

Korijenov sistem podloga M9, M26 i MM106 u pseudogleju

Gordana Đurić^{1,2}, Nikola Mičić^{2,1}

¹*Institut za genetičke resurse Univerziteta u Banjoj Luci, Republika Srpska, BiH*

²*Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, Republika Srpska, BiH*

Sažetak

U radu su prikazane karakteristike korijenovog sistema vegetativnih podloga jabuke M9, M26 i MM106, u voćnjaku u periodu punog plodononošnja u uslovima ravničarskog pseudogleja. Prethodnim istraživanjima u ovom voćnjaku utvrđeno je naizmjenično prisustvo dvije mikrolokacije: tipični uslovi ravničarskog pseudogleja i uslovi mikrodepresija. U uslovima mikrodepresija utvrđena je povećana i produžena vlažnost tokom godine u odnosu na tipične uslove ravničarskog pseudogleja. Korijenov sistem ispitivanih podloga analiziran je u uslovima obe mikrolokacije. Analiza obrastajućeg korijena izvršena je metodom monolita. Struktura i dubina prodiranja korijenovog sistema utvrđena je metodom profila. Opšti izgled korijenovog sistema utvrđen je nakon iskopavanja model stabala. Histološke analize izvršene su na obrastajućem provodnom korijenju, parafinskom tehnikom, bojenjem Delafildovim hematoksilinom i diferencijalnim bojenjem po Gerlach-u. Utvrđen je značajan uticaj mikrolokacije na sva analizirana svojstva korijenovog sistema ispitivanih podloga. Najbolju aktivnost u obe mikrolokacije pseudogleja ima korijenov sistem podloga M9 i MM106, dok korijenov sistem podloge M26 ima najslabiju aktivnost u obe mikrolokacije.

Ključne riječi: monolit, profil, provodno korijenje, usisavajuće korijenje, histološki presjeci.

Uvod

Reakcija biljaka na nepovoljne vodno-vazdušne uslove u zemljištu zavisi od vrste, sorte, vremenskog perioda i dr. (Bradford *et al.*, 1978, Engelaar *et al.*, 1995, Daugherty *et al.*, 1994). Jedna sorta može različito reagovati u različitim ekološkim uslovima i na različitim podlogama (Andersen *et al.*, 1984, Đurić, 2009, Đurić i Mičić, 2011). Jabuka se smatra relativno tolerantnom na suvišnu zemljišnu vlagu u poređenju sa drugim voćnim vrstama (Morita, 1955; Andersen *et al.*, 1984), a u okviru roda

Malus reagovanje različitih vrsta i klonova je takođe različito. Vegetativne podloge M1, M3, M6, M7, M13, M14, M15, M16, kao i sorta Džonatan smatraju se potpuno otpornim na suvišnu zemljišnu vodu (Rowe *et al.*, 1973). Istraživanja odgovora voćaka na uslove povećane vlažnosti i nedovoljne aerisanosti zemljišta aktuelna su uvijek u svim područjima gdje su dominantna zemljišta sa ovakvim problemima (Lučić i sar., 1997; Tuanhui *et al.* 2010, Cuiying *et al.*, 2010).

Rezultati većeg broja ogleda analize rastenja i rodnosti jabuke u uslovima teških zemljišta tipa pseudoglej (Đurić i dr., 1988, 1995a, 1995b, 1997; Oljača, 1999; Đurić, 1999, 2009) pokazuju specifične reakcije u uslovima ravničarskog pseudogleja. Utvrđeno je da sorte Ajdared i Zlatni delišes klon B na tri podloge (M9, M26 i MM106), u uslovima vlažnih mikrodepresija pseudoglejnog zemljišta imaju niže vrijednosti većine praćenih parametara: prosječne površine lista, ukupne lisne površine stabla, lisnog indeksa, debljine lista, debljine palisadnog sloja i veličine ćelija palisadnog tkiva, kao i manji broj mješovitih pupoljaka na stablu, slabiji stepen razvijenosti receptakuluma centralnog cvijeta u mješovitom pupoljku i manji prinos po jedinici površine (Đurić, 1999; 2009; Đurić i Mičić, 2011).

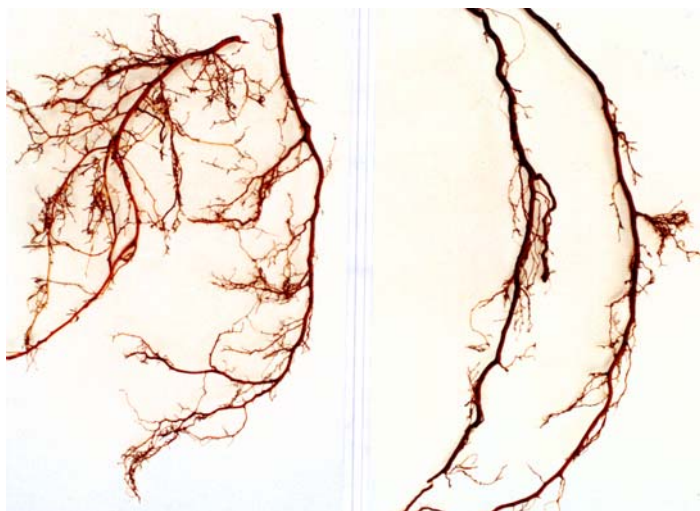
Objekat, materijal i metode rada

Karakteristike korijenovog sistema jabuke u uslovima pseudoglejnog zemljišta analizirane su kod tri vegetativne podloge: M9, M26 i MM106 sa nadzemnim dijelom u punom plodonošenju. Ispitivane podloge kalemljenje su sortama Ajdared i Zlatni delišes klon B. U radu su komentarisani prosječni podaci za ispitivane podloge, bez obzira na sortu. Voćnjak je podignut u uzgojnoj formi vretena, sa rastojanjima 4 m u međuredi, a u redu: 1m (M9), 1,25 m (M26) i 1,5 m (MM 106). Voćnjak je podignut na zemljištu tipa srednje dubokog ravničarskog pseudogleja u uslovima potkozarske regije, sa glejnim slojem na dubini od 30 - 40 cm. Prethodnim istraživanjima u voćnjaku je konstatovano naizmjenično prisustvo mikrodepresija u rednim prostorima, u kojima se voda zadržava duže vrijeme poslije prestanka padavina, što dovodi do stvaranja uslova zabarenosti, odnosno povećane i produžene zemljišne vlažnosti i pogoršanog vodno-vazdušnog režima u dužem periodu vegetacije (Đurić, 2009, Đurić i Mičić, 2011).

Analize korijenovog sistema tri vegetativne podloge jabuke sprovedene su na po 5 stabala u tipičnim uslovima pseudogleja i u uslovima mikrodepresija. Analiza obrastajućeg korijenja (korijen prečnika do 3 mm u bazi) izvršena je metodom "monolita" prema Kolesnikovu (Atkinson, 1980, Prica, 1990), u vrijeme kada je nadzemni sistem bio u fenofazi bubrenja pupoljaka.

Uzorci zemljišta sa korijenjem (kvadar zemlje dimenzija 20 × 20 × 30 cm) uzeti su sa dubine 10 – 40 cm na udaljenosti 50 cm od stabla na pravcu dijagonale pravouganika koga grade po dva stabla dva susjedna reda. Iz svakog monolita uzeto je po 6 obrastajućih razgranatih korijenova za slijedeća mjerenja:

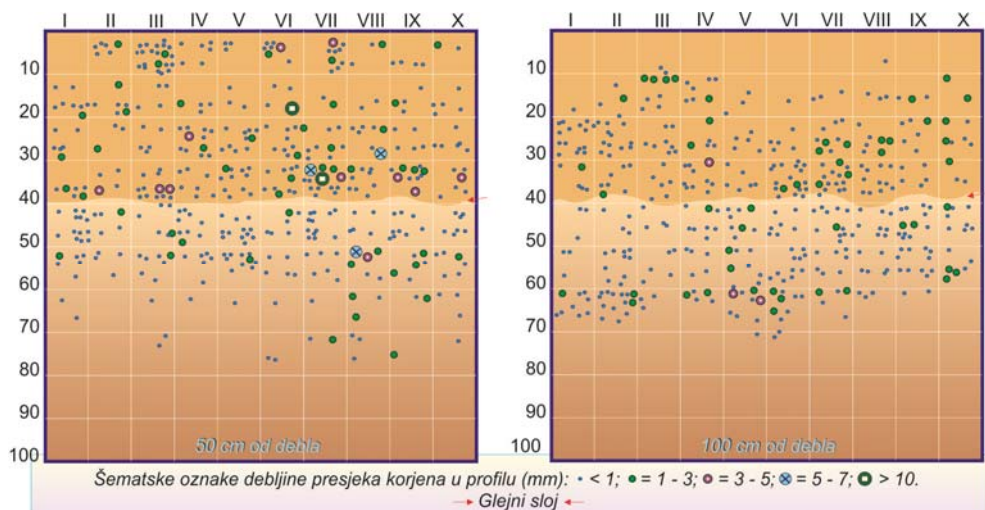
- dužina i debljina u bazi osnovnog korijena - korijen "I poretka";
- primarna razgranjenja osnovnog korijena monolita - korijen "II poretka", i to: ukupna dužina, prosječna dužina, ukupan broj, broj korijenova sa trećim poretkom i broj korijenova sa četvrtim poretkom grananja;
- sekundarna razgranjenja osnovnog korijena - korijenovi "III poretka", i to: ukupna i prosječna dužina i ukupan broj;
- ukupan broj tercijarnih razgranjenja osnovnog korijena - korijenovi IV poretka;
- ukupan broj, ukupna i prosječna dužina aktivnih (bijelih) i neaktivnih (tamnih) usisavajućih korijenova (korijen sa primarnom građom).



Sl. 1. Obrastajući razgranati korijen podloge M26 iz monolita: tipični uslovi pseudogleja - lijevo; uslovi mikrodepresija - desno
Fibrous branching root in M26 rootstock from monolith: typical pseudogley conditions – left; micro-depression conditions - right

Na osnovu prethodnih podataka izračunata je ukupna dužina svih obrastajućih korijenova i ukupna dužina usisavajućih korijenova u analiziranim obrastajućim razgranatim korijenovima, na osnovu čega je utvrđen koeficijent aktivnosti obrastajućih razgranatih korijenova.

Metodom profila po Oskampu (Atkinson, 1980) izvršena je analiza dubine rasprostiranja korijenova različitog prečnika kod dva stabla za svaku kombinaciju sorta/podloga na 50 i 100 cm udaljenosti od debla (Sl. 2). U primjeni ove metode kod voćaka kritičan je položaj profila, jer se rasprostiranje korijena razlikuje između rednog i međurednog prostora i sa udaljavanjem od debla. U ovom eksperimentu, profili su otvoreni na liniji upravnoj na pravac dijagonale pravouganika kojeg čine po dva stabla dva susjedna reda. U profile su postavljene mreže dimenzija 100 × 100 cm sa površinom pojedinačnih polja 10 × 10 cm. U svakom polju utvrđeno je prisustvo korijenova sa promjerom: ispod 1 mm, 1 – 3 mm, 3 – 5 mm, preko 5 mm.



Sl. 2. Dubina rasprostiranja korijenovog sistema podloge M9 u kombinaciji sa sortom Zlatni delišes klon B u profilu na 50 cm i profilu na 100 cm od debla
Root system distribution in M9 rootstock in combination with the Gold Delicious variety clone B in a profile at 50cm and 100cm from the tree trunk

Poslije analiza profila, izvađena su po dva stabla svake kombinacije sorta/podloga u istoj zapremini zemlje (cilindar prečnika 1 m i dubine 0,5 m). Korijenovi sistemi su isprani pod mlazom tekuće vode i na njima su analizirani boja, izraženost lenticela i prisustvo adventivnog korijenja neposredno ispod površine zemlje.

Trajni histološki preparati obrastajućeg korijena debljine ispod 3 mm pripremljeni su modifikovanom parafinskom tehnikom (Mičić, 1993). Svi uzorci fiksirani su po Navašinu, poslije čega su uklopljeni u parafin. Histološki presjeci debljine 8 – 12 μm , rezani su na rotacionom mikrotomu. Dio preparata je poslije sušenja bojen Delafildovim hematoksilinom, a dio diferencijalnim bojenjem po Gerlach-u (1969) zbog utvrđivanja oplutnjavanja i lignifikacije u unutrašnjim tkivima kore. Histološki presjeci su analizirani na automatskom uređaju za analizu slike "QUANTIMET 500MC" (Leica – Austrija).

Svi mjerni pokazatelji obrađeni su statistički računanjem centralnih tendencija i pokazatelja varijacija. Značajnost razlika pojedinačnih sredina utvrđena je t-testom. Rezultati su prikazani kao prosječne vrijednosti, bez obzira na kombinaciju sorta/podloga, za svaku podlogu jabuke u tipičnim uslovima i u uslovima mikrodepresije pseudoglejnog zemljišta.

Rezultati i diskusija

Rezultati analiza obrastajućeg korijena u uslovima pseudoglejnog zemljišta, metodom monolita kod ispitivane tri podloge jabuke dati su u tabelama 1, 2 i 3.

Analiza strukture obrastajućeg korijena podloge M 9 (tab.1) pokazuje da je većina ispitivanih parametara imala statistički opravdano više prosječne vrijednosti u uslovima mikrodepresija nego u tipičnim uslovima pseudoglejnog zemljišta. Svi parametri aktivnih, usisavajućih korijenova ove podloge imali su više vrijednosti u tipičnim uslovima pseudogleja, nego u uslovima mikrodepresija.

Analiza strukture obrastajućeg provodnog korijenja kao i usisavajućeg korijenja podloge M26 (tab. 2) i podloge MM106 (tab. 3), pokazuje da svi ispitivani parametri imaju više prosječne vrijednosti u tipičnim uslovima u odnosu na uslove mikrodepresija, izuzev dužine osnovnog obrastajućeg provodnog korijena podloge M26 i dužine aktivnog vrha usisavajućeg korijenja podloge MM106.

Tab. 1. Prosječne vrijednosti ispitivanih parametara obrastajućeg korijena podloge M9
Average values of studied parameters for fibrous root of M9 rootstock

Pokazatelji		Uslovi pseudogleja:		t-exp.	Značaj- nost razlika
		tipični	mikrodepresija		
		X ± Sx	X ± Sx		
Poredak grananja	I Dužina (mm)	182,8 ± 6,01	194,85 ± 6,40	1,372	*
	Prečnik u bazi	1,79 ± 0,04	2,16 ± 0,07	2,356	*
	Ukupan broj	31,50 ± 1,01	46,08 ± 1,92	6,721	**
	Ukupna dužina (mm)	547,35 ± 20,98	737,45 ± 28,02	5,431	**
	II Dužina 1 korena	17,79 ± 0,84	15,87 ± 0,56	1,901	nz
	Broj sa III poretkom gr.	22,83 ± 0,78	29,66 ± 1,13	4,974	**
	Broj sa IV poretkom gr.	12,91 ± 0,31	15,51 ± 0,62	3,751	**
	III Ukupan broj	133,66 ± 2,67	145,9 ± 4,37	2,390	*
	Ukupna dužina (mm)	706,8 ± 26,86	689,1 ± 24,81	0,484	nz
	Dužina 1 korena (mm)	5,46 ± 0,15	4,48 ± 0,14	4,776	**
	IV Ukupan broj	312,00 ± 13,72	140,7 ± 6,19	11,381	**
	Ukupna dužina korenova svih poredaka grananja (mm)		1440	1621	
% neaktivnog (crnog) korijenja		0,0	57,91		
Aktivni vrhovi	Ukupan broj	95,83 ± 3,07	46,16 ± 1,29	14,916	**
	Ukupna dužina (mm)	191,61 ± 8,05	88,05 ± 2,46	12,303	**
	Prosječna dužina (mm)	1,93 ± 0,07	1,92 ± 0,04	0,124	nz
	Koeficijent aktivnosti	0,133	0,054		

* $t^{0,05}=2,131 < **t^{0,01}=2,947$; nz=nije značajno

Korijenje debljine ispod 3 mm u bazi predstavlja najznačajniji dio korijenovog sistema sa stanovišta usvajanja vode i hraniva. Poznato je da je zastupljenost obrastajućih i dobro razgranatih korijenova rezultat povoljnosti zemljišnih uslova. Ovo korijenje obezbjeđuje biljci bolje usvajanje vode i mineralnih materija, jer efikasno iskorišćava istu zapreminu zemljišta u odnosu na korijenov sistem koji ima više nerazgranatih korijenova.

Svi ispitivani parametri usisavajućeg korijenja kod ispitivanih podloga, najveće apsolutne vrijednosti imali su kod podloge MM106, a najmanje kod podloge M26, i u uslovima mikrodepresija i u tipičnim uslovima pseudogleja.

Tab. 2. Prosječne vrijednosti ispitivanih parametara obrastajućeg podloge M26
Average values of studied parameters for fibrous root of M26 rootstock

Pokazatelji		Uslovi pseudogleja:			Značaj- nost razlika
		tipični	mikrodepresija	t-exp.	
		X ± Sx	X ± Sx		
Poredak grananja	I Dužina	191,75 ± 6,14	200,00 ± 8,39	0,793	nz
	Prečnik u bazi	1,71 ± 0,058	1,63 ± 0,072	0,865	nz
	Broj	31,91 ± 1,02	28,44 ± 1,08	2,335	*
	II Ukupna dužina	713,8 ± 17,13	601,5 ± 32,48	3,058	**
	Prosečna dužina	23,96 ± 0,85	21,53 ± 0,87	1,997	nz
	Broj sa III poretom gr.	23,16 ± 0,93	20,16 ± 0,89	2,331	*
	Broj sa IV poretom gr.	10,33 ± 0,47	10,33 ± 0,39	0,032	nz
	III Ukupna dužina	833,61 ± 43,35	627,9 ± 30,14	3,896	**
	Prosječna dužina	5,48 ± 0,19	5,12 ± 0,21	1,271	nz
	Ukupan broj	151,5 ± 6,67	116,1 ± 4,64	4,357	**
	IV Ukupan broj	189,7 ± 6,83	146,65 ± 7,62	4,207	**
	Ukupna dužina korenova svih poredaka grananja		1739	1428	
% neaktivnog (crnog) korijenja		0,0	50,42		
Aktivni vrhovi	Ukupan broj	41,16 ± 1,73	22,46 ± 0,72	9,979	**
	Ukupna dužina	71,28 ± 2,85	35,35 ± 1,97	10,371	**
	Prosječna dužina (mm)	1,51 ± 0,07	1,48 ± 0,08	0,282	nz
	Koeficijent aktivnosti	0,041	0,024		

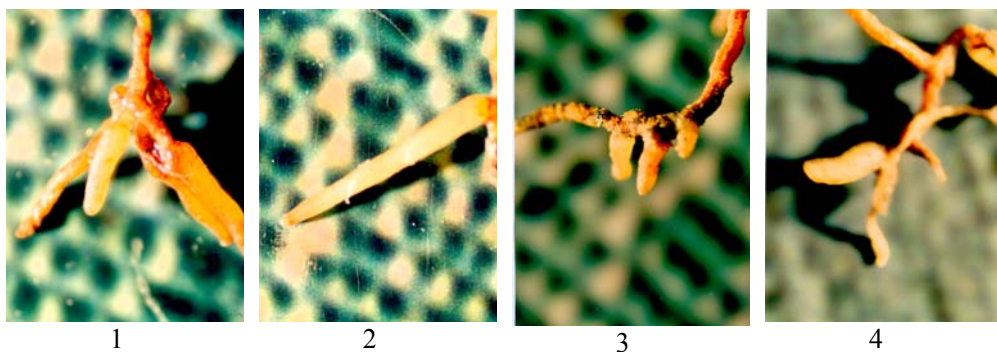
Tab. 3. Prosječne vrijednosti ispitivanih parametara obrastajućeg korijena podloge MM106
Average values of studied parameters for fibrous root of MM106 rootstock

Pokazatelji		Uslovi pseudogleja:			Značaj- nost razlika
		tipični	mikrodepresija	t-exp.	
		X ± Sx	X ± Sx		
Poredak grananja	I Dužina	187,1 ± 7,85	185,4 ± 8,53	0,147	nz
	Prečnik u bazi	1,83 ± 0,08	1,77 ± 0,08	0,53	nz
	Broj	34,96 ± 1,61	29,91 ± 1,19	2,522	*
	II Ukupna dužina	790,0 ± 34,76	589,9 ± 24,77	4,688	**
	Prosečna dužina	23,99 ± 0,91	19,72 ± 0,828	3,471	**
	Broj sa III poretom gr.	24,99 ± 1,49	24,66 ± 1,03	0,182	nz
	Broj sa IV poretom gr.	16,00 ± 0,7	12,99 ± 0,52	3,452	**
	III Ukupna dužina	1234,3 ± 59,24	794,0 ± 25,41	6,831	**
	Prosječna dužina	5,97 ± 0,27	5,45 ± 0,26	1,387	nz
	Ukupan broj	199,65 ± 8,38	144,1 ± 6,44	5,256	**
	IV Ukupan broj	394,95 ± 19,36	187,8 ± 7,51	9,976	**
	Ukupna dužina korenova svih poredaka grananja		2211	1567	
% neaktivnog (crnog) korijenja		0,0	28,83		
Aktivni vrhovi	Ukupan broj	78,5 ± 4,04	47,33 ± 1,97	6,935	**
	Ukupna dužina	155,25 ± 6,95	96,32 ± 4,43	7,157	**
	Prosječna dužina (mm)	1,76 ± 0,07	2,00 ± 0,11	1,841	nz
	Koeficijent aktivnosti	0,070	0,061		

* $t^{0,05}=2,131$; ** $t^{0,01}=2,947$; nz=nije značajno

Sa stanovišta efikasnosti korijenovog sistema najznačajniji parametri analize obrastajućeg razgranatog korijenja metodom monolita su: ukupna dužina svih korijenova i ukupna dužina usisavajućih korijenova, odnosno, aktivnih vrhova, i njihov međusoban odnos. Ukupna prosječna dužina svih korijenova u razgranatom obrastajućem korijenu analiziranih kombinacija sorta/podloga u odnosu na uslove pseudogleja pokazuje da podloge M26 i MM106 imaju veće vrijednosti ovih pokazatelja u tipičnim uslovima pseudogleja, dok je kod podloge M9 tendencija suprotna, odnosno, razgranati korijen ove podloge ima veću ukupnu dužinu obrastajućeg razgranatog korijenja u uslovima mikrodepresije, što ukazuje na njenu adaptibilnost na nepovoljne zemljišne ulove. Podloga MM106 ima najveću apsolutnu prosječnu ukupnu dužinu korijenova u obrastajućem razgranatom korijenu u tipičnim uslovima pseudogleja (2 211 mm), a najmanju dužinu ima podloga M9, takođe u tipičnim uslovima (1 440 mm), što odgovara bujnosti ovih podloga.

Koeficijent aktivnosti obrastajućeg razgranatog korijenja (ukupna dužina usisavajućeg korijenja/ukupna dužina korijenova svih poređaka grananja) bio je značajno veći u tipičnim uslovima pseudogleja nego u uslovima mikrodepresija kod podloga M 9 (0,133 : 0,054) i M 26 (0,041 : 0,024), dok je kod podloge MM106 ovaj koeficijent takođe veći u tipičnim uslovima, ali razlika u odnosu na uslove mikrodepresija statistički nije značajna (0,07 : 0,061). Iz ove analize se vidi da najbolju aktivnost korijena u tipičnim uslovima pseudogleja imaju podloge M9 (0,133) i MM106 (0,07), a u uslovima mikrodepresija podloga MM106 (0,061) i M9 (0,054), dok podloga M26 ima najslabiju aktivnost korijena i u tipičnim uslovima (0,041) i u uslovima mikrodepresija (0,024). Prethodne konstatacije ukazuje na to da podloga M26 nije prilagođena teškim zemljištima tipa pseudoglej.



Sl. 3. Aktivni vrhovi - usisavajuće korijenje podloge M 9 iz tipičnih uslova pseudogleja (1 i 2) i uslova mikrodepresija (3 i 4)

Active tips – absorbing roots in M 9 rootstock in typical pseudogley (1 and 2) and micro-depression conditions (3 and 4)

Rasprostiranje korijenovog sistema po dubini zemljišta zavisi prije svega od karakteristika biljke i zemljišnih uslova, a potom od svih drugih mjera koje se odnose na održavanje zdravog nadzemnog sistema (Prica, 1964; Lučić i sar. 1996). Metod profila prema Oskampu korišćen je u brojnim istraživanjima (Atkinson, 1980; Đurić,

1999) i on se i danas smatra standardnim metodom proučavanja dubine prodiranja korijena. Ovim metodom se daje dijagram rasprostiranja korijena prema prisutnosti korijenova u profilu.

U tabeli 4 dati su podaci o prosječnoj procentualnoj zastupljenosti korijenova različite debljine analiziranih podloga u profilima na dvije udaljenosti od debla. Kako se vidi u tabeli 4, najveći dio korijenja u profilu predstavlja korijenje promjera 1 – 3 mm, sa ispoljenim razlikama u zavisnosti od uslova pseudogleja, podloge i udaljenosti profila od debla. Sve tri podloge u uslovima mikrodepresija na obe udaljenosti imale su značajno manji udio korijenova ispod 1 mm u prečniku, a povećan udio korijenja promjera 1 – 3 mm, u odnosu na tipične uslove pseudogleja. U prosječnoj zastupljenosti korijenova promjera preko 3 mm u profilu na 50 cm nema značajnih razlika između tipičnih uslova i uslova mikrodepresija ni kod jedne podloge, međutim u profilu na 100 cm značajno je manja zastupljenost tih korijenova u tipičnim uslovima pseudogleja u odnosu na uslove mikrodepresija. Kod podloga M9 i MM106 u uslovima mikrodepresija, u profilu na udaljenosti 100 cm od stabla veći je udio sitnih korijenova nego u profilu na udaljenosti od 50 cm, dok kod podloge M26 to nije slučaj.

Tab. 4. Prosječna procentualna zastupljenost korijenova različitog prečnika podloga M9, M26 i MM 106 u profilu na 50 cm i 100 cm od debla

Average distribution of roots (percentage) with various sections in M9, M26 and MM 106 rootstocks in profile at 50cm and 100cm distance from the tree trunk

Podloga	Udaljenost od stabla	Uslovi pseudogleja	Prečnik korijena u profilu			
			< 1 mm	1 – 3 mm	3 – 5 mm	> 5 mm
M9	50 cm	tipični	81,4	14,8	1,7	1,7
		mikrodepresija	66,8	29,8	1,5	1,8
	100 cm	tipični	85,3	13,9	0,5	0,2
		mikrodepresija	69,3	24,3	1,6	4,7
M26	50 cm	tipični	66,6	30,0	1,3	1,9
		mikrodepresija	52,8	44,3	2,2	0,6
	100 cm	tipični	68,6	26,3	3,0	1,9
		mikrodepresija	34,3	44,2	7,4	13,9
MM106	50 cm	tipični	83,4	13,1	1,6	1,8
		mikrodepresija	62,3	33,7	1,3	2,6
	100 cm	tipični	85,2	12,1	0,6	1,2
		mikrodepresija	72,9	23,2	1,7	2,0

Podaci o prosječnoj relativnoj zastupljenosti korijenova ispitivanih podloga jabuke po dubini profila na udaljenosti 50 cm i 100 cm od debla dati su u tabelama 5 i 6.

U profilu na 50 cm od stabla (tab. 5) korijen prodire maksimalno do 80 cm dubine (podloge M9 i M26 u tipičnim uslovima pseudogleja). U uslovima mikrodepresija, korijen sve tri podloge dopire maksimalno do 70 cm dubine. Najveća masa korijena podloge M9 u tipičnim uslovima je na dubini 20 – 50 cm, a u uslovima mikrodepresija na dubini 10 – 40 cm. Najveća masa korijena podloge M26 je u sloju

zemljišta od 0 – 40 cm dubine u tipičnim uslovima, a u uslovima mikrodepresija na dubini 10 – 30 cm. Najveća masa korijena podloge MM106 u tipičnim uslovima je u sloju zemljišta od 10 – 40 cm dubine, a u mikrodepresiji u sloju do 30 cm dubine.

Tab. 5. Prosječna procentualna zastupljenost korijenova različitog prečnika podloga M9, M26 i MM 106 po dubini profila na udaljenosti 50 cm od debla u različitim uslovima pseudogleja
Average distribution of roots (percentage) with various sections in M9, M26 and MM 106 rootstocks as per profile depth at 50cm distance from the tree trunk in various pseudogley conditions

Dubina	M 9		M 26		MM 106	
	tipični	mikrodepresija	tipični	mikrodepresija	tipični	mikrodepresija
0 – 10	10,01	26,27	16,22	6,97	12,34	31,71
10 – 20	13,85	19,71	20,20	25,49	26,44	21,05
20 – 30	22,53	19,49	22,78	24,31	21,19	19,23
30 – 40	18,35	22,17	15,52	16,93	20,9	13,82
40 – 50	19,23	8,56	11,13	12,0	13,31	8,06
50 – 60	12,82	8,08	7,63	8,3	12,02	4,47
60 – 70	1,75	4,29	4,62	5,92	2,13	1,62
70 – 80	1,41	–	1,85	–	–	–

U profilu na 100 cm udaljenosti od debla (tab. 6) korijen, takođe, ne prodire dublje od 80 cm u dubinu ni kod jedne podloge, a najveća masa korijena je u dubljem sloju nego u profilu na 50 cm. Najveća masa korijena podloge M9 u profilu na 100 cm nalazi u sloju zemljišta 20 – 40 cm dubine u tipičnim uslovima, a u uslovima mikrodepresija na dubini 10 – 30 cm.

Tab. 6. Prosječna procentualna zastupljenost korijenova različitog prečnika podloga M9, M26 i MM 106 po dubini profila na udaljenosti 100 cm od debla u različitim uslovima pseudogleja
Average distribution of roots (percentage) with various sections in M9, M26 and MM 106 rootstocks as per profile depth at 100cm distance from the tree trunk in various pseudogley conditions

Dubina	M 9		M 26		MM 106	
	tipični	mikrodepresija	tipični	mikrodepresija	tipični	mikrodepresija
0 – 10	3,25	6,84	9,30	0,93	2,92	14,49
10 – 20	10,82	25,27	9,95	10,91	7,92	19,08
20 – 30	19,32	24,76	17,95	17,5	14,27	11,09
30 – 40	18,82	21,68	17,9	32,11	27,57	18,46
40 – 50	17,48	16,41	22,4	22,88	23,97	14,44
50 – 60	14,04	2,17	14,8	12,48	19,15	18,1
60 – 70	13,5	2,17	7,5	3,11	4,17	3,25
70 – 80	2,72	2,17	–	–	–	–

Najveća masa korijena podloge M26 nalazi se na dubini 20 – 50 cm u tipičnim uslovima, a u uslovima mikrodepresija na dubini 10 – 60 cm. Najveća masa korijena

podloge MM106 u tipičnim uslovima pseudogleja je na dubini 20 – 50 *cm*, međutim, u uslovima mikrodepresije postoje dva sloja sa većom zastupljenošću korijenja: prvi do 20 *cm* dubine, i drugi u sloju 30 – 50 *cm* dubine. Pretpostavka je da se korijenje u tom drugom sloju formiralo u prvim godinama razvoja stabla, dok nije došlo do sleganja zemljišta i sa njim i glejnog sloja, a da se pliće korijenje, na dubini do 20 *cm*, formiralo u kasnijim godinama, kada se zemljište sleglo i kada su se počeli javljati problemi suvišne vode. Ovo potvrđuje ranija istraživanja (Prica, 1964; Resulović i sar., 1967) kojima je dokazano da je priprema pseudoglejnih zemljišta za podizanje višegodišnjih zasada specifična i da dubinu obrade ovakvih zemljišta treba prilagoditi dubini glejnog sloja.

U tabeli 7 date su vrijednosti prosječnog ukupnog broja korijenova ispitivanih podloga jabuke u profilima na 50 i 100 *cm* od debla u različitim uslovima pseudogleja.

Tab. 7. Prosječan ukupan broj korijenova podloga M9, M26 i MM 106 u profilu na dvije udaljenosti od debla

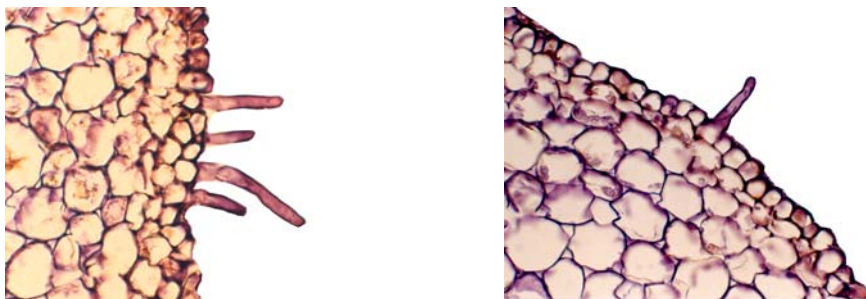
Average total number of roots in M9, M26 and MM 106 rootstocks in profile depth at two distances from the tree trunk

Uslovi	M 9		M 26		MM 106	
	50 <i>cm</i>	100 <i>cm</i>	50 <i>cm</i>	100 <i>cm</i>	50 <i>cm</i>	100 <i>cm</i>
tipični	606	377	513	231	544	396
mikrodepresija	410	107	151	113	356	109
%smanjenja	32,3	71,6	70,5	51,1	34,5	72,4

Ukupan broj korijenova u profilu na obe udaljenosti od debla značajno je manji u uslovima mikrodepresije kod sve tri podloge nego u tipičnim uslovima pseudogleja. U tipičnim uslovima pseudogleja, najveći prosječan broj korijenova u profilu na 50 *cm* je kod podloge M9 (606), zatim kod podloge MM106 (544), a najmanji kod podloge M26 (513), a u profilu na 100 *cm* redoslijed podloga je: MM106 (396), M9 (377) i M26 (231). U uslovima mikrodepresija, u profilu na 50 *cm* najveći ukupan broj korijenova je takođe imala podloga M9 (410), zatim podloga MM106 (356), a najmanji podloga M26 (151). U profilu na 100 *cm* sve tri podloge su imale približno jednak prosječan ukupan broj korenova (M26: 113, M106: 109 i M 9: 107).

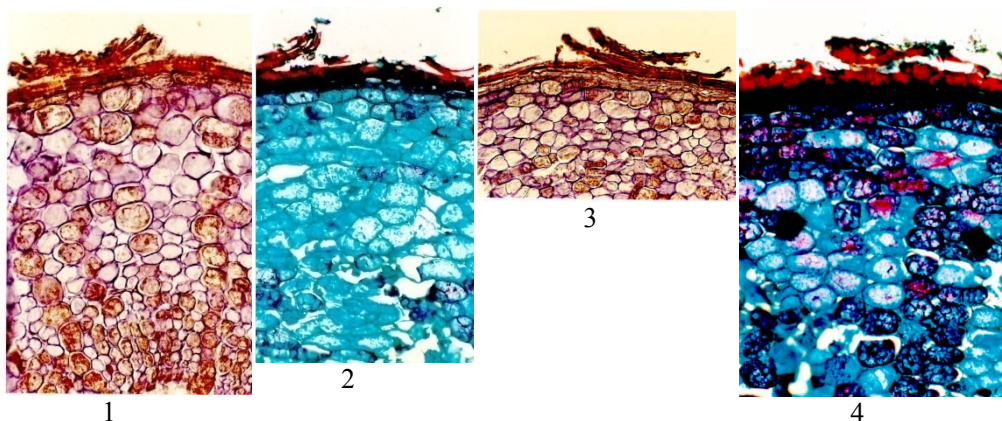
Dobijeni rezultati saglasni su istraživanjima drugih autora, koji ukazuju da su uslovi zemljišta glavni faktor koji utiče na dubinu rasprostiranja i broj korijenova u profilu. U istraživanju o uticaju zbijenosti zemljišta na dubinu prodiranja korijena, kod dva tipa zemljišta od kojih je jedno imalo nepropusni sloj na dubini 50 i 70 *cm* (Fernandez *et al.* 1991) utvrđeno je da zbijenost zemljišta i sadržaj vode imaju nesumnjiv uticaj na rast korijena. Autori su konstatovali da je prosječan ukupan broj korijenova po stablu u profilu kod podloge M9 bio 698 (od čega: tanjih od 2 *mm* 643, promjera 2 – 5 *mm* 37 i debljih od 5 *mm* 17; a kod M26 EMLA 1007 (od čega: tanjih od 2 *mm* 952, promjera 2 – 5 *mm* 35, a debljih od 5 *mm* 21). Beukes (1984) konstatuje da je rast korijena u funkciji tekture zemljišta, sadržaja vode, zbijenosti tla, pH vrijednosti zemljišta, itd, a prema podacima Levin-a *et al.* (1973) glavni faktor koji određuje rasprostiranje korijena jabuke u prirodnim uslovima voćnjaka je odnos između sadržaja zemljišne vlage i aerisanosti zemljišta.

Histološke analize korijena proučavanih podloga pokazuju da razlike u histološkoj građi primarnog korijenja u analiziranim uslovima, na ovom nivou posmatranja nisu uočene, izuzev što je korijenje u tipičnim uslovima pseudogleja imalo veći broj korijenskih dlačica u odnosu na korijenje u uslovima mikrodepresija (Sl. 4).



Sl. 4. Histološki presjek usisavajućeg korijena sa korijenskim dlačicama (primarna građa) podloge M26 iz tipičnih uslova pseudogleja - lijevo i uslova mikrodepresija - desno
Histological section of the absorbing root with fine roots (primary growth) in M26 rootstock in typical pseudogley conditions – left and micro-depression conditions - right

Na histološkim presjecima obrastajućih korijenova sa sekundarnom građom u uslovima mikrodepresija kod sve tri ispitivane podloge uočena je jače razvijena kora i više slojeva plute (sl. 5.3. i 5.4.). U unutrašnjim zonama parenhima kore uočeni su znakovi ranije lignifikacije i suberizacije, što sugerise da je ubrzan proces smanjenja ukupne aktivnosti ovog korijenja u uslovima zemljišnih mikrodepresija (sl. 5.4).



Sl. 5. Histološki presjeci obrastajućeg provodnog korijena (sekundarna građa) podloge M26 iz tipičnih uslova pseudogleja (1 i 2) i uslova mikrodepresija (3 i 4). (1 i 3: bojenje Delafieldovim hematoksilinom; 2 i 4: bojenje po Gerlach-u)
Histological sections of the fibrous conductive (secondary growth) in M26 rootstock in typical pseudogley conditions (1 and 2) and micro-depression conditions (3 and 4) (1 and 3: staining with Delafield's hematoxylin; 2 and 4: staining according to Gerlach)

Analiza korijenovog sistema nakon iskopavanja model stabala (Sl. 6), pokazuje da je korijenje sa sekundarnom gradom, odnosno, smeđe, provodno korijenje koje je raslo u uslovima mikrodepresije tanje, sa različitim nijansama tamnosmeđe do potpuno crne boje, što jasno ukazuje da je raslo u uslovima vrlo pogoršanog vodno-vazdušnog režima duži vremenski period. Takođe, na korijenu iz mikrodepresije, lenticеле su mnogo izraženije, posebno na podlozi M26.



Sl. 6. Korijen podloge M26 iz uslova mikrodepresija: korijenov sistem nakon vađenja - lijevo; detalj korijena sa uočljivim lenticelama - desno
M26 rootstock root in micro-depression conditions: root system after extraction – left; root detail with visible lenticels - right

U ovom eksperimentu, kod podloge M9 uočljivo je formiranje većeg broja adventivnih korijenova u zoni ispod korijenovog vrata (Sl. 7), odnosno, u zoni neposredno ispod površine zemlje, gdje se najmanje ispoljava efekat nedostatka kiseonika usljed suvišne površinske vode, što je u skladu sa mišljenjem da hipoksija korijenovog sistema izaziva zaustavljanje transporta auksina u bazi prirasta, što može voditi akumulaciji auksina u toj zoni i rezultirati formiranjem adventivnog korijenja (Visser, *et al.*, 1995, Kawase, 1981).

Prema podacima koje daju Anderesen *et al.* (1984), *Pyrus betulifolia*, koja se smatra najtolerantnijom drvenastom mezofilnom vrstom na uslove hipoksije, u takvim uslovima uopšte ne formira adventivno korenje, ali ima hipertrofirane lenticеле, dok podloga MM106 razvija adventivno korijenje.



Sl. 7. Korijen podloge M9 u tipičnim uslovima pseudogleja: korijenov sistem nakon vađenja - lijevo; detalj sa adventivnim korijenjem u zoni neposredno ispod površine zemlje - desno

M9 rootstock root in typical pseudogley conditions: root system after extraction – left; root detail with adventitious roots just below the soil surface - right

Zaključak

Analize rasta korijenovog sistema vegetativnih podloga jabuke M9, M26 i MM106 izvršene u periodu punog plodonošenja u voćnjaku sa definisanim mikrolokacijama (tipični uslovi i uslovi mikrodepresija ravničarskog pseudogleja) pokazale su da uslovi mikrolokacija značajno utiču na većinu ispitivanih parametara.

Analiza monolita pokazala je da korijenov sistem podloga M26 i MM106 ima veću ukupnu dužinu obrastajućeg razgranatog korijena u tipičnim uslovima pseudogleja, a korijenov sistem podloge M9 u uslovima mikrodepresije, što može ukazivati na adaptaciju podloge M9 na pogoršane uslove pseudogleja. Koeficijent aktivnosti obrastajućeg razgranatog korijenja (ukupna dužina usisavajućeg korijenja/ukupna dužina korijenova svih poredaka grananja) je značajno veći u tipičnim uslovima pseudogleja nego u uslovima mikrodepresija kod podloga M 9 (0,133 : 0,054) i M26 (0,041 : 0,024), dok kod podloge MM106 ova razlika nije značajna (0,07 : 0,061).

Analiza profila pokazuje da je ukupan broj korijenova u profilu kod svih ispitivanih podloga veći u tipičnim uslovima pseudogleja nego u uslovima mikrodepresije. Najveći broj korijenova u profilu na udaljenosti 50 i 100 cm od debla, utvrđen je kod podloge M9 u tipičnim uslovima pseudogleja, a najmanji kod podloge M26 u uslovima mikrodepresija. Može se zaključiti da su uslovi pseudogleja ispoljili jak uticaj i na broj korijenova u profilu i na dubinu prodiranja glavne mase korijenovog sistema. Najveća masa korijena u uslovima mikrodepresija utvrđena je u plićim slojevima zemljišta kod podloga M9 i MM106 (do 30 cm dubine), što nije slučaj sa podlogom M26.

Histološke analize korijena proučavanih podloga pokazuju da razlike u histološkoj građi primarnog korijenja u analiziranim uslovima, na ovom nivou posmatranja nisu uočene, izuzev što je korijenje u tipičnim uslovima pseudogleja imalo

veći broj korijenskih dlačica u odnosu na korijenje u uslovima mikrodepresija. Na histološkim presjecima korijena sa sekundarnom građom u uslovima mikrodepresija uočena je jače razvijena kora i više slojeva plute. U unutrašnjim zonama parenhima kore uočeni su znakovi ranije lignifikacije i suberizacije, posebno kod podloge M26, što sugerise da je ubrzan proces smanjenja ukupne aktivnosti ovog korijenja u uslovima zemljišnih mikrodepresija.

Rezultati izvršenih analiza ukazuju da najbolju aktivnost u tipičnim uslovima pseudogleja ima korijenov sistem podloga M9 i MM106, a u uslovima mikrodepresija takođe, podloga MM106 i M9. Korijenov sistem podloge M26 ima najslabiju aktivnost u obe mikrolokacije.

Napomena: Realizaciju ovih istraživanja pomogli su: prof. dr Rodoljub Oljača, doc. dr Ljubomir Radoš i dr Živko Cvikić, na čemu im se ovom prilikom zahvaljujemo.

Literatura

1. *Andersen, P.C., Lombard, P.B., Westwood, M.N.* 1984. Leaf conductance, growth, and survival of willow tree species under flooded soil conditions. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109: 132-138.
2. *Atkinson, D.* 1980. The distribution and effectiveness of the roots of tree crops. Horticultural Reviews v. 2: 424-490.
3. *Beukes, D. J.* 1984: Apple root distribution as effected by irrigation at different soil water levels on two soil types. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109 (5): 723-728.
4. *Bradford, K.J., Dilley, D.R.* 1978. Effects of root anaerobiosis on ethylene production, epinasty and growth of tomato plants. Plant Physiol. 61: 506-509.
5. *Cuiying, L., Tuanhui, B., Fengwang, M., Mingyu, H.* 2010. Hypoxia tolerance and adaptation of anaerobic respiration to hypoxia stress in two *Malus* species. Scientia Horticulturea, vol. 124, No.2: 274-279.
6. *Daugherty, C.J., Musgrave, M.E.* Characterization of populations of rapid-cycling *Brassica rapa* L. selected for differential waterlogging tolerance. Journal of Exp. Botany, v. 45 (272): 385-392.
7. *Đurić Gordana i dr.* 1988: Uticaj odvodnjavanja zemljišta, podloge i klimatskih uslova na karakteristike lista jabuke. IX Kongres voćara Jugoslavije, Novi Sad, Kongresni materijal, str.112.
8. *Đurić Gordana, Mičić N., Radoš Lj., Cerović R.* 1995a. Fiziološki pokazatelji kvaliteta rodnog drveta različite starosti u jabuke: I – Histološke karakteristike organa i tkiva. XI simpozijum Jugoslovenskog društva za fiziologiju biljaka, Novi Sad. Program i izvodi saopštenja. str: 163.
9. *Đurić Gordana, Mičić N., Lučić P., Babić Sonja.* 1995b. Fiziološki pokazatelji kvaliteta rodnog drveta različite starosti u jabuke: II – Sadržaj makro- i mikro elemenata u organima i tkivima. XI simpozijum Jugoslovenskog društva za fiziologiju biljaka, Novi Sad, Program i izvodi saopštenja. str: 42.

10. Đurić Gordana, Mičić, N., Radoš Lj., Predić, T., Lukić, R. 1997: Anatomical-morphological properties and mineral content of apple rootstocks on pseudogley. *Acta Horticulturae* N° 450. pp: 511-517.
11. Đurić, Gordana, 1999. Karakteristike rasta, morfoloških promena i rodnosti jabuke na pseudogleđu. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu.
12. Đurić, Gordana. 2009. Anatomsko-morfološke karakteristike lista jabuke gajene na pseudogleđu. *Agroznanje*, vol. 9, br. 1:5-20.
13. Đurić Gordana, Mičić, N. 2011. Rodnost jabuke gajene na pseudogleđu. *Agroznanje*, Vol. 12, br. 4 353-364.
14. Engellar W.M.H.G., Symens, J.C., Laanbroek, H.J., Blom, C.W.P.M. 1995. Preservation of nitrifying capacity and nitrate availability in waterlogged soils by radial oxygen loss from roots of wetland plants. *Biol. Fertil. Soils*, v. 20(4): 243-248.
15. Fernandez, R.H., Perry, R.L. Ferree, D.C. 1991. Rooting characteristics of apple rootstocks at two NC- 140 trial locations. *Fruit Varieties Journal* 45(4): 264-268.
16. Kawase, M. 1981. Anatomical and morphological adaptation of plants to waterlogging. *HortScience*, Vol. 16(1): 30-34.
17. Levin, I., Bravdo, B., Assaf, R. 1973. Relation between apple root distribution and soil water extraction. In: A. Hadas, D. Swartzendruber, P.E. Rijtema, M. Fuchs, and B. Yarons (eds): *Physical aspects of soil water and salts in ecosystems*. (Ecology, 4). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, NewYork.
18. Lučić, P., Đurić Gordana, Mičić, N. 1996. Voćarstvo I. Institut "Srbija" - Nolit - Partenon.
19. Lučić, P., Đurić Gordana, Mičić, N. 1997. Mogućnosti intenziviranja proizvodnje jabuke na slaboproduktivnim zemljištima tipa pseudoglej. *Agroznanje* br. 1: 347-353.
20. Mičić, N. 1993. Organogeneza šljive. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet Novi Sad.
21. Morita, Y. 1955. Studies on orchard soils. Chapt. II. Soil atmosphere and tree growth. *Bull. nat. Inst. agric. Sci. Hiratsuka*, Ser. E No 4, pp. 88-90.
22. Oljača, R. 2009. Međusobni uticaj podloge i plemke na sadržaj makro i mikroelemenata i sintezu biomase jabuke. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Banjaluci.
23. Prica, V. 1964. Uzroci nenormalnog kretanja vegetacije na voćkama PD "Motajica" - uprava Sitneš u 1962. godini. *Poljoprivredni pregled*, VIII, broj 8-9: 529:543.
24. Prica, V. 1990. Praktikum iz opšteg voćarstva II dio, terenske vežbe. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Sarajevu.
25. Resulović, H., Bašović, M., Bisić-Hajro Dženana. 1967. Promjena mokre, vlažne i suhe faze u pseudogleđu u ovisnosti o dubini oranja i đubrenja. III Kongres JDPZ, Zagreb: 447-453.
26. Rowe, R.N., Beardsell, D.V. 1973. Waterlogging of fruit trees. *Hort. Abstracts*, Vol. 43, No.9: 533-548.

27. Tuanhui, B., Cuiying, L., Fengwang, M., Fengjuan, F., Huairui, S. 2010. Responses of growth and antioxidant system to root-zone hypoxia stress in two *Malus* species. *Plant and Soil*, Vol. 321, No. 1-2: 95-105.
28. Visser, E.J.W., Heijink, C.J., Vanhout, K.J.G.M., Voesenek, L.A.C.J., Barendse, G.W.M., Blom, C.W.P.M. 1995. Regulatory role of auxin in adventitious root formation in two species of *Rumex*, differing in their sensitivity to waterlogging. *Physiologia Plantarum* 93(1): 116-122.

The Root System of M9, M26 and MM106 Rootstocks in Pseudogley

Gordana Đurić^{1,2}, Nikola Mičić^{2,1}

¹*Genetic Resources Institute, University of Banja Luka, Republic of Srpska, BiH*

²*Faculty of Agriculture, University of Banja Luka, Republic of Srpska, BiH*

Abstract

The characteristics of the root system in M9, M26 and MM106 apple vegetative rootstocks are presented in this paper for an orchard at the time of full productivity in the plain pseudogley conditions. The previous research conducted in this orchard determined the alternating existence of two microsites, namely typical conditions of plain pseudogley and micro-depressions. Increased and prolonged moisture was identified in micro-depression conditions throughout the year in comparison to typical conditions of the plain pseudogley. The root system of the rootstocks under study was analysed in both microsites. The analysis of fine roots was conducted by using monolith method. The structure and penetrability depth of the root system were determined by a wall profile method. Histological analyses were done on fine roots using the paraffin technique and staining with Delafield's hematoxylin as well as differential staining according to Gerlach. A microsite has significant impact on all growth indicators of the root system in the rootstocks analysed. M9 and MM106 rootstocks showed the best root activity in typical pseudogley conditions, whilst in micro-depression conditions MM106 and M9 were the most active. M26 rootstock had the least active root system in both microsites.

Key words: monolith, profile, main roots, absorbing roots, histological sections.

Gordana Đurić

E-mail Address:

gordana.djuric@griunibl.rs.ba