. %), which also had the lowest linoleic acid content (4.54 wt. %). Oils of the 'Drobnica' variety contained 72.06 wt. % of oleic acid and 7.87 wt. % of linoleic acid, while oils of the 'Buga' variety contained 68.73 wt. % of oleic acid and 6.58 wt. % of linoleic acid. All three varieties are a rich source of natural antioxidants, as the total biophenol content varies between 427 mg/kg ('Črnica') and 616 mg/kg ('Buga'), and the α -tocopherol content varies between 243 mg/kg ('Črnica') and 378 mg/kg ('Buga'). The oils of all three varieties also meet the legal requirements with regard to composition and content of sterols. The highest total sterols were determined in oil samples of the 'Buga' variety (2468 mg/kg), followed by the samples of the 'Drobnica' (2391 mg/kg) and 'Črnica' (1351 mg/kg) varieties. The presented domestic varieties showed great potential for further cultivation in suitable areas for the cultivation of the olive tree in Slovenia.

¹ Znanstveno-raziskovalno središče Koper, Inštitut za oljkarstvo, Livade 6, 6310 Izola

Key words: olive, *Olea europaea* L., fatty acids, sterols, biophenols, tocopherols

1. UVOD

'Buga', 'Črnica' in 'Drobnica' so domače sorte oljk (*Olea europaea* L.), tradicionalno prisotne na območju gojenja oljke v Sloveniji. Oljka je sredozemsko drevo, ki v Sloveniji uspeva le na območju, do koder sega vpliv morja, saj ne prenese nizkih zimskih temperatur; kljub omejenim možnostim širjenja se v Sloveniji uvršča med sadnimi vrstami na drugo mesto po številu posajenih hektarjev, približno 2500 ha (Čebulj in sod., 2022). V letu 2023 je bilo v Sloveniji evidentiranih 2571 ha oljčnih nasadov, skupna potencialna površina, ki jo je mogoče zasaditi z oljkami, pa je ocenjena na 3000 ha (Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, 2023).

'Istrska belica' je najbolj razširjena sorta oljk v Sloveniji in predstavlja 56 % vseh prisotnih oljk, sledita ji sorti 'Leccino' in 'Maurino' (Klančar in Juretič, 2021). Pred letom 1956, ko je pozeba močno poškodovala oljke, so bile domače sorte 'Buga', 'Drobnica' in predvsem 'Črnica' pogosteje zastopane kot danes (Vesel in sod. 2009), kljub temu so obravnavane sorte še vedno pomembne za biotsko raznolikost teritorija in povezanost s tradicionalno proizvodnjo oljčnega olja ter imajo posebne kemijske značilnosti.

Namen raziskave je bil v daljšem časovnem obdobju spremljati nekatere kemijske značilnosti sort 'Buga', 'Črnica' in 'Drobnica'. Zbrani podatki so zelo pomembni za vrednotenje domačih sort, njihovo nadaljnje gojenje pa predstavlja možnost za širjenje zastopanosti domačih sort oljk v Sloveniji, povečanje količine predelanega (ekstra) deviškega oljčnega olja in povečanje stopnje samooskrbe z oljčnim oljem v Sloveniji.

2. MATERIAL IN METODE

Plodove sort 'Buga', 'Črnica' in 'Drobnica' smo vzorčili na lokacijah Purissima, Sečovlje in Šempeter v obdobju treh let (2018-2020), od 20. septembra do 5. novembra. Za vsako sorto smo vzorčili 1 kg plodov in jih predelali v laboratorijski oljarni Abencor system MC2 (MC2 Ingenieria y Sistemas, Sevilla, Španija).

V nadaljevanju opisane metode za določanje maščobnokislinske sestave, vsebnosti in sestave sterolov, biofenolov in tokoferolov so akreditirane po SIST EN ISO/IEC 17025 (2017). Vse uporabljene kemikalije so izpolnjevale zahteve iz metod in so bile dobavljene pri Sigma-Aldrich Chemie GmbH (München, Nemčija).

Maščobnokislinsko sestavo smo določili po metodi iz Uredbe Komisije (EGS) št. 2568/91, Priloga X: oljčno olje smo raztopili v heptanu in pripravili metilne estre maščobnih kislin s transesterifikacijo z metanolno raztopino kalijevega hidroksida (2 mol/L) pri sobni temperaturi. Dobljene metilne estre maščobnih kislin smo analizirali s plinskim kromatografom Agilent HP 6890 Series (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) s plamensko ionizacijskim detektorjem (FID) in izračunali utežni delež posameznih metilnih estrov maščobnih kislin v analiziranem vzorcu oljčnega olja.

Vsebnost in sestavo sterolov smo določili po metodi iz Uredbe Komisije (EGS) št. 2568/91, Priloga XIX: v olje smo dodali interni standard (α -holestanol, 0,2 % (m/V)), sledila sta umiljenje z etanolno raztopino kalijevega hidroksida (2 mol/L) in ekstrakcija neumiljivih

snovi z dietil etrom. Frakcijo sterolov smo ločili od preostalih neumiljivih snovi s pomočjo tankoplastne kromatografije na silikagelni plošči, ki smo jo predhodno aktivirali z etanolno raztopino kalijevega hidroksida (0,2 mol/L). Izolirane sterole smo pretvorili v trimetilsililne etre in jih analizirali s plinskim kromatografom Agilent HP 6890 Series (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) s plamensko ionizacijskim detektorjem (FID).

Vsebnost in sestavo biofenolov smo določili po metodi COI/T.20/Doc. No 29 Rev. 1, 2017. Biofenole smo ekstrahirali iz oljčnega olja v raztopini metanola in vode (80/20, V/V), ob dodatku internega standarda (siringična kislina, 0,15 mg/mL), na ultrazvočni kopeli 15 minut. Vsebnost in sestavo biofenolov smo določili s HPLC Agilent 1260 (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) z detektorjem DAD. Pripravili smo zunanjo kalibracijsko raztopino tirozola (0,030 mg/mL) in siringične kisline (0,015 mg/mL). Biofenolne spojine smo kvantificirali z uporabo faktorja odzivnosti tirozola.

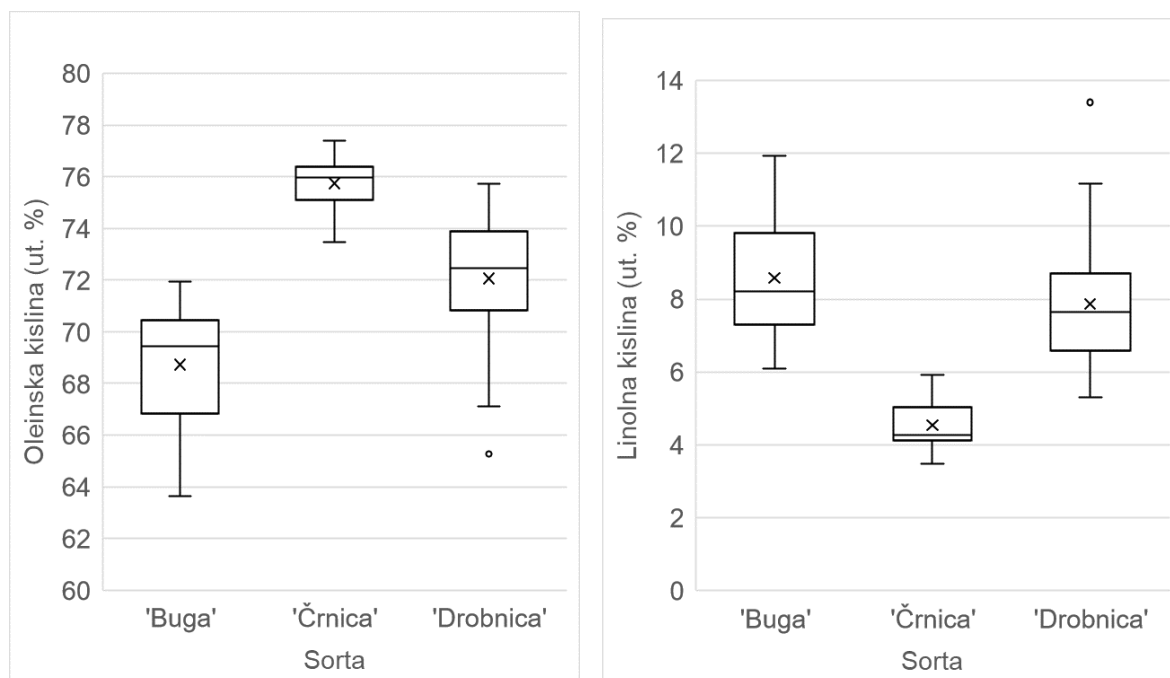
Vsebnost tokoferolov smo določili po metodi SIST EN ISO 9936 (2016): 100 mg olja smo zatehtali v 10 mL-merilno bučko in raztopili z n-heptanom. Določitev je potekala s HPLC Agilent 1100 (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, ZDA), opremljen z binarno črpalko in avtomatskim vzorčevalnikom, kolono C18 (Phenomenex Luna 5 μ Silica(2), 250 \times 4,6 mm, 5 μ ; Phenomemex, Inc, Torrance, CA, ZDA), pri temperaturi 25 °C, detekcijo pa s fluorescenčnim detektorjem pri valovni dolžini vzbujanja 290 nm in valovni dolžini emisije 330 nm. Vsebnost α -, β -, γ - in δ -tokoferola smo določili glede na umeritveno krivuljo v območju od 3 do 2220 mg/kg.

Rezultate preskusov smo statistično obdelali s programom SPSS Statistics, različica 26 (SPSS, Chicago, IL, USA). Izračunali smo povprečne vrednosti in standardne odklone, izvedli analizo variance (ANOVA) in post-hoc Fisherjev test LSD. Delovne hipoteze smo preverili pri stopnji tveganja $\alpha < 0,05$.

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

Maščobnokislinska sestava je pomembna za karakterizacijo sortnih olj in prispeva k prehranski vrednosti ekstra deviških oljčnih olj. Oleinska kislina (C 18:1) je enkrat nenasičena maščobna kislina in je zelo pomembna za stabilnost oljčnega olja. S testom večkratnih primerjav smo ugotovili, da se sorte 'Buga', 'Črnica' in 'Drobnica' med seboj razlikujejo v vsebnosti oleinske kisline. Največjo povprečno vsebnost oleinske kisline smo določili v sorti 'Črnica' (75,75 ut. %), sledita 'Drobnica' (72,06 ut. %) in 'Buga' (68,73 ut. %). Sorte 'Buga' in 'Črnica' ter 'Črnica' in 'Drobnica' se med seboj razlikujejo tudi po vsebnosti linolne kisline (C18:2), medtem ko za to kislino ni statistično značilnih razlik med sortama 'Buga' in 'Drobnica'. Najmanjšo vsebnost linolne kisline smo določili v sorti 'Črnica' (4,54 ut. %), sledita 'Drobnica' (7,87 ut. %) in 'Buga' (8,58 ut. %). Rezultati so prikazani na sliki 1.

Vsebnosti oleinske in linolne kisline sta zelo pomembna parametra za pridelovalce Ekstra deviškega oljčnega olja Slovenske Istre (EDOOSI), saj specifikacija EDOOSI predpisuje, da mora biti vsebnost oleinske kisline v oljih EDOOSI najmanj 72 ut. %, linolne kisline pa je lahko največ 8 ut. %



Slika 1: Vsebnost oleinske in linolne kisline v oljih, predelanih iz sort 'Buga', 'Črnica' in 'Drobnica'

Figure 1: Oleic and linoleic acids content of 'Buga', 'Črnica' and 'Drobnica' olive oils

Za oleinsko in linolno kislino smo ugotovili tudi razlike med letniki: statistična obdelava podatkov je pokazala razlike med letnikoma 2018 in 2019 ter med letnikoma 2018 in 2020, medtem ko ni bilo statistično značilnih razlik med letnikoma 2019 in 2020. Največjo povprečno vsebnost oleinske kisline in najmanjšo povprečno vsebnost linolne kisline smo določili v vzorcih letnika 2020, sledijo vzorci letnika 2019 in letnika 2018. Med lokacijami in termini ni bilo statistično značilnih razlik v vsebnosti oleinske in linolne kisline.

Preglednica 1: Vsebnost in sestava sterolov v oljih, predelanih iz sort 'Buga', 'Črnica' in 'Drobnica'

Table 1: Content and composition of sterols in oils processed from the cultivars 'Buga', 'Črnica' and 'Drobnica'

Parameter	Enota	Buga	Črnica	Drobnica
Holesterol	%	0,09 ± 0,04 ^a	0,13 ± 0,04 ^b	0,09 ± 0,02 ^a
Kampesterol	%	2,55 ± 0,18 ^a	3,70 ± 0,29 ^b	2,60 ± 0,16 ^a
Stigmasterol	%	0,78 ± 0,25 ^a	1,00 ± 0,60 ^a	0,75 ± 0,36 ^a
Δ-7-stigmastenol	%	0,20 ± 0,05 ^a	0,29 ± 0,06 ^b	0,24 ± 0,08 ^a
Navidezni β-sitosterol	%	95,56 ± 0,45 ^a	93,98 ± 0,56 ^a	95,35 ± 0,36 ^a
Skupni steroli	mg/kg	2468 ± 251 ^a	1351 ± 270 ^b	2391 ± 314 ^a

Rezultati so podani kot povprečje ± standardni odklon; n = 46; vrednosti v isti vrstici, označene z različnim nadpisanim indeksom, se statistično značilno razlikujejo (ANOVA in LSD, p < 0,05).

Vsebnost in sestava sterolov predstavljajo pomembne parametre za ugotavljanje pristnosti in odkrivanje morebitnih potvorb ekstra deviških oljčnih olj. Osredotočili smo se na tiste parametre, za katere so predpisane mejne vrednosti v evropski zakonodaji. Ugotavljamo, da so olja, predelana iz sort 'Buga', 'Črnica' in 'Drobnica' skladna z mejnimi vrednostmi za ekstra deviška oljčna olja po Delegirani uredbi Komisije (EU) 2022/2104. Rezultati večkratnih

primerjav kažejo, da se sorte 'Buga' in 'Črnica' ter 'Črnica' in 'Drobnica' statistično značilno razlikujejo v vsebnosti holesterola, kampesterola, $\Delta 7$ -stigmastenola in skupnih sterolov, medtem ko se sorti 'Buga' in 'Drobnica' statistično značilno ne razlikujeta v vsebnosti omenjenih parametrov. Vse tri sorte se med seboj statistično značilno ne razlikujejo v vsebnosti stigmasterola in navideznega β -sitosterola, brasikasterol pa ni prisoten v nobenem vzorcu.

Za olja sorte 'Buga' in 'Drobnica' je značilna velika vsebnost skupnih sterolov, 2468 mg/kg ('Buga') oziroma 2391 mg/kg ('Drobnica'), vsebnost skupnih sterolov v vzorcih sorte 'Črnica' je veliko manjša (1351 mg/kg). Sorta 'Črnica' ima v primerjavi večje povprečne vsebnosti kampesterola (3,70 %) in $\Delta 7$ -stigmastenola (0,29 %). Rezultati so prikazani v preglednici 1. Pri proučevanju razlik med lokacijami smo ugotovili statistično značilne razlike v vsebnosti $\Delta 7$ -stigmastenola le med Sečovljami in Šempetrom, kjer smo določili nekoliko večje vsebnosti $\Delta 7$ -stigmastenola, v splošnem se vsebnost in sestava sterolov statistično značilno ne razlikujejo glede na lokacijo. Večjih razlik med letniki tudi ni zaznati, opazili pa smo, da se v sortah 'Buga', 'Črnica' in 'Drobnica' vsebnost skupnih sterolov zmanjšuje z dozorevanjem plodov in potrdili statistično značilne razlike med prvim in zadnjim (tretjim) obdobjem vzorčenja.

Znano je, da so biofenoli in tokoferoli naravno prisotni v deviških oljčnih oljih in delujejo antioksidativno (Bešter in sod., 2008), njihova vsebnost pa je odvisna od različnih dejavnikov – med drugim od sorte oljk, letnika, geografskih in podnebnih dejavnikov (Franco in sod., 2014; Koprivnjak in sod., 2012). Ligstrozidni in olevropeinski biofenoli so značilni le za družino Oleaceae (Ryan in sod., 2002). Olja sort 'Buga' in 'Drobnica' imajo večjo vsebnost skupnih biofenolov ('Buga' 616 mg/kg, 'Drobnica' 569 mg/kg) kot olja iz sorte 'Črnica' (427 mg/kg). Iz rezultatov je razvidno, da v 'Bugi' in 'Drobnici' prevladujejo skupni olevropeinski biofenoli ('Buga' 373 mg/kg, 'Drobnica' 403 mg/kg), manj zastopani pa so skupni ligstrozidni biofenoli ('Buga' 188 mg/kg, 'Drobnica' 125 mg/kg). Razlika v vsebnosti skupnih olevropeinskih in skupnih ligstrozidnih biofenolov je pri sorti 'Črnica' manj izražena (170 mg/kg skupnih olevropeinskih in 156 mg/kg skupnih ligstrozidnih biofenolov). Razlike med sortami 'Buga' in 'Črnica' ter 'Črnica' in 'Drobnica' so potrjene tudi s statistično analizo, med sortama 'Buga' in 'Drobnica' pa ni statistično značilnih razlik v vsebnosti skupnih biofenolov in skupnih olevropeinskih biofenolov. Vse tri sorte se med seboj statistično značilno razlikujejo v vsebnosti skupnih ligstrozidnih biofenolov. Rezultati so prikazani v preglednici 2. Glede na zahteve specifikacije EDOOSI slovenske sorte 'Buga', 'Črnica' in 'Drobnica' izkazujejo ustrezno vsebnost skupnih biofenolov, saj presegajo najmanjšo predpisano mejno vrednost skupnih biofenolov iz specifikacije (najmanj 150 mg/kg).

Preglednica 2: Vsebnost biofenolov in tokoferolov v oljih, predelanih iz sort 'Buga', 'Črnica' in 'Drobnica'

Table 2: Biophenols and tocopherols content and composition of 'Buga', 'Črnica' and 'Drobnica' olive oils

Parameter	Enota	Buga	Črnica	Drobnica
Skupni biofenoli	mg/kg	616 ± 152 ^a	427 ± 113 ^b	569 ± 193 ^a
Skupni olevropeinski biofenoli	mg/kg	373 ± 103 ^a	170 ± 64 ^b	403 ± 167 ^a
Skupni ligstrozidni biofenoli	mg/kg	188 ± 40 ^a	156 ± 54 ^b	125 ± 31 ^c
α -tokoferol	mg/kg	378 ± 67 ^a	243 ± 37 ^b	279 ± 55 ^c
γ -tokoferol	mg/kg	14 ± 8 ^a	4 ± 2 ^b	8 ± 2 ^a

Rezultati so podani kot povprečje ± standardni odklon; n = 70; vrednosti v isti vrstici, označene z različnim nadpisanim indeksom, se statistično značilno razlikujejo (ANOVA in LSD, p < 0,05).

Rezultati večkratnih primerjav kažejo, da se vse tri sorte med seboj statistično značilno razlikujejo v vsebnosti α -tokoferola. Pri proučevanju vsebnosti γ -tokoferola smo ugotovili, da ni statistično značilnih razlik med sortama 'Buga' in 'Drobnica'. Največjo povprečno vsebnost α -tokoferola smo določili v vzorcih sorte 'Buga' (378 mg/kg), sledita 'Drobnica' (279 mg/kg) in 'Črnica' (243 mg/kg), vsebnost γ -tokoferola je v vseh treh sortah bistveno manjša kot vsebnost α -tokoferola. V oljih sorte 'Buga' smo določili 14 mg/kg γ -tokoferola, v oljih sorte 'Drobnica' 8 mg/kg in v oljih sorte 'Črnica' 4 mg/kg. Rezultati so prikazani v preglednici 2. Vsebnost β - in δ -tokoferola je bila v vseh vzorcih vseh treh sort pod mejo detekcije 3 mg/kg.

Pri proučevanju razlik med lokacijami smo s statistično analizo potrdili, da imajo olja, predelana na lokaciji Šempeter, v povprečju manjšo vsebnost skupnih olevropejskih biofenolov in skupnih biofenolov, glede tokoferolov pa ni statistično značilnih razlik med lokacijami. Vpliv letnika je razviden v vsebnosti skupnih ligstrozidnih biofenolov in skupnih biofenolov, največja povprečna vsebnost obeh je bila določena v vzorcih letnika 2019, sledijo vzorci letnika 2020 in 2018. Razlike med letniki so razvidne tudi v vsebnosti α - in γ -tokoferola, največja povprečna vsebnost tokoferolov je bila določena v vzorcih letnika 2018, sledijo vzorci letnika 2019 in 2020. Podobno kot pri sterolih smo tudi pri antioksidantih ugotovili statistično značilne razlike med prvim in zadnjim (tretjim) obdobjem vzorčenja v vsebnosti skupnih olevropejskih biofenolov, skupnih biofenolov in α -tokoferola, saj se njihova vsebnost zmanjšuje z dozorevanjem.

Na podlagi opravljenih analiz lahko zaključimo, da je za domače sorte 'Buga', 'Črnica' in 'Drobnica' značilna srednja do velika vsebnost oleinske kisline, tokoferolov in biofenolov. Sorte so prilagojene na lokalno okolje in so dober vir naravnih antioksidantov biofenolov in tokoferolov, enkrat nenasičenih maščobnih kislin in sterolov. Obravnavane sorte so pomembne za ohranjanje tradicionalne proizvodnje oljčnega olja v regiji in biotske raznolikosti okolja. Izpostavili bi sorto 'Črnica', ker ima primerne kemijske značilnosti za vključitev v certificiranje olja z zaščiteno označbo porekla EDOOSI, ostali dve sorti pa za ta namen zaradi maščobnokislinske sestave lahko uporabimo le v mešanici z drugimi sortami, da lahko pripravljeno olje dosegla mejne vrednosti iz specifikacije EDOOSI.

4. ZAHVALA

Raziskava je financirana v okviru javnih služb v oljkarstvu. Avtorji se zahvaljujejo Poskusnemu centru za oljkarstvo KGZ Nova Gorica za vzorčenje in predelavo plodov ter osebju Laboratorija Inštituta za oljkarstvo za pomoč pri izvedbi laboratorijskih analiz.

5. LITERATURA

- Bešter, E., Butinar, B., Bučar-Miklavčič, M., Golob, T. 2008. Chemical changes in extra virgin olive oils from Slovenian Istra after thermal treatment. *Food Chem.*, 108, 446-454.
- COI/T.20/Doc. No 29/Rev. 1. 2017. Determination of Biophenols in Olive Oils by HPLC; International Olive Council: Madrid, Spain.
- Čebulj, A., Godec, B., Donik Purgaj, B., Hudina, M., Usenik, V., Koron, D., Solar, A., Vesel, V., Mrzličić, D., Rusjan, D. 2022. Sadni izbor za Slovenijo 2022. Ljubljana, Javna služba v sadjarstvu, 2022, 134-143.
- Delegirana uredba Komisije (EU) 2022/2104 o dopolnitvi Uredbe (EU) št. 1308/2013 Evropskega parlamenta in Sveta glede tržnih standardov za oljčno olje ter razveljavitvi Uredbe Komisije (EGS) št. 2568/91 in Izvedbene uredbe Komisije (EU) št. 29/2012. Urad za publikacije Evropske unije, Luksemburg, 2022.

- Franco, M.N., Galeano-Díaz, T., Sánchez, J., De Miguel, C., Martín-Vertedor, D. 2014. Total Phenolic Compounds and Tocopherols profiles of Seven Olive Oil Varieties Grown in the South-West of Spain. *J. Oleo Sci.*, 63 (2), 115-125.
- Klančar, U., Juretič, V. 2021. Pregled oljkarske sezone 2020. https://www.kmetijskizavodng.si/novice/2021010520004739/pregled_oljkarske_sezone_2020/ (25. feb. 2022).
- Koprivnjak, O., Vrhovnik, I., Hladnik, T., Prgomet, Ž., Hlevnjak, B., Majetič Germek, V. 2012. Characteristics of Nutritive Value of Virgin Olive Oils from Buža, Istarska bjelica, Leccino and Rosulja Cultivars. *Croatian J. of Food Techn., Biotechn. and Nutrition*, 7 (3-4), 172-178.
- Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. 2023. Oljkarstvo. <https://www.gov.si teme/oljkarstvo/> (29. nov. 2023).
- Ryan, D., Antolovich, M., Prenzler, P., Robards, K., Lavee, S. 2002. Biotransformations of phenolic compounds in *Olea europaea* L. *Scientia Horticulturae*, 92, 147-176.
- SIST EN ISO 9936. 2016. Animal and Vegetable Fats and Oils – Determination of Tocopherols and Tocotrienol Contents by High-Performance Liquid Chromatography. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, Slovenia.
- SIST EN ISO/IEC 17025. 2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, Slovenia.
- Uredba Komisije (EGS) št. 2568/91, nazadnje spremenjena z Izvedbeno uredbo Komisije (EU) 2019/1604, Priloga X. Določanje metilnih estrov maščobnih kislin s plinsko kromatografijo. Urad za publikacije Evropske unije, Luksemburg, 2019.
- Uredba Komisije (EGS) št. 2568/91, nazadnje spremenjena z Izvedbeno uredbo Komisije (EU) 2019/1604, Priloga XIX. Določanje sestave in vsebnosti sterolov, triterpenskih dialkoholov in alifatskih alkoholov s kapilarno plinsko kromatografijo. Urad za publikacije Evropske unije, Luksemburg, 2019.
- Vesel, V., Valenčič, V., Jančar, M., Čalija, D., Butinar, B., Bučar-Miklavčič, M. 2009. Oljka – živilo, zdravilo, lepotilo. *Ljubljana, Kmečki glas*, 95-97.

CHANGES IN STRAWBERRY AROMA: DOES FRUIT SIZE MATTER?

Kristyna ŠIMKOVA¹, Robert VEBERIČ¹, Mariana Cecilia GROHAR¹, Tea IVANČIČ¹,
Tina SMRKE¹, Massimiliano PELACCI¹, Jerneja JAKOPIČ¹

ABSTRACT

Strawberry flavour is determined by the sugar and organic acid contents but also by the content of volatile compounds, which may affect the consumers' overall liking and sweetness perception. This study aimed to describe the changes in the content of important aroma markers among different sizes (small, medium and large) of strawberry fruit. Among the two studied cultivars ('Lycia' and 'Clery'), 15 aroma markers were detected and quantified. The total content of all analysed aroma markers decreased with the size of the fruit from large to small by 68 % in 'Lycia' and by 49 % in 'Clery'. In the fruit of the cultivar 'Lycia', the content of most of the volatile compound groups decreased with the size of the fruit except for aldehydes, which had the highest content in the medium-sized fruit. In the fruit of the cultivar 'Clery', large fruit showed the highest content of all aroma marker groups, but the small and medium fruit differed mainly in the content of esters and terpenes. Esters had higher content in medium-sized fruit, and the terpenes content was higher in small fruit. Based on our results, the consumers could perceive the large fruit better due to the higher content of key aroma compounds.

Key words: *Fragaria* × *ananassa*, strawberry, aroma, volatile, GC-MS, fruit size

SPREMINJANJE AROME JAGOD – JE VELIKOST PLODOV POMEMBNA?

POVZETEK

Okus jagode določajo vsebnosti sladkorjev in organskih kislin, pa tudi vsebnost hlapnih spojin, ki lahko vplivajo na splošni okus in dožemanje sladkosti pri potrošniku. Namen študije je bil opisati spremembe v vsebnosti pomembnih označevalcev arome pri različnih velikostih majhnimi, srednjimi in velikimi) plodov jagod. Med dvema proučevanima sortama ('Lycia' in 'Clery') smo odkrili in kvantificirali 15 označevalcev arome. Njihova skupna vsebnost se je zmanjševala z velikostjo ploda, od velikih do majhnih, in sicer za 68 % pri sorti 'Lycia' in za 49 % pri sorti 'Clery'. V plodovih sorte 'Lycia' se je vsebnost večine skupin hlapnih spojin zmanjševala z velikostjo ploda, razen aldehydov, ki jih je največ v srednje velikem plodu. Pri sorti 'Clery' so veliki plodovi izkazovali največjo vsebnost med vsemi skupinami hlapnih snovi, drobni in srednji plodovi pa so se razlikovali predvsem po vsebnosti estrov in terpenov. Večja vsebnost estrov je bila v srednje velikih plodovih, vsebnost terpenov pa v majhnih plodovih. Na podlagi rezultatov bi lahko potrošniki zaznali velik plod kot boljši zaradi večje vsebnosti ključnih hlapnih snovi.

¹ University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, Slovenia

Ključne besede: *Fragaria* × *ananassa*; jagoda; aroma; hlapne snovi; GC-MS; velikost plodov

1. INTRODUCTION

Strawberries are appreciated by consumers due to their characteristic flavour, which can be attributed to the sugar and organic acid content of the fruit, but also to their aroma profile (Ulrich et al., 2018). Over 360 volatile aroma compounds have been identified in cultivated and wild strawberries (Fan et al., 2021). Although these compounds make up only 0.001-0.01% of the fruit weight, they can significantly modify the taste perception (Yan et al., 2018). Different types of volatile compounds can be identified in strawberry fruit, such as esters, furanones, terpenoids, aldehydes, alcohols, ketones, acids, lactones, sulphur compounds, and acetals (Pérez & Sanz, 2010). However, the aroma profile of strawberry fruit can be influenced by several factors, such as the cultivar, environmental conditions, and the ripening stage (Cozzolino et al., 2021; Pérez et al., 1996; Ulrich & Olbricht, 2016).

Consistent fruit size, as well as composition, are important components of fruit quality and consumer acceptability. Size, namely the diameter, is one of the quality parameters included in standards such as in UNECE standard FFV-35 (2017). Non-marketable fruit can also be defined by a diameter smaller than 22 mm (Cocco et al., 2015) or by a minimum weight of 4-12 g (Menzel, 2021), and this fruit is then excluded, but it can still be used for processing. However, there can be differences in the composition of the fruit, as it has been previously shown that strawberry fruit of different sizes can differ in the content of ascorbic acid, sugars and anthocyanins (Simkova et al., 2023a). Furthermore, in previous studies on grapes (Xie et al., 2018), it has been reported that there were significant differences in the content of volatiles in grape berries of different sizes. However, no such study has been done on strawberries.

This study aimed to investigate if there are any differences in the content of key aroma compounds in strawberry fruit of different sizes and determine if fruit size could influence the quality of the fruit. Two different cultivars ('Lycia' and 'Clery') with different characteristic shapes were studied, and three size categories were defined for each. The content of 15 aroma markers has been analysed to understand if there are significant differences in the aroma profile among the different fruit sizes.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. PLANT MATERIAL

The strawberry fruit of *Fragaria* × *ananassa* Duch. (cultivars 'Lycia' and 'Clery') was used for this study. The experiment took place on a production field of Farm Jarkovič in Podbočje (latitude 45.87 N, longitude 15.45 E, altitude 151 m a.s.l) under the same conditions as described by Simkova et al. (2023a). The fruits for analyses were harvested at their optimal ripening stage for commercial production, which was on 7th June 2021 for 'Clery' and on 30th May 2021 for 'Lycia'.

Only strawberry fruit free from physical and pathological defects was chosen for this experiment. The fruit of each cultivar was visually sorted into three size categories – small, medium, and large separately for each cultivar. For 'Clery', small fruit weighted less than 15

g and large fruit more than 20 g. For 'Lycia', small fruit weighted less than 18 g and large fruit more than 30 g. From each category, 15 fruits were chosen for further measurements and analysis.

2.2. AROMA ANALYSIS

The fruit samples were ground in an IKA A11 basic grinder (IKA-Werke, Staufen, Germany) at low temperatures using liquid nitrogen. The extraction of aroma compounds followed the standard simultaneous distillation extraction method BVL L 00.00-106:2006-12 (Beuth, 2006) with minor modifications. For the extraction, 30 g of sample was used, and 10 g of diethyl ether and pentane (1:1) was used as extraction solvent. The sample was distilled for 1 hour and 50 minutes.

The extracts were analysed within the same day using a GC system 8890 coupled with GC-MS system 5977B (Agilent Technologies, USA) with column Rtx-VMS 30 m x 0.25 mm ID x 1.4 μm film thickness (Restek, USA) and using H_2 as carrier gas at a constant flow of 1.6 ml min^{-1} . The injection volume was 2 μl , and the inlet temperature was 220 °C. The initial oven temperature was programmed at 35 °C for 1 min. Then the temperature programme was as follows: increase to 110 °C at 10 °C min^{-1} , increase to 150 °C at 50 °C min^{-1} , increase to 260 °C at 15 °C min^{-1} and hold at final temperature for 3 min. Mass spectrometric data were collected by scanning m/z within the range of defined quantification and qualification ions of the selected aroma markers. Based on the literature, 15 aroma markers were selected as these compounds are specific for strawberry aroma and significantly affect the aroma perception of the fruit.

2.3. STATISTICAL ANALYSIS

The data were statistically analysed in R, version x64 4.1.2, using the Rcmdr graphical interface package, version 2.8-0. The data were expressed as means \pm standard error. Statistical differences among the different fruit sizes among the same cultivar were tested using one-way analysis of variance (ANOVA) with Tukey's test.

3. RESULTS AND DISCUSSION

As presented in Figure 1, the total content of the studied aroma compounds has decreased with the size of the fruit of both studied cultivars. The total content is lower in small fruit by 68 % compared to the large fruit in 'Lycia' fruit and by 49 % in 'Clery' fruit. This contrasts with differences reported in grapes (Xie et al., 2018), where the medium berries had the highest content of aroma compounds. This shows that the synthesis of aroma compounds is regulated differently in different fruits.

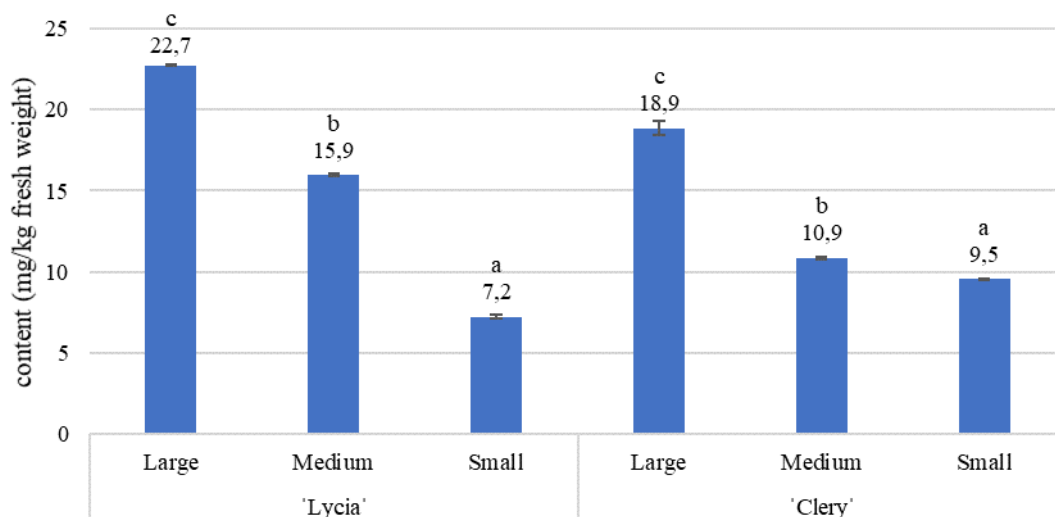


Figure 1: Total content of all aroma markers in strawberry fruit of different sizes of the cultivars 'Lycia' and 'Clery'

Slika 1: Skupna vsebnost vseh označevalcev arome v jagodah različnih velikosti pri sortah 'Lycia' in 'Clery'

Variations in the contents of aroma compounds among the different sizes of strawberries could also be attributed to the difference in the distribution of the metabolites within the fruit. It has been previously reported that there are differences in the content of primary metabolites and phenolics within the fruit between its inner and outer parts (Simkova et al., 2023b). Additionally, it has been previously reported that there is a difference in the volatiles content between the receptacle and achenes of strawberry fruit (Lu et al., 2017). The position in inflorescence could also cause the differences since the primary fruit coming from the primary flower is larger, and the fruit size decreases with lower-order flower (Menzel, 2021), and the position of the fruit in the inflorescence could also affect the accumulation of metabolites.

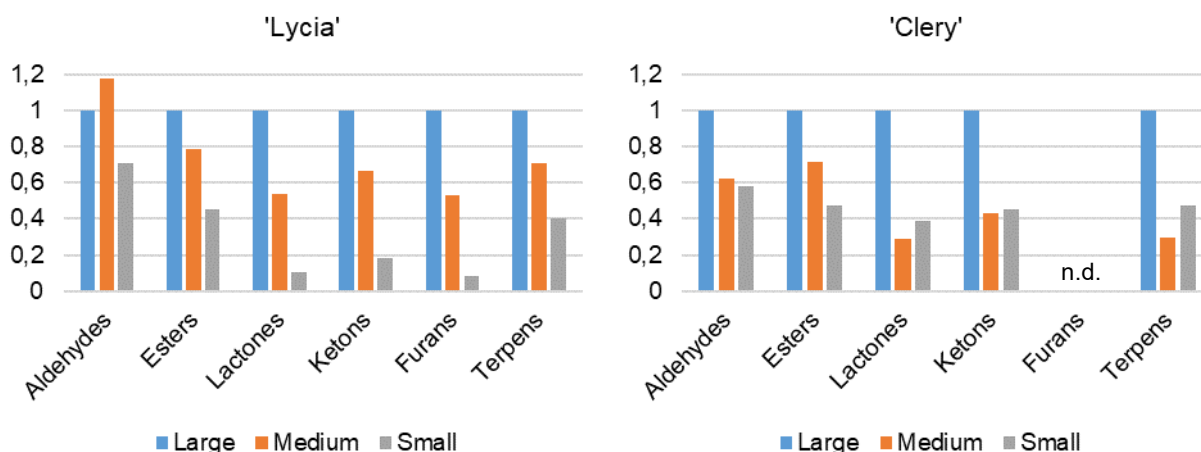


Figure 1: Relative difference in the content of different groups of key aroma markers among strawberry fruit of different sizes in strawberry cultivars 'Lycia' and 'Clery' (n.d., not detected)

Slika 2: Relativna razlika v vsebnosti različnih skupin ključnih označevalcev arome med različno velikimi plodovi jagod pri sortah 'Lycia' in 'Clery' (n.d., ni zaznano)

The content did not decrease equally among the different groups of aroma compounds (Figure 2). In the fruit of the cultivar 'Lycia', the content of most of the aroma compound groups decreased except for the aldehydes, which showed higher content in the medium-sized fruit. In the fruit of the cultivar 'Clery', the medium and small fruit showed lower content of all the aroma groups than the large fruit. While the esters content was higher in the medium 'Clery' fruit, the content of terpenes was higher in the small 'Clery' fruit. As previously reported for apples and grapes (Wu et al., 2016; Yan et al., 2020), the content of different groups of volatile compounds differed between the skin and pulp/flesh, and it was attributed to the difference in availability of the precursors or to a difference in metabolic activity. However, in our study, the contents of aroma compounds do not decrease equally in the different cultivars, which shows that the biosynthesis of the aroma compounds also depends on the cultivar, as genotype is an important influencing factor of the quality and quality of aroma patterns in the fruit (Ulrich et al., 2018).

In conclusion, the size of the fruit significantly affects the content of key aroma compounds in the strawberry fruit, with larger fruit containing a higher content of these aroma compounds. This suggests that larger fruits could be better perceived by consumers. However, not all aroma compounds show the same trend and the ratio of different groups of aroma compounds in the fruit of different sizes varies.

4. ACKNOWLEDGEMENTS

This work received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No 956257. The authors also acknowledge the financial support of the Slovenian Research and Innovation Agency (ARIS) within the research programme Horticulture (P4-0013).

5. LITERATURE

- Beuth Verlag GmbH. 2006. BVL L 00.00-106:2006-12.
- Cocco, C., Magnani, S., Maltoni, M. L., Quacquarelli, I., Cacchi, M., Corrêa Antunes, L. E., Filippo D'antuono, L., Faedi, W., Baruzzi, G. 2015. Effects of site and genotype on strawberry fruits quality traits and bioactive compounds. *Journal of Berry Research*, 5, 145–155. <https://doi.org/10.3233/JBR-150098>
- Cozzolino, R., Pace, B., Palumbo, M., Laurino, C., Picariello, G., Siano, F., De Giulio, B., Pelosi, S., Cefola, M. 2021. Profiles of Volatile and Phenolic Compounds as Markers of Ripening Stage in Candonga Strawberries. *Foods*, 10(12), 3102. <https://doi.org/10.3390/foods10123102>
- Fan, Z., Hasing, T., Johnson, T. S., Garner, D. M., Schwieterman, M. L., Barbey, C. R., Colquhoun, T. A., Sims, C. A., Resende, M. F. R., Whitaker, V. M. 2021. Strawberry sweetness and consumer preference are enhanced by specific volatile compounds. *Horticulture Research*, 8(1), 66. <https://doi.org/10.1038/s41438-021-00502-5>
- Lu, H., Ban, Z., Wang, K., Li, D., Li, D., Poverenov, E., Li, L., Luo, Z. 2017. Aroma volatiles, sensory and chemical attributes of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) achenes and receptacle. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(12), 2614–2622. <https://doi.org/10.1111/IJFS.13548>
- Menzel, C. M. 2021. A review of productivity in strawberries: marketable yield has a linear, but inconsistent relationship with total yield, and cannot be predicted from total yield. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 96(2), 135–144. <https://doi.org/10.1080/14620316.2020.1808086>
- Pérez, A. G., Olías, R., Sanz, C., Olías, J. M. 1996. Furanones in Strawberries: Evolution during Ripening and Postharvest Shelf Life. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(11), 3620–3624. <https://doi.org/10.1021/jf960099m>

- Pérez, A. G., Sanz, C. 2010. Strawberry Flavor. Handbook of Fruit and Vegetable Flavors, 431–449. <https://doi.org/10.1002/9780470622834.CH23>
- Simkova, K., Veberic, R., Hudina, M., Grohar, M. C., Ivancic, T., Smrke, T., Pelacci, M., Jakopic, J. 2023a. Berry size and weight as factors influencing the chemical composition of strawberry fruit. *Journal of Food Composition and Analysis*, 123, 105509. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2023.105509>
- Simkova, K., Veberic, R., Hudina, M., Cvelbar Weber, N., Smrke, T., Grohar, M. C., Ivancic, T., Pelacci, M., Medic, A., Jakopic, J. 2023b. Quantification and Distribution of Primary and Secondary Metabolites in the Inner and Outer Parts of Strawberry Fruit. *Horticulturae*, 9(5), 605. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9050605>
- Ulrich, D., Kecke, S., Olbricht, K. 2018. What Do We Know about the Chemistry of Strawberry Aroma? *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(13), 3291–3301. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b01115>
- Ulrich, D., Olbricht, K. 2016. A search for the ideal flavor of strawberry-Comparison of consumer acceptance and metabolite patterns in *Fragaria × ananassa* Duch. Article in *Journal of Applied Botany and Food Quality*. <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2016.089.029>
- UNECE STANDARD FFV-35 concerning the marketing and commercial quality control of strawberries. 2017. www.unece.org/trade/agr
- Wu, Y., Duan, S., Zhao, L., Gao, Z., Luo, M., Song, S., Xu, W., Zhang, C., Ma, C., Wang, S. 2016. Aroma characterisation based on aromatic series analysis in table grapes. *Scientific Reports* 2016 6:1, 6(1), 1–16. <https://doi.org/10.1038/srep31116>
- Xie, S., Tang, Y., Wang, P., Song, C., Duan, B., Zhang, Z., Meng, J. 2018. Influence of natural variation in berry size on the volatile profiles of *Vitis vinifera* L. cv. Merlot and Cabernet Gernischt grapes. *PLOS ONE*, 13(9), e0201374. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0201374>
- Yan, D., Shi, J., Ren, X., Tao, Y., Ma, F., Li, R., Liu, X., Liu, C. 2020. Insights into the aroma profiles and characteristic aroma of 'Honeycrisp' apple (*Malus × domestica*). *Food Chemistry*, 327, 127074. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2020.127074>
- Yan, J. W., Ban, Z. J., Lu, H. Y., Li, D., Poverenov, E., Luo, Z. S., Li, L. 2018. The aroma volatile repertoire in strawberry fruit: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(12), 4395–4402. <https://doi.org/10.1002/JSFA.9039>

PHYTOCHEMICAL CHARACTERISATION OF THE SOROSES OF THE OLD LOCAL MULBERRY GENOTYPES AND REINTRODUCTION OF MORICULTURE IN SLOVENIA WITH THE AIM OF DIFFERENT USES IN AGRICULTURE

Andreja URBANEK KRAJNC¹, Jan SENEKOVIČ¹, Špela JELEN¹, Martin KOZMOS¹,
Johannes RABENSTEINER², Maja MIKULIČ PETKOVŠEK³, Gregor OSTERC³

ABSTRACT

The white mulberry (*Morus alba* L.) origins in south and south-western China where it has been widely cultivated for more than 4500 years mainly because its leaves are used in sericulture to feed the caterpillars of the silk-producing insect *Bombyx mori* L. (Lepidoptera). The white mulberry was brought to Europe in the 11th century together with sericulture and over centuries became an integral part of the landscape, bearing witness to the sericulture past activity. The old local cultivars are a valuable genetic resource best adapted to specific climatic conditions, which can significantly contribute to sustainable mulberry cultivation. In European countries, mulberry is mainly grown for fruit production, but in various parts of the world, it is also used as leaf production for livestock feed. The various parts of the mulberry plant are said to have a variety of medicinal effects. In addition, bark fibres have been used for the production of paper and textiles since ancient times. Compared to other horticultural crops, where great progress is being made in breeding new genotypes with the help of chemotype markers, research on mulberries is insufficient worldwide. The article reviews the current state of mulberry research focusing on the inventory of old local mulberry genotypes and the metabolite screening of soroses and their organoleptic properties. The exchange of information about mulberry germplasm and the utilization of its genetic resources at the European level is one of the goals of the Aracne project, which is presented in the current review.

Key words: white mulberry, *Morus alba* L., moriculture, phenolics, primary metabolites

FITOKEMIČNA KARAKTERIZACIJA PLODOV STARIH LOKALNIH GENOTIPOV MURV IN PONOVRNO UVAJANJE PRIDELAVE MURV V SLOVENIJI Z NAMENOM VSESTRANSKE UPORABNOSTI V KMETIJSTVU

POVZETEK

Bela murva (*Morus alba* L.) izvira iz južne in jugozahodne Kitajske, kjer njeno listje za krmo sviloprejk (*Bombyx mori* L.) pridelujejo že več kot 4500 let. Belo murvo so skupaj s svilogojstvom v Evropo prinesli v 11. stoletju. Murve so skozi stoletja dale značaj kulturni krajini in postale nepogrešljiv del naravne dediščine kot živi spomenik svilogojstva. Stari lokalni genotipi predstavljajo dragocen genetski vir ker so najbolj prilagojene specifičnim

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, 2311 Hoče

² Karl-Franzens-Universität Graz, Universitätspl 3, 8010 Graz

³ Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

klimatskim pogojem in pomembno prispevajo k trajnostni pridelavi murv. V evropskih državah se murva goji predvsem za pridelavo plodov, v različnih delih sveta pa se prideluje listje za krmo živali. Vsi deli imajo dokazano raznolike zdravilne učinke. Poleg tega so vlakna iz lubja že od nekdaj uporabljali za izdelavo papirja in oblačil. V primerjavi z drugimi hortikulturnimi rastlinami, kjer je bil narejen velik napredek pri žlahtnjenju novih sort s pomočjo kemotipskih označevalcev, je raziskav na murvah v svetovnem merilu premalo. Članek daje pregled nad trenutnim stanjem raziskav murv, usmerjenih v popis starih lokalnih genotipov murv ter preučevanje metabolitov plodov in njihovih organoleptičnih lastnosti. Izmenjava informacij o genskem materialu murv in uporaba genskih virov murve na evropski ravni je eden od ciljev projekta Aracne, ki je predstavljen v tem preglednem članku.

Ključne besede: bela murva, *Morus alba* L., morikultura, fenoli, primarni metaboliti

1. INTRODUCTION

The white mulberry tree (*Morus alba* L., Moraceae) originates from China and adjacent regions of Central Asia, where it has been widely cultivated for more than 4500 years since the leaves are harvested to feed the monophagous silkworm (*Bombyx mori*) that was domesticated from a wild relative, *Bombyx mandarina* (Altman and Farrell, 2022; Gurjar *et al.*, 2018). In the 12th century, during the 2nd Crusade, white mulberry was brought to Europe from Sicily in order to establish a functioning European sericulture (Vijayan *et al.*, 2014). The cultivation of white mulberry trees and associated sericulture was introduced to the Gorizia region during the 16th century from Friuli-Venezia region. This influence has later spread throughout the former Austro-Hungarian Empire. Nurseries accelerated mulberry propagation and offered trees throughout the empire, while silkworm rearers were subsidized by the state program. The 18th century is known as the "golden age" of Gorizian sericulture. In Gorizia, the government set up a magistracy for silk manufacturing, directly subordinated to Vienna (Deutsch, 1909; Žontar, 1957; Ipavec, 2008). After the first half of the 20th century, sericulture in Europe experienced a decline. In recent years, however, interest in sericulture has increased and offers the potential for a sustainable agricultural industry. The European Horizon project ARACNE is aimed at creating a wide and well-connected Silk Innovation Ecosystem that, starting from the historical path followed by Marco Polo in his travels to the East, and also including the routes of production and commercialization of silk in Europe in the following centuries. One of its goals is to carry out an inventory of old local mulberry genotypes in Europe that were traditionally used to feed the silkworms and to record their morphological and genetic characteristics (ARACNE, 2023).

The classification of mulberry genotypes is very difficult and unreliable when based solely on morpho-phenological traits due to their naturalization (Brus, 2004; Vijayan *et al.*, 2014). Wide variations in leaf morphology are observed among different species and accessions. Furthermore, the shape of the leaf may vary according to the age of the plant, growth, position in the branches, and period of growth. The colour of the fruits is not a reliable character to identify mulberry species, since it varies greatly from white to black with different colour shades during ripening (Urbanek Krajnc *et al.*, 2023). The phylogeny of mulberries is also difficult, as they show different sex types, monoecious or dioecious, with sex expression varying among species and genotypes. Furthermore, different cytomorphs are available in mulberry, from mainly diploid *Morus alba* to docosaploids *Morus nigra* (Vijayan *et al.*, 2014).

From a genetic perspective, old trees are crucial because they represent a gene pool that comprises planned and spontaneous selection over many generations. The inventory of old mulberry trees is of high priority in order to preserve their genetic resources for future generations. The main problem of these old trees is their very weak response to propagation processes, which is necessary to obtain future generations.

Ancient trees are ecologically very important organisms. They affect the water regime, carbon storage, nutrient cycling in the environment, and the microclimate regime. Old trees also are also a habitat for many other species. They are also related to the ethnological, historical, and socio-cultural heritage of a certain region. The mulberry is an extremely sustainable and versatile tree species, which, in addition to growing leaves to feed silkworms and livestock, can be used for many other lesser-known purposes, such as the production of mulberry tea and the extraction of cosmetic and medicinal products from the leaves, the production of technical products from wood and wood residues, fruit processing, production of dyes, soil phytoremediation, planting against erosion, and spatial planning in the agricultural landscape in and urban environment (Sánchez, 2000; Jian *et al.*, 2012; Liu and Willison, 2013; Xueping *et al.*, 2016; Sfiligoj Smole *et al.*, 2019; Tikader and Vijayan, 2018). The importance of mulberry trees in providing ecosystem services and their role in landscape and production systems is summarised in Figure 1.

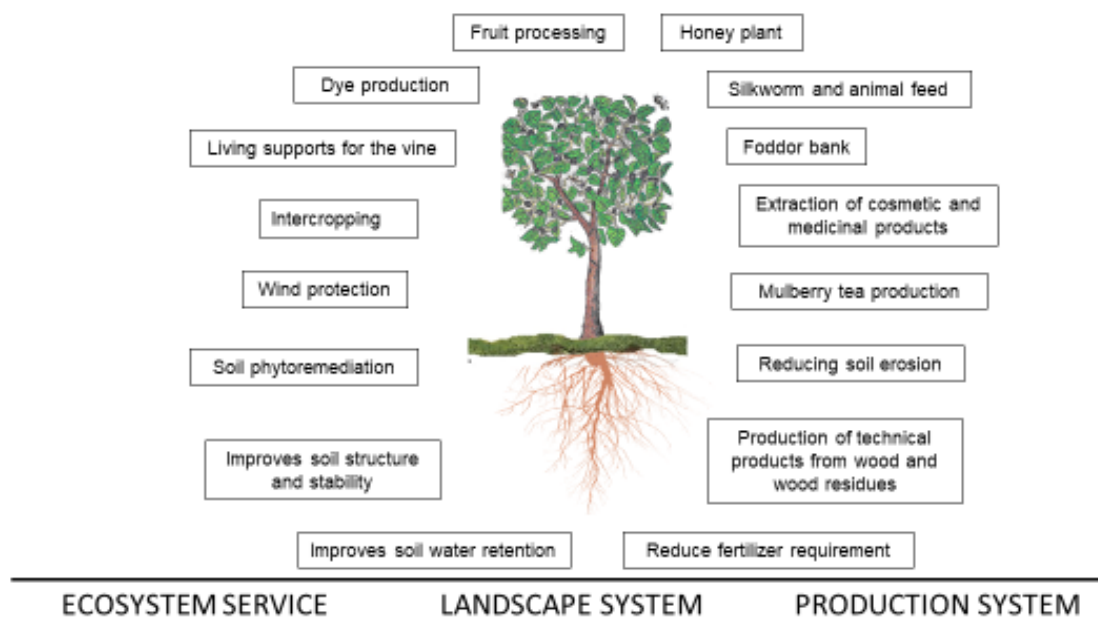


Figure 1: Overview of the ecosystem service, landscape, and production system of mulberry trees

Slika 1: Pregled ekosistemskih storitev, vloge v krajini in možnosti pridelave in predelave murve

White mulberry is a rich source of naturally occurring chemical constituents and has a long history of use in traditional medicine, as its leaves, bark, and fruit are utilized for their various therapeutic properties (Dadhwal and Banerjee, 2023). Biochemical analyses of different parts of the mulberry revealed the presence of phenolics (phenolic acids, flavonoids, and tannins), alkaloids, saponins, and polysaccharides, which are responsible for diverse pharmacological activities (Younus *et al.*, 2016). For the most efficient use of mulberries, it is important to

select and propagate mulberry genotypes that have the most desirable characteristics for the planned commercialization.

2. A BRIEF PHYTOCHEMICAL EVALUATION OF MULBERRY INFRACTESCENCES

Soroses are small, multiple sweet infructescences that consist of a group of drupelets with remnants of the perianth (Łochyńska, 2015). The colour of the soroses is not a reliable distinguishing feature between mulberry species, as they show colours ranging from yellowish-white to pink, dark red, and black, with different shades as they ripen (Kadri *et al.*, 2021). The infructescence shape varies from globous to cylindrical and asymmetric (Urbanek Krajnc and Kozmos, 2023). The main bioactive compounds of mulberry soroses are primary metabolites, e.g., sugars, organic acids, and proteins, which reach values of 1.44 g/100 g (Sanchez-Salcedo *et al.*, 2015; Yuan and Zhao, 2017; Farahani *et al.*, 2019), higher than most berry fruits (Giampieri *et al.*, 2012; Kaume *et al.*, 2012). Numerous studies have demonstrated the presence of various bioactive compounds in mulberries, such as flavonoids, carotenoids, vitamins (A, B, E, K), polysaccharides, fatty acids, minerals, melatonin, and certain alkaloids (Natić *et al.*, 2015; Yuan and Zhao, 2017). Consumption of mulberry fruits has been associated with a lower risk of several chronic diseases such as cardiovascular and neurodegenerative diseases, certain cancers, diabetes type II, and osteoporosis (Zafar *et al.*, 2013; Velderrain-Rodriguez *et al.*, 2014; Yuan and Zhao, 2017).

Genotype is the most important factor in determining fruit chemical composition and antioxidant capacity (Eyduvan *et al.*, 2015). The very long period of mulberry cultivation has led to the emergence of genotypes with different fruit characteristics through agronomic selection (Macflot, 1776; Hlubek, 1850; Bolle, 1896, 1908; Sakar *et al.*, 2023). Currently, there is little data on the nutraceutical characteristics of white mulberry fruits in Europe (Donno *et al.*, 2015; Negro *et al.*, 2019; Tinebra *et al.*, 2021), apart from the recently published study by Truzzi *et al.* (2024), which analysed different mulberry cultivars from the germplasm collection of CREA Padua, representing the pomological diversity in Italy in terms of fruit maturity. As relatively few studies deal with the characteristics of mulberries regarding important metabolites, this leads to insufficient selection criteria.

In a recently published article (Urbanek Krajnc *et al.*, 2023), the main primary metabolites and phenolics were evaluated in soroses of selected local mulberry genotypes, as well as other sericultural and fruit genotypes from the mulberry collection, to determine how colour types differ and which metabolites are the most important distinguishing markers of the colour category. The main sugars identified were glucose and fructose, while the predominant organic acids were citric and malic acids. Considering the variation of their amounts among colour categories, citric acid was higher in the darker cultivars, and fumaric acid, which were highest in the lighter cultivars.

Acidity, which plays an important role in the perception of fruit quality, influences not only the sour taste of the fruit, but also the sweetness, by masking the taste of the sugar. The proportions of the individual acids are also important. The different taste of the yellowish-white and the light pink soroses is influenced by the higher contents of fumaric acid, which is considered to be more astringent than citric or malic acid (Urbanek Krajnc *et al.* 2023).

A total of 42 phenolic compounds were identified in mulberry fruits. The predominant phenolic acid was chlorogenic acid, followed by other caffeoylquinic and coumaroylquinic

acids (Urbanek Krajnc *et al.*, 2023). Due to the high content of chlorogenic acid, mulberry fruits have many positive health benefits. The antioxidant properties of chlorogenic acid have been demonstrated in numerous studies, as well as the ability to induce cardioprotective effects, anti-tumour activity, and even neuroprotective effects (Heitman and Ingram, 2017).

The most abundant flavonoids in mulberry fruits are anthocyanins, followed by flavonols (quercetin and kaempferol glycosides), flavanols (catechin, epicatechin, and procyanidins), flavanones, which are represented by naringenin derivatives, laricitrin hexoside, and quercetin rhamnosyl-hexoside. Quercetin derivatives were the most diverse phenolic group, showing a significant increasing trend in their content from yellowish-white to black soroses, except for quercetin malonylglucoside, which showed the opposite trend and was significantly lower in the black colour soroses. The predominant compound was quercetin-3-rutinoside, followed by quercetin malonylglucoside, quercetin-3-glucoside, quercetin-rutinoside hexoside (morkotin A), quercetin rhamnosyl-hexoside, quercetin dihexoside, quercetin-3-galactoside, quercetin-3-xyloside, and quercetin (Urbanek Krajnc *et al.*, 2023).

The diversity of colours of white mulberry soroses is an interplay of qualitative and quantitative differences of anthocyanins (Aramwit *et al.*, 2010; Truzzi *et al.*, 2024), which we found below the detection level in yellowish-white soroses, and increased gradually by more than 100 times from light pink (28.6 mg/kg FW), purple-brown (101.3 mg/kg FW), reddish-black (1400.1 mg/kg FW), to black coloured genotypes (2509.5 mg/kg FW), which is in agreement with other authors (Song *et al.*, 2009; Chen *et al.*, 2022; Truzzi *et al.*, 2024). The predominant anthocyanins were cyanidin-3-glucoside and cyanidin-3-rutinoside.

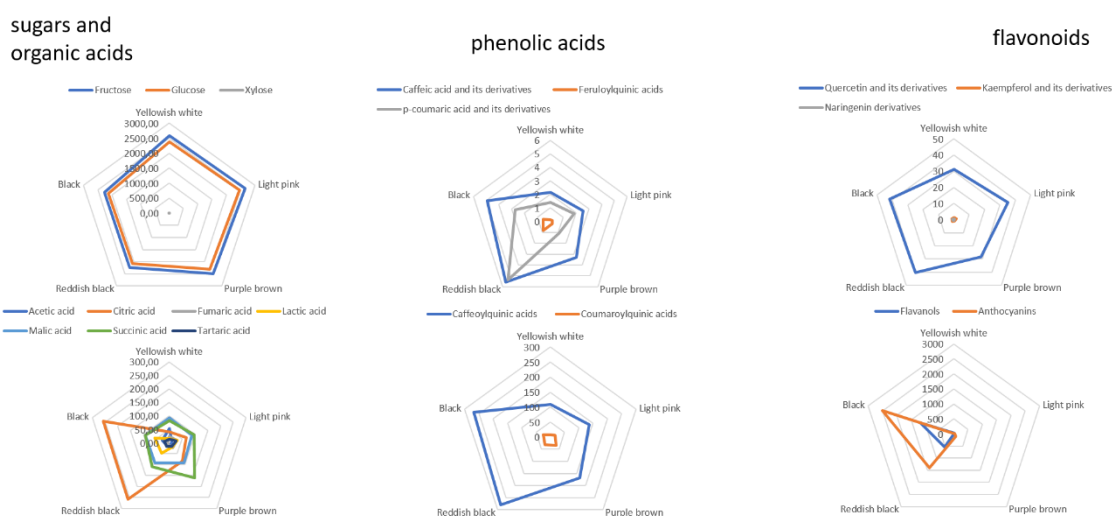


Figure 2: Chemotype characteristics of five different infructescence colour groups represented as radar charts. Mean sugar and organic acid contents are represented in mg/100 g FW, whereas mean phenolic contents are defined in mg/kg FW

Slika 2: Grafični prikaz biokemijske sestave pet različnih barvnih skupin soplodij murv. Povprečne vrednosti za sladkorje in organske kisline so izražene v mg/100 g sveže mase in za fenolne spojine v mg/kg sveže mase

According to Figure 2, the colour types showed a clear chemotype character. The sweet taste of the yellowish-white soroses was defined by 2586.60 mg/100 g FW of fructose, followed by 2384.30 mg/100 g FW of glucose and 321.83 mg/100 g FW of organic acids. The sour

character of the black mulberry genotypes was characterised by a lower sugar (2273.20 mg/100 g FW of fructose and 2124.59 mg/100 g FW of glucose) and higher organic acid content (548.44 mg/100 g FW of total organic acids). The colour-dependent effect was observed in the proportion of phenolic acids, which were highest in darker soroses, defined by 280.11 mg/kg FW of caffeoylquinic acids, 30.89 mg/kg FW of coumaroylquinic acids, 5.59 mg /kg FW of caffeic acid and 5.37 mg/kg FW of coumaric acid derivatives. In black-coloured soroses, quercetin derivatives reached levels of 41.65 mg/kg FW, total flavanols 1172.30 mg/kg FW, and anthocyanins 2509.49 mg/kg FW (Figure 2).

3. MULBERRY PROPAGATION AND CULTIVATION

To maximise the efficiency of mulberry cultivation, it is important to select and propagate mulberry genotypes that have the most desirable characteristics for the planned commercialization. Mulberries of selected genotypes can be propagated generatively by green and hardwood cuttings, grafting, and marcotage (Lim, 1990; Petkov *et al.*, 2004; Grekov *et al.*, 2005; Tzenov and Grekov, 2010; Pirc, 2015; Brion, 2016; Grekov *et al.*, 2020).

The very long period of mulberry cultivation has resulted in genotypes with different fruit characteristics through agronomic selection, as in the past mulberries were mainly propagated by gamic propagation and grafting of high-yielding genotypes, which has increased diversity (Macflot, 1776; Hlubek, 1850; Bolle, 1896, 1908).

The propagation and grafting techniques were described in detail in the manuals of the 18th and 19th centuries (Macflot, 1776; Hlubek, 1850; Bolle, 1896, 1908). The seeds were obtained from fully ripe mulberry fruits, dried and stored for spring sowing in the following year. After two years, the seedlings are robust enough for grafting, which takes place on dry days from mid-March to the end of April, with shield budding or splice grafting being favoured.

For the last 70 years, mulberries have been propagated mainly by hardwood cuttings in early spring. The shoots are cut in January or February with a diameter of 1 cm and a length of approx. 20 cm. The shoots are treated with IBA at the base and sealed with wax at the top. The cuttings are planted in perlite by heating the beds with electric wires that maintain a temperature of 24-26 °C. The air temperature during the maintenance of the cuttings must be below 18 °C (Petkov *et al.*, 2004; Grekov *et al.*, 2005; Tzenov and Grekov, 2010; Brion, 2016; Grekov *et al.* 2020).

Recently, we have established a protocol for the propagation of green cuttings in early summer, using semi-soft, annual shoots with a diameter of about 5-8 mm. Cuttings with 3-5 nodes are prepared and soaked in 1% IBA. The cuttings are kept in a well-drained substrate mixed with perlite in a fogging system. See Figure 3 for the detailed procedure.

For sericultural use, after one year the saplings are cut back to a height of approx. 1 m and then replanted. The mulberry trees are pruned in a Friulian approach, creating a container-like tree shape that allows light and air to pass through, making to the collection of leaves easier. Pruning promotes faster growth and tree sustainability. The main objectives of pruning are to maintain a horizontal tree crown, to favour high-quality foliage over fruit production, and to promote tree growth and longevity (Bolle, 1896; Pirc, 2015; Brion, 2016). For fruit production, a medium or high pruning form with a distance of 7 meters between trees is preferred (Pirc, 2015).

During the inventory of mulberry trees in various regions of Slovenia and Hungary, shoots of historical trees were taken for propagation in order to establish a mulberry collection and to study the genetic and biochemical characteristics of the existing mulberry gene pool (Urbanek Krajnc *et al.*, 2019; Šelih *et al.*, 2020; Urbanek Krajnc *et al.*, 2022).

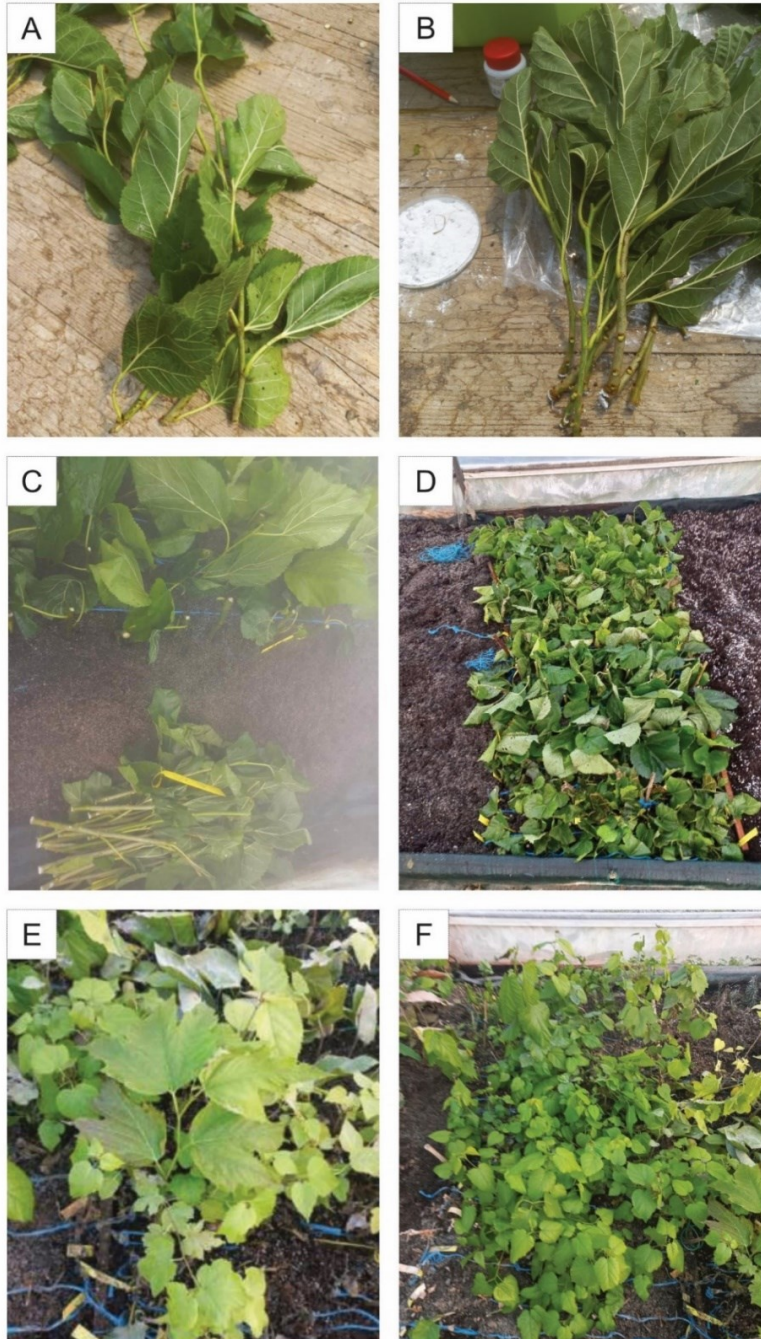


Figure 3: Preparation of green cuttings obtained from old local Slovenian genotypes in early summer. A) Current-year shoots. B) Preparation of three- to five-node cuttings and treatment with IBA. C) Planting of cuttings into the prepared substrate mixed with perlite. D) Bed with cuttings comprising different genotypes. E) Detailed photo of well-developed cuttings in autumn. F) View over the bed in autumn, showing the growth success of cuttings

Slika 3: Priprava zelenih potaknjencev pridobljenih iz starih slovenskih genotipov v času zgodnjega poletja. A) Enoletni poganjki. B) Priprava tri- do pet-nodijskih potaknjencev. C)

Sajenje potaknjencev v substrat. D) Fotografija primerno razvitih potaknjencev v jesenskem času. E) Greda v jesenskem času z uspešno razvitimi potaknjenci različnih genotipov.

The mulberry collection under Vila Pohorje is divided into three parts. The first part consists of the old mulberry genotypes, which originate from the gene bank of the Sericultural Institute in Padua and are mainly grown for the production of foliage. They are characterised by large leaves, fast growth, and high production of leaf biomass. In addition, we grow vegetatively propagated trees derived from the local historical Slovenian and Hungarian trees obtained during the sampling excursions. The third part of the collection is intended for the cultivation of new fruit-bearing genotypes suitable for fruit processing (Figure 4).



Figure 4: Mulberry collection at the Faculty of Agriculture and Life sciences. A) View of the collection with local Slovenian and Hungarian, as well as reference sericultural and fruit cultivars. B) Young local genotypes' trees in year 2018. C) Local Hungarian genotypes with soroses characterized by prolonged ripening

Slika 4: Kolekcija murv Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede UM. A) Pogled na kolekcijski nasad s starimi slovenskimi in madžarskimi genotipi ter sadnimi kultivarji. B) Mlada drevesa lokalnih genotipov murv leta 2018. C) Drevo lokalnega madžarskega genotipa za katerega je značilno podaljšano zorenje soplodij

4. PREVIOUS ACTIVITIES RELATED TO THE MULBERRY RESEARCH AND SERICULTURE IN SLOVENIA

Research activities related to mulberries began with the joint Hungarian-Slovenian project in 2015, which was based on the assessment of existing genetic resources of historical mulberries in Slovenia and Hungary, the establishment of collections, the identification of important metabolites in the leaves and the examination of their importance for the development and health of silkworms (Urbanek Krajnc, 2019).

During the inventory of mulberry trees in different regions of Slovenia and Hungary, shoots of historical trees were taken for propagation in order to establish a mulberry collection and to study the genetic and biochemical characteristics of the existing mulberry gene pool. Screening of metabolites in the leaves allowed us to define superior genotypes of the local gene pool that have already proven their potential as fodder (Urbanek Krajnc *et al.*, 2019; Šelih *et al.*, 2020; Urbanek Krajnc *et al.*, 2022).

The analyses of leaf metabolites allowed us to highlight the most suitable distinguishing characteristics, further define morphotypes, and present correlations between measured parameters in terms of potential leaf harvest-related pruning management (Urbanek Krajnc *et al.* 2019, Šelih *et al.*, 2020). All genotypes included in these morphometric and biochemical

analyses were part of a broader study aimed at defining high-yielding and more nutritious mulberry cultivars from the local gene pool selected for the silkworm feeding experiment (Urbanek Krajnc *et al.*, 2022) to study how old mulberry leaves affect silkworm growth, health status, and cocoon quality.

Positive correlations were found between total proteins and kaempferol derivatives and silk thread parameters (i.e. length and weight). The study revealed that the selection of mulberry genotypes for silkworm rearing from the local gene pool based on leaf proteins, specific phenolics, and mineral components is very important to optimise larval development, cocoon production, and raw silk parameters. We were also able to identify Slovenian and Hungarian genotypes with better raw silk parameters.

With the aim of analysing the potential of using mulberries, we brought together students from various study programmes at the Faculty of Agriculture and Life Sciences and the Faculty of Natural Sciences and Mathematics of the University of Maribor, as well as mentors from the research fields of botany, geography, chemistry, and computer science as part of the project On a Creative Path to Knowledge (Urbanek Krajnc, 2017). We have created digital maps of mulberries and a website (murve.um.si) to raise awareness of the systematics and importance of mulberries.

As part of the EIP-AGRI project entitled “Introduction of new mechanical and autonomous automated technologies for sustainable grape production in vineyards” (Berk *et al.*, 2023), we have planted various local mulberry genotypes to strengthen biodiversity and thus ecosystem services in vineyards. We have experimentally planted mulberries in the slopes and terraces of the vineyards to reduce erosion and investigate the phytoremediation potential of mulberries in relation to pesticide residues in the vineyard. The socio-economic benefit is the preservation and revitalisation of old Slovenian mulberry genotypes and traditional orchards in the former sericultural regions. The socio-economic benefit is the preservation and revival of old Slovenian mulberry genotypes and traditional orchards in the former sericultural regions.

5. REBIRTH OF THE SILK INDUSTRY: THE START OF THE HORIZON EUROPE PROJECT “ARACNE”

In March, the University of Maribor started the implementation of the European Horizon project in the field of revival of European cultural heritage under the coordination of CREA Agriculture and Environment (Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria), Italy.

The project's acronym ARACNE stands for "Advocating the Role of silk Art and Cultural heritage at National and European scale". The acronym name is inspired by the weaver transformed into a spider by the goddess Athena in Greek mythology. The overarching goal of ARACNE is to create a wide and well-connected Silk Innovation Ecosystem that, starting from the historical path followed by Marco Polo in his travels to East, that includes the routes of production and commercialization of silk in Europe. An innovation ecosystem is an interconnected network of quadruple helix stakeholders, including academia, industry and different levels of the public sector and civil society.

The project is carefully implemented by 6 universities and research centres, 3 museums, a cultural association, a cultural foundation, 2 cultural and creative smart media enterprises, a

consulting company for finance and innovation, and an international organization, including 7 partner countries (Italy, Spain, France, Slovenia, Greece, Bulgaria, and Georgia), which are connected by the cultural and historical identity of sericulture. Under the coordination of the University of Maribor, the Faculty of Agriculture and Life Sciences, the Faculty of Mechanical Engineering, and the Faculty of Electrical Engineering and Computer Science are members that participate in aforementioned project. At the Department of Botany and Plant Physiology (Faculty of Agriculture and Biosystem Sciences -FKBV), we are focused on the inventory and the morphological and genetic research of local mulberry genotypes of partner countries, in order to follow the ancient route of mulberry spreading from Asia to Europe. Old local genotypes with good morphological characteristics will be propagated and made available to local communities. The aim of the research is to re-introduce mulberries into the cultural landscape and raise awareness among the general public about the important ecological benefits of planting mulberries.

The Institute of Textile Materials and Design of the Faculty of Mechanical Engineering (FS) and the Institute of Automation of the Faculty of Electrical Engineering and Computer Science (FERI) participate in the ARACNE project from the point of view of technological innovations.

Design, development and fabrication of new materials from silk and silk processing waste will be carried out using several advanced production techniques, such as electro-spinning and 3D printing, which will transform fibroin and sericin as silk components into bulk structured materials, i.e. nano-fibrous webs and 3D objects, respectively. Pertaining to the circular economy concept, we will employ natural mulberry-based phenolic molecules to develop functional particles and coatings, that will confer new or enhanced properties to silk-based products as UV shielding or dyes. In this context, we will deal with the relationship between silk-society-history and the innovative design of various silk products.

The Institute for Media Communications (FERI) is involved in the ARACNE project as support for research about the heritage and history of sericulture in Europe, within the framework of which a visual catalog will be produced.

The ARACNE project focuses on the cultural heritage of European silk production and its preservation, protection, and evaluation. The goal is to revive traditional skills based on the common cultural and artistic heritage with the aim of reshaping the European cultural identity related to silk, which will be the common basis for the new European Silk Road. The intention is to create a wide and well-connected network that would stem from the historical route of Marco Polo and include the routes of silk production and trade in Europe. As part of the project, we strive to bring silk production back into vogue by reconstructing a resilient and innovative ecosystem, which will be based on tradition, architecture, and the tangible and intangible heritage of the silk regions. The project aims to improve the competitiveness of European silk-related cultural and creative industries by jointly developing silk-based products, processes, and innovation services using digital applications and state-of-the-art technologies and by transitioning to more sustainable business models. Furthermore, we want to redraw the European Silk Road by connecting and joining activities between European cities and regions with a past in sericulture and silk-making history. The project strengthens European cultural identity and represents an important contribution to the European Green Deal and the Sustainable Development Goals (ARACNE, 2023).

6. CONCLUSION

This article underlines the need to preserve mulberries as a historical remnant of sericulture in the context of traditional and rational use in agriculture, as we have found that mulberries are undergoing dramatic genetic erosion due to the abandonment of sericulture cultivation and agricultural land. Through a review of existing genetic resources and the establishment of the collections, we have highlighted the natural, cultural, and scientific value of the white mulberry.

7. REFERENCES

- Altman, G. H., Farrell, B. D. (2022). Sericulture as a sustainable agroindustry. *Cleaner and Circular Bioeconomy*, 2, 100011.
- ARACNE (2023). <https://aracneproject.eu/> (01.12.2023).
- Aramwit, P., Bang, N., Srichana, T. (2010). The properties and stability of anthocyanins in mulberry fruits. *Food Research International*, 43(4), 1093-109
- Berk, P., Urbanek Krajnc, A., Lešnik M., Paušič, A., Stajniko D., Sirk M., Vindiš, P., Kelc, D., Poje, T., Ježič, V., Mavrič Štrukelj, M., Hauptman S., Štabuc, R., Breznik M. (2023) Uvedba novih mehanskih in avtonomnih avtomatiziranih tehnologij za trajnostno predelavo grozdja v vinogradih. Available online: <https://drive.google.com/file/d/1vf-hFO9pkCenWGI2NqiXmYmmr3AL5XDK/view>
- Bolle, I. (1896). Poduk o Murvoreji. Available online: <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-ICEMEK1Z/ad0fff95-e4c9-4763-a02d-70a28296f89c/PDF>
- Bolle, I. (1908). Ob Uzgoju Murava. Available online: <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-QCY0RSOI/6906e8d3-fb09-4249-89b5-fcea5f27a09e/PDF>
- Brion, H. (2016). Seidenraupe-Aufzucht. Swiss silk.
- Brus, R., (2004). Drevesne vrste na Slovenskem. Ljubljana: Mladinska knjiga.
- Chen, T., Shuang, F. F., Fu, Q. Y., Ju, Y. X., Zong, C. M., Zhao, W. G., ... Cao, F. L. (2022). Evaluation of the chemical composition and antioxidant activity of mulberry (*Morus alba* L.) fruits from different varieties in China. *Molecules*, 27(9), 2688.
- Dadhwal, R., Banerjee, R. (2023). Ethnopharmacology, pharmacotherapeutics, biomedicinal and toxicological profile of *Morus alba* L.: A comprehensive review. *South African Journal of Botany*, 158, 98-117.
- Deutsch, H. (1909) Die Entwicklung der Seidenindustrie in Österreich 1660–1840, Wien Carl Konegen, p 16–17.
- Donno, D., Cerutti, A. K., Prgomet, I., Mellano, M. G., Beccaro, G. L. (2015). Foodomics for mulberry fruit (*Morus* spp.): Analytical fingerprint as antioxidants' and health properties' determination tool. *Food Research International*, 69, 179-188.
- Eyduran, S. P., Ercisli, S., Akin, M., Beyhan, O., Geçer, M. K., Eyduran, E., Erturk, Y. E. (2015). Organic acids, sugars, vitamin C, antioxidant capacity, and phenolic compounds in fruits of white (*Morus alba* L.) and black (*Morus nigra* L.) mulberry genotypes. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 88: 134-138.
- Farahani, M., Salehi-Arjmand, H., Khadivi, A., Akramian, M. (2019). Chemical characterization and antioxidant activities of *Morus alba* var. *nigra* fruits. *Scientia Horticulturae*, 253, 120-127.
- Grekov D., E. Kipriotis, P. Tzenov (2005) Sericulture training manual, Komotini, Greece, 320 pp.
- Grekov D., P. Tzenov, K. Avramova, C. Nikolova (2020) Manual for student's practical training in sericulture, Academic publishing house of the Agricultural university, Plovdiv, ISBN 978-954-517-287-8, 85 pp (in Bulgarian).
- Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J. M., Quiles, J. L., Mezzetti, B., Battino, M. (2012). The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*, 28(1), 9-19.

- Gurjar, T. S., Siddhapara, M. R., Surani, P. M. (2018). Biology of mulberry silkworm, *Bombyx mori* L. on mulberry, *Morus alba* L. Journal of Entomology, 6(4), 276-280.
- Heitman, E., Ingram, D. K. (2017). Cognitive and neuroprotective effects of chlorogenic acid. Nutritional Neuroscience, 20(1), 32-39
- Hlubek, F.X. (1850). Unterricht in der Maulbeerbaum-Und Seidenzucht Für das Landvolk; Steiermärkische Seidenbau-Vereine: Graz, Austria.
- Ipavec, V.M. (2008) Murve in kavalirji: Svilogojstvo na Goriškem. Inštitut za slovensko narodopisje, Ljubljana.
- Jian, Q., Ningjia, H., Yong, W., Zhonghuai, X. (2012). Ecological issues of mulberry and sustainable development. Journal of resources and ecology, 3(4), 330-339.
- Kadri, A., Saleh, S., Elbitar, A., Chehade, A. (2021). Genetic diversity assessment of ancient mulberry (*Morus* spp.) in Lebanon using morphological, chemical and molecular markers (SSR and ISSR). Advances in Horticultural Science, 35(3), 243-253.
- Kaume, L., Howard, L. R., Devareddy, L. (2012). The blackberry fruit: a review on its composition and chemistry, metabolism and bioavailability, and health benefits. Journal of agricultural and food chemistry, 60(23), 5716-5727.
- Lim, S. H. (1990). Sericulture training manual (No. 80). Food & Agriculture Org., 115 str.
- Liu, Y., Willison, J. M. (2013). Prospects for cultivating white mulberry (*Morus alba*) in the drawdown zone of the Three Gorges Reservoir, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 20, 7142-7151
- Łochyńska, M. (2015). Energy and nutritional properties of the white mulberry (*Morus alba* L.). Journal of Agricultural Science and Technology A, 5(9), 709-716.
- Macflot, M., (1776), Vollständige aus Vieljähriger Erfahrung Vollkommen Gegründete Anleitung Sowohl zur Seidenzucht als Auch Zum Pflanzen und Beschneiden der Maulbeerbäume; Hansebooks: Norderstedt, Germany, p. 84.
- Natić, M. M., Dabić, D. Č., Papetti, A., Akšić, M. M. F., Ognjanov, V., Ljubojević, M., Tešić, Ž. L. (2015). Analysis and characterisation of phytochemicals in mulberry (*Morus alba* L.) fruits grown in Vojvodina, North Serbia. Food chemistry, 171, 128-136.
- Negro, C., Aprile, A., De Bellis, L., Miceli, A. (2019). Nutraceutical properties of mulberries grown in southern Italy (Apulia). Antioxidants, 8(7), 223.
- Petkov N., Z. Petkov, P. Tzenov (2004) Technologies for production of cocoons and raw silk from the mulberry silkworm (*Bombyx mori* L.), "PublishSaiSet-Eco", 128 pp (in Bulgarian).
- Pirc, H. (2015). Enzyklopädie der Wildobst-und seltenen Obstarten. Leopold Stocker Verlag.
- Sakar, E., Ercisli, S., Marc, R. A., Gulen, H., Assouguem, A., Ullah, R., Shahat, A.A., Bari, A., Farah, A. (2023). Black mulberry (*Morus nigra* L.) fruits: As a medicinal plant rich in human health-promoting compounds. Open Chemistry, 21(1), 20220323.
- Sánchez, M. D. (2000). World distribution and utilization of mulberry, potential for animal feeding. In FAO electron. Conf. Mulberry animal prod. (Morus1-L) (Vol. 111).
- Sánchez-Salcedo, E. M., Mena, P., García-Viguera, C., Martínez, J. J., Hernández, F. (2015). Phytochemical evaluation of white (*Morus alba* L.) and black (*Morus nigra* L.) mulberry fruits, a starting point for the assessment of their beneficial properties. Journal of functional foods, 12, 399-408.
- Šelih, M., Mikulič Petkovšek, M., Krajnc, D., Berčič, R. L., Urbanek Krajnc, A. (2020). Screening of leaf metabolites in historical mulberry trees (*Morus alba* L.) from different eco-geographical regions of Slovenia. Trees, 34, 971-986.
- Sfiligoj Smole, M., Hribernik, S., Kurečič, M., Krajnc, A. U., Kreže, T., Kleinschek, K. S. (2019). Surface properties of non-conventional cellulose fibres. Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- Song, W., Wang, H. J., Bucheli, P., Zhang, P. F., Wei, D. Z., Lu, Y. H. (2009). Phytochemical profiles of different mulberry (*Morus* sp.) species from China. Journal of agricultural and food chemistry, 57(19), 9133-9140
- Tikader, A., Vijayan, K. (2017). Mulberry (*Morus* spp.) genetic diversity, conservation and management. Biodiversity and conservation of woody plants, 95-127.

- Tinebra, I., Sortino, G., Inglese, P., Fretto, S., Farina, V. (2021). Effect of different modified atmosphere packaging on the quality of mulberry fruit (*Morus alba* L. cv Kokuso 21). *International Journal of Food Science*, 2021.
- Truzzi, E., Marchetti, L., Gibertini, G., Benvenuti, S., Cappellozza, S., Giovannini, D., ... Bertelli, D. (2024). Phytochemical and functional characterization of cultivated varieties of *Morus alba* L. fruits grown in Italy. *Food Chemistry*, 431, 137113.
- Tzenov P., D. Grekov (2010). *Silkworm rearing, "Enjovche"*, ISBN 978-954-9373-94-3, 121 pp (in Bulgarian).
- Urbanek Krajnc, A., (2017). Razvoj ustreznih tehnologij pridelave, spremljanje metabolitov in analiza možnosti uporabe starih lokalnih genotipov murv v trajnostnem kmetijstvu: predstavitev rezultatov projekta "Po kreativni poti do znanja" na dogodku z naslovom Novim izzivom naproti, Ljubljana, 14. 11. 2017.
- Urbanek Krajnc, A., (2019). Vpliv hranjenja ličink hibridov sviloprejke (*Bombyx mori* L.) z listi starih lokalnih madžarskih in slovenskih genotipov murv (*Morus alba* L.) na razvoj in zdravstveni status ličink. Zaključno poročilo raziskovalnega projekta. Maribor: University of Maribor, Faculty of Agriculture in Life sciences.
- Urbanek Krajnc, A., Bakonyi, T., Ando, I., Kurucz, E., Solymosi, N., Pongrac, P., Berčič, R. L. (2022). The Effect of Feeding with Central European Local Mulberry Genotypes on the Development and Health Status of Silkworms and Quality Parameters of Raw Silk. *Insects*, 13(9), 836.
- Urbanek Krajnc, A., Senekovič, J., Cappellozza, S., Mikulic-Petkovsek, M. (2023). The Darker the Better: Identification of Chemotype Profile in Soroses of Local and Introduced Mulberry Varieties with Respect to the Colour Type. *Foods*, 12(21), 3985.
- Urbanek Krajnc, A., Ugulin, T., Pausic, A., Rabensteiner, J., Bukovac, V., Mikulic Petkovsek, M., Felicijan, M. (2019). Morphometric and biochemical screening of old mulberry trees (*Morus alba* L.) in the former sericulture region of Slovenia. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 88(1).
- Urbanek Krajnc, A., Kozmos, M. (2023) Deliverable 1.3 ARACNE-Guidance Model to Collect Mulberry Samples; University of Maribor, Faculty of Agriculture and Life Sciences: Maribor, Slovenia.
- Velderrain-Rodríguez, G. R., Palafox-Carlos, H., Wall-Medrano, A., Ayala-Zavala, J. F., Chen, C. O., Robles-Sánchez, M., ... & González-Aguilar, G. A. (2014). Phenolic compounds: their journey after intake. *Food & function*, 5(2), 189-197.
- Vijayan, K., Raju, P. J., Tikader, A., Saratchandra, B. (2014). Biotechnology of mulberry (*Morus* L.)- A review. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 26(6), 472.
- Xueping, S., Bin, W., Moucheng, L., Weiwei, L. (2016). The ecosystem service function of Shandong Xiajin Yellow River ancient mulberry trees system and its effect on regional ecosystem. *Journal of Resources and Ecology*, 7(3), 223-230.
- Younus, I., Fatima, A., Ali, S. M., Usmani, S., Begum, Z., Badar, S., Asghar, R. (2016). A review of ethnobotany, phytochemistry, antiviral and cytotoxic/anticancer potential of *Morus alba* linn. *Int. J. Adv. Res. Rev.*, 1(2), 84-96.
- Yuan, Q., Zhao, L. (2017). The Mulberry (*Morus alba* L.) Fruit: A Review of Characteristic Components and Health Benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(48), 10383-10394.
- Zafar, M. S., Muhammad, F., Javed, I., Akhtar, M., Khaliq, T., Aslam, B., ... Zafar, H. (2013). White mulberry (*Morus alba*): A brief phytochemical and pharmacological evaluations account. *International journal of agriculture and biology*, 15(3).
- Žontar J (1957) Svilogojstvo in svilarstvo na Slovenskem od 16. do 20. stoletja. Inštitut za zgodovino SAZU, Ljubljana.

VSEBNOST FENOLNIH SPOJIN V RAZLIČNIH DELIH OREHA

Aljaž MEDIČ¹, Robert VEBERIČ¹

POVZETEK

Orehi so energijsko bogato živilo, ki ni bogato le s hranilnimi snovmi, ampak tudi z fenolnimi spojinami. Večino fenolnih spojin v jedrcu oreha predstavljajo predvsem fenolne kisline, flavanoli, tanini in v manjši meri tirosole, dihidrohalkoni in flavonoli. Druge fenolne skupine, zlasti naftokinone najdemo v neužitnih delih orehov. Prav zaradi teh spojin so mnoga rastlinska tkiva oreha neužitna in potencialno strupena. Ker je informacij o vsebnosti fenolnih spojin v različnih delih oreha malo, je bil naš cilj primerjati, katere fenolne skupine in spojine so prisotne v različnih delih rastline orehov in katere so najbolj zastopane fenolne skupine v različnih rastlinskih delih. Z uporabo UHPLC-MS/MS smo identificirali več kot 150 različnih fenolnih spojin. Medtem ko v užitnem delu oreha (testa in olupljeno jedrce) naftokinonov ni bilo, so bili naftokinoni prisotni v vseh drugih analiziranih delih rastline oreha (listi, listni pecelj, lubje, brsti, korenine in zelena lupina ploda). To je bilo pričakovano, saj juglon in ostale naftokinone povezujejo s toksičnim učinkom, tako bi bila orehova jedrca potencialno strupena za uživanje. Na splošno so bili naftokinoni najbolj zastopana fenolna skupina, v listih, listnem peclju, lubju in brstih, hidroksibenzojske kisline v stranskih koreninah in hidrolizirajoči tanini v orehovitih jedrcih. Največja vsebnost fenolnih spojin je bila v testi, kateri sledijo glavna korenina oreha, stranske korenine, brsti, listi in enoletna skorja, najmanjša vsebnost pa je bila v olupljenem jedrcu oreha.

Ključne besede: HPLC, masni spektrometer, naftokinoni, fenolne spojine, sekundarni metabolizem, oreh

THE CONTENT OF PHENOLIC COMPOUNDS IN DIFFERENT PARTS OF THE WALNUT PLANT

ABSTRACT

Walnuts are a very energy-rich food that is not only rich in valuable nutrients but also in phenolic compounds. Most of the phenolic compounds in walnut kernels are phenolic acids, flavanols, tannins and, to a lesser extent, tyrosols, dihydrochalcones and flavonols. Other phenol groups, especially naphthoquinones, are found in the inedible parts of the walnut plant. It is these compounds that make many tissues of the walnut plant inedible and potentially toxic. As there is little information on the phenolic compound content in the different parts of the walnut plant, our aim was to compare which phenolic groups and compounds are present in the different parts of the walnut plant and which are the most prevalent phenolic groups in the different parts of the plant. More than 150 different phenolic compounds were identified by UHPLC-MS/MS. While naphthoquinones were absent in the edible part of the walnut (pelicle and pelled kernel), naphthoquinones were present in all other analysed parts of the

¹ Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

walnut plant (leaves, petiole, bark, buds, roots and green husk). This was to be expected as juglone and other naphthoquinones are associated with a toxic effect, so walnut kernels would be potentially toxic if consumed. In general, naphthoquinones were the most abundant phenolic group in leaves, petioles, bark and buds, hydroxybenzoic acids in lateral roots and hydrolysing tannins in walnut kernels. The highest content of phenolic compounds was found in the pelicle, followed by the main root, lateral roots, buds, leaves and annual bark, while the lowest content was found in the peeled walnut kernel.

Key words: phenolic compounds, secondary metabolites, tissue, naphthoquinones, quantification

1. UVOD

Orehi so visoko energijsko živilo, ki ni bogato le s hranili, ampak ima tudi zelo pestro fenolno sestavo. Oreh je drugi najbolj razširjen lupinar na svetu z nasadi po velikem delu Evrope (Strugstad in Despotovski, 2012). Orehovo jedrce je edini užitni del oreha, drugi rastlinski deli pa veljajo za neužitne in potencialno strupene zaradi prisotnosti juglona in drugih naftokinonov. Izvedenih je bilo več študij, ki so potrdile prisotnost naftokinonov v neužitnih delih rastline oreha (listi, listni pecelj, lubje, brsti, korenine in zelena lupina ploda), medtem ko njihove prisotnosti v užitnih delih (jedrca) niso potrdili. To je pričakovano, saj bi to pomenilo da bi bila jedrca lahko potencialno strupena (Medic in sod., 2021a; Medic in sod., 2021b; Medic in sod., 2021c; Medic in sod. 2021d; Medic in sod., 2022a; Medic in sod., 2022b).

Naftokinoni, v katere spada tudi juglon, spadajo med sekundarne metabolite. Zaznali so jih v približno 20 družinah, vključno z družino Juglandaceae (oreh). Naftokinoni imajo številne funkcije (obrambne spojine v medvrstnem kemičnem bojevanju (t. i. alelopatija), služijo kot pomembni členi v transportnih verigah elektronov, sodelujejo v številnih oksidativnih procesih, ...), ki so zanimive za znanstvenike. Zlasti biološke in toksikološke aktivnosti naftokinonov so posebnega pomena za znanstveno skupnost (Pinho in sod., 2012). Poleg naftokinonov so v različnih orehovih tkivih v izobilju tudi druge fenolne spojine, ki so zanimive za potrebe ekstrakcije in izolacije (Medic in sod., 2021b). Fenolne spojine in naftokinoni so bili podvrženi številnim študijam, kjer so raziskovali njihov vpliv na zdravje (npr. protitumorske, protivirusne, protibakterijske, protiglivične in antiparazitske učinke). Tako jih številni smatrajo kot potencialne spojine za razvoj novih zdravil (Kandeil in sod., 2021; Loaiza-Cano in sod., 2021; Martins in sod., 2011; Pinho in sod., 2012).

Za učinkovito ekstrakcijo spojin iz različnih tkiv je poleg postopka predelave in ekstrakcije potrebno zagotoviti podrobne informacije o vsebnosti teh spojin v različnih delih rastline. To lahko predstavlja dodano vrednost industriji orehov. Do danes je bila sicer opravljena podrobna analiza teh rastlinskih tkiv, vendar so informacije razpršene po več člankih in niso pregledne (Medic in sod., 2021a; Medic in sod., 2021b; Medic in sod., 2021c; Medic in sod. 2021d; Medic in sod., 2022a; Medic in sod., 2022b). Da bi povzeli vse informacije v enem članku, smo za potrebe poskusa izbrali drevo najbolj pogosto gojene sorte oreha 'Franquette'. Naš cilj je bil ugotoviti kje je vsebnost posameznih fenolov glede na različne dele rastline največja, da bi ugotovili, kje bi bila ekstrakcija in kasnejša izolacija teh spojin najbolj smiselna. Rezultati bodo pomembno vplivali na dosedanje znanje in služili kot osnova za nadaljnje študije v farmacevtski, agroživilski in kozmetični industriji.

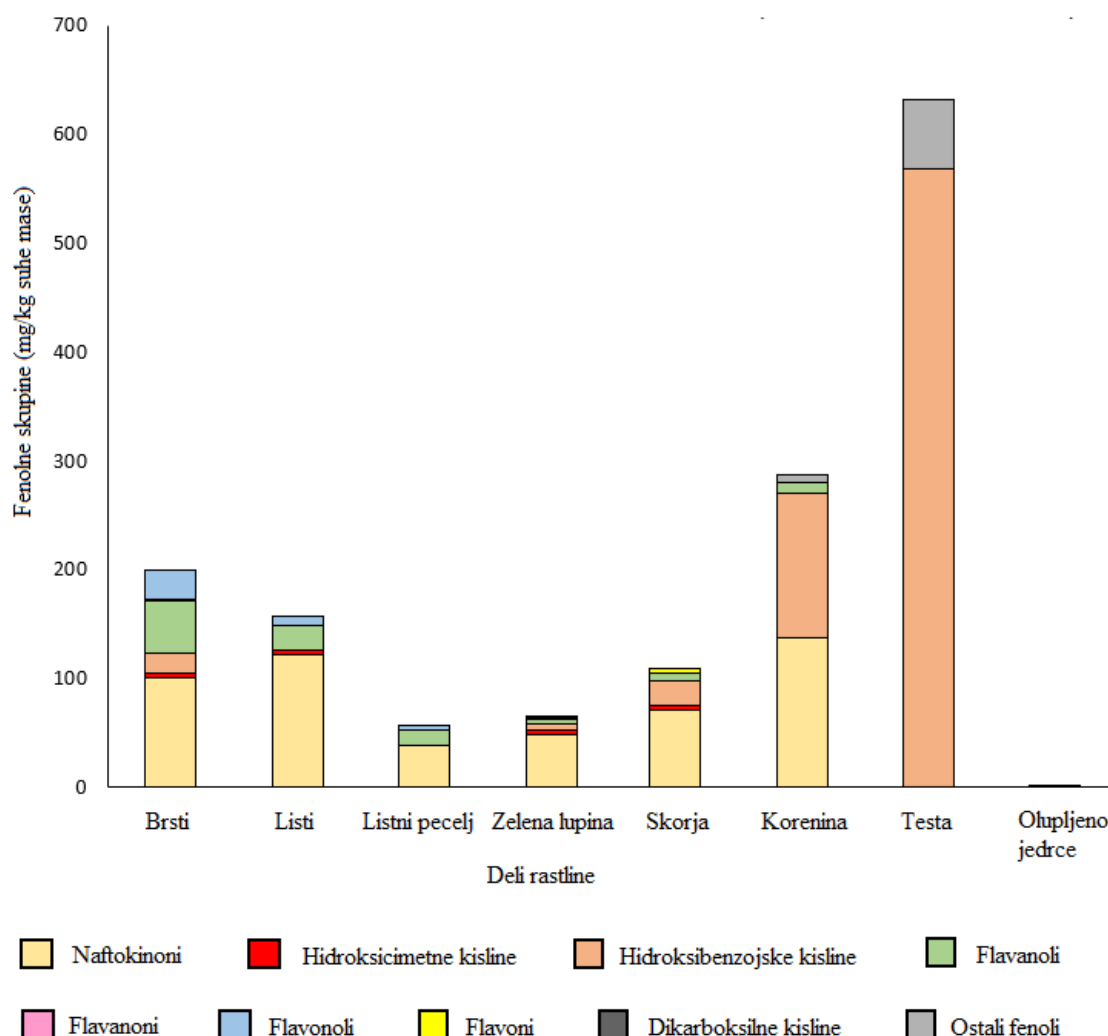
2. MATERIAL IN METODE

Vzorci smo 17. septembra 2023 nabrali z drevesa proučevane sorte 'Franquette' posajene na Poskusnem polju za lupinarje v Mariboru. Omenjeni dan smo vzorčili vsa tkiva, razen jedrc, ki smo jih vzorčili 15. oktobra 2023. Plodovi so bili posušeni do 6% vlažnosti in jih nadalje razdelili na različne dele (testo in olupljeno jedrce) po ustaljenem postopku, kot so poročali Medic in sod. (2021a). Vzorci smo nato prepeljali v laboratorij Oddelka za agronomijo (Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani), kjer so jih pripravili na nadaljnje analize.

Ekstrakcija fenolnih spojin ter identifikacija in kvantifikacija na tandemski masni spektrometriji so potekale po protokolu opisanem v Medic in sod. (2021a) za jedrca in Medic in sod. (2021d) za preostale rastlinske dele. Podatki so bili statistično analizirani s programom R commander.

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

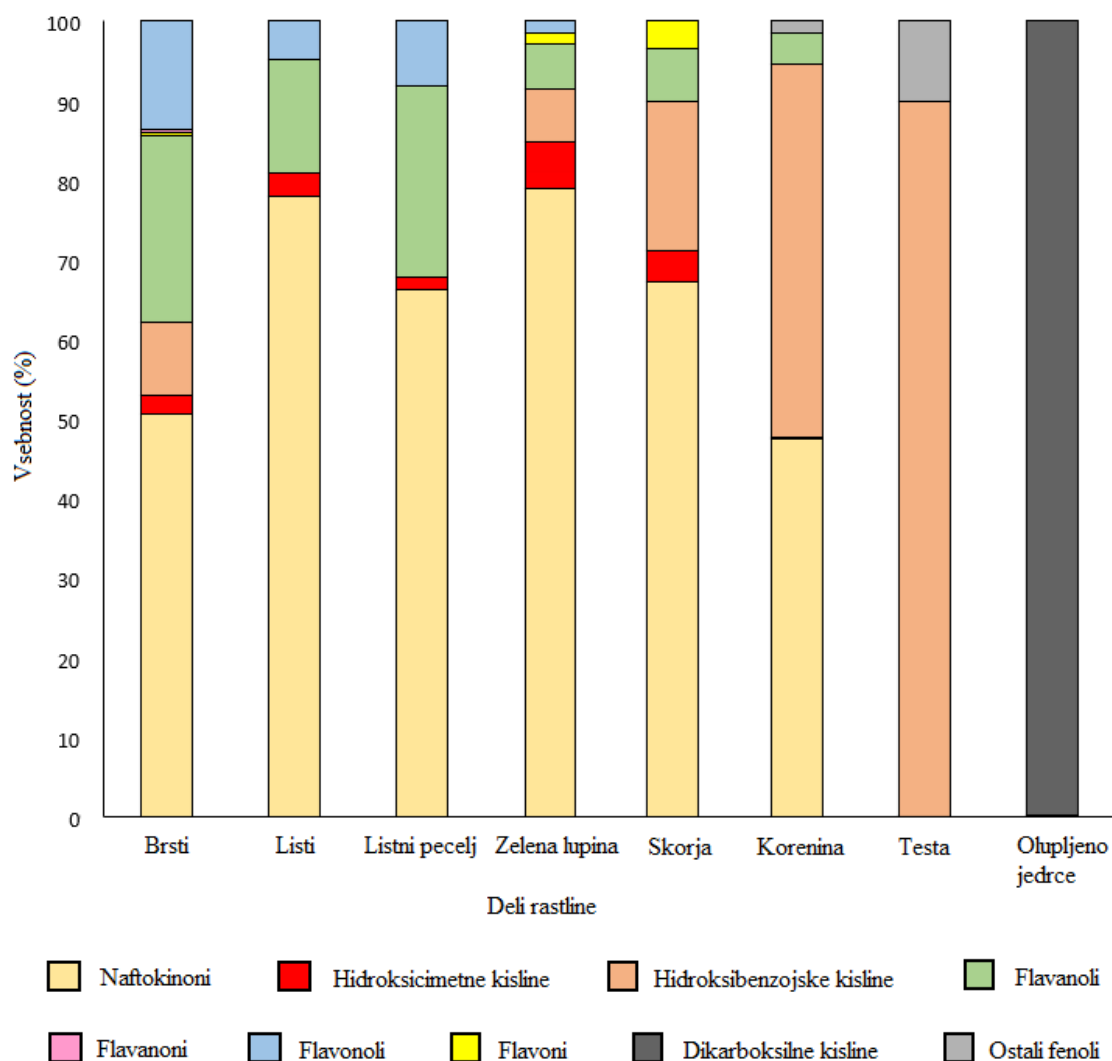
Slika 1 prikazuje vsebnost različnih fenolnih skupin, identificiranih v različnih rastlinskih delih oreha. Vidimo lahko, da je bilo največ fenolov, v testi, medtem ko je notranjost oziroma olupljeno jedrce vsebovalo zelo malo fenolnih spojin. To je pričakovano, ker lupina oz. kožica ploda v rastlinah služi kot, pregrada med notranjostjo (seme ali pulpa), ki jo rastlina želi zaščititi pred patogeni. Fenolne spojine delujejo kot obrambne spojine pred stresorji in patogeni (Medic in sod., 2022a; Treutter, 2005). Zanimivo je, da je bila večina fenolnih spojin, najdenih v testi, elagitanini ($\approx 86\%$), za katere se domneva, da imajo pomembno vlogo pri kemični obrambi rastlin (Medic in sod., 2021a). Niti v testi niti v olupljenem jedrcu nismo našli naftokinonov, kar je bilo pričakovano, saj bi njihova prisotnost pomenila da je jedrce potencialno strupeno (Pinho in sod., 2012). Naftokinone smo identificirali v vseh drugih orehovitih organih in tkivih in so bili tudi najbolj zastopana fenolna skupina, razen v koreninah, kjer je bila vsebnost hidroksibenzojskih kislin podobna ali nekoliko večja od vsebnosti naftokinonov. Največjo vsebnost naftokinonov smo zabeležili v korenini, sledita ji list in brst, medtem ko je bila največja vsebnost hidroksibenzojske kisline zabeležena v testi, sledita ji korenina in lubje. Največjo vsebnost flavonolov in flavanolov smo zaznali v brstih in listih. Zanimivo je, da smo najmanjše vsebnosti fenolnih spojin zaznali v neužitnih tkivih v listnem peclju in zeleni lupini.



Slika 1: Vsebnost različnih fenolnih skupin, identificiranih v različnih delih rastline oreha, izražena v mg/kg suhe mase

Figure 1: The content of different phenolic groups identified in different parts of the walnut plant, expressed in mg/kg of dry weight

Slika 2 prikazuje delež fenolnih skupin v različnih organih in tkivih orehov. V olupljenem jedrcu največji delež predstavljajo dikarboksilne kisline. Zanimivo je, da dikarboksilne kisline nismo našli v nobenem drugem delu oreha. Naftokinoni so bili najbolj zastopane fenolne spojine v vseh neužitnih delih oreha, kot že prej omenjeno. V zeleni lupini ploda predstavljajo več kot 80 % fenolnih spojin, najmanj jih je bilo v koreninah in brstih. Brsti so imeli najbolj raznoliko fenolno sestavo, saj so vsebovali 6 različnih fenolnih skupin. Brsti so edin del oreha, v katerem so bili zaznani tudi flavanoni. Po deležu je hidroksicimetnih kislin največ v zeleni lupini, flavonov pa v skorji.



Slika 2: Relativne vsebnosti fenolnih skupin v izbranih delih oreha

Figure 2: Relative contents of phenolic groups in different parts of the walnut plant

Sklepamo lahko, da imajo različni deli rastline oreha tudi različno fenolno sestavo. Za samo ekstrakcijo in izolacijo orehovega jedrca ne priporočamo, ker vsebuje malo in znanstveno manj zanimive fenolne snovi. Delež teste, kjer se nahaja večina fenolnih spojin, je prav tako zelo nizka v primerjavi z olupljenim jedrcem (> 10 %) (Medic in sod., 2021a). Poleg jedrca tudi brstov ne priporočamo za izolacijo spojin, saj so vsebnosti fenolnih spojin, glede na škodo, ki jo s tem povzročamo rastlini premajhne. Pri krčenju orehovega nasada je potrebno odstraniti tudi korenine dreves in sama drevesa. Prav takrat bi bil to edini razumen čas za uporabo rastlinskih ostankov iz skorje in korenin ter hkrati dodatna korist za kmete, v primeru da bi se kateri izmed identificiranih naftokinonov izkazal za zanimive v agroživilski, kozmetični ali farmacevtski industriji. Edini trajnostni vir identificiranih spojin so tako le listi, listni peclji in zelena lupina ploda, kar ne povzroča velike oz. nobene škode drevesu. Le tu je postopek ekstrakcije spojin vzdržen in konstanten skozi celotno življenjsko dobo oreha.

4. ZAHVALA

Raziskava je del programa Hortikultura P4-0013-0481, ki ga financira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS).

5. LITERATURA

- Kandeil, A., Mostafa, A., Kutkat, O., Moatasim, Y., Al-Karmalawy, A.A., Rashad, A.A., Kayed, A.E., Kayed, A.E., El-Shesheny, R., Kayali, G., and Ali, M.A. 2021. Bioactive polyphenolic compounds showing strong antiviral activities against severe acute respiratory syndrome coronavirus 2. *Pathogens*, 10:758.
- Loaiza-Cano, V., Monsalve-Escudero, L.M., Filho, C.d.S.M.B., Martinez-Gutierrez, M., and Sousa, D.P.D. 2021. Antiviral role of phenolic compounds against dengue virus: A review. *Biomolecules*, 11:11.
- Martins, S., Mussatto, S.I., Martínez-Avila, G., Montañez-Saenz, J., Aguilar, C.N., and Teixeira, J.A. 2011. Bioactive phenolic compounds: Production and extraction by solid-state fermentation. A review. *Biotechnol. Adv.*, 29:365-373.
- Medic, A., Jakopic, J., Hudina, M., Solar, A., and Veberic, R. 2021a. Identification and quantification of the major phenolic constituents in *Juglans regia* L. peeled kernels and pellicles, using HPLC–MS/MS. *Food Chem.*, 352:129404.
- Medic, A., Jakopic, J., Solar, A., Hudina, M., and Veberic, R. 2021b. Walnut (*J. regia*) agro-residues as a rich source of phenolic compounds. *Biology*, 10:535.
- Medic, A., Solar, A., Hudina, M., and Veberic, R. 2021c. Phenolic response to walnut anthracnose (*Ophiognomonia leptostyla*) infection in different parts of *Juglans regia* husks, using HPLC-MS/MS. *Agriculture*, 11:659.
- Medic, A., Zamljen, T., Hudina, M., and Veberic, R. 2021d. identification and quantification of naphthoquinones and other phenolic compounds in leaves, petioles, bark, roots, and buds of *Juglans regia* L., using HPLC-MS/MS. *Horticulturae*, 7:326.
- Medic, A., Jakopic, J., Hudina, M., Solar, A., and Veberic, R. 2022a. Identification and quantification of major phenolic constituents in *Juglans regia* L. leaves: healthy vs. infected leaves with *Xanthomonas campestris* pv. *juglandis* using HPLC-MS/MS. *J. King Saud Univ. Sci.*, 34:101890.
- Medic, A., Zamljen, T., Hudina, M., Solar, A., and Veberic, R. 2022b. Seasonal variations of naphthoquinone contents (juglone and hydrojuglone glycosides) in *Juglans regia* L. *Sci. Hortic.*, 300:111065.
- Pinho, B., Sousa, C., Oliveira, J., Valentão, P., and Andrade, P. 2012. Naphthoquinones' biological activities and toxicological effects. In: Bitterlich A, Fischl S. (Eds.) *Bioactive compounds: Type, biological activities and health effects*. New York: Nova Science Publishers; 2012. str. 181-218
- Strugstad, M., Despotovski, S. 2012. A summary of extraction, synthesis, properties, and potential uses of juglone: A literature review. *J. Ecosyst. Manag.*, 13(3):1-16.
- Treutter, D. 2005. Significance of flavonoids in plant resistance and enhancement of their biosynthesis. *Plant Biol.*, 7:581-591.

USPEŠNOST RAZMNOŽEVANJA EVROPSKEGA PRAVEGA KOSTANJA (*Castanea sativa* Mill.) TER KRIŽANCEV JAPONSKEGA IN EVROPSKEGA PRAVEGA KOSTANJA (*Castanea crenata* Sieb. in Zucc. x *Castanea sativa* Mill.) Z METODO ZELENIH POTAKNJENCEV

Petra KUNC¹, Gregor OSTERC¹

POVZETEK

V poskusu smo z metodo zelenih potaknjencev preverili uspešnost koreninjenja in kakovost potaknjencev pri evropskem pravem kostanju ('Kozjak') v primerjavi s sortama, ki sta križanca med japonskim in evropskim kostanjem ('Marsol' in 'Maraval'). Naši rezultati kažejo, da je uspešnost koreninjenja večja pri evrojaponskih sortah. Uspešnost koreninjenja pri selekciji evropskega pravega kostanja 'Kozjak' je znašala $46,6 \pm 17,0$ %, večji delež koreninjenja pa je bil pri sortah 'Marsol', $93,3 \pm 6,7$ % ter 'Maraval', 100,0 %. Prav tako smo pri križancih ovrednotili večje povprečno število glavnih korenin in povprečno dolžino koreninskega šopa. Pri sorti 'Maraval' je bil delež potaknjencev s pojavom kalusa značilno manjši ($60,0 \pm 12,5$ %) kot pri selekciji evropskega kostanja 'Kozjak' (100,0 %), povprečno število novih poganjkov pa večje. Dolžina novih poganjkov se razlikuje med vsemi sortami. Razlika pa je bila tudi v deležu potaknjencev, ki so korenine tvorili akrobazalno. Pri potaknjencih sorte 'Maraval' je bil pojav akrobazalnih korenin $46,7 \pm 17,0$ %, medtem ko so potaknjenci selekcije 'Kozjak' tvorili le bazalne korenine. Naši rezultati kažejo, da so uspešnost koreninjenja, kot tudi ostale lastnosti, s katerimi določamo kakovost potaknjencev, boljše pri evrojaponskem kostanju.

Ključne besede: vegetativno razmnoževanje, adventivne korenine, kakovost potaknjencev, lupinarji

PROPAGATION SUCCESS OF EUROPEAN CHESTNUT (*Castanea sativa* Mill.) AND HYBRIDES OF JAPANESE AND EUROPEAN CHESTNUT (*Castanea crenata* Sieb. and Zucc. x *Castanea sativa* Mill.) USING GREEN CUTTINGS METHOD

ABSTRACT

In the experiment, we used the leafy cuttings to test the rooting success and quality of cuttings of European chestnut (*Castanea sativa* Mill.) 'Kozjak' compared to cuttings of hybrid species (*Castanea crenata* Sieb. in Zucc. x *Castanea sativa* Mill.), cultivars 'Marsol' and 'Maraval'. Our results show better rooting success of the hybrid cultivars 'Maraval' and 'Marsol'. A rooting success of 46.6 ± 17.0 % was recorded for the 'Kozjak', a higher percentage of rooting was recorded for the cultivars 'Marsol', 93.3 ± 6.7 % and 'Maraval', 100,0 %. The average number of main roots and the average length of bush roots were also higher in the cultivars 'Maraval' and 'Marsol'. The occurrence of callus was significantly lower (60.0 ± 12.5 %) in the cultivar

¹ Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

'Maraval' than in the cultivar 'Kozjak' (100,0 %), and the average number of new shoots was also higher in 'Maraval' than in 'Kozjak'. The length of the newly formed shoots varied between all cultivars. A significant difference was also observed in the proportion of shoots that formed acrobatic roots. In the cuttings of the cultivar 'Maraval', the proportion of acrobatic roots was $46.6 \pm 17,0$ %, while we did not detect any acrobatic roots in the cuttings of 'Kozjak'. Our results show that rooting success and other characteristics used to determine the quality of cuttings are better in the European-Japanese chestnut. The successful rooting of *Castanea sativa* Mill. is important for the conservation of the autochthonous genotypes of the European chestnut in Slovenia.

Key words: vegetative propagation, adventitious roots, quality of cuttings, nut crops

1. UVOD

Pravi kostanj (*Castanea* sp.) je razširjen na območju celotne Kitajske, Japonske ter Evrope. V Aziji sta najpogostejši vrsti kitajski kostanj, *C. mollissima* Blume, in japonski kostanj, *C. crenata* Sieb. et Zucc., v Evropi pa je najbolj zastopana vrsta evropski pravi kostanj, *C. sativa* Mill.. V zadnjih letih se je v Evropi razširilo sajenje medvrstnih hibridov z azijskimi vrstami, ki so bolj tolerantne na kostanjevega raka (*Chryphonectria parasitica* (Murrill) Bar) in črnilovko (*Phytophthora* spp.), bolezni, ki sta bili pogosto odgovorni za propadanje vrste (Dantas in sod., 2016). Poleg tega pa imajo medvrstni križanci (*C. crenata* × *C. sativa*) tudi sadjarsko zanimive plodove (Osterc in sod., 2017). Tudi v Sloveniji je evropski pravi kostanj pomembna sadna vrsta, ki je pogosto razširjena kot naravni sejanec v gozdnih sestojih. Vse bolj pa na našem območju narašča zanimanje za sajenje kostanjevih nasadov. Trenutno v Sloveniji gojimo večinoma sadike evrojaponskih sort 'Marsol', 'Maraval' in 'Bouche de Betizac' (Osterc in sod., 2017). Glede razmnoževanja spada pravi kostanj med zahtevne vrste. V praksi pravi kostanj večinoma razmnožujemo s semenom in s cepljenjem. Pri teh metodah prihaja do težav, kot so inkompatibilnost cepiča s podlago, slabo zaraščanje po cepljenju in možnost okužbe dreves s kostanjevim rakom preko cepljenega mesta (Šiftar, 1992). V zadnjem času se kot alternativna metoda razmnoževanja uvaja razmnoževanje z zelenimi potaknjenci. Pri tej metodi dobimo večjo izenačenost sadilnega materiala, skrajša se čas rasti in domnevno hitreje pridemo do rodnosti (Osterc, 2008, Osterc in sod., 2017). V našem poskusu smo želeli proučiti vpliv vrste pravega kostanja na uspešnost razmnoževanja. Uspešno koreninjenje in kakovost potaknjencev evropskega pravega kostanja je pomembno za ohranjanje avtohtonih genotipov v Sloveniji, zato smo primerjali uspešnost koreninjenja in kakovost potaknjencev med evropskim pravim kostanjem, *C. sativa*, in medvrstnimi križanci *C. crenata* × *C. sativa*, ki se vse bolj uveljavljajo tudi v našem prostoru. Želeli smo preveriti možnosti in izzive pri razmnoževanju avtohtonega genotipa evropskega kostanja 'Kozjak' v primerjavi z že uveljavljenima evrojaponskima sortama 'Marsol' in 'Maraval'. Poleg tega smo razlike v uspešnosti koreninjenja ocenjevali tudi med omenjenima evrojaponskima sortama.

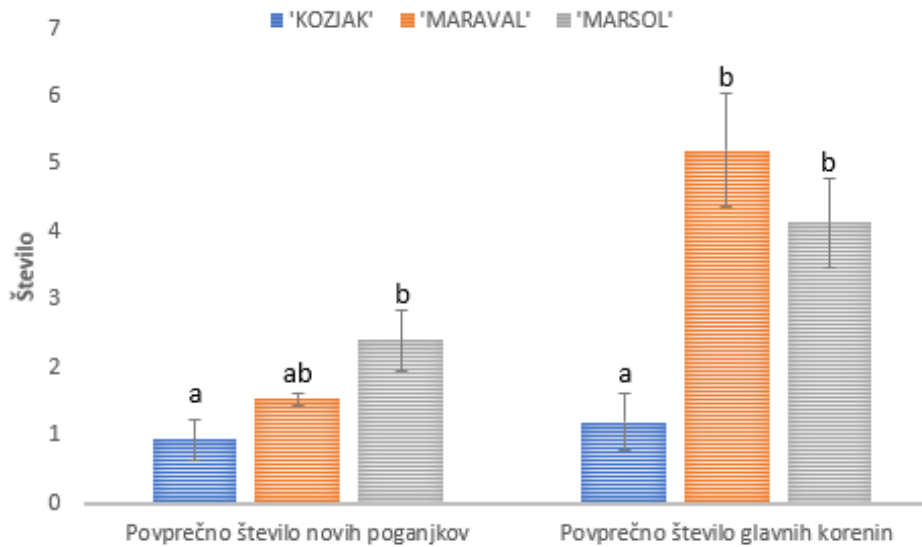
2. MATERIALI IN METODE

Poskus smo izvedli v rastlinjaku na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani. V rastlinjaku smo pred potikom potaknjencev vzpostavili avtomatsko regulirano megljenje, ki omogoča 98-100 % zračno vlažnost. Uporabili smo visokotlačni sistem megljenja (Plantog, Fischament, Avstrija). V poskusu smo uporabili substrat, ki je mešanica šote in kremenovega peska, v razmerju 1:1. Gredo, namenjeno potiku potaknjencev, smo razdelili na 15 parcel v velikosti 40 x 40 cm. V poskus smo vključili selekcijo evropskega pravega kostanja, 'Kozjak',

ter dve sorti medvrstnih hibridov, 'Maraval' in 'Marsol'. 'Kozjak' je slovenska selekcija evropskega pravega kostanja z območja Haloz, ki je v postopku priznavanja s strani sortne komisije, 'Maraval' in 'Marsol' pa sta križanca med evropskim pravim kostanjem in japonskim kostanjem (Solar, 2019). Rastlinski material za potaknjence smo dobili iz Poskusnega polja za lupinarje Biotehniške fakultete v Mariboru. Nabrane toletne poganjke smo razrezali na potaknjence dolžine 12 cm in za poskus uporabili zgolj terminalne poganjke, 2 - 3 cm nad spodnjim robom poganjka pa smo odstranili liste. Pred potikom v substrat smo spodnji del poganjka pomočili v avksinski prašek za boljše koreninjenje. Uporabili smo 0,5 % indol-3-masleno kislino (IBA). Izbiro parcele za posamezno sorto smo določili z metodo naključnih števil. Za vsako sorto smo načrtovali 5 ponovitev z 10 potaknjenci v vsaki parceli. Potaknjence smo v rastlinjaku pustili od konca junija do konca rastne sezone, v vmesnem času smo jih redno meglili. Konec oktobra, smo iz vsake parcele posebej izkopal potaknjence. Vsakemu potaknjencu iz posamezne parcele smo izmerili število novih poganjkov (prirast) in njihovo dolžino, prešteli število glavnih korenin, izmerili dolžino koreninskega šopa in izračunali povprečje. Na vsaki parceli smo določili skupen delež ukoreninjenih potaknjencev, nato pa še delež potaknjencev z bazalnim oz. akrobazalnim koreninjenjem. O bazalnem koreninjenju govorimo, kadar so korenine razvite le ob bazi potaknjenca, akrobazalne korenine pa se razvijajo ob bazi potaknjenca in tudi višje (Osterc in Rusjan, 2013). Za vsako parcelo smo izračunali tudi delež potaknjencev, pri katerih se je razvil kalus. Statistično analizo smo opravili s pomočjo programa R Commander. Podatki so bili vrednoteni po enosmerni analizi variance (ANOVA). Statistične razlike med posameznimi vrednostmi smo primerjali z Tukeyevim testom pri 95 % intervalu zaupanja. Za grafični prikaz podatkov smo uporabili program Microsoft Excel.

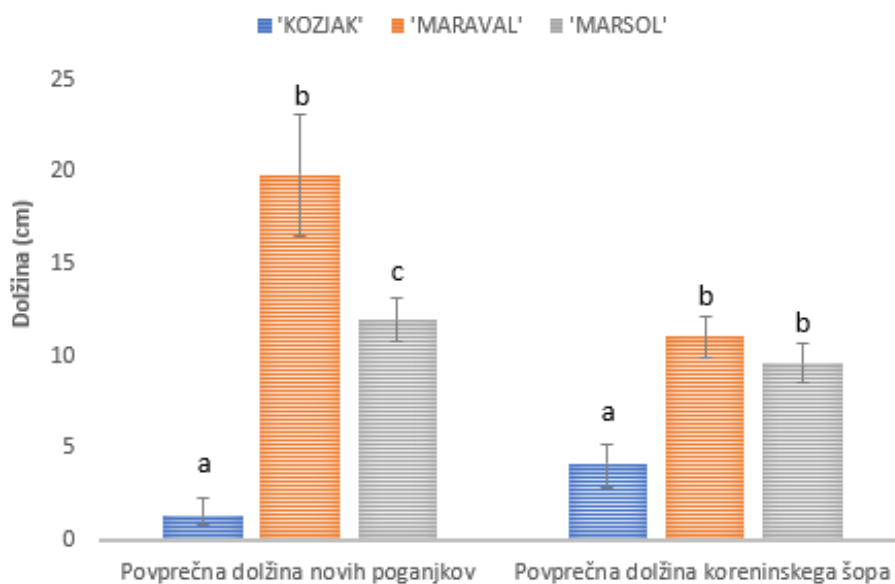
3. REZULTATI IN RAZPRAVA

Rezultati našega poskusa so pokazali, da so uspešnost koreninjenja, lastnosti adventivnega koreninskega sistema, kot tudi lastnosti ukoreninjenega potaknjenca vrstno in sortno pogojene. Največje število novih poganjkov smo opazili pri sorti 'Marsol', najmanj novih poganjkov, ki pa so bili tudi najkrajši, smo ovrednotili pri sorti 'Kozjak' (slika 1 in slika 2). Pri potaknjencih sorte 'Maraval' se število novih poganjkov ni značilno razlikovalo od števila novih poganjkov pri sortah 'Marsol' in 'Kozjak' (slika 1), vendar so bili novonastali poganjki sorte 'Maraval' najdaljši (slika 2). Kakovost novonastalega adventivnega koreninskega sistema se ocenjuje na podlagi števila glavnih korenin, njihove dolžine, uspešnosti koreninjenja in deležu preživelih potaknjencev (Saha in sod., 2019). Najmanjše število glavnih korenin smo zabeležili pri sorti 'Kozjak' (slika 1). Pri slednji smo izmerili tudi krajši koreninski šop kot pri sortah križancev evropskega pravega kostanja in japonskega kostanja, 'Maraval' in 'Marsol' (slika 2). Razlik v številu glavnih korenin in dolžini koreninskega šopa med sortama 'Maraval' in 'Marsol' ni bilo (slika 1 in slika 2). Osterc in sod. (2004), navajajo, da so znotraj evrojaponske vrste uspešnejši v koreninjenju potaknjenci sorte 'Maraval', kar ni v skladu z našimi ugotovitvami. Znotraj naših rezultatov ni bilo razlik v uspešnosti koreninjenja med sortama 'Maraval' in 'Marsol'. Osterc in sod. (2004), so zabeležili pogostejši pojav kalusa pri sorti 'Marsol', sorta 'Maraval' pa je po njihovih rezultatih razvila več korenin in daljši koreninski sistem, ter imela večji prirast poganjkov. Naši rezultati so le delno skladni z njihovimi ugotovitvami. Spethmann (1997) trdi, da se slabši rezultati koreninjenja odražajo tudi v manjšem številu in krajših glavnih koreninah, kar je v skladu z našimi ugotovitvami pri sorti 'Kozjak'.



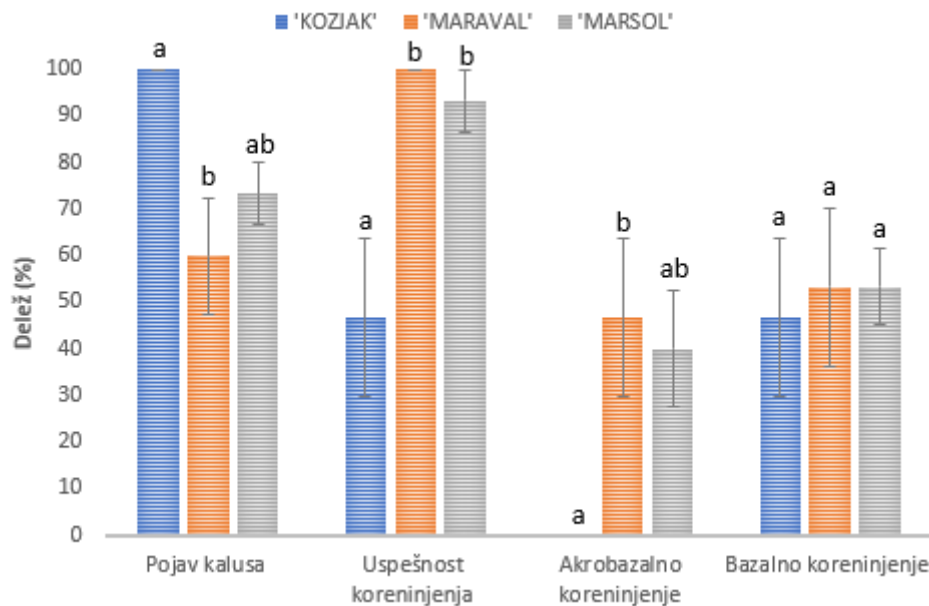
Slika 1: Povprečno število novih poganjkov in glavnih korenin \pm standardna napaka pri potaknjencih sort 'Kozjak', 'Maraval' in 'Marsol'. Različne črke označujejo statistično značilno razliko med obravnavanji ($p \leq 0,05$).

Figure 1: Average number of newly formed shoots and main roots \pm standard error in cuttings of the cultivars 'Kozjak', 'Maraval' and 'Marsol'. Different letter indicate significant differences between treatments ($p \leq 0,05$).



Slika 2: Povprečna dolžina (cm) novih poganjkov in koreninskega šopa \pm standardna napaka pri potaknjencih sort 'Kozjak', 'Maraval' in 'Marsol'. Različne črke označujejo statistično značilno razliko med obravnavanji ($p \leq 0,05$).

Figure 2: Average length of newly formed shoots and root bush \pm standard error in cuttings of the cultivars 'Kozjak', 'Maraval' and 'Marsol'. Different letter indicate significant differences between treatments ($p \leq 0,05$).



Slika 3: Pojav kalusa, uspešnost koreninjenja, akrobazalno in bazalno koreninjenje (%) ± standardna napaka pri potaknjencih sort 'Kozjak', 'Maraval' in 'Marsol'. Različne črke označujejo statistično značilno razliko ($p \leq 0,05$) med obravnavanji.

Figure 3: Callus formation, rooting success, acrobasal and basal rooting ± standard error in cuttings of the cultivars 'Kozjak', 'Maraval' and 'Marsol'. Different letter indicate significant differences between treatments ($p \leq 0,05$).

Uspešnost koreninjenja je bila pri evropskem pravem kostanju značilno manjša, med evrojaponskima sortama 'Maraval' in 'Marsol' pa v uspešnosti koreninjenja ni bilo razlik (slika 3). Največji delež potaknjencev s kalusom je bilo pri selekciji evropskega kostanja 'Kozjak' (100,0 %), značilno manjši odstotek pojava kalusa smo zabeležili pri sorti 'Maraval', pri sorti 'Marsol' ni razlik v deležu potaknjencev s pojavom kalusa v primerjavi s sorto 'Maraval' in 'Kozjak' (slika 3). Vrste, pri katerih je razvoj adventivnih korenin manj uspešen, pogosto spremlja tudi pojav debelega kalusa (Zhou in sod., 2021), kar smo zaznali tudi pri potaknjencih sorte 'Kozjak', ne pa tudi 'Marsol' (slika 3). Potaknjenci sorte 'Marsol' so imeli večji delež uspešnega koreninjenja kot potaknjenci sorte 'Kozjak', kljub temu, da med njima ni razlik v deležu potaknjencev pri katerih se je razvil kalus (slika 3). Pojav kalusa pri je bil prisoten pri vseh potaknjencih sorte 'Kozjak' (100,0 %) pri katerih se je izkazalo, da je delež tvorbe adventivnih korenin najmanjši (slika 3). Pri potaknjencih selekcije 'Kozjak', ki so uspešno tvorili adventivne korenine, ni bilo akrobazalnega razvoja korenin (slika 3), ki je v drevesničarstvu zaželeno iz praktičnih razlogov. Akrobazalni razvoj korenin nam omogoča lažje izkopavanje ukoreninjenih potaknjencev ter manj poškodb pri izkopavanju in presajanju. Pri sorti 'Maraval' je bil delež akrobazalnega razvoja korenin značilno večji kot pri sorti 'Kozjak' (slika 3). Pri potaknjencih evropskega pravega kostanja, ki so uspešno koreninili, smo opazili le bazalni razvoj korenin, medtem ko je pri obeh sortah hibridne vrste opazen tako bazalni kot tudi akrobazalni razvoj korenin (slika 3). Pri sorti 'Marsol' ni bilo razlik v deležu potaknjencev s kalusom in akrobazalnim koreninjenjem v primerjavi s sortama 'Kozjak' in 'Maraval' (slika 3). Med sortami ni značilnih razlik v deležu potaknjencev z bazalnim razvojem korenin (slika 3).

Delež koreninjenja je večji pri evrojaponskih sortah 'Marsol' in 'Maraval' kot pri selekciji pravega kostanja 'Kozjak'. Prav tako pa rezultati vseh merjenih parametrov, s katerimi ovrednotimo kakovost ukoreninjenega potaknjenca (pojav kalusa, akrobazalno koreninjenje,

dolžina koreninskega šopa, število in dolžina glavnih korenin, število in prirast poganjkov) kažejo na to, da so hibridne sorte manj težavne za razmnoževanje kot evropski pravi kostanj. Evropski pravi kostanj, kot tudi hibridne sorte med evropskim in japonskim pravim kostanjem je možno uspešno razmnoževati z zelenimi potaknjenci. Kljub temu pa evropski pravi kostanj rastlinska vrsta, katere razmnoževanje predstavlja velik izziv, kar kažejo tudi rezultati našega poskusa. Za večji delež uspešnega koreninjenja, kot tudi boljšo kakovost potaknjencev pri vrsti *Castanea sativa* je ključna optimizacija obstoječe metode razmnoževanja.

4. ZAHVALA

Raziskava je del programa Hortikultura P4-0013-0481, ki ga financira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS).

5. LITERATURA

- Dantas K. A., Majada J., Dantas K. F., Delatorre C., Granda V., Vallejo P., Feito I. 2016. Rooting of minicuttings of (*Castanea sativa* Mill.) hybrid clones. *Revista Árvore*, 40, 3: 465-475
- Osterc G. 2004. Pomen mikrorazmnoževanja pri masovnem razmnoževanju lesnatih (sadnih) rastlin: Vodilna metoda drevesničarske proizvodnje v prihodnje? V: Zbornik referatov 1. slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo, Krško 24-26. marec 2004. Ljubljana, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani: 593-599
- Osterc G. 2008. Pomen dolgih potaknjencev pri proizvodnji kostanjevih sadik. V: Zbornik referatov 2. slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo, Krško 31. januar- 2. februar 2008. Ljubljana, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani: 345-349
- Osterc G., Rusjan D. 2013. Drevesničarstvo in trsnicarstvo: Gojenje lesnatih rastlin in trsnih cepljenk. Ljubljana, Kmečki glas: 112 str.
- Osterc G., Solar A., Luthar Z. 2017. Ohranjanje avtohtonih genotipov evropskega pravega kostanja (*Castanea sativa* Mill.) v Sloveniji. V: Zbornik referatov 2. slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo, Krško 20. januar- 21. januar 2017. Ljubljana, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani: 95-100
- Saha R., Ginwal H.S., Chandra G., Barthwal S. 2019. Integrated assessment of adventitious rhizogenesis in Eucalyptus: root quality index and rooting dynamics. *Journal of Forestry Research*, 31: 2145-2161
- Solar A. 2019. Lupinarji: oreh, leska, kostanj, mandelj. Ljubljana, Kmečki glas: 256 str.
- Spethmann W. 1997. Avtovegetative Gehölzvermehrung. V: Die Baumschule, Krüssmann G. (UR.). Berlin, Parey Verlag: 382-449
- Šiftar A. 1992. In vitro growth rejuvenilized shoots from plants taken with grafting on the germinated seeds of chestnuts. *Acta Horticulture*, 300: 141-143
- Zhou, C.; Yang, M.; Luo, X.; Kuang, R.; Yang, H.; Yao, J.; Huang, B.; Wei, Y. 2021. Transcriptomic analysis of papaya (*Carica papaya* L.) shoot explants obtained by leaf-and stem-inoculation methods for adventitious roots induction. *Scientia Horticulturae*, 276: 109762.

TO BIO OR NOT TO BIO? A COMPARATIVE ANALYSIS OF TOTAL PHENOLIC CONTENT IN SELECTED ORGANICALLY AND CONVENTIONALLY GROWN FRUITS

Martina PERŠIĆ¹, Igor BRGIĆ¹, Marijana KOZARIĆ CIKOVIĆ¹, Melita ZEC
VOJINOVIĆ¹, Marin TOMIČIĆ¹, Slavica DUDAŠ¹

ABSTRACT

This study investigates the total phenolic content in various organically and conventionally grown fruits, addressing a growing consumer interest in the health implications of organic food. The studied fruits for our research were obtained from a local retail chain, reflecting the choices available to consumers when they come to purchase fruits and decide between organic and conventional options. Our findings show that total phenolic content in selected fruit ranged between 0.13 g GAE/kg in kiwi fruit to 0.57 g GAE/kg in nectarines. Berries exhibited no significant difference between organic and non-organic variants. Pears with an organic certificate had 58.8% lower phenolic content in comparison to conventionally grown pears. On the other hand, nectarines and peaches displayed significantly higher content of total phenolic compounds in organically grown varieties. Our results suggest that factors other than the growing system may play a substantial role in shaping the phenolic content of fruits. This research contributes valuable insights to the ongoing discourse on organic food, dispelling misconceptions and promoting understanding of the health implications associated with phenolic intake.

Key words: organic, conventional, BIO, phenols, fruit

V BIO ALI NE V BIO? PRIMERJALNA ANALIZA VSEBNOSTI SKUPNIH FENOLOV V IZBRANEM EKOLOŠKO IN KONVENCIONALNO PRIDELANEM SADJU

POVZETEK

Raziskava proučuje skupno vsebnost fenolov v različnem ekološko in konvencionalno pridelanem sadju, pri čemer obravnava naraščajoče zanimanje potrošnikov za zdravstvene koristi ekološke hrane. Proučevano sadje je bilo pridobljeno iz lokalne trgovske verige, kar odraža izbiro, ki je na voljo potrošnikom pri nakupu in se odločajo med ekološko in konvencionalno pridelanim sadjem. Ugotovili smo, da so ekološko pridelane nektarine imele največjo vsebnost skupnih fenolov, kivi pa najmanjšo. Pri jagodah nismo ugotovili značilnih razlik med ekološko in konvencionalno pridelavo. Hruške z ekološkim certifikatom so imele 58,8 % manjšo vsebnost fenolov v primerjavi s konvencionalno pridelanimi hruškami. Po drugi strani so nektarine in breskve pokazale značilno večjo vsebnost skupnih fenolnih spojin pri ekološki pridelavi. Rezultati kažejo, da več dejavnikov, ne samo način pridelave, pomembno vpliva na vsebnost fenolnih snovi v sadju. Ta raziskava prispeva dragocen vpogled v pomen ekološko pridelane hrane,

¹ Veleučilište u Rijeci, Poljoprivredni odjel, Vukovarska 58, 51000 Rijeka, Hrvatska

odpravlja napačne predstave in spodbuja razmislek o zdravstvenih koristih, povezanih z vnosom fenolov.

Ključne besede: ekološko, konvencionalno, BIO, fenoli, sadje

1. INTRODUCTION

The fundamental principles and methods of organic food production are designed to promote and enrich biological cycles within the farming system. The objectives include sustaining and improving the long-term fertility of soils, reducing various forms of pollution, abstaining from synthetic fertilizers and pesticides, preserving genetic diversity within the production system, considering the broader social and ecological implications of the food production and processing system, and ensuring the production of high-quality food in ample quantity (Bourn and Prescott, 2002; Reganold and Wachter, 2016). The EU organic label is a certificate that guarantees the agricultural product has been produced in accordance with organic production regulations and fulfills all legally prescribed conditions of organic production. Thus, it's crucial to recognize that the organic label solely signifies that a product was manufactured or processed following specific guidelines; it does not pertain to the final quality of the end product (Magkos et al., 2006).

The emergence of certificated organically grown foods and vegetables on the market in recent decades was the answer to the growing consumers demand concerned with health, sustainability, and environmental effects of food production. Among the non-sensory attributes of organically produced food, consumers prioritize the personal health benefits, making them a crucial factor in their choice to select products with an organic label (Ditlevsen et al., 2019; Nguyen et al., 2019). However, the results of scientific studies on the effect of growing systems on nutritional value of fruit and vegetables are relatively scarce and inconsistent (Bourn and Prescott, 2002; Bavec et al., 2010; Mikulic-Petkovsek et al., 2010; Garcia and Teixeira, 2017). The scientific literature on this topic reports lower contaminants and higher nutritional quality of organically grown products compared to conventional counterparts. However, conclusive statements are hindered by limited data, especially in comparative crop management studies, which often yield contradictory or inconclusive results. The potential impact of consumption of organically grown food on human health was discussed by Mie et al. (2017). In their review on this topic, they have concluded that the difference in chemical composition between organic and conventionally grown crops is limited, and that the health benefits of organic food consumers arise from the overall healthier lifestyle.

Large group of plant-derived compounds that have a significant role in human health are phenols. Although there is no disease caused by low dietary intake of phenolics because their role in the human body is not crucial for growth and maintenance of vital functions, proper intake is considered to have health benefits. Being present in plant-based food, phenolic compounds are by far the most abundant antioxidants in the human diet. It has been epidemiologically and clinically proven that they do have an important role in lowering the risk of chronic, cardiovascular, neurodegenerative and cancer diseases (Del Rio et al., 2013; Mustafa et al., 2020; Nardini, 2022).

In this study, we examined the phenolic content in various organically and conventionally grown fruit species. The primary objective of our study was to distinguish variations in the

total phenolic content between unlabeled and organically certified fruits present in the market at a specific point in time.

2. MATERIALS AND METHODS

For extraction and determination of total phenolic content, selected fruits were obtained from local retail chains in June of 2023. All examined fruits were bought on the same day. The purchased fruit species included blueberries, peaches, strawberries, kiwi, pears, raspberries, and nectarines. Each fruit species was obtained in both organically certified (BIO) and non-certified variants. Given that the fruits were acquired from the store, it can be presumed that non-certified products were produced within conventional agricultural production systems.

Immediately after purchase, the plant material was analyzed at the biotechnical laboratory of the Polytechnic of Rijeka. Strawberries and raspberries, in both variants (organic and non-organic), were purchased frozen, while the rest of the fruit was bought and analyzed in its fresh state. For conventionally grown peaches, blueberries, and nectarines the varieties were specified, and they were 'Scarlet', 'Blue Crop', and 'Bega' respectively. Fruits of the same species with a BIO certificate did not have designated variety. For organically grown pears, the 'Limonera' variety was obtained, while for conventionally grown pears, the 'Williams' variety was used. In the case of kiwi, both variants were of the 'Hayward green' variety.

Given that the majority of secondary metabolites are concentrated in the fruit peel, for precision in results, we analyzed only the peel of nectarines, peaches, and pears. Kiwi is usually consumed without the peel, which is hairy and inedible, so the fruits were analyzed without the peel. For berries, the analysis was carried out using the entire fruit.

Total phenolic content in various fruits was determined using the Folin-Ciocalteu (FC) method previously described by Singleton et al. (1999) with some modifications. For every fruit species, 2-3 g of plant material was extracted with 3 ml of methanol. Phenolic compounds were extracted for 60 minutes in an ultrasonic bath filled with ice. Upon extractions, the samples were centrifuged at 11500 g for 15 minutes. Supernatant was used for determination of total phenolic content. After the reaction with FC reagent, the absorbance was measured spectrophotometrically at 765 nm. Results were calculated from the gallic acid standard curve and expressed as gallic acid equivalents (GAE) per kilogram of fresh weight. For every fruit species and variant (organic and non-organic) five repetitions were made. In further text organically grown fruit with a certificate is marked with the suffix 'BIO'. To analyze the differences in total phenolic content among growing systems, a one-way analysis of variance (ANOVA) and t-test was utilized. Statistical analysis of data was carried out Statgraphics Plus 4.0. Statistically significant results were defined by *p*-values less than or equal to 0.05. In the graphs, distinct letters denote significant differences among values.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The findings regarding the total phenolic content in various fruits generally align with existing literature (Gil et al., 2002; Kim et al., 2013). Among the fruits analyzed from both growing systems, total phenolic content ranged between 0.57 g GAE/kg in nectarines and 0.13 g GAE/kg in kiwi fruit. Within the group of analyzed berries, blueberries exhibited

the highest overall phenolic compound content (Figure 1). There was no significant difference in the phenolic compound content between unlabeled and organic (BIO-labeled) berries for any of the analyzed berry species.

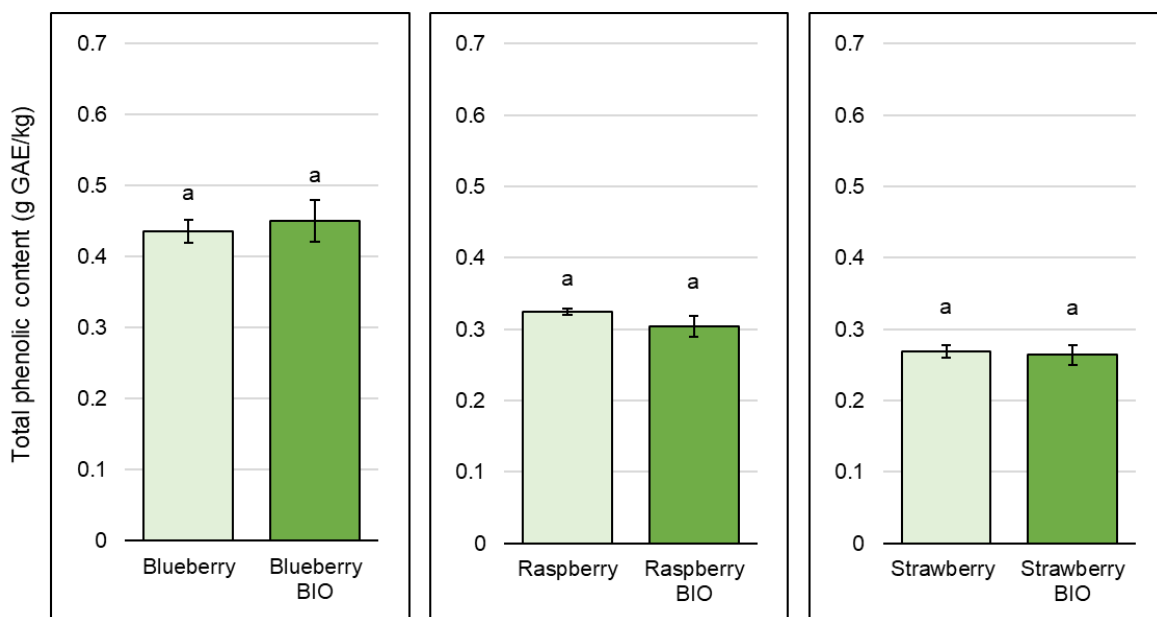


Figure 1: The content of total phenolic compounds in conventionally and organically (BIO) grown blueberries, raspberries, and strawberries. Differences among total phenolic compounds regarding growing systems are denoted with different letters

Slika 1: Vsebnost skupnih fenolnih spojin v konvencionalno in ekološko (BIO) pridelanih ameriških borovnicah, malinah in jagodah. Razlike med skupnimi fenolnimi spojinami glede na način pridelave so označene z različnimi črkami

Total phenolic content in conventionally and organically grown pears and kiwis is shown in Figure 2. Like in the berries group, no significant difference was found in total phenolic content between organically and conventionally grown kiwi. On the other hand, in pears with organic certificate, total phenolic content was 58.8% lower than in conventionally grown pears. In the case of nectarines and peaches, the content of total phenolic compounds was significantly higher in the skin of organically grown varieties than those without BIO certificate (Figure 3.). The difference between organically grown and conventional nectarines was 50.9 % and for peaches 38.4 %.

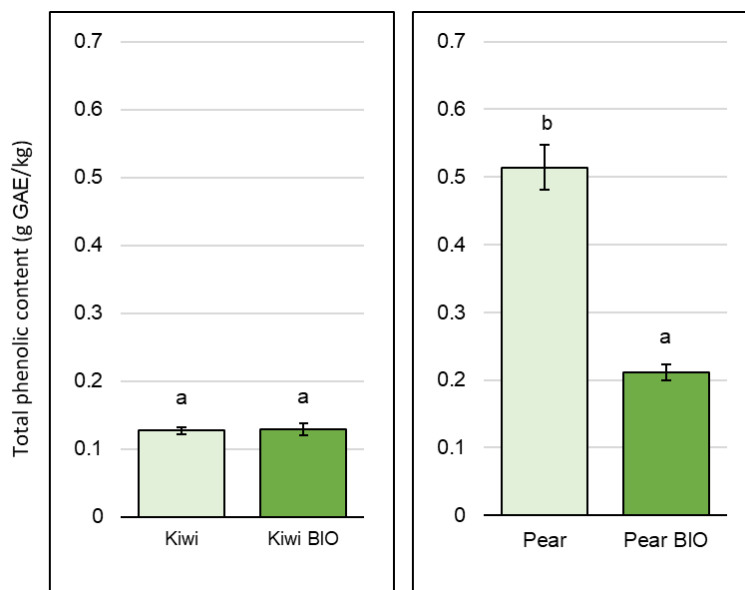


Figure 2: The content of total phenolic compounds in conventionally and organically (BIO) grown kiwi and pear. Differences among total phenolic compounds regarding growing systems are denoted with different letters

Slika 2: Vsebnost skupnih fenolnih spojin v konvencionalno in ekološko (BIO) pridelanem kiviju in hruški. Razlike med skupnimi fenolnimi spojinami glede na način pridelave so označene z različnimi črkami

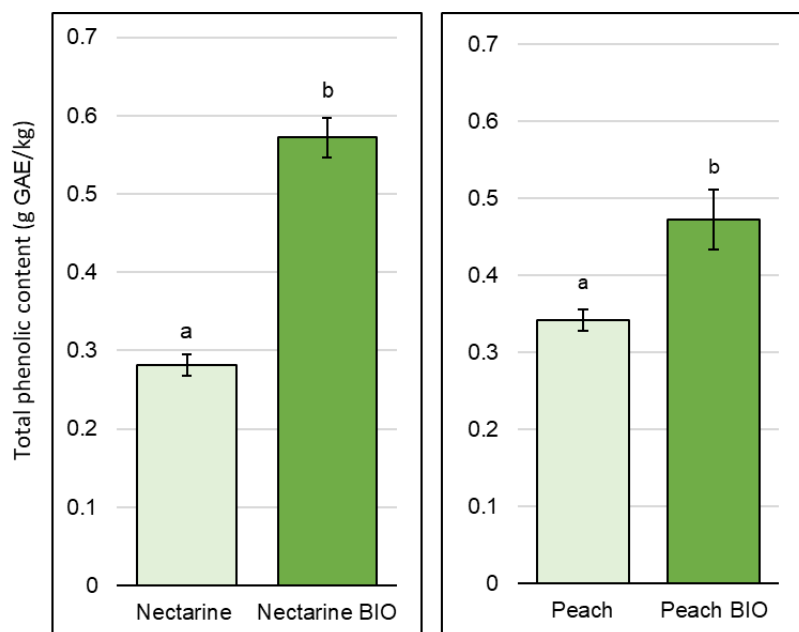


Figure 3: The content of total phenolic compounds in conventionally and organically (BIO) grown nectarines and peaches. Differences among total phenolic compounds regarding growing systems are denoted with different letters

Slika 3: Vsebnost skupnih fenolnih spojin v konvencionalno in ekološko (BIO) pridelanih nektarinah in breskvah. Razlike med skupnimi fenolnimi spojinami glede na način pridelave so označene z različnimi črkami

In plants, phenolic compounds have many important ecological and biological functions. They act as a plant protection agent and are used for interaction of plant with other organisms (Lattanzio et al., 2012). The content of phenolic compounds varies not only across different species of fresh fruits and vegetables but also within various varieties of the same species. Their content depends on the developmental stage of plant and differs among various plant parts and tissues (Persic et al., 2017; Persic et al., 2018). The enhanced synthesis of phenolic compounds in plants is provoked by environmental stress like wounding, pathogen attack, nutrient deficiencies, and temperature stress (Chalker-Scott and Fuchigami, 2018). Given that biotic and abiotic stress is the key factor in directing primary metabolites towards the synthesis of secondary metabolites, the hypothesis that organically grown food has a higher content of phenolic compounds, and is thus healthier, is well-founded. In addition to growing conditions, the total phenolic content can be influenced by genetic factors such as variety or rootstock, but also clonal variability (Kviklys et al., 2014; da Silva et al., 2017). Therefore, based on our results we can conclude that factors other than the growing system may play a more significant role in shaping the total phenolic content of the fruit.

5. LITERATURE

- Bavec M., Turinek M., Grobelnik-Mlakar S., Slatnar A., Bavec F. 2010. Influence of industrial and alternative farming systems on contents of sugars, organic acids, total phenolic content, and the antioxidant activity of red beet (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* Rote Kugel). *J. Agr. Food Chem.*, 58(22): 11825-11831.
- Bourn D., Prescott J. 2002. A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods. *Crit. Rev. Food. Sci.*, 42(1): 1-34.
- Chalker-Scott L., Fuchigami L. 2018. The role of phenolic compounds in plant stress responses. In: *Low temperature stress physiology in crops*. CRC press: pp: 67-80.
- Çakmakçı S., Çakmakçı R. 2023. Quality and nutritional parameters of food in agri-food production systems. *Foods*, 12(2), 351.
- da Silva M.J.R., Vedoato B.T.F., Lima G.P.P., Moura M.F., Coser G.M.d.A.G., Watanabe C.Y., Tecchio M.A. 2017. Phenolic compounds and antioxidant activity of red and white grapes on different rootstocks. *Afr. J. Biotechnol.*, 16(13): 664-671.
- Del Rio D., Rodriguez-Mateos A., Spencer J.P., Tognolini M., Borges G., Crozier A. 2013. Dietary (poly) phenolics in human health: Structures, bioavailability, and evidence of protective effects against chronic diseases. *Antioxid. Redox. Sign.*, 18(14): 1818-1892.
- Ditlevsen K., Sandøe P., Lassen J. 2019. Healthy food is nutritious, but organic food is healthy because it is pure: The negotiation of healthy food choices by Danish consumers of organic food. *Food Qual. Prefer.*, 71: 46-53.
- Garcia J.M., Teixeira P. 2017. Organic versus conventional food: A comparison regarding food safety. *Food Rev. Int.*, 33(4): 424-446.
- Gil M.I., Tomás-Barberán F.A., Hess-Pierce B., Kader A.A. 2002. Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin c contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California. *J. Agr. Food Chem.*, 50(17): 4976-4982.
- Kim J.G., Kim H.L., Kim S.J., Park K.-S. 2013. Fruit quality, anthocyanin and total phenolic contents, and antioxidant activities of 45 blueberry cultivars grown in suwon, korea. *Journal of Zhejiang University Science B*, 14: 793-799.
- Kviklys D., Liaudanskas M., Janulis V., Viškėlis P., Rubinskienė M., Lanauskas J., Uselis N. 2014. Rootstock genotype determines phenol content in apple fruits. *Plant, Soil and Environment*, 60(5): 234-240.
- Lattanzio V., Cardinali A., Linsalata V. 2012. Plant phenolics: A biochemical and physiological perspective. *Rec. Adv. Polyphen. Res.*, 3: 1-39.
- Magkos F., Arvaniti F., Zampelas A. 2006. Organic food: Buying more safety or just peace of mind? A critical review of the literature. *Crc. Cr. Rev. Food Sci.*, 46(1): 23-56.

- Mie A., Andersen H.R., Gunnarsson S., Kahl J., Kesse-Guyot E., Rembiałkowska E., Quaglio G., Grandjean P., 2017. Human health implications of organic food and organic agriculture: A comprehensive review. *Environmental Health*, 16(1): 1-22.
- Mikulic-Petkovsek M., Slatnar A., Stampar F., Veberic R. 2010. The influence of organic/integrated production on the content of phenolic compounds in apple leaves and fruits in four different varieties over a 2-year period. *J. Sci. Food Agr.*, 90(14): 2366-2378.
- Mustafa S.K., Oyouni A.A.W.A., Aljohani M.M., Ahmad M.A. 2020. Polyphenols are more than an antioxidant: Role and scope. *Journal of Pure & Applied Microbiology*, 14(1).
- Nardini M. 2022. Phenolic Compounds in Food: Characterization and Health Benefits. *Molecules*, 27(3):783.
- Nguyen H.V., Nguyen N., Nguyen B.K., Lobo A., Vu P.A. 2019. Organic food purchases in an emerging market: The influence of consumers' personal factors and green marketing practices of food stores. *International journal of environmental research and public health*, 16(6): 1037.
- Persic M., Mikulic-Petkovsek M., Halbwirth H., Solar A., Veberic R, Slatnar A. 2018. Red walnut: Characterization of the phenolic profiles, activities and gene expression of selected enzymes related to the phenylpropanoid pathway in pellicle during walnut development. *J. Agr. Food Chem.*, 66(11): 2742-2748.
- Persic M., Mikulic-Petkovsek M., Slatnar A., Veberic R. 2017. Chemical composition of apple fruit, juice and pomace and the correlation between phenolic content, enzymatic activity and browning. *LWT-Food Sci. Technol.*, 82: 23-31.
- Reganold J.P., Wachter J.M. 2016. Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature plants*, 2(2): 1-8.
- Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventós R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-ciocalteu reagent. In: *Methods in enzymology*. Elsevier: pp: 152-178.

PREŽIVETJE TRAVNIH MEŠANIC IN TRAV V NEGOVANI LEDINI

Ivan KODRIČ¹, Anka POŽENEL²

POVZETEK

Zaradi povečanega zanimanja za negovano ledino kot obliko nege tal v sadovnjakih in tudi vinogradih, se je ugotavljalo trpežnost raznih travnih mešanic in trav v nenamakanem sadovnjaku na Primorskem natančneje v Vipavski dolini. Najboljšo pokrovnost s travami je ohranila sejana trstikasta bilnica (*Festuca arundinacea* Schreb.), ki ji sledi sejana ovčja bilnica (*Festuca ovina* L.) ter sejana mešanica rdeče bilnice (*Festuca rubra* L.), travniške latovke (*Poa pratensis* L.) in tankolistne šopulje (*Agrostis tenuis* Sibth.). Med najbolj primerne trave za zatavljanje nenamakanih sadovnjakov v sušnih razmerah na Primorskem lahko štejemo trstikasto bilnico (*Festuca arundinacea* Schreb. Schreb.), trpežno ljujko (*Lolium perenne* L.), tankolistno šopuljo (*Agrostis tenuis* Sibth.), travniško latovko (*Poa pratensis* L.), travniško bilnico (*Festuca pratensis* Huds.) in morda še rdečo bilnico (*Festuca rubra* L.) ter ovčjo bilnico (*Festuca ovina* L.).

Ključne besede: negovana ledina, travne mešanice, zastopanost vrst trav, sadovnjak.

SURVIVAL OF GRASS MIXTURES AND GRASSES IN THE MOWED FALLOW STRIP

ABSTRACT

Due to the increased interest in mulch as a form of soil management in orchards and vineyards, the durability of various grass mixtures and grasses in non-irrigated orchard in the Primorska region, more precisely in the Vipava Valley, has been determined. The best ground cover with grasses was preserved by sown tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.), followed by sown sheep fescue (*Festuca ovina* L.) and sown mixture of red fescue (*Festuca rubra* L.), common meadow grass (*Poa pratensis* L.) and common bent (*Agrostis tenuis* Sibth.). The most suitable grasses for non-irrigated orchards in arid conditions in the Primorska region are tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.), perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), common bent (*Agrostis tenuis* Sibth.), common meadow grass (*Poa pratensis* L.), meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.) and possibly red fescue (*Festuca rubra* L.) and sheep fescue (*Festuca ovina* L.).

Key words: mulch, grass mixtures, percentage of grass species, orchard

¹ ivan.kodric@gmail.com

² Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod Nova Gorica, Oddelek za kmetijsko svetovanje, Pri hrastu 18, 5000 Nova Gorica, Slovenija

1. UVOD

Uvajanje negovane ledine v trajne nasade na območju Primorske je bilo zelo težavno zaradi tradicije in tudi pogostega pojavljanja sušnih poletij. Najprej se je uvajanje začelo v nasadih breskev, ki imajo možnost namakanja. Zaradi zahtev integrirane pridelave in tudi obnove nasadov češenj brez namakanja, ki bi jih lahko v rodni dobi zatravili, smo želeli preizkusiti, kako se obnesejo različne trave, travne mešanice ali travno deteljne mešanice.

2. MATERIAL IN METODE

V triletnem nasadu kakija z medvrstno razdaljo 4 m, so bili 28. 5. 1994 medvrstni prostori posejani z različnimi travami oz. travnimi mešanici. Tla so na zahodni polovici vrst težja – ilovnata (po mehanski analizi 2017), na vzhodni polovici pa lahka - antropogenizirana lapornata tla, v katerih pride zelo hitro do pomanjkanja vode. V vseh variantah je bilo uporabljeno 50 do 60 kg semena na ha. Kot zaščitni posevek je bil uporabljen krmni oves v količini 60 kg na ha. Posejane so bile naslednje vrste oz. mešanice trav in deteljev vsaki vrsti ena (slika 1):

1. vrsta: Pripravljena mešanica za zatravljanje vinogradov Semenarne Ljubljana v sestavi rdeča bilnica (*Festuca rubra* L.) 30 %, trpežna ljujka (*Lolium perenne* L.) 'Sprinter' 20 %, trpežna ljujka (*Lolium perenne* L.) 'Score' 20 %, ovčja bilnica (*Festuca ovina* L.) 15 %, travniška latovka (*Poa pratensis* L.) 10 %, bela detelja (*Trifolium repens* L.) 5%.

2. vrsta: Ovčja bilnica (*Festuca ovina* L.) 'Necklenburg' 100%

3. vrsta: Trstikasta bilnica (*Festuca arundinacea* Schreb.) 100%

4. vrsta: Ovčja bilnica (*Festuca ovina* L.) 25%, rdeča bilnica (*Festuca rubra* L.) 25%, navadna latovka (*Poa trivialis* L.) 25%, trpežna ljujka (*Lolium perenne* L.) 25%

5. vrsta: Rdeča bilnica (*Festuca rubra* L.) 33%, travniška latovka (*Poa pratensis* L.) 33%, tankolistna šopulja (*Agrostis tenuis* Sibth.) 33%

Ko so trave dosegle primerno velikost se je začelo z mulčenjem, ki se je izvajalo prva leta s kladivarjem, zadnja pa z rotacijskim mulčerjem, razen mulčenja po rezi, ki se je opravilo s kladivarjem, da se je zmulčilo tudi ves porezan les. Ob optimalni ali preveliki vlažnosti tal smo mulčili visoke trave, ko so cvetele ali celo kasneje (50 – 60 cm), v suši pa majhne 10 do 20 cm visoke.

Ocena prisotnosti posameznih trav je bila izvedena 25. 4. 2001 v sedmem letu po setvi in 23. 5. ter 12. 7. 2023 v 29. letu po setvi. Ocenjevalo se je pokritost površine. Glede na to, da imajo sejane trave 4 do 5 letno življenjsko dobo, smo ocenjevali sestavo negovane ledine, ki se je oblikovala po izteku te dobe (Korošec, 1998). V primerjavah smo upoštevali povprečne ocene obeh ocenjevanj za leto 2023, zato so navedene tudi polovice procentov.

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

Največja pokritost površine s travami se je ohranila v 3. vrsti na težjih tleh (80 %) in v drugi in peti vrsti na težjih tleh (70 %). Skupna pokrovnost trav in detelj je največja v istih vrstah in se jim pridruži še 3. vrsta na lahkih tleh (70 %). V vseh vrstah je zastopanost trav manjša na lahkih tleh v primerjavi s težjimi. Največ zeli je v prvi vrsti na lahkih tleh (50 %).

Preglednica 1: Primerjava deležev trav, detelj in zeli po različnih vrstah in talnih tipih (%)

Table 1: Comparison of the proportions of grasses, clover and herbs by different rows and soil types (%)

Vrsta	Sestava	Sejano	Ocenjeno 2001		Ocenjeno 2023	
			TT	LT	TT	LT
1	trave	95	65	50	52,5	45
	detelje	5	20	30	2,5	5
	zeli	0	15	20	45	50
2	trave	100	80	65	70	52
	detelje	0	10	10	0	0,5
	zeli	0	10	25	30	47,5
3	trave	100	85	90	80	68,5
	detelje	0	5	5	0	1,5
	zeli	0	10	5	20	30
4	trave	100	75	45	57,5	55
	detelje	0	10	15	2,5	0,5
	zeli	0	15	40	40	44,5
5	trave	100	85	50	70	55
	detelje	0	5	20	0	2,5
	zeli	0	10	30	30	42,5

Okrajšave: TT - težja tla, LT - lahka tla

Preglednica 2: Zastopanost trav, metuljnic in zeli ob ocenjevanju na različnih tleh v prvi vrsti (%)

Table 2: Percentage of grasses, legumes and herbs at sowing and at assessment on different soil types in first row (%)

Sestava	Ob setvi	Ocenjeno 2001		Ocenjeno 2023	
		TT	LT	TT	LT
Rdeča bilnica (<i>Festuca rubra</i> L.)	30	p			
Trpežna ljuljka (<i>Lolium perenne</i> L.) 'Sprinter', 'Score'	40			12,5	25
Ovčja bilnica (<i>Festuca ovina</i> L.)	15			2,5	2,5
Travniška latovka (<i>Poa pratensis</i> L.)	10	20		10	
Travniška bilnica (<i>Poa trivialis</i> L.)		20	15	10	5
Enoletna latovka (<i>Poa annua</i> L.)		5	25	2,5	2,5
Ostale trave			10		
Mišji ječmen (<i>Hordeum murinum</i> L.)				10	2,5
Plazeča pirnica (<i>Agropyron repens</i> L.)				5	5
Muhvič (<i>Setaria viridis</i> L.)				0	2,5
Bela detelja (<i>Trifolium repens</i> L.)	5	5	30	1,5	2,5
Črna detelja (<i>Trifolium pratense</i> L.)		5			
Lucerna (<i>Medicago sativa</i> L.)				1	2,5
Zeli		15		45	50

Okrajšave: TT - težja tla, LT - lahka tla, p – prisotna

Preglednica 3: Zastopanost trav, metuljnic in zeli ob setvi in ob ocenjevanju na različnih tleh v drugi vrsti (%)

Table 3: Percentage of grasses, legumes and herbs at sowing and at assessment on different soil types in second row (%)

Sestava	Ob setvi	Ocenjevanje 2001		Ocenjevanje 2023	
		TT	LT	TT	LT
Ovčja bilnica (<i>Festuca ovina</i> L.)	100	10	15	5	4,5
Travniška bilnica (<i>Poa trivialis</i> L.)		30		10	0
Travniška latovka (<i>Poa pratensis</i> L.)		10	25	2,5	2,5
Trpežna ljulka (<i>Lolium perenne</i> L.)		30	10	12,5	17,5
Mišji ječmen (<i>Hordeum murinum</i> L.)				10	10
Plazeča pirnica (<i>Agropyron repens</i> L.)				22,5	10
Muhvič (<i>Setaria viridis</i> L.)				2,5	5
Spremenljiva stoklasa (<i>Bromus commutatus</i> Schrad.)				5	0
Pasja trava (<i>Dactylis glomerata</i> L.)				0	2,5
Bela detelja (<i>Trifolium repens</i> L.)		10	10	0	0,5
Zeli		10	25	30	47,5

Okrajšave: TT - težja tla, LT - lahka tla

Preglednica 4: Zastopanost trav, metuljnic in zeli ob setvi in ob ocenjevanju na različnih tleh v tretji vrsti (%)

Table 4: Percentage of grasses, legumes and herbs at sowing and at assessment on different soil types in third row (%)

Sestava	Ob setvi	Ocenjevanje 2001		Ocenjevanje 2023	
		TT	LT	TT	LT
Trstikasta bilnica (<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.)	100	10	20	45	51
Travniška bilnica (<i>Poa trivialis</i> L.)		40	30	10	2,5
Travniška latovka (<i>Poa pratensis</i> L.)		20	20		
Volnato medena trava (<i>Holcus lanatus</i> L.)		3			
Trpežna ljulka (<i>Lolium perenne</i> L.)			10	12,5	5
Enoletna latovka (<i>Poa annua</i> L.)			10	5	0
Mišji ječmen (<i>Hordeum murinum</i> L.)				1	5
Plazeča pirnica (<i>Agropyron repens</i> L.)				5	0
Muhvič (<i>Setaria viridis</i> L.)				1,5	0
Spremenljiva stoklasa (<i>Bromus commutatus</i> Schrad.)				0	2,5
Pasja trava (<i>Dactylis glomerata</i> L.)				0	2,5
Bela detelja (<i>Trifolium repens</i> L.)		5	5	0	1,5
Zeli		10	5	20	30

Okrajšave: TT - težja tla, LT - lahka tla

Preglednica 5: Zastopanost trav, metuljnic in zeli ob setvi in ob ocenjevanju na različnih tleh v četrti vrsti (%)

Table 5: Percentage of grasses, legumes and herbs at sowing and at assessment on different soil types in fourth row (%)

Sestava	Ob setvi	Ocenjevanje 2001		Ocenjevanje 2023	
		TT	LT	TT	LT
Ovčja bilnica (<i>Festuca ovina</i> L.)	25	5	5	5	7,5
Rdeča bilnica (<i>Festuca rubra</i> L.)	25		5	5	7,5
Travniška latovka (<i>Poa pratensis</i> L.)	25	15	10	2,5	10
Trpežna ljuljka (<i>Lolium perenne</i> L.)	25	10		12,5	12,5
Tankolistna šopulja (<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.)				7,5	0
Travniška bilnica (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)		15		2,5	0
Enoletna latovka (<i>Poa annua</i> L.)		10	20	2,5	0
Visoka pahovka (<i>Arrhenatherum elatius</i> L.)				2,5	0
Mišji ječmen (<i>Hordeum murinum</i> L.)				5	7,5
Plazeča pirnica (<i>Agropyrum repens</i> L.)		10		5	0
Muhvič (<i>Setaria viridis</i> L.)				2,5	2,5
Spremenljiva stoklasa (<i>Bromus commutatus</i> Schrad.)				5	5
Pasja trava (<i>Dactylis glomerata</i> L.)				0	2,5
Lucerna (<i>Medicago sativa</i> L.)				2,5	0,5
Bela detelja (<i>Trifolium repens</i> L.)		10	15	0	0
Zeli		15	40	40	44,5

Okrajšave: TT - težja tla, LT - lahka tla

Preglednica 6: Zastopanost trav, metuljnic in zeli ob setvi in ob ocenjevanju na različnih tleh v peti vrsti (%)

Table 6: Percentage of grasses, legumes and herbs at sowing and at assessment on different soil types in fifth row (%)

Sestava	Ob setvi	Ocenjevanje 2001		Ocenjevanje 2023	
		TT	LT	TT	LT
Rdeča bilnica (<i>Festuca rubra</i> L.)	33	5	5	10	12,5
Travniška latovka (<i>Poa pratensis</i> L.)	33	20	10	10	7,5
Tankolistna šopulja (<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.)	33	3		25	15
Trpežna ljuljka (<i>Lolium perenne</i> L.)				10	10
Ovčja bilnica (<i>Festuca ovina</i> L.)			5	0	0
Travniška bilnica (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)		25		2,5	5
Enoletna latovka (<i>Poa annua</i> L.)			20		
Mišji ječmen (<i>Hordeum murinum</i> L.)				10	2,5
Muhvič (<i>Setaria viridis</i> L.)				2,5	2,5
Plazeča pirnica (<i>Agropyrum repens</i> L.)		p			
Lucerna (<i>Medicago sativa</i> L.)					2,5
Bela detelja (<i>Trifolium repens</i> L.), (<i>Lathyrus</i> spp.)		5	15		
Zeli		10	40	30	42,5

Okrajšave: TT - težja tla, LT - lahka tla

Preglednica 7: Primerjava deležev trav, trav in detelj ter zeli po talnih tipih (%)

Table 7: Comparison of the proportions of grasses, grasses & clovers and herbs by soil type (%)

Vrsta	Sejan o trave	2001						2023					
		ocenjeno trave		ocenjeno trave in detelje		ocenjeno zeli		ocenjeno trave		ocenjeno trave in detelje		ocenjeno zeli	
		TT	LT	TT	LT	TT	LT	TT	LT	TT	LT	TT	LT
1	95	65	50	85	80	15	20	52,5	45	55	50	45	50
2	100	80	65	90	75	10	25	70	52	70	52,5	30	47,5
3	100	85	90	90	95	10	5	80	68,5	80	70	20	30
4	100	75	45	85	60	15	40	57,5	55	60	55,5	40	44,5
5	100	85	50	90	70	10	30	70	55	70	57,5	30	42,5

Okrajšave: TT - težja tla, LT - lahka tla

4. LITERATURA

Kramberger, B. 2003. Ozelenitev tal v kmetijstvu. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo: 79 str.

Korošec, J. 1998. Pridelovanje krme na travinju in njivah. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 279 str.

UPORABA BIORAZGRADLJIVIH FOLIJ V PRIDELAVI JAGOD: REŠITEV ALI NOVI IZZIVI? - PRELIMINARNA ANALIZA

Mateja POTISEK¹, Darinka KORON¹, Nika CVELBAR WEBER¹

POVZETEK

V pridelavi jagod se za zastirko v glavnem uporabljajo črne polietilenske (PE) folije z omejeno možnostjo recikliranja. Trajnostna alternativa PE folijam so biorazgradljive folije, narejene na osnovi biorazgradljivih materialov. Vpliv biorazgradljivih folij na rast in pridelek jagod je slabo raziskan. V preliminarni dvoletni raziskavi smo proučili vpliv dveh črnih biorazgradljivih folij na rast in pridelek jagod ter na glivno kolonizacijo korenin. V poskusu smo uporabili biorazgradljivo folijo 1 z debelino 15 μm in biorazgradljivo folijo 2 z debelino 35 μm . Črna PE folija z debelino 50 μm je predstavljala kontrolo. PE folija je ostala cela in nepoškodovana po obeh rastnih sezonah, razpad biorazgradljivih folij pa se je pričel že v prvi rastni sezoni. Biorazgradljiva folija 1 je razpadla v skoraj 95%, biorazgradljiva folija 2 pa je pričela razpadati šele v drugi rastni sezoni in je razpadla v 50%. Pridelek jagod je bil v obravnavanju z biorazgradljivo folijo 2 v prvi rastni sezoni primerljiv s pridelkom iz obravnavanja PE folija (215,4 oz. 219,8 g/rastlino), v drugi sezoni pa se je z razpadanjem biorazgradljive folije 2 zmanjšal tudi pridelek v primerjavi s PE folijo (za 35 g/rastlino). V nasprotju je bil pridelek jagod v obravnavanju z biorazgradljivo folijo 1 statistično značilno najmanjši v obeh rastnih sezonah (173,5 in 124,9 g/rastlino). Glivno kolonizacijo korenin smo ocenili po drugi rastni sezoni. Slednja je bila statistično značilno večja v koreninah jagod, ki so rastle v obravnavanjih z biorazgradljivima folijama. V koreninah jagod iz obeh obravnavanj z biorazgradljivima folijama je bilo statistično značilno več struktur arbuskularnih gliv – veziklov (4%) in struktur temnih septiranih endofitskih gliv – mikrosklerocijev (8-21%), kot na koreninah jagod iz obravnavanja s PE folijo. Glede na rezultate zaključujemo, da se je uporaba debelejših biorazgradljivih folij izkazala za učinkovito alternativo PE foliji pri enoletni pridelavi jagod.

Ključne besede: trajnostno kmetijstvo, zastirke, pridelek jagod, arbuskularne glive, temne septirane endofitske glive

USE OF BIODEGRADABLE FILMS IN STRAWBERRY PRODUCTION: SOLUTION OR NEW CHALLENGES? - PRELIMINARY RESEARCH

ABSTRACT

In the cultivation of strawberries, black polyethylene (PE) film, with limited recyclability is primarily used as mulch when growing strawberries. Sustainable alternatives to PE films are biodegradable films made from biodegradable materials. The effects of biodegradable films on the growth and yield of strawberries are still poorly researched. In a two-year preliminary study, the influence of two black biodegradable films on the growth and yield of strawberries and on the fungal colonization of strawberry roots was investigated. Biodegradable film 1

¹ Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana

with a thickness of 15 µm and biodegradable film 2 with a thickness of 35 µm were used for the experiment. The black PE film with a thickness of 50 µm was used as a control. The PE film remained undamaged after both growing season, the decomposition of the biodegradable films already began in the first growing season. The biodegradable film 1 decomposed to almost 95%, while the biodegradable film 2 started to decompose in the second growing season and decomposed to 50%. The strawberry yield from the biodegradable film 2 treatment was comparable to the yield from the PE film treatment in the first growing season (215.4 and 219.8 g/plant), but decreased in the second season as the film decomposed (for 35 g/plant). In contrast, the strawberry yield in the treatment with biodegradable film 1 was statistically significantly lower in both growing seasons (173.5 and 124.9 g/plant). The fungal colonization of the roots was evaluated after the second growing season. It was statistically significantly higher in the roots of strawberries grown with biodegradable films. There were statistically significantly more structures of arbuscular fungi – vesicles (4%) and structures of dark septate endophytic fungi – microsclerotia (8-21%) in the roots of strawberries from both treatments with biodegradable films, compared to the roots of strawberries from the PE film treatment. From the results, we conclude that the use of a thicker biodegradable film has proven to be an effective alternative to PE film for annual strawberry cultivation.

Key words: sustainable ariculture, mulch, strawberry yield, arbuscular fungi, dark septate endophytic fungi

1. UVOD

V integrirani pridelavi jagode (*Fragaria × ananassa* Duch.) se kot zastirko proti plevelom za namen zadrževanja vlage in hitrejšega segrevanja tal v glavnem uporablja plastična-polietilenska (PE) folija na osnovi naftnih derivatov (povzeto po Kasirajan in Ngouajio, 2012). Glavna pomanjkljivost PE folij je kratka doba uporabe (1 leto), in predvsem omejena možnost recikliranja po uporabi (Bandopadhyay in sod., 2020). Tako večina PE folij konča na odlagališčih ali pa je sežgana na poljih, kar predstavlja velik okoljski problem (Halley in sod., 2001; Kasirajan in Ngouajio, 2012).

Trajnostna alternativa PE folijam pri pridelavi jagod so biorazgradljive folije (Costa in sod., 2014; Morra in sod., 2022). Na trgu so na voljo biorazgradljive folije iz poliestrov (polihidroksialkanoat, polimlečna kislina itd.) in iz naravnih polimernih materialov (škrob, lignin, celuloza, sojine beljakovine, hitin, pektin itd.). Biorazgradljive folije so lahko narejene iz enega polimera, mešanice različnih tipov polimerov ali iz polimernega kompozita. Zaradi svoje naravne sestave so občutljive na vlago in toploto ter na natezne sile (Mat Akhir in Mustapha, 2022). Lastnosti biorazgradljivih folij izboljšujejo z dodajanjem polnil, mehčal in barvil (Mat Akhir in Mustapha, 2022; Bandopadhyay in sod., 2020). Biorazgradljive folije so zasnovane tako, da se jih po zaključku rasti rastlin vkoplje v tla, kjer jih razgradijo mikroorganizmi. Pri razgradnji nastaja ogljikov dioksid ali metan, voda, del ogljika pa po razgradnji ostane vezan v živi biomasi (Kasirajan in Ngouajio, 2012; Mat Akhir in Mustapha, 2022). Ker se biorazgradljive folije hitro razgradijo, se lahko v kratkem času v tleh ustvari velika količina bio-mikroplastike (Zhou in sod., 2023).

Raziskave kažejo, da lahko razgradnja biorazgradljivih folij v tleh in nastala bio-mikroplastika vpliva na rast rastlin, na fizikalne-kemijske lastnosti in strukturo tal, kroženje makro in mikro elementov ter na mikrobno rast in diverzitetu v tleh (Fan in sod., 2022; Leifheit, 2021; Wang in sod., 2022; Zhou in sod., 2023). Ta posredno vpliva na kolonizacijo

korenin z arbuskularnimi mikoriznimi glivami (Ferreira in sod., 2021). Simbiotska povezava z mikoriznimi glivami omogoča rastlinam dostop do večje količine hranil in vode ter je tako ključna za preživetje neugodnih razmer v okolju (Byregowda in sod., 2022). Korenine rastlin poseljujejo tudi temne septirane endofitske glive (v nadaljevanju TSE glive), ki imajo podobno vlogo kot mikorizne glive (Jumpponen, 2001; Santos in sod., 2021). Vpliv biorazgradljivih folij na mikorizo in TSE kolonizacijo korenin ter na rast in pridelek rastlin je slabo proučen, zato so potrebne nadaljnje raziskave (Leifheit, 2021; Zhou in sod., 2023).

Primarni namen tehnološkega poskusa je bil poiskati materiale, ki bi v visokotehnoški pridelavi jagode nadomestili plastične materiale, predvsem folije za prekrivanje tal, ki predstavljajo največjo količino težko razgradljivega materiala in katerega proces recikliranja predstavlja največji ekološki problem. Cilj je bil proučiti vpliv in uporabno vrednost dveh tipov biorazgradljivih folij z različno dobo razpadanja na pridelavo jagod. Rezultati in opažanja prvega leta so pokazali večje razlike med obravnavanji v rasti jagodnjakov, občutljivosti na okužbe ter tudi na pridelek. Zato smo v drugem letu poskusa poleg standardnih meritev zastavili preliminarne raziskave tudi na glivno kolonizacijo korenin jagod.

2. MATERIAL IN METODE

2.1. ZASNOVA POLJSKEGA POSKUSA IN ZASADITEV

Poljski poskus smo izvedli v poskusnem sadovnjaku Infrastrukturnega centra Kmetijskega inštituta v Sloveniji na Brdu pri Lukovici - Lukovica (46°10' N; 14° 41' E). Tla so ilovnato peščena, bogata z organsko snovjo (7,3%) in rahlo kislja (pH tal 5,8). Mineralna sestava tal je primerna za pridelavo jagod in je bogata s kalijem (30 mg/100 g K₂O tal) ter dušikom (2,6 g/kg s.s. N) in revna s fosforjem (14 mg/100 g P₂O₅) (analiza tal iz leta 2023). Leta 2021 smo na rahlo dvignjenih grebenih zasadili frigo sadike jagod (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) sorte 'Clery' (Società Agricola Salvi Vivai s.s.i, Italija). Grebene smo pokrili z dvema črnima biorazgradljivima folijama (Agrobiofilm®), narejenima iz Mater-Bi® surovine, z debelino 15 µm (biorazgradljiva folija 1) in 35 µm (biorazgradljiva folija 2) ter s črno polietilensko (PE) folijo (Eiffel, Italija) debeline 50 µm. Klasična pridelava na PE foliji je veljala za standardno uporabljen material, ki nam je služil kot kontrola. Pod vse folije smo namestili črno PE namakalno cev, ki omogoča kapljično namakanje rastlin s kapljači v razmiku 0,15 m. Rastline so bile posajene v eno vrstnem sistemu sajenja z 0,15 m prostora med rastlinami in 0,80 cm med vrstama. V enem tunelu so bile 4 vrste jagod. V vsako obravnavanje smo vključili 100 sadik jagod, posajenih v 15 m dolge vrste. Poskus smo posadili 28. 7. 2021. Prvo vrednotenje pridelka je potekalo spomladi 2022, drugo vrednotenje spomladi 2023. Med poskusom smo spremljali in ocenjevali rastline in spremembe na foliji ter zapisovali opažanja. Po koncu drugega obiranja smo opravili vzorčenje korenin za nadaljnje analize ocene parametrov glivne kolonizacije.

2.2. SPREMLJANJE RAZPADA FOLIJ TER PARAMETROV RASTI, RAZVOJA RASTLIN IN POJAVNOST BOLEZNI

Od sajenja naprej smo opisno spremljali in ocenjevali razpad folij, parametre rasti in razvoja jagod ter pojavnost bolezni na listih in plodovih. Razpad folij smo spremljali tekom celotne rastne dobe, ocenjevali pa po vsaki sezoni obiranja v odstotkih glede na celotno površino folije. Parametre rasti in razvoja rastlin smo ocenjevali z meritvami naključnih desetih rastlin, vključenih v posamezno obravnavanje in opazovanjem celotnega sestava vrste (širina in

gostota vrste). Pojavnost bolezenskih znakov smo spremljali vizualno.

2.3. OCENA PRIDELKA

Jagode smo obirali in vrednotili ob tehnološki zrelosti plodov (>7 °Brix) od sredine maja do konca junija v povprečnem razmiku 3 dni. Tako v prvi kot v drugi rastni sezoni smo imeli 8 terminov obiranja. Vse ekonomsko uporabne plodove smo prešteli in jih stehali ter na podlagi tega določili skupni pridelek na rastlino. Plodove z znaki bolezni smo ocenili ter na podlagi rezultatov opisno ovrednotili pojavnost okužb s patogenom.

2.4. VZORČENJE KORENIN IN OCENA PARAMETROV GLIVNE KOLONIZACIJE

Po koncu druge sezone obiranja plodov smo vzorčili korenine (korenine 10 rastlin na obravnavanje) za oceno glivne – arbuskularne in TSE kolonizacije korenin. Korenine smo sprali z vodovodno vodo in jih do barvanja shranili v 95% etanolu na 4 °C.

Korenine smo barvali po metodi Phillips in Hayman (1970). Korenine smo najprej razbarvali s 10% KOH (45 min; 90 °C) in nato barvali s 0,05% Tripian modrim barvilom (5 min, 90 °C). Korenine smo nato razrezali na fragmente dolžine 1 cm in nanegli na objektna stekla z laktofenolom (10 fragmentov na objektno steklo, skupaj 30 fragmentov na rastlino). Prisotnost arbuskularnih (aseptirane hife, vezikli, arbuskuli) in TSE gliv (septirane hife, mikrosklerociji) na koreninskih fragmentih smo ovrednotili po metodi Trouvelot in sod. (1986) pod svetlobnim mikroskopom (Nikon Eclipse 80i, Japonska) pri 100 in 400-kratni povečavi.

2.5. STATISTIČNA ANALIZA

Za podatke smo izračunali enosmerno analizo variance (ANOVA) s programsko opremo Statistica 8 (Statsoft 8). Obravnavanja smo med seboj primerjali z Duncanovim primerjalnim testom ($p < 0,05$).

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

3.1. OCENA STOPNJE RAZPADA FOLIJ

PE folija je ostala nepoškodovana skozi obe rastni sezoni, medtem ko se je biorazgradljiva folija 1 pričeli trgati in razpadati že nekaj mesecev po sajenju in je do prvega obiranja v letu 2022 že popolnoma razpadla, ostali so le manjši delčki velikosti 1 cm x 1 cm. Manjše delce folije je bilo mogoče opaziti do konca poskusa 2023. Biorazgradljiva folija 2 je ostala nepoškodovana celotno prvo rastno sezono, v jesenskem-zimskem času 2022/2023 pa je tudi ta pričela razpadati in je do konca poskusa razpadla v 50%, ob rastlinah so ostali večji kosi. O hitrem razpadu biorazgradljivih folij po eni sezoni vzorčenja poročajo že v raziskavi Morra in sod. (2022).

3.2. OCENA RASTI IN RAZVOJA JAGOD

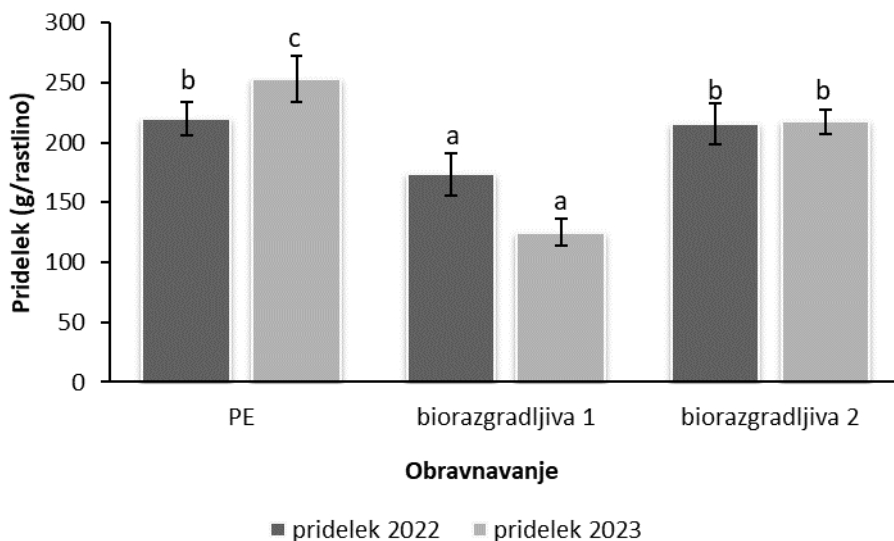
Rast in razvoj rastlin smo ocenjevali na podlagi vizualnih opazovanj dve rastni sezoni od sajenja konec julija 2021 do konca obiranja junija 2023. Rastline so se v začetku na folijah iz vseh obravnavanj enakomerno razvijale, po zaključka obiranja, se je v nasadu ne glede na obravnavanje pojavila pepelasta plesen. V začetku intenzivne rasti spomladi 2022 (prva rastna sezona) je bilo opaziti, da so bile rastline na videz bujnejše obravnavanju s klasično PE folijo

(kontrola), zato smo rast teh rastlin ocenili z oceno 5. Rast rastlin v obravnavanju z biorazgradljivo folijo 2 so bile v povprečju manjše, zato smo jih ocenili z oceno 4. Rastline v obravnavanju z biorazgradljivo folijo 1 smo ocenili z oceno 3, saj so bile najmanjše. V drugi rastni sezoni, spomladi 2023, smo opazili manjšo razrast jagodnjakov pri obravnavanjih z biorazgradljivima folijama v primerjavi z rastlinami na PE foliji. Že predhodne raziskave so pokazale boljšo rast jagodnjakov na PE foliji v primerjavi z drugimi naravnimi zastirkami (slama, odpadlo listje, papir) (Singh in sod., 2005; Deb in sod., 2014). Razlog je lahko tudi v ugodnem vplivu PE folije na mikroklimo tal. PE folija učinkovito zadržuje toploto v tleh in zaradi vodotesnosti preprečuje izhlapevanje vode iz tal. Tako ohranja konstantno vlažnost tal, omogoča kondenzacijo pare in počasno pronicanje v tla. V nasprotju so črne biorazgradljive folije bolj propustne, tla se zaradi tanjšega filma manj segrejejo in vse to bi lahko imelo vpliv tudi na mikroklimo tal (Giordano in sod., 2020). Glede na to, da je biorazgradljiva folija 1 do prvega obiranja popolnoma razpadla, smo pričakovali, da bodo gola tla hitro prerastle plevelne združbe. Zanimivo je, da plevel na grebenu jagod brez zastirke (ker je biorazgradljiva folija 1 že razpadla) ni rasel, oziroma so se pojavili le posamezni pleveli. Avtorji (Wang in sod., 2024) med drugim navajajo možne vplive dodatkov biorazgradljivim folijam (barvila, stabilizatorji) ali sam koruzni škrob, iz katerega je folija narejena. Možno je tudi, da bi na grebenu, prekitem z biorazgradljivo folijo, jagodam primanjkovalo dušika, ker dušik za razgradnjo organske mase - folije porabijo mikroorganizmi, kar bi razložilo dinamično pojavo pleveli.

Tudi v drugem letu sta se zaradi vremenskih razmer in izpostavljenosti velikim količinam dežja v nasadu pojavila pepelasta plesen in siva jagodova plesen. Več znakov okužbe in poškodb na plodovih in listih smo zaznali pri rastlinah, ki so rastle v obravnavanju s PE folijo. Verjetno je razlog za močnejšo okužbo tudi večja listna masa rastlin, kar poslabša na zračnost nasada (Legard in sod., 2000).

3.3. PRIDELEK JAGOD

V prvem letu je bil količina pridelka na gram v obravnavanju s PE folijo podobna obravnavanju z biorazgradljivo folijo 2. Priderek v obravnavanju biorazgradljiva folija 1 je bil za dobrih 20% manjši. V drugem letu se je razlika v pridelku pokazala tudi na rastlinah, gojenih v obravnavanju z biorazgradljivo folijo 2, ki je medtem pričela razpadati. Jagodnjaki, rasli v obravnavanju z biorazgradljivo folijo 1, so za 50% nižji pridelek, tisti iz biorazgradljive folije 2 pa so imeli za približno 15% manjši pridelek v primerjavo s klasično PE folijo (Slika 1). Upad pridelkov tako sovpada s stopnjo razpada biorazgradljivih folij. Manjši pridelek jagod na črnih biorazgradljivih folijah v primerjavi s črno PE folijo so opazili tudi v predhodnih raziskavah (Giordano in sod., 2020). V raziskavi so bili v eno letni pridelavi pridelki jagod manjši na tanjših biorazgradljivih folijah (20-25 μm), medtem ko so bili pridelki jagodnjakov, ki so rastle na debelejših biorazgradljivih folijah (40 μm) primerljivi tistim na PE folijah (Giordano in sod., 2020). Avtorji kot obrazložitev navajajo ugodnejšo mikroklimo pod debelejšimi folijami (Giordano in sod., 2020). To potrjuje tudi dejstvo, da smo rastline na biorazgradljivih folijah začeli obirati približno en teden pozneje, najverjetneje zaradi manj ugodne mikroklimo golih tal, ki se počasneje segrevajo kot zaščitena s črno PE folijo (Soliman in sod., 2015).



Slika 1: Povprečni pridelek na rastlino v letu 2022 (prva rastna sezona) in v letu 2023 (druga rastna sezona) iz obravnavanj s PE folijo, biorazgradljivo folijo 1 in biorazgradljivo folijo 2. Različne črke nad stolpci posamezne rastne sezone označujejo statistično značilne razlike med obravnavanji ($p < 0,05$).

Figure 1: Average yield per plant in the year 2022 (first growing season) and in the year 2023 (second growing season) of strawberries from treatments with PE film, biodegradable film 1, and biodegradable film 2. Different letters above the columns of each growing season indicate statistically significant differences between the treatments ($p < 0.05$).

3.4. OCENA GLIVNE KOLONIZACIJE KORENIN

Glivno kolonizacijo korenin jagodnjakov smo ocenili po drugi rastni sezoni (Preglednica 1), ko sta obe biorazgradljivi foliji že razpadli. Frekvenca glivne kolonizacije (F%), intenziteta glivne kolonizacije (M%) ter gostota veziklov in mikrosklerocijev je bila statistično značilno večja značilno večja v obravnavanjih z biorazgradljivima folijama. Med obravnavanjema pa ni bilo statističnih značilnih razlik. Gostota veziklov, ki so založne strukture arbuskularnih gliv (Smith in Read, 1997), je bila v obravnavanjih z biorazgradljivima folijama med 9-10%. Gostota mikrosklerocijev, ki so strukture TSE gliv (Barrow in Aaltonen, 2001) je bila visoka, in sicer 7% v obravnavanju z biorazgradljivo folijo 1 in 15% v obravnavanju z biorazgradljivo folijo 2 (Preglednica 1). Raziskave kažejo, da TSE glive tvorijo več mikrosklerocijev in debelostenskih septiranih hif v obdobju stresa (Barrow in Aaltonen, 2001; Barrow, 2003), na kar nakazujejo tudi rezultati naše raziskave. Tla v obravnavanjih z biorazgradljivima folijama so bila po drugi sezoni v času vzorčenja korenin, deloma ali v celoti, gola zaradi razpada folij. Rastline so bile tako izpostavljene večjim okoljskim spremembam, kot v kontrolnem obravnavanju (PE folija). Raziskave kažejo, da so jagodnjaki, ki rastejo v tleh brez zastirke v osnovi manjši (Kumar in Dey, 2011). Poleg tega po razgradnji biorazgradljivih folij v tla prehajajo aditivi (barvila, mehčala) in nastala bio-mikroplastika, ki vplivajo na fizikalne-kemijske parametre tal (pH, struktura tal itd.) in na mikrobno združbo v tleh (Leifheit, 2021; Zhou in sod., 2023). Razlike, ki so nastale pri glivni kolonizaciji korenin in rasti rastlin tako ne moremo pripisati le enemu dejavniku, najverjetneje gre za kombiniran vpliv golih tal in razgradnje bio-mikroplastike. Da bi razmejili ta dva vpliva (vpliv golih tal po razgradnji, vpliv kemijske sestave biorazgradljivih folij) smo v sklopu nove raziskave v obravnavanja vključili gola tla. Slednje obravnavanje nam bo dalo odgovor o morebitnem škodljivem vplivu biorazgradljivih folij oziroma nastale bio-mikroplastike na rast in pridelek rastlin ter na glivno

združbo na koreninah rastlin in na vrsto interakcije med simbiotskimi glivami in gostiteljsko rastlino (pozitivna, nevtralna, negativna).

Preglednica 1: Frekvenca (F%) in intenziteta (M%) glivne kolonizacije ter gostota arbuskulov, veziklov in mikrosklerocijev v koreninah jagodnjakov iz obravnavanj s PE folijo, biorazgradljivo folijo 1 in biorazgradljivo folijo 2. Podane so povprečne vrednosti \pm standardna napaka. Različne črke označujejo statistično značilne razlike med obravnavanji znotraj stolpca ($p < 0,05$).

Table 1: Frequency (F%) and intensity (M%) of fungal colonization and density of arbuscules, vesicles and microsclerotia in strawberry roots from treatments with PE film, biodegradable film 1 and biodegradable film 2. Data are given as mean \pm standard error. Different letters indicate statistically significant differences between treatments within a column ($p < 0.05$).

Obravnavanja	Frekvenca kolonizacije (F%)	Intenziteta kolonizacije (M%)	Gostota arbuskulov (A%)	Gostota veziklov (V%)	Gostota mikrosklerocije v (MS%)
PE	86,0 \pm 3,7 b	19,5 \pm 2,8 b	0,0 \pm 0,0	2,2 \pm 0,5 b	0,7 \pm 0,2 b
Biorazgradljiva folija 1	100,0 \pm 0,0 a	62,5 \pm 3,1 a	2,3 \pm 0,8	9,9 \pm 1,6 a	6,8 \pm 1,5 a
Biorazgradljiva folija 2	99,4 \pm 0,6 a	57,8 \pm 6,4 a	0,5 \pm 0,4	8,5 \pm 2,4 a	14,6 \pm 4,6 a

Glede na rezultate lahko sklepamo, da uporaba biorazgradljivih folij vpliva na pridelek jagod ter kolonizacijo koristnih gliv. Za najboljšo alternativo oziroma približek PE foliji pri pridelavi jagod se je izkazala debelejša (35 μ m) biorazgradljiva folija. Ker rezultate težko natančno pojasnimo, smo v letu 2023 posadili nov poskus, kjer bomo preučili vpliv biorazgradljivih folij z znano sestavo na rast jagodnjakov, pridelek jagod in kakovostne parametre plodov v povezavi z glivno kolonizacijo in diverziteteto.

4. ZAHVALA

Raziskava je del strokovne naloge Javne službe v sadjarstvu za področje jagodičja, ki je financirana iz strani Ministrstva za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano. Prav tako sta raziskavo delno financirali programski skupini PS Next Gen ARIS P4-0431 in Trajnostno kmetijstvo ARIS P4-0133.

5. LITERATURA

- Bandopadhyay, S., Liquet, Y., González, J.E., Henderson, K.B., Anunciado, M.B., Hayes, D.G., DeBruyn, J.M. 2020. Soil Microbial Communities Associated With Biodegradable Plastic Mulch Films. *Frontiers in Microbiology*, 13, 11: 587074.
- Barrow J. R. 2003. Atypical morphology of dark septate fungal root endophytes of *Bouteloua* in arid southwestern USA rang elands. *Mycorrhiza*, 13, 5: 239-247.
- Barrow, J., Aaltonen, R. 2001. Evaluation of the internal colonization of *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. roots by dark septate fungi and the influence of host physiological activity. *Mycorrhiza*, 11: 199-205.
- Byregowda, R, Prasad, S.R, Oelmüller, R, Nataraja, K.N, Prasanna, Kumar, M.K. 2022. Is Endophytic Colonization of Host Plants a Method of Alleviating Drought Stress? Conceptualizing the Hidden World of Endophytes. *International Journal of Molecular Sciences* 16, 23(16): 9194.

- Costa, R., Saraiva A., Carvalho, L., Duarte, E. 2014. The use of biodegradable mulch films on strawberry crop in Portugal. *Scientia Horticulturae*, 173: 65–70.
- Deb, P.D., Sangma, D.K., Prasad, B.V.G., Bhowmick, N., Dey, K. 2014. Effect of different mulches on vegetative growth of strawberry (cv. Tioga) under red and lateritic zone of west Bengal. *International journal of basic and applied biology*, 2: 77–80.
- Fan, P., Yu, H., Xi, B., Tan, W. 2022. A review on the occurrence and influence of biodegradable microplastics in soil ecosystems: Are biodegradable plastics substitute or threat? *Environment International*, 163: 107244.
- Ferreira, D.A., da Silva, T.F., Pylro, V.S., Salles, J.F., Andreote, F.D., Dini-Andreote, F. 2021. Soil microbial diversity affects the plant-root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi. *Microbial ecology*, 82: 100–103.
- Giordano, M., Amoroso, C., El-Nakhel, C., Roupheal, Y., De Pascale, S., Cirillo, C. 2020. An Appraisal of Biodegradable Mulch Films with Respect to Strawberry Crop Performance and Fruit Quality. *Horticulturae*, 6: 48.
- Halley, P., Rutgers, R., Coombs, S., Kettels, J., Galton, J., Christie, G., Jenkins, M., Beh, H, Griffin, K., Jayasekara, R., Lonergan, G. 2001. Developing biodegradable mulch films from starch-based polymers. *Starch*, 53: 362–367.
- Jumpponen, A. 2001. Dark septate endophytes - Are they mycorrhizal? *Mycorrhiza*, 11: 207-211.
- Kasirajan, S., Ngouajio, M. 2012. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32: 10.1007/s13593-011-0068-3.
- Kumar, S., Dey, P. 2011. Effects of different mulches and irrigation methods on root growth, nutrient uptake, water-use efficiency and yield of strawberry. *Scientia Horticulturae*, 127: 318–324.
- Legard, D. E., Xiao, C. L., Mertely, J. C., Chandler C. K. 2000. Effects of Plant Spacing and Cultivar on Incidence of *Botrytis* Fruit Rot in Annual Strawberry. *The American Phytopathological Society*, 531 – 538.
- Leifheit, E.F, Lehmann, A, Rillig, M.C. 2021. Potential Effects of Microplastic on Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Frontiers in Plant Science*, 1, 12: 626709.
- Mat Akhir, M., Mustapha, M. 2022. Formulation of Biodegradable Plastic Mulch Film for Agriculture Crop Protection: A Review. *Polymer Reviews*, 1-29.
- Morra, L., Bilotto, M., Mignoli, E., Sicignano, M., Magri, A., Cice, D., Cozzolino, R., Malorni, L., Siano, F., Picariello, G., Guerrini, S., Petriccione, M. 2022. New Mater-Bi, Biodegradable Mulching Film for Strawberry (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.): Effects on Film Duration, Crop Yields, Qualitative, and Nutraceutical Traits of Fruits. *Plants (Basel)*, 29, 11(13): 1726.
- Phillips, J.M., Hayman, D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55: 158–161.
- Santos, M., Cesanelli I., Diáñez, F., Sánchez-Montesinos, B., Moreno-Gavira, A. 2021. Advances in the Role of Dark Septate Endophytes in the Plant Resistance to Abiotic and Biotic Stresses. *Journal of Fungi*, 4, 7(11): 939.
- Singh, R., Sharma, R.R., Jain, R.K. 2005. Planting time and mulching influenced vegetative and reproductive traits in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) in India. *Fruits*, 60, 395–403.
- Soliman, M.A., Abd El-Aal, H.A., Mohamed,R.A., Elhefnawy, N.N. 2015. Growth, Fruit Yield and Quality of Three Strawberry Cultivars as Affected by Mulch Type and Low Tunnel. *Alexandria Science Exchange Journal*, 36: 402-414.
- Smith, S.E., Read, D.J. 2008. *Mycorrhizal symbiosis*, 3. izd. Academic, London.
- Trouvelot, A., Kough, J.L., Gianinazzi-Pearson, V. 1986. Mesure de aux de mycorhization VA dun systeme radicaire. V: Gianinazzi-Pearson, V., Gianinazzi, S. (ur.). Recherche de methodes destination ayant une signification fonctionnelle. *Mycorrhizae: physiology and genetic*. INRA, Paris, 216–222.
- Wang, Q., Adams, C.A., Wang, F., Sun, Y., Zhang, S. 2022. Interactions between microplastics and soil fauna: a critical review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technolog*, 52: 3211-3243.
- Wang, W., Xie,Y., Li,H., Dong,H., Li ,B., Guo, Y., Wang, Y., Guo, X., Yin, T., Liu, X., Zhou, W.

2024. Responses of lettuce (*Lactuca sativa* L.) growth and soil properties to conventional non-biodegradable and new biodegradable microplastics. *Environmental Pollution*, 341: 122897.
- Zhou, J., Rong, J., Brown, R., Yang, Y., Zeng, Z., Jones, D., Zang, H. 2023. The long-term uncertainty of biodegradable mulch film residues and associated microplastics pollution on plant-soil health. *Journal of Hazardous Materials*, 442: 130055.

SEASONAL VARIATIONS ON THE BIOCHEMICAL FRUIT PROFILE OF BLUEBERRY CULTIVARS

Pakeza DRKENDA¹, Stefan MARKOVIĆ², Asima AKAGIĆ¹, Osman MUSIĆ¹, Amila
ORAS¹, Mariana Cecilia GROHAR³, Robert VEBERIČ³, Metka HUDINA³

ABSTRACT

The quality of blueberry fruits can vary significantly and is influenced by several factors, including the specific cultivar, cultivation techniques, agrotechnical practices, and environmental conditions. This research was conducted to evaluate the biochemical profiles of blueberry fruits from selected cultivars grown under intensive production conditions in Šabac, Republic of Serbia, during the 2021 and 2022 growing seasons. Three distinct blueberry cultivars, namely 'Duke,' 'Huron,' and 'Reka,' underwent comprehensive chemical analyses, including assessments of fruit weight, total titratable acids, soluble solids, and high-performance liquid chromatography (HPLC) analysis to identify individual sugars, acids, and anthocyanins within the fruits. Among these cultivars, 'Duke' stood out due to its notably higher levels of glucose and fructose when compared to 'Huron,' exhibiting unique characteristics in terms of sugar content. On the other hand, the 'Reka' cultivar displayed the highest total acid content, elevated sucrose and total sugar content in comparison to 'Huron,' and slightly higher citric, oxalic, and quinic acid levels compared to 'Duke.' Further analysis of the anthocyanin composition revealed that the 'Duke' cultivar excelled in terms of total anthocyanins, including cyanidin arabinoside, cyanidin galactoside, petunidin arabinoside, petunidin galactoside, peonidin galactoside, malvidin galactoside, and malvidin arabinoside. In contrast, the 'Huron' and 'Reka' varieties exhibited distinct profiles, with a notable presence of cyanidin acetyl glucoside, cyanidin glucoside, delphinidin glucoside, delphinidin acetyl glucoside, petunidin acetyl galactoside, petunidin glucoside, petunidin acetyl glucoside, peonidin glucoside, malvidin acetyl glucoside, and malvidin acetyl galactoside.

Key words: sugar, organic acids, anthocyanins, HPLC

SEZONSKE SPREMEMBE BIOKEMIJSKEGA PROFILA PLODOV SORT AMERIŠKIH BOROVMIC

POVZETEK

Kakovost plodov ameriških borovnic je različna in je odvisna od sorte, načina pridelave, uporabe agrotehničnih ukrepov in okoljskih razmer. Namen raziskave je bil oceniti biokemične profile plodov določenih sort ameriških borovnic v intenzivni pridelavi v občini Šabac, Republika Srbija, v rastnih dobah 2021 in 2022. Pri treh sortah ameriških borovnic, in sicer 'Duke', 'Huron' in 'Reka', smo opravili celovite kemijske analize, ki so zajemale maso

¹ University of Sarajevo, Faculty of Agriculture and Food Sciences, Zmaja od Bosne 8, 71000 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina

² Higher agricultural school of vocational studies in Šabac, Vojvode Putnika 56, 15000 Šabac, Serbia

³ Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

plodov, vsebnost skupnih titracijskih kislin, topne suhe snovi in HPLC analizo posameznih sladkorjev, organskih kislin in antocianov v plodovih. Sorta 'Duke', ki jo v primerjavi s sorto 'Huron' odlikuje izrazito povečana vsebnost glukoze in fruktoze, je pokazala edinstvene lastnosti. Sorta 'Reka' je pokazala največjo vsebnost skupnih kislin, povečano vsebnost saharoze in skupnih sladkorjev glede na sorto 'Huron' ter nekoliko večje vsebnosti citronske, oksalne in kininske kisline v primerjavi s sorto 'Duke'. Analiza sestave antocianov je pokazala pri sorti 'Duke' največjo vsebnost skupnih antocianov, cianidin arabinozida, cianidin galaktozida, petunidin arabinozida, petunidin galaktozida, peonidin galaktozida, malvidin galaktozida in malvidin arabinozida. Nasprotno pa sta sorti 'Huron' in 'Reka' pokazali različne profile, največ so zastopani cianidin acetil glukozid, cianidin glukozid, delfinidin glukozid, delfinidin acetil glukozid, petunidin acetil galaktozid, petunidin glukozid, petunidin acetil glukozid, peonidin glukozid, malvidin acetil glukozid in malvidin acetil galaktozid.

Ključne besede: sladkorji, organske kisline, antociani, HPLC

VPLIV ČASA IN TEMPERATURE ZAMRZOVANJA NA KEMIČNO SESTAVO PLODOV AMERIŠKE BOROVNICE SORTE 'BLUECROP'

Maja MIKULIČ-PETKOVŠEK¹, Daša PODBOJ¹, Darinka KORON², Zala ZORENČ³,
Robert VEBERIČ¹

POVZETEK

V raziskavi smo želeli raziskati vpliv časa in temperature zamrzovanja na kemično kakovost plodov ameriške borovnice sorte 'Bluecrop'. Kemično analizo plodov smo opravili na svežih plodovih ter na plodovih, ki smo jih zamrznili pri dveh temperaturah, -20 °C in -80 °C. Plodove smo zamrznili za 9 dni, 7 mesecev in 9 mesecev. Zanimalo nas je, pri kateri temperaturi in kakšnem času zamrzovanja bomo najdlje ohranili vsebnosti primarnih in sekundarnih metabolitov v plodovih. V plodovih je bilo največ fruktoze in glukoze, saharoza je bila prisotna v manjši vsebnosti. Največjo vsebnost sladkorjev so imeli sveži plodovi, z dolžino zamrzovanja se je njihova vsebnost značilno zmanjšala. Največ kislin so vsebovali sveži in 9 dni zamrznjeni plodovi pri temperaturi -80 °C, najmanj kislin pa plodovi zamrznjeni 13 mesecev na temperaturi -20 °C. Vsebnost vitamina C se je v plodovih po 7. in 13. mesecih zmanjšala. Vsebnost flavanolor in hidroksicimetnih kislin je bila odvisna od časa in temperature zamrzovanja. Vsebnost flavonolor, depsidor in skupnih fenolor je odvisna le od časa zamrzovanja plodov. Na vsebnost antocianinor v plodovih ne vpliva noben preučevan dejavnik. Količinsko so se najboljše ohranili sladkorji in fenolne spojine, sledile so jim organske kisline, medtem ko se je najslabše ohranila vsebnost vitamina C.

Ključne besede: kemična kakovost, čas zamrzovanja, vitamin C, sladkorji, organske kisline, fenoli

INFLUENCE OF TIME AND TEMPERATURE OF FREEZING ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF FRUITS OF AMERICAN BLUEBERRY CULTIVAR 'BLUECROP'

ABSTRACT

The study investigated the influence of freezing time and temperature on the chemical quality of the fruit of the American blueberry cultivar 'Bluecrop'. The chemical analysis of the fruit was carried out on fresh fruit and on fruit frozen at two temperatures, -20 °C and -80 °C. The freezing time was 9 days, 7 and 13 months. We wanted to find out at which temperature and at which time of freezing the highest content of primary and secondary metabolites in the fruits was maintained. Fructose and glucose predominate among the sugars in the fruit, with

¹ Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

² Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za sadjarstvo, vinogradništvo in vinarstvo, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana

³ Kmetijski inštitut Slovenije, Služba za uradno potrjevanje semenskega in sadilnega materiala kmetijskih rastlin, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana

sucrose present in smaller quantities. The highest content of sugars was found in fresh fruits, with the duration of freezing their content in the fruits decreased significantly. Fresh fruit and fruit frozen at $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 9 days had the highest acid content, while fruit frozen at $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 13 months had the lowest acid content. The vitamin C content of the fruit decreased significantly after 7 and 13 months. The content of flavanols and hydroxycinnamic acids in the fruits depended on the duration and temperature of freezing. The content of flavonols, depsides and total phenolics in the fruits depends only on the duration of freezing. The content of anthocyanins in the fruit is not influenced by any of the factors studied. Quantitatively, sugars and phenolic compounds were the best preserved, followed by organic acids, while the vitamin C content was the least preserved.

Key words: chemical quality, time of freezing, vitamin C, sugars, organic acids, phenolics

1. UVOD

Ameriška borovnica (*Vaccinium corymbosum*) je zelo priljubljena sadna vrsta med potrošniki, zato se je njena letna pridelava iz leta 2018, ko je dosegla 606000 ton v zadnjih letih povečala za skoraj 70 % (Becker Pertuzatti in sod., 2021). Potrošniki zahtevajo kakovostne plodove, ki imajo dovolj velike in lepo obarvane jagode, primerno kemično sestavo in dober okus. Okus plodov je odvisen od vsebnosti primarnih in sekundarnih metabolitov. V največji meri k okusu prispevajo vsebnosti sladkorjev in kislin pa tudi fenolne spojine in aromatične snovi. Vsebnosti sintetiziranih snovi v plodovih so odvisne tako od sorte in lokacije pridelave (tal, klimatskih dejavnikov, vode, hranil...) kot tudi od tehnologije pridelave ter načinov shranjevanja plodov. Plodovi ameriške borovnice so bogat vir ogljikovih hidratov, lipidov, beljakovin, polifenolnih snovi, mineralnih snovi in vitaminov (Lim, 2012). Za fenolne spojine je znano, da imajo antioksidativno in protivnetno delovanje. Rezultati raziskav kažejo, da vključevanje ameriške borovnice v prehrano ljudi zmanjša možnost za nastanek rakavih in kardiovaskularnih obolenj ter diabetesa, saj so ugotovili, da snovi, ki so v borovnicah znižujejo krvi tlak (Paredes-Lopez in sod., 2019; Fracassetti et al, 2013). Ameriške borovnice se uporabljajo lahko kot sveži ali zamrznjeni plodovi. Uporabljajo se v različnih vrstah jedi, v pijačah, sladicah, marmeladah, jogurtih itd. (Cao et al., 2018).

Sveže plodove ameriške borovnice lahko skladiščimo le določen čas. Optimalna temperatura za skladiščenje je od 1 do 5 $^{\circ}\text{C}$ ter pri zračni vlagi med 90 in 95 %. Med skladiščenjem potekajo spremembe v fizioloških in biokemijskih procesih plodovih (zmanjšanje mase plodov, suhe topne snovi, kislosti itd.), ki posledično zmanjšajo kakovost plodov (Cao in sod., 2018; Liu in sod., 2019). Iz teh razlogov se plodove ameriške borovnice večinoma predela ali pa zamrzne. Zamrzovanje je najučinkovitejša metoda za upočasnitev propadanja plodov. Še posebej je pomembno hitro zamrzovanje, kjer se v plodovih tvorijo majhni ledeni kristalčki, ki po odtaljevanju ne povzročijo poškodb na plodovih (Neri in sod., 2020). Predhodne študije poročajo, da se vsebnosti bioaktivnih snovi v plodovih ameriške borovnice skozi čas zamrzovanja zmanjšajo. Še posebej so bila drastična zmanjšanja v njihovi vsebnosti opazna po štirih mesecih zamrzovanja (Poiana in sod., 2010).

V raziskavi smo proučevali vpliv dveh temperatur zamrzovanja (-20 in $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$) in različnega trajanja zamrzovanja (9 dni, 7 in 13 mesecev) na kemično sestavo plodov ameriške borovnice sorte 'Bluecrop'.

2. MATERIALI IN METODE

Plodove ameriških borovnic sorte 'Bluecrop' smo naključno nabrali iz dvajsetih grmov v sadovnjaku Lavrinc na Drenovem Griču v letu 2017. Na delu svežih plodov smo takoj izvedli analizo kemične sestave. Drug del plodov pa smo zamrznili pri dveh različnih temperaturah (-20 in -80 °C) in jih skladiščili do 13 mesecev. V vmesnem času (po 9. dneh zamrzovanja in po 7. ter 13. mesecih) smo opravili kemično analizo plodov. V vsakem terminu smo imeli 4 ponovitve na temperaturo in v vsaki ponovitvi je bilo 30 g plodov. Opravljanje analiz je potekalo v naslednjih terminih: termin 0 (28.6.2017, sveži plodovi), termin 1 (7. 7. 2017), termin 2 (25. 1. 2018) in termin 3 (27. 7. 2018). Ekstrakcija in analiza sladkorjev, organskih kislin, vitamina C ter fenolnih snovi je potekala po metodi, ki jo poročajo Mikulič-Petkovšek in sod. (2015).

Pridobljene podatke vsebnosti kemičnih snovi smo uredili v MS Excel (Microsoft Office Professional Plus 2019) in jih statistično obdelali v programu R Commander, kjer smo uporabili dvosmerno analizo variance (ANOVO). Statistično značilne razlike med obravnavanji smo testirali s testi mnogoterih primerjav (Duncan test) pri 95 % intervalu zaupanja.

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

V ameriških borovnicah smo od sladkorjev analizirali saharozo, glukozo in fruktozo. Glavna sladkorja v plodovih sorte 'Bluecrop' sta bila glukozo in fruktozo. Sveži plodovi so vsebovali 128,08 g/kg SM (suhe mase) fruktoze in 119,50 g/kg SM glukoze, medtem ko je bila vsebnost saharoze 25,31 g/kg SM. Vsebnost skupnih sladkorjev v plodovih je bila odvisna od časa zamrzovanja in ne od temperature zamrzovanja (preglednica 1).

Največjo vsebnost skupnih sladkorjev smo zabeležili v svežih plodovih (272,9 g/kg SM). O zmanjšanju vsebnosti sladkorjev zaradi 6 do 12 mesečnega obdobja zamrzovanja poročajo tudi pri rdečem in črnem ribezu (Rodionova in sod., 2021) ter ameriški borovnici (Osokina in sod., 2020; Skupien 2006a). Vsebnost organskih kislin je bila odvisna od obeh proučevanih dejavnikov: časa in temperature zamrzovanja. Sveži (57,31 g/kg) in zamrznjeni plodovi 9 dni pri temperaturi -80 °C (53,94 g/kg) so imeli značilno največjo vsebnost kislin, najmanjšo vsebnost pa smo analizirali v plodovih zamrznjenih 13 mesecev pri temperaturi -20 °C. Posamezne kisline, ki so bile identificirane v plodovih ameriške borovnice, so bile citronska, jabolčna, kinska, fumarna in šikimska kislina.

Rezultati predhodnih študij prav tako poročajo, da se je vsebnost organskih kislin zmanjšala po šest mesečnem obdobju zamrzovanja v grozdnih jagodah (Garcia in sod., 2011) in devetmesečnim obdobjem pri črnem ribezu (Novikova in sod., 2021). O povečanju kislin v plodovih črnega ribeza zamrznjenega deset mesecev pa poročajo Osokina in sod. (2020). Največjo vsebnost vitamina C smo zabeležili v svežih plodovih in plodovih zamrznjenih devet dni, medtem ko so zamrznjeni plodovi 7 in 13 mesecev imeli značilno manjšo vsebnost vitamina C. Na splošno lahko izračunamo, da se je vsebnost vitamina C v plodovih v 13. mesecih zamrzovanja zmanjšala za 30 do 47% v primerjavi s svežimi plodovi. O enakem odzivu zmanjšanja vsebnosti vitamina C skozi daljši čas zamrzovanja v različnih vrstah sadja poročajo Poiana in sod. (2010), Ancos in sod. (2000a) ter Skupien in sod. (2006).

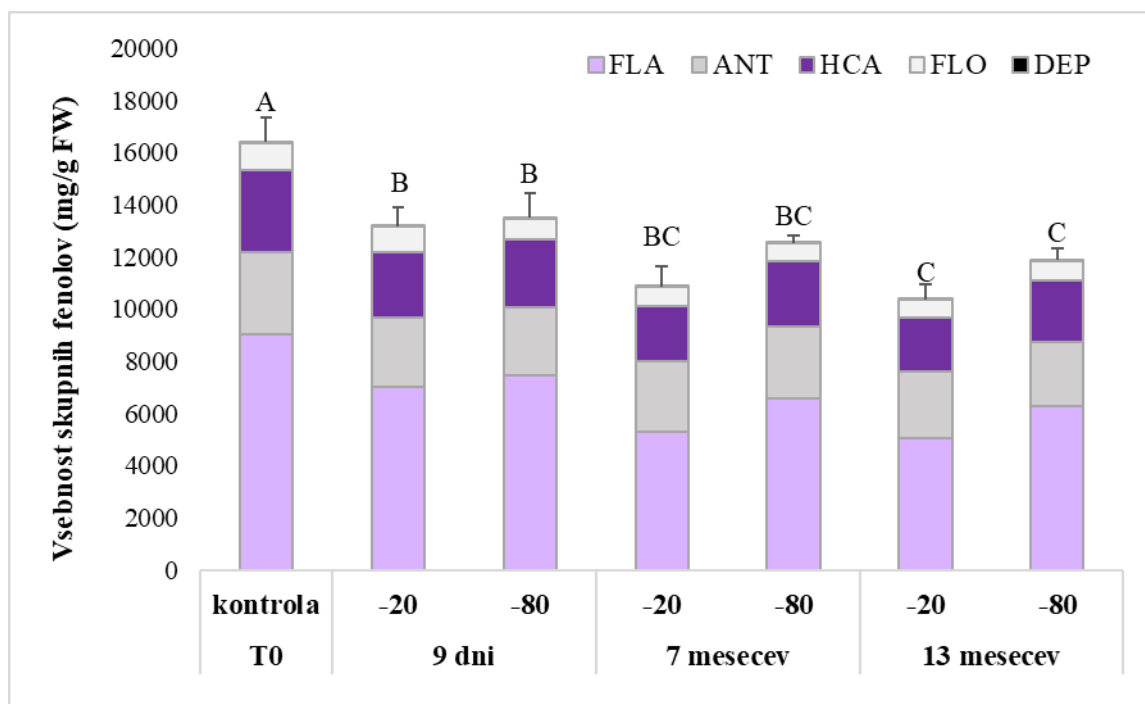
Preglednica 1: Vsebnost (\bar{x} in standardna napaka (SE)) sladkorjev (g/kg SM), organskih kislin (g/kg SM) in vitamina C (mg/kg SM) v plodovih sorte 'Bluecrop' glede na različen čas in temperaturo zamrzovanja.

Table 1: Content (\bar{x} and standard error (SE)) of sugars (g/kg DW-dry weight), organic acids (g/kg DW) and vitamin C (mg/kg DW) in the fruits of 'Bluecrop' cultivar according to duration and temperature of freezing.

Čas zamrzovanja	Temperatura zamrzovanja	Skupni sladkorji			Skupne kisline			Vitamin C		
		\bar{x}	SE	sig	\bar{x} sig	SE	a	\bar{x} sig	SE	A
0	Kontrola	272,9	14,1	A	57,31	1,43	a	322,8	34,57	A
9 dni	-20 °C	210,1	3,4	BC	48,25	0,59	b	340,9	21,13	A
	-80 °C	223,5	3,1	BC	53,94	2,14	a	306,6	26,95	A
7 mesecev	-20 °C	213,3	9,2	B	48,76	0,85	b	188,7	10,92	B
	-80 °C	236,0	9,2	B	48,62	0,87	b	181,7	14,68	B
13 mesecev	-20 °C	194,3	15,6	C	37,45	1,45	c	173,8	6,56	B
	-80 °C	205,9	8,2	C	46,07	1,02	b	226,5	30,06	B
ANOVA										
Čas zamrz.		***			***			***		
Temp zamrz.		NS			***			NS		
Interakcija		NS			**			NS		

Različne velike črke označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) med časom zamrzovanja (ABC) in različne male črke označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) pri interakciji časa in temperature zamrzovanja; * - statistično značilno pri $p \leq 0,05$; ** - statistično značilno pri $p \leq 0,01$; *** - statistično značilno pri $p \leq 0,001$; NS – ni statistično značilno

Od fenolnih spojin smo identificirali številne spojine iz skupin flavanolor, antocianinov, hidroksicimetnih kislin, flavonolor in depsidov. Slednji so v plodovih prisotni samo v manjših vsebnostih (33,37 mg/kg SM v svežih plodovih). V plodovih sorte 'Bluecrop' so flavanoli (55 %), antocianini (19 %) in hidroksicimetne kisline (19 %) zastopali največji delež med fenolnimi spojinami (slika 1). Vsebnost skupnih analiziranih fenolor je bila v svežih 16414 mg/kg SM. Temperatura zamrzovanja ni značilno vplivala na vsebnost polifenolor. Obratno pa so bile razlike v vsebnosti skupnih fenolor zaradi različnega časa zamrzovanja. Rezultati so pokazali, da so značilno največjo vsebnost fenolor imeli sveži plodovi, najmanjša vsebnost pa je bila določena v plodovih zamrznjenih 7 in 13 mesecev. Vsebnost fenolor se je po 7. oziroma 13. mesecih zamrzovanja v plodovih zmanjšala za 24 do 37 % v primerjavi s svežimi plodovi. Sveže borovnice so imele značilno največjo vsebnost vseh fenolnih skupin, se je pa nato zaradi daljšega zamrzovanja njihova vsebnost zmanjšala. Med temperaturama zamrzovanja -20 °C in -80 °C ni bilo statističnih razlik v vsebnosti flavanolor, antocianinov, hidroksicimetnih kislin in flavonolor. Rezultati kažejo, da so antocianini zelo stabilne kemične snovi, saj se njihove vsebnosti niso razlikovale med različnimi termini zamrzovanja in tudi uporabljenima temperaturama zamrzovanja.



Slika 1: Vsebnost (\bar{x} in standardna napaka (SE)) posameznih fenolnih skupin (mg/kg SM) (FLA-flavanoli, ANT-antocijanini, HCA-hidroksicimetne kisline, FLO-flavonoli and DEP-depsidi) v plodovih sorte 'Bluecrop' glede na različen čas (T0, 9 dni, 7 mesecev in 13 mesecev) in temperaturo zamrzovanja (-20 °C in 80 °C). Različne črke označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) med časom zamrzovanja (ABC) ($p \leq 0,05$).

Figure 1: Content (\bar{x} and standard error (SE)) of individual phenolic groups (g/kg DW) (FLA-flavanols, ANT-anthocyanins, HCA-hydroxycinnamic acids, FLO-flavonols and DEP-depsides) in the fruits of 'Bluecrop' cultivar according to duration (T0, 9 days, 7 months and 13 months) and temperature of freezing (-20 °C and 80 °C). Different letters indicate statistically significant differences ($p \leq 0.05$) between duration of freezing (ABC).

Na ohranjanje antocijaninov vpliva pH soka, vsebnost organskih kislin, sladkorjev in začetna vsebnost antocijaninov v plodovih (Ancos in sod., 2000b). Obratno pa Reque in sod. (2014) navajajo precejšnje zmanjšanje vsebnosti antocijaninov v plodovih ameriške borovnice zamrznjenih 6 mesecev. Predvidevajo, da je razlog za zmanjšanje njihove vsebnosti oksidacija in reakcija z drugimi fenolnimi snovmi. Sveže borovnice so imele značilno največjo vsebnost flavonolov, hidroksicimetnih kislin in flavanolov. Veberič in sod. (2014) pri zamrznjenih robidah poročajo, da tudi po 7. mesecih zamrzovanja ni bilo razlik v vsebnosti flavanolov v primerjavi s svežimi robidami, medtem ko so za hidroksicimetne kisline ugotovili povečanje njihove vsebnosti. Zmanjšanje vsebnosti flavonolov je primerljivo z rezultati Hakkinen in sod. (2000), ki so za 9 mesecev pri temperaturi -20 °C zamrznili plodove brusnice, črnega ribeza, navadne borovnice, jagode in maline. Ugotovili so zmanjšanje flavonolov pri vseh sadnih vrstah z izjemo malin. Navajajo, da je kvercetin med zamrzovanjem stabilnejši kot miricetin in kempferol. Vzrok za zmanjšanje vsebnosti flavonolov bi lahko bila majhna vsebnost vitamina C v plodovih navadne borovnice in brusnice. Nasprotno pa velika vsebnost vitamina C v plodovih črnega ribeza, jagode in maline lahko med zamrzovanjem omogoči boljše ohranjanje kvercetina (Hakkinen in sod., 2000).

Vsebnosti primarnih in sekundarnih analiziranih metabolitov v plodovih sorte 'Bluecrop' so se po 13. mesecih zamrzovanja zmanjšale v primerjavi s svežimi plodovi. Zamrznjeni plodovi še vedno ohranijo precej veliko vsebnost kemičnih snovi, vendar se določen del vsebnosti tudi

zmanjša. Na podlagi rezultatov priporočamo, da je z vidika prehranske in zdravstvene vrednosti plodove ameriške borovnice najboljše uživati sveže.

4. ZAHVALA

Raziskovalno delo je del programa Hortikultura P4-0013-0481, ki ga financira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS).

5. LITERATURA

- Ancos, B., Gonzalez, E. M., Cano, M. P. 2000a. Ellagic Acid, Vitamin C, and Total Phenolic Contents and Radical Scavenging Capacity Affected by Freezing and Frozen Storage in Raspberry Fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 10: 4565-4570.
- Ancos, B., Ibanez, E., Reglero, G., Cano, M. P. 2000b. Frozen Storage Effects on Anthocyanins and Volatile Compounds of Raspberry Fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 873-879.
- Becker Pertuzatti, P., Teixeira Barcia, M., Gómez-Alonso, S., Teixeira Godoy, H., Hermosin-Gutierrez, I. 2021. Phenolics profiling by HPLC-DAD-ESI-MSn aided by principal component analysis to classify Rabbiteye and Highbush blueberries. *Food Chemistry*, 340: 1-10.
- Cao, X., Zhang, F., Zhao, D., Zhu, D., Li, J. 2018. Effects of freezing conditions on quality changes in blueberries. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98: 4673-4679.
- Fracassetti, D., Del Bo, C., Simonetti, P., Gardana, C., Klimis-Zacas, D., Ciappellano, S. 2013. Effect of Time and Storage Temperature on Anthocyanin Decay and Antioxidant Activity in Wild Blueberry (*Vaccinium angustifolium*) Powder. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61: 2999-3005.
- Garcia, S., Santesteban, L. G., Miranda, C., Royo, J. B. 2011. Variety and storage time affect the compositional changes that occur in grape samples after frozen storage. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 17: 162-168.
- Hakkinen, S. H., Karenlampi, S. O., Mykkanen, H. M., Torronen, A. R. 2000. Influence of Domestic Processing and Storage on Flavonol Contents in Berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 2960-2965.
- Lim, T. K. 2012. *Vaccinium corymbosum*. *Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants*, 2: 452-464.
- Liu, B., Wang, K., Shu, X., Liang, J., Fan, X., Sun, L. 2019. Changes in fruit firmness, quality traits and cell wall constituents of two highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) during postharvest cold storage. *Scientia Horticulturae*, 246: 557-562.
- Mikulič-Petkovšek, M., Reščič, J., Schmitzer, V., Štampar, F., Slatnar, A., Koron, D., Veberič R. 2015. Changes in fruit quality parameters of four *Ribes* species during ripening. *Food Chemistry*, 173: 363-374.
- Neri, L., Faieta, M., Di Mattia, C., Sacchetti, G., Mastrocola, D., Pittia, P. 2020. Antioxidant Activity in Frozen Plant Foods: Effect of Cryoprotectants, Freezing Process and Frozen Storage. *Foods*, 9: 1-35.
- Novikova, O. A., Smolenkova, O. V., Asadova, M. G. 2021. The effect of freezing currant berries on their chemical composition and the content of heavy metals. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 677: 1-5.
- Osokina, N., Kostetska, K., Gerasymchuk, H. 2020. Formation of Frozen Blackcurrant Fruits Quality. *Annual Research & Review in Biology*, 35, 10: 97-112.
- Paredes-López, O., Cervantes-Ceja, M. L., Vigna-Pérez, M., Hernández-Pérez, T. 2010. Berries: Improving Human Health and Healthy Aging, and Promoting Quality Life-A Review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65: 299-308.
- Poiana, M. A., Moigradean, D., Raba, D., Alda, L. M., Popa, M. 2010. The effect of long-term frozen storage on the nutraceutical compounds, antioxidant properties and color indices of different kinds of berries. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 8, 1: 54-58.

- Reque, P. M., Steffens, R. S., Jablonski, A., Flores, S. H., de O. Rios, A., de Jong, E. V. 2014. Cold storage of blueberry (*Vaccinium* spp.) fruits and juice: Anthocyanin stability and antioxidant activity. *Journal of Food Composition and Analysis*, 33: 111-116.
- Rodionova, L. Y., Sobol, I. V., Donchenko, L. V. 2021. Analysis of the influence of low temperature on the change of physicochemical parameters of fruit and berry raw materials during storage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 624: 1-6.
- Skupien, K. 2006. Evaluation of chemical composition of fresh and frozen blueberry fruit (*Vaccinium corymbosum* L.). *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 5, 1: 19-25.
- Veberič, R., Štampar, F., Schmitzer, V., Cunja, V., Zupan, A., Koron, D., Mikulič-Petkovšek, M. 2014. Changes in the Contents of Anthocyanins and Other Compounds in Blackberry Fruits Due to Freezing and Long-Term Frozen Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62: 6926-6935.

PRESERVATION AND REVITALIZATION OF THE TRADITIONAL PEAR CULTIVAR 'TEPKA' IN CROATIA

Martina SKENDROVIĆ BABOJELIĆ¹

ABSTRACT

The 'Tepka' pear has been known for a long time, but it is also the most widespread traditional pear cultivar in the continental part of the Republic of Croatia and other neighbouring countries. As our area has been exposed to frequent human migrations over the centuries, it has become a treasure trove of various species and natural populations of spontaneously selected genotypes of fruit trees. This contributed to a very rich genetic pool of fruit species in a relatively small area. However, with this type of distribution over the generations, information about the origin of the individual genotypes was lost and the names of the individual cultivars were given different names. Something similar happened with the pear cultivar 'Tepka', which can be found under various names or synonyms such as 'Tepkovic', 'Tepača', 'Gnjilica', 'Gnjilača', 'Karamut', 'Crnica', 'Batuga', 'Medika', 'Pečenica', 'Napoleonka' and others. Many of the synonyms are based on folklore or describe some of its characteristics, such as the name 'Gnjilica' because the fruit is softer from the inside out, or 'Crnica' because the harvested fruit darkens after a certain time, etc.

According to historical records, there are two theories about how the 'Tepka' pear began to spread in our area. The first states that during the reign of Empress Maria Theresa in the 18th century, the development of fruit growing was encouraged in order to improve the economy, trade and education. By decree, the empress ordered that fruit growing should be introduced in schools and that at least one fruit tree should be planted in every courtyard, for which the state distributed seedlings. Anyone who did not plant a fruit tree or took poor care of it, so that the planted seedling withered, was punished by the authorities with beatings, i.e. they were "beaten up".

As it was mainly seedlings of the pear cultivar 'Tepka' that were distributed and planted at this time, it is assumed that this is where the name of the cultivar comes from. Another tradition says that the 'Tepka' pear came to our region with Napoleon's army in the 19th century and that Napoleon also ordered the planting of fruit trees and villagers who did not obey the orders were "beaten".

The pear cultivar 'Tepka' develops lush, up to 20 or more meters high trees with a more or less branched, upright-round crown, which is characterized by a longevity of 100, 150 or more years.

'Tepka' is a high-yielding cultivar that tends to alternating fertility, as individual trees bear several hundred and even 1000 kg of fruit in favourable years. They usually flower at the beginning of April and the fruits ripen in September, depending on the climatic conditions of the growing region. The fruits of the 'Tepka' usually fall hard and green on the ground, are collected and further preserved and processed depending on their purpose. 'Tepka' fruits have

¹ University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Division of Horticulture and Landscape Architecture, Department of Pomology, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb, Hrvatska

a high nutritional value, they are rich in biologically active substances that give 'Tepka' pear products a special added value. Due to high yields and the positive properties of the fruit, 'Tepka' is considered ideal for the production of various fruit products and is particularly suitable for drying, processing into juices and is a very valuable raw material for the production of brandy. Brandy made from the 'Tepka' pear cultivar is highly valued, has favourable organoleptic properties and has been traditionally produced in north western Croatia for many years.

It is not overly demanding in terms of environmental conditions (frost, drought, high temperatures) and is tolerant of diseases and pests. Due to their adaptability and tolerance to environmental conditions, the fruits of 'Tepka' used to be an important fruit for overcoming hunger in unfavorable years. The collected fruits could be stored until winter, when they became soft and very sweet and could be eaten and used when there were no other fruits left.

Despite its unknown origin, 'Tepka' is a pear cultivar that still attracts attention today. With its long-lived, huge trees full of flowers and hundreds of kilograms of fruit, it is a cultivar that, in addition to its historical importance, can take its place in many plantations, gardens or public areas, where its history can be revived for educational purposes and the fruit can be used for various forms of processing.

In some areas of the Croatian mainland, efforts are now being made to revive the cultivation of the 'Tepka' pear cultivar. Considering the described characteristics, 'Tepka' was a popular pear cultivar in Croatia in the past, where it was important and represented in a large percentage along with numerous other traditional cultivars (more than 100). With the subsequent disintegration of the empire and numerous social changes, there was no targeted preservation of valuable traditional cultivars, and many of them perished, causing us to lose an irreplaceable value that is important for the preservation of biodiversity. Due to its longevity and resistance to agroecological conditions, 'Tepka' can still be found on the edges of forests, on agricultural land or on homesteads. For this reason, it is important to strive for the preservation and revival of old pear trees of the 'Tepka' cultivar, taking scions, grafting them, producing seedlings and planting them in local areas. In this way, the historical value and cultural heritage are preserved and the cultivation of traditional cultivars is promoted by planting classic orchards with tall trees and cultivating them according to the principles of organic production. It is also important to popularize the cultivation of traditional cultivars and exploit their potential for the production of local traditional products with added value through systematic research and educational workshops. It should be emphasized that recently interest is increasing again and seedlings of the pear cultivar 'Tepka' are being sought, so there is hope that the cultivar can be preserved through the joint efforts of local communities, fruit science and the profession.

Key words: 'Tepka', environmental conditions, organic production, potential, local traditional products

OHRANJANJE IN REVITALIZACIJA TRADICIONALNE SORTE HRUŠK 'TEPKA' NA HRVAŠKEM

POVZETEK

Hruška 'Tepka' je poznana že dolgo, in je najbolj razširjena tradicionalna sorta hruške v celinskem delu Republike Hrvaške in drugih sosednjih državah. Ker je bilo naše območje skozi stoletja izpostavljeno pogostim selitvam ljudi, je postalo zakladnica različnih vrst in naravnih populacij spontano izbranih genotipov sadnega drevja. To je pripomoglo k zelo bogati genetski pestrosti sadnih vrst na razmeroma majhni površini. S tovrstnim razširjanjem se je med generacijami izgubila informacija o izvoru posameznih genotipov in imena posameznih kultivarjev so dobila drugačna imena. Nekaj podobnega se je zgodilo s sorto hruške 'Tepka', ki jo najdemo pod različnimi imeni ali sinonimi, kot so 'Tepkovic', 'Tepača', 'Gnjilica', 'Gnjilača', 'Karamut', 'Crnica', 'Batuga', 'Medika', 'Pečenica', 'Napoleonka' in drugi. Številne sopomenke temeljijo na ljudskem izročilu ali opisujejo nekatere njene značilnosti, na primer ime 'Gnjilica', ker je sadež mehkejši od znotraj navzven, ali 'Crnica' - meso potemni, ko stoji itd.

Po zgodovinskih zapisih obstajata dve teoriji o tem, kako se je hruška 'Tepka' začela širiti pri nas. Prva navaja, da so v času vladavine cesarice Marije Terezije v 18. stoletju spodbujali razvoj sadjarstva z namenom izboljšanja gospodarstva, trgovine in šolstva. Cesarica je z dekretom ukazala, naj se sadjarstvo uvede v šole in da se na vsakem dvorišču posadi vsaj eno sadno drevo, za kar je država delila sadike. Kdor sadnega drevja ni zasadil ali je zanj slabo skrbel, tako da je posajena sadika ovenela, ga je oblast kaznovala s tepežem.

Ker so bile v tem času razdeljene in posajene predvsem sadike hruške sorte 'Tepka', domnevamo, da od tod izvira tudi ime sorte. Drugo izročilo pravi, da je hruška 'Tepka' v naše kraje prišla z Napoleonovo vojsko v 19. stoletju in da je Napoleon tudi ukazal saditi sadno drevje, vaščane, ki ukaza niso upoštevali, pa so »tepli«.

Sorta hruške 'Tepka' razvije bujna, do 20 ali več metrov visoka drevesa z bolj ali manj razvejano, pokončno okroglasto krošnjo, za katero je značilna dolgoživost 100, 150 ali več let.

'Tepka' je visokorodna sorta, ki je nagnjena k izmenični rodnosti, saj posamezna drevesa v ugodnih letih obrodijo po več sto in tudi 1000 kg. Običajno cvetijo v začetku aprila, plodovi pa dozorejo septembra, odvisno od vremenskih razmer. Plodovi sorte 'Tepka' navadno padejo trdi in zeleni na tla, nato se jih nabere in nadalje shrani ter predela glede na njihov namen. Plodovi sorte 'Tepka' imajo visoko hranilno vrednost, bogati so z biološko aktivnimi snovmi, ki dajejo izdelkom iz hrušk 'Tepka' posebno dodano vrednost. Zaradi velikih pridelkov in pozitivnih lastnosti plodov velja 'Tepka' kot idealna za predelavo v različne sadne izdelke, posebej primerna je za sušenje, predelavo v sokove in je zelo dragocena surovina za proizvodnjo žganja. Žganje iz hruške sorte 'Tepka' je zelo cenjeno, ima dobre organoleptične lastnosti in se že vrsto let tradicionalno proizvaja v severozahodni Hrvaški.

Glede okoljskih razmer (mraz, suša, visoke temperature) ni pretirano zahtevna, dobro prenaša bolezni in škodljivce. Zaradi svoje prilagodljivosti in tolerantnosti na okoljske razmere so bili plodovi tepke nekoč pomemben sadež za premagovanje lakote v neugodnih letih. Nabrane plodove so lahko hranili do zime, ko so postali mehki in zelo sladki ter jih je bilo mogoče jesti in uporabljati, ko ni bilo več drugega sadja.

Kljub neznanemu izvoru je 'Tepka' sorta hrušk, ki še danes vzbuja pozornost. S svojimi dolgoživimi, ogromnimi drevesi, polnimi cvetov in stotinami kilogramov plodov, je sorta, ki poleg zgodovinskega pomena lahko zasede svoje mesto v številnih nasadih, vrtovih ali javnih površinah, kjer lahko obujemo njeno zgodovino v izobraževalne namene, plodove pa se lahko uporablja za različne oblike predelave.

Na nekaterih območjih Hrvaške se zdaj trudijo oživiti pridelavo hruške sorte 'Tepka'. Glede na opisane lastnosti je bila 'Tepka' v preteklosti priljubljena sorta hrušk na Hrvaškem, kjer je bila poleg številnih drugih tradicionalnih sort (več kot 100) pomembna in zastopana v velikem odstotku. S kasnejšim razpadom imperija in številnimi družbenimi spremembami ni bilo usmerjenega ohranjanja dragocenih tradicionalnih sort, veliko jih je propadlo, s čimer smo izgubili nenadomestljivo vrednost, pomembno za ohranjanje biotske raznovrstnosti. Zaradi svoje dolgoživosti in odpornosti na agroekološke razmere sorto 'Tepka' še najdemo na obronkih gozdov, na kmetijskih zemljiščih ali domačijah. Zato je pomembno, da si prizadevamo za ohranitev in oživitev starih hrušk sorte 'Tepka', z nabiranjem cepičev, cepljenjem, pridelavo sadik in sajenjem na lokalnih površinah. Na ta način se ohranja zgodovinska vrednost in kulturna dediščina ter spodbuja gojenje tradicionalnih sort z zasaditvijo klasičnih sadovnjakov z visokodebelnimi drevesi in njihovo obdelavo po načelih ekološke pridelave. Pomembna je tudi popularizacija gojenja tradicionalnih sort in izkoriščanje njihovega potenciala za pridelavo lokalnih tradicionalnih izdelkov z dodano vrednostjo s sistematičnim raziskovanjem in izobraževalnimi delavnicami. Poudariti je treba, da se v zadnjem času spet povečuje zanimanje in iščejo se sadike hruške sorte 'Tepka', zato obstaja upanje, da bo s skupnimi moči lokalne skupnosti, sadjarstva in stroke to sorto mogoče ohraniti.

Ključne besede: Tepka, okoljske razmere, ekološka pridelava, potencial, lokalni tradicionalni izdelki

VPLIV SALICILATOV NA FIZIKALNO-KEMIJSKE LASTNOSTI JAGOD

Saša GAČNIK¹, Darinka KORON², Maja MIKULIČ-PETKOVŠEK¹

POVZETEK

V raziskavi smo želeli raziskati vpliv salicilatov – salicilne kisline (SA), acetil salicilne kisline (ASA) in metil salicilne kisline (MeSA) na fizikalno-kemijsko kakovost jagod, z meritvami mase in trdote plodov, barvnih parametrov L, C, h° in vsebnostjo primarnih metabolitov, sekundarnih metabolitov in topne suhe snovi. Tretiranje s SA in njenimi derivati je vplivalo predvsem na barvo jagod. Tretirani plodovi so v vseh terminih imeli značilno manjši parameter h° od kontrolnih plodov. Kar je pomenilo, da so bili tretirani plodovi bolj rdeče obarvani. Podoben rezultat smo dobili tudi pri analizi antocianinov, saj je tretiranje z derivati SA povzročilo sintezo pelargonidin-3-glukozida. Največje vsebnosti pelargonidin-3-glukozida so bile izmerjene 10 dni po tretiranju, kjer se je njegova vsebnost ob tretiranju s SA povečala za 20,1 %, z ASA za 21,8 % in z MeSA za 23,3 % v primerjavi z netretiranimi plododovi. Tretiranje s salicilati je vplivalo tudi na povečanje skupnih sladkorjev, ki so se v primerjavi s kontrolo, tri dni po tretiranju s SA povečali za 17,3 %, z MeSA za 8,5 % in z ASA za 14,0 %. Tretiranje s SA in MeSA je povečalo tudi vsebnost askorbinske kisline v plodovih jagode, in sicer za 20,1 % (SA) oziroma 20,0 % (MeSA). Vsebnost skupno analiziranih fenolnih spojin (TAPC) se je med obiranji povečevala. Izkazalo se je, da je odziv fenolnih spojin na tretiranje s salicilati kratkotrajen. Povečanje TAPC je bilo tri dni po tretiranju najbolj značilno pri SA ($1476 \pm 31,47$ mg/kg sveže snovi; SS) in MeSA ($1547 \pm 107,6$ mg/kg SS v primerjavi s kontrolo ($1204 \pm 64,41$ mg/kg SS)).

Ključne besede: *Fragaria* × *ananassa*, salicilna kislina, acetil salicilna kislina, metil salicilna kislina, sladkorji, organske kisline, fenoli, rastlinski metaboliti

EFFECTS OF SALICYLIC ACID AND IT'S DERIVATIVES ON PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF STRAWBERRY FRUITS

ABSTRACT

In the research, the influence of salicylates - salicylic acid (SA), acetyl salicylic acid (ASA) and methyl salicylic acid (MeSA) on some physical and chemical quality were investigated with measurements of fruit weight, fruit firmness, color parameters L, C, h°, content of primary metabolites, secondary metabolites and soluble solids. Salicylates mainly affected the color of the berries. Treated fruits had a significantly lower h° parameter than control fruits in all terms. Which meant fruits with redder color. A similar result was obtained in the analysis of anthocyanins, as treatment with SA derivatives led to the synthesis of pelargonidin-3-glucoside. The maximum contents of pelargonidin-3-glucoside were measured 10 days after

¹ Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

² Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za sadjarstvo, vinogradništvo in vinarstvo, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana

treatment, where its content increased by 20.1% when treated with SA, by 21.8% with ASA and by 23.3% with MeSA. Treatment with SA and its derivatives also increased total sugars, which increased by 17.3% three days after treatment with SA, with MeSA by 8.5% and with ASA by 14.0%. Treatment with SA and MeSA also increased ascorbic acid content in strawberry fruits by 20.1% (SA) and 20.0% (MeSA), respectively. The content of total analyzed phenolic compounds (TAPC) increased during harvesting. It turned out that the response of phenols to salicylates treatments with is short-lived. The increase in TAPC three days after treatment was most characteristic in SA (1476 ± 31.47 mg/kg FW) and MeSA (1547 ± 107.6 mg/kg FW) compared to the control (1204 ± 64.41).

Key words: salicylic acid, acetyl salicylic acid, methyl salicylic acid, *Fragaria* × *ananassa*, salicylates, sugars, organic acids, phenolic compounds, plant metabolites

1. UVOD

Kmetijstvo je dandanes pred velikim izzivom, kako pridelati dovolj kakovostne hrane ob naraščajočem prebivalstvu, podnebnimi spremembami in odpornostjo škodljivih organizmov na nekatera fitofarmacevtska sredstva (FFS). Želje potrošnikov po zdravi hrani, pridelani s čim manjšo porabo FFS, zaradi njihovih negativnih vplivov na zdravje ljudi in okolje, pa še dodatno vodijo raziskovalce po svetu v iskanje novih alternativnih pristopov varovanja sadnih rastlin (Gačnik in sod., 2023). Ena izmed alternativ bi bila lahko uporaba salicilne kisline (SA) in njenih derivatov. SA spada med raznoliko skupino fenolnih spojin in ima pomembno vlogo pri obrambi rastlin na različne patogene organizme in škodljivce (Raskin, 1992). Med drugim, direktno zatira češnjevo rjavo gnilobo (*Monilinia fructicola*) (Yao in Tian, 2005), sivo plesen (*Botrytis cinerea*) na jagodah (Babalar in sod., 2007), jablanove škrlup (*Venturia inaequalis*) (Abbasi in sod., 2019) in rjavo gnilobo (*Monilinia* sp.) na plodovih jabolane (Gacnik in sod., 2023). Poleg tega številni avtorji navajajo, da uporaba SA in njenih derivatov pripomore k izboljšanju kakovostnih parametrov plodov, kot so večja masa, trdota plodov in vsebnost askorbinske kisline v hruškah (Tareen in sod., 2012), večja vsebnost antocianinov, boljša obarvanost in trdota plodov češenj (Giménez in sod., 2014) in povečanje vsebnosti nekaterih bioaktivnih snovi v različnih vrstah sadja (Gačnik in sod., 2021; Huang in sod., 2008; Gacnik in sod., 2021).

V raziskavi smo želeli raziskati vpliv SA in dveh njenih bolj znanih derivatov – acetil salicilne kisline (ASA; bolj poznana kot aspirin) in metil salicilne kisline (MeSA), na nekatere zunanje in notranje kakovostne parametre jagod sorte 'Clery'.

2. MATERIALI IN METODE

Poskus je bil zasnovan v letu 2018 na lokaciji Brdo pri Lukovici, ki je v lasti Kmetijskega inštituta Slovenije (KIS). Na grebene, prekrte s črno polietilensko zastirko in opremljene z namakalnim sistemom smo 26. 7. 2018 v dve vrsti posadili frigo sadike sorte 'Clery' s sadilno razdaljo 0,25 x 0,25 m. Rastline smo oskrbovali po navodilih za integrirano pridelavo (IP) sadja (Ministrstvo za kmetijstvo ..., 2018). Poskus je obsegal štiri obravnavanja – C (kontrola; škropljenje z vodo), SA (škropljenje rastlin z 1 mM SA), ASA (škropljenje 1 mM raztopino ASA) in MeSA (škropljenje z 1mM raztopino MeSA). Vsako obravnavanje je bilo ponovljeno v 5 blokih, v vsakem je bilo vključenih 10 rastlin. Meritve kakovostnih parametrov plodov (masa plodov, trdota plodov, vsebnost topne suhe snovi (° Brix) in barvni parametri L , C h°) in vzorčenje polno zrelih jagod za analize primarnih in sekundarnih

metabolitov je bilo izvedeno pred nanosom raztopin (T0) in še v 3 terminih – 3 dni, 7 dni in 10 dni po tretiranju. V vsakem terminu se je ločeno po obravnavanjih shranilo tri vzorce na blok na $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do nadaljnjih analiz primarnih in sekundarnih metabolitov. Ekstrakcija sladkorjev, organskih kislin, askorbinske kisline ter fenolnih snovi je potekala po metodah, ki jih navajajo Gačnik in sod. (2021a). Identifikacijo fenolnih spojin smo izvedli s pomočjo masne spektrometrije, kvantifikacijo pa na sistemu visokoločljivostne tekočinske kromatografije (HPLC).

Podatke smo uredili v MS Excel (Microsoft Office Professional Plus 2019) in jih statistično obdelali v programu R (R core Team, 2019), kjer smo uporabili enosmerno analizo variance (ANOVA). Statistično značilne razlike med obravnavanji smo testirali s testi mnogoterih primerjav (Tukey's test) pri 95 % intervalu zaupanja.

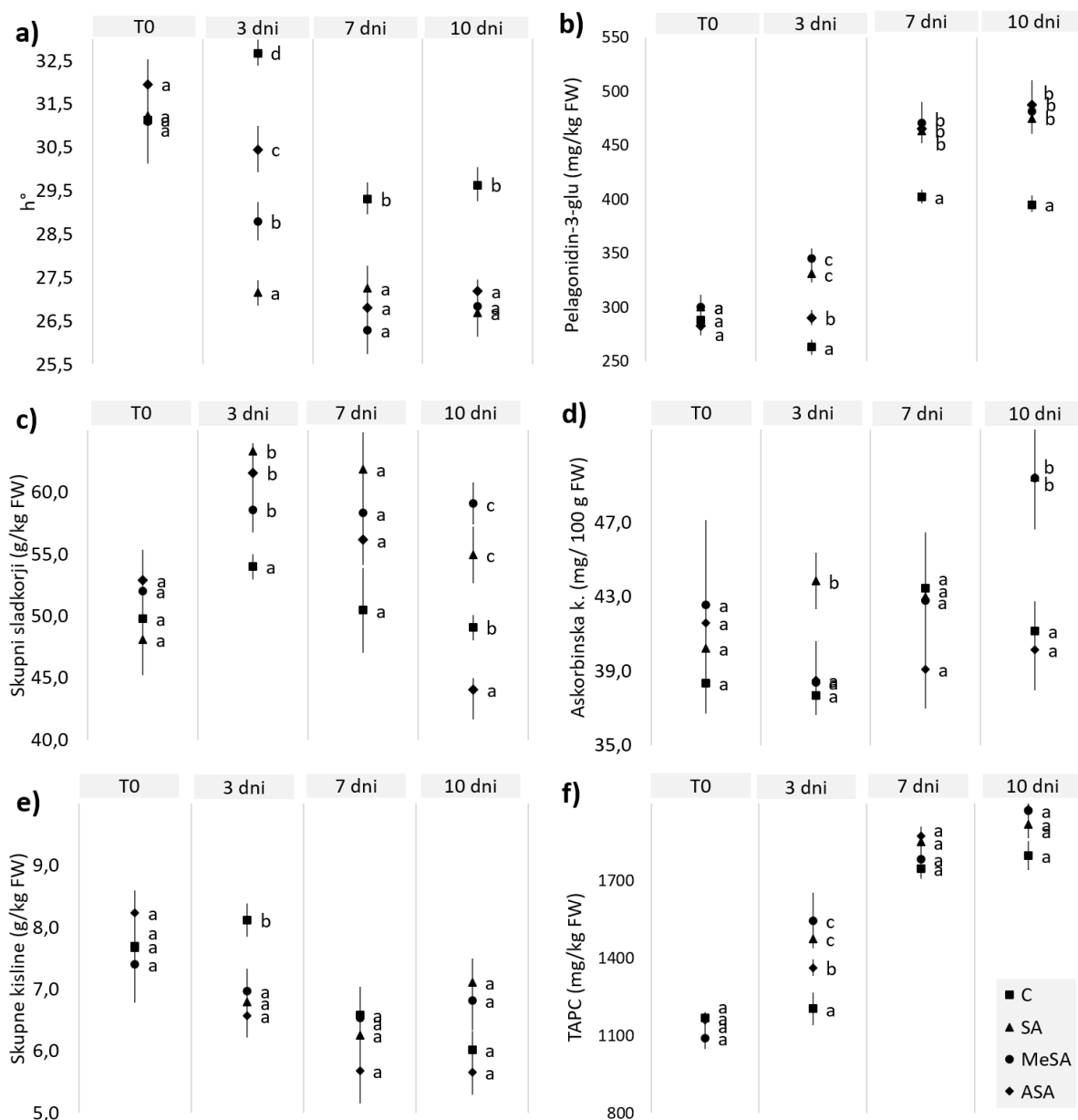
3. REZULTATI IN RAZPRAVA

Tretiranje jagod s SA in njenimi derivati je vplivalo predvsem na barvo jagod. Parameter h° (slika 1a) se je v vseh treh terminih značilno razlikoval med tretiranimi plodovi in kontrolo, ki je imela značilno ($p < 0.05$) višji barvni kot. Parametra L^* in C se med obravnavanji nista razlikovala (podatki niso prikazani). Da so bili s salicilati tretirani plodovi bolj rdeče obarvani, smo potrdili tudi z analizo vsebnosti antocianinov. V tretiranih plodovih smo analizirali večje vsebnosti glavnega antocianina v jagodah, to je pelargonidin-3-glukozida (slika 1b). Največje vsebnosti pelargonidin-3-glukozida so bile izmerjene v zadnjem terminu vzorčenja (10 dni), kjer se je njegova vsebnost ob tretiranju s SA povečala za 20,1 %, z ASA za 21,8 % in z MeSA za 23,3 % v primerjavi s kontrolo. Po poročanju Champa in sod. (2014) SA vpliva tudi na stabilnost antocianinov v kožici grozdnih jagod in s tem tudi na ohranjanje barve namiznih sort grozdja. Obratno pa nekateri avtorji navajajo, da se s tretiranjem s SA zakasni spreminjanje zelene barve v rdečo pri jabolkih in žizulah, kar nakazuje, da SA upočasni dozorevanje plodov (Cao in sod., 2013; Gačnik in sod., 2021).

Tretiranje jagod s SA in njenimi derivati je vplivalo na povečanje skupnih sladkorjev v plodovih (slika 1c) z izjemo drugega vzorčenja po tretiranju (7 dni) in z ASA pri zadnjem vzorčenju (10 dni). Tri dni po tretiranju so imeli tretirani plodovi značilno večjo vsebnost skupnih sladkorjev in sicer tretirani s SA za 17,3 %, z MeSA za 8,5 % in z ASA za 14,0 %. Podoben odziv povečanja sladkorjev zaradi tretiranja z derivati SA so poročali tudi v drugih študijah (García-Pastor in sod., 2020). SA regulira presnovo ogljikovih hidratov posredno ali neposredno z vplivom na aktivnost nekaterih encimov, npr. saharoza fosfat sintaza, saharoza sintaza in amilaza, kar povzroči, da se topni sladkorji v rastlini kopičijo in delujejo kot ozmotski regulatorji. Zaradi tega se rastlina lahko bolje odziva na sušni stres (Dong in sod., 2011). Obratno pa so tretiranja s salicilati vplivala na manjšo vsebnost skupnih organskih kislin (slika 1e) v plodovih pri prvem vzorčenju (3 dni), medtem ko v drugih dveh obiranjih med obravnavanji in kontrolo ni bilo značilnih razlik v vsebnosti organskih kislin.

Askorbinska kislina je ena izmed bolj pomembnih bioaktivnih snovi v sadju, ki je zelo občutljiva na degradacijo. Vsebnost askorbinske kisline (slika 1d) je bila v prvem in zadnjem vzorčenju značilno večja pri jagodah tretiranih s SA in v zadnjem vzorčenju pri tretiranih z MeSA. Njena vsebnost se je pri obravnavanju SA in MeSA povečala za 20 % v primerjavi s kontrolo. Podoben odziv povečanja askorbinske kisline poročajo tudi Kazemi in sod. (2011). Znano je, da ima askorbinska kislina pomembno vlogo kot antioksidant in ščiti rastlino pred oksidativnimi poškodbami z lovljenjem prostih radikalov in kisikovih spojin (ROS), ki nastanejo zaradi različnih stresorjev (Elwan in El-Hamahmy, 2009). Razlog za povečanje

njene vsebnosti gre pripisati tretiranju s SA, ki povzroči hitro in prehodno povečanje ROS in posledično povečanju potrebe po antioksidativnem delovanju (Dong in sod., 2011).



Slika 1: Vpliv salicilne kisline (SA), metil salicilne kisline (MeSA) in acetil salicilne kisline (ASA) 3 dni, 7 dni in 10 dni po tretiranju na a) barvni kot (h°), b) vsebnost pelargonidin-3-glukozida (mg/kg SS), c) vsebnost skupnih sladkorjev (g/kg SS), d) vsebnost askorbinske kisline (mg/100 g SS), e) vsebnost skupnih organskih kislin (g/kg SS) in f) vsebnost skupno analiziranih fenolnih spojin (TAPC; mg/kg SS) v plodovih jagode. Vrednosti so predstavljene kot povprečje \pm standardna napaka

Figure 1: Effect of salicylic acid (SA), methyl salicylic acid (MeSA) and acetyl salicylic acid (ASA) 3 days, 7 days and 10 days after treatments on a) color hue angle (h°), b) pelargonidin-3-glucoside content (mg/kg FW), c) total sugars content (g/kg) FW), d) ascorbic acid content (mg/100 g FW), e) total organic acids content (g/kg FW) and f) content of total analyzed phenolic compounds (TAPC; mg/kg FW) in strawberry fruits. Contents are presented as mean \pm standard error

Vsebnost skupno analiziranih fenolnih spojin (TAPC; slika 1f) se je med vzorčenji povečevala. Med obravnavanji ni bilo značilnih razlik v vsebnosti TAPC, z izjemo prvega vzorčenja. Povečanje TAPC je bilo najbolj izrazito pri SA ($1476 \pm 31,47$ mg/kg FW) in MeSA ($1547 \pm 107,6$ mg/kg FW) v primerjavi s kontrolo ($1204 \pm 64,41$ mg/kg SS). Izkazalo se je, da je odziv s sintezo fenolnih spojin na tretiranje s salicilati kratkotrajen. Podobno se je izkazalo tudi pri kožici jabolk, kjer je bilo ugotovljeno, da je to lahko povezano z absorpcijo salicilatov v kožico (Gacnik in sod., 2021). V isti raziskavi so spremljali vsebnost SA in MeSA v različnih časovnih intervalih po nanosu 2,5 mM raztopin. Vsebnost MeSA v kožici jabolk po 6 urah od nanosa je bila v povprečju $3,1$ $\mu\text{g/g}$ suhe snovi in se je po 48 urah zmanjšala na $0,73$ $\mu\text{g/g}$ kožice suhe snovi, med tem ko je bila vsebnost SA po šestih urah od nanosa že zelo majhna ($0,5$ $\mu\text{g/g}$ suhe snovi). V jagodah smo identificirali fenolne snovi iz sedmih različnih fenolnih skupin, to so hidroksicimetne kisline, flavoni, flavonoli, flavanoli, derivati elagne kisline in antocianini. Med posameznimi fenolnimi skupinami so se razlike v vsebnosti fenolnih snovi med obravnavanji pokazale le do prvega obiranja, kasneje z izjemo antocianinov ni bilo razlik. Pri slednjih so bile razlike podobne kot pri pelargonidin-3-glukozidu (slika 1b). Flavanoni in derivati elagne kisline se na tretiranje s SA in derivatoma niso odzivali (podatki niso prikazani).

4. ZAHVALA

Raziskovalno delo je del programa Hortikultura P4-0013-0481, ki ga financira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS).

5. LITERATURA

- Abbasi, P. A., Ali, S., Braun, G., Bevis, E., Fillmore, S. 2019. Reducing apple scab and frog-eye or black rot infections with salicylic acid or its analogue on field-established apple trees. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 41(3), 345–354. <https://doi.org/10.1080/07060661.2019.1610070>
- Babalar, M., Asghari, M., Talaei, A., Khosroshahi, A. 2007. Effect of pre- and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit. *Food Chemistry*, 105(2), 449–453. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.021>
- Cao, J. K., Yan, J. Q., Zhao, Y. M., Jiang, W. B. 2013. Effects of four pre-harvest foliar sprays with β -aminobutyric acid or salicylic acid on the incidence of post-harvest disease and induced defence responses in jujube (*Zizyphus jujuba* Mill.) fruit after storage. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 88(3), 338–344. <https://doi.org/10.1080/14620316.2013.11512974>
- Champa, W. A. H., Gill, M. I. S., Mahajan, B. V. C., Arora, N. K. 2014. Preharvest salicylic acid treatments to improve quality and postharvest life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Flame Seedless. *Journal of Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1422-7>
- Dong, C.-J., Wang, X.-L., Shang, Q.-M. 2011. Salicylic acid regulates sugar metabolism that confers tolerance to salinity stress in cucumber seedlings. *Scientia Horticulturae*, 129(4), 629–636. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.05.005>
- Elwan, M. W. M., El-Hamahmy, M. A. M. 2009. Improved productivity and quality associated with salicylic acid application in greenhouse pepper. *Scientia Horticulturae*, 122(4), 521–526. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.07.001>
- Gacnik, S., Munda, A., Veberic, R., Hudina, M., Mikulic-Petkovsek, M. 2023. Preventive and Curative effects of salicylic and methyl salicylic acid having antifungal potential against *Monilinia laxa* and the development of phenolic response in apple peel. *Plants*, 12(8), 1584. <https://doi.org/10.3390/plants12081584>
- Gačnik, S., Trdan, S., Mikulič-Petkovšek, M. 2023. Vplivi salicilne kisline in njenih derivatov na rastline, škodljive in koristne organizme in njihove interakcije v okolju. *Acta Agriculturae Slovenica*, 119(1). <https://doi.org/10.14720/aas.2023.119.1.2953>

- Gačnik, S., Veberič, R., Hudina, M., Koron, D., Mikulič-Petkovšek, M. 2021a. Salicylate treatment affects fruit quality and also alters the composition of metabolites in strawberries. *Horticulturae*, 7(10), 400. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7100400>
- Gacnik, S., Veberič, R., Hudina, M., Marinovic, S., Halbwirth, H., Mikulič-Petkovšek, M. 2021. Salicylic and methyl salicylic acid affect quality and phenolic profile of apple fruits three weeks before the harvest. *Plants*, 10(9), 1807. <https://doi.org/10.3390/plants10091807>
- García-Pastor, M. E., Zapata, P. J., Castillo, S., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Valero, D., Serrano, M. 2020. The effects of salicylic acid and its derivatives on increasing pomegranate fruit quality and bioactive compounds at harvest and during storage. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2020.00668>
- Giménez, M. J., Valverde, J. M., Valero, D., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Serrano, M., Castillo, S. 2014. Quality and antioxidant properties on sweet cherries as affected by preharvest salicylic and acetylsalicylic acids treatments. *Food Chemistry*, 160, 226–232. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.107>
- Huang, R.-H., Liu, J.-H., Lu, Y.-M., Xia, R.-X. 2008. Effect of salicylic acid on the antioxidant system in the pulp of ‘Cara cara’ navel orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) at different storage temperatures. *Postharvest Biology and Technology*, 47(2), 168–175. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.06.018>
- Kazemi, M., Aran, M., Zamani, S. 2011. Effect of salicylic acid treatments on quality characteristics of apple fruits during storage. *American Journal of Plant Physiology*, 6(2), 113–119. <https://doi.org/10.3923/ajpp.2011.113.119>
- Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. 2018. Pravilnik o integrirani pridelavi poljščin, zelenjave, hmelja, sadja in oljk ter grozdja. <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV14922> (19.12.2023)
- Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 43(1), 439–463. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.43.060192.002255>
- Tareen, M. J., Abbasi, N. A., Hafiz, I. A. 2012. Effect of salicylic acid treatments on storage life of peach fruits cv. ‘Flordaking’ Pak. *J. Bot*, 44(1), 119–124.
- Yao, H., Tian, S. 2005. Effects of pre- and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. *Postharvest Biology and Technology*, 35(3), 253–262. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.09.001>

INFLUENCE OF ENZYME-ASSISTED EXTRACTION ON THE YIELD, COLOUR AND CONCENTRATION OF SELECTED PRIMARY AND SECONDARY METABOLITES IN THE JUICE OF ARONIA (*Aronia melanocarpa* L.)

Alema PUZOVIĆ¹, Maja MIKULIČ-PETKOVŠEK¹

ABSTRACT

The study investigated the effect of thermomaceration with different ROHAPECT[®] MC pectinase concentrations (100 and 200 ppm) on the yield, colour parameters and concentration of sugars, organic acids and phenolics during processing of aronia berries (*Aronia melanocarpa*) cv. 'Nero'. The juice yield increased significantly by 18% with the addition of 200 ppm enzyme concentration. All juices exhibited a very dark red, purple colour with no significant differences in colour parameters between treatments. Treatment with an enzyme concentration of 200 ppm led to a significant improvement in the concentration of organic acids, while no differences in sugar concentration were found in the samples tested. Anthocyanins accounted for 60 % of the total phenolic content, followed by hydroxycinnamic acid derivatives (22 %) and flavanols (14 %). The extraction yield of anthocyanins and hydroxycinnamic acid derivatives improved significantly by 18 % and 10 %, respectively, with addition of pectinases.

Key words: pectinase, extraction, juice, sugars, organic acids, phenolic compounds, metabolites

VPLIV ENCIMSKE EKSTRAKCIJE NA IZKORISTEK, BARVO IN KONCENTRACIJO IZBRANIH PRIMARNIH IN SEKUNDARNIH METABOLITOV V SOKU ARONIJE (*Aronia melanocarpa* L.)

POVZETEK

V študiji smo preučevali vpliv termomaceracije z različnimi koncentracijami pektinaz ROHAPECT[®] MC (100 in 200 ppm) na izkoristek soka, barvne parametre in koncentracijo sladkorjev, organskih kislin in fenolov skozi procesiranje plodov aronije (*Aronia melanocarpa*) sorte 'Nero'. Izkoristek soka se je z dodajanjem 200 ppm koncentracije encima značilno povečal, in sicer za 18%. Sok iz različnih obravnavanj je imel zelo temno rdečo, vijolično barvo in v izmerjenih barvnih parametrih brez značilnih razlik med posameznimi obravnavanji. Pri uporabi 200 ppm encima smo v soku aronije dobili višjo koncentracijo organskih kislin, medtem ko pri sladkorjih ni bilo razlik med vzorci. Antociani so predstavljali 60 % skupne vsebnosti fenolov, sledili so derivati hidroksicimete kisline (22 %) in flavanoli (14 %). Izkoristek ekstrakcije antocianinov in derivatov hidroksicimete kisline se je z dodatkom pektinaz bistveno izboljšal za 18 % oziroma 10 %.

¹ Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

Ključne besede: pektinaze, ekstrakcija, sok, sladkorji, organske kisline, fenolne spojine, metaboliti

1. INTRODUCTION

Aronia melanocarpa (*Rosaceae*), also known as black chokeberry, is a shrub native to North America that is now also widely cultivated in Europe (Kim et al., 2013). The production of fresh aronia is limited to a relatively short period of time, but these berries are rarely consumed fresh due to their various unpleasant sensory properties such as bitterness and astringency (Troszyńska et al., 2003). Rather, they are used for the production of jams, juices, wines and anthocyanin colorants, as aronia berries are known to have one of the highest contents of phenolic compounds, including procyanidins, anthocyanins and phenolic acids (Kim et al., 2013; Oszmiański & Wojdyło, 2005). The high content and composition of the phenolic compounds of *A. melanocarpa* seem to be responsible for a wide range of biological effects, such as cardioprotective, gastroprotective, hepatoprotective, antidiabetic, antiinflammatory, antioxidative, antiviral, antimutagenic, and anticancer activities (Kim et al., 2013). Enzymes are therefore an important factor in facilitating the extraction of primary and secondary metabolites from the fruit during juice processing, as they simplify intermediate bioprocesses in food production (Ramadan, 2019). Pectinase in particular catalyzes the degradation of pectin substances through deesterification reactions (with esterases) and depolymerization (with hydrolases and lyases) and thus enables a more efficient extraction (Ramadan, 2019). However, as far as the pectinase enzyme is concerned, enzyme concentration, temperature and incubation time are some of the process parameters that influence the enzyme-assisted extraction process of juice, which means that these parameters need to be further investigated (Pradhan et al., 2020). The aim of this study was therefore to investigate the effects of thermomaceration of aronia mash with 100 ppm and 200 ppm of ROHAPECT® MC pectinase enzyme on yield, colour parameters and contents of total sugars, organic acids and phenolic compounds in aronia juice.

2. MATERIALS AND METHODS

The fruit of *Aronia melanocarpa* cv. 'Nero' was cultivated, harvested and supplied in 2022 from a horticulture farm located in Novo Mesto (Slovenia). Berries were stored at -18 °C until processing and defrosted for 12 hours at room temperature prior to processing. Enzyme solution was prepared one day before juice processing, for which 1 ml of pectinase ROHAPECT® MC was diluted in 100 ml of distilled water to obtain enzyme solution of 10 ppm. Defrosted berries were crushed using a stainless-steel mill and obtained mash was preheated until an internal temperature of 50 °C. As a control treatment, no enzyme solution was added in first batch of mash. In the second batch, to obtain the enzyme concentration of 100 ppm, 15 ml of solution was added, while in the third batch 30 ml of enzyme solution was added to obtain 200 ppm. Mash was further heated at 50 °C for 1 h to complete thermomaceration, after which juices were extracted using a para-press, pasteurized at 85 °C for 1 min and stored in HDPE bottles.

Color assessment was carried out with a colorimeter (CR-10 Chroma, Minolta, Osaka, Japan). The total color difference (ΔE^*) between samples was calculated according to equation:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

where ΔL^* , Δa^* and Δb^* are differences between juices with 0, 100 and 200 ppm enzyme concentration. L^* is represented with values from 0/black to 100/white. The a^* value indicates red-green component of a color, where positive a^* is red and negative a^* is green. The b^* parameter represents yellow and blue components, where positive b^* is yellow and negative b^* is blue. Chroma (C^*) represents saturation and starts with 0 value, while hue angle (h°) values range from 0–360° (Allen, 2023; Scalisi et al., 2022).

The methods described by Mikulic-Petkovsek et al. (2012) and Mikulic-Petkovsek et al. (2020), were used for the analysis of sugars, organic acids and phenolic compounds; the identification of the latter compounds was done using mass spectrometry (MS), and quantification was done using a high-performance liquid chromatography (HPLC) system. One-way analysis of variance (ANOVA) was performed using the statistical program R-commander version 4.3.0. The differences between means were evaluated using Tukey's test for significance ($p < 0.05$).

3. RESULTS AND DISCUSSION

As shown in Figure 1, the juice yield from the mash increased significantly by 18 % when an enzyme concentration of 200 ppm was added compared to juices without enzyme addition. These results are consistent with a study published by Ghosh et al. (2016), in which increasing the concentration of pectinase in Jamun juice significantly increased the yield, as pectinase breaks down protein binding. This indicates a positive effect of pectin degradation by the enzyme action, which leads to a reduction in the viscosity of the raw juice and consequently to an increase in juice yield (Mieszczakowska-Frać et al., 2012). However, an enzyme concentration of 100 ppm did not lead to significant changes in juice yield, suggesting that this concentration may have been too low to have an effect on yield.

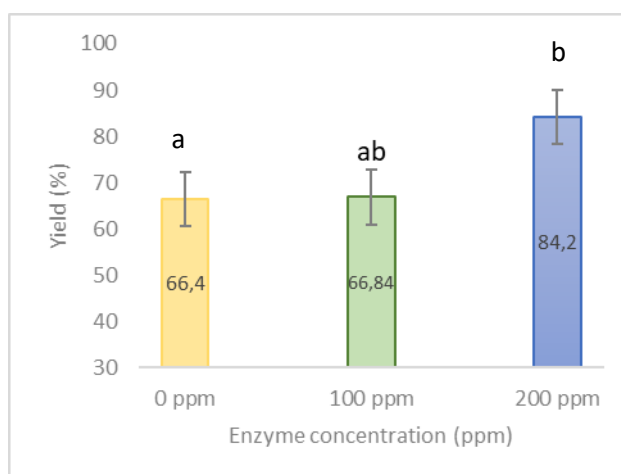


Figure 2: Aronia juice yield (%). Different letters indicate statistical difference between treatments ($p < 0.05$)

Slika 1: Izkoristek soka aronije (%). Različne črke označujejo statistično značilne razlike med obravnavanji ($p < 0,05$)

As presented in Figure 2, all of the juices presented very dark-red violet colour based on the calculated values of $\Delta L=0.1$; $\Delta a=0.0$ and $\Delta b=0.1$, which is comparable with data reported in literature (Tolić et al., 2015). With colour difference between the samples of $\Delta E=0.2$, no significant changes in CIELAB values were determined, since ΔE value of 1.5 or less is generally considered to be imperceptible to the human eye (Allen, 2023).

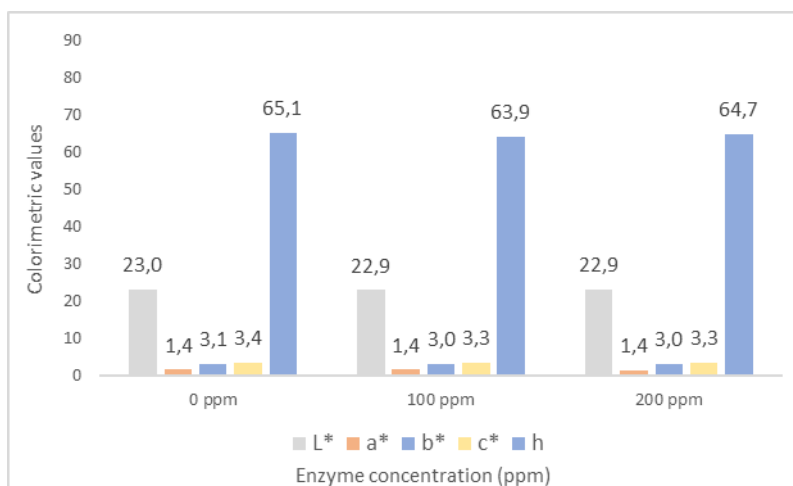


Figure 3: Colorimetric values of analyzed juices

Slika 2: Kolorimetrične vrednosti analiziranih sokov

The treatment with an enzyme concentration of 200 ppm significantly increased the concentration of organic acids by 11 % compared to the juices not treated with enzymes, while the treatment with 100 ppm did not show any significant changes (Table 1). In contrast, the sugar concentration did not change significantly in any of the treated samples, which is consistent with a study published by Yusof & Ibrahim (1994) on the enzymatic maceration of soursop juice.

Table 1: Average content of sugars and organic acids (g/l) in analyzed juice samples

Preglednica 1: Povprečne vsebnosti sladkorjev in organskih kislin (g/l) v analiziranih vzorcih sokov

Enzyme treatment	Sugars	Organic acids
0 ppm	188.16 ^a	81.85 ^a
100 ppm	197.83 ^a	87.98 ^{ab}
200 ppm	193.07 ^a	93.02 ^b
<i>p</i> enzyme treatment	0.558	0.014

Means within a column followed by different letter are significantly different ($p < 0.05$).

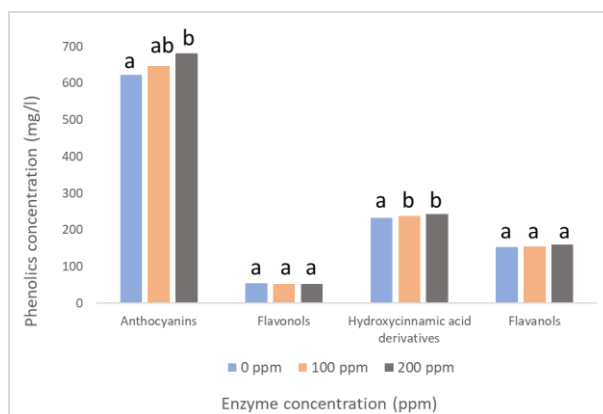


Figure 4: Phenolic compounds concentration in analyzed juices. Different letters indicate statistical difference between treatments ($p < 0.05$)

Slika 3: Koncentracija fenolnih spojin v analiziranih sokovih. Različne črke označujejo statistično značilne razlike med obravnavanji ($p < 0,05$)

Anthocyanins were the most abundant phenolic compounds with an average concentration of 692.1 mg/100 ml and accounted for 60 % of the phenolic content, followed by hydroxycinnamic acid derivatives (22 %) and flavanols (14 %). Many studies reported a similar phenolic profile for various aronia products, with total anthocyanin content reported to be as high as 1480 mg/100 g fresh fruit, which is at the top of the ranking of values measured in red fruits (Wu et al., 2006).

Regarding the effect of the treatments, thermomaceration combined with the addition of enzymes had a positive effect on the extraction of anthocyanins and hydroxycinnamic acids, but no effect on flavonols and flavanols. The total concentration of anthocyanins was significantly improved by 18% in juices with 200 ppm enzyme addition, while the concentration of total hydroxycinnamic acids increased by 10 and 13% in juices with 100 and 200 ppm, respectively. Flavonoids can be present in the free aglycone form, but are often glycosylated (usually bound with glucose), and glycosylation in turn increases their water solubility (Zhang et al., 2019). Since no significant changes were observed in the total sugar concentration, these results suggest a possible selectivity in the release of phenolic compounds from aronia mash.

In conclusion, juice processing with enzymatic thermomaceration as pre-treatment had a significant and positive effect on the yield of juice from aronia mash. Analyzed juice samples had a very dark red-purple colour, and the colour parameters were not affected by the enzyme treatments. Furthermore, the treatments had no effect on the total sugar concentration, while the concentration of total organic acids increased significantly with the addition of enzymes in a 200 ppm concentration. Overall, enzyme treatment with both concentrations had a positive effect on the extraction of phenolic compounds, with increase of anthocyanins by 18 % and hydroxycinnamic acids by 10 % at an enzyme concentration of 100 ppm. These results confirm that the addition of enzymes to thermally treated fruit mash can improve the extraction of bioactive compounds from the aronia.

4. ACKNOWLEDGMENTS

This work was funded by the European Union Horizon 2020 research and innovation programme under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement (No. 956257) and by the Slovenian Research and Innovation Agency (ARIS) under Horticulture Program No. P4-0013-0481.

5. REFERENCES

- Allen, D. (2023, April 25). Understanding the CIELAB ($L^*a^*b^*$) Scale. UMF. <https://www.umfcorp.com/post/understanding-the-cielab-l-a-b-scale>
- Ghosh, P., Pradhan, R. C., & Mishra, S. (2016). Optimization of process parameters for enhanced production of Jamun juice using Pectinase (*Aspergillus aculeatus*) enzyme and its characterization. *3 Biotech*, 6(2), 241. <https://doi.org/10.1007/s13205-016-0561-0>
- Kim, J. H., Auger, C., Kurita, I., Anselm, E., Rivoarilala, L. O., Lee, H. J., Lee, K. W., & Schini-Kerth, V. B. (2013). Aronia melanocarpa juice, a rich source of polyphenols, induces endothelium-dependent relaxations in porcine coronary arteries via the redox-sensitive activation of endothelial nitric oxide synthase. *Nitric Oxide*, 35, 54–64. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2013.08.002>

- Mieszczakowska-Fraç, M., Markowski, J., Zbrzeźniak, M., & Płocharski, W. (2012). Impact of enzyme on quality of blackcurrant and plum juices. *LWT - Food Science and Technology*, 49(2), 251–256. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.12.034>
- Mikulic-Petkovsek, M., Koron, D., & Rusjan, D. (2020). The impact of food processing on the phenolic content in products made from juneberry (*Amelanchier lamarckii*) fruits. *Journal of Food Science*, 85(2), 386–393. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15030>
- Mikulic-Petkovsek, M., Schmitzer, V., Slatnar, A., Stampar, F., & Veberic, R. (2012). Composition of Sugars, Organic Acids, and Total Phenolics in 25 Wild or Cultivated Berry Species. *Journal of Food Science*, 77(10), C1064–C1070. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02896.x>
- Oszmiański, J., & Wojdyło, A. (2005). *Aronia melanocarpa* phenolics and their antioxidant activity. *European Food Research and Technology*, 221(6), 809–813. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0002-5>
- Pradhan, D., Abdullah, S., & Pradhan, R. C. (2020). Optimization of Pectinase Assisted Extraction of Chironji (*Buchanania lanzan*) Fruit Juice Using Response Surface Methodology and Artificial Neural Network. *International Journal of Fruit Science*, 20(sup2), S318–S336. <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1734895>
- Ramadan, M. F. (2019). Enzymes in Fruit Juice Processing. In *Enzymes in Food Biotechnology* (pp. 45–59). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813280-7.00004-9>
- Scalisi, A., O'Connell, M. G., Islam, M. S., & Goodwin, I. (2022). A Fruit Colour Development Index (CDI) to Support Harvest Time Decisions in Peach and Nectarine Orchards. *Horticulturae*, 8(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8050459>
- Tolić, M.-T., Jurčević, I. L., Krbavčić, I. P., Marković, K., & Vahčić, N. (2015). Phenolic Content, Antioxidant Capacity and Quality of Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) Products. *Food Technology and Biotechnology*, 53(2), 171–179. <https://doi.org/10.17113/ftb.53.02.15.3833>
- Troszyńska, A., Lamparski, G., & Kmita-Głazewska, H. (2003). Evaluation of astringency of preparations with different degree of tannin polymerisation. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 12(Suppl.1), 84–86.
- Wu, X., Beecher, G. R., Holden, J. M., Haytowitz, D. B., Gebhardt, S. E., & Prior, R. L. (2006). Concentrations of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(11), 4069–4075. <https://doi.org/10.1021/jf0603001>
- Yusof, S., & Ibrahim, N. (1994). Quality of soursop juice after pectinase enzyme treatment. *Food Chemistry*, 51(1), 83–88. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(94\)90052-3](https://doi.org/10.1016/0308-8146(94)90052-3)
- Zhang, Z., He, Y., Zhang, X., Zhang, Z., He, Y., & Zhang, X. (2019). Flavonoids and Pectins. In *Pectins—Extraction, Purification, Characterization and Applications*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.84960>

DIHYDROQUERCETIN-BASED NANOEMULSION AS A PROMISING BIOSTIMULANT FOR ENHANCING IN FRUIT QUALITY OF STRAWBERRY

Jelena TOMIĆ¹, Boris RILAK¹, Žaklina KARAKLAJIĆ-STAJIĆ¹, Marijana PEŠAKOVIĆ¹, Svetlana M. PAUNOVIĆ¹, Aleksandra KORICANAC²

ABSTRACT

Natural biostimulant products that enhance the growth, productivity, and nutritional quality of fruits are becoming increasingly popular, particularly in challenging environmental conditions like fluctuating temperatures, spring frosts, and excessive precipitation. This study aimed to evaluate the effect of the dihydroquercetin-based biostimulant on the yield and fruit quality of the strawberry cultivar 'Alba' grown in an open field condition. Biostimulant application increased strawberry yield, total phenolic content and antioxidant activity, while physical traits, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), pH, and total sugars (TS), invert sugar (IS) and sucrose (SUC) responded differently to the biostimulant. The application of dihydroquercetin-based nanoemulsion negatively affected the content of TSS, TA, TS and IS but not the external appearance of the strawberry (weight, dimensions, shape, index color and firmness). These data suggested that dihydroquercetin-based treatment might maintain physical traits while improving the content of bioactive compounds of strawberry fruit due to the enhancement of the phenolic content and antioxidant activity.

Key words: biostimulant, strawberry, yield, physical traits, fruit quality

NANOEMULZIJA NA OSNOVI DIHIDROKVERCETINA KOT OBETAVNI BIOSTIMULANT ZA IZBOLJŠANJE KAKOVOSTI PLODOV JAGODE

POVZETEK

Naravni biostimulanti, ki izboljšujejo rast, rodnost in notranjo kakovost plodov, postajajo vse bolj pomembni, zlasti pri spreminajočih se klimatskih spremembah, kot so nihanje temperatur, spomladanske pozebe in prevelike količine padavin. Namen te študije je bil oceniti učinek biostimulanta na osnovi dihidrokvercetina na rodnost in kakovost plodov žlahtnega jagodnjaka sorte 'Alba', gojenega na prostem. Uporaba biostimulanta je povečala pridelek, vsebnost skupnih fenolov in antioksidativni potencial, medtem ko so se druge spremenljivke, kot so topna suha snov (TSS), titracijske kisline (TA), pH, vsebnost skupnih sladkorjev (TS), invertnega sladkorja (IS) in saharoza (SUC), različno odzvale na uporabo biostimulanta. Uporaba nanoemulzije na osnovi dihidrokvercetina je negativno vplivala na vsebnost TSS, TA, TS in IS, ne pa na zunanji videz ploda (maso, velikost, obliko, barvo in trdoto). Ti podatki kažejo, da bi lahko uporaba tega biostimulanta ohranila fizikalne lastnosti,

¹ Fruit Research Institute, Department for Technology of Fruit Growing, Kralja Petra I 9, Čačak, Republic of Serbia

² Fruit Research Institute, Department for Fruit Processing Technology, Kralja Petra I 9, Čačak, Republic of Serbia

hkrati pa povečala vsebnost bioaktivnih snovi v plodovih s povečanjem vsebnosti fenolov in antioksidativne aktivnosti.

Ključne besede: biostimulant, jagoda, pridelek, fizikalne lastnosti, kakovost ploda

1. INTRODUCTION

Strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) is a fruit with a desirable taste and unique flavor. Attractive characteristics of strawberry fruits include aroma, taste, color, texture and bioactive compounds including minerals, vitamins, antioxidants, and secondary metabolites (Aharoni et al., 2002). Given that strawberries can be stored for a short time and are mainly consumed fresh, interest in identifying alternate safe preparations to preserve the nutritional and medicinal properties of fresh fruits. In recent years, many new strategies have been developed to improve sustainable production in horticultural crops, including biostimulants, which improves fruit quality, nutrient use efficiency, and tolerance against abiotic stress (Colla et al., 2015; Rouphael and Colla, 2020). The main categories of plant biostimulants include natural compounds such as humic and fulvic acids, protein hydrolysates, seaweed extracts (Battacharyya et al., 2015; Canellas et al., 2015; Colla et al., 2017), beneficial fungi (e.g., arbuscular mycorrhizal fungi and *Trichoderma* spp.) (Rouphael et al., 2015), and plant growth promoting rhizobacteria (Ruzzi and Aroca, 2015). 'Botanicals' are defined as the naturally occurring secondary metabolites (phytochemicals) extracted from the plant, which can be used in pharmaceutical (drug), cosmetic (creams), food (food ingredients), and agriculture industries (plant protection) (Dimetry, 2014; Seiber et al. 2014). These compounds are generally safer than conventional chemical pesticides to humans and the environment, hence used as biostimulants (Dimetry, 2014; Ertani et al. 2013; Ziosi et al., 2012). 'Taxifolin' is a natural preparation based on dihydroquercetin with a significant content of propyl glycol, compatible with all other plant flavonoids. The main effect of the product is reflected in its antioxidant activity, which promotes growth and development, leads to timely technological and biological maturity, increase yield, and helps the plant to achieve its maximum genetic potential. While nanoemulsions have been widely studied for drug delivery and other applications, their use specifically for preserving the nutritional and medicinal properties of fresh fruits is less common. Because of their large surface area-to-volume ratio, nanoemulsions can provide a higher stability against gravitational separation and aggregation with their physicochemical and biological properties compared to the conventional emulsions (McClements, 2010; McClements, 2011).

This research focused on the effectiveness of dihydroquercetin-based nanoemulsion ('Taxifolin') and its potential to improve the yield and fruit quality of strawberries. Despite their beneficial effects in food, plant biostimulants are still poorly explored and implemented in agricultural practice. The investigation on the influence of the dihydroquercetin-based plant biostimulant is expected to assist producers in implementing more effective and reliable products for sustainable strawberry production as an alternative to traditional products.

2. MATERIALS AND METHODS

Study area and experimental layout

The trial was carried out in the year 2023 in an experimental strawberry field in the Western Morava valley (Samaila; 43° 45' N, 20° 32' E, 250 m a.s.l.). The strawberry plantlets of *Fragaria annanasa* Duch. cv. 'Alba' were planted in August 2022 under field conditions using

the black plastic hill culture production system in single rows at intervals of 18 cm. In addition to standard cultivation practices, the plants were regularly irrigated through a drip irrigation system according to soil humidity. The fertilizers were applied through fertigation according to the phenological stage of the plant.

A randomized block design with three replicates was used. Along the single rows, each plot was 5.5 m in length, which corresponded to ~30 plants per plot. The plots were separated from each other by 0.5 m of untreated plants.

Treatments and sampling

Strawberry plants were treated with water (control) and dihydroquercetin nanoemulsion- 'Taxifolin' (treatment) in 2023. Plants were sprayed every 5 days, from flowering to ripening.

Fruits samples were harvested at the commercial maturity stage from 90 plants (3 replicates of 30 plants). Each replicate consisted of 90 fruits (30 fruits from three harvest times: beginning, middle, and end of harvest season). Immediately after harvest, the physical parameters of the fruits were determined. After that, fruits from all three harvest times were combined into an average sample for chemical analysis.

Determination of fruit quality parameters

Within physical properties of fruits, berry weight, dimensions (length and width), shape index, and firmness were performed by classical morphometric methods. Fruit weight is determined by measuring on precision scale (Mettler Toledo, USA), with an accuracy of ± 0.01 g. Fruit dimensions were measured by digital caliper (Carl Roth, Germany) with an accuracy of ± 0.05 mm. The value of the fruit shape index is obtained by calculation between fruit length and width. Fruit firmness is determined by using a CT3 Texture Analyser and (Brookfield, USA) and expressed in Newtons (N).

Fruit color was evaluated with the CIELAB color system (Commission Internationale de l'Eclairage, 1986). CIELAB-system color components L^* (lightness), a^* (red-green), and b^* (yellow-blue) were obtained with a Minolta CM-5 spectrophotometer (spectrophotometric method, D65, 30 mm 10° , reflection measurement, gloss excluded, Minolta, Osaka, Japan).

Total soluble solids (TSS), expressed as $^\circ$ Brix, were measured with a digital refractometer (Pocket PAL-1, Atago, Japan). Titratable Acidity (TA) was determined by titration to an endpoint of pH-value 7.0 (0.1N NaOH) and multiplied by the acidity factor of citric acid (0.75) to express acidity as %. The content of total sugars (TS), invert sugars (IS) and sucrose (SUC) were determined volumetrically, using the Luff-Schoorl method (Egan et al., 1981) and expressed as %. pH value was measured with a pH-meter. The sweetness index was calculated as the total sugars and titratable acidity ratio (TS/TA).

Total phenolic content (TPC) was determined using a modified Folin-Ciocalteu method (Singleton et al., 1999; Liu et al., 2002). A 0.2 ml aliquot of the 40-fold water-diluted strawberry extract was mixed with 0.2 ml of 1:10 Folin-Ciocalteu reagent. The tube was allowed to stand at room temperature for 1 min. Then, 2 ml of 7.5% Na_2CO_3 were added to the mixture. After 2 h at room temperature, absorbance was measured at 765 nm. The results were expressed as mg of gallic acid equivalents per 100 g fresh weight of the sample (mg GAE 100 g^{-1} FW).

Antioxidant activity was determined using the DPPH (1,1-Diphenyl-2-picryl-hydrazyl) method reported by Brand-Williams et al. (1995) with modifications (Sánchez-Moreno et al., 1998). An aliquot of the fruit phenolic extract was added to the DPPH (Sigma–Aldrich, USA) solution in methanol and vortexed. A control sample, containing the same volume of solvent instead of the extract, was used to measure the maximum DPPH absorbance. The samples stayed in the dark for 30 min. The absorbance at 515 nm was recorded to determine the concentration of the remaining DPPH. The results were expressed as TROLOX equivalent per 100 g of fresh weight (mmol TE 100 g⁻¹ FW).

The data obtained in the research was processed applying the one-way analyses of variance (ANOVA, F test) at $p < 0.05$. The analyses were performed in three replications and the obtained values were expressed as mean \pm standard error. Means were compared with the Duncan test at $P \leq 0.05$.

3. RESULTS AND DISCUSSION

In order to preserve natural resources for future generations and produce better nutritive quality agricultural products, the usage of biostimulants based on plant extracts may be a good solution for enhancing the synthesis of bioactive compounds in plants. Biostimulants can be derived from plant extracts rich in phenolic compounds, such as certain medicinal plants or herbs. Dihydroquercetin (DHQ, international nonproprietary name 'Taxifolin') is a phytochemical (natural antioxidant or bioflavonoid) that occurs in plants of various families. It was first isolated from Douglas fir, *Pseudotsuga taxifolia*, and named after it. It has been reported that taxifolin is widely distributed in medicinal plants, like *Allium cepa* L., *Silybum marianum* L., *Catha edulis*, and *Larix gmelinii*, and glycosides of taxifolin in medically important plants, like *Garcinia epunctata*, *Hydnocarpus alpine*, *Smilax glabra*, and *Hypericum* (Thuan et al., 2022), but it is isolated in large amounts (up to 4.5%) only from Siberian larch (*Larix sibirica*) or Dahurian larch (*L. gmelinii*) (Orlova et al., 2022). Dihydroquercetin nanoemulsion did not affect the external appearance of the fruit in our study (Table 1).

Table 1: Effect of the dihydroquercetin-based biostimulant on physical properties and yield of strawberry fruit

Preglednica 1: Vpliv biostimulanta na osnovi dihidrokvercetina na fizikalne lastnosti in pridelek plodov žlahtnega jagodnjaka

	Weight (g)	Length (mm)	Width (mm)	Shape index	Plant Yield (g)
Treatment	22.8 \pm 2.4 a	46.5 \pm 2.5 a	34.5 \pm 1.4 a	1.4 \pm 0.0 a	956.3 \pm 25.6 a
Control	19.8 \pm 1.6 a	43.5 \pm 1.8 a	32.5 \pm 1.2 a	1.3 \pm 0.0 a	837.7 \pm 30.1 b
ANOVA	ns	ns	ns	ns	*

Different small letters indicate statistically significant differences at $p \leq 0.05$ level (Duncan test); * – statistically significant differences, ns – non-significant difference between treatments.

Indeed, slight increase were recorded compared to the control in the fruit weight, length, width and shape index parameters after treatment with dihydroquercetin nanoemulsion. However, it is important to note that the plant yield was significantly higher in the treatment than in the control. Plant yield was in the same range as reported by Weissinger et al. (2010). The authors evaluated early-ripening cultivars suitable for organic growing in Eastern Austria

sold on the fresh market and detected that 'Alba' turned out to be most convincing when summarizing important characteristics as tolerance to *Verticillium* wilt, high yield, high percentage of marketable fruits, and appearance. Besides, the external appearance of the fruit, including color and firmness, are fundamental quality parameters for consumer acceptance (Hernández-Muñoz et al., 2008). In this study, dihydroquercetin treatment did not significantly affect fruit color and firmness (Table 2). Fruit firmness is of vital importance at various points of the fruit supply chain, from determining harvest time, choosing packaging and transportation methods, regulating storage conditions, and predicting shelf life (Wang et al., 2023).

Table 2: Effect of the dihydroquercetin-based biostimulant on strawberry fruit color and firmness

Preglednica 2: Vpliv biostimulanta na osnovi dihidrokvercetina na bravo in trdoto plodov žlahtnega jagodnjaka

	Firmness (N)	L*	a*	b*
Treatment	0.34±0.03 a	34.82±0.65 a	43.12±0.64 a	28.77±0.40 a
Control	0.32±0.02 a	34.77±0.35 a	42.60±0.73 a	27.96±0.54 a
ANOVA	ns	ns	ns	ns

Different small letters indicate statistically significant differences at $p \leq 0.05$ level (Duncan test); * – statistically significant differences, ns – non-significant difference between treatments.

In recent studies, the influence of 'botanicals' on the control of pests and diseases in various fruit species was addressed. However, certain plant-based biostimulants, which contain phenolic compounds, can be applied to plants to enhance their overall health and stress response which can result in improved fruit quality. The application of microbial and non-microbial plant biostimulants can modify plant primary and secondary metabolism (Colla et al., 2015; Rouphael et al., 2015), leading to the synthesis and accumulation of antioxidant compounds (i.e., secondary metabolites), which are important for the human diet.

Table 3: Effect of the dihydroquercetin-based biostimulant on total soluble solids (TSS), titratable acids (TA), invert sugars (TS and TA), sucrose (SUC), and pH of strawberry fruit

Preglednica 3: Vpliv biostimulanta na osnovi dihidrokvercetina na vsebnost topne suhe snovi (TSS), titracijskih kislin (TA), skunih sladkorjev in invertnega sladkorja (TS in TA), saharozo (SUC) in pH plodov žlahtnega jagodnjaka

	TSS (°Brix)	TS (%)	IS (%)	SUC (%)	TA (%)	pH	TS/TA
Treatment	5.20±0.11 b	3.06±0.17 b	2.91±0.16 b	0.15±0.02 a	0.81±0.01 b	3.30±0.01 a	3.78±0.09 b
Control	6.50±0.00 a	4.08±0.00 a	3.84±0.03 a	0.22±0.03 a	0.91±0.02 a	3.29±0.00 a	4.48±0.01 a
ANOVA	*	*	*	ns	*	ns	*

Different small letters indicate statistically significant differences at $p \leq 0.05$ level (Duncan test); * – statistically significant differences, ns – non-significant difference between treatments.

The effect of the dihydroquercetin nanoemulsion on the chemical composition of strawberry fruit is shown in Table 3. There was a significant difference in TSS content between the

control and treated samples. The control sample exhibited 25% higher TSS, TS, IS, and TA compared to treated samples. Contrarily, the application of the dihydroquercetin-based biostimulant induced a significant increase in strawberry fruit quality in terms of antioxidant activity and total phenolic content (Figure 1). The results are in accordance with the report of Soppelsa et al. (2018), who determined a minor impact of biostimulant products based on *A. nodosum* seaweed extract, protein hydrolysates, and B-group vitamins on primary apple quality traits (size, flesh firmness, acidity, and total sugars), whereas on the other hand, they determined an improvement of the intensity and extension of red coloration in 'Jonathan' apples at harvest in the 2-year trials.

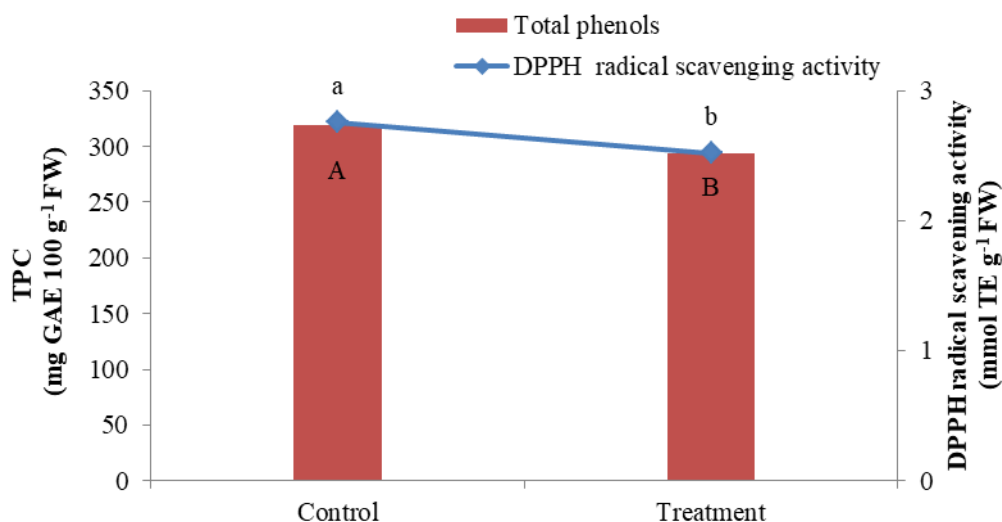


Figure 1: Effect of the dihydroquercetin-based biostimulant on total phenolic content (TPC) and antioxidant activity of strawberry fruit. Different letters on the column indicate statistically significant differences at $p \leq 0.05$ level (Duncan test)

Slika 1: Vpliv biostimulanta na osnovi dihidrokvercetina na skupne fenole in antioksidativno aktivnost plodov žlahtnega jagodnjaka. Različne črke nad stolpcem označujejo statistično značilne razlike pri $p=0,05$ (Duncanov test)

In conclusion, treatment with the biostimulant based on dihydroquercetin can improve the yield and content of bioactive compounds of strawberry fruit without negatively affecting the quality parameters of the fruit, such as physical traits, color and firmness. It is important to note that the effectiveness of biostimulant preparations based on phenolic compounds may vary depending on the species and specific growing conditions. Therefore, proper application and dosage of these preparations should be carefully studied to achieve optimal results in production.

4. ACKNOWLEDGMENTS

This study is part of the agreement No. 451-03-47/2023-01/200215 and financed by the Ministry of Science and Technological Development and Innovations of the Republic of Serbia.

5. LITERATURE

- Aharoni, A., O'Connell, A.P. 2002. Gene expression analysis of strawberry achene and receptacle maturation using DNA microarrays. *Journal of Experimental Botany*, 53(377): 2073-2087. <https://doi.org/10.1093/jxb/erf026>
- Battacharyya, D., Babgohari, M.Z., Rathor, P., Prithiviraj, B. 2015. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196: 39-48. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.012>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C.L.W.T. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1): 25-30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Canellas, L.P., Olivares, F.L., Aguiar, N.O., Jones, D.L., Nebbioso, A., Mazzei, P., Piccolo, A. 2015. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196: 15-27. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>
- Colla, G., Roupshael, Y., Bonini, P., Cardarelli, M. 2015. Coating seeds with endophytic fungi enhances growth, nutrient uptake, yield and grain quality of winter wheat. *International Journal of Plant Production*, 9(2): 171-190.
- Colla, G., Hoagland, L., Ruzzi, M., Cardarelli, M., Bonini, P., Canaguier, R., Roupshael, Y. 2017. Biostimulant action of protein hydrolysates: Unraveling their effects on plant physiology and microbiome. *Frontiers in Plant Science*, 8: 2202. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02202>
- Dimetry, N.Z. 2014. Different plant families as bioresource for pesticides. *Advances in Plant Biopesticides*: 1-20.
- Egan, H, Kirk, R., Sawyer, R. 1981. The Luff Schoorl method. Sugars and preserves. In: Pearson's chemical analysis of foods. 8th edition, Longman Scientific and Technical: Harlow, UK, pp. 152-153.
- Ertani, A., Schiavon, M., Muscolo, A., Nardi, S. 2013. Alfalfa plant-derived biostimulant stimulate short-term growth of salt stressed *Zea mays* L. plants. *Plant and Soil*, 364: 145-158. <https://doi.org/10.1002/jpln.201200020>
- Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Del Valle, V., Velez, D., Gavara, R. 2008. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria×ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 110(2): 428-435. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.020>
- Orlova, S.V., Tatarinov, V.V., Nikitina, E.A., Sheremeta A.V., Ivlev, V.A., Vasil'ev, V.G., Paliy, K. V., Goryainov, S.V. 2022. Bioavailability and Safety of Dihydroquercetin (Review). *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 55: 1133-1137 <https://doi.org/10.1007/s11094-022-02548-8>
- McClements, D. J. (2010). Emulsion design to improve the delivery of functional lipophilic components. *Annual Review of Food Science and Technology*, 1: 241-269.
- McClements, D. J. (2011). Edible nanoemulsions: fabrication, properties, and functional performance. *Soft Matter*, 7(6): 2297-2316.
- Liu, M., Li, X.Q., Weber, C., Lee, C.Y., Brown, J., Liu, R.H. 2002. Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 2926-2930. <https://doi.org/10.1021/jf0111209>
- Roupshael, Y., Franken, P., Schneider, C., Schwarz, D., Giovannetti, M., Agnolucci, M., De Pascale, S., Bonini, P., Colla, G. 2015. Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 196: 91-108. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.002>
- Roupshael, Y., Colla, G. 2020. Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 11, 40. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>
- Ruzzi, M., Aroca, R. 2015. Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196: 124-134. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.042>
- Sánchez-Moreno, C., Larrauri, J.A., Saura-Calixto, F. 1998. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76(2): 270-276. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199802\)76:2<270::AID-JSFA945>3.0.CO;2-9](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199802)76:2<270::AID-JSFA945>3.0.CO;2-9)
- Seiber, J. N., Coats, J., Duke, S. O., Gross, A. D. 2014. Biopesticides: state of the art and future opportunities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(48): 11613-11619. <https://doi.org/10.1021/jf504252n>

- Singleton, V. L., Orthofer, R., Lamuela-Raventós, R. M. 1999. [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In *Methods in enzymology* (Vol. 299, pp. 152-178). Academic press. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Soppelsa, S., Kelderer, M., Casera, C., Bassi, M., Robatscher, P., Andreotti, C. 2018. Use of biostimulants for organic apple production: effects on tree growth, yield, and fruit quality at harvest and during storage *Frontiers in Plant Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01342>
- Thuan, N.H., Shrestha, A., Trung, N.T., Tatipamula, V.B., Van Cuong, D., Canh, N.X., Giang, N.V., Kim, T.S., Sohng, J.K., Dhakal, D. 2022. Advances in biochemistry and the biotechnological production of taxifolin and its derivatives. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 69(2): 848-861. <https://doi.org/10.1002/bab.2156>
- Wang, D, Ding, C, Feng, Z, Ji, S, Cui, D. 2023. Recent advances in portable devices for fruit firmness assessment. *Critical Review of Food Science and Nutrition*, 63(8):1143-1154. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1960477>
- Weissinger, H., Eggbauer, R., Steiner, I., Spornberger, A., Steffek, R., Altenburger, J., Jezik, K. 2010. Yield and fruit quality parameters of new early-ripening strawberry cultivars in organic growing on a highly *Verticillium*-infested site. In *14th Int Conf Org fruit Grow*, pp. 243-249.
- Ziosi, V., Zandoli, R., Di Nardo, A., Biondi, S., Antognoni, F., Calandriello, F. 2012. Biological activity of different botanical extracts as evaluated by means of an array of in vitro and in vivo bioassays. In *I World Congress on the Use of Biostimulants in Agriculture 1009*, pp. 61-66.

ALI PRIDELAVA AMERIŠKIH BOROVCNIK (*Vaccinium corymbosum* L.) POD RAZLIČNIMI FOTOSELEKTIVNIMI MREŽAMI VPLIVA NA ZRELOST IN KEMIČNO SESTAVO PLODOV?

Tina SMRKE¹, Mariana Cecilia GROHAR¹, Eva INDIHAR¹, Robert VEBERIČ¹, Metka HUDINA¹, Jerneja JAKOPIČ¹

POVZETEK

Uporaba fotoselektivnih mrež v nasadih ameriških borovnic varuje rastline in plodove pred različnimi biotskimi in abiotskimi dejavniki in hkrati vpliva na procese v rastlinah preko spreminjanja lastnosti svetlobe. V naši raziskavi smo preverili odziv rastlin sorte 'Bluecrop' na pridelavo pod črno, rdečo, rumeno in belo protiinsektno mrežo. Ovrednotili smo barvo in trdoto plodov ob obiranju ter vsebnost skupnih sladkorjev, organskih kislin in fenolnih spojin v plodovih. Vrednosti L^* , C^* in h° se ob obiranju niso značilno razlikovale med obravnavanji (L^* je znašala med 31,60 in 33,27, C^* med 2,41 in 2,65 ter h° med 284,4 in 299,6). Do minimalnih in statistično značilnih razlik je prišlo v trdoti plodov, kjer smo bolj čvrste plodove obrali pod črno in belo protiinsektno mrežo. Največ skupnih sladkorjev in najmanj skupnih organskih kislin so vsebovali plodovi obrani pod črno mrežo, kjer so vrednosti znašale 73,73 mg g⁻¹ in 9,55 mg g⁻¹. Največjo vsebnost fenolnih snovi so prav tako vsebovali plodovi pod črno mrežo (3606 mg kg⁻¹). Glede na rezultate naše raziskave lahko sklepamo, da je na rastline ameriških borovnic sorte 'Bluecrop' najbolj optimalno vplivala črna mreža, kjer je bila izmerjena največja vsebnost sladkorjev in fenolnih spojin ter najmanjša vsebnost organskih kislin.

Ključne besede: 'Bluecrop'; protiinsektna mreža; barva plodov; trdota plodov; primarni metaboliti; fenolne spojine;

DOES PRODUCTION OF HIGHBUSH BLUEBERRY (*Vaccinium corymbosum* L.) PLANTS UNDER DIFFERENT PHOTOSELECTIVE NETS AFFECT FRUIT MATURITY AND CHEMICAL COMPOSITION?

ABSTRACT

The use of photoselective nets in highbush blueberry plantations provide certain protection for plants and fruit from various biotic and abiotic factors and at the same time affects plant processes by changing the properties of light. With our research, we investigated how different colors of photoselective nets affect the plants of cultivar 'Bluecrop'. We evaluated fruit color and firmness at harvest, as well as the content of total sugars, organic acids and phenolic compounds in the fruit. The values of parameters L^* , C^* and h° at harvest did not differ significantly between treatments (values of L^* ranged between 31.60 and 33.27, C^* ranged between 2.41 and 2.65 and h° ranged between 284.4 and 299.6). Minimal and

¹ Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

statistically significant differences occurred in the firmness of the fruit, where the firmest fruit were picked under a black and white exclusion net. The fruit picked under the black net contained the highest content of total sugars and the lower content of total organic acids, where the values were 73.73 mg g⁻¹ and 9.55 mg g⁻¹. Fruit under the black net also contained the highest content of phenolics (3606 mg kg⁻¹). According to the results of our study, we can conclude that highbush blueberry plants of cultivar 'Bluecrop' performed the best under the black net, where the highest content of sugars and phenolic compounds and the lowest content of organic acids were measured.

Key words: 'Bluecrop'; exclusion net; fruit color; fruit firmness; primary metabolites; phenolic compounds;

1. UVOD

Plodove ameriških borovnic (*Vaccinium corymbosum* L.) se dandanes omenja kot ene izmed bolj zdravih živil zaradi njihove visoke hranilne vrednosti (fenolne spojine, minerali in vitamini), ki imajo pozitiven učinek na človeško zdravje (Barcia in sod., 2010; Skrovankova in sod., 2015). Posledično sta doseganje visokih pridelkov in hkrati optimalna vsebnost hranilnih snovi v plodovih dva glavna cilja v pridelavi ameriških borovnic.

Uporaba protitočnih mrež je danes obvezen ukrep v intenzivni pridelavi ameriških borovnic, saj varuje rastline in plodove pred točo, močnim dežjem, snegom, vetrom in ptiči (Milivojević in sod., 2016). Hkrati, mreže vplivajo na količino, sestavo in smer svetlobe ki doseže rastline pod njimi, kar lahko vodi do spremenjenih lastnosti rastlin (Lobos in sod., 2013a, 2012; Shahak in sod., 2004).

Glede na navedbe Ilić in Fallik (2017), najbolj pogosto uporabljena črna protitočna mreža močno zmanjša količino svetlobe, ki doseže rastline (Arthurs in sod., 2013). Z namenom ohranitve prvotne funkcije protitočnih mrež in hkrati izboljšanja lastnosti svetlobe pod mrežami, so bile razvite t.i. fotoselektivne mreže. Najprej so jih uvedli v pridelavi okrasnih rastlin (Oren-Shamir in sod., 2001), v zadnjih letih pa intenzivno preizkušanje poteka tudi v pridelavi sadja, vključno z ameriški borovnicami (Lobos in sod., 2013b; Milivojević in sod., 2016; Retamales in sod., 2008). V pridelavi ameriških borovnic se sočasno uporabljajo tudi protiinsektne mreže, ki zaradi večje gostote tkanja prav tako vpliva na lastnosti svetlobe (Cormier in sod., 2015)

Lastnosti svetlobe so ene izmed najbolj pomembnih lastnosti okolja, ki vplivajo na rast in pridelek ameriških borovnic (Milivojević in sod., 2016). Ko sončno sevanje preide skozi fotoselektivno mrežo pride do sprememb lastnosti svetlobe. Svetloba, ki pride v stik z vlakni v mreži se spektralno spremeni in vodi do željenega fiziološkega in morfološkega odziva rastlin. Hkrati pride do večjega sipanja svetlobe, kar omogoči, da več svetlobe prodre v notranjost rastline (Oren-Shamir in sod., 2001). Svetloba, ki preide direktno skozi mrežo, ostane spektralno nespremenjena.

V naši raziskavi smo preizkusili uporabo črne, rdeče, rumene in bele protiinsektne mreže na rastlinah ameriških borovnic sorte 'Bluecrop'. Kot omenjeno, fotoselektivne mreže spremenijo lastnosti svetlobe in posledično zorenje plodov ter njihovo kemično sestavo (Lobos in sod., 2012), zato smo v našem poskusu preverili odziv rastlin na različne fotoselektivne mreže na

nivoju barve in trdote plodov ter vsebnosti skupnih sladkorjev, organskih kislin in fenolnih spojin.

2. MATERIAL IN METODE

Poskus je bil izveden na testnem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani, Slovenija (geografska širina, 46° 50' S; zemljepisna dolžina, 14° 47' V; nadmorska višina, 295 m) v letu 2023. Enotne, 2 leti stare rastline ameriške borovnice sorte 'Bluecrop' so bile leta 2021 posajene v 40 l črne lonce. Substrat je bil sestavljen iz šote, zemlje in borove žagovine (1/3:1/3:1/3, v/v/v). Za poskus so bila vzpostavljena štiri obravnavanja: črna, rdeča, rumena in bela protiinsektna mreža. V vsako obravnavanje je bilo vključenih 6 rastlin. Mreže so bile zvite na vrhu konstrukcije od odpadanja listov do začetka brstenja in ponovno med cvetenjem za optimalno oprашitev cvetov.

Pri vseh obravnavanjih je razdalja med rastlinami znašala 0,6 m, medtem ko je bila razdalja med posameznimi obravnavanji 4 m. Tla so bila prekrita s črnim agrotekstilom, z namenom preprečevanja rasti plevelov. Rastline so bile kapljično namakane z uporabo štirih kapljačev pri vsaki rastlini. Pretok je znašal 900 ml h⁻¹.

Črna, rdeča in rumena fotoselektivna mreža so bile priskrbljene iz podjetja Agritech Srl Italija. Mreže so izdelane iz polietilena visoke gostote. Velikost okenc je 2,4 mm x 4,8 mm. Senčenje je 18 % za črno, 17 – 21 % za rdečo mrežo in 12 – 18 % za rumeno (navedeno s strani proizvajalca). Bela protiinsektna mreža je bila kupljena pri Vetisi (Loznica pri Žalcu, Slovenija). Mreža je izdelana iz polietilena visoke gostote, z gostimi, belimi nitmi in z velikostjo okenc 0,39 mm x 0,83 mm.

Meritve svetlobe so bile opravljene na jasen sončen dan ob 12. uri, z uporabo spektralnega merilnika svetlobe Optimum SRI-2000-UV (Optimum optoelectronics Corp., Hsinchu, Tajvan). Meritve so bile izvedene nad rastlinami, v petih ponovitvah na vsako obravnavanje. Za kontrolo je bila svetloba izmerjena tudi izven mrež. Merili smo spektralno sestavo svetlobe (od 250 nm do 850 nm).

Ob vsakem obiranju smo plodove iz vsakega obravnavanja ločeno obrali v plastično posodo in jih takoj prenesli v laboratorij za meritve parametrov zrelosti. Pri vsakem obravnavanju smo naključno izbrali 15 plodov za meritve barve in trdote, medtem ko smo 30 plodov shranili v zamrzovalniku na -20 °C za ekstrakcijo sladkorjev, organskih kislin in fenolnih spojin ter nadaljnjo analizo z visoko ločljivostno tekočinsko kromatografijo (HPLC).

Barvo plodov smo na vsakem plodu izmerili enkrat, in sicer na ekvatorju ploda (prenosni kolorimeter Konica Minolta CR-10, Tokio, Japonska). Po CIELAB (Commission Internationale de l'éclairage) vsaka barva predstavlja natančno točko v tridimenzionalnem barvnem prostoru in je opisana s parametri: L*, C* in h°. Vrednost L* pomeni svetlost na lestvici od 0 do 100, kjer 0 predstavlja črno in 100 belo. Parameter C* označuje intenziteto barve, kar pomeni, da višja kot je vrednost, intenzivnejša je barva. Vrednost h° predstavlja barvo, izraženo v stopinjah od 0° do 360°, kjer je 0° - 90° rdeča proti rumeni, 90° - 180° rumena proti zeleni, 180° - 270° zelena proti modri in 270° - 360° je modra proti rdeči.

Trdoto kože ploda smo izmerili z digitalnim penetrometrom (TR, Turini Italija; N) z batom debeline 1 mm. Vrednosti so bile izražene v Newtonih, na dve decimalki natančno.

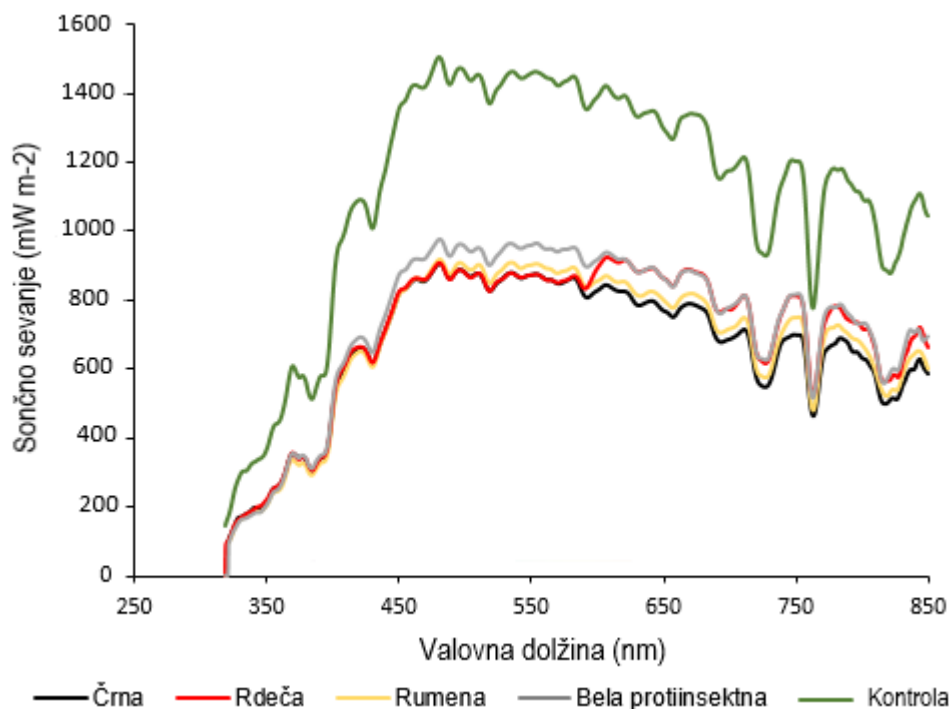
Sladkorje, organske kisline in fenolne spojine smo ekstrahirali iz plodov obranih na vrhuncu obiranja. Ekstrakcije in analize vzorcev smo naredili po že uveljavljeni metodi (Smrke in sod., 2021).

Statistična analiza podatkov je bila izvedena v programu R commander i386 4.3.0. Statistično značilne razlike med obravnavanji so bile določene z enosmerno analizo variance (ANOVA), s HSD testom, pri stopnji zaupanja $\alpha < 0,05$. V preglednici in na slikah so prikazane povprečne vrednosti \pm standardna napaka. Značilne razlike med obravnavanji predstavljajo različne črke.

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

3.1. SONČNO SEVANJE

Spektralna sestava svetlobe pod različnimi mrežami je prikazana na sliki 1. Svetlobni spekter pod črno mrežo je podoben tistemu pri kontroli, kar ustreza dejstvu, da črna mreža absorbira svetlobo enakomerno skozi celoten svetlobni spekter (Arthurs in sod., 2013). Nasprotno, pa je pod rdečo mrežo opaziti očitno povečanje med rumenim in rdečim delom spektra.



Slika 1: Svetlobni spekter (od 250 nm do 850 nm) pod črno, rdečo, rumeno in belo protiinsektno mrežo in kontrolo

Figure 1: Radiation spectrum (250 nm to 850 nm) under the black, red, yellow and white exclusion net and control

Pri rumeni mreži je svetloba zmanjšana do vključno modrega dela spektra (250 nm do približno 475 nm), čemur sledi povečanje v primerjavi s črno in rdečo mrežo. Rdeča mreža prepušča svetlobo v rdečem delu spektra, medtem ko rumena v zelenem, rumenem in rdečem delu spektra (Shahak, 2008). Pod belo protiinsektno mrežo je prišlo do povečanja svetlobe med 400 nm in 600 nm, kljub manjši velikosti okenc v mreži, kar je lahko posledica

specifičnih lastnosti bele mreže, ki absorbira svetlobo samo v ultravijoličnem delu svetlobnega spektra (Shahak, 2008).

3.2. ZRELOST PLODOV

V preglednici 1 so prikazane meritve barve in trdote plodov obranih z rastlin pod posamezno fotoselektivno mrežo. Pri parametrih, ki opisujejo barvo (L^* , C^* in h°) ni prišlo do značilnih razlik med mrežami. Plodove ameriških borovnic se obira z vizualno oceno barve kože (Ribera-Fonseca in sod., 2016), kar pomeni, da so bili v našem poskusu plodovi obrani v isti stopnji zrelosti.

Preglednica 1: Parametri barve (L^* , C^* , h°) in trdota plodov ameriške borovnice ob obiranju pod črno, rdečo, rumeno in belo protiinsektno mrežo

Table 1: Color parameters (L^* , C^* , h°) and fruit firmness of highbush blueberry fruit at harvest under black, red, yellow and white exclusion net

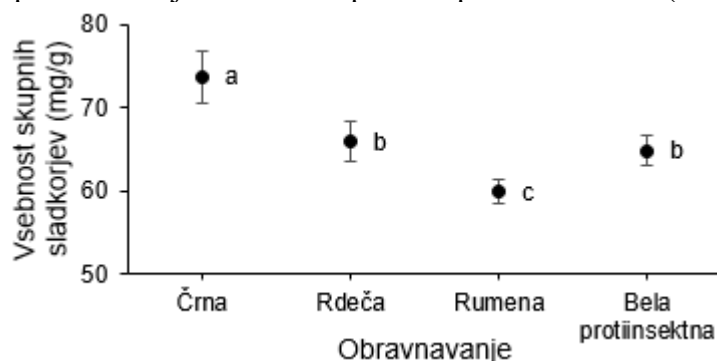
	Črna	Rdeča	Rumena	Bela protiinsektna	HSD test
L^*	31.60 ± 2.18	32.21 ± 1.89	31.69 ± 2.56	33.27 ± 2.22	NS
C^*	2.59 ± 0.61	2.44 ± 0.46	2.41 ± 0.65	2.65 ± 0.94	NS
h°	296.3 ± 12.78	285.2 ± 16.55	284.4 ± 17.08	299.6 ± 25.68	NS
Trdota (N)	0.16 ± 0.02 a	0.13 ± 0.03 bc	0.12 ± 0.03 c	0.16 ± 0.05 a	**

Različne črke prikazujejo značilne razlike med obravnavanji glede na HSD test ($\alpha < 0,05$). **, $p < 0,01$; NS, ni značilne razlike.

Med zorenjem plodovi ameriških borovnic postajajo mehkejši (Smrke in sod., 2023). V naši raziskavi so bili značilno najbolj čvrsti plodovi obrani pod črno in belo protiinsektno mrežo (0,16 N) in najmehkejši pod rdečo (0,13 N) in rumeno mrežo (0,12 N). Kljub značilnim razlikam, so bile razlike med mrežami vseeno majhne in težko opazne s strani potrošnika.

3.3. VSEBNOST SKUPNIH SLADKORJEV, ORGANSKIH KISLIN IN FENOLNIH SPOJIN

Vsebnost sladkorjev v plodovih ameriških borovnic naj bi bila po navedbah Lobos in sod. (2013a) pozitivno povezana s količino svetlobe, kar nasprotuje našim rezultatom, saj so značilno največ skupnih sladkorjev vsebovali plodovi pod črno mrežo (slika 2).

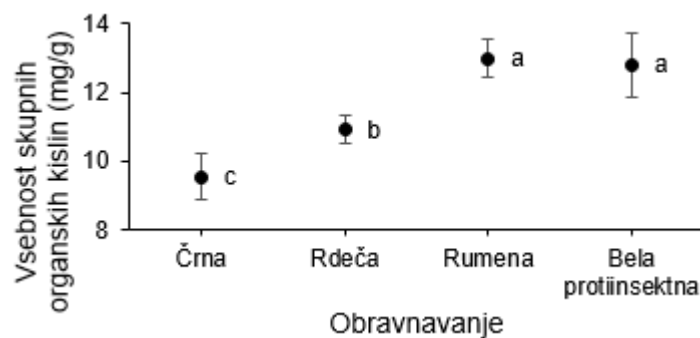


Slika 2: Vsebnost skupnih sladkorjev v plodovih ameriških borovnic obranih pod črno, rdečo, rumeno in belo protiinsektno mrežo

Figure 2: Total sugar content in highbush blueberry fruit at harvest under black, red, yellow and white exclusion net

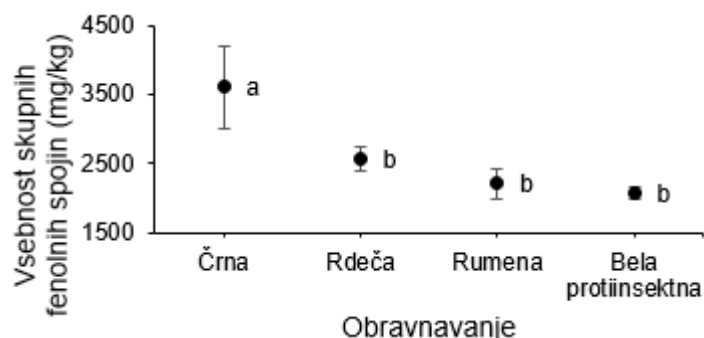
Fotoselektivne mreže vplivajo na procese v rastlinah preko spremenjenih mikroklimatskih razmer, ki poleg svetlobe vključujejo tudi relativno zračno vlažnost in temperaturo zraka (Lobos in sod., 2013a, 2009) Odziv posamezne rastline na spremenjene mikroklimatske razmere je hkrati tudi sortno odvisen (Smrke in sod., 2021).

Nasproten trend kot pri sladkorjih je bilo opaziti pri organskih kislinah, kjer so najmanj organskih kislin vsebovali plodovi obrani pod črno mrežo (slika 3). Med zorenjem se vsebnost sladkorjev povečuje in organskih kislin zmanjšuje (Li in sod., 2020; Smrke in sod., 2023).



Slika 3: Vsebnost skupnih organskih kislin v plodovih ameriških borovnic obranih pod črno, rdečo, rumeno in belo protiinsektno mrežo

Figure 3: Total organic acids content in highbush blueberry fruit at harvest under black, red, yellow and white exclusion net



Slika 4: Vsebnost skupnih fenolnih spojin v plodovih ameriških borovnic obranih pod črno, rdečo, rumeno in belo protiinsektno mrežo

Figure 4: Total phenolic compounds content in highbush blueberry fruit at harvest under black, red, yellow and white exclusion net

Vsebnost fenolnih spojin v plodovih pod različnimi mrežami je prikazana na sliki 4. Največja vsebnost fenolov je bila zaznana v plodovih pod črno mrežo, medtem ko se ostale tri mreže med sabo niso značilno razlikovale. Senčenje pod črno mrežo (Bergquist in sod., 2007) in hkrati nižje temperature zraka (Aldrich in sod., 2010) naj bi povzročile stres pri rastlinah in s tem povečale sintezo fenolnih snovi v plodovih.

Iz naših rezultatov lahko zaključimo, da fotoselektivne mreže vplivajo na spektralno sestavo svetlobe, kar vodi do specifičnega odziva rastlin na nivoju kemične sestave plodov. Vsebnost sladkorjev in organskih kislin, ki delujeta v medsebojni korelaciji, in hkrati vsebnost fenolov, so se značilno razlikovali med obravnavanji. Za najbolj učinkovito se je izkazala črna mreža, saj smo v plodovih teh rastlin izmerili največjo vsebnost sladkorjev in fenolnih spojin ter

najmanjšo vsebnost organskih kislin, kar pa bi bilo dobro preizkusiti tudi na drugih sortah ameriških borovnic.

4. ZAHVALA

Raziskava je del programa Hortikultura P4-0013-0481, ki ga financira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS) in Infrastrukturnega centra IC RRC AG (10-0022-0481-001).

5. LITERATURA

- Aldrich, H.T., Salandanan, K., Kendall, P., Bunning, M., Stonaker, F., Külen, O., Stushnoff, C., 2010. Cultivar choice provides options for local production of organic and conventionally produced tomatoes with higher quality and antioxidant content. *J. Sci. Food Agric.* 90, 2548–2555. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4116>
- Arthurs, S.P., Stamps, R.H., Giglia, F.F., 2013. Environmental modification inside photosensitive shadehouses. *HortScience* 48, 975–979. <https://doi.org/10.21273/hortsci.48.8.975>
- Barcia, M.T., Jacques, A.C., Pertuzatti, P.B., Zambiasi, R.C., 2010. Determinação de ácido ascórbico e tocoferóis em frutas por CLAE. *Semin. Ciências Agrárias* 31, 381. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n2p381>
- Bergquist, S.Å.M., Gertsson, U.E., Nordmark, L.Y.G., Olsson, M.E., 2007. Ascorbic acid, carotenoids, and visual quality of baby spinach as affected by shade netting and postharvest storage. *J. Agric. Food Chem.* 55, 8444–8451. <https://doi.org/10.1021/jf070396z>
- Cormier, D., Veilleux, J., Firlej, A., 2015. Exclusion net to control spotted wing Drosophila in blueberry fields. *IOBC-WPRS Bull.* 109, 181–184.
- Ilić, Z.S., Fallik, E., 2017. Light quality manipulation improves vegetable quality at harvest and postharvest: A review. *Environ. Exp. Bot.* 139, 79–90. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.04.006>
- Li, X., Li, C., Sun, J., Jackson, A., 2020. Dynamic changes of enzymes involved in sugar and organic acid level modification during blueberry fruit maturation. *Food Chem.* 309, 125617. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125617>
- Lobos, G.A., Retamales, J.B., Del Pozo, A., Hancock, J.F., Flore, J.A., 2009. Physiological response of *Vaccinium corymbosum* “Elliott” to shading nets in Michigan. *Acta Hort.* 810, 465–470. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.810.60>
- Lobos, G.A., Retamales, J.B., Hancock, J.F., Flore, J.A., Cobo, N., del Pozo, A., 2012. Spectral irradiance, gas exchange characteristics and leaf traits of *Vaccinium corymbosum* L. “Elliott” grown under photo-selective nets. *Environ. Exp. Bot.* 75, 142–149. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.09.006>
- Lobos, G.A., Retamales, J.B., Hancock, J.F., Flore, J.A., Romero-Bravo, S., Del Pozo, A., 2013a. Productivity and fruit quality of *Vaccinium corymbosum* cv. Elliott under photo-selective shading nets. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 153, 143–149. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.02.012>
- Lobos, G.A., Retamales, J.B., Hancock, J.F., Flore, J.A., Romero-Bravo, S., Del Pozo, A., 2013b. Productivity and fruit quality of *Vaccinium corymbosum* cv. Elliott under photo-selective shading nets. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 153, 143–149. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.02.012>
- Milivojević, J., Radivojević, D., Ruml, M., Dimitrijević, M., Maksimović, J.D., 2016. Does microclimate under grey hail protection net affect biological and nutritional properties of “Duke” highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.)? *Fruits* 71, 161–170. <https://doi.org/10.1051/fruits/2016004>
- Oren-Shamir, M., Gussakovsky, E.E., Shpiegel, E., Nissim-Levi, A., Ratner, K., Ovadia, R., Giller, Y.E., Shahak, Y., 2001. Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 76, 353–361. <https://doi.org/10.1080/14620316.2001.11511377>
- Retamales, J.B., Montecino, J.M., Lobos, G.A., Rojas, L.A., 2008. Colored shading nets increase

- yields and profitability of highbush blueberries. *Acta Hortic.* 770, 193–197.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.770.22>
- Ribera-Fonseca, A., Noferini, M., Rombolá, A.D., 2016. Non-destructive assessment of highbush blueberry fruit maturity parameters and anthocyanins by using a visible/ near infrared (Vis/NIR) spectroscopy device: A preliminary approach. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 16, 174–186.
<https://doi.org/10.4067/S0718-95162016005000014>
- Shahak, Y., 2008. Photo-selective netting for improved performance of horticultural crops. A review of ornamental and vegetable studies carried out in Israel. *Acta Hortic.* 770, 161–168.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.770.18>
- Shahak, Y., Gussakovsky, E.E., Gal, E., Ganelevin, R., 2004. ColorNets: Crop protection and light-quality manipulation in one technology. *Acta Hortic.* 659, 143–151.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.659.17>
- Skrovankova, S., Sumczynski, D., Mlcek, J., Jurikova, T., Sochor, J., 2015. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries. *Int. J. Mol. Sci.* 16, 24673–24706.
<https://doi.org/10.3390/ijms161024673>
- Smrke, T., Stajner, N., Cesar, T., Veberic, R., Hudina, M., 2023. Correlation between Destructive and Non-Destructive Measurements of Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) Fruit during Maturation. *Horticulturae* 9, 1–14.
- Smrke, T., Veberic, R., Hudina, M., Zitko, V., Ferlan, M., Jakopic, J., 2021. Fruit Quality and Yield of Three Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) Cultivars Grown in Two Planting Systems under Different Protected Environments.

TEHNOLOŠKE REŠITVE ZA ZAŠČITO VISOKOKAKOVOSTNEGA PRIDELKA PRED NEGATIVNIMI VPLIVI POZEBE V SADOVNJAKIH – EIP POZEBA

Jerneja JAKOPIČ¹, Robert VEBERIČ¹, Metka HUDINA¹, Franci ŠTAMPAR¹

POVZETEK

Pojavnost spomladanske pozebe se je zaradi klimatskih sprememb v zadnjih desetih letih na širšem območju Slovenije močno povečala; zadnjih osem let smo imeli v sedmih letih v večini sadjarskih okolišev močne poškodbe po pozebi. Pred pozebo ni zaščite, ki bi bila popolnoma učinkovita. Obstajajo različno učinkoviti načini t. i. pasivnih in aktivnih metod zaščite pred spomladansko pozebo. Med pasivne štejemo tiste, ki jih izvajamo preventivno za preprečevanje poškodb zaradi pozebe, kot so izbira ustreznih vrst in sort, izbira lokacije, odvajanja hladnega zraka, pravilna rez, prehranjenost rastlin, ukrepi za povečanje toplotne prevodnosti tal, nadzor z bakterijami in uporaba kemikalij, prekrivanje rastlin z zastirkami. Ob že napovedani nevarnosti pozebe imajo sadjarji na razpolago aktivne metode, kot so uporaba razpršilcev in mikrorazpršilcev za oroševanje nad in pod krošnjami, megljenje, uporaba sveč, uporaba različnih stacionarnih in/ali premičnih grelnikov, helikopterjev, vetrnic, pene in kombinacije teh metod. Sama občutljivost dreves je odvisna tudi rodnosti in prehranjenosti dreves, bujnosti dreves... Kljub tako široki paleti obstoječih metod je pozeba še vedno izziv za večino sadjarjev. Vse te klasične metode imajo precej omejitev, zlasti glede zahtevnosti izvedbe in/ali so drage. Zato je pri iskanju rešitev za preprečevanje oz. zmanjšanje posledic spomladanske pozebe ključnega pomena priprava rastline, ustreznost prehranjenosti in utrjenosti rastlin, ki bodo uspešne kljubovali ne le posledicam nizkih temperatur v spomladanskem času, pač pa tudi drugim izzivom, ki jih prinašajo podnebne spremembe in zagotavljala kakovosten pridelek sadjarjem.

Ključne besede: aktivne metode, pasivne metode, klimatske spremembe

TECHNOLOGICAL SOLUTIONS IN ORCHARDS FOR THE PROTECTION OF HIGH-QUALITY YIELDS AGAINST FROST DAMAGE – EIP FROST

ABSTRACT

Due to climate change, the occurrence of spring frosts has increased considerably in Slovenia in the last ten years; in the last eight years, we have had severe frost damage in seven years in most fruit-growing areas. There is no completely effective protection against frost. There are various effective methods, i.e. passive and active methods of protection against spring frost. Passive methods include those that are carried out preventively to avoid frost damage, such as the selection of suitable species and varieties, the choice of location, the removal of cold air, proper pruning, plant nutrition, measures to increase the thermal conductivity of the soil,

¹ Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

control with bacteria and the use of chemicals, and covering plants with mulch. With the risk of frost already announced, active methods are available to fruit growers, such as the use of sprayers and micro-sprayers to spray above and below the tree crowns, fogging, the use of candles, the use of various stationary and/or mobile heating devices, helicopters, wind turbines, foam and combinations of these methods. How sensitive the trees are also depends on the fertility and nutrient content of the trees, the lushness of the trees... Despite the multitude of methods available, frost is still a challenge for most fruit growers. All these traditional methods have significant limitations, particularly in terms of the complexity of implementation, and/or they are expensive. Therefore, in the search for solutions to prevent or reduce the consequences of spring frosts, plant preparation, adequate nutrition and plant hardening are key to better withstand not only the consequences of low temperatures in spring but also other challenges caused by climate change and to ensure a high-quality harvest for fruit growers.

Key words: active methods, passive methods, climate change

NOVE ODPORNE SORTE JABOLK PREUČEVANE V SLOVENIJI

Domen ŠTAMIC¹, Biserka DONIK PURGAJ¹

POVZETEK

V Sadjarskem centru Maribor izvajamo introdukcijo faze 2 novih sort in klonov jablan. Pri tem spremljamo lastnosti sorte in sorti primerne tehnološke ukrepe. Pri uvajanju novih sort in klonov dajemo prednost tistim, ki so odporne na škrlup (*Venturia inaequalis*). Te bi glede na spremenjene klimatske razmere lahko nudile kakovosten in količinsko primerljiv pridelek s standardnimi sortami jablane. Spremljali smo naslednje na škrlup odporne sorte: Les Naturianes® 'Ariane', 'Bonita', Crimson Crisp® 'COOP 39', Story® 'Inored', 'Topaz', Antares® 'Dalinbel' in 'Modi'. Pri opazovanih sortah smo zabeležili čas cvetenja. Glede na večletne spomladanske pozebe, smo ocenili občutljivost sorte za pozebo. Sortam smo določili optimalno obiralno okno, stehali pridelek ter izmerili zrelostne parametre plodov. Povprečni hektarski donosi sort so bili: 'Ariane' 25 t/ha, 'Bonita' 35 t/ha, 'Modi' 32 t/ha, 'COOP 39' 32 t/ha, 'Inored' 28 t/ha, 'Dalinbel' 30 t/ha in 'Topaz' 30 t/ha. Povprečje polnega cvetenja preizkušenih sort v obdobju 2018-2023 je: 'Ariane', 'Dalinbel', 'COOP 39' in 'Inored' 21. april, 'Bonita' in 'Modi' 19. april in 'Topaz' 22. april. S strojem Pimprenelle smo izmerili zrelostne parametre: topna suha snov (°Brix), skupne kisline (g/l) in trdota mesa (kg/cm²).

Ključne besede: jabolka, nove sorte, pridelek, fenologija, zrelostni parametri

NEW RESISTANT APPLE VARIETIES STUDIED IN SLOVENIA

ABSTRACT

In Sadjarski center Maribor, we are introducing phase 2 of new cultivar and clones of apple trees. We monitor the characteristics of the cultivar and appropriate technological measures for the cultivar. When introducing new cultivar and clones, we give priority to those that are resistant to scab (*Venturia inaequalis*). Due to climatic changes, these cultivars could offer a quality and quantity comparable yield to standard apple cultivars. We monitored the following scab resistant varieties: Les Naturianes® 'Ariane', 'Bonita', Crimson Crisp® 'COOP 39', Story®, 'Inored', 'Topaz', Antares®, 'Dalinbel' and 'Modi'. The flowering time was recorded for the observed cultivars. Based on the multiple spring frosts, we assessed the cultivar's sensitivity to frost. We determined the optimal harvesting window for the cultivars, weighed the yield and measured the fruit maturity parameters. The average yields per hectare of the cultivars were: 'Ariane' 25 t/ha, 'Bonita' 35 t/ha, 'Modi' 32 t/ha, 'COOP 39' 32 t/ha, 'Inored' 28 t/ha, 'Dalinbel' ' 30 t/ha and 'Topaz' 30 t/ha. Average full bloom of tested cultivars in 2018-2023 are: 'Ariane', 'Dalinbel', 'COOP 39' and 'Inored' April 21st, 'Bonita' and 'Modi' April 19th and 'Topaz' April 22nd. The maturity parameters were measured with the Pimprenelle machine: soluble solids (°Brix), total acids (g/l) and firmness (kg/cm²).

¹ Kmetijsko gozdarski zavod Maribor, Sadjarski center Maribor, Gačnik 77, 2211 Pesnica pri Mariboru

Key words: apples, new varieties, yield, phenology, ripeness parameters

1. UVOD

Gojenje na škrlup odpornih sort in klonov se v zadnjih letih povečuje. Potrošniki želijo zaužiti čim več zdrave hrane, ki ni tretirana s fitofarmaceutskimi sredstvi. Poleg tega bo v prihodnjih letih potrebno zmanjšati uporabo fitofarmaceutskih sredstev in se začeti posluževati drugih tehnoloških ukrepov varstva rastlin. Klimatske spremembe so tudi eden izmed razlogov za gojenje novih na škrlup (*Venturia inaequalis*) odpornih sort, saj lahko te, v primerjavi s standardnimi sortami, bolj tolerirajo stresne dejavnike, kot npr. pozebo. Kakovost plodov ob obiranju je tudi pomembna zaradi njihovega okusa in boljših skladiščnih sposobnosti.

V Sadjarskem centru Maribor izvajamo introdukcijo faze 2 novih sort in klonov jablan. To pomeni, da spremljamo lastnosti sorte in sorti primerne tehnološke ukrepe. Ob pridobivanju novih sort in klonov strmimo k temu, da so odporne na škrlup in tolerantne na klimatske spremembe. Ko sorto dobimo, jo vključimo v introdukcijo faze 2, kjer spremljamo njene fenofaze, prirast, pridelek ter kakovost pridelka. Na osnovi fenofaz določimo kako hitro sorta vstopi v fazo polnega cvetenja in kako je v tem obdobju občutljiva na pomladansko pozebo. Ob uspešni oploditvi spremljamo prirast plodičev in določimo termin faze T-stadija, saj je ta pomemben za določitev okvirnega obiralnega okna sorte. Ko se približuje obiralno okno, začnemo spremljati notranjo kakovost plodov s strojem Pimprenelle. Iz pridobljenih rezultatov izračunamo Streifov indeks, ki je pomemben za določitev točnega obiralnega okna. Ko je sorta primerna za obiranje, stehtamo pridelek desetih dreves in izračunamo povprečni hektarski pridelek. Med skladiščenjem decembra ponovimo analizo notranjih kakovosti, da vidimo kako dobro se sorta skladiščenji.

2. MATERIALI IN METODE DE LA

Introdukcijo faze 2 smo izvajali v nasadu Sadjarskega centra Maribor (geografska širina: 46.61, geografska dolžina: 15.68, nadmorska višina: 300 m) med leti 2018 in 2023 na škrlup odpornih mladih drevesih jablan sort: Les Naturianes® 'Ariane', 'Bonita', Crimson Crisp® 'COOP 39', Story® 'Inored', 'Topaz', Antares® 'Dalinbel' in 'Modi'. Sorte so cepljene na podlago M9. Za spremljanje parametrov smo izbrali 10 izenačenih dreves vsake sorte. Drevesa so sajena na razdalji $3,2 \times 0,8$ m, nasad ima stalno visoko oporo, je namakan, pokrit s protitočno mrežo in opremljen z oroševalnim sistemom. Tla so težka z vsebnostjo humusa med 3 in 4 %.

Spomladi smo spremljali datum polnega cvetenja. Takoj po pozebi smo nabrali po 100 cvetov vsake sorte in jih vzdolžno prerežali. Če je bila plodnica rjava ali črna, je cvet pozebel. Ob obiranju smo zabeležili datum zorenja in stehtali pridelek po drevesu ter iz znanega števila dreves na hektar izračunali hektarski pridelek. Izračunali smo tudi število dni od polnega cvetenja do obiranja. S strojem Pimprenelle smo izmerili notranjo kakovost plodov: vsebnost topne suhe snovi ($^{\circ}\text{Brix}$), trdoto mesa (kg/cm^2) in vsebnost skupnih kislin (g/l).

2.1. OPIS SORT

Les Naturianes® 'Ariane' je francoskega porekla, križana med dvema odpornima selekcijama. Plod je srednje velik, 75 % plodu je prekrita s svetlo rdeče oranžno kožico,

osnovna barva je zlato zelena. Meso je čvrsto, kremasto belo, dokaj sočno in hrustljivo. Vsebuje veliko sladkorjev in organskih kislin. Sorta zori v času zorenja sorte 'Zlati Delišes' in se dobro skladišči (Our apple varieties, 2022; Donik Purgaj in sod., 2023).

'**Bonita**' je rezultat križanja med sortama 'Topaz' in 'Crips Pink'. Je klubska sorta. Plodovi so homogeni, srednje veliki s svetlo rdečo krovno barvo. Meso je sočno hrustljivo, s fino strukturo in osvežujočim sladko-kislim okusom. Sorta zori konec septembra in v začetku oktobra. Glede skladiščenja je izredno zahtevna (Bonita, 2023; Donik Purgaj in sod., 2023).

Crimson Crisp® 'COOP 39' je križanec med dvema selekcijama iz ZDA. Plod je srednje velik s svetleče temno rdečo kožico. Meso je čvrsto, sočno in sladko kislega okusa. . Sorta zori v drugi polovici septembra in jo lahko dlje časa skladiščimo (Our apple varieties, 2022; Donik Purgaj in sod., 2023).

Story® 'Inored' je sorta neznanih staršev iz Francije. Plodovi dosegajo velikost od 65 mm do 75 mm. Plodovi so hrustljavi, sladki, z majhno vsebnostjo kislin. Barva kožice je izrazito temno rdeča. Sorta zori v sredini oktobra in se izjemno dobro skladišči (Our apple varieties, 2022; Donik Purgaj in sod., 2023).

Antares® 'Dalinbel' je križanec med znano sorto 'Elstar' in sorto pod šifro. Plodovi so srednje veliki do veliki z osnovno zeleno rumeno in roza rdečo krovno barvo. Meso je čvrsto, sladko kislo in z odlično aromo. Sorta zori pred 15. septembrom in se dobro skladišči do novega leta. Je izrazito alternativno rodna (Our apple varieties, 2022; Donik Purgaj in sod., 2023).

'**Modi**' je križanec sort 'Gala' × 'Liberty'. Plodovi so srednje veliki in temno vijoličasto rdeči. Na plodovih se pojavlja rjavost. Meso je hrustljivo z uravnoteženim razmerjem med sladkorji in kislinami. Sorta zori konec septembra in se dobro skladišči (Modi apples, 2023; Donik Purgaj in sod., 2023).

'**Topaz**' je križanec med sortama 'Vanda' in 'Rubin'. Plodovi so srednje veliki z rumeno osnovno in rdeče prižasto krovno barvo. Meso je čvrsto, kislo sladkega okusa, ki med skladiščenjem postane slajše in manj čvrsto. Sorta zori konec septembra in se dobro skladišči (Topaz apple, 2023; Donik Purgaj in sod., 2023).



Slika 4: Plodovi sorte 'Ariane'



Slika 5: Plodovi sorte 'Bonita'



Slika 6: Plodovi sorte 'COOP 39'



Slika 7: Plodovi sorte 'Inored'



Slika 8: Plodovi sorte 'Dalinbel'



Slika 9: Plodovi sorte 'Modi'



Slika 10: Plodovi sorte 'Topaz'

3. REZULTATI

Sorta 'Topaz' je standardna in dobro uveljavljena sorta pri nas, zato smo rezultate izmerjenih parametrov primerjali s to sorto.

Med leti 2018 in 2023 je pozeba nastopila v letih 2019, 2020, 2021 in 2023. Delež pozebljih cvetov je odvisen od moči in trajanja pozebe. Leta 2021 je bila močna pozeba, saj so precej nizke temperature vztrajale celo noč. Kljub oroševalnemu sistemu je največ cvetov pozeblo pri sorti 'Topaz' (83,0 %), kar nakazuje, da je sorta precej občutljiva na pozebo (preglednica

1). Novejše odporne sorte so manj občutljive na pozebo, razen sort 'Ariane', 'Bonita' in 'Modi', pri katerih je pozeba bila nad 50 %.

Polno cvetenje pri novejših odpornih sortah nastopi nekaj dni prej kot pri sorti 'Topaz' (22. april). Pri sortah 'Bonita' in 'Modi' nastopi 19. aprila, pri sortah 'Ariane', 'COOP 39', 'Dalinbel' in 'Inored' pa 21. aprila.

Ker imajo izbrane sorte različna obiralna okna in različno število dni od polnega cvetenja do obiranja, je datum obiranja pri vsaki sorti različen. Najkrajše število dni od polnega cvetenja do obiranja je pri sorti 'Dalinbel' (146), najdaljše pa pri sorti 'Inored' (173).

Preglednica 4: Delež pozebljih cvetov (%), datum polnega cvetenja in obiranja, število dni od polnega cvetenja do obiranja, pridelok, vsebnost topne suhe snovi (TSS), skupnih kislin in trdote mesa sort jabolk za obdobje 2018-2023

Table 2: Proportion of damaged flowers by frost (%), date of full bloom and harvest, number of days from full bloom to harvest, yield, content of soluble solids (TSS), total acids and firmness of different apple cultivars for the period 2018-2023

Parameter /sorta	Pozeba (%)	Datum polnega cvetenja	Datum obiranja	Št. dni od polnega cvetenja do obiranja	Pridelek (t/ha)	TSS (°Brix)	Kislina (g/l)	Trdota (kg/cm ²)
Ariane	67,5	21. 4.	25. 9.	157	25	14,9	8,2	8,0
Bonita	56,5	19. 4.	1. 10.	165	35	12,3	7,2	7,3
COOP 39	23,7	21. 4.	20. 9.	152	32	12,0	6,9	8,3
Dalinbel	36,0	21. 4.	14. 9.	146	30	12,4	6,8	7,0
Inored	46,5	21. 4.	11. 10.	173	28	12,3	5,9	8,6
Modi	56,3	19. 4.	26. 9.	160	32	12,0	6,3	8,4
Topaz	83,0	22. 4.	2. 10.	163	30	12,0	10,2	7,5

Povprečni pridelok sort je bil okoli 30 t/ha. Povprečno najmanjši pridelok smo stehtali pri sorti 'Ariane' (25 t/ha), povprečno največjega pa pri sortah 'Bonita' (35 t/ha), 'COOP 39' (32 t/ha) in 'Modi' (32 t/ha). Kljub močnejši pozebi je sorta 'Bonita' imela velik pridelok.

Povprečna vsebnost topne suhe snovi je okoli 12 °Brix, povprečno največjo vsebnost topne suhe snovi ima sorta 'Ariane' in sicer 14,9 °Brix.

Povprečno največjo vsebnost kislin ima sorta 'Topaz' (10,2 g/l), novejše sorte imajo manjše vsebnosti kislin v primerjavi s sorto 'Topaz'.

Povprečna trdota mesa novejših sort je 8,1 kg/cm², povprečno največjo trdoto mesa ima sorta 'Inored' (8,6 kg/cm²), povprečno najmanjšo pa sorta 'Dalinbel' (7,0 kg/cm²).

4. SKLEPI IN ZAKLJUČEK

Sklepamo lahko, da so novejše sorte manj občutljive na pozebo v primerjavi s sorto 'Topaz' in v letu pozebe imajo zadovoljiv pridelok. Prav tako lahko sklepamo, da imajo novejše sorte

manjšo vsebnost kislin v primerjavi s sorto 'Topaz'. Večina novejših sort je bolj čvrstih od sorte 'Topaz'. Naša naloga je, da poskušamo ovrednotiti novejšje sorte jabolk in tiste z dobrimi lastnostmi predstaviti potrošniku kot enako dobra jabolka kot jabolka sorte 'Topaz'.

5. LITERATURA

Bonita. 2023. Val Ventosa Südtirol.

<https://www.vip.coop/en/recipes-whispers/bonita/24-2494.html> (30. 12. 2023)

Donik Purgaj B., Čebulj A., Hudina M., Koron D., Solar A., Usenik V., Mrzličić D. 2023.

Poročilo strokovne naloge Introdukcija sort - 2022. Ljubljana, Javna služba v sadjarstvu.

[https://sadjarstvo.javnesluzbe.si/wp-content/uploads/2023/06/Porocilo-JS-](https://sadjarstvo.javnesluzbe.si/wp-content/uploads/2023/06/Porocilo-JS-22_INTRODUKCIJA.pdf)

[22_INTRODUKCIJA.pdf](https://sadjarstvo.javnesluzbe.si/wp-content/uploads/2023/06/Porocilo-JS-22_INTRODUKCIJA.pdf) (30. 12. 2023)

Modi apples. 2023. Specialty produce.

https://specialtyproduce.com/produce/Modi_Apples_14446.php (30. 12. 2023)

Our apple varieties. 2022. Dalival.

<https://www.dalival.com/our-varieties/our-apple/our-apple-varieties/> (30. 12. 2023)

Topaz apple. 2023. Orange pipin.

<https://www.orangepipin.com/varieties/apples/topaz> (30. 12. 2023)

SPREMLJANJE NOVIH PODLAG ZA JABLANO V SLOVENIJI, NA SORTI 'GALAVAL'

Biserka DONIK PURGAJ¹

POVZETEK

V letu 2020 smo na Sadjarskem centru Maribor - Gačnik (46.61615, 15.68570) v okviru naloge introdukcije pričeli spremljati novo sorto 'Galaval' na različnih podlagah za jablano. Preskušamo podlage, ki so komercialno dostopne, po svojih lastnostih pa boljše kot podlaga M9. Posadili smo angleške selekcije podlag HRI-East Malling: AR selekcija 680/2, AR486/1, ruska podlaga Bud -B10, Geneva podlage - G11 in G41, ter jih primerjali s standardno podlago M9. Sorta 'Galaval' je novejša sorta z intenzivno rdečo barvo in izjemnim tržnim potencialom. Raziskovali smo vpliv podlage na vegetativne lastnosti jablane, vpliv različnih podlag na rodnost jablan ter se osredotočili na optimalno zrelost v korelaciji z zrelostnimi parametri notranje kakovosti. Vrednotenje vpliva podlage na povratno cvetenje jablan je pokazalo, da je bilo povprečno največje število cvetnih šopov na sorti 'Galaval' gojeni na podlaga B10, največje povprečno število poganjkov na drevo je imela podlaga G41, povprečna prirast poganjka je bila največja pri podlagi G11, največjo enoletno prirast lesa pa smo zasledili pri podlagi G11 in G41. Opravili smo tudi meritve obsega debla. Ugotavljamo, da je podlaga M9 v primerjavi z ostalimi podlagami priraščala največ, najmanj pa podlaga AR486 in G 11. Največji kumulativni pridelek pri sorti 'Galaval' je bil izmerjen na podlagi AR680, G41 in G11. Največjo povprečno maso ploda je imela sorta na podlagi M9 (193,0 g), AR680 (173,0 g) in G41 (172,5 g). Glede na določitev optimalnega obiralnega okna, sorta na podlagi G41 zori hitreje, kot na podlagi G11 in AR486.

Ključne besede: jablana, podlaga, vegetativna rast, rodnost, 'Galaval'

MONITORING OF NEW ROOTSTOCKS FOR APPLE TREE IN SLOVENIA, ON THE CULTIVAR 'GALAVAL'

ABSTRACT

At the Fruit growing Center of Maribor (46.61615, 15.68570) we studied the new cultivar 'Galaval' on different apples tree rootstocks as part of the opening witness task in 2020. We are testing rootstocks that are commercially available and have better properties than the M9 rootstock. We planted English selections of HRI-East Malling rootstocks: AR selection '680/2', AR486/1, Russian rootstock Bud B10, Geneva rootstock G11 and G41, and compared with standard rootstock M9. The variety 'Galaval' is a new variety with an intense red color and exceptional market potential. We investigated the influence of rootstock on the vegetative properties of the apple tree, the influence of different rootstock on the productivity of apple trees and focused on the optimal maturity in correlation with the maturity parameters of internal quality. Evaluation of the influence of rootstock on blooming of apple trees

¹ Kmetijsko gozdarski zavod Maribor, Sadjarski center Maribor, Gačnik 77, 2211 Pesnica pri Mariboru, Slovenija

showed that the average maximum number of flower bunches on the variety 'Galaval' was grown on the rootstock B10, and the largest average number of shoots per tree was on the rootstock G41, the average growth of the shoot was the largest on the rootstock G11, the largest and we traced the one-year increase in wood rootstock on G11 and G41. We also took measurements of the trunk circumference. We find that the M9 rootstock grew the most compared to the other rootstock, and the rootstock AR486 and G 11 the least. The highest cumulative yield in the variety 'Galaval' was measured based on AR680, G41 and G11. The highest mean fruit weight was achieved by the variety rootstock on M9 (193.0 g), AR680 (173.0 g) and G41 (172.5 g). According to the determination of the optimal harvest window, the variety rootstock on G41 ripens faster than the G11 and AR486 rootstock.

Key words: apple trees, rootstock, vegetative growth, yield, 'Galaval'

1. UVOD

V pridelavi jabolk (*Malus domestica* Borkh.) smo v zadnjih desetletjih uvedli gosta sajenja s prilagodljivo gojitveno obliko, ki se je z razvojem sadjarstva prilagajala spremenjenim tehnologijam. Podlaga M9, ki je zastopana v večini intenzivnih nasadov jablan, je v zadnjem desetletju, zaradi spremenjenih vremenskih razmer, postala nekoliko manj stabilna na rodnost in odpornost. Pri jablani uporabljamo izključno vegetativno razmnožene podlage, saj dajo cepljenim rastlinam veliko genetsko izenačenost. Podlaga vpliva na rast dreves, vrsta raziskav pa potrjuje tudi različne vplive na rodnost jablane. Idealna podlaga za jablano pomeni zgodnji vstop v rodnost in dobro produktivnost. Imeti mora dobro razvit koreninski sistem, prilagodljivost na različne tipe tal, odporna ali tolerantna na bolezni in škodljivce, ter prilagodljiva na stresne situacije. V intenzivnem nasadu z gostim sajenjem po večini uporabljamo šibko rastočo podlago M9 (Webster, 1995), vendar je ta podlaga manj tolerantna na zimski mraz, občutljiva na glive iz rodu *Phytophthora* in hrušev bakterijski ožig (*Erwinia amylovora* (Burill)). Večina šibkejših podlag je občutljiva tudi za škodljivce, kot so krvava uš (*Eriosoma lanigerum* (Hausmann)). Prednosti šibkejše rastočih podlag so, da se dolžina ravnega obdobja zmanjšuje s šibkejšo podlago, podlaga vpliva na zmanjšanje dolžine internodijev na rodnih vejah (Seleznyova in sod., 2003; Weibel in sod., 2003), in imajo pozitiven vpliv na velikost pridelka, kar pri gostem sajenju v intenzivni pridelavi omogoča optimalni izkoristek svetlobe (Autio in sod., 2011; Fallahi in sod., 2002). Za vrednotenje vpliva podlag na generativne in vegetativne parametre drevesa in kakovost plodov smo zastavili primerjalni poskus v Sadjarskem Centru Maribor, v enakih pedo-klimatskih razmerah in ob uravnavanju pridelka glede na bujnost rasti. Na tak način smo lahko dobro ovrednotili vpliv podlag, ter jih primerjali med seboj in s standardno podlago M9. Podlage jablan kategoriziramo po bujnosti. Ker je pridelava jabolk na šibko rastočih podlagah močno povečala produktivnost je vsakršno iskanje alternativne podlage zahtevno. Ugotovljeno je bilo, da interakcija med podlago in sorto pomembno vpliva na arhitekturo drevesa (Tworkoski in Miller, 2007; Harrison in sod., 2016; Lordan in sod., 2017). Vpliv različnih podlag jablan se razlikuje tudi po vegetativnih lastnostih. Pri jablani se enoletni poganjki razvijejo iz brstov, ki so nastali v prejšnji rastni sezoni in so lahko vegetativni ali generativni.

Namen naše raziskave je bil preučiti vpliv podlage na vegetativne lastnosti jablane vpliv različnih podlag na rodnost jablan, ter se osredotočili na optimalno zrelost v korelaciji z zrelostnimi parametri notranje kakovosti.

2. MATERIAL IN METODE

Poskus spremljanja različnih podlag smo izvajali na lokaciji Sadjarskega centra Maribor-Gačnik (46.61615, 15.68570), v letih 2020 – 2023, na sorti 'Galaval' cepljeno na podlagah AR680/2, AR486/1, ruska podlaga Bud B10, Geneva podlage G11 in G41, ter jih primerjali s standardno podlago M9. Drevesa so posajena v enovrstni sistem sadilne razdalje 3,2 m x 0,8 m v letu 2018. Gojitvena oblika je ozko vreteno. Nasad je opremljen z oroševalnim sistemom, ki smo ga v letu 2020, 2021 in 2023 tudi zagnali. Poskus prikazuje rezultate spremljanja od leta 2020-2023. Nasad je oskrbovan po sistemu standardne pridelave sadja in ima urejen kapljični sistem namakanja.

Podlage Geneva® (ZDA) so tolerantne in iz omenjenega razloga tudi atraktivnejše. Splošne značilnosti podlag Geneva® so odpornost na bolezen, odpornost na ognjevko (*Erwinia amylovora*), odpornost na mokasto jablanovo uš (*Dysophis plantaginea*). Nekoliko bujnejša podlaga daje na utrujenih zemljiščih boljše rezultate kot šibke podlage, toleranca njihovega koreninskega sistema na patogene organizme ima ključno vlogo pri stabilni rodnosti (Donik in sod., 2022). Alternativne podlage, katerih genotip temelji na odpornosti in produktivnosti, se je v študijah pokazalo, da se dolžina rastnega obdobja zmanjšuje s šibkejšo podlago s tem pa izboljšuje učinkovitost porabe vode in hranil.

Podlaga G41 (Ottawa 3 x Novole) je močnejše rasti in jo uvrščamo med srednje bujne. Podlaga tvori manj uporabnih rodnih vej, kar nakazuje slabšo strukturo krošnje, in zmanjšuje donos pridelka posebno na sorti 'Zlati delišes'. Podlaga bolje prenaša utrujena zemljišča in je odporna na krvavo uš (*Eriosoma lanigerum* (Hausmann)). Odporna na hrušev ožig (*Erwinia amylovora* (Burill)) in gnilobo koreninskega vratu (*Phytophthora cactorum*). Odporna na nizke temperature in zgodaj vstopi v rodnost (Donik in sod., 2022).

Podlaga G11 (M26 X Robusta 5) je po rasti podobna podlagi M26. Podlaga je zmerno odporna na hrušev ožig (bolj kot M9), zmerno dovzetna na krvavo uš in gnilobo koreninskega vratu. Potrebuje oporo in velja za dobro alternativo podlago podlagi M9. Ima zmerno odpornost na bolezen ponovne zasaditve jablan ARD. Podlaga ima prednost v uvedbi, saj je za razliko od drugih jablanovih podlag komercialno dostopna (Donik in sod., 2022).

Podlage AR selekcije so selekcionirane v HRI East Mailling v Angliji. V poskusu primerjamo dve selekcije AR podlage; AR 486 (Ottawa3 x M27) in AR 680 (M26 X M27) (Apple rootstocks capabilities and limitations, 2024)

Ruska podlaga Budagovski Bud 10, predhodno poimenovan kot Bud 62-396, je selekcionirana med podlago M27 X Robusta 5. Podlaga je prilagodljiva na nizke temperature (Apple rootstocks capabilities and limitations, 2024).

Vegetativna prirast, s katero izkazujemo bujnost drevesa, smo v poskusu različnih podlag izmerili na način, da smo dolžino enoletne prirasti izmerili na celotnem drevesu, na vseh enoletnih poganjkih, ter prešteli število poganjkov, ki so imeli enoletno prirast. Izračunali smo tudi povprečno velikost posameznega poganjka na drevesu.

Presek debla smo izmerili 20,0 cm nad cepljenim mestom, ter podatek podali za vsako leto v cm. Za primerjavo povprečnih vrednosti v spremljanih letih v preglednici 1 predstavljamo povprečje opazovanega obdobja.

Cvetenje smo določevali vsako leto spremljanja ter za primerjavo vseh na osnovi spremljanih parametrov izračunali povprečni cvetni nastavek. Torej povprečje od leta 2020-2023. Cvetenje smo določali s štetjem cvetnih šopov v fenološkem stadiju rožnatega popka (BBCH (57) (Meier in sod., 1997).

Pridelek je bil ob kemičnem redčenju (MaxCell) obremenjen na srednjo obremenitev dreves, kjer je gostota pridelka znašala 7 plodov/cm². Pridelek smo vrednotili z razporeditvijo plodov v prvi kakovostni razred (masa plodov 70 mm in več), ter drugi kakovostni razred (masa plodov manj od 70 mm). Pridelek smo stehtali na drevo in glede na znano število dreves na hektar izračunali pridelek na hektar. Vpliv obremenitve smo ocenili s povratnim cvetenje, ki so ga drevesa tvorila v vsakem naslednjem letu.

Med zorenjem smo spremljali parametre kakovosti: vsebnost suhe snovi (°Brix), trdoto (kg/cm²) smo izmerili s strojem Pimpernelle, škrobni indeks smo določevali z vizualnim bonitiranjem po Ctif lestvici (1-10) in iz izmerjenih podatkov izračunali Streifov indeks (RI). V rezultatih so prikazani indeksi za posamezno podlago. S tem smo dokazovali razlike v zrelosti med podlagami.

Zbrani podatki so bili obdelani in analizirani s pomočjo statističnega paketa Microsoft Excel 365 ter statističnega programa Statgraphics.

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

Sorta 'Galaval' je zgodaj zoreča sorta, ki jo lahko priporočamo za zasaditve na območja, kjer lega za nasade ni najprimernejša. Cveti v času cvetenja sorte 'Zlati delišes'. Sorta je po bujnosti povprečne rasti z nizko dovzetnostjo za alternativno rodnostjo, nekoliko dovzetnejša na jablanov škrlup (*Venturia inaequalis*) in koreninski rak (*Neonectria ditissima*). Plod je intenzivno rdeče barve, meso ploda je sočno, hrustljivo in sladko. Obarvanost plodov in doseganje TSS je izredno zgodaj. Sorta je manj primerna za daljše skladiščenje v navadni hladilni atmosferi. Velikost in oblika plodov je za potrošnika izredno vabljava.

Spremljanje vegetativnih parametrov rodnosti nakazuje, da so podlage v primerjavi s podlago M9, pri sorti 'Galaval' dosegle v povprečju primerljivo letno prirast. Vegetativna podlaga ima pomemben vpliv na rast v začetnem obdobju rodnosti. Rast drevesa se je povečevala v vseh spremljanih letih. Največjo bujnost so dosegla dreves na podlagi G41 in G11, med tem ko je bila rast dreves cepljenih na podlago AR486 najšibkejše rasti. Bujnost ne vpliva na število poganjkov in njihovo enoletno prirast, največjo enoletno prirast poganjka na drevo so imela drevesa cepljena na podlage G11, AR680 in G41.

Negativno razmerje med vegetativno rastjo in cvetnim nastavkom, povzroči prenehanje rasti poganjka s tem pa pogosto vodi do povečanega cvetnega nastavka (Forshey, 1989; Luckwill, 1974).

Cvetenje, ki smo ga spremljali v vseh letih je bilo zaradi več pozeb še vedno dobro, pridelki pa zelo visoki. Zaradi večkratnih nizkih temperatur, smo varovanje pridelka izvedli s konstantnim tehnološkim postopkom oroševanja in dopolnilno uporabo sredstev za krepitev rastlin.

V prvem letu cvetnega nastavka je sorta cepljena na podlago G11 tvorila najmanjše število cvetnih šopov 19,3, največjega pa drevesna cepljena na podlago B10 (48,4). Cvetenje je bilo v

obdobju spremljanja največje na drevesih cepljenih na podlagi B10, ki je glede na povprečno letno prirast bila med manj bujnejšimi podlagami. Glede na podlago M9 so drevesa cepljena na ostale podlage, tvorile manjše število cvetnih šopov, prav tako je povprečna vrednost obsega debla bila pri drevesu cepljenem na podlago M9 največja.

Preglednica 1: Povprečno število poganjkov na drevo, povprečna enoletna prirast poganjkov (m), povprečna enoletna prirast poganjka (cm), povprečno število socvetij na drevo in povprečni obseg debla za obdobje 2020-2023 pri sorti 'Galaval' cepljenih na različne podlage za jablano

Table 1: Average number of shoots per tree, average annual growth of shoots (m), average annual growth of shoots (cm), average number of inflorescences per tree and average trunk (cm) for the period 2020-2023 for the variety 'Galaval' grafted on different rootstocks for apple

Podlaga	Št. Poganjkov / drevo (2020-2023)	Enoletna prirast poganjkov (m) (2020-2023)	Enoletni prirast poganjka (cm) (2020-2023)	Št. socvetij/drevo (2020-2023)	Obsega debla (cm) (2020-2023)
M 9	69,9	22,8*	32,4*	75,23	12,07
G 11	64,9	24,1*	37,7*	67,87	9,50
G 41	75,0	25,4*	33,9*	66,58	10,16
AR 486	52,0	15,0*	29,5*	70,58	9,22
AR 680	67,5	23,4*	35,7*	73,89	10,38
B 10	60,8	17,7*	29,2*	83,82	10,45

*statistično značilna razlika med izmerjeno vrednostjo pri $p < 0,05$ (t-test)

Preglednica 2: Kumulativno pridelok na drevo (kg/drevo) in hektar (kg/ha), povprečne masa ploda, vsebnost topne suhe snovi (TSS), trdota mesa ploda in Streifov indeks za obdobje 2020-2023 pri sorti 'Galaval' na različnih podlagah za jablano

Table 2: Yield per tree (kg/tree) and hectare (kg/ha) average fruit weight, soluble solids content (TSS), firmness, and Streif index for the period 2020-2023 at 'Galaval' cultivar on different rootstock for apple tree

Podlaga	Kumulativni pridelok/ drevo (kg)	Kumulativni Pridelok (kg/ha) (gostota sajenja 3300)	Masa ploda (g)	Vsebnost TSS (Brix°)	Trdota ploda (kg/cm ²)	Streifov indeks
M 9	26,06	85.998	193,0	11,5	7,7	0,09
G 11	37,51	123.783	163,0	11,2	8,0	0,11
G 41	37,02	122.166	172,5	11,7	7,6	0,08
AR 486	27,62	91.146	167,8	11,3	8,3	0,11
AR 680	38,12	125.796	173,0	11,5	7,9	0,09
B 10	28,69	94.677	165,5	11,5	8,3	0,10

Podlage so zaradi spremenjenega genotipa prilagodljive na razmere, ki lahko rodnost zmanjšajo.

Lo Bianco in sod. (2008) so v raziskavi proučevali kakovost sorte 'Crips Pink'. Na podlagah M9 in MM106 so ugotovili, da imajo plodovi na drevesih, cepljenih na podlagi M9, večjo maso plodov in trdoto mesa. Glede na maso ploda, je sorta 'Galaval' na podlagi M9 dosegala v

povprečju največjo maso ploda (193,0 g), najmanjšo povprečno maso ploda je v povprečju dosegala sorta cepljena na podlago G11.

Kumulativno pridelok (2020-2023) je največji pri podlagi AR680, ki je bila selekcionirana z namenom, da se v primerjavi s podlago M9 kakovost in rodnost izboljšata. Tako se je preučevana podlaga izkazala kot najrodnejša tudi v naših klimatskih razmerah. Po spremljanih kumulativnih pridelkih so bile vse podlage rodnejše v primerjavi s podlago M9.

DeLong in sod. (2006) v svoji raziskavi dokažejo, da je vsebnost topne suhe snovi odvisna od obremenitve drevesa s pridelkom. Pri naši raziskavi smo ugotovili, da je vsebnost topne suhe snovi v posameznem letu sicer nekoliko različna, vendar v obdobju spremljanja povprečnih vrednosti, statistično dokazanih odstopanj med podlagami ni.

Trdota mesa plodov je eden izmed najpomembnejših kriterijev kakovosti jabolk in se uporablja kot merilo zrelosti jabolk. Dejavniki pred in po obiranju, ki vplivajo na trdoto mesa jabolk, so: genetski in rastni dejavniki, oskrba z minerali, zrelost ob obiranju in način skladiščenja. Čvrstost plodov se z zorenjem zmanjšuje, zmanjševanje pa je odvisno od sestave celičnih sten ter količine pektinov, celuloze in hemiceluloze, pa tudi od količine sladkorjev. Med dozorevanjem jabolk se del netopnega pektina spremeni v topnega, kar povzroča mehčanje tkiva in vizualna znamenja staranja.

Trdota mesa ploda je bila največja pri plodovih dreves cepljenih na podlagah AR486, B10 in G11, najmanjša pa pri podlagi G41. Statističnih razlik v obdobju 2020-2023 ni bilo.

Določiti obiralno okno in določiti notranje parametre kakovosti v tekoči sezoni pridelave je eden izmed pomembnih ukrepov. Obiralno okno je časovno obdobje, v katerem je potrebno določeno sorto jabolk obrati. Označuje začetek in konec obiranja. Dolžina obiralnega okna je odvisna od sorte jabolk in dinamike zorenja plodov. Po vseh pridobljenih vrednostih (škrob, topna suha snov in trdota) preračunamo Streifov indeks. Streifov indeks vključuje indikatorje zrelosti in kakovosti, kot so trdota, vsebnost sladkorjev in škrobni indeks. Vrednosti se glede na sorto razlikujejo. Streifov indeks zajema več različnih spremenljivk oz. parametrov, zato je primernejši za določitev najboljšega časa za obiranje

V obdobju spremljanja je sorta 'Galaval' na podlagi G41 dosegala po izračunanem Streifovim indeksu, obiralno okno nekoliko prej kot na podlagi 'M9' in ostalih podlagah, vendar razlika ni bila značilna. Dozorevanje je različno glede na klimatske razmere, zato je potrebno določevanje obiralnega okna spremljati vsako leto posebej glede na razmere tekoče sezone.

4. SKLEPI

V obdobju spremljanja podlag 2020-2023, smo v Sadjarskem centru Maribor delno preučili podlage za jablano sorte 'Galaval'. Spremljanje poteka še v širšem obsegu in bo trajalo še nekaj let, saj v kolikor želimo nadomestiti najbolj zastopano podlago M9 v intenzivni pridelavi jabolk, morajo biti preučevani vsi parametri, usmerjeni v doseganje največje kakovosti in rodnosti.

Na sorti 'Galaval' zaznamo, da sta se ameriška podlaga Geneva G11 in angleška selekcija podlag HRI-East Malling AR680 izkazali kot najbolj primerljive s podlago M9. Drevesa na omenjenih podlagah so dosegala večji pridelok ter primerljivo ali boljšo kakovost plodov ob obvladljivi vegetativni rasti.

Drevesa na podlagi G11 so imela glede na podlago M9 v preučevanih letih slabši prirast debla, obseg 9,5 cm. Drevesa na omenjeni podlagi (G11) so imela večji prirast enoletnega lesa (24,1 m), tvorila so manj cvetnih šopov. Drevesa so imela večji kumulativni pridelek (37,51 kg/drevo), nekoliko manjšo povprečno maso ploda (163,0 g), obiralno okno pa se pri tej podlagi nekoliko zakasni v primerjavi s standardno podlago.

Podlaga G41 je glede na podlago M9 v preučevanih letih dosegala manjši prirast debla, obseg 10,16 cm, imela je večji prirast enoletnih poganjkov (25,4 m), večje število enoletnih poganjkov (75,0) in od vseh preučevanih podlag najmanjši cvetni nastavek. Tudi pri pridelku se podlaga izkaže z večjim kumulativnim pridelkom (37,02 kg/drevo), s povprečno maso ploda 172,5 g, nekoliko večjo vsebnostjo topne suhe snovi ter z nekoliko manjšim Streifovim indeksom (0,08).

Podlaga AR486 je glede na podlago M9 v preučevanih letih imela najmanjši obseg debla (9,22 cm), imela je najmanjši povprečni enoletni prirast (15,0 m), z najmanjšim številom poganjkov na drevo. Drevesa na omenjeni podlagi so imela boljši cvetni nastavek kot G11 in G41, po rodnosti pa je ta podlaga bila za malenkost boljša kot podlaga M9. Povprečna masa ploda je znašala 167,8 g, kar je manj kot pri podlagi M9. Streifov indeks je znašal 0,11, kar nekoliko zaostaja za podlago M9.

Cepljenje dreves na podlago AR680 je glede na podlago M9 imelo večji enoletni prirast (23,4 m). Drevesa na podlagi AR680 so tvorila nekoliko manj cvetnega nastavka (73,89) ter imela manjši obseg debla (10,38 cm). Kumulativni pridelek na drevo je bil od vseh preučevanih podlag največji (38,12 kg/drevo), s povprečno maso ploda 173,0 g, z vsebnostjo topne suhe snovi 11,5 °Brix, veliko trdoto mesa in Streifovim indeksom 0,09, ki nakazuje na zgodnejše obiralno okno.

Drevesa cepljena na podlago B10 so v primerjavi s podlago M9 imela najslabši enoletni prirast, največje število socvetij na drevo (83,82) ter obseg debla 10,45 cm. Imela so najmanjši kumulativni pridelek (28,69 kg/drevo) med spremljanimi podlagami, vendar večji kot podlaga M9.

Zaključimo lahko, da vse preučevane podlage kažejo, da bi lahko bile zamenjava standardni podlagi M9. Vprašanje pa je, kako bo pridelovalce mogoče preusmeriti v te novosti. Zagotovo bo v prihodnosti več poudarka na podlagah, ki pa jih moramo preučiti še na drugih sortah jablane.

5. LITERATURA

Apple Rootstocks: Capabilities and Limitations. 2024.

<https://extension.psu.edu/apple-rootstocks-capabilities-and-limitations> (08.01.2024)

Autio, W., Robinson, T., Black B., Bradshaw, T., Cline, J.A., Crassweller, R.M., Embree, C.G., Hoover, E., Hoying, S.A., Iungerman, K.A., Johnson, R.S., Lang, G., Parker, M.L., Perry, R.L., Reighard, G.L., Schupp, J.R., Stasiak, M., Warmund, M., Wolfe, D. 2011. Performance of 'Fuji' and 'McIntosh' apple trees after 10 years as affected by several dwarf rootstocks in the 1999 NC-140 apple rootstock trial. *Journal of the American Pomological Society*, 65: 2-20

DeLong, J.M., Prange, R.K., Harrison, P.A., Embree, C.G., Nicholas, D.S., Wright, A.H. 2006. The influence of crop-load, delayed cooling and storage atmosphere on post-storage quality of Honeycrisp apples. *Journal of horticultural science and biotechnology*, 81 (3): 391-396.

- Donik Purgaj, B., Čebulj, A., Hudina, M., Koron, D., Solar, A., Usenik, V., Mrzlič, D., 2022. Poročilo strokovne naloge Introdukcija sort - 2021. Ljubljana, Javna služba v sadjarstvu, 62 str. https://sadjarstvo.javnoslužbe.si/wp-content/uploads/2022/09/Porocilo-JS-21_INTRODUKCIJA.pdf.
- Fallahi, E., Colt, W.M., Fallahi, B., Chun, I. J. 2002. The importance of apple rootstocks on tree growth, yield, fruit quality, leaf nutrition, and photosynthesis with an emphasis on 'Fuji'. HortTechnology, 12: 38-44
- Forshey, C. 1989. Measuring the effects of growth regulators on the vegetative growth - fruiting relationship. Acta Hort. 239: 211-220
- Harrison, N., Barber-Perez, N., Pennington, B., Cascant-Lopez, E., Gregory, P. J. 2016. Root system architecture in reciprocal grafts of apple rootstock-scion combinations. Acta Hort. 1130, 409–414. doi: 10.17660/ActaHortic.2016.1130.61
- Lo Bianco R., Farina V., Avellone G., Filizzola F., Agozzino P. 2008. Fruit quality and volatile fraction of 'Pink Lady' apple trees in response to rootstock vigor and partial rootzone drying. Journal of the Science of Food and Agriculture, 88: 1325-1334
- Lordan, J., Fazio, G., Francescato, P., Robinson, T. 2017. Effects of apple (*Malus x domestica*) rootstocks on scion performance and hormone concentration. Sci. Hortic. 225, 96–105. doi: 10.1016/j.scienta.2017.06.050
- Luckwill, L.C. 1974. A new look at the process of fruit bud formation in apple. XIX Intl. Hort. Congress, Warsaw. p. 237-245
- Meier, U. 1997. BBCH-Monograph. Growth stages of plants - Entwicklungsstadien von Pflanzen - Estadios de las plantas - Développement des Plantes. Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin und Wien. 622 p
- Seleznyova, A., Thorp, G. White, M. Tustin, S. Costes, E. 2003. Structural development of branches of 'Royal Gala' apple grafted on different rootstock/interstock combinations, Annals of Botany, 91: 1-8
- Tworzoski, T., and Miller, S. 2007. Rootstock effect on growth of apple scions with different growth habits. Sci. Hortic. 111 (4): 335–343. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.10.034>
- Webster, A.D. 1995. Rootstock and interstock effects on deciduous fruit tree vigour, precocity and yield productivity. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 23: 373–382 <https://doi.org/10.1080/01140671.1995.9513913>
- Weibel, A, Johnson, R. S, Dejong, T. M. 2003. Comparative vegetative growth responses of two peach cultivars grown on size-controlling versus standard rootstocks. Journal of American Society for Horticultural Science, 128: 463-471

'BONITA' – PRIMER CELOSTNEGA UVAJANJA NOVE SORTE JABOLK

Jerneja JAKOPIČ¹

POVZETEK

Pri uvajanju novih sort jablan v pridelavo ni mogoče enostavno prenesti načinov pridelave iz drugih območij. Za gojenje je potrebno preveriti uveljavljeno tehnologijo pridelave in jo prilagoditi zahtevam in lastnostim sorte. Pri sorti 'Bonita' velja nedvomno izpostaviti odpornost/tolerantnost na jablanov škrlup, velik rodni potencial, natančno izvajanje prehrane preko tal in listov ter skrb za ustrezno osvetljenost plodov med zorenjem. Pridelava kakovostnih jabolk klubske sorte žal še ni zagotovilo za izboljšanje ekonomskega položaja pridelovalca. Pomemben delež prispeva tudi skladiščenje in nenazadnje uspešna prodaja. Slednja brez zanimanja kupca ni mogoča, zato je trženje pri uvajanju nove sorte na trg enakovreden dejavnik pri doseganju uspeha. Za to je bila izdelana blagovna znamka *BonitaSi*, ki označuje prvovrstna jabolka sorte 'Bonita', pridelana v Sloveniji. Za namene trženja smo izvedli analizo stanja trga, segmentacije in vedenja slovenskega potrošnika ter opredelili pomen kakovosti pri trženju živil v Sloveniji. S projektom EIP smo na nivoju tehnologije pridelave, skladiščenja in trženja uvedli novo klubske sorto v pridelavo in prodajo ter rezultate projekta predstavili s skupno 138 objavami na deset različnih načinov. S tem je bil predstavljen način dobre prakse, ki lahko služi kot primer na področju pridelave jabolk, drugih sadnih vrst in širše.

Ključne besede: pridelava, tehnologija, promocija, skladiščenje, trženje

'BONITA' – AN EXAMPLE OF THE COMPREHENSIVE INTRODUCTION OF A NEW VARIETY OF APPLES

ABSTRACT

When introducing a new cultivar of apple trees cultivation practices management from other areas cannot be easily transferred into production. In order to grow a new cultivar in a production environment, it is necessary to check the established technology and adapt it to the characteristics and requirements of the cultivar. In the case of the 'Bonita' cultivar, it is undoubtedly worth highlighting the resistance/tolerance to scab, its high fruiting potential, the precise implementation of nutrition through the soil and leaves, and the care for adequate lighting of the fruits during ripening. Unfortunately, the production of high-quality apples of the club cultivar is not yet a guarantee for improving the economic situation of the farmer. Storage and, last but not least, successful sales also contribute an important share. The latter is not possible without raising the interest of the buyer, which is why marketing is crucial when introducing a new cultivar to the market. For this purpose, the *BonitaSi* brand was created, which denotes first-class apples of the 'Bonita' cultivar, grown in Slovenia. For marketing purposes, we conducted an analysis of the state of the market, segmentation and behavior of

¹ Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

the Slovenian consumer, and defined the importance of quality in food marketing in Slovenia. With the EIP project, we introduced a new club cultivar into cultivation and sale at the level of production, storage and marketing technology, and the results of the project were presented with a total of 138 publications in ten different ways. This approach represents a good practice that can serve as an example in the field of apple production, other fruit species and beyond.

Key words: production, technology, promotion, storage, marketing

1. UVOD

Želje potrošnika in neprestano spreminjajoče se okoljske razmere zahtevajo neprestano iskanje novih rešitev. Ena takšnih je iskanje in uvajanje novih sort, ki ustrezajo okusu potrošnikov in so odpornejše na okoljske razmere. Pri uvajanju nove sorte jablan v pridelavo ne gre enostavno za prenos iz drugih pridelovalnih območij. Kadar gre za novo sorto, je poleg razvoja tehnologije zahtevna tudi njena prepoznavnost pri potrošniku.

'Bonita' je nova klubska sorta jabolk (Brown and Maloney, 2018), križanec eminentnih starševskih sort 'Topaz' in 'Cripps Pink', ki so jo razvili na žlahtniteljski postaji v Strizovicah na Češkem. Lastnik žlahtniteljskih pravic je Institute of Experimental Botany iz Prage, zastopnik pa Konsortium Südtiroler Baumschuler (KSB) iz Bolzana (Bizjak, 2020), ki podeljuje 20-letne licence za pridelavo in prodajo jabolk sorte 'Bonita'. Na ravni Evropske unije je sorta zaščitena od leta 2017. Že takoj naslednje leto so bili v Sloveniji posajeni prvi sadovnjaki, med prvimi v Evropi.



Slika 1: Jabolko 'Bonita'
Figure 1: 'Bonita' apple

V Sloveniji je bila 'Bonita' kot nova perspektivna sorta (slika1) vključena v introdukcijo v okviru strokovne naloge "Posebno preizkušanje sort sadnih rastlin za opisno sortno listo". Čeprav je bila v sadovnjaku Kmetijskega inštituta Slovenije na Brdu pri Lukovici posajena šele marca 2018, je bila zaradi priporočila strokovnih institucij v primerljivih sadjarskih regijah že istega leta vključena v Sadni izbor za Slovenijo (Bizjak, 2020).

Za gojenje nove sorte v pridelovalnem okolju je potrebno preveriti uveljavljeno tehnologijo pridelave ter jo prilagoditi lastnostim in zahtevam sorte ob upoštevanju trajnostnega pristopa (Mathis in sod., 2022). V podporo pridelovalcem smo se leta 2019 združili v triletni projekt EIP partnerji izobraževalne institucije (Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani), svetovalne službe (Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije ter njuna zavoda Maribor in Novo mesto) in sedem pridelovalcev jabolk sorte 'Bonita' iz treh statističnih regij Slovenije. Namen projektov EIP je bil znanje iz raziskovalne in izobraževalne ustanove, prenesti na v projekt vključene pridelovalce neposredno in posredno preko kmetijsko svetovalne službe do širšega kroga pridelovalcev.

Glavni cilj projekta je bil uvedba nove sorte 'Bonita' v tržno pridelavo. Podrobneje smo cilje razdelili na več podenot: izboljšanje ekonomskega položaja slovenskega sadjarja preko klubske sorte, sonaravna tehnologija pridelave v spreminjajočih se okoljskih razmerah, opredelitev sistematičnega pristopa k trženju jabolk sorte 'Bonita' na slovenskem trgu ter uvedba blagovne znamke kot prepoznavno živilo višje kakovost.

2. UVAJANJE TEHNOLOGIJE PRIDELAVE

Pri uvajanju nove sorte 'Bonita' so sodelovali najprej člani projekta, ki so lastniki različno starih nasadov jablan sorte 'Bonita'. Tako smo razvijali tehnologijo od sadovnjakov, kjer se je še pripravljalo zemljišče za sajenje, do nasadov, ki so bili posajeni že v letu 2018. Poleg članov partnerstva so se v razvoj tehnologije vključevali novi pridelovalci, ki so se za pridelavo odločili med samim trajanjem projekta.

Redni obiski in pregledi nasadov v vseh ključnih fazah rastne dobe so omogočali prenos znanja neposredno do pridelovalcev. V treh letih smo skupaj izvedli 36 obiskov, na katerih so se kmetje usposobili na različne teme: zimska gojitvena rez v mladih in rodnih nasadih, varstvo jablane pred boleznimi in škodljivci, pregled analize tal in gnojenje po gnojilnih načrtih, foliarno gnojenje in gnojenje preko tal, učinkovitost redčenja v različno starih nasadih, optimalni ovesek in ukrepi za boljšo diferenciacijo, ukrepi pred obiranjem, osvetlitvena rez pred obiranjem, spremljanje parametrov zrelosti v različno starih nasadih ter obiralno okno in skladiščenje.

V nasadih je bilo na različnih lokacijah izvedenih več preizkusov tehnoloških ukrepov, na temo gostote sajenja, vzdrževanja in zamenjave herbicidnega pasu, zamika cvetenja, uporabe gibberelinov, uvajanja poletne rezi ter določanja obiralnega okna in skladiščenja.

Poleg pridelovalcev, ki so bili člani partnerstva, smo poskrbeli za informiranje drugih zainteresiranih pridelovalcev jabolk sorte 'Bonita'. Prikazov in prenosa znanja na terenu so se redno udeleževali kmetijski svetovalci, ki so poskrbeli za nadaljnji prenos med pridelovalce, ki niso člani partnerstva.

Pri uvajanju nove sorte v pridelavo predstavlja velik vložek razvoj tehnologije, a žal to še ni zagotovilo za izboljšanje ekonomskega položaja pridelovalca, kar je bil eden od temeljnih

ciljev projekta. Pomemben delež prispeva tudi skladiščenje in nenazadnje uspešna prodaja. Slednja brez zanimanja kupca ni mogoča, zato je trženje pri uvajanju nove sorte na trg ključnega pomena. Za ta namen je bila najprej izdelana blagovna znamka *BonitaSi*, izvedena analiza stanja trga, segmentacije in vedenja slovenskega potrošnika ter opredeljen pomen kakovosti pri trženju živil v Sloveniji.

3. REZULTATI PROJEKTA

Pri celostnem uvajanju nove klubske sorte v slovenski prostor, so tako aktivnosti kot rezultati temeljili na treh nivojih, in sicer tehnologiji pridelave, skladiščenju in trženju.

3.1 Tehnologija

'Bonita' je zelo rodna sorta, ki zahteva natančno izvedena tehnološka opravila. Glede na triletne izkušnje, ki smo jih med izvajanjem projekta EIP pridobili v različno starih nasadih, so ta natančno opisana v tehnoloških navodilih Trajnostna pridelava jabolk sorte 'Bonita', v tiskani in [elektronski obliki](#) (Štampar in sod., 2022). Slednja so prosto dostopna vsem zainteresiranim uporabnikom.

V nadaljevanju povzemamo glavne ugotovitve glede lastnosti in potrebnih ukrepov pri gojenju sorte. Za gojenje je potrebno izbrati tipično sadjarsko lego, ob sajenju odlično pripraviti tla, sadike lahko sadimo v sistemu $3,2 \times 0,8$ m in $3,0 \times 0,6$ m. Sorta 'Bonita' ima velik rodni potencial. V nasadu prve rastne dobe so bile obremenitve 2 in 4 plodovi na cm^2 preseka debla drevesa, v nasadu tretje rastne dobe pa 3, 6 in 9 plodov/ cm^2 . Nobena od največjih obremenitev ni pomenila prevelike obremenitve za drevo, saj ni prišlo do zmanjšanje kakovosti pridelka (Hillmayr, 2022). Sorta 'Bonita' se dobro kemično redči s sredstvi na osnovi NAA in BA. V primeru spomladanske pozebe, se je sorta izkazala kot zelo tolerantna. Ker je sorta odporna/tolerantna na jablanov škrlup, to pomeni manjšo uporabo sredstev za varstvo rastlin proti boleznim. Prav tako smo glede tal pod drevesi začeli z izvajanjem nekemičnih postopkov, kar neposredno pomeni manjšo porabo FFS in manjšo obremenitev okolja. V začetku septembra je potrebno dodatno osvetliti drevo z rezjo poganjkov za doseganje odlične obarvanosti plodov. Za dobro skladiščenje je pomembno pravočasno obiranje; če obiramo prepozno, se v skladišču pojavijo težave s fiziološkimi motnjami.

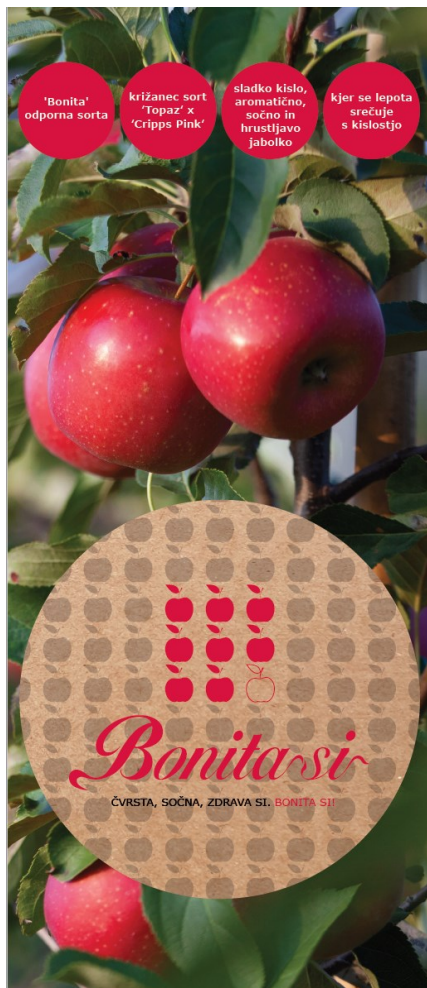
3.2 Skladiščenje

V projektu so bili izvedeni poskusi določanja obiralnega okna, skladiščne sposobnosti in pojav bolezni pri različnih tehnikah skladiščenja: v navadni atmosferi (1 °C) in v atmosferi z zelo nizko vsebnostjo kisika (ULO; 1% O₂, 1% CO₂, 1 °C). Sorta je primerna za daljše skladiščenje v ULO atmosferi, medtem ko se za krajša obdobja lahko skladišči v navadni atmosferi. Pri uporabi slednje je pomembno, da se plodov ne obira prezgodaj (pojav skalda) in da se zagotovi relativno vlažnost okrog 90 % za zmanjšanje osuška. Priporočila so podrobno predstavljena v poročilu Oddelka za živilstvo, Biotehniške fakultete (Poročilo o ..., 2022).

3.3 Trženje

Za jabolka sorte 'Bonita' so bili določeni standardi kakovosti, ki se lahko tržijo pod blagovno znamko. Eden od pogojev kluba za to sorto je, da se jabolka pridelana v Sloveniji, prodajajo

le v Sloveniji. Pri potrošniku želimo to zavedanje zagotoviti s tem, da smo oblikovali blagovno znamko *BonitaSi* – prvo slovensko blagovno znamko jabolk, ki vsebuje ime sorte in oznako SI za označevanje porekla. Oblikovana je bila celostna grafična podoba (CGP) blagovne znamke (slika 2). Za namen prepoznavnosti in enotnega trženja je bila oblikovana in izdelana embalaža za jabolka velikosti 600 × 400 × 100 mm za cca 8–10 kg jabolk in darilna embalaža za dve jabolki.



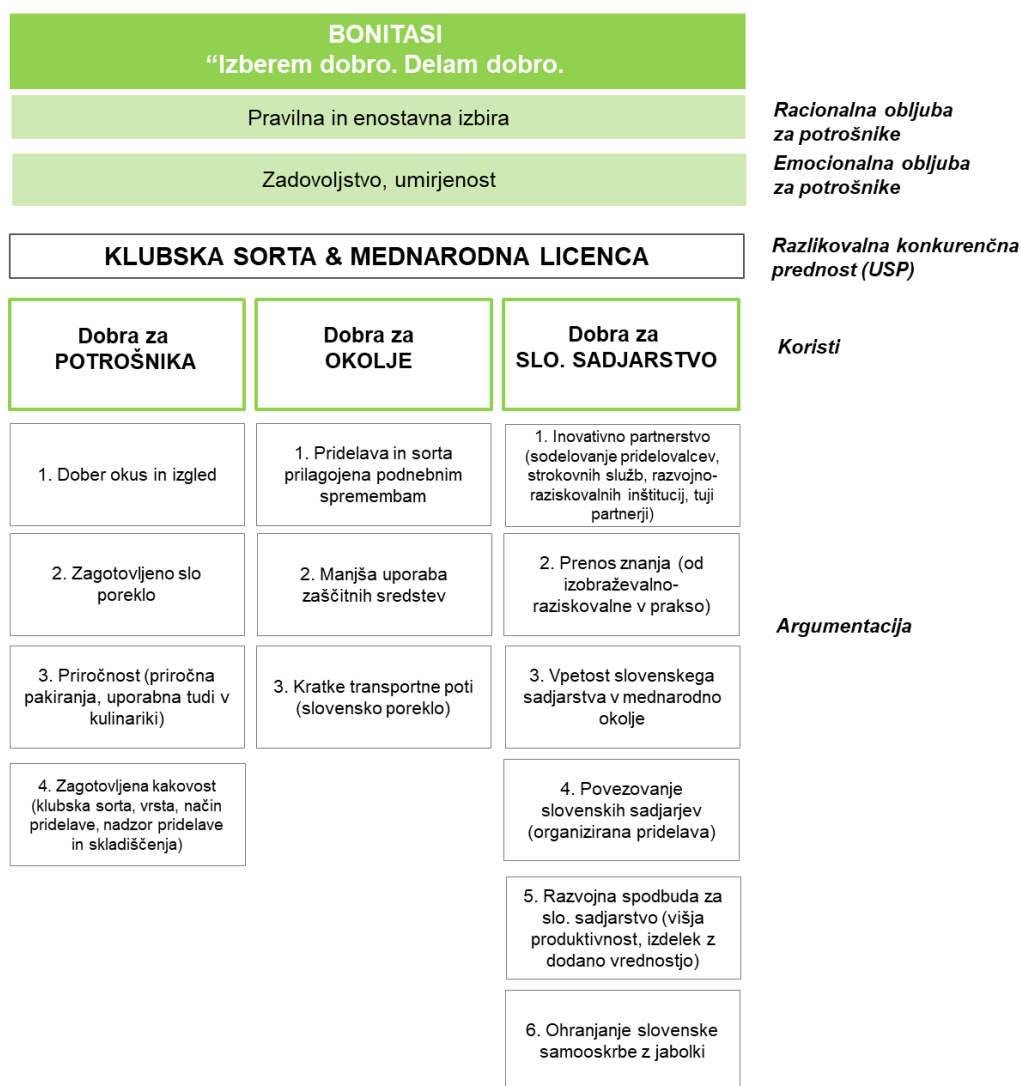
Slika 2: Predstavitveni plakat blagovne znamke *BonitaSi*

Figure 2: *BonitaSi* brand presentation poster

Za blagovno znamko *BonitaSi* je bila tržna strategija, katere cilj je postaviti strateške temelje blagovne znamke *BonitaSi* na slovenskem trgu. Vključuje opredelitev ključnih elementov trženja po 4P modelu: izdelek (Product), tržno-komuniciranje (Promotion), cenovna pozicija (Price) in prodajno mesto (Placement) (Kuhar in Kek, 2022). Analiza vstopa na trg je bila izvedena po SWOT metodi, ki opredeljuje ključne prednosti, slabosti, priložnosti in tveganja vstopa, pozicioniranja in upravljanja blagovne znamke *BonitaSi* na slovenskem trgu (Kuhar in Kek, 2022).

Blagovna znamka se prodaja pod sloganom »Izberem dobro. Delam dobro. *BonitaSi*.« (slika 3). Trditev »Izberem dobro« komunicira dobre senzorične lastnosti, visoko kakovost izdelka,

cenovno racionalnost nakupne odločitve (jabolko sorte 'Bonita' kot izdelek z dobrim razmerjem vrednosti za denar) ter kredibilnost izdelka (ki jo zagotavlja sistem licenciranja, partnerstvo uglednih in neodvisnih organizacij, ki so vključene v proces pridelave ter zanesljivi in ugledni slovenski pridelovalci). Trditev »Delam dobro« komunicira pozitiven okoljski odtis izdelka (manjša uporaba pesticidov, krajše logistične poti, večja prilagojenost na podnebne spremembe), pozitiven družbeni in okoljski odtis nakupne odločitve s strani potrošnika. Hkrati je beseda »dobro« pomensko skladna s slovenskim prevodom besede »Bonita« (»dobra«).



Slika 3: Piramida ključnih sporočil blagovne znamke *BonitaSi*
Figure 3: Pyramid of key messages *BonitaSi* brand

Stik s potrošniki je bil vzpostavljen preko spletne strani, socialnih omrežij in degustacij. Oblikovana je skupna spletna stran blagovne znamke *BonitaSi*: <https://bonita.si>, ki jo sooblikujejo vsi pridelovalci jabolka sorte 'Bonita' v Sloveniji, FB stran, IG profil. Oblikovana in predvajana sta bila dva radijska oglasa: (1) Želite jesti dobro in pri tem narediti nekaj dobrega zase, za naravo in slovensko kmetijstvo? Enostavno. Izberite jabolka *BonitaSi*. in (2) Izberem dobro. Delam dobro. *BonitaSi*. Oglasa sta se predvajala dva tedna na radijski postaji s poslušanjem, večjo od 140.000 poslušalcev na dan.

4. RAZŠIRJANJE REZULTATOV

Rezultati projekta so neposredno namenjeni trenutnim in potencialnim pridelovalcem, kmetijskim svetovalcem s področja sadjarstva na terenu, vsem, ki raziskujemo in poučujemo vsebine s področja sadjarstva, odločevalcem na različnih nivojih in nenazadnje vsej zainteresirani širši javnosti.

Ob zaključku projekta je bilo v Sloveniji posajenih 40 ha sorte 'Bonita', kar predstavlja 3-4 % vseh intenzivnih nasadov jabolk v Sloveniji. Glede na triletne rezultate in potencial, ki ga je sorta pokazala, pa lahko računamo, da se bo ta površina v naslednjih letih še povečala.

Vodilni partner je v okviru projekta pripravil gradivo (tehnološka navodila v elektronski in tiskani obliki) na 100 straneh, ki bo trajno služilo razširjanju rezultatov projekta. Trajno dostopne so tudi vse objavljene informacije na Instagram (IG) in Facebook (FB) profilu. Kmetijska gospodarstva, ki so vključena v pridelavo jabolk 'Bonita', tako tista, ki so bila vključena v projekt EIP, kot tudi vsa ostala, ki so v času trajanja projekta posadila jablane sorte 'Bonita' bodo vse informacije v zvezi s to sorto objavljala na spletni strani www.bonita.si, ki je po zaključku prešla v njihovo upravljanje.

Rezultati projekta so bili predstavljeni s skupno 138 objavami na 10 različnih načinov: v tiskanem časopisu (7 člankov), v spletnih časopisih (13 člankov), na televiziji (4 prispevki), na radiu (v 12 oddajah), v radijskih oglasih (30 oglasov), po elektronski pošti (2 pošiljanji na skupaj več kot 165 naslovov), na spletnih straneh (5 spletnih strani), preko družbenih omrežij (več kot 50 objav na FB - 135 sledilcev in 33 objav na IG - 135 sledilcev), v obliki tehnoloških navodil (1-krat v elektronski in 1 x v tiskani obliki), na strokovnih posvetih (9 posvetov) ter sejnih in prireditvah (4 sejmi in predstavitve z več kot 100 udeleženci).

Rezultate projekta in blagovno znamko *BonitaSi* smo predstavljali tudi na raznih dogodkih, neposredno končnim kupcem in študentom študijskih programov Biotehniške fakultete. Pri tem smo se posluževali razdeljevanja promocijskih materialov, degustacij, radijskega oglaševanja in prenosih reklamnih stojal. Degustacije smo izvedli v okviru dogodkov, kjer smo predstavljali rezultate projekta (kot npr. Dnevi kmetijske tehnike, Izobraževanje za kmetijske svetovalce, Kmetijski sejem v Komendi, ...) kakor tudi na samostojnih dogodkih in izobraževanjih študentov različnih stopenj študija in smeri.

Ob zaključku je bil izdelan promocijski video, v katerem je povzeto sodelovanje z več kot 5000 ur terenskega dela, vključenost več kot 13 pridelovalcev, več kot 1000 udeležencev na degustacijah, več kot 100 sodelujočih študentov – na strokovnih terenskih ekskurzijah in pri izdelavi magistrskih del.

5. ZAKLJUČKI

Bonita je dobrodošla novost v slovenski sadjarski praksi. V Sloveniji je trenutno posajenih približno 40 ha jablan sorte 'Bonita' in ima veliko možnost nadaljnjega širjenja in doseganja večjega deleža v slovenskem sortimentu jabolk. Za jabolka sorte 'Bonita' so bili določeni standardi za doseganje najvišje kakovosti, ki se lahko tržijo pod blagovno znamko *BonitaSi* in predstavlja nov tržno zanimiv izdelek na področju jabolk. Jabolka *BonitaSi* se prodajajo v enotni embalaži, v dveh trgovskih verigah in glede na ostale sorte dosegajo višjo ceno. S pravim pristopom smo uspeli združiti obe skupini pridelovalcev, ki sta v Sloveniji pridobili licenco za pridelavo, in nastopata preko skupne spletne strani www.bonita.si. Pristop, način

izvajanja in rezultati projekta EIP so primer uvajanja nove sorte na slovenski trg in lahko predstavlja vzoren zgled sodelovanja in načina uvajanja novih sort jabolk, drugih sadnih vrst in tudi širše slovenskih pridelkov in izdelkov.

6. ZAHVALA

Raziskava je del EIP projekta Bonita, nova odporna klubska sorta jabolk v Sloveniji – od pridelave do trženja, ki je bil financiran iz Evropskega kmetijskega sklada za razvoj podeželja in programa Hortikultura P4-0013-0481, ki ga financira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS).

7. LITERATURA

- Bizjak, V., 2020. Bonita – nova sorta jabolk v slovenskih nasadih. Zelena dežela, 159: 9.
https://www.kgzs.si/uploads/dokumenti/glasilo-zelena-dezela/2020/zel_dezela_159_splet.pdf
- Brown, S., Maloney, K. 2018. Update on new apple varieties, managed varieties and clubs. NY Fruit Quarterly, 26 (2), 5-10.
<https://nyshs.org/wp-content/uploads/2018/10/NYFQ-Book-Summer-5-27-2018.pdf#page=5>
- Hillmayr, N. 2022. Vpliv oveska na kakovost plodov jablane (*Malus domestica* Borkh.) sorte 'Bonita'. Magistrsko delo Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana, 53 str.
<https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=162266&lang=slv>
- Kuhar, A., Kek, K. 2022. »Bonita, nova odporna klubska sorta jabolk v sloveniji – od pridelave do trženja« - Načrt trženja in vstopa jabolk sorte 'Bonita' na slovenski trg.
https://www.bf.uni-lj.si/mma/Bonita_-_tr_enjski_na__rt_2022_-_FINAL.pdf/2023022108560668/?m=1676966166
- Mathis, M., Blom, F., J., Nemecek, T., Bravin, E., Jeanneret, F., de Baan, L. 2022. Comparison of exemplary crop protection strategies in Swiss apple production: Multi-criteria assessment of pesticide use, ecotoxicological risks, environmental and economic impacts. Sustainable Production and Consumption, 31, 512-528.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352550922000616>
- Poročilo o izvedbi projekta EIP Bonita. 2022.
https://www.bf.uni-lj.si/mma/Koncno_porocilo_skladi____enje_Bonita___T.pdf/2023022011335002/?m=1676889230
- Štampar, F., Hudina, M., Jakopič, J., Veberič, R., Lešnik, M. 2022. Trajnostna pridelava jabolk sorte 'Bonita'. Ljubljana, Univerza v Ljubljani – Biotehniška fakulteta, 102 str.
https://www.bf.uni-lj.si/mma/230201_Bonita_teholoska_navodila_PAGES.pdf/2023022011330546/?m=1676889186

BIOFIZIKALNI PARAMETRI POVRŠINE AVTOHTONIH IN NOVIH SORT JABOLK

Klemen BOHINC¹, Roman ŠTUKELJ¹, Anže ABRAM², Ivan JERMAN³, Nigel VAN DE
VELDE³, Rajko VIDRIH⁴

POVZETEK

V delu predstavljamo zelo malo raziskano področje biofizikalnih lastnosti kože jabolk. Karakteristike površine plodov jabolk pomembno vplivajo na obrambo plodov pred biotskimi in abiotskimi stresnimi dejavniki v sadovnjaku kot tudi po obiranju, med skladiščenjem in na policah v trgovinah. Zgornji sloj kože jabolk je kutikula, sestavljena iz kutina ter zunanega sloja voska. V preglednem prispevku predstavljamo 3 biofizikalne parametre: mejni kot (merilo hidrofobnosti), hrapavost in zeta potencial (naboj površine). Omenjeni parametri površine jabolk so odvisni sorte jabolk, klimatskih pogojev med rastjo ter stadija zrelosti. Avtohtone sorte jabolk so manj hidrofobne, imajo nižji mejni kot ($80,4^\circ$) v primerjavi z novimi sortami ($91,3^\circ$). Avtohtone sorte imajo nižjo hrapavost ($80,59\ \mu\text{m}$), nove sorte pa $0,90\ \mu\text{m}$. Zeta potencial je na površini jabolk negativen, pri pH vrednosti 5,5 v rangu med $-45,0\ \text{mV}$ in $-0,35\ \text{mV}$, med avtohtonimi in novimi sortami ni značilnih razlik.

Ključne besede: jabolka, avtohtone-nove sorte, kutikula, mejni kot, hrapavost, zeta potencial

BIOPHYSICAL PARAMETERS OF THE SURFACE OF AUTOCHTHONOUS AND NEW CULTIVARS OF APPLES

ABSTRACT

In this work, we present a not sufficiently investigated area of the biophysical properties of apple skin. The characteristics of the apple fruit surface have a significant impact on the fruit's defense against biotic and abiotic stress factors in the orchard as well as after harvest, during storage and during shelf life. The upper layer of apples skin is the cuticle, consisting of cutin and an outer layer of wax. In this review article, we present 3 biophysical parameters: contact angle (measure of hydrophobicity), roughness and zeta potential (surface charge). The above mentioned parameters of the apples surface depend on the cultivar, the climatic conditions during growth and the stage of maturity. Indigenous apple varieties are shown to be less hydrophobic, they have a lower contact angle (80.4°) as compared to new varieties (91.3°). The autochthonous varieties have a lower roughness ($0.59\ \mu\text{m}$), while the new varieties have a roughness of $0.90\ \mu\text{m}$. The zeta potential on the surface of apples is negative, at a pH value of 5.5 in the range between $-45.0\ \text{mV}$ and $-0.35\ \text{mV}$, there are no characteristic differences between autochthonous and new cultivars.

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana, Slovenija

² Inštitut Jožef Štefan, Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana, Slovenija

³ Kemijski inštitut, Hajdrihova 19, 1000 Ljubljana, Slovenija

⁴ Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovenija

Key words: apples, autochthonous and new cultivars, cuticle, contact angle, roughness, zeta potential

1. UVOD

Adhezija oziroma pritrnitev mikroorganizmov na površino je predstopnja tvorbe biofilma s pomočjo katerega se mikrobi s tvorbo ekstracelularnih spojin zaščitijo. Postopek adhezije usmerja več različnih fizikalnih in kemijskih lastnosti kot so: lastnosti mikrobnih celic (hidrofobnost površine, zeta potencial celic, ekstracelularne polimerne spojine, signalne molekule, lastnosti tekočine? (pH, ionska jakost, temperature, prisotnost soli, antimikrobne spojine, dostopnost hranil) in lastnosti površine na katero se mikrobi pritrjujejo (hidrofobnost, zeta potencial, hrapavost) (Fink in sod., 2015; Bohinc in sod., 2016; Bohinc in sod., 2022). Pritrditvi mikroorganizmov na površino sledi nastanek biofilma, ki je najbolj problematična faza razvoja mikroorganizmov saj predstavlja biofilm odpornost na faktorje iz okolja (Lee in Yoon 2017).

2. FAKTORJI, KI VPLIVAJO NA PRITRDITEV MIKROORGANIZMOV NA POVRŠINO

Kot poročajo Bohinc in sod. (2016) je imela hrapavost površine najpomembnejši vpliv na stopnjo adhezije bakterij (*Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* ŽMJ 87 *Pseudomonas aeruginosa* ŽM517, *Salmonella typhimurium* ŽM 375 and *E. coli* ATCC 35218). Povečana stopnja adhezije na bolj grobih površinah je bila posledica dveh dejavnikov. Prvi je bil naraščajoče število nepravilnosti na površini, drugi pa naraščajoča efektivna površina. Pokazalo se je tudi, da je adhezija bakterij odvisna od stopnje hidrofobnosti bakterij in površin materiala ter od specifičnih površinskih lastnosti bakterij (Bohinc in sod., 2016).

3. KUTIKULA JABOLK KOT POVRŠINA

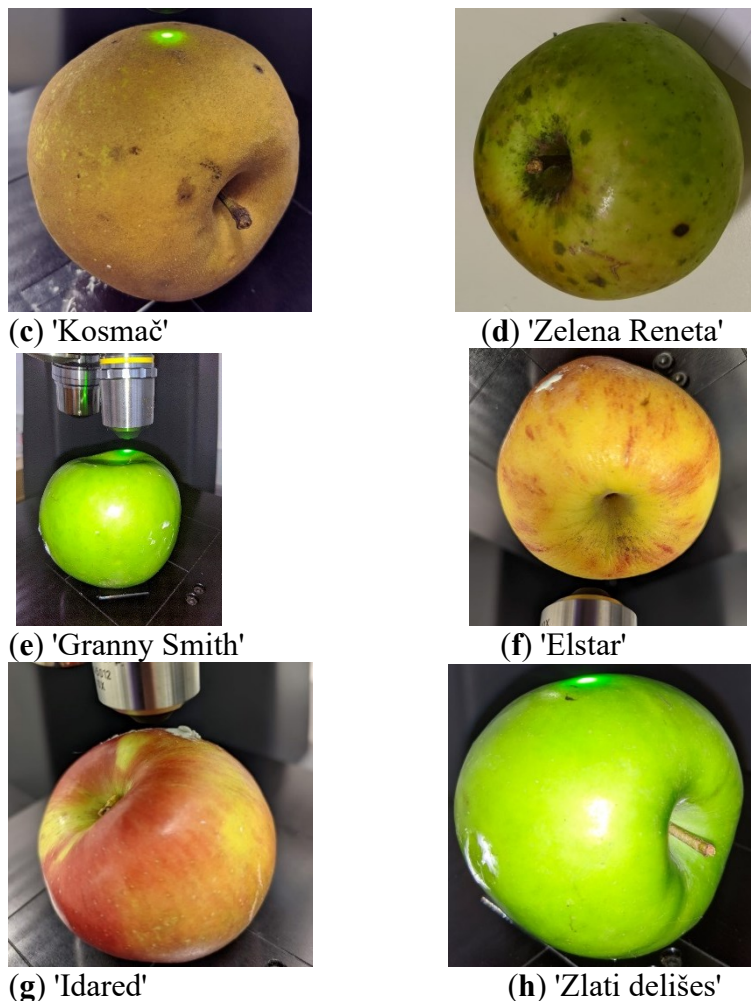
Zunanji sloj na površini sadja predstavlja kutikula, ki jo sestavljata kutin ter na zunanji strani epikutikularni sloj voska, ki daje kutikuli hidrofobni značaj (Schuster in sod., 2016). Kutikula obdaja celične stene sadja, listov, poganjkov in stebela rastlin. Zdrava kutikula ščiti pred pretirano adsorpcijo in izgubo vode in pred sončnimi opeklinami zaradi UV žarkov (Spera in sod., 2023). Kutikula ima zelo pomembno vlogo pri zmanjševanju okužb s plesnimi, patogenimi mikroorganizmi ter insekti (Domínguez in sod., 2011; Tafolla-Arellano in sod., 2018).



a) 'Carjevič'



(b) 'Voščenka'



Slika 1. Avtohtone sorte: (a) Carijevič (b) Voščenska (c) Kosmač (d) Zelenec; avtohtone sorte: (e) Granny Smith, (f) Elstar, (g) Idared, in (h) Zlati delišes

4. MEJNI KOT POVRŠINE JABOLK

Hidrofobnost jabolčnih površin smo določili z merjenjem mejnega kota vodne kapljice na površini jabolk. Mejne kote površine jabolk smo izmerili s tenziometrom: Theta (Attension, Finska). Rezultati merjenja mejnega kota (hidrofilnost, hidrofobnost) avtohtonih in novih sort jabolk kažejo vrednosti od 77° za 'Voščenko' do 101° za sorto 'Elstar' (Bohinc in sod., 2022). Vrednosti mejnega kota površin do 90° predstavljajo hidrofilne površine, vrednosti nad 90° pa hidrofobne površine. Avtohtone sorte jabolk ('Carjevič', 'Voščenska', 'Kosmač', 'Zelena Reneta') so imele mejni kot $80,4^\circ$, nove sorte ('Granny Smith', 'Elstar', 'Idared', 'Zlati Delišes') pa $91,3^\circ$ (Bohinc in sod., 2022) (slika 1). Nove sorte so bolj hidrofobne, kar je povezano s količino ali sestavo voska na površini jabolk. Večji mejni kot pomeni, da taka površina bolj odbija vodo.

5. HRAPAVOST POVRŠINE JABOLK

Hrapavost, morfologijo in teksturo površine jabolk smo izmerili z optičnim profilometrom. Meritve so bile opravljene s profilometrom Zygo Corporation, Middlefield, CT, USA. Avtorji Bohinc in sod. (2022) so izmerili hrapavost avtohtonih in novih sort jabolk na predelu ekvatorja. Izmerjene vrednosti so v razponu od $0,46 \mu\text{m}$ ('Carjevič') do $1,40 \mu\text{m}$ ('Elstar').

Povprečna hrapavost avtohtonih sort je 0,59 μm , novih sort pa 0,90 μm . Razlike v hrapavosti so med avtohtonimi in novimi sortami statistično značilne (Bohinc in sod., 2022).

6. ZETA POTENCIAL POVRŠINE JABOLK

Pretočni potencial smo izmerili s elektrokinetičnim analizatorjem SurPASS, Anton Paar GmbH, Graz, Avstrija. Zeta potencial površine predstavlja električni naboj na površini. Zeta potencial se meri v območju pH vrednosti od 2,7 do 6,5. Sorte jabolk 'Voščenska', 'Elstar', in 'Idared' imajo statistično značilno nižji zeta potencial od ostalih sort. Pri pH vrednosti 5,5 imajo sorte 'Voščenska', 'Elstar', in 'Idared' zeta potencial -45,0 mV, ostale sorte pa -35,0 mV.

7. ZAKLJUČKI

Zunanji sloj kože jabolk kutikula predstavlja pomembno oviro med plodom in okoljem. Kutikula je v direktnem kontaktu z biotskimi in abiotskimi stresnimi dejavniki okolja. V naravi kutikula ščiti plodove pred izgubo in vpijanem vode, varuje notranjost plodov pred škodljivim UV sevanjem, zmanjšuje možnost okužb z mikroorganizmi in sodeluje pri izmenjavi plinov. Tudi po obiranju se pomen kutikule nadaljuje, predvsem preprečuje izgubo vode iz plodov ter ščiti plodove pred mikroorganizmi (Martin in Rose, 2013). Biofizikalni parametri površine plodov jabolk so, čeprav zelo malo raziskani zelo pomembni za ohranjanje kakovosti pred in po obiranju.

8. LITERATURA

- Bohinc K., Dražić G., Abram A., Jevšnik M., Jeršek B., Nipič D., Kurinčič M., Raspor P., Adhesives 2016. Metal surface characteristics dictate bacterial adhesion capacity. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 68: 39-46
- Bohinc K., Štukelj R., Abram A., Jerman I., Van de Velde N., Vidrih R. 2022. Biophysical characterization of autochthonous and new apple cultivar surfaces. *Agronomy* 12: 2051
- Domínguez E., Cuartero J., Heredia A. 2011. An overview on plant cuticle biomechanics. *Plant Science* 181: 77-84
- Fink R., Oder M., Rangus D., Raspor P., Bohinc K. 2015. Microbial adhesion capacity. Influence of shear and temperature stress. *International journal of environmental health research* 25: 656-669
- Lee K., Yoon S. S. 2017. *Pseudomonas aeruginosa* biofilm, a programmed bacterial life for fitness.
- Martin L. B., Rose J. K. J. J. o. E. B. 2013. There's more than one way to skin a fruit: formation and functions of fruit cuticles. 65: 4639-4651
- Schuster A.-C., Burghardt M., Alfarhan A., Bueno A., Hedrich R., Leide J., Thomas J., Riederer M. J. A. P. 2016. Effectiveness of cuticular transpiration barriers in a desert plant at controlling water loss at high temperatures. 8: plw027
- Spera N., Ousset J., Civello P. M., Colavita G. 2023. Changes in the cell walls on fruit skin of Beurré D' Anjou pears (*Pyrus communis* L.) associated with sunburn injury. *Scientia Horticulturae* 307: 111524
- Tafolla-Arellano J. C., Báez-Sañudo R., Tiznado-Hernández M. E. J. S. H. 2018. The cuticle as a key factor in the quality of horticultural crops. 232: 145-152

VPLIV REZI NA PRIDELEK TREH SORT ŽIŽOLE (*Ziziphus jujuba* Mill.)

Rok BABIČ¹, Jakob FANTINIČ¹, Maja PODGORNIK¹

POVZETEK

Ziziphus jujuba (Miller) ali žižola je zaradi kopice pozitivnih prehrabnih in agronomskih značilnosti, v zadnjem času zelo priljubljena sadna vrsta. Edinstvene okoljske razmere Slovenske Istre, ki jih odlikuje sub-mediteransko podnebje in rjava, s karbonati bogata flišnata tla, predstavljajo zanimivo področje za gojenje žižole. Študija je bila zasnovana z namenom odkrivanja gojitvenega potenciala treh komercialno dostopnih sort žižole ('Li', 'Lang' in 'Navadna žižola') v Slovenski Istri. Sadike so bile posajene leta 2015 in nato spremljane od leta 2018 do 2020, da bi ocenili vpliv rezi na pridelek. Med različnimi obravnavanji niso bile ugotovljene statistično značilne razlike. Statistično značilna razlika pa se je pokazala pri primerjavi povprečnega pridelka med sortami ne glede na način rezi. Le-ta je v prid sorti 'Li' pred sortama 'Lang' in 'Navadna žižola', brez statistično značilne razlike med slednjima dvema. Z združitvijo celovite analize letnih pridelkov posameznega drevesa v obravnavanju, ponuja študija vpogled v potencial gojenja žižole v Slovenski Istri.

Ključne besede: žižola, rez, pridelek, Slovenska Istra, rjava karbonatna tla, fliš

EFFECT OF PRUNING ON THE YIELD OF THREE JUJUBE VARIETIES (*Ziziphus jujuba* Mill.)

ABSTRACT

Ziziphus jujuba (Miller), commonly known as jujube, has become an object of growing interest for its myriad nutritional and medicinal attributes. The unique environmental conditions of Slovenian Istria, characterized by a Sub-Mediterranean climate and brown carbonate-rich flysch soil, present an intriguing avenue for jujube cultivation. This study was designed to explore the cultivation potential in Slovenian Istria by focusing on three distinct commercially available jujube varieties: 'Li', 'Lang', and 'Navadna žižola' (Slovenian for common jujube). Planted in 2015, the trees' yield was closely monitored from 2018 to 2020 to assess the impact of pruning on yield performance. No statistically significant differences were found between the average yields of the different pruning regimens. However, there was a statistically significant difference in the average yield, favouring the 'Li' variety over both the 'Lang' and 'Navadna žižola' varieties, with no significant difference between the latter two. By weaving together an analysis of annual yields, the study presents valuable insights for optimizing jujube cultivation in Slovenian Istria.

Keywords: Chinese date; Jujube; Pruning; Slovenian Istria; Brown Soil; Flysch

¹ Znanstveno-raziskovalno središče Koper, Inštitut za oljkarstvo, Garibaldijeva 1, 6000 Koper

1. UVOD

Žižola (*Ziziphus jujuba* Mill.) je eksotično sadno drevo ali grm, ki izvira iz Kitajske, kjer se kultivira že več kot 4.000 let in šteje več kot 400 sort. Uvrščamo jo v družino Rhamnaceae (krhlikovke), v kateri je ekonomsko gledano najpomembnejša in najbolj kultivirana vrsta. Plodovi so različnih oblik in velikosti, ob značilnem postopnem dozorevanju spreminjajo barvo iz svetlo zelene v rdečkasto-rjavo od peclja proti konici (Qu in Wang, 1993; Liu M., 2006; Jin, 2018). Vse bolj izrazita postaja pridelava žižol v sušnih krajih, saj rastlina zelo dobro prenaša sušo, relativno velike temperaturne razlike ter slana in alkalna tla. Hkrati je na taka okolja zelo dobro prilagojena ter nima večjih potreb po namakanju in gnojenju. Na Kitajskem je pridelava v letu 2012 znašala 5.887.121 ton, trenutno pa presega 8.000.000 ton na več kot 2.000.000 ha površine. Številne ugodne agronomske značilnosti so gonilo za širitev izven Kitajske (Liu in sod., 2015; Liu in Wang, 2019; Liu in sod., 2020). Kljub ugodnim klimatskim razmeram za gojenje te sadne vrste v območju Slovenske Istre, se rastlina najpogosteje uporablja v okrasne namene, medtem ko večjih nasadov ni. Najbolj razširjena sorta v Slovenski Istri je drobnoplodna sorta 'Navadna žižola', ki je na našem ozemlju prisotna že dolgo (Višnjevec in sod., 2018). V drevesnicah najdemo še sorti 'Li' in 'Lang', ki sta komercialno priljubljene tudi v tujini. Sorto 'Li', ki ji pravimo tudi jabukolika žižola, odlikujejo relativno veliki, okrogli plodovi, ki spominjajo na jabolko. Posamezen plod navadno tehta okoli 30 g, dozori srednje zgodaj in je primeren za sveže uživanje. Po obliki podobna hruški in zato imenovana tudi hruškolika žižola oz. sorta 'Lang' dozoreva zgodaj in je bolj primerna za sušenje. Ob prisotnosti večje količine padavin sta debeloplodni sorti 'Li' in 'Lang' občutljivi na pokanje, ki lahko pomembno vpliva na izpad pridelka. Za vzgojo sadik sort 'Li' in 'Lang' je potrebno cepljenje, prednost pa je hitrejša rast. Sorta 'Navadna žižola' je počasnejše rasti, lahko se razmnožuje s koreninskimi izrastki brez cepljenja, njeni sadeži pa so odporni na pokanje (Bolčič in sod., 2011; NMSU, 2023a).

Gojitvena rez je ukrep, kjer selektivno odstranjujemo določene veje sadnega drevja in tako vzdržujemo primerno gojitveno obliko, z namenom da bi poenostavili gojitev, dosegli zgodnejšo rodnost ter ohranjali drevo v kondiciji in s tem zagotovili zmeren donos pridelka najboljše kakovosti (Štampar in sod., 2005). Rez žižole je v literaturi slabo predstavljena. Ima pa v primerjavi z drugimi sadnimi vrstami nekaj posebnosti. Da bi si lažje predstavljali odziv žižole na rez, se uporablja sledeča fraza: »One cut stops, two cuts sprout«, kar v praksi pomeni, da odvajanje primarnega poganjka ne spodbudi nove apikalne rasti v tekočem letu. Če pa hkrati poleg primarnega poganjka odvedemo še prvi sekundarni poganjek pod njim, bo brst na primarnem poganjku blizu baze sekundarnega poganjka v tekočem letu odgnal. Na tak način lahko že v zgodnjih fazah rasti preprečimo oz. spodbudimo razraščanje krošnje in si olajšamo delo v prihodnosti (NMSU, 2023b). Večje število raziskav se ukvarja z odkrivanjem farmakološkega potenciala rastline. Plod žižole je bogat z različnimi hranili, kjer v primerjavi z drugim sadjem, izstopajo višje koncentracije sladkorjev, vitamina C ter B in kopice drugih spojin (Liu, 2006; Liu in sod., 2020). Poleg tega so žižole bogate vir fenolnih spojin, ki igrajo pomembno vlogo pri odpornosti na stresne faktorje ter vplivajo na pozitivne senzorične attribute in barvo sadeža (Višnjevec in sod., 2018). Dodatni prednosti, s katerimi žižole ugajajo potrebam pridelovalcev sta enostavnost skladiščenja in transporta, ki sta posledici relativno dolgih rokov trajanja tega sadeža. Poleg prodaje kot sveže in suho sadje, je pogosta predelava v kopico drugih končnih izdelkov, ki imajo predvsem zaradi farmakoloških posebnosti velik potencial za trženje (Liu in sod., 2020).

2. MATERIAL IN METODE DE LA

Poskusni nasad žižol je bil postavljen leta 2015 v Pobegih (45°54' S, 13°80' Z) na severni legi ležečem, terasiranem pobočju z nadmorsko višino 96 m in 0,7 ha površine. Na rjavih antropogeniziranih s karbonatom bogatih tleh na flišu, so bile posajene tri sorte žižole: 'Navadna žižola', 'Li' in 'Lang'. Analiza tal je pokazala, da gre za rjava, s karbonati bogata tla na flišnati podlagi, ki so rahlo bazična (pH tal 7,3), težka tla z visoko vsebnostjo gline in spadajo v teksturni razred meljasto glinaste ilovice. Tla so zaradi visokega deleža gline slabo prepustna za vodo, kar glede na literaturo ni najbolj primerno za gojenje žižol (Liu, 2004).

Glede temperaturnih razmer v obdobju izvajanja poskusa ni bilo posebnosti, z izjemo zadnjega leta (2020), ki ga je zaznamovala zmrzal v prvi polovici marca, kar je najverjetneje pomembno vplivalo na zmanjšanje pridelka. Padavine so pokazale bolj kompleksen vzorec, z variacijami v določenem letnem času v različnih letih. Letno povprečje padavin meteorološke postaje Dekani v obdobju 1991–2020 je 1033 mm. Največ padavin v tem obdobju je bilo izmerjeno leta 2010, in sicer 1730 mm, najmanj pa leta 2015 s 615 mm. V času izvajanja meritev je zapadla leta 2020 (1043 mm) povprečna količina padavin; leta 2019 je bilo zabeleženih nekoliko več padavin od povprečja, natančneje 1266 mm; leta 2018 pa nekoliko manj tj. 873 mm. Najvišje zabeležene mesečne padavine so bile 276,2 mm novembra 2019, najnižje pa 8,2 mm marca 2019.

Julija 2015 smo vzpostavili namakalni sistem, režim namakanja pa smo tekom poskusa prilagajali glede na vremenske razmere in potrebe rastline. Na letni ravni smo opravili gnojenje z mineralnim in organskim gnojilom, pri čemer smo upoštevali smernice za strokovno utemeljeno gnojenje.

Terase smo oštevilčili od 1 do 4 (6 vrst) z bločno zasnovo, kjer vsaka vrsta predstavlja blok. V vsaki vrsti oz. bloku smo izbrali 9 dreves (po 3 drevesa vsake sorte, skupaj 18 dreves na sorto) razporejenih naključno. Za vsako obravnavo smo izbrali 18 dreves. Kontrolno paralelko (K) zajemajo drevesa, na katerih rezi nismo izvajali. Pri prvem načinu rezi (R1) smo odvajali le veje, ki so izraščale iz debla prenizko, da bi oblikovale krošnjo in rezali koreninske izrastke. Pri drugem načinu rezi (R2) pa smo poleg rezanja koreninskih izrastkov in odvajanja prenizkih vej, odvajali in prikrajševali tudi veje krošnje. Rez smo leta 2018 opravili 23. januarja, leta 2019 8. marca in 5. marca v letu 2020. Obiranje žižol za določitev pridelka vsakega posameznega drevesa smo izvajali od leta 2018 do leta 2020. Rezultate smo dobili s tehtanjem in z izračuni, z njimi smo želeli ovrednotiti rodnost posamezne sorte žižole ter vpliv načina rezi na količino pridelka posamezne sorte. Plodove smo na letni ravni zaradi postopnega dozorevanja obirali v več terminih, od trikrat do štirikrat letno, pri enaki stopnji zrelosti. Ob tem je bila s tehtanjem določena skupna masa plodov posameznega drevesa. Pridobljene vrednosti smo vnesli v računalniški program Microsoft Excel in izračunali povprečja opazovanih parametrov za vsako sorto in vsako obravnavanje. Za statistično obdelavo podatkov smo se poslužili računalniškega programa SPSS Statistics (IBM, ZDA). Uporabili smo neparametrični Kruskal-Wallisov H test. Za ugotavljanje razlik med pridelkom glede na vrsto rezi in glede na sorto smo izvedli Dunncanov test, pri čemer smo v vseh postopkih upoštevali 5 % tveganje ($p \leq 0,05$).

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

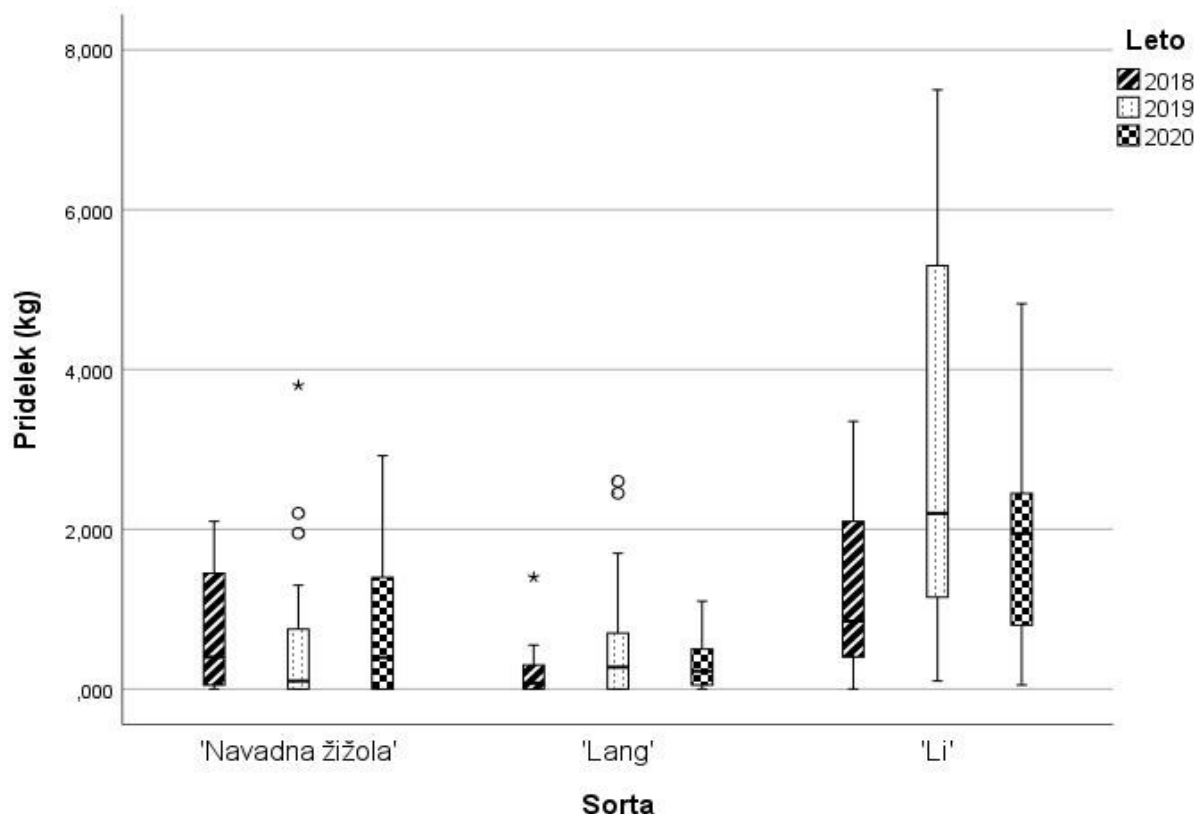
Kumulativni in povprečni pridelek za drevo posamezne sorte in kumulativni in povprečni pridelek na drevo glede na poskusno obravnavo za obdobje od 2018 do 2020 prikazuje preglednica 1. Povprečni pridelek posameznega drevesa sorte 'Navadna žižola' je bil vselej višji od povprečnega pridelka sorte 'Lang'. Najvišji povprečni pridelek na posamezno drevo je bil zabeležen pri sorti 'Li', kjer je prav tako bilo največ pridelka na posameznem drevesu in sicer leta 2019, ko je eno drevo iz poskusne obravnave K, na katerem ni bila izvedena rez, obrodilo 7,5 kg plodov. Dreves, ki niso obrodila, je bilo v letih 2018 do 2020 skupno 33, od tega je 51,5% predstavljala sorta 'Lang' (17 dreves), 45,5% 'Navadna žižola' (15 dreves) in 3% 'Li', kjer v obdobju od 2018 do 2020 le eno drevo te sorte ni obrodilo.

Preglednica 1: Kumulativni ter povprečni pridelek treh sort žižole glede na obravnavanje \pm standardni odklon, v obdobju od 2018 do 2020

Table 1: Cumulative and average yields of the three jujube cultivars according to treatments \pm standard deviation, from 2018 to 2020

Sorta	Kumulativni pridelek (kg)	Povprečni pridelek na drevo (kg/drevo)
'Navadna žižola'	39,6	0,7 \pm 0,9
R1	12,6	0,7 \pm 0,8
R2	18,2	1,0 \pm 1,1
K	8,8	0,5 \pm 0,8
'Lang'	20,3	0,4 \pm 0,6
R1	8,4	0,6 \pm 0,8
R2	4,3	0,2 \pm 0,3
K	7,6	0,4 \pm 0,6
'Li'	112,6	2,1 \pm 1,8
R1	40,7	1,9 \pm 1,7
R2	25,8	1,7 \pm 1,5
K	46,1	2,6 \pm 2,1

Statistično značilnih razlik pri primerjavi povprečnega pridelka za obdobje od 2018 do 2020 glede na način rezi nismo ugotovili. Statistično značilno razliko v prid sorti 'Li' pa smo ugotovili pri primerjavi povprečnega pridelka na posamezno drevo glede na sorto in ne glede na način rezi, zajeto je bilo skupno povprečje opazovalnega obdobja od 2018 do 2020. Med sortama 'Lang' in 'Navadna žižola' statistično značilnih razlik za povprečni pridelek ne glede na način rezi v obdobju od 2018 do 2020 nismo ugotovili. Povprečni pridelek za sorto 'Li' je bil vselej višji od povprečnih pridelkov sorte 'Lang' in 'Navadna žižola'. Na sliki 2 so prikazani pridelki obravnavanih sort žižole glede na leto.



Slika 1: Pridelek treh sort žižole po letih

Figure 1: Yield of the different jujube cultivars

Če potegnemo vzporednice s študijo Shengrui Yao in sodelavcev iz leta 2019, kjer so preučevali uspešnost gojenja žižol na jugozahodu Združenih držav Amerike, ugotovimo, da so pridelki žižol gojenih v Slovenski Istri vselej nižji. Za primerjavo: sorta 'Li' je v omenjeni študiji že v 2. letu po vzpostavitvi poskusnega nasada obrodila čez 4 kg na drevo, v 3. letu pa v enem od nasadov celo več kot 8 kg. Razlogov za manjši pridelek v Slovenski Istri je lahko več, morda je razlog visoka vsebnost gline v tleh in posledično slaba prepustnost za vodo, zagotovo pa je na rezultate močno vplivala zmrzal leta 2020, njen vpliv je nekoliko manj očiten pri sorti 'Navadna žižola', ki je morda na okolje Slovenske Istre bolj prilagojena.

4. VIRI

- Bolčič, J., Brana, S., Brdnik, M., Požanel, A., Prgomet, Ž., Skok, J., Štoka, I., Volčič, T., Vrhovnik, I. 2011. Sredozemsko kmetijstvo v sožitju z naravo: izbrane teme: projekt ZOOB Zmanjšanje onesnaževanja in ohranjanje biotske pestrosti v kmetijstvu s poudarkom na oljkarstvu (D. Mrzlič, Ed.). KGZS - Kmetijsko gozdarski zavod.
- Jin, X. 2018. Jujuba—*Ziziphus jujuba*, Sueli Rodrigues, Ebenezer de Oliveira Silva, Edy Sousa de Brito, Exotic Fruits, Academic Press, 263-269.
- Liu, M. J. 2004. Handbook of high quality production of Chinese jujube (in Chinesen). The Agricultural Publ. House of China, Beijing. 275–323.
- Liu M. 2006. Chinese jujube: botany and horticulture. *Hortic. Rev.* 32: 229–298.
- Liu M., Wang J., Liu P., Zhao J., Zhao Z., Dai L., Li X., Liu Z. 2015. Historical achievements and frontier advances in the production and research of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) in China. *Acta Hort. Sin.* 42, 1683–1698.
- Liu, M., Wang, J. 2019. Fruit scientific research in new China in the past 70 years: Chinese jujube. *J. Fruit. Sci.* 36, 1369–1381.

- Liu M., Wang J., Wang L., Liu P., Zhao J., Zhao Z., Yao S., Stănică F., Liu Z., Wang L., Ao C., Dai L., Li X., Zhao., Zhao X., Jia C. 2020. The historical and current research progress on jujube—a superfruit for the future, *Horticulture Research*, 7: 119 str.
- Štampar F., Lešnik M., Veberič R., Solar A., Koron D., Usenik V., Hudina M., Osterc G. 2005. Sadjarstvo. Ljubljana, Kmečki glas: 416 str.
- Višnjevec A., Arbeiter A., Hladnik M., Ota A., Skrt M., Butinar B., Necemer M., Krapac M., Ban D., Bučar-Miklavčič M., Ulrih N., Bandelj D.. 2019. An Integrated Characterization of Jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) Grown in the North Adriatic Region. *Food Technology and Biotechnology*.
- NMSU. 2023a. Jujube, New Mexico, College of Agricultural, Consumer, and Environmental Sciences, <https://jujube.nmsu.edu/index.html>
- NMSU. 2023b. Jujube Training and Pruning Basics, The College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences, New Mexico State University, https://pubs.nmsu.edu/_h/H337/index.html

5. SLOVENSKI SADJARSKI KONGRES Z MEDNARODNO UDELEŽBO

so podpri:



**UNIVERZA
V LJUBLJANI**

BF

**Biotehniška
fakulteta**





**MESTNA
OBČINA KRŠKO**



Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije





PODJETJE ZA AGRARNA PROUČEVANJA d.o.o.
MARIBOR, Limbuška cesta 64/a
Tel.: 02/42 15 363, fax: 02/42 15 365
e-mail: jurana@siol.net
www.jurana.com





SADJARSTVO MIROSAN d.o.o., Kasaze 95, 3301 Petrovče



KARSIA®



KEMOMED

PRINAŠAMO REŠITVE