

Morfo-histološka karakterizacija spojnog mesta kalemljenih stabala trešnje

Mirjana Ljubojević*, Tijana Narandžić, Vladislav Ognjanov

Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, Republika Srbija

*E-mail: mirjana.ljubojevic@polj.uns.ac.rs; ikrasevm@polj.uns.ac.rs

Primljeno: 12. oktobra 2021. godine; prihvaćeno: 29. oktobra 2021. godine

Rezime. Cilj rada bio je utvrđivanje potencijalne inkompatibilnosti između podloga i plemki roda *Prunus*, podroda *Cerasus*, izazvane postojanjem mehaničke barijere ili drugih neusklađenosti podloge i plemke. Istraživanje je izvršeno u novembru, po prestanku vegetacije na oglednom polju Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu, a obuhvatalo je sorte trešnje Bigarreau Burlat, Summit i Hedelfingen, i podloge sejanac divlje trešnje, sejanac magriva, Colt, Gisela 5 i selekcija Oblačinske višnje. Anatom-ska karakterizacija uzdužnih preseka jednogodišnjih sadnica pokazala je veoma dobro srastanje sorte trešnje Summit sa podlogama magriva i Oblačinska višnja. Kod stabala kalemljenih spajanjem primećene su manje vrednosti debljina komponenata kalema nego kod kalemljenja pupoljkom, sa razlikama u debljini podloge i plemke od 0,7–2,6 mm u prvoj godini nakon kalemljenja. Kod trogodišnjih stabala, debljanje podloge Colt i nakalemljenih plemki bilo je približno jednako, debljanje podloga magriva i divlja trešnja bilo je jače, a slabobujnih podloga Gisela 5 i Oblačinska višnja slabije u odnosu na sorte trešnje. Vrednosti površina poprečnog preseka kretale su se od 494,6 do 2514,8 mm² kod podloga i od 585,1 do 1801,1 mm² kod plemki, sa najvećim vrednostima na magrivi i divljoj trešnji. Kod stabala kalemljenih na podlogama Gisela 5 i Oblačinska višnja, površina sekundarne kore plemke bila je za 19% i 26% veća nego kod podloge. Rezultati ukazuju na to da zadebljanja na spojnog mestu ne predstavljaju isključivu barijeru ascendentnom i descendentnom protoku kod bujnih podloga, ali da utvrđene razlike u debljanju i površinama sekundarne kore tokom godina kod slabobujnih podloga predstavljaju uzrok slabije ishrane, razvitka i ukorenjavanja korenovog sistema.

Glavne reči: hidraulična provodljivost, kompatibilnost, Oblačinska višnja, podloga, *Prunus*, sorta, spojno mesto, sekundarna kora

Uvod

Podizanje zasada voćaka predstavlja dugoročnu i veoma skupu investiciju, gde je najvažniji cilj smanjiti troškove i intenzivirati proizvodnju. Rentabilnost proizvodnje podjednako zavisi od izbora sorte i podloge. Pogrešan odabir podloga i plemki vodi nizu poteškoća

u rastu i razvoju stabala voćaka koje se mogu ispoljiti kasnije tokom razvića, što predstavlja još veći gubitak za proizvođača. Da bi spojno mesto kalema dobro sraslo, a voćke mogle nesmetano da rastu i razvijaju se, potrebno je da postoji afinitet (kompatibilnost) podloge i plemke. Složenost interakcije podloge i plemke nakon kalemljenja ogleda se u velikom broju hipoteza

o postojanju različitih i veoma složenih fizioloških i biohemijskih mehanizama, koji u interakciji sa spoljašnjim faktorima dovode do izmenjenog rasta. Mehanizmi delovanja slabobujnih podloga nisu do kraja razjašnjeni. Nepoznato je da li je slabiji porast posledica građe ksilema u predelu spojnog mesta, odnosno interakcije podloge i plemke ili regulatora rasta (citokinina i auksina) kod slabobujnih i bujnih podloga (Olmstead *et al.*, 2004). Istraživanja su pokazala da mehanizmi koji kontrolišu bujnost uključuju različite aspekte, kao što su anatomske (Simons & Chu, 1983; Atkinson *et al.*, 2003; Basile *et al.*, 2003; Cohen *et al.*, 2007), fiziološke (Lockard & Schneider, 1981; Soumelidou *et al.*, 1994; Webster, 1998) i biohemijske promene (Lockard & Schneider, 1981; Deloire & Hebant, 1983; Treutter & Feucht, 1991; Errea *et al.*, 1994; Usenik & Stampar 2001; 2005), a u poslednje vreme istraživanja su usmerena na genetički aspekt fenomena kontroliisanja bujnosti stabala od strane podloge (Prassinis *et al.*, 2009). Iza svih navedenih mehanizama kontrole bujnosti stoji nasledna osnova vrsta koje se spajaju, svaka sa svojim specifičnostima i razvićem, koji ostaju nepromenjeni u koegzistenciji te dve vrste nakon kalemljenja. Što su vrste po svojoj naslednoj osnovi udaljenije, to je teže sagledavanje njihove koadaptacije i sposobnosti uspostavljanja ravnoteže koja uslovljava dugovečnost novonastale biljke, dobru i visoku rodost i kvalitet plodova.

Tradicionalne podloge – divlja trešnja (*Prunus avium* L. – Mazzard) i magriva (*Prunus mahaleb* L. – Mahaleb) imaju puno nedostataka, ali prednost je dobar afinitet sa sortama višnje i trešnje. Inkompatibilnost podloge i sorti trešnje se može pojaviti u bilo kojoj kombinaciji, kada se sorte kaleme na podlogu koja nije divlja trešnja. Nivoi neslaganja mogu ići od apsolutnog neformiranja spojnog mesta, pa do čak sedam godina zadovoljavajućeg rasta i razvoja praćenog iznenadnim kolapsom u narednoj godini (Iezzoni *et al.*, 1991). Određeni nivo inkompatibilnosti kod bujnih podloga je čak poželjan, s obzirom na njegov uticaj na slabiju bujnost i plodonošenje.

Prethodna istraživanja aksijalne provodljivosti – anatomske parametara poprečnih preseka dvogodišnjih korena i stabala vodećih podloga (divlja trešnja, magriva, *Prunus avium* × *Prunus pseudocerasus* – Colt, *Prunus cerasus* × *Prunus canescens* – Gisela 5) i selekcija (*Prunus cerasus* L. ecovar. oblačinska –

Oblačinska višnja i *Prunus fruticosa* Pall. – stepska višnja), pokazala su se kao pouzdana u predviđanju bujnosti potencijalnih podloga u okviru vrsta i međuvrsta hibrida roda *Prunus*, izuzev vrste *P. cerasus* gde je uočeno da drugi parametri imaju ključnu ulogu u redukciji bujnosti nakalemljenih sorti (Ljubojević *et al.*, 2013). Prema samo anatomske pokazateljima Oblačinska višnja ima velike vrednosti teorijske hidraulične provodljivosti (Ljubojević, 2012), ali u praksi dolazi do redukcije bujnosti stabala kalemljenih na ovoj podlozi. Usled protivrečnosti u teorijskim i empirijskim podacima, izvršena je analiza potencijalnih barijera protoku vode – spojnog mesta, podloge i plemke, kao i anatomska karakterizacija uzdužnih preseka jednogodišnjih sadnica.

Cilj ovog rada bio je utvrditi postojanje inkompatibilnosti između podloga i plemke roda *Prunus*, podroda *Cerasus*, usled mehaničke (lokalizovane) barijere ili drugih neusklađenosti podloge i plemke.

Materijal i metode

Inicijalna histološka karakterizacija izvedena je na tri podloge različite bujnosti i porekla (Oblačinska višnja, Colt i magriva) na koje je okalemljena sorta Summit na dva različita načina (engleskim spajanjem i pupoljkom), tako što su na stolarskom cirkularu napravljeni uzdužni preseki jednogodišnjih sadnica. Dobijeni preseki su kvalitativno i kvantitativno okarakterisani, kroz vizuelnu ocenu prisustva propadanja tkiva, vazdušnih džepova, krivudanja i sličnih smetnji u razvoju spojnog mesta i merenja debljina spojnog mesta kao i debljine podloge i plemke 5 cm od samog spojnog mesta. U cilju daljeg testiranja interakcije različitih sorti i podloga, kalemljene su tri sorte trešnje (Bigarreau Burlat, Summit i Hedelfingen) na četiri standardne podloge – sejanac divlje trešnje i magriva, Colt i Gisela 5, kao i na vegetativno umnoženu selekciju Oblačinske višnje. U trećoj godini nakon kalemljenja na stablima posađenim u kolekcionom zasadu, mereni su prečnici čitavog preseka i sekundarne kore (floema) na spojnem mestu, kao i 5 cm ispod i iznad spojnog mesta. Prečnici svih komponenata su mereni pomoću digitalnog šublera. Poprečni preseki su posmatrani kao pravilni krugovi pa je stoga prilikom računanja površine preseka primenjena formula za računanje površi-

ne kruga ($r^2\pi$). Površina floema je izračunata oduzimanjem površine srži od površine kruga koji je dobijen uvođenjem spoljnog poluprečnika floema u navedenu formulu. Pravljenje uzdužnih preseka jednogodišnjih sadnica i navedena merenja su izvršeni u novembru po potpunom završetku vegetacije, na oglednom polju Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu, u Rimskim Šančevima. Rezultati istraživanja su statistički analizirani korišćenjem jednofaktorske i dvofaktorske analize varijanse. Značajnost razlika između srednjih vrednosti utvrđena je Dankanovim testom višestrukih intervala ($P \leq 0.05$).

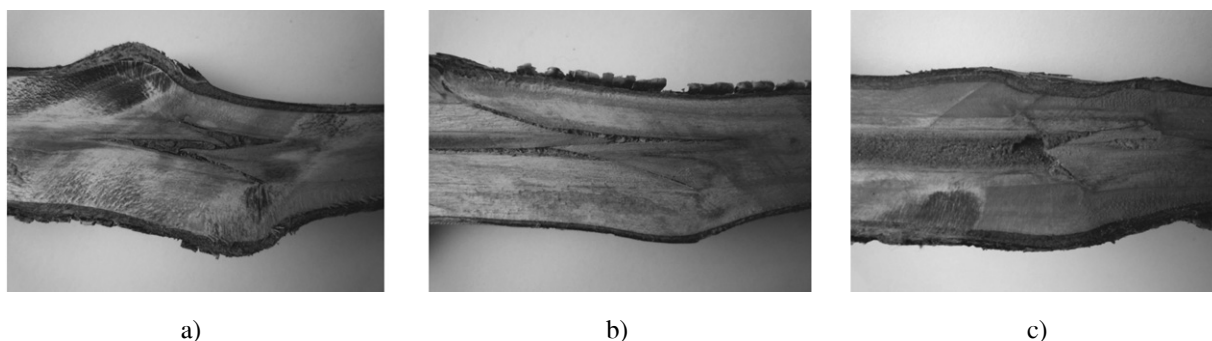
Rezultati

Anatomija spojnog mesta. Anatomija spojnog mesta nastala kalemljenjem engleskim spajanjem i pupoljkom sagledana je kroz uzdužne preseke jednogodišnjih sadnica (Sl. 1). Prilikom engleskog spajanja kod podloga Oblačinska višnja i magriva (Sl. 1a, 1b) uočava se relativno dobro srastanje sa plemkama i postojanje kontinuiranog sekundarnog drveta (ksilema) i sekundarne kore (floema), dok je kod podloge Colt uočeno slabije srastanje (Sl. 1c). U svim kombinacijama podloga i sorti, vidljiva je potpuna nekroza srži plemke i određeni stepen nekroze samog spojnog mesta, ali je to kod podloge Colt izraženije. U kombinaciji sa Oblačinskom višnjom i magrivom na preseccima nisu nađena veća zadebljanja, veće krivudanje ksilema i floema, niti velike anomalije, dok su kod podloge Colt promene veće. Spojna mesta sadnica su i metrički iskazana, a rezultati su prikazani u Tabeli 1. Maksimal-

ne vrednosti debljina spojnog mesta, podloge i plemke izmerene u kombinaciji sa podlogom Colt (28,4 mm, 21,6 mm i 22,3 mm), praćene su vrednostima izmerenim u kombinaciji sa podlogom Oblačinska višnja (27,8 mm, 18,3 mm i 20,9 mm) i minimalnim vrednostima u kombinaciji sa podlogom magriva (25,7 mm, 17,5 mm i 19,1 mm). Kod svih ispitivanih sadnica kalemljenih spajanjem postoji isti trend izmerenih debljina: prečnik spojnog mesta > prečnik plemke > prečnik podloge. Razlika debljine plemke u odnosu na debljinu podloga u kombinaciji sa podlogom Colt (0,7 mm) manja je u odnosu na razlike koje su se pojavile u kombinaciji sa podlogama magriva (1,6 mm) i Oblačinska višnja (2,6 mm).

Kada se posmatra kalemljenje pupoljkom ustanovljen je drugačiji trend nego kod prethodnog načina kalemljenja (prečnik spojnog mesta > prečnik podloge > prečnik plemke), a sve izmerene debljine ispitivanih delova sadnica bile su veće nego kod sadnica kalemljenih spajanjem. Maksimalne vrednosti debljina spojnog mesta, podloge i plemke ponovo su izmerene u kombinaciji sa podlogom Colt (44,1 mm, 29,0 mm i 26,5 mm), praćene vrednostima u kombinaciji sa podlogom Oblačinska višnja (34,6 mm, 23,5 mm i 22,9 mm) i minimalnim vrednostima u kombinaciji sa podlogom magriva (31,3 mm, 22,2 mm i 21,2 mm) (Tab. 1).

Interakcija podloge i plemke. Nakon ispitivanja spojnog mesta jednogodišnjih sadnica, pristupilo se karakterizaciji trogodišnjih stabala na stalnom mestu. U Tabeli 2 prikazane su površine poprečnih preseka podloga, plemki i njihovog spojnog mesta, kao i sekundarne kore ispitivanih delova stabala, u trećoj vegetaciji, pre-



Sl. 1. Presek spojnog mesta jednogodišnjih sadnica trešnje, kalemljenih spajanjem na podlogama: a) Oblačinska višnja; b) magriva; c) Colt
Fig. 1. Graft union cross-section of one-year-old nursery sweet cherry trees, scion grafted on: a) 'Oblačinska' sour cherry; b) *P. mahaleb*; c) 'Colt'

Tab. 1. Debljine podloge, plemke i spojnog mesta jednogodišnjih sadnica trešnje Summit kalemljenih pupoljkom i spajanjem
 Tab. 1. Rootstock, scion and graft union diameters of one-year-old sweet cherry 'Summit' nursery trees, bud and scion grafted

Kalemljenje Grafting	Debljina podloge 5 cm ispod mesta kalemljenja Rootstock diameter 5 cm below the grafting point (mm)		Debljina spojnog mesta Graft union diameter (mm)		Debljina plemke 5 cm iznad mesta kalemljenja Scion diameter 5 cm above the grafting point (mm)	
	Pupoljkom Bud grafted	Spajanjem Scion grafted	Pupoljkom Bud grafted	Spajanjem Scion grafted	Pupoljkom Bud grafted	Spajanjem Scion grafted
Oblačinska višnja 'Oblačinska' sour cherry	23,5 b*	18,3 c	34,6 b	27,8 d	22,9 b	20,9 bc
Colt	29,0 a	21,6 b	44,1 a	28,4 d	26,5 a	22,3 b
Magriva/Mahaleb	22,2 b	17,5 c	31,3 c	25,7 d	21,2 bc	19,1 c

* Srednje vrednosti označene istim slovom u kolonama debljina komponenata kalema (uključujući prečnike kod dva tipa kalemljenja) ne razlikuju se statistički značajno prema Dankanovom testu višestrukih intervala ($P \leq 0.05$) / Mean values designated with the same letter within the columns of graft components' diameters (comprising diameters obtained from two grafting methods) were not significantly different according to Duncan's Multiple Range Test ($P \leq 0.05$)

računate preko prečnika (debljine). Površina poprečnog preseka debla podloge Gisela 5 u kombinaciji sa tri sorte imala je najmanje vrednosti (494,6–619,8 mm²), zatim sledi selekcija Oblačinske višnje sa vrednostima 725,5–1.006,1 mm² i Colt sa površinama 642,1–1.218,6 mm². Mnogo veće vrednosti izmerene su kod podloga magriva i divlja trešnja, koje su se kretale od 1.823,7 do 2.098,2 mm² kod magriva i od 2.009,9 do 2.514,8 mm² kod divlje trešnje. Površine preseka spojnog mesta do 1.600 mm² izmerene su u sve tri kombinacije sorti sa podlogom Gisela 5, dve kombinacije sorti sa podlogom Colt (Colt/Summit, Colt/Hedelfingen) i u jednoj kombinaciji sa podlogom Oblačinska višnja (Oblačinska višnja/Hedelfingen). Površine preseka spojnog mesta sa vrednostima između 1.600 i 2.800 mm² utvrđene su u kombinacijama Oblačinska višnja/Summit, Colt/Bigarreau Burlat, divlja trešnja/Bigarreau Burlat i divlja trešnja/Hedelfingen. Vrednosti površine preseka spojnog mesta od 3.000 mm² utvrđene su u kombinacijama Oblačinska višnja/Bigarreau Burlat, divlja trešnja/Summit i u sve tri kombinacije sorti sa podlogom magriva. Površine preseka plemki prate trend ustanovljen kod podloga. Najmanje vrednosti izmerene su kod sorti na podlogama Gisela 5 (585,1–803,8 mm²) i Colt (568,0–1.139,5 mm²), za kojima sledi Oblačinska višnja sa plemkama površine 956,1–1.121,6 mm². Veće vrednosti su izmerene kod sorti na divljoj trešnji (1.319,6–1.793,6 mm²), dok su najveće površine preseka plemki izmerene na podlozi magriva (1.682,8–1.801,1 mm²).

Prosečna površina sekundarne kore – floema sorti na podlozi Gisela 5 bila je 50,7 mm², na podlozi Oblačinska višnja 61,9 mm², na podlozi Colt 60,4 mm², na sejancu magriva 87,9 mm² i sejancu divlje trešnje 80,9 mm². Maksimalna vrednost površine sekundarne kore plemke, utvrđena je u kombinaciji magriva/Bigarreau Burlat sa vrednošću 99,5 mm² dok je minimalna vrednost iznosila 47,4 mm² u kombinaciji Gisela 5/Hedelfingen. Površine sekundarne kore spojnog mesta dostizale su znatno veće vrednosti nego površine kod plemki, sa prosečnim vrednostima 117,2 mm² (Colt), 121,4 mm² (Oblačinska višnja), 123,3 mm² (Gisela 5), 143,8 mm² (divlja trešnja) i 193,8 mm² (magriva). Minimalna vrednost utvrđena je u kombinaciji Oblačinska višnja/Hedelfingen (84,8 mm²) dok je maksimalna vrednost ponovo utvrđena u kombinaciji magriva/Bigarreau Burlat (209,2 mm²). Prosečna površina sekundarne kore podloga bila je najmanja kod podloge Gisela 5 (42,6 mm²), gde je ujedno izmerena i minimalna vrednost od 39,8 mm² u kombinaciji ove podloge i sorte Bigarreau Burlat. Nešto veća prosečna površina sekundarne kore izmerena je kod podloge Oblačinska višnja (48,9 mm²), zatim slede podloge Colt (78,2 mm²), magriva (118,5 mm²) i sa najvećom prosečnom vrednošću podloga divlja trešnja (126,7 mm²). Maksimalna vrednost utvrđena je i u ovom slučaju kod kombinacije magriva/Bigarreau Burlat sa površinom od 141,2 mm². U svim ispitivanim kombinacijama površina sekundarne kore spojnog mesta bila je veća od površine sekundarne kore utvr-

đene na presecima podloga. Takođe, u kombinacijama sorti sa podlogama Gisela 5 i Oblašinska višnja, površina sekundarne kore plemki bila je veća nego površina sekundarne kore podloga i to za 19% i 26%.

Potvrda eksperimentalnih rezultata ovoga rada tražena je i u proizvodnim uslovima, zasnivanjem ogledno-proizvodnih zasada u Sirigu. Sorte trešnje kalemljene su na dve podloge, Oblašinska višnja i magri-

va. Prijem sadnica bio je visok i ujednačen bez obzira na podlogu. Bujnost stabala bila je ujednačena na obe podloge, ali su stabla trešnje na podlozi Oblašinska višnja imala znatno veći koeficijent grananja u odnosu na ona kalemljena na magrivi. Karakteristike debla podloge i plemke, kao i spojnih mesta zadržale su sve osobine definisane eksperimentalnim podacima u Tabeli 2 (Sl. 2 i 3).

Tab. 2. Površine poprečnih preseka podloge, plemke i spojnog mesta i površine sekundarne kore ispitivanih delova trogodišnjih stabala trešnje kalemljenih pupoljkom

Tab. 2. *Cross-section and secondary cortex areas of rootstock, graft union and scion of three-year-old sweet cherry trees, bud grafted*

Sorta <i>Cultivar</i>	Površina ukupnog poprečnog preseka <i>Cross-section area</i> (mm ²)			Površina sekundarne kore <i>Secondary cortex area</i> (mm ²)		
	Podloga <i>Rootstock</i>	Spojno mesto <i>Graft union</i>	Plemka <i>Scion</i>	Podloga <i>Rootstock</i>	Spojno mesto <i>Graft union</i>	Plemka <i>Scion</i>
Gisela 5						
Bigarreau Burlat	555,43 e*	1.547,50 e	803,84 c	39,80 c	124,80 d	54,30 d
Summit	619,84 e	1.326,00 e	637,62 d	45,50 d	117,90 c	50,40 c
Hedelfingen	494,56 e	1.404,60 c	585,05 d	42,40 d	127,20 c	47,40 c
Prosek/Average	556,61	1.426,00	675,50	42,60	123,30	50,70
Oblašinska višnja/'Oblašinska' sour cherry						
Bigarreau Burlat	939,77 d	2.988,40 b	1.121,60 d	51,40 d	160,50 b	62,00 cd
Summit	1.006,10 c	2.090,10 c	1.080,50 b	51,10 d	119,00 c	63,70 b
Hedelfingen	725,47 c	1.300,30 e	956,14 c	44,20 d	84,80 e	59,90 b
Prosek/Average	890,45	2.126,30	1.052,70	48,90	121,40	61,90
Colt						
Bigarreau Burlat	1.218,60 c	2.340,20 d	1.139,50 c	85,70 c	117,60 d	63,90 c
Summit	886,23 d	1.465,00 d	834,27 c	82,90 c	123,40 c	68,70 b
Hedelfingen	642,10 d	1.345,50 d	568,03 e	66,10 c	110,70 d	48,70 c
Prosek/Average	915,64	1.716,90	847,27	78,20	117,20	60,40
Magriva/Mahaleb						
Bigarreau Burlat	2.098,20 a	3.846,50 a	1.682,80 a	141,20 a	209,20 a	99,50 a
Summit	1.994,00 b	3.185,30 b	1.801,10 a	110,80 b	181,40 a	80,30 a
Hedelfingen	1.823,70 b	3.275,90 a	1.690,70 a	103,60 b	190,80 a	84,00 a
Prosek/Average	1.972,00	3.435,90	1.724,90	118,50	193,80	87,90
Divlja trešnja/Mazzard						
Bigarreau Burlat	2.009,9 b	2.732,60 c	1.319,60 b	121,30 b	142,60 c	80,50 b
Summit	2.098,2 a	3.440,20 a	1.793,60 a	134,20 a	139,90 b	79,40 a
Hedelfingen	2.514,8 a	2.797,80 b	1.417,90 b	124,60 a	148,90 b	82,80 a
Prosek/Average	2.207,6	2.990,20	1.510,40	126,70	143,80	80,90

* Srednje vrednosti označene istim slovom za određenu sortu kalemljenu na različitim podlogama ne razlikuju se značajno prema Dankanovom testu višestrukih intervala ($P \leq 0.05$) / *Mean values designated with the same letter for the specific cultivar grafted on different rootstocks were not significantly different according to Duncan's Multiple Range Test ($P \leq 0.05$)*



Sl. 2. Izgled podloge, spojnog mesta i plemke trogodišnjeg stabla trešnje na podlozi Oblačinska višnja
 Fig. 2. Rootstock, graft union and scion trunk appearance of three-year-old sweet cherry tree grafted on *P. cerasus* ecovar. 'Oblačinska'



Sl. 3. Izgled podloge, spojnog mesta i plemke trogodišnjeg stabla trešnje na podlozi magriva
 Fig. 3. Rootstock, graft union and scion trunk appearance of three-year-old sweet cherry tree grafted on *P. mahaleb*

Diskusija

Proces srastanja podloge i plemke prolazi nekoliko ključnih tačaka: formiranje nekrotičnog izolacionog sloja, formiranje kalusa, povezivanje kalusnih slojeva i posledična resorpcija nekrotičnog sloja, diferencijacija i povezivanje kambijalnog tkiva podloge i plemke i formiranje čvrste veze sprovodnim tkivom (Kozłowski & Pallardy, 1997; Pina & Errea, 2005; Dolgun *et al.*, 2009). Prema našim rezultatima, na uzdužnim preseccima spojnog mesta ne vidi se kalusni sloj koji se stvara u prvim danima nakon kalemljenja i povezuje plemku i podlogu. Na mestima srastanja nisu nađena zadebljanja, veće krivudanje ksilema i floema, vazdušni džepovi, niti neke velike anomalije koje bi mogle remetiti transport vode ili mineralnih materija. Kako je prikazano na uzdužnim preseccima spojnih mesta, srastanje sorte trešnje Summit sa podlogama magriva i Oblačinska višnja je veoma dobro, uz pojavu nekrotičnog dela samo u uskom delu koji čini srž plemke. Postoji kontinuitet kambijalne aktivnosti i razvitak vaskularnih tkiva u tesnoj korelaciji sa genotipskom konstitucijom podloge i plemke. To znači da postoje uslovi za nesmetano i kontinuirano ascendentno povezivanje sekundarnog drveta (ksilema) i sekundarne kore (floema) podloga magriva i Oblačinska višnja, sa sortom trešnje Summit. Simptomi inkompatibilnosti i

preranog odumiranja stabala uzrokovanih fiziološkim ili biohemijskim procesima nisu konstatovani u ovim kombinacijama podloge i plemke. Spojno mesto je u ispitivanim kombinacijama celom dužinom bilo uspešno povezano funkcionalnim ksilemom i floemom, odnosno nije bilo pojave degeneracije floema, kambijalnog ili vaskularnog diskontinuiteta na mestima srastanja koje mogu uzrokovati mehaničke slabosti i posledično očenjivanje. Kod podloge Colt međutim, dolazi do veće nekroze i srži i provodnih tkiva, što donekle objašnjava pojavu da su u prvim godinama sadnice trešnje na ovoj podlozi slabe bujnosti, dok u kasnijim vegetacijama dolazi do veće bujnosti kalemljenih sorti trešnje. Kompatibilnost podloge i plemke ne zavisi samo od poklapanja kambijuma i meristemskih tkiva, nego i od dinamike sekundarnog debljanja vrsta koje se spajaju. Upravo se kod podloge Colt, može primetiti da pod uticajem snažne kambijalne aktivnosti podloge u kasnijim vegetacijama dolazi do bujnosti stabala približne onoj na podlogama magriva i divlja trešnja. Sadnice kalemljene pupoljkom imaju veću početnu bujnost jer nema velike površine kalusiranja i smetnji u srastanju kao kod sadnica kalemljenih spajanjem.

Daljim razvojem biljke na osnovu debljine podloge, spojnog mesta i plemke u trećoj godini uočava se debljanje podloge i plemke prema genetičkoj konstitu-

ciji same vrste. Debljanje podloga divlja trešnja, Colt i magriva je jače, što se pokazalo i u našem ogledu. Debljanje podloge Colt i nakalemljenih plemki bilo je približno jednako, dok je debljanje podloga magriva i divlja trešnja bilo jače u odnosu na sorte nakalemljene na njima. Kambijalna aktivnost slabobujnih podloga Gisela 5 i Oblačinska višnja dovodi do slabijeg debljanja debela podloge u odnosu na sorte trešnje, usled razlika u dinamici stvaranja ksilema i floema. Tako kod međuvrskog hibrida Gisela 5 i podloge Oblačinska višnja slabije debljanje podloge u odnosu na plemku dovodi do stvaranja dosta šireg debela iznad spojnog mesta. Zbog toga novostvorena tkiva ksilema uzrokuju sve veću zakrivljenost provodnih sudova što dodatno otežava protok vode. Razlike u kambijalnoj aktivnosti u narednim godinama dovode do još većih razlika u debljini podloge i plemke.

Različite debljine i kambijalna aktivnost podloga i plemki, podrazumevaju mnogo veće razlike u površini kako ksilema, tako i floema, što utiče na manji broj i površinu traheja, slabiji transport vode i mineralnih materija u krunu i povratno stvorenih hranljivih materija koje se šalju u korenov sistem i time uslovljavaju njegovu razvijenost. Različita hidraulična provodljivost uzrokovana specifičnostima podloge i plemke, neosporno utiče na vegetativne i generativne osobine kalemljenih stabala u svim godinama razvoja (Narandžić *et al.*, 2021). Slabije debljanje podloge Oblačinska višnja u odnosu na plemku, iako neznatno, bilo je vidljivo već prve godine kada su te razlike kod sadnica kalemljenih spajanjem bile svega nekoliko milimetara (2,6 mm kod Oblačinske, 0,7 mm kod Colt-a i 1,6 mm kod magrive). Prema našim rezultatima sa trogodišnjim stablima, slabobujna podloga Gisela 5 i selekcija Oblačinske višnje, imale su u proseku za 19 i 26% manje površine floema nego sorte nakalemljene na njima. Ako ugljeni hidrati dospeli kroz floem plemke i spojnog mesta, ne mogu dalje svi biti transportovani kroz tanji floem podloge, dolazi do nakupljanja izvesne količine ugljenih hidrata na spojnog mesta. Olmstead *et al.* (2010) navode da se veće količine rastvorljivih šećera akumuliraju iznad spojnog mesta podloge Gisela 5 nego što je to slučaj sa podlogom Colt. Ugljeno-hidratni profil duž plemke, spojnog mesta, podloge i korenovog sistema, prema rezultatima istih autora ukazuje na postojanje vaskularne barijere na samom spojnog mestu ili negde oko njega. Posledica nakupljanja šećera na spojnog mestu jeste i slabija aloka-

cija i snabdevanje korena hranljivim materijama, što za sobom povlači slabiji razvitak korena, što je utvrđeno i u ranijem ispitivanju kod podloga Gisela 5 i Oblačinska višnja (Ljubojević *et al.*, 2013). Prema Olmstead *et al.* (2010), još jedna negativna posledica je manje skladištenje i dostupnost ugljenih hidrata za pokretanje aktivnosti meristemskih tkiva i rani prolećni porast. Međutim, u prvim godinama nakon kalemljenja spojno mesto i na njemu formirana guka, prema našim rezultatima ne mogu predstavljati mesto barijere ascendentnom protoku vode, mineralnih i hranljivih materija, jer bi u tom slučaju i sadnice na podlogama Colt, magriva i divlja trešnja, u čijim kombinacijama je ustanovljena velika guka, takođe bile slabije bujnosti. Takođe je poznato da se navedene podloge dobro ukorenjavaju i da na ovim podlogama sorte redovno plodonose, bez gubitka u kvalitetu plodova, te sama guka sigurno nije fizička barijera ni ascendentnom ni descendentnom protoku kod bujnih podloga. Međutim, utvrđene razlike u debljanju, kao i razlike u površinama sekundarne kore iz godine u godinu kod slabobujnih podloga predstavljaju uzrok slabije ishrane, razvitka i ukorenjavanja korenovog sistema. Ako se ima u vidu da sekundarna kora čini samo krajnjih 1–1,5 mm prečnika debela, produkti fotosinteze i ostale važne biohemijske materije sintetisane u kruni, moraju proći krivinu na svom putu preko spojnog mesta do podloge i korenovog sistema, a zakrivljenost je sve veća, što su razlike u bujnosti među spojenim komponentama veće.

Zaključak

Kompatibilnost podloge i plemke nakon kalemljenja važan je preduslov za uspešnu proizvodnju. Rezultati ovog istraživanja pokazali su različite interakcije podloga i kalemljenih sorti trešnje, iskazane kroz različite vrednosti debljina podloge, spojnog mesta i plemke, razlike u debljanju ispitivanih delova sadnica i vrednostima površine sekundarne kore zaslužne za transport hranljivih materija iz nadzemnog dela u stablo podloge. Nedostatak većih zadebljanja, degeneracije floema, kambijalnog ili vaskularnog diskontinuiteta na mestima srastanja na preseccima jednogodišnjih sadnica trešnje kalemljene na podlogama Oblačinska višnja i magriva, ukazao je na dobru kompatibilnost sorte

Summit sa navedenim podlogama. Najveći prečnici spojnog mesta, podloge i plemke kod jednogodišnjih sadnica izmereni su u kombinaciji sa podlogom Colt, dok su u kombinaciji sa podlogama Oblačinska višnja i magriva zabeležene niže vrednosti. Značajne razlike uočene su među sadnicama dobijenim različitim načinom kalemljenja, gde su sve izmerene vrednosti bile veće kod sadnica trešnje dobijenih kalemljenjem pupoljkom. Podloge različite bujnosti prouzrokovale su različito debljanje podloge i plemke, kao i spojnog mesta, ali i različit odnos njihovih prečnika. Suprotno od podloga Colt, magriva i divlja trešnja koje debljaju približno ili jače nego nakalemljene sorte, Oblačinska višnja i Gisela 5 pokazale su značajno slabije debljanje u poređenju sa sortama. Različite debljine ispitivanih delova stabla i kambijalna aktivnost podloga i plemki primećene su već kod jednogodišnjih sadnica. Vremenom, razlike među podlogama bivaju veće, rezultirajući kod pojedinih kombinacija podloga i sorti smanjenom ishranom i rastom cele biljke, što treba imati u vidu prilikom odabira podloga za kalemljenje.

Zahvalnica

Ovo istraživanje je podržano od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u okviru 'Programa naučnoistraživačkog rada za 2021. godinu', Poljoprivrednog fakulteta, Univerziteta u Novom Sadu, br. ugovora 451-03-9/2021-14/200117.

Literatura

- Atkinson C.J., Else M.A., Taylor L., Dover C.J. (2003): Root and stem hydraulic conductivity as determinants of growth potential in grafted trees of apple (*Malus pumila* Mill.). *Journal of Experimental Botany*, 54: 1221–1229.
- Basile B., Marsal J., DeJong T.M. (2003): Daily shoot extension growth of peach trees growing on rootstocks that reduce scion growth is related to daily dynamics of stem water potential. *Tree Physiology*, 23: 695–704.
- Cohen S., Naor A., Bennink J., Grava A., Tyree M. (2007): Hydraulic resistance components of mature apple trees on rootstocks of different vigours. *Journal of Experimental Botany*, 58: 4213–4224.
- Deloire A., Hebant C. (1983): Histophysiological study of the graft union of compatible and incompatible combinations of *Prunus*. *Agronomie*, 2: 207–212.
- Dolgun O., Yildirim A., Polat M., Yildirim F., Askin A. (2009): Apple graft formation in relation to growth rate features of rootstocks. *African Journal of Agricultural Research*, 4: 530–534.
- Errea P., Felipe A., Herrero M. (1994): Graft establishment between compatible and incompatible *Prunus* spp. *Journal of Experimental Botany*, 45: 393–401.
- Iezzoni A.F., Schmidt H., Albertini A. (1991): Cherries (*Prunus*). *Acta Horticulturae*, 290: 111–176.
- Kozłowski T.T., Pallardy S.G. (1997): Growth control in woody plants. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Lockard R.G., Schneider G.W. (1981): Stock and scion growth relationships and the dwarfing mechanism in apple. *Horticultural Review*, 3: 315–375.
- Ljubojević M. (2012): Genetički diverzitet višnje u oplemenjivanju slabobujnih vegetativnih podloga. Doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, 1–157.
- Ljubojević M., Ognjanov V., Zorić L., Maksimović I., Merkulov L., Bošnjaković D., Barać G. (2013): Modeling of water movement through cherry plant as preselecting tool for prediction of tree vigor. *Scientia Horticulturae*, 160: 189–197.
- Narandžić T., Ljubojević M., Ostojić J., Barać G., Ognjanov V. (2021): Investigation of stem anatomy in relation to hydraulic conductance, vegetative growth and yielding potential of 'Summit' cherry trees grafted on different rootstock candidates. *Folia Horticulturae*, 33(2): 1–17.
- Olmstead M.A., Lang N.S., Lang G.A., Ewers F.W., Owens S.A. (2004): Characterization of xylem vessels in sweet cherries (*Prunus avium* L.). *Acta Horticulturae*, 636: 129–135.
- Olmstead M.A., Lang N.S., Lang G.A. (2010): Carbohydrate profiles in the graft union of young sweet cherry trees grown on dwarfing and vigorous rootstocks. *Scientia Horticulturae*, 124: 78–82.
- Pina A., Errea P. (2005): A review of new advances in mechanism of graft compatibility-incompatibility. *Scientia Horticulturae*, 106: 1–11.
- Prassinis C., Ko J.H., Lang G., Iezzoni A., Han K.H. (2009): Rootstock-induced dwarfing in cherries is caused by differential cessation of terminal meristem growth and is triggered by rootstock-specific gene regulation. *Tree Physiology*, 29: 927–936.
- Simons R.K., Chu M.C. (1983): Graft union development, Granny Smith/EM 26-specific growth characteristics between stock and scion. *Compact Fruit Tree*, 16: 73–82.
- Soumelidou K., Morris D.A., Battey N.H., Barnett J.R., John P. (1994): Auxin transport capacity in relation to the dwarfing effect of apple rootstocks. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 69: 719–726.
- Treutter D., Feucht W. (1991): Accumulation of phenolic compounds above the graft union of cherry trees. *Gartenbauwissenschaft*, 56: 134–137.
- Usenik V., Stampar F. (2001): Different rootstocks for cherries – influence on polyphenol content and graft incompatibility. *Acta Horticulturae*, 557: 175–179.
- Usenik V., Stampar F. (2005): Seasonal changes in polyphenols of 'Lapins' sweet cherry grafted on different rootstocks. *Acta Horticulturae*, 667: 239–246.
- Webster A.D. (1998): Strategies for controlling the size of sweet cherry trees. *Acta Horticulturae*, 468: 229–239.

MORPHO-HISTOLOGICAL CHARACTERIZATION OF GRAFT UNION OF SWEET CHERRY TREES**Mirjana Ljubojević*, Tijana Narandžić, Vladislav Ognjanov***University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Dositej Obradović Sq. 8, Republic of Serbia***E-mail: mirjana.ljubojevic@polj.uns.ac.rs; ikrasevm@polj.uns.ac.rs***Abstract**

Adequate selection of rootstock/cultivar combination prevents potential future difficulties in growth and development of grafted trees, which could severely jeopardize fruit production. Discrepancies between data obtained from previous anatomical investigations of leading cherry rootstocks and selections and practical observations regarding tree growth altering, imposed the need for further investigation of potential mechanical barriers to water transport through the plant–rootstock, graft union and scion, or other imbalances between graft constituents. Thus, this study aimed to determine possible incompatibility between rootstocks and scions belonging to genus *Prunus*, sub-genus *Cerasus*. Initial histological characterization was conducted on sweet cherry ‘Summit’ grafted on three rootstocks of different vigor – *Prunus cerasus* L. ecovar. ‘Oblačinska’, *Prunus avium* × *Prunus pseudocerasus* ‘Colt’ and *Prunus mahaleb* L. ‘Mahaleb’. In order to investigate different rootstock/scion interactions, cultivars ‘Bigarreau Burlat’, ‘Summit’ and ‘Hedelfingen’ were grafted on four standard rootstocks – *Prunus avium* L. ‘Mazzard’, ‘Mahaleb’, ‘Colt’ and *Prunus cerasus* × *Prunus canescens* ‘Gisela 5’, and one selection of Oblačinska sour cherry. Diameters and cross-section areas of rootstock, graft union and scion were measured, as well as secondary cortex areas of all investigated graft constituents. Concerning graft union formation, longitudinal cross-sections of one-year-old trees showed very good compatibility of ‘Summit’ cultivar with Oblačinska sour cherry and ‘Mahaleb’. When grafted on ‘Colt’, vascular tissue joining was weaker and greater necrosis of both pith and conductive tissues was observed. Bud grafted trees had higher diameters of rootstock, graft union and scion than those scion grafted, and the following descending values order

was found: graft union > rootstock > scion. In scion grafted trees, the trend was different: graft union > scion > rootstock, while the difference in rootstock and scion diameters in the first year after grafting was within range of 0.7–2.6 mm. Maximal values of diameters with both grafting methods used, were found in ‘Summit’/‘Colt’ combination. Graft constituents’ investigation of three-year-old trees showed similar thickening of ‘Colt’ and grafted cultivars, in combination with ‘Mahaleb’ and ‘Mazzard’, rootstock thickening was stronger, while low vigorous rootstocks ‘Gisela 5’ and ‘Oblačinska’ sour cherry showed slower thickening rate than cultivars. Both rootstock and scion cross-section areas were lowest in trees grafted on ‘Gisela 5’ and ‘Colt’, followed with ‘Oblačinska’ sour cherry, while highest values were observed in combination with ‘Mahaleb’ and ‘Mazzard’ (values within range of 494.6–2,514.8 mm² for rootstock, 585.1–1,801.1 mm² for scion). In all rootstock/cultivar combinations, secondary cortex area was greater on graft union cross-section compared to rootstock. Also, in trees grafted on ‘Gisela 5’ and ‘Oblačinska’ sour cherry scion secondary cortex areas were 19% and 26% larger than in rootstocks. Results indicated that excess callus tissue surrounding the graft union do not represent an exclusive barrier to the ascending and descending water flow in trees grafted on high vigorous rootstocks but that determined differences in tissue thickening and phloem tissue formation during the years induce poor nutrition, development and root anchorage when grafted on low vigorous cherry rootstocks.

Key words: compatibility, cultivar, graft union, hydraulic conductivity, Oblačinska sour cherry, *Prunus*, rootstock, secondary cortex