

Utjecaj opterećenja rodnom kod jabuke

Majetić, Mario

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:419581>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

UTJECAJ OPTEREĆENJA RODOM KOD JABUKE

DIPLOMSKI RAD

Mario Majetić

Zagreb, rujan, 2022.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:

Hortikultura – Voćarstvo

UTJECAJ OPTEREĆENJA RODOM KOD JABUKE

DIPLOMSKI RAD

Mario Majetić

Mentor:

doc. dr. sc. Jelena Gadže

Zagreb, rujan, 2022.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, Mario Majetić, JMBAG 253043097, rođen 11.07.1996. u Požegi,
izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

UTJECAJ OPTEREĆENJA RODOM KOD JABUKE

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta / studentice

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Maria Majetića**, JMBAG 253043097, naslova

UTJECAJ OPTEREĆENJA RODOM KOD JABUKE

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

- | | | |
|----|---|-------|
| 1. | Doc.dr.sc. Jelena Gadže mentor | _____ |
| 2. | Doc.dr.sc. Kristina Batelja Lodeta član | _____ |
| 3. | Izv. prof.dr.sc. Goran Fruk član | _____ |

Sadržaj

1.	Uvod	1
1.1.	Cilj rada	1
2.	Pregled literature	2
2.1.	Botanička klasifikacija i povijest jabuke	2
2.2.	Morfološke karakteristike jabuke	3
2.3.	Suvremeni sustavi uzgoja jabuke	5
2.3.1.	Podloge	5
2.3.2.	Uzgojni oblici	7
2.4.	Diferencijacija generativnih pupova	9
2.5.	Oprašivanje i oplodnja	10
2.5.1.	Oprašivanje	10
2.5.2.	Oplodnja	11
2.6.	Regulacija opterećenja rodom	11
2.7.	Alternativna rodnost	14
2.7.1.	Uzroci i sprječavanje alternativne rodnosti	14
2.8.	Biljni hormoni i regulatori rasta	15
2.8.1.	Auksini	16
2.8.2.	Giberelini	16
2.8.3.	Citokinini	16
2.8.4.	Apscizinska kiselina	17
2.8.5.	Etilen	17
2.9.	Rezidba	17
2.9.1.	Zimska i ljetna rezidba	18
2.9.2.	Rezidba u osnovnim periodima života jabuke	18
2.9.3.	Rezidba spur tipova jabuke	19
2.10.	Prorjeđivanje	19
2.10.1.	Važnost prorjeđivanja i čimbenici koji utječu na prorjeđivanje	19
2.10.2.	Načini prorjeđivanja	20
2.10.3.	Prorjeđivanje u cvatnji	23
2.10.4.	Prorjeđivanje plodova	24

3. Zaključak.....	26
4. Popis literature.....	27
Životopis.....	30

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Maria Majetića** naslova

UTJECAJ OPTEREĆENJA RODOM KOD JABUKE

Cilj ovog diplomskog rada je prikazati utjecaj opterećenja rodom kod jabuke na diferencijaciju generativnih pupova kao i na morfološke parametre plodova. U intenzivnim nasadima jabuke važno je postići ravnotežu rasta i rodosti te omogućiti što raniju punu rodnost. Primjenom različitih agrotehničkih i pomotehničkih zahvata od kojih su najznačajniji rezidba i prorjeđivanje plodova, postiže se ravnoteža između vegetativnog i generativnog rasta. Premalo ili preveliko opterećenje dovodi do razvijanja plodova nezadovoljavajućih standarda za tržište. Prva opterećenja na mladim stablima moraju biti određena na temelju karakteristika uzgajane sorte, sortnoj sklonosti alternaciji kao i na temelju poprečne površine presjeka debla (TCSA). Regulacija opterećenja rodom je neizostavan dio uzgoja jabuke, jer se na taj način osigurava redovita rodnost i proizvodnja plodova koji zadovoljavaju potrebe tržišta.

Ključne riječi: alternativna rodnost, jabuka, opterećenje rodom

Summary

Of the master's thesis– student **Mario Majetić**, entitled

CROP LOAD INFLUENCE ON APPLE

The aim of this thesis is to present the influence of crop load on differentiation of generative buds and morphological parameters of fruit. In intensive apple orchards it is important to accomplish balance between vegetative and generative growth and to get into fruit bearing as early as possible. This balance is accomplished with various agrotechnical and pomotechnical operations. The most important are pruning and thinning. Wrong intensity of crop load can lead to having fruit which does not have satisfying parameters for the market. First crop loads on young trees must be determined by sort characteristics, biennial bearing tendency and trunk cross section area. Cropload regulation is indispensable part of apple production because it ensures regular fruit bearing and production of fruit that is satisfying for the market.

Keywords: apple, biennial bearing, crop load

1. Uvod

Jabuka (*Malus domestica* Borkh.) je listopadno drvo iz porodice *Rosaceae*. Ta voćna vrsta danas je druga najzastupljenija po proizvodnji u svijetu, a prvi zapisi o njoj zabilježeni su još u doba Stare Grčke. Zbog toga često nosi naziv kraljice voća. Potječe iz Centralne Azije, odnosno iz područja Kine i Himalaja odakle se proširila po svijetu (Šoškić 2011.). Tijekom dugotrajne evolucije razvila je veliki polimorfizam pa danas postoji jako velik broj sorti.

Suvremeno tržište od proizvođača zahtijeva redoviti plasman proizvoda koji mora zadovoljavati određene parametre kao što su boja, okus, miris, krupnoća, ali i sposobnost dugotrajnog skladištenja. Problem se javlja kod sorti koje su vrlo atraktivne za tržište, ali imaju genetski urođenu sklonost da jednu godinu obilno rode čija je posljedica jako slabo diferenciranje generativnih pupova, odnosno slab urod naredne godine (Kofler i sur. 2021.). Ta pojava naziva se alternativna rodnost. Za voćara predstavlja veliki problem, jer mu onemogućuje konstantan plasman proizvoda na tržište, ne uzevši u obzir klimatske uvjete koji su također čest problem. Utjecaj biljnih hormona (giberelina) koji potječu iz ploda u razvoju je glavni razlog alternativnog rađanja ali i genotip ima jako veliku ulogu (Atay 2017.). Alternativna rodnost u najvećoj je ovisnosti sa opterećenjem stabla rodnom. Naime, kada voćka ima puno plodova, povećat će se i koncentracija giberelina pa će voćka zametnuti manje rodnih pupova. Osim toga, velik broj plodova konkurrira razvoju pupova u vidu hranjiva i asimilata (Jemrić 2007.). Visoko opterećenje rodnom u prve dvije godine smatra se glavnim uzrokom alternativne rodnosti jer negativno utječe na vegetativni rast i zametanje generativnih pupova (Fioravanco i Czermainski 2018.). Opterećenje rodnom također uvelike utječe na krupnoću i obojenost plodova, što je jako bitno zbog postotka prvoklasnog proizvoda, odnosno razlike u cijeni.

Na opterećenje rodnom se može utjecati na razne načine kao što su odabir podloge i uzgojnog oblika, pravilna rezidba te prorjeđivanjem plodova. Prorjeđivanje može biti ručno, mehaničko i kemijsko te se može provoditi u cvatnji ili u razdoblju plodonošenja. Rezultat prorjeđivanja ovisi o vremenskim uvjetima i kondiciji stabala u trenutku prorjeđivanja (Szot i Lipa 2019.).

1.1. Cilj rada

Cilj ovog diplomskog rada je prikazati utjecaj opterećenja rodnom kod jabuke na diferencijaciju generativnih pupova, kao i na morfološke parametre plodova

2. Pregled literature

2.1. Botanička klasifikacija i povijest jabuke

Jabuka je botanički klasificirana u:

Carstvo: *Cormophyta* – više biljke

Odjeljak: *Spermatophyta* – sjemenjače

Pododjeljak: *Magnoliophytina* – kritosjemenjače

Razred: *Magnoliatae* – dikotile

Podrazred: *Rosidae*

Nadred: *Rosanae* – ruže

Red: *Rosales*

Porodica: *Rosaceae* – ruže

Potporodica: *Maloideae* – jabučasto voće

Rod: *Malus* Miller – jabuka

Vrsta: *Malus domestica* Borkh.

Jabuka, zajedno sa ostalim najvažnijim voćnim vrstama umjerene klime kao što su kruška, šljiva, breskva, višnja, jagoda, malina i borovnica – pripada porodici ružovki (*Rosaceae*) (Janick i sur. 1996.). Rodu *Malus* Miller se može podijeliti na 5 sekcija (*Eumalus*, *Sorbomalus*, *Chloromeles*, *Eriolobus*, *Docyniopsis*) i 33 vrste (Šoškić 2011.). Kumar i sur. (2018.) navode kako je taksonomija roda *Malus* još uvijek kompleksna i nejasna te da je u budućnosti potrebna revizija pomoću novih istraživanja i informacija. Područje Kine i Himalaja u Aziji odlikuje se najvećim bogatstvom sorti (polimorfizam) i najbogatijim fondom nasljednih činitelja (gena) jabuke. Iz tog područja jabuka je postepeno prodirala u Iran, južna pobrđa Kavkaza (Azerbajdžan i Gruzija), predjele gornjeg toka Tigrisa i Eufrata i dalje na zapad (mala Azija i Grčka). Jabuka je u toku dugotrajne evolucije stekla izvanrednu varijabilnost (polimorfizam) i sposobnost prilagođavanja najraznovrsnijim prirodnim uvjetima (Šoškić 2011.).

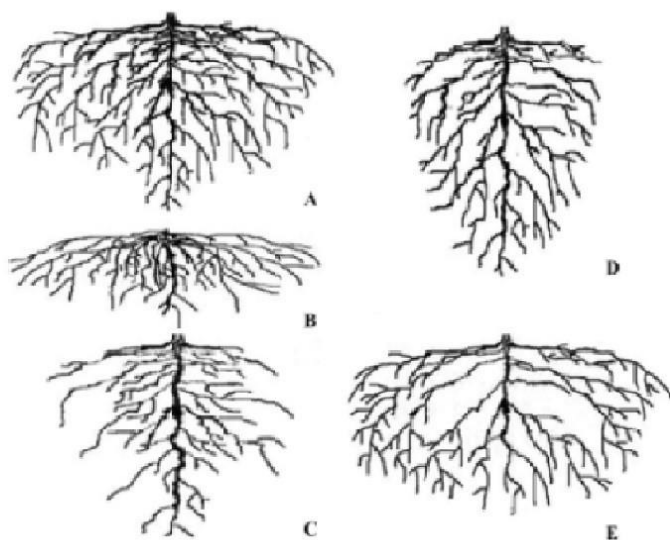
Prve pisane podatke o uzgoju jabuka u Staroj Grčkoj navodi pisac Teofrast (370-286pr.K.). Iz Grčke jabuka se širila po Rimskom Carstvu. Jabuku su Rimljani, Germani, Kelti i Slaveni raširili po Apeninskom i Balkanskom poluotoku, Europi i Britanskim otocima. Jabuka je porijeklom iz Azije, to jest pribrežja Himalaje odakle je najveći broj divljih vrsta jabuke – 23 od 33 postojeće vrste (Šoškić 2011.). Sorte su se selektirale i razmnožavale, čak i kalemile još prije 2000 godina. Prvo kontrolirano razmnožavanje jabuke se pripisuje Thomasu Andrewu Knightu (1759.-1838.) koji je proizveo prve sorte sa točno determiniranim roditeljima. Ova tehnika je kasnije prerasla u osnovnu tehniku uzgoja novih sorti (Janick i sur. 1996.).

Od ukupne proizvodnje, najviše se ostvaruje u Aziji – 64% svjetske proizvodnje, odnosno 55 milijuna tona. Od toga, čak 50 milijuna tona se proizvede u Kini. Nakon Kine slijede Sjedinjene Američke Države (4,5 mil. t), Turska (4,3 mil. t), Poljska (3,5 mil. t), Indija (2,7 mil. t) i Italija (2,5 mil. t). U Hrvatskoj se u 2020. godini proizvelo 63 tona jabuka na površini od 4300 ha što znači da je prosječni prinos manji od 15 t/ha (FAOSTAT 2020.).

2.2. Morfološke karakteristike jabuke

Vegetativni organi jabuke su korijen, deblo i krošnja s granama koje nose lišće, te lisne i drvene pupove. Generativni organi jabuke su cvjetni ili cvatni pupovi, cvijet, plod i sjeme. Stablo jabuke sastoji se od podzemnog i nadzemnog dijela (Miljković 1991.).

Podzemni dio čini korijen čija je glavna funkcija da učvršćuje stablo u tlo, prima vodu i u njoj otopljene hranjive tvari, te da provodi hranjive tvari i skladišti ih te stvaranje biljnih hormona koji imaju važnu ulogu u rastu voćaka, zametanju rodni pupova, i drugim životnim procesima (Jemrić 2007.). Obzirom da je najvažnija uloga hranidbe osnovni cilj je da se poboljšaju uvjeti rasta, rasprostiranja i aktivnosti korijenove mreže. Razvoj i rasprostranjenost korijenove mreže ovisi, prije svega, o podlozi, načinu razmnožavanja, starosti stabla, a osobito o osobinama i agrotehnici tla. Zbog toga, pri podizanju voćnjaka, pripremi tla treba posvetiti osobitu pozornost, jer se nakon sadnje više ne može radikalno utjecati na poboljšavanje osobina tla (Brzica 1995.).



Slika 2.2.1. Prikaz izgleda korijena kod različitih podloga za jabuku.

Izvor: Wang i sur. (2019.) <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2019.06.001>. Pristup 03.08.2022.

Stablo je na određenoj visini razgranato, pa se razlikuje nerazgranati dio koji se naziva deblo i razgranati dio koji se naziva krošnja. Glavna funkcija debela je da provodi i čuva hranjiva.

Krošnja se nalazi iznad debla i čine je deblje i tanje skeletne grane koje na sebi nose rodne i nerodne izboje s pupovima, listovima i mladicama, cvjetovima ili plodovima. Ovisno o načinu uzgoja krošnja može imati provodnicu koja predstavlja produženje debla ili može biti bez provodnice, ako to zahtijeva određeni način uzgoja (Miljković 1991.).

Svi novi organi, i vegetativni i generativni, nastaju iz pupova. Prema organu koji će nastati iz pupova, oni mogu biti vegetativni i generativni. Prema položaju na izbojima pupovi mogu biti postrani ili lateralni i vršni ili terminalni.

Vegetativnim pupovima pripadaju drvni, lisni, slučajni i skroviti. Drvni pupovi su sitniji, duguljasti i s oštrim vrhom. Iz njih se razvijaju izboji. Iz vršnih pupova razvijaju se jaki izboji, a iz postranih sve slabiji kako su pupovi niži. Lisni pupovi se nešto krupniji i nešto deblji od drvnih. Iz tih pupova razvijaju se vrlo kratke pršljenaste mladice bez članaka s lišćem i vršnim pupom. Slučajni ili adventivni pupovi mogu se pojaviti na bilo kojem starijem ili mlađem dijelu stabla odnosno korijena. Izboji iz slučajnih pupova na korijenu služe za vegetativno razmnožavanje voćaka. Skroviti ili latentni pupovi nalaze se najčešće pri osnovi grana i pokriveni su slojem kore. Iz njih se razvijaju vrlo jaki izboji nakon povrede tkiva drveta, najčešće nakon jače rezidbe. Rodni pupovi kod jabuke nalaze se na vrhovima rodnihi grana, a kod pojedinihi sorti kao što su 'Granny Smith', 'Zlatni Delišes' i 'Breburn' mogu se formirati i bočno na jednogodišnjim izbojima (Keserović i sur. 2014.). Generativni ili cvjetni pupovi jabuke su krupni, zaobljeni i lako ih je prepoznati prema obliku. Jabuka, u stvari, ima cvatni pup iz kojega se razvija cvat gronja, a istodobno je i mješoviti pup, jer se iz njega razvijaju cvjetovi i listovi (Brzica 1995.).

List je vegetativni organ koji ima vrlo složene zadaće. U njemu se obavlja fotosinteza (proces stvaranja organskih tvari iz jednostavnih neorganskih spojeva, vode i ugljikovog dioksida, uz vezanje sunčeve svjetlosne energije), disimilacija ili disanje (proces oksidoredukcijskih reakcija u kojima se oslobađa energija), transpiracija (proces izdvajanja vode u obliku pare iz voćke). Osnovni dijelovi lista jabuke su rukavac, peteljka i plojka. Jabuka ima plojku jajastog oblika, a naličje je dlakavo, neravno i svijetlozelene boje. Naličje lista odlikuje se građom spužvastog tkiva s otvorima (pući). Kroz te otvore lakše prodire zaraza nego na licu lista, gdje je tkivo zbijenije (Brzica 1995.). O broju listova i njihovom zdravstvenom stanju ovisi rodnost jabuke i kvaliteta plodova. Plojku lista karakterizira površina, nervatura, rub, oblik i osnova. Ove osobine su karakteristika vrste, sorte i starosti jabuke. Listovi se nalaze na čvorovima (koljencima) stabla. Postoje 3 kategorije listova: donji, srednji i gornji. Zaštitni ljuskasti listići pupoljaka pripadaju kategoriji donjeg lišća, a zaštitni listovi cvjetova kategoriji gornjeg lišća. Tipično je srednje (asimilacijsko) lišće, to je pravo, normalno zrelo lišće jabuke, čija je osnovna uloga fotosinteza (Šoškić 2011.). U jesen po završetku vegetacije, list jabuke opada. To je uvjetovano genotipom sorte i podloge kao i niskim temperaturama. Međutim, list jabuke može otpasti i u toku vegetacije zbog nedovoljne ishrane, izrazite suše, ili ako je biljka napadnuta bolestima i štetočinama (Šoškić 2011.).

Cvijet je skraćeni izdanak ograničenog rasta, čiji su listovi preobraženi radi spolnog razmnožavanja koje se u njemu odvija i dovodi do razvijanja sjemenki i ploda. Osnovna je uloga

cvijeta jabuke da preko sjemena i ploda osigura opstanak vrste, što je vrlo važno sa biološkog i privrednog stajališta (Šoškić 2011.). Cvijet jabuke sastoji se od cvjetne stapke, cvjetne lože, čaške od pet zelenih lapova, vjenčića od pet latica, dvadeset prašnika i tučaka. Sa stanovišta oprašivanja i oplodnje najvažniji su tučak i prašnici. Tučak (ženski rasplodni organ) sastoji se od plodnice, vrata i njuške. Plodnica je proširena i u njoj se nalaze sjemeni zamci (jedan ili više). Iz sjemenih se zametaka nakon oplodnje razvijaju sjemenke. Vrat tučaka sastoji se od pet odvojenih listića. Njuška tučaka je ljepljiva, kako bi se zadržala polen prašnika. Prašnik (muški rasplodni organ) sastoji se od prašnice i prašničke niti. Svaka prašnica podijeljena je u četiri polenovnice (prašne vrećice) u kojima se stvaraju polenova zrnca (polen). U cvijetu voćaka vrlo značajnu ulogu imaju žlijezde smještene u cvijetu jer izlučuju nektar zbog kojega kukci posjećuju cvijet. Jabuka ima dvospolne cvjetove, imaju i tučak i prašnike (Brzica 1995.).

Plod jabuke predstavlja cilj proizvodnje jabuke. To je organ koji se razvija iz plodišta i drugih organa cvijeta nakon oplodnje. Plod okružuje sjemenke i štiti ih od nepovoljnih utjecaja i osigurava klijanje sjemena. Iznad plodišta se razvija omotač ploda (perikarp), koji kod jabuke predstavlja jestivi dio ploda. Plod jabuke je sočan i jestiv, odlikuje se velikom varijabilnošću po krupnoći, obliku, boji i građi, kao i po kemijskim i organoleptičkim svojstvima. Plodovi jabuke imaju različite oblike, najčešće su valjkasti i loptasti. Plodovi plemenitih sorti obično su srednje krupni (presjek 60-70 cm), a rjeđe krupni ili sitni. Osnovna boja pokožice ploda je zelena, zeleno-žuta ili žuta, dopunska boja je crvena. Okus ploda jabuke može biti sladak, slatkokiseo i kiseo. Neke sorte u zrelosti imaju jaču ili slabiju aromu. Peteljka ploda je ustvari cvjetna drška i kad plod sazrije, peteljka se s njim odvaja od rodne grančice (Šoškić 2011.).

Sjeme jabuke se razvija iz sjemenog zametka poslije oplodnje. Ono sadrži klicu i opnu (sjemenjaču). Klica se sastoji od korjenčića, stabalca, klicinog pupoljčića i klicinih listića. U plodu diploidnih sorti jabuke nalazi se obično 8 – 10 sjemenki a kod nekih sorti broj sjemenki može varirati od 0 do 20. Kada su sjemenke neravnomjerno raspoređene u sjemenjnoj kućici plodovi dobivaju asimetrični oblik (Šoškić 2011.).

2.3. Suvremeni sustavi uzgoja jabuke

2.3.1. Podloge

Podloga je dio voćke na koji se cijepi plemka kako bi se postigla odgovarajuća bujnost i rodnost. Kod cijepljenih voćaka podloga daje korijen i jedan dio debla (Jemrić 2007.). Kombiniranjem osobina plemke i podloge može se utjecati na veličinu stabla, gustoću sklopa, početak rodnosti, količinu i kakvoću priroda (Brzica 1995.).

Jabuka je jedina voćna vrsta koja ima na raspolaganju širok raspon raznovrsnih tipova vegetativnih podloga za različita podneblja, raznoliku kakvoću tla, i za podizanje raznovrsnih

sustava uzgoja – od ekstenzivnog (najbujnije podloge), preko poluintezivnog (bujne podloge), intezivnog (srednje bujne podloge) do superintezivnog (slabo bujne podloge) (Krpina i sur. 2004.).

Prema načinu razmnožavanja postoje vegetativne i generativne podloge. Generativne podloge razmnožene su iz sjemena i imaju neujednačena genetska obilježja, jer su nastale oplodnjom (Jemrić 2007.). Prema Šoškić (2011.) pored heterozigotnosti, sjemenjaci se kao podloga za jabuku još uvijek često koriste u ekstenzivnoj proizvodnji. Također navodi da sorte jabuke kalemljene na divljoj jabuci rađaju 50 godina, dosta su otporne prema mrazu, suši i raznim štetočinama. Generativne se podloge rabe samo za one voćke za koje se rijetko rabe vegetativne podloge, primjerice za orah (Jemrić 2007.).

Vegetativne podloge razmnožavaju se nekim od vegetativnih načina razmnožavanja (nagrtanjem, položenicama i sl., a u novije vrijeme i razmnožavanjem "*in vitro*" pa imaju ujednačena genetska obilježja. Stoga cijepljenje na vegetativno razmnoženu podlogu daje voćku s poznatim obilježjima rasta, rodnosti i kakvoće plodova.

Danas je u voćarstvu najčešće zastupljeno korištenje slabo bujnih vegetativnih podloga kao što je prikazano na tablici 2.3.1. Iako male voćke generalno daju manje uroda po stablu, imaju veći prinos i veću efikasnost rodnosti, ali i ranije kreću rađati (Fioravanco i sur. 2016.). Vegetativne podloge za jabuku proizašle su od niske (žbunaste) jabuke (*M. pumila* Mill) i njena dva najvažnija tipa, paradisa (*M. pumila* var. *Paradisiaca* Merd) i dusen (*M. pumila* var. *Praecox* Borkh).

Dusen ili holandska jabuka (*M. pumila* var. *Praecox* Borkh) ima snažan korijenov sustav, srednje bujnosti, lako se razmnožava vegetativnim putem (nagrtanjem), a živi do 30 godina. Paradis (*M. pumila* var. *paradisiaca*) ili kako se još zove petrovača, znatno je kržljivija od dusena, daje dobre rezultate samo na jakim i vlažnim zemljištima.

Postoji više vrsta dusena i paradisa, od slabo do veoma bujnih. I prema mjestu gdje je izvršena selekcija svi tipovi dusena i paradisa su nazvani maling – tipovi i obilježavaju se velikim slovom M i arapskim brojevima (Šoškić 2011.). Naime, M podloge su nastale u East Mallingu u Velikoj Britaniji, u originalu oznaka im je EM, međutim u govoru nije bilo razlike između E i EM pa je tako ostalo samo M. Vodeće podloge za jabuku u intenzivnim nasadima trebaju biti M9, klon NAKB (T) 337, MM 106 i M 26 za spur tip 'Crvenog Delišesa' (Keserović i sur. 2014.).

Kada imamo više podloga za jednu voćku, možemo odabrati onu koja najbolje odgovara klimatskim uvjetima i vrsti tla. Drugi važan čimbenik pri izboru podloge jest njezino djelovanje na bujnost voćke. Zbog toga se za sadnju na malom prostoru odabiru podloge slabe do srednje bujnosti, a izbjegavaju bujne podloge kao što su sjemenjaci. Osim na bujnost, odabir podloge uvelike utječe na prinos. Nekoliko istraživanja sa raznim kombinacijama podloga i plemki je pokazalo da se sa povećanjem voćke povećava prinos, ali smanjuje prinos u odnosu na jedinicu površine i efikasnost rodnosti (Fioravanco i sur. 2016.). Podudarnost se može opisati kao sposobnost podloge i plemke da nakon cijepljenja dobro srastu i tvore voćku koja ima zadovoljavajući rast i rodnost. Kada podloga nije podudarna s plemkom javljaju se simptomi

koji se razlikuju ovisno o tome koliki je stupanj nepodudarnosti. Kada su podloga i plemka nepodudarne, na mjestu cijepljenja ne stvaraju se provodni snopovi, nego umjesto njih nastaje zrakasto tkivo koje slabo odrvenjava. Zbog toga je otežano protjecanje vode, mineralnih i organskih tvari iz podloge u plemku i obratno pa se plemka suši. Problem nepodudarnosti rješava se uporabom podudarnih sorata kao posrednika ili međupodloge koja se umeće između podloge i nepodudarne sorte (Jemrić 2007.).

Kada se započinje stvaranje nove podloge, mora se obratiti pozornost na hortikulturne osobine (kompatibilnost, mogućnost razmnožavanja, bujnost, utjecaj na rast potomstva itd.) Također, u obzir se moraju uzeti ekološki uvjeti (temperatura, oborine, pH vrijednost tla, plodnost tla itd.) i biološki faktori (virusi, bakterije, nematode, uši i ostale štetočine) na području uzgoja (Wang i sur. 2019.).

Tablica 2.3.1 Upotreba patuljastih podloga i postotak gustog sklopa u zemljama koje su najveći proizvođači jabuke

Država	Podloge	Postotak gustog sklopa
Kina	M9, M26, SH serija, GM256	12%
SAD	M9, B9, M26, Mac, MM106, MM111, G16	50%-55%
Poljska	M9-T337, B9 P serija	>80%
Italija	M9, M26, M4, M2, MM106	90%
Rusija	B9, B118, B54-146, NO.134	nema podataka
Francuska	M9, M2, M5, M4, M26, GG30	90%
UK	MM106, M9, M26, M27, MM111, M4, M25	90%
Nizozemska	M9-T337, M1, M2	>70%
Njemačka	M9, M4, M5, M7	90%
Japan	JM serija, M26, MM106, M9; M7, M111	>75%

Izvor: Wang i sur. (2019.) <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2019.06.001>. Pristup 03.08.2022.

2.3.2. Uzgojni oblici

Uzgojni oblik voćke način je na koji se oblikuje krošnja. Dobar bi se uzgojni oblik trebao lako i brzo oblikovati, imati veliku rodnu površinu, dobru čvrstoću osnovnih grana i nesmetan pristup svim dijelovima krošnje (Jemrić 2007.). Krpina i sur. (2004.) navode kako suvremena voćarska proizvodnja, osobito ona u intenzivnim nasadima, zahtijeva sljedeće uvjete pri izboru

uzgojnog oblika: stabilan skelet krošnje, koji može sigurno nositi teret lišća i plodova, jednostavan rad na uzgoju uz što manji utrošak radne snage pri rezidbi i berbi, stvaranje rastresite krošnje kako bi zaštita protiv štetnika i bolesti bila što djelotvornija, a zbog boljeg osvjetljenja i urod što kvalitetniji, što povoljniji utjecaj na dinamiku uroda i prikladnost habitusa odabranim sortama.

Vretenasti grm i vitki vretenasti grm česti su u suvremenim voćnjacima zbog dobre rodnosti i lakoće oblikovanja i održavanja. Vretenasti grm čest je uzgojni oblik za voćke cijepljene na slabo do srednje bujnim podlogama i posađene u gustom sklopu. U svom se osnovnom obliku sastoji od središnje osi (provodnice) i spiralno raspoređenih osnovnih grana koje se dalje razgranavaju, ovisno o vrsti voćke, na grane drugog, trećeg ili četvrtog reda. Od osnovne krošnje prema vrhu duljina osnovnih grana se postupno smanjuje tako da dobro oblikovan vretenasti grm ima stožast izgled krošnje. Tako je krošnja bolje osvjetljena, osobito u nižem dijelu gdje je opasnost od zasjenjivanja najveća. Poboljšana inačica ovog uzgojnog oblika ima rodne izbojke oblikovane izravno na provodnici kako bi se postigla što ranija rodnost. Tako je nastao "vitki vretenasti grm" ili popularno "vitko vreteno". On omogućuje sadnju voćaka na manje razmake što ubrzava ulazak u punu rodnost. Prvobitna inačica vitkog vretenastog grma nije imala osnovnih grana, ali se ubrzo vidjelo da je dominacija vrha voćke prevelika i da donji dijelovi krošnje slabije rode.

Zbog toga se danas najčešće uzgaja modificirani vitki vretenasti grm koji ima tri ili četiri osnovne grane u donjem dijelu krošnje, a ostatak se oblikuje po pravilima za vitki vretenasti grm (Jemrić 2007.). Budući da je vrlo teško održavati ravnotežu rasta donjega i gornjega dijela krošnje, korisno je, radi lakšeg oblikovanja i održavanja uzgojnog oblika, oblikovanje kombinacije uzgojnih oblika vretenastog grma na donjoj trećini krošnje (primarni elementi sa sekundarnim elementima) i vitkoga vretenastog grma na gornje dvije trećine krošnje. Time će se dobiti vrlo prikladan uzgojni oblik, koji će objединiti sve pozitivne značajke obaju uzgojnih oblika (Krpina i sur. 2004.).

U intenzivnim nasadima, naročito kada su u pitanju tako zvani dvodimenzionalni uzgojni oblici, plosnata krošnja uvelike olakšava uvođenje mehaniziranih operacija, a to je za voćara velika prednost u više pogleda. Dosadašnja istraživanja su pokazala utjecaj intenzivnog uzgoja na osvjetljenost krošnje, prinos i kvalitetu ploda, raniji ulazak u rod i brži povrat investicije i mogućnost primjene mehanizacije (He i Schupp 2018.). Jabuke u intenzivnim nasadima su 2,5 - 2,8 m visoke sa vrlo uskim krošnjama koje se mogu održavati mehanički sa šišačem kako bi se smanjio utrošak radne snage i poboljšala kvaliteta ploda, a rezidba i berba se odvijaju na pokretnim platformama. Takav način uzgoja drastično smanjuje broj radnih sati u voćnjaku (Ghandev i Dzhuvinov 2014.).

2.4. Diferencijacija generativnih pupova

Rodni pupoljci kod jabuke se formiraju u godini koja prethodi njihovom otvaranju i cvjetanju. Formiranje pupoljaka započinje u pazuhu listova na mladicama gdje nekoliko zaostalih meristemskih stanica formiraju takozvani sekundarni meristem, odnosno tvorno tkivo. Iz ovih stanica nastaje prvo vegetativni pupoljak, a od pojedinih vegetativnih pupoljaka nastaju generativni (rodni) pupoljci. Da bi došlo do te promjene, moraju se ispuniti određeni unutrašnji i vanjski uvjeti (Keserović i sur. 2014.).

Vrijeme nastupa fenofaze zametanja rodnih pupova svih voćaka nije jednako. U većine voćaka to je najčešće sredina ljeta (Jemrić 2007.). Različite sorte pod istim uvjetima ponašaju se potpuno različito u pogledu početka formiranja cvjetnih pupova. Također, ista sorta u različitim godinama na istome mjestu počinje u različito vrijeme s formiranjem cvjetnih pupoljaka (Šoškić 2011.). Uz poznavanje rodnih izbojaka, treba znati i o čemu ovisi zametanje rodnih pupova voćaka. Uzimajući u obzir da su rast mladice i zametanje rodnih pupova u oprečnom odnosu, znamo da ako voćke prebujno rastu, ne mogu zametnuti puno rodnih pupova. Ako je pak, vegetativni rast preslab voćke neće zametnuti puno rodnih pupova, jer nemaju dovoljnu količinu lisne površine koja bi fotosintezom stvorila asimilate za zametanje rodnih pupova. Za jedan kilogram plodova jabuke potrebno je imati lisnu površinu od 5 m², odnosno na jedan bi plod trebalo doći 35-40 zdravih i dobro osvijetljenih listova (Jemrić 2007.). Dakle važno je regulirati vegetativni rast, a to se postiže pravilnom rezidbom.

Sljedeći čimbenik koji utječe na zametanje rodnih pupova jest svjetlost. Bez svjetlosti nema rasta biljke, jer nema fotosinteze. List na koji padne manje od 30% sunčevog svjetla ne može stvoriti dovoljno asimilata, stoga za voćku predstavlja potrošača (Jemrić 2007.). Njemački fiziolog Klebs, početkom dvadesetog stoljeća, proučavajući uzorke formiranja cvjetnih pupoljaka, utvrdio je da za formiranje cvjetnih začetaka u pupoljcima pored ugljikohidrata nužno moraju biti i neke mineralne tvari, a naročito dušik. Prema njemu, rodnost jabuke je uvjetovana ravnotežom između ovih dviju tvari. Kad prevladavaju ugljikohidrati, nastaje formiranje cvjetnih pupoljaka a kad prevladavaju mineralne tvari, voćke ostaju besplodne, jer mineralne tvari potenciraju vegetativni porast (Šoškić 2011.). Voćke koje imaju prevelik broj plodova slabo zameću rodne pupove, jer ih u tome ometaju hormoni (giberelini) koji se stvaraju u sjemenkama i iz plodova dolaze u pupove. Zbog toga je potrebno prorijediti plodove i ostaviti ih onoliko koliko neće loše utjecati na zametanje rodnih pupova.

Kod bujnih stabala i sorti zametanje rodnih pupova počinje nešto kasnije nego kod manje bujnih. Sorte koje ranije cvjetaju i sazrijevaju, u pravilu, počinju ranije s formiranjem cvjetnih pupova. Slabo bujne podloge ubrzavaju početak ovog procesa. Početak formiranja cvjetnih pupova zavisi još i o vremenu cvjetanja, zrenja i završetka vegetacije, zatim od položaja, orezivanja, prihrane i drugih faktora (Šoškić 2011.). U vrućim i sušnim ljetima može doći do zametanja rodnih pupova i na mjestima gdje bi obično bili samo vegetativni pupovi. Iz takvih

se pupova u proljeće razvije cvjetovi, ali se slabije oplođuju i daju plodove lošije kakvoće od onih zametnutih iz cvjetova koji se nalaze na tipičnim rodni izbojcima (Jemrić 2007.).

Gnojenje, rezidba, savijanje grana i prstenovanje su pomotehničke mjere koje pojačavaju i ubrzavaju formiranje cvjetnih pupoljaka. Pri tome je neophodno da su voćke zaštićene od bolesti i štetočina, da je lišće zdravo kako bi se u njemu fotosintezom stvaralo što više organske materije (Šoškić 2011.).

2.5. Oprašivanje i oplodnja

2.5.1. Oprašivanje

U voćarstvu polinacija (prenošenje polena na njušku tučka) se vrši spontano, dodiranjem tučka ili posredništvom različitih prenositelja, kao što su vjetar–anemofilija, insekti–entomofilija i čovjek – homofilija) (Šoškić 2011.).

Jabuka je stranooplodna voćna vrsta, treba joj osigurati odgovarajuće oprašivače radi što bolje oplodnje. U kompleksu faktora koji direktno utječu na rodnost, izbor dobrih oprašivača za osnovne sorte ima poseban značaj (Keserović i sur. 2014.).

Kod oprašivača treba voditi računa o sljedećem:

1. vrijeme cvatnje međusobno se mora dovoljno podudarati, s time da oprašivač treba cvjetati malo ranije;
2. usklađeno vrijeme sazrijevanja zbog problema oko zaštite;
3. približno isto vrijeme tretiranja sa sredstvima za zaštitu (Kantoci 2008.).

U posljednje vrijeme u svijetu se podižu monosortni nasadi jabuke, gdje se kao oprašivači koriste pojedine divlje vrste jabuka ili druge sorte jabuke, kao svako deseto ili dvadeseto stablo u redu s osnovnom sortom. Ideja za primjenu divljih vrsta jabuka kao oprašivača u nasadima sa jednom sortom nastala je iz praktičnih razloga, jer je u takvim nasadima lakša zaštita, kemijsko prorjeđivanje i berba plodova (Keserović i sur. 2014.).

Oprašivanje voća je nezamislivo bez *Apis mellifera*, pčele medarice, kojom naši krajevi obiluju zahvaljujući, relativno razvijenom, pčelarstvu. Procjenjuje se da bi u voćarstvu prinosi bez oprašivanja pčela bili umanjeni i do 70%. Često puta neodgovorni voćari zanemaruju prisustvo ovih korisnih i vrlo ranjivih insekata te prskaju voće koje nije završilo cvatnju i tako čine ogromne štete pčelarima (Veić 2009.). Brzica (1995.), pak, navodi da udio pčela u oprašivanju voćaka iznosi oko 80%, a 20% otpada na ostale kukce i vjetar. Također košnice se trebaju unositi u voćnjak tek kada je otvoreno 10 do 15% cvjetova. Ranije ne bi trebalo kako se pčele ne bi orijentirale na cvjetove korova i drugih biljaka koje cvatu. Kad počnu cvjetati voćke one bi iz navike posjećivale prethodne cvjetove pa bi izostao efekt oprašivanja. Moglo bi se reći da pčele i ostali kukci raznoseći pelud cvijeta jedne voćke na drugu – ostvaruju njihovu ljubavnu želju i omogućavaju rast, razmnožavanje i zdravlje voćaka (Bašić 2017.).

2.5.2. Oplodnja

Rast i razvoj plodova složen je proces koji počinje zametanjem ploda, a završava senescencom, odnosno smrću ploda i pod utjecajem je ponajprije genetskih, ekoloških, a potom i mnogih drugih čimbenika (Skendrović i Fruk 2016.).

Oplodnja je uvjet za razvitak embrija i ploda. Oplodnja počinje kada polen dospije na razvijenu i vlažnu njušku tučka, poslije pola sata klije i klica se probija ka sjemenom zametku. Kroz klicu prodiru dvije ljuske polenovog zrna – generativna i vegetativna. Prava oplodnja je dala postanak zigotu (oplođena jajna stanica) koji se diobom razvija u sjeme (klicu). Iz oplođenog jedra embrijeve vrećice nastaje endosperm, koji predstavlja samo hranjivu tvar za klicu sa kotiledonima. Samim svojim razvijanjem klica čini podražaj na okolno tkivo iz kojega nastaje plod (Šoškić 2011.). Poznato je da sjemenke mladih plodova stvaraju hormone, prije svega gibereline koji sprečavaju stvaranje sloja za odvajanje između peteljke ploda i grane. Oni pospješuju diobu stanica, a utječu i na dotok hranjivih tvari, plodovi bolje rastu i krupniji su. Na uspješnost oplodnje utječe više čimbenika, posebno temperatura. Rast polenove cijevi pri 8 °C traje 9 dana, pri 15 °C samo 2 dana, dok pri 5 °C rast polenove cijevi praktično prestaje. Ovdje treba znati da sjemeni zameci često imaju različitu dužinu sposobnosti za oplodnju (npr. sorte iz grupe 'Crvenog Delišesa' imaju kratak period). Na ovo se može utjecati ishranom, osobito dušikom, iako to ovisi i o vremenskim uvjetima (Kantoci 2008.).

2.6. Regulacija opterećenja rodnom

Postići ravnotežu između rasta i rodosti odnosno između rodnih i nerodnih izbojaka je veoma važno u svrhu ostvarivanja redovitih priroda. Prorjeđivanje plodova je uobičajena praksa u voćarstvu. Učinkovitost prorjeđivanja ovisi o djelotvornosti tretmana i terminu primjene. Stablo se na neki način samo brani od prerođivanja. Prirodno opadanje plodova je prirodni postupak regulacije koja kod alternirajućih stabala ne djeluje najbolje. Kod sorata koje prema svojoj genetskoj osnovi naginju alternaciji, prirodno opadanje nije dovoljno. Stoga je potrebno ručno i kemijsko prorjeđivanje plodova. Takvim postupkom utječemo na precizno reguliranje opterećenja te iako se smanjuje prirod, omogućava se bolja kakvoća plodova i prirod u idućoj godini.

Pri proučavanju vegetativnih osobina voća najveća se pozornost poklanja dinamici rasta i praćenju određenih fenofaza. Vegetativna razvijenost voćke izražava se površinom poprečnog presjeka debla TCSA ("trunk cross-sectional area") i ukazuje nam na bujnost (Southwick i sur. 1999.), a izračunava se u cm² prema formuli:

$$TCSA = \pi \left(\frac{\text{promjer debla}}{2} \right)^2 \quad (\text{Atay 2017}).$$

Urod (kg/stablu) se određuje prema broju plodova i prosječnoj masi plodova (g).

Pri izračunavanju uroda vrednuju se sljedeći parametri:

1. Gustoća plodova ili CD ("Cropdensity") je broj plodova po jedinici grane ili dimenzijama stabla (BCSA – poprečna površina presjeka grane ili TCSA) i odražava gustoću cvatova i zametnutih plodova (Westwood 1993.). Gustoća plodova ili CD može se izraziti kao:

$$CD = \frac{\text{Broj plodova}}{BCSA \text{ ili } TCSA (cm^2)}$$

Mnogi autori su koristili CD za procjenu utjecaja kasnih mrazova, različitih podloga, regulatora rasta. Posebno je koristan za procjenu priroda ukoliko se prethodno nisu obavila mjerenja gustoće cvatova (Tomšić 2006.).

2. Učinkovitost uroda ili YE ("Yield efficiencie") uključuje gustoću plodova i masu ploda koristeći cijelo stablo kao jedinicu (Westwood 1993.). Procjene YE su preciznije na mladim ili malo rezanim stablima. Efikasnost rodosti koja se bazira na TCSA može se izraziti kao:

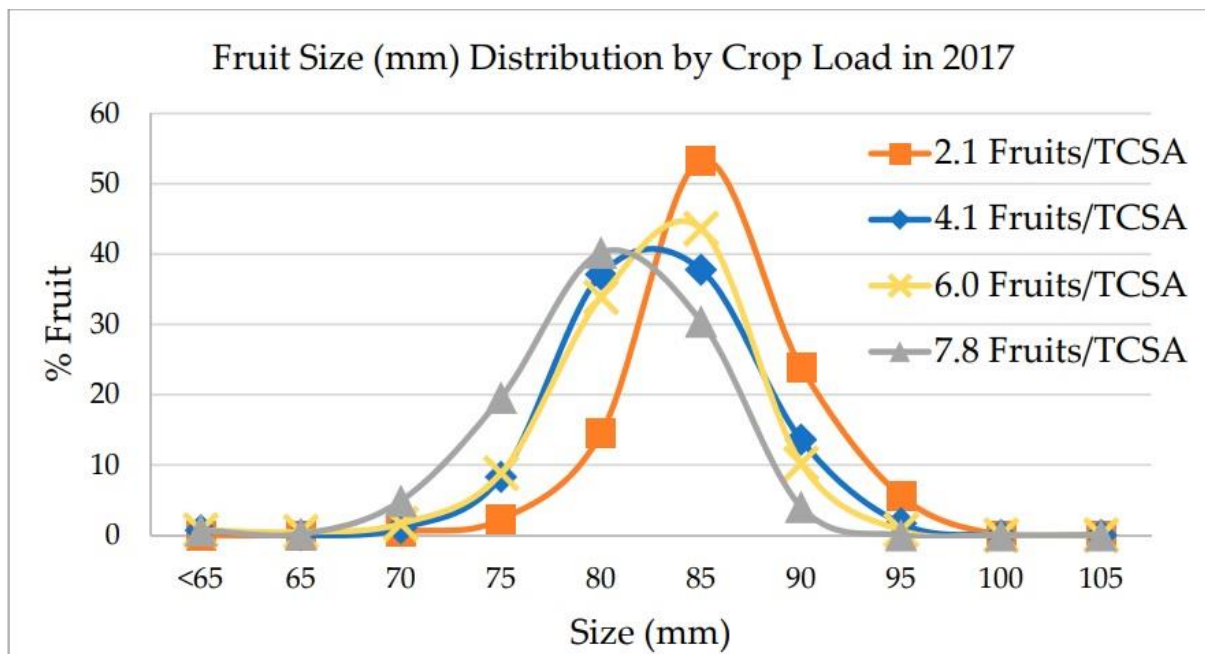
$$YE = \frac{\text{urod (kg/stablu)}}{\text{presjek debla (cm}^2\text{)}}$$

Ili

$$YE = CD \times FW \text{ (masa ploda)}$$

Efikasnost rodosti korisna je za procjenu ili uspoređivanje stabala različitih dimenzija pri postavljanju armature, podlogama te regulatorima rasta kao i za mjerenje produktivnosti stabla. Skupna efikasnost rodosti (ΣYE) integrira dugoročne učinke kao što je skupni prirod kroz nekoliko godina, a bazira se na završnom TCSA. Posebno je korisna u procjeni podloge, a izražava se kao:

$$\Sigma YE = \frac{\text{skupni prirod po stablu}}{TCSA \text{ u prošloj godini}} (kg/cm^2) \text{ (Tomšić 2006.)}$$



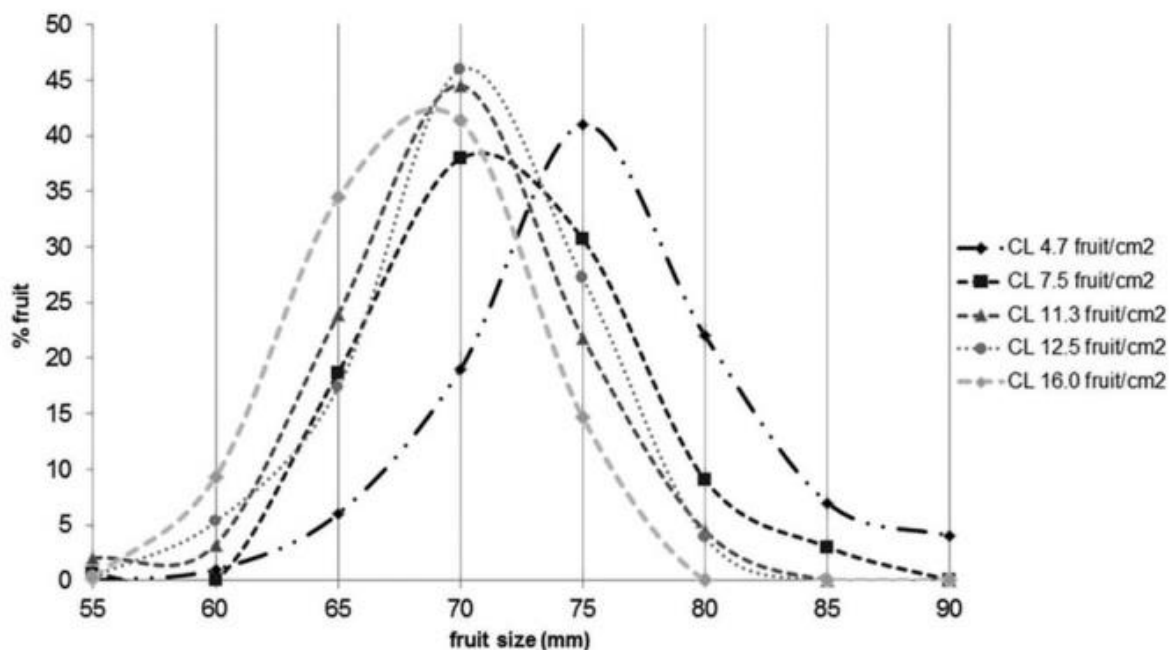
Graf 2.6. 1 Postotak plodova različitih veličina pri opterećenjima različitim opterećenjima rodnom.

Izvor: Anthony i sur. (2019) <https://doi.org/10.3390/agronomy9020107> - pristup 24.07.2022.

Anthony i sur. (2019.) su proveli istraživanje 2013. godine u voćnjaku Washington State University-ja na novoj 'WA38' sorti. Na grafu 2.6.1. je prikazan postotak plodova različitih veličina kod različitih opterećenja rodnom (2.1 plod/TCSA, 4.1 plod/TCSA, 6.0 plodova/TCSA i 7.8 plodova/TCSA). Najveći postotak krupnih plodova postignut je opterećenjem od 2.1 ploda/TCSA (85% plodova promjera 87mm), a najmanji pri opterećenju od 7.8 plodova/TCSA (40% plodova promjera 80mm).

U istraživanju provedenom u Nachesu u državi Washington na sorti 'Honeycrisp' Serra i sur. (2016.) su usporedili postotak krupnih plodova pri opterećenjima od 4.7 plodova/TCSA, 7.5 plodova/TCSA, 11.3 plodova/TCSA, 12.5 plodova/TCSA i 16 plodova/TCSA (Graf 2.6.2.). Najkrupniji plodovi postignuti su opterećenjem od 4.7 plodova/TCSA (40% plodova promjera 75mm), a pri opterećenju od 16 plodova/TCSA zabilježen je najveći udio sitnih plodova (42% plodova promjera 68mm).

Yuri i sur. (2010.) su u 3 različite sezone obavili ručnu prorjedu na različita opterećenja rodnom (4 ploda/BCSA; 6 plodova/BCSA; 8 plodova/BCSA) na sorti 'Red Gala' u regiji Maule u Čileu. Stabla su cijepljena na srednje bujnu podlogu 'MM 111'. BCSA je mjereno na mjestu spoja prve produktivne grane sa deblom. Stabla sa najmanjim opterećenjem (4 ploda/BCSA) zabilježila su veću masu plodova u usporedbi sa većim opterećenjima ali je urod manji, dok je urod sa srednjim (6 plodova/BCSA) i velikim (8 plodova/BCSA) opterećenjem jednak.



Graf 2.6.2. Distribucija (postotak plodova) različitih promjera u trenutku berbe ovisno o intezitetu opterećenja rodnom

Izvor: Serra i sur. (2016.) . <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.51.3.236> - pristup 24.07.2022.

2.7. Alternativna rodnost

Kod jabuke je poželjno imati redovit i kvalitetan urod kako bi se mogao bez problema plasirati na tržište. Problem se javlja kod mnogih komercijalnih sorti koje su sklone alternativnom rađanju. Često se može prepoznati dvogodišnji uzorak sa rodnom (visoka rodnost i inhibirana formacija generativnih pupova) i nerodnom godinom – niska rodnost i visok broj formiranih generativnih pupova (Kofler i sur. 2021.). Utjecaj biljnih hormona koji potječu iz ploda u razvoju čini se kao glavni razlog alternativnog rađanja, ali i genotip ima jako veliku ulogu. Za razliku od redovito rađajućih sorti ('Crisp Pink', 'Rosy Glow' i 'Granny Smith'), ostale su sorte ('Golden Delicious', 'Fuji' itd.) generalno sklone alternativnoj rodnosti (Atay 2017.). Pojavljuje se u raznim porodicama voćnih vrsta kao što su jabuka, kruška, šljiva, orah, maslina, avokado, mango i citrusi (Fioravanco i Czermainski 2018.).

2.7.1. Uzroci i sprječavanje alternativne rodnosti

Naizmjeničnoj rodnosti sklonije su starije sorte voćaka pogotovo kada se uzgajaju na bujnim podlogama. Bujne podloge pogoduju pojavi naizmjenične rodnosti jer potiču vegetativni rast. Pojava mraza ili tuče u vrijeme cvatnje može izazvati naizmjeničnu rodnost jer dolazi do oštećenja cvjetova ili uništenja lisne površine pa voćka ne može zametnuti plodove ili rodne pupove. Ako se u istoj godini dogode i mraz u vrijeme cvatnje i tuča u fenofazi

zametanja rodni pupova, rodnost izostaje i u tekućoj i u sljedećoj vegetaciji. Prevelik broj zametnutih plodova uzima puno hranjiva i asimilata za rast i razvoj pa ih nema dovoljno za rast mladica i zametanje rodni pupova. U sjemenkama se nalaze biljni hormoni – giberelini koji tijekom razvoja sjemenke i rasta ploda izlaze u rodne izbojke i ometaju zametanje rodni pupova. Ako voćka ima puno plodova, povećat će se i koncentracija giberelina pa će voćka zametnuti manje rodni pupova (Jemrić 2007.). Visoko opterećenje rodom u prve dvije godine smatra se glavnim uzrokom alternativne rodnosti jer negativno utječe na vegetativni rast i zametanje generativni pupova (Fioravanco i Czermainski 2018.).

Preslab vegetativni rast ne stvara dovoljno veliku lisnu površinu i pridonosi slabijem zametanju generativni pupova. Nedostatak, ali i višak pojedinih biljnih hranjiva može također izazvati nerodnost. Uzrok nerodnosti stranooplodni voćaka može biti i nepostojanje odgovarajućeg oprašivača. Naizmjeničnu rodnost može izazvati i napad neke bolesti ili štetočina koji uništi cvjetova ili plodove, ili pak toliko ošteti lisnu površinu da izostaje zametanje rodni pupova (Jemrić 2007.).

O smanjenju naizmjenične rodnosti treba razmišljati pri sadnji. Prije sadnje treba razmisliti o tome koje vrste i sorte možemo uzgajati s obzirom na dostupan prostor i obilježja tla i klime. Pravilnim uzgojem i njegom postiže se bolja ravnoteža rasta i rodnosti pa će pojava naizmjenične rodnosti biti manja. Kada se biraju podloge, treba uzeti vegetativno razmnožene slabo bujne podloge zato što one dodatno smanjuju pojavu alternativne rodnosti. Najznačajniji način sprječavanja alternativne rodnosti je prorjeđivanje plodova ili cvjetova.

2.8. Biljni hormoni i regulatori rasta

Biljni hormoni su tvari koje se sintetiziraju u biljkama i u malim koncentracijama djeluju na procese rasta i razvoja. Oni utječu na veliki broj fizioloških procesa u biljci. Osim tvari koje se prirodno javljaju u biljkama, postoje i sintetički regulatori rasta biljaka, a nalaze se u prirodi (Keserović i sur. 2014.). Osnovna razlika između biljnih hormona i biljnih regulatora rasta je u tome što se biljni hormoni prirodno sintetiziraju u biljci tijekom metaboličkih procesa, dok su biljni regulatori rasta umjetni i čovjek ih aplicira na biljku (Halder 2021.). Iako svaki biljni hormon ima svoju specifičnu i nezamjenjivu ulogu u regulaciji fizioloških procesa u biljci, svaki proces je pod utjecajem više biljnih hormona u različitim omjerima (Shan i sur. 2012.). Velika su novčana ulaganja intenzivne nasade, pa se teži ka što ranijem povratku investicije, a to se može postići isključivo korištenjem sadnog materijala najbolje kvalitete (knip sadnice), koji se proizvodi uz pomoć biljnih hormona. Primjena biljnih hormona često nema za cilj samo povećanje prinosa, nego bolju kvalitetu plodova i atraktivnost, a izgled plodova jabuke je odlučujući faktor u formiranju njihove tržišne vrijednosti (Keserović i sur. 2014.).

Biljni regulatori rasta koriste se za sprječavanje opadanja plodova pred berbu, reguliranje visine prinosa, potenciranje formiranja rodni pupova, formiranje strukture i smanjenje bujnosti stabala, promjenu oblika plodova, jače formiranje dopunske boje i sprječavanje

pojave hrđave prevlake. Za pravilnu upotrebu biljnih regulatora rasta u proizvodnji jabuke, neophodno je poznavanje biologije i fiziologije biljaka, kao i utjecaja ekoloških faktora na učinkovitost preparata (Keserović i sur. 2014.). Postoji pet grupa endogenih biljnih hormona: auksini, citokinini, giberelini, etilen i abscizinska kiselina.

2.8.1. Auksini

Indol-3-octena kiselina (IAA) je glavni auksin u većini biljaka. IAA se sintetizira iz triptofana koji se prvenstveno nalazi u vršnom meristemu mladog izdanka, mladim listovima i plodovima te sjemenkama u nastajanju. Transport IAA se uglavnom odvija od stanice do stanice, ali za transport do korijena vjerojatno se koristi i ksilem.

Osnovna uloga auksina je indukcija apikalnog rasta, dioba stanica te izduživanje stanica. Također pridonosi diferencijaciji floema i ksilema, potiče razvoj korijena na reznicama, razvoj lateralnog korijenja u kulturi tkiva, izaziva gravitropistički i fototropistički odgovor kod savijanja. Nadalje, može pridonijeti formiranju generativnih pupova, partenokarpiji i usporavanju dozrijevanja plodova. Sintetski auksini (biljni regulatori rasta) koriste se i za sprječavanje opadanja plodova prskanjem, ovisno o vrsti voća, u raznim koncentracijama (Halder 2021.).

2.8.2. Giberelini

Prvi put su izolirani iz gljive *Giberella fujikuroi*. Sintetiziraju se iz mevalonske kiseline prisutne u mladim listovima, korijenju, nezrelim mladima i sjemenkama u razvoju. Giberelini se transportiraju putem floema i ksilema u svim smjerovima u biljci.

Giberelini su zaslužni za regulaciju razvoja ploda na nekoliko načina. Mogu utjecati na izduživanje peteljke tako što stimuliraju diobu i izduživanje stanica. Također sudjeluju u prekidanju dormantnosti sjemena, partenokarpiji, germinaciji sjemena, formiranju generativnih pupova, prorjeđivanju plodova, produljenju mogućeg vremena skladištenja kod nekih voćnih vrsta i usporavanju starenja lišća i plodova agruma (Halder 2021.).

2.8.3. Citokinini

Najučestaliji citokinin je zeatin. Sintetiziraju se iz biokemijske modifikacije adenina prisutnog u vrhovima korijenja i sjemenkama u razvoju. Transportiraju se putem ksilema od korijenja do grana.

Citokinini sudjeluju u diobi i rastu stanica, starenju i transportu aminokiselina u biljci. Pomažu otvaranju stomata kod nekih vrsta, sintezi klorofila, germinaciji sjemena i razvoju korijena (Halder 2021.).

2.8.4. Apscizinska kiselina

ABA se sintetizira iz mevalonske kiseline prisutne u korijen i zreom lišću, naročito kao posljedica vodnog stresa. Transportira se ksilemom i floemom.

Uloga apscizinske kiseline je da potiče zatvaranje stomata tijekom vodnog stresa. Također utječe i na indukciju i održavanje dormantnosti. Može zaustaviti rast mladica (Halder 2021.).

2.8.5. Etilen

Etilen je jedini biljni hormon u plinovitom stanju. Sintetizira se iz metionina ili alkohola izoamila koji se pojavljuju u tkivima koja su podlegla starenju ili dozrijevanju. S obzirom na to da je plin, etilen se transportira difuzijom od mjesta njegove sinteze.

Etilen se najčešće koristi za dozrijevanje plodova. Može poticati opadanje lišća i plodova, kao i diferencijaciju i rast mladica i korijena. Sinteza i učinak etilena se mijenjaju ovisno o stadiju razvoja biljke, kao i količini biotskog i abiotskog stresa (Halder 2021.).

2.9. Rezidba

Rezidba voćaka se izvodi radi oblikovanja krošnje voćaka, reguliranja rodnosti i pomlađivanja voćaka.

Prema vremenu izvođenja može biti zimska i ljetna (Keserović i sur. 2014.). Prema cilju rezidba može biti: za oblikovanje krošnje, reguliranje rodnosti i pomlađivanje jabuke (Šoškić 2011.).

Razlog za redovitu rezidbu je postizanje pravilnog omjera između vegetativnih i rodnih pupova kako bi se uspostavila ravnoteža između rasta i rodnosti. Premda rezidba nije jedina mjera koja u tome pomaže, ubraja se među najvažnije. Voćke koje se redovito orezuju bolje rode, a također tvore dovoljno rodnih pupova iz kojih će se u sljedećoj vegetaciji razviti cvjetovi. Voćka koja se redovito orezuje ima prozračnu i dobro osvijetljenu krošnju, što povoljno utječe na kakvoću plodova i zdravstveno stanje voćke. Osim toga, svjetlo je potrebno i za tvorbu rodnih pupova. U zgusnutim i zasjenjenim krošnjama predugo se zadržava vlaga nakon kiše i zato su voćke sklone bolestima (Jemrić 2007.). Sve to ukazuje da rezidba ima presudan značaj za uspijevanje jabuke, a posebno za odnos između porasta i plodonošenja. Što je veći vegetativni porast (veća bujnost), utoliko je manja rodnost i obrnuto. Međutim, te dvije aktivnosti su u najužoj mogućoj ovisnosti. Bez stalne i umjerene vegetativne aktivnosti u periodu pune rodnosti nema ni redovnog obnavljanja rodnih elemenata, pa prema tome, ni redovne rodnosti (Šoškić 2011.).

2.9.1. Zimska i ljetna rezidba

Za definiranje rezidbe voćaka u rodu mora se poznavati sorta, starost voćaka, karakteristike rasta i rađanja, količina i stanje rodni pupova, realizacija rodnog potencijala u danim agroekološkim uvjetima, vegetativni porast itd. Prvi zadatak zimske rezidbe je prosvijetliti krošnju. Da bi se cvjetni pupovi diferencirali u unutrašnjosti krošnje, neophodno je da ona bude dobro osvijetljena. Nakon toga se prorjeđuju ljetorasti, jer se kod jabuke mora voditi računa o rodu kako za tekuću, tako i za narednu godinu. Rezidbom se mora ostaviti dovoljan broj ljetorastada bi se na njima u toku godine formirale kvalitetne rodne grančice, koje će donijeti rod naredne godine. Poslije osvjetljavanja krošnje i reguliranja broja jednogodišnjih ljetorasta, ovisno o količini i stanju rodni pupova, rezidbom se regulira njihov broj. Na osnovu analize potencijalne rodnosti određuje se njihov broj (Keserović i sur. 2014.).

U intenzivnoj proizvodnji jabuke ljetna (zelena) rezidba je obavezna i neizostavna mjera. Utječe na razvoj stabla i smanjuje bujnost, omogućava bolju osvijetljenost, te samim tim bolju obojenost. Nakon obavljene ljetne rezidbe manja je potreba za zimskom. Zelena rezidba prvenstveno ima zadatak da osigura uvjete za formiranje rodni pupova za narednu godinu. Odstranjivanjem suvišni mladica odstranjuju se suvišni potrošači vode i hrane, a svijetlost i zrak lakše prodiru u unutrašnjost krošnje (Keserović i sur. 2014.).

2.9.2. Rezidba u osnovnim periodima života jabuke

U životu jabuke kao i u životu svake voćke postoje osnovna tri perioda: period rasta, period rodnosti i period starenja. U periodu rasta rezidba se vrlo malo izvodi te se teško može preporučiti standard za njenu primjenu. Velike su specifičnosti po sortama. Svrha rezidbe je prorjeđivanje grančica radi reguliranja njihovog pravilnog razvoja i oblikovanja krošnje (Šoškić 2011.).

Jabuka u rodu orezuje se prema morfološkim osobinama rodni grančica, intenzitetu vegetativnog porasta i količini i stanju rodni pupova. Može se reći da se svaka sorta jabuke orezuje na poseban način. Također, neophodno je poznavati dominantan tip rodni grančica kod svake sorte. Tako je utvrđeno da sorte jabuke 'Zlatni Deliše', 'Jonagold', 'Elstar' i 'Mucu' najveći udio rodni grančica formiraju na kratkim i dugim stapkama. 'Idared', 'Gloster' i 'Granny Smith' su imale najviše cvjetni pupova na štrljcima, a zatim na kratkim stapkama. Sorte 'Granny Smith' i 'Elstar' su formirale rodne pupoljke i na dužim rodni granama. Dominantan tip rodni grančica može se mijenjati u pojedinim godinama, tako da je svake godine potrebno napraviti analizu za sve tipove rodni grančica (Keserović i sur. 2014.).

U periodu rodnosti osnovni zadatak rezidbe je da što duže drži uspostavljenu ravnotežu između vegetativni i reproduktivni organa voćke. U početni godinama rodnosti ravnoteža

između nadzemnog i podzemnog dijela jabuka se lako održava, ali sa starenjem voćke njeno održavanje biti će sve teže i zahtijeva veći oprez pri izvođenju rezidbe (Šoškić 2011.).

U periodu starenja jabuke počinju sve manje i neurednije rađati, a plodovi su sve slabije kvalitete. Fiziološko starenje se ne može spriječiti, ali su znanost i praksa pokazale da se proizvodni period, redovita rodnost i dobra kvaliteta plodova mogu dosta produžiti, ako se primjene odgovarajuće agrotehničke i pomotehničke mjere, prije svega pravilna rezidba. Visoka i redovna rodnost kao i kvaliteta plodova ne ovise samo o starosti stabla, nego i od starosti rodnog drveta. Prema tome, ako se rezidbom stalno pomlađuje rodno drvo i regulira opterećenje voćke rodom, ne postoji ubrzano starenje. Jedino kada se proizvodni kapaciteti smanje uslijed starosti do te mjere da se daljnje održavanje voćaka ne isplati, treba donijeti odluku o njihovom krčenju (Šoškić 2011.).

2.9.3. Rezidba spur tipova jabuke

Kod spur tipova rađanja, grananje je relativno slabo i zona rađanja se ne udaljava puno od osnove skeleta. Spur tipovi nemaju tendenciju premještanja vegetacije u vršni dio krošnje. Internodiji na mladicama su puno kraći i zato se na mladicama nalazi znatno više lišća što uzrokuje veliko zasjenjivanje krošnje. Rodne grančice su veoma kratke zbog čega su i dobile ime 'spur'. Karakteristika spur tipova je rani ulazak u rod, zbog čega treba voditi računa da se voćke pravilno orezuju od prve godine kako ne bi zakržljale u porastu.

Izrođeno drvo treba redovno izbacivati ili skraćivati, a ostavljati kratke rodne grančice na dvogodišnjim i trogodišnjim granama. Pošto se ovdje formiraju kratke rodne grančice na skeletnim granama, pa čak i na produžnicama, treba ih prorjeđivati ili skraćivati kako bi se potencirao vegetativni porast. Primarne ili sekundarne grane treba jače ili slabije skraćivati, ovisno o njihovoj bujnosti i iste prorjeđivati ako zasjenjuju unutarnji dio krošnje. Kod spur tipova treba voditi računa da stabla ne prerode i u godini sa velikim brojem rodnih pupova treba napraviti oštriju rezidbu tj. treba rodne grančice dobro prorijediti bilo prorjeđivanjem rodnih grančica ili njihovim skraćivanjem. U suprotnom, dobit će se velika rodnost i sitni plodovi, a istovremeno i alternativno rađanje (Keserović i sur. 2014.).

2.10. Prorjeđivanje

2.10.1. Važnost prorjeđivanja i čimbenici koji utječu na prorjeđivanje

Alternativna rodnost u nasadima jabuke nije rijetka pojava, a oni koji su je iskusili znaju da ozbiljno može ugroziti profitabilnost proizvodnje. U cilju postizanja redovite rodnosti u nasadu jabuka neophodno je provesti prorjeđivanje plodova. Prorjeđivanje plodova jabuke je pomotehnički zahvat koji ima za cilj reducirati urod ove godine u svrhu povećanja veličine i

kakvoće preostalih plodova na stablu te bolje diferencijacije generativnih pupova za sljedeću godinu, odnosno postizanja redovite rodности (Arko i sur., 2008.). Rezultat prorjeđivanja ovisi o vremenskim uvjetima i kondiciji stabala u trenutku prorjeđivanja (Szot i Lipa 2019.). Ovisno o sorti cilj nam je napraviti redukciju broja plodova po stablu koja bi se kretala u rasponu od 4 do 6 plodova po centimetru poprečnog presjeka debla jabuke (TCSA "Trunk Cross Sectional Area"). To će nam biti garancija krupnih i kvalitetnih plodova. Kada je riječ o bogatoj cvatnji u idućoj godini, tada će prema nekim autorima biti cilj da do 4 tjedna nakon pune cvatnje, svedemo broj plodova po TCSA na 8-10. Što znači da u praksi za dobivanje krupnih plodova trebamo duplo jače prorjeđivanje, nego za osiguravanje bogate cvatnje u idućoj godini.

U usporedbi sa neprorijeđenim stablima, prorijeđena stabla jabuke rezultiraju značajnim smanjenjem prinosa po stablu, značajnim povećanjem mase plodova, povratne cvatnje te lisne površine. Veliko opterećenje (bez prorijeđe) rezultira povećanjem količine inhibitornih fitohormona i izostankom cvatnje naredne godine. Prema tome, inhibicija cvatnje ovisi o omjeru inhibitornih i promotivnih fitohormona u pupovima (Samuoliene i sur. 2016.). Rezultati istraživanja koje su proveli Jemrić i sur. (2003.) također pokazuju da je prorjeđivanje značajno utjecalo na dinamiku dozrijevanja i kvalitetu ploda jabuke. Također navodi da bi prorjeđivanje moglo utjecati na neke bitne nutritivne karakteristike ploda (sadržaj vitamina itd.).

Poznato je da je cvat jabuke gronja u kojem se nalazi 4-6 cvjetova. Prvi se otvara centralni cvijet ("king bloom"), koji je i najrazvijeniji, a strategije kemijskog prorjeđivanja upravo se temelje na tome da u gronji nakon prorjeđivanja ostane jedan, najrazvijeniji cvijet odnosno plod ("king fruitlet"). Što se prorjeđivanje plodova ranije provede, veći je utjecaj na veličinu i kakvoću plodova kao i na diferencijaciju generativnih pupova odnosno cvatnju sljedeće godine. Istraživanja su pokazala da prorjeđivanje ima pozitivan učinak na diferencijaciju generativnih pupova samo ako se provede do 40-ak dana nakon cvatnje. Kasnije provedeno prorjeđivanje nema više utjecaja na rodnost sljedeće godine, nego samo pozitivan učinak na veličinu odnosno težinu preostalih plodova na stablu (Arko i Poljak 2008.). Bitno je smanjiti broj plodova unutar 4 tjedna od cvatnje, jer se u tom periodu iniciraju cvjetni pupovi za sljedeću godinu, i to je period kada giberelini, koji se sintetiziraju u sjemenkama novooplođenih plodova, inhibiraju proces inicijacije cvjetnih pupova, pa nam je naravno bitno u tom periodu skinuti sa stabla što više plodova (sjemenki), te tako umanjiti količinu giberelina. Preduvjet za uspješno kemijsko prorjeđivanje plodova je da je nasad monosortni (Keserović i sur. 2014.).

2.10.2. Načini prorjeđivanja

Ručno prorjeđivanje plodova jabuke zahtijeva dosta ljudskog rada te bitno poskupljuje proizvodnju. Dolazi u obzir na malim površinama te u mladim nasadima gdje primjena pripravaka za prorjeđivanje plodova nije preporučljiva jer bi mlada stabla na aplikaciju takvih pripravaka mogla reagirati odbacivanjem prevelikog broja plodova. Jedna od prednosti tog načina prorjeđivanja plodova je mogućnost biranja koje ćemo plodove odstraniti (oštećenja,

bolesti). No ipak, u intenzivnim nasadima takav način prorjeđivanja ekonomski nije isplativ te eventualno može služiti kao korekcija kemijskog prorjeđivanja plodova.

Mehaničko prorjeđivanje plodova jabuke provodi se posebnim strojem čiji radni elementi (češljevi) prolaze kroz krošnju stabla i skidaju cvjetove. Takvo prorjeđivanje još nije zaživjelo u široj primjeni, a mana mu je što ne skida selektivno cvjetove u gronji.

Kemijsko prorjeđivanje plodova provodi se aplikacijom odgovarajućih pripravaka, a prema vremenu primjene tih pripravaka razlikujemo prorjeđivanje cvjetova i prorjeđivanje plodova, odnosno prorjeđivanje u cvatnji i prorjeđivanje nakon opadanja latica pa sve do odgovarajućeg promjera plodova jabuke (Arko i Poljak 2008.). Apsorpcija pripravka ovisi o fiziološkom stanju biljke, posebno kutikule, te o ekološkim čimbenicima kao što su vlažnost, temperatura, vjetar. Na djelotvornost kemijskih sredstava za prorjeđivanje utječu i penetracija sredstva, vrijeme oprašivanja, posljedice smrzavanja, stres voćke, razni štetnici, vitalnost stabla, starost stabla i prinos (Stupnišek i sur. 2011.). Efikasnost kemijskog prorjeđivanja ovisi o mnogo faktora, a najvažniji su sorta, vremenski uvjeti, pripravak, način i vrijeme primjene pripravka. Vremenski uvjeti prije, za vrijeme i nakon primjene od velike su važnosti za sam uspjeh prorjeđivanja. Apsorpcija pripravka za prorjeđivanje brža je pri višim temperaturama, a za većinu pripravaka optimalne se temperature kreću od 20 do 25 °C. Efikasnost prorjeđivanja može se bitno smanjiti pri temperaturama nižim od 15 °C, no niske temperature isto tako mogu privremeno maskirati simptome prorjeđivanja pa bi u takvim uvjetima trebalo pričekati nekoliko dana te procijeniti potrebu za eventualnim daljnjim prorjeđivanjem. S druge strane, primjena pripravaka za prorjeđivanje pri temperaturama višim od 27 °C može rezultirati prejakim prorjeđivanjem. Drugi bitan faktor je relativna vlaga zraka: što je ona viša, omogućeno je duže vrijeme apsorpcije pripravka pa list upije više sredstva i uspjeh prorjeđivanja je veći. Relativna vlaga zraka trebala bi biti iznad 70%. Vezano s tim, utrošak škropiva prilikom aplikacije trebao bi biti veći (1000 l/ha). U vrijeme optimalnog roka primjene sredstava za prorjeđivanje određenog na osnovi promjera centralnog ploda, vremenski su uvjeti često nepovoljni (niske temperature, kiša, vjetar). U tom je slučaju bolje pričekati povoljnije uvjete jer će sredstva za prorjeđivanje dati bolji rezultat ako se primjene pri optimalnim temperaturama i većem promjeru plodova nego obrnuto (ta se preporuka odnosi na raspon promjera plodova 5 – 17 mm). Vrijeme aplikacije određuje se na osnovu promjera najrazvijenijeg, centralnog ploda u gronji, a potrebno je izmjeriti što više plodova kako bi procjena primjene sredstva bila što točnija. Spurovi na donjim granama, koji se nalaze u sjeni imaju manju količinu hranjivih tvari i lakše se prorjeđuju, stoga se često prilikom aplikacije ako imamo bujniju krošnju preporuča zatvaranje donjih dizni, kako bi aktivnu tvar nanijeli na gornje dvije trećine krošnje. Regulatori rasta koji su osnovna komponenta pripravaka za prorjeđivanje plodova su alfa-naftiloktenu kiselina, alfa-naftilacetamid, 6-benziladenin, etefon i jedan insekticid iz grupe karbamata – karbaril (Arko i Poljak 2008.).

Inovativan način prorjeđivanja koji je prihvatljiv i u ekološkoj proizvodnji je prorjeđivanje zasjenjivanjem. Kockerols i sur. (2008.) su 2006. i 2007. godine postavili pokuse na sortama

'Golden Delicious', 'Elstar' i 'Topaz' postavljanjem mreža koje smanjuju fotosintetsku radijaciju za 74%. Prorjeđivanje mrežama se pokazalo uspješnim, postiglo se smanjenje opterećenja, dobra kvaliteta plodova i izbjegla alternativna rodnost. Rezultati istraživanja su pokazali da je utjecaj klimatskih uvjeta za vrijeme zasjenjivanja iznenađujuće nizak, ali datum i duljina trajanja zasjenjivanja imaju velik utjecaj na rezultat prorjeđivanja. Ovu metodu još treba napraviti praktičnijom, jer postavljanje mreže zahtjeva puno novca i vremena (Kockerols i sur. 2008.). Weibel i sur. (2012.) kažu kako prorjeđivanje zasjenjivanjem zahtjeva puno radne snage i ima velike oscilacije između jakog i slabog prorjeđivanja.

Još jedan novi način prorjeđivanja koji je primjenjiv i u ekološkom uzgoju je prorjeđivanje ručnim uklanjanjem cvjetnih pupova ("Artificial bud extinction" – ABE). Pupovi se uklanjaju u kasnu zimu ili rano proljeće prije otvaranja. Na taj način optimizira se raspored generativnih pupova, plodovi imaju dovoljno prostora i svjetlo se bolje distribuira u krošnji što rezultira optimalnim razvojem plodova. Bound (2019.) je zaključila da uklanjanje zasjenjenih lateralnih pupova rezultira ne samo boljom osvjetljenosti krošnje i boljom kvalitetom plodova (Slika 2.10.2.) nego i potiče organogenezu pupova, odnosno većom povratnom cvatnjom i smanjenjem rizika od alternativne rodnosti.



Slika 2.10.2. Sorta 'Alvina Gala'. Na gornjem podlošku nalaze se plodovi koji su prorijeđeni metodom ABE, a na donjem su plodovi koji nisu prorjeđivani

Izvor: Bound (2019.) doi:10.3390/horticulturae5010003 – pristup 20.07.2022.

Osim što uklanja potrebu za kemijskim prorjeđivanjem, ABE ne ovisi o vremenskim uvjetima i smanjuje rizik negativnog utjecaja kemijskog prorjeđivanja (Bound 2019.). Troškovi ABE-a u prvoj godini su slični troškovima standardnog načina prorjeđivanja (kemijsko + ručno prorjeđivanje), ali nakon prve godine uspostavljanja ABE-a troškovi se smanjuju ispod razine troškova standardnog načina prorjeđivanja (Tablica 2.10.3.).

Tablica 2.10.2. Usporedba troškova kod različitih načina prorjeđivanja

Trošak (\$/ha)					
Način prorjeđivanja	orezivanje	ABE	ručna prorjeda	kemijska prorjeda	ukupno
1. godina					
ABE	2604	2604	5208	-	10.417
standardno (kemijsko + ručno)	1823	-	7813	623	10.258
2. godina					
ABE	1823	1302	5208	-	8333
Standardno (kemijsko + ručno)	1823	-	7813	623	10.258

Izvor: Bound (2019.) doi:10.3390/horticulturae5010003 – pristup 20.07.2022.

2.10.3. Prorjeđivanje u cvatnji

Preparati koje koristimo za vrijeme cvatnje uglavnom djeluju na način, da se nakon što su se oplodili prvootvoreni cvjetovi u gronji, primjene aktivne tvari koje će spaliti ostale cvjetove na način da isuše tučak, tako da je onemogućen ulazak i klijanje polenove mješinice, pa samim time i oplodnja (Soldo 2010.). Prorjeđivanje u cvatnji primjenjuje se sve više u posljednje vrijeme, no tu je potreban određen oprez. Prvo, niske temperature u vrijeme cvatnje te neaktivnost pčela mogu oplodnju učiniti vrlo upitnom pa prorjeđivanje u takvim uvjetima može biti veoma rizično. Stoga, u takvim je uvjetima najbolje pričekati ishod oplodnje pa nakon toga odrediti potrebu za prorjeđivanjem plodova. Drugo, zbog ponekad rapidne, eksplozivne cvatnje teško je primijeniti sredstva za prorjedu u optimalnom roku, a često se može dogoditi i da su vremenski uvjeti u tom kratkom periodu nepovoljni (kiša, vjetar) što aplikaciju sredstava za prorjedu čini nemogućom. Prorjeđivanje u cvatnji temelji se na primjeni pripravaka koji reduciraju oplodnju oštećujući osjetljive dijelove cvijeta (njušku tučka, polen) ili uzrokuju neku vrstu stresa cijelog stabla (Arko i Poljak 2008.). Obećavajući su rezultati prorjeđivanja zasad postignuti amonijtiosulfatom (ATS), pelargonskom kiselinom, kalcij-sumporom (CaS), etefonom. Od spomenutih sredstava najširu primjenu zasad ima ATS. ATS je folijarno dušično gnojivo koje se primjenjuje u punoj cvatnji u koncentraciji od 1%. Takva će aplikacija izazvati blago prorjeđivanje pa je nakon toga potrebno dodatno prorjeđivanje. Ethrel se koristi i za prorjeđivanje nakon oplodnje, no primijenjen u cvatnji na temperaturama iznad 15 °C, uzrokuje otpadanje cvjetova (Arko i Poljak 2008.).

Tablica 2.10.3. Utjecaj ručnog prorjeđivanja pri početku cvatnje i pri veličini ploda od 20 mm na povratnu cvatnju, broj plodova po cm^{-2} TCSA, broj plodova na 100 cvatova, urod i masu plodova na sorti 'Elstar'

Trenutak prorjeđivanja	Povratna cvatnja (br. cvjetova po stablu)	Broj plodova po cm^{-2} TCSA	Broj plodova na 100 cvatova	Urod (kg/stablu)	Masa plodova (g)
Početak cvatnje	67	1.7	99	7.7	138
Plod veličine 20mm	22	0.6	90	3.2	124

Izvor: Meland (2009.) . <https://doi.org/10.1080/14620316.2009.11512607> – pristup 03.08.2022.

U tablici 2.10.3 prikazuje utjecaj ručnog prorjeđivanja pri početku cvatnje i pri veličini ploda od 20 mm na povratnu cvatnju, broj plodova po cm^{-2} TCSA, broj plodova na 100 cvatova, urod i masu plodova na sorti 'Elstar'. Pokus je proveden 2007. godine u Norveškoj, te su sva istraživana stabla prorijeđena na isto opterećenje. Plodovi koji su prorijeđeni u fazi cvatnje imaju veću masu i značajno obilniju cvatnju iduće godine (Meland, 2009.).

2.10.4. Prorjeđivanje plodova

Za prorjeđivanje nakon cvatnje tj. za prorjeđivanje plodova, koriste se tvari koje potiču stvaranje apcisonog sloja između ploda i peteljke, što omogućuje lakše odvajanje ploda. Sve tvari koje oslobađaju etilen ili potiču brže oslobađanje etilena stimuliraju stvaranje apcisonog sloja i potpomažu prorjeđivanje plodova (Soldo 2010.). Pripravci koji se koriste za prorjeđivanje plodova, dakle nakon opadanja latica, uglavnom su iz grupe regulatora rasta, odnosno djelatna je tvar neki od regulatora rasta, a njihova primjena izaziva određenu fiziološki reakciju u biljnom tkivu. Svaka sorta daje drugačiji odgovor na primjenu pripravaka za prorjeđivanje plodova. Teško se prorjeđuju 'Golden Delicious', 'Fuji', 'Gala', spur tipovi 'Red Deliciousa'; nešto lakše 'Jerseymac'; a lagano 'Jonagold', 'Braeburn', 'Idared'. Prema tome, svaka sorta zahtijeva drugačiji program prorjeđivanja. Na primjer, za sorte koje se teže prorjeđuju trebalo bi predvidjeti dvije aplikacije s tim da bi prvu trebalo obaviti što ranije, odnosno u fazi opadanja latica.

NAA (alfanaftiloctena kiselina) je fitoregulator koji se za prorjeđivanje plodova jabuke koristi već čitav niz godina. Po sastavu je zapravo auksin koji stimulira sintezu etilena u biljnom tkivu. Etilen usporava razvoj mlađih i slabijih plodova u većoj mjeri nego razvoj

centralnog ploda u gronji, takvi plodovi zaostaju u rastu, dolazi do formiranja abscisnog sloja između peteljke ploda i rodnog drva i plodovi otpadaju. Apsorpcija NAA ide uglavnom putem lista. Može se primijeniti od opadanja latica do promjera plodova 17 mm, no najbolji su rezultati postignuti pri promjeru od 5 – 10 mm. Često se koristi u kombinaciji s karbarilom, posebno kod sorti koje se teže prorjeđuju, čime se postiže veći uspjeh prorjeđivanja (Arko i Poljak 2008.).

NAD (NAAm, alfanaftilacetamid) je amidna sol NAA, a mehanizam djelovanja sličan je NAA. Ima nešto slabije djelovanje od NAA, ali ostaje aktivna kroz duži period. Preporučuje se za prorjeđivanje ranijih sorata, i to najčešće u kombinaciji sa Sevinom, kako bi se postigao bolji učinak prorjeđivanja. Najbolji učinak prorjeđivanja postiže se ako se primjenjuje u fazi opadanja latica s centralnog cvijeta pa do promjera centralnog ploda 2-3 mm. Na stranim tržištima dolazi u promet pod nazivima AmidThin, Diramid itd.

6BA (6-benziladenin) je citokinin koji uz prorjeđivanje ima pozitivan učinak na veličinu preostalih plodova jer stimulira diobu stanica plodova jabuke nakon oplodnje. Sorte koje se smatraju teškim za prorjeđivanje pripravicima na osnovi NAA (Fuji, Golden Delicious), obično bolje reagiraju na primjenu BA, a naročito kad je u kombinaciji s karbarilom. Najbolji su rezultati postižu ako se primjenjuje pri promjeru plodova 10 mm. Pripravci na osnovi NAA i BA ne smiju se miješati, jer može doći do inhibicije rasta plodova, posebice kod sorata 'Fuji' i 'Red Delicious'. Na stranim tržištima dolazi u promet pod nazivima MaCel, Rite Size, Paturyl itd.

ETHREL je fitoregulator koji je praktički stabilan u vodenoj otopini kod pH4 iz njega razvija etilen. Citoplazma stanice ima pH>4, pa Ethrel djeluje na biljku ustupajući etilen vegetativnom tkivu. Može se primijeniti u kombinaciji s karbarilom, NAA ili NAD. Ethrel se smatra posebno vrijednim u slučajevima kada primjenom drugih sredstava za prorjeđivanje nije postignut zadovoljavajući učinak prorjeđivanja. Najčešće se koristi kada su plodovi promjera 18 do 26 mm. Kao i ostali fitoregulatori, najbolje djelovanje ima kod temperatura 20 °C. Prejak učinak prorjeđivanja moguć je kod 'Golden Deliciouosa', a posebice pri temperaturama višim od 26 °C (Arko i Poljak 2008.).

KARBARIL (SEVIN) je insekticid iz grupe karbamata čije je djelovanje na prorjeđivanje plodova slično djelovanju auksina. Apsorpcija ide putem ploda, ne putem lista. Koristi se od opadanja latica do promjera plodova 16 mm. Opadanje plodova započinje 5 – 10 dana nakon primjene. Karbaril se često koristi i u kombinaciji s NAA ili BA, posebice kod sorti koje se teže prorjeđuju. Karbaril je visoko toksičan za pčele (Arko i Poljak 2008.).

3. Zaključak

Cilj voćara je proizvesti što je moguće veći udio prvoklasnih plodova. To se postiže prorjeđivanjem, odnosno redukcijom gustoće plodova na 4 – 6 plodova po centimetru poprečnog presjeka debla. Također, cilj je imati konstantnu proizvodnju kako bi se osigurao plasman proizvoda. Kod velikog broja sorti to ne bi bilo moguće zbog alternativne rodnosti. Indeksi učinkovitosti prinosa kod različitih sorata jabuke mogu varirati iz godine u godinu ovisno o agrotehničkim i pomotehničkim zahvatima u proizvodnji i bujnosti te služe kao indikatori za donošenje odluka o upravljanju voćnjakom u smislu povećanja prinosa ili smanjenja vitalnosti biljaka.

Redukcijom gustoće plodova na 8 – 10 plodova po centimetru poprečnog presjeka, u periodu od 4 tjedna nakon pune cvatnje osigurava se bogata cvatnja iduće godine i siguran plasman proizvoda. Kemijsko prorjeđivanje plodova je praksa na koju se proizvođači jako oslanjaju kako bi povećali veličinu ploda, poboljšali boju ploda i spriječiti alternativnu rodnost. Kemijsko prorjeđivanje se nameće kao najjeftiniji način prorjeđivanja, te ne zahtjeva radnu snagu koju je danas teško pronaći, ali je potrebno još istraživanja o njegovoj učinkovitosti u određenim uvjetima, te utjecaju na ekološki sustav. Mnogi čimbenici mogu utjecati na kemijsko prorjeđivanje plodova, poput temperature, svjetlost, sorte, snaga stabla, itd.

Prorjeđivanje je neizostavan pomotehnički zahvat u proizvodnji jabuke jer izravno utječe na diferencijaciju generativnih pupova i morfološke parametre plodova te samim time na isplativost voćnjaka. Proizvođačima je na raspolaganju ograničen broj odobrenih kemikalija za prorjeđivanje cvjetova, a istraživanje ekološki prihvatljivijih sredstava za prorjeđivanje još je u ranoj fazi. Potrebna su daljnja istraživanja kako bi se točnije kvantificirali pojedinačni i kombinirani odnosi između cvjetanja i opterećenja plodova na maksimalni prirod i ponovno cvjetanje.

4. Popis literature

1. Anthony B., Serra S., Musacchi S. (2019). Optimizing Crop Load for New Apple Cultivar: 'WA38'. *Agronomy* 9(2): 107 <https://doi.org/10.3390/agronomy9020107> - pristup 24.07.2022.
2. Arko B., Poljak L. K. (2008.). Prorjeđivanje plodova jabuke. *Glasnik zaštite bilja*. 31(5): 164-003.
3. Atay E. (2017). A New Insight into Pruning Strategy in the Biennial Cycle of Fruiting: Vegetative Growth at Shoot and Whole-tree Level, Yield and Fruit Quality of Apple. *Notulae Botanicae* 45(1): 232-237.
4. Bašić I. (2017.). Starinski hrvatski voćnjaci I sorte jabuka. Leo Commerce. Rijeka.
5. Bound Sally A. (2019). Precision Crop Load Management of Apple (*Malus x domestica* Borkh.) without Chemicals. 5(1): 3. doi:10.3390/horticulturae5010003 – pristup 20.07.2022.
6. Brzica K. (1995.). Jabuka. Agroznanje. Zagreb.
7. 7. FAOSTAT (2020). Food and Agriculture Organisation of the United Nations. <https://www.fao.org/home/en> – pristup 3.8.2022.
8. Fioravanco J. C., Czermainski A. B. C. (2018). Biennial bearing in apple cultivars. *Revista Ceres*. 65(2): 144-149.
9. Fioravanco J. C., Czermainski A. B. C., Oliveira P. (2016). Yield efficiency for nine apple cultivars grafted on two rootstocks. *Ciencia Rural*. 46(10): 1701-1706.
10. Ghandev S., Dzhuvinov V. (2014). Training and pruning of apple and modern trends of development – An overview. *Turkish journal of agricultural and natural sciences*. 612: 641-267.
11. Halder S. (2021). Role of Phytohormones and Growth Regulators in Fruit Crops. *Agriculture and forestry: current trends, perspectives, issues*. 2: 265-275.
12. He L., Schupp J. (2018). Sensing and automation in pruning of apple trees: A review. *Agronomy*. 8(10):211. <https://doi.org/10.3390/agronomy8100211> - pristup 20.07.2022.
13. Janick J., Cummins J. N., Brown K. S., Hemmat M. (1996). Apples. *Fruit Breed*. 047: 131-014 .
14. Jemrić T. (2007.). Cijepljenje I rezidba voćaka. Uliks. Rijeka.
15. Jemrić T., Pavičić N., Blašković D., Krapac M., Pavičić D. (2003.). The effect of hand and chemical fruit thinning on 'Golden delicious' apple fruit quality. *Current Studies of Biotechnology*. 3: 193-198.
16. Kantoci D. (2008.). Oprašivanje I oplodnja kod jabuke. *Glasnik zaštite bilja*. 31(5): 57-59.

17. Keserović Z., Magazin N., Injac M., Totis F., Milić B., Dorić M., Petrović J. (2014.). Integralna proizvodnja jabuke. Društvo voćara Vojvodine, Poljoprivredni fakultet Novi Sad.
18. Kockerols K., Widmer A., Golles M., Bertschinger L., Schwan S. (2008). Apple crop thinning by tree shading. *Agrar forschung*. 156: 258-263.
19. Kofler J., Milyaev A., Würtz B., Pfannstiel J., Flachowsky H., Wünsche J. N. (2021). Proteomic differences in apple spur buds from high and non-cropping trees during floral initiation. *Journal of proteomics*. 253: 104-459.
20. Krpina I., Vrbaneč J., Asić A., Ljubičić M., Ivković F., Ćosić T., Štambuk S., Kovačević I., Perica S., Nikolac N., Zeman I., Zrinščak V., Cvrlje M., Janković D. (2004.). Voćarstvo. Nakladni zavod globus. Zagreb.
21. Kumar C., Singh S. K., Pramanick K. K., Verma M. K., Srivastav M., Singh R., Bharadwaj C., Naga K. C. (2018). Morphological and biochemical diversity among the *Malus* species including indigenous Himalayan wild apples. *Scientia Horticulturae*. 233: 204-219.
22. Meland M. (2009.) Effects of different crop loads and thinning times on yield, fruit quality, and return bloom in *Malus x domestica* Borkh, 'Elstar'. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 117-121. <https://doi.org/10.1080/14620316.2009.11512607> – pristup 03.08.2022.
23. Miljković I. (1991.). Suvremeno voćarstvo. Znanje, Zagreb.
24. Samuoliene G., Čeidaiate A., Sirtautas R., Duchovskys D. (2016). Effect of crop load on phytohormones, sugars, and biennial bearing in apple trees. *Biologia plantarum*. 60(2): 394-400.
25. Serra S., Leisso R., Giordani L., Kalcsits L., Mussachi S. (2016.). Crop Load Influences Fruit Quality, Nutritional Balance and Return Bloom in 'Honeycrisp' Apple. *HortScience* 51(3): 236-244. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.51.3.236> - pristup 24.07.2022.
26. Shan X., Yan J., Xie D. (2012). Comparison of phytohormone signaling mechanisms. *Current Opinion in Plant Biology*. 15(1): 84-91.
27. Skendrović Babojelić M. i Fruk G. (2016.). Priručnik iz voćarstva. Hrvatska sveučilišna naklada. Zagreb.
28. Soldo T. (2010). Uvođenje novih tehnologija u suvremenoj proizvodnji jabuka u Republici Hrvatskoj. Zbornik radova Proceedings of the 2nd International Conference 'Vallis Aurea' Focus on: Regional Development, Veleučilište u Požegi, Požega, str. 1365-1371.
29. Southwick S.M., Yeager J.T., Osgood J., Buchner R., William Olson W., Norton M. (1999.). Performance of New Marianna Rootstocks in California for 'French' Prune. *HortTechnology* 9(3). <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.9.3.498> - pristup 20.07.2022.
30. Stupnišek I., Fruk G., Jemrić T. (2011.). Apple flowers and fruit thinning comparison. *Glasnik zaštite bilja*. 34: 12-16.

31. Szot I. & Lipa T. (2019). Optimisation of thinning of apple fruitlets cv. 'Braeburn mariri red'. *Acta Agrophysica* 26(3): 65-76.
32. Šoškić M. M. (2011.). *Jabuka. Partenon*. Beograd.
33. Tomšić A. (2006). *Prirod i kakvoća jabuke sorte Idared uzgajane u gustom sklopu*. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.
34. Veić M. (2009.). *Stare sorte jabuka*. Vlastita naklada. Požega.
35. Weibel F. P., Lemcke B., Monzelio U., Giordano I., Kloss B. (2012). Successful Blossom Thinning and Crop Load Regulation for Organic Apple Growing with Potassium-bicarbonate: Results of field Experiments over 3 Years with 11 Cultivars. *European Journal of Horticultural Science* 77(4): 145-153.
36. Wang Yi, Li Wei, Xu Xuefeng, Qiu Changpeng, Ting Wu, Qinpeng Wei, Fengwang Ma, Zhenhai Han. (2019). Progress of Apple Rootstock Breeding and Its Use. *Horticultural Plant Journal*, 5 (5): 183-191. ISSN 2468-0141, <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2019.06.001>. Pristup 03.08.2022.
37. Westwood MN (1993). *Temperate-zone pomology: physiology and culture* (Third Edition). Timber Press, Oregon.

Životopis

Mario Majetić rođen je 11.07.1996. godine u Požegi. Osnovnu školu završio je u Požegi. Usporedno pohađa Glazbenu školu u Požegi Srednju Tehničku školu pohađa od 2011. do 2015. godine u Požegi, smjer elektrotehičar. Godine 2015. upisuje se na Veleučilište u Požegi, smjer Vinogradarstvo-vinarstvo-voćarstvo. 2018. godine upisuje apsolventsku godinu kako bi pohađao Work and travel program u Americi. Preddiplomski studij završio je 2019. godine obranivši završni rad „Utjecaj različitih starosti podloge *Prunus myrobalana* na postotak primitka marelice 'Carmen' “. Iste godine upisuje diplomski studij Hortikultura – smjer Voćarstvo na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Aktivno se služi engleskim jezikom. Poznaje rad na računalu te se služi MS Office paketom. U slobodno vrijeme se voli baviti sportom i svirati.