



Prirodno-matematički fakultet – Biologija

Seminarski rad

PREŽIVLJAVANJE BILJAKA U USLOVIMA SUŠE

Predmet: Ekofiziologija

Smjer: Ekologija

Mentor: Prof. dr Danka Caković

Student: Marina Vučinić

Podgorica, Mart 2021.

SADRŽAJ:

• Uvod	1
• Cilj rada I	3
• Materijal i metode I	4
• Rezultati rada i diskusija I	8
• Zaključak I	12
• Cilj rada II	13
• Materijal i metode II	14
• Rezultati rada i diskusija II	18
• Zaključak II	24
• Literatura	24

1. UVOD

1.1 Suša i uticaj suše na biljke

Suša je abiotički činilac koji utiče na sve žive organizme. Javlja se kada su vlažnost zemljišta i vazduha niski, a temperatura vazduha visoka. Iako je voda najzastupljenije jedinjenje na Zemlji, njena dostupnost u najvećoj mjeri ograničava produktivnost biljaka, u odnosu na druge abiotičke činioce. Nedostatak vode ima veoma kompleksno dejstvo na fiziološke procese kod biljaka.

Gubitak turgora i zatvaranje stoma su prve vidljive promjene koje se javljaju pri vodnom deficitu (Kastori i Petrović, 1992). Proces fotosinteze takođe u velikoj mjeri zavisi od snabdjevenosti biljaka vodom. Mnogobrojni eksperimentalni podaci pokazuju da narušavanje normalnog prometa vode dovodi do sniženja zasićenosti asimilacionog tkiva vodom, što izaziva depresiju fotosinteze. Iz tog razloga proizilazi da su vlažnost zemljišta i relativna vlažnost vazduha vrlo važni činioci koji određuju intenzitet fotosinteze. Vodni deficit u listovima nepovoljno se odražava na intenzitet fotosinteze, a time i na rast cvjetnog stabla. Prema podacima Kazakova et al. (1986) intenzitet fotosinteze se desetostruko smanjuje usled suše. Kao posledica vodnog deficita uočava se smanjenje veličine hloroplasta, povećanje gustine stoma i narušavanje membranske strukture tilakoida (Silaeva, 1978).

Protiv nedostatka vlage biljke se bore uglavnom na dva načina. Jedan od njih je izbjegavanje suše tako što ne rastu ili slabo rastu u sušnom periodu. Drugi način je aktivno prilagođavanje uslovima suše. Biljke ubrzanim razvićem i završavanjem životnog ciklusa prije suše najčešće izbjegavaju nedostatak vode. Tolerantnost na sušu stiče se pomoću raznih fizioloških, morfoloških razvojnih adaptacija koje biljci omogućavaju ravnotežu između usvajanja vode i transpiracije ili toleranciju vodnog deficita. Osmotsko prilagođavanje je rezultat akumulacije osmotski aktivnih supstanci u citoplazmi biljne ćelije, koje snižavaju osmotski potencijal citosola, i nazivaju se kompatibilni osmoliti. Jedna od supstanci, tačnije aminokiselina koja ima veliku ulogu u održavanju osmotskog potencijala je PROLIN. Pored uloge u stabilizovanju osmotskih uslova, prolin je tokom suše uključen i u zaštitu proteina od degradacije, očuvanje strukture i aktivnosti enzima kao i u zaštitu membrana od oštećenja koja mogu da nastanu usled uticaja reaktivnih jedinjenja kiseonika .

Naucni rad br.1

Fiziološki i molekularni aspekti tolerantnosti šećerne repe prema suši- doktorska disertacija dr Marina Putnik-Delić

Šećerna repa (*Beta vulgaris*) je dvogodišnja biljka iz porodice *Chaenopodiaceae*, koja u prvoj godini stvara zadebljali korjen (repu) i rozetu listova, a u drugoj cvjetno stablo, cvijet, plod i sjeme. Šećerna repa vodi porijeklo od divljih vrsta roda *Beta* iz oblasti južne i jugozapadne Azije, Sredozemlja i Zapadne Evrope. U našoj zemlji šećerna repa je važna industrijska biljka.. Korist od njenog gajenja je mnogostruka. Ona se ogleda u značaju za ishranu stanovništva, razvoj prehrambene industrije, u pozitivnom uticaju na ratarsku i stočarsku proizvodnju .

U sadašnjem momentu prioritetni zadatak u proizvodnji šećerne repe je da se proizvede potrebna količina šećera za domaću potrošnju . Šećerna repa se gaji zbog zadebljalog dijela korjena (repe), koji je bogat šećerom.Zadebljali korjen šećerne repe sadrži u doba berbe (vađenja repe) prosječno oko 75% vode i oko 25% suve materije, od čega 16—18% šećera (saharoze) i 7,5% drugih materija, od kojih 5,0% čine materije nerastvorljive u vodi ili sirovo vlakno, (Silin, 1958). Sirovo vlakno sačinjavaju pektin 2,0%, hemiceluloza 1,1%, celuloza 1,2%, belančevine 0,1%, saponini 0,1% i pepeo 0,1%

2. CILJ RADA

Cilj ovog rada je definisanje fizioloških i molekularnih parametara koji ukazuju na povećanu tolerantnost šećerne repe prema nedostatku vode tj. tolerisanje abiotičkog stresa – suše.



3. MATERIJALI I METODE

Eksperiment je postavljen u stakleniku Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, a laboratorijske analize su sprovedene na Poljoprivrednom fakultetu, Univerziteta u Novom Sadu i u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad. Eksperiment se vršio u kontrolisanim i polukontrolisanim uslovima .

Istraživanja su sprovedena na jedanaest genotipova (označeni od 1 do 11) šećerne repe (*Beta vulgaris ssp. vulgaris, L.*). Odabrani genotipovi su u poljskim uslovima ispoljili razlike na osnovu opservativnog testa nivoa tolerantnosti prema suši i podeljeni u 3 grupe:

netolerantni (2, 5, 6 i 8) genotipovi,

srednje tolerantni (3, 7, 9 i 11) genotipovi,

tolerantni (1, 4 i 10) genotipovi .



Slika 1. Genotipovi šećerne repe gajeni u polukontrolisanim uslovima

(lijeva posuda-kontrola; desna posuda-tretman)

Biljke šećerne repe su posijane u stakleniku, u supstrat koji je bio Potgrond H (Klasmann), pomješšan sa riječnim pijeskom u zapreminskom odnosu 17,5:1 u plastične kadice 31x37x13 cm. Tokom 90 dana vlažnost zemljišta je održavana na nivou od 80% PVK. Nakon 90 dana vršeno je mjerenje dnevne potrošnje vode tako što je mjerena masa kadica sa biljkama prije i posle zalivanja tokom tri dana i

zalivanje je vršeno u skladu sa evapotranspiracijom. Biljke su tada bile u fazi 6-12 listova u lisnoj rozeti. Nakon toga je izazvan vodni deficit prestankom zalivanja, dok je kod kontrolnih biljaka zalivanje nastavljeno. Pet dana po prestanku zalivanja uzeti su uzorci biljnog materijala za analizu fizioloških i molekularnih parametara.

Za eksperiment su odabrani parametri za koje se smatralo da bi mogli da ukazuju na razlike u reakciji na nedostatak vode. Ispitivani su sledeći parametri:

- a) sadržaj vode / suve materije u zemljištu
- b) sadržaj vode / suve materije u biljnom materijalu
- c) relativan sadržaj vode (RWC)
- d) koncentracija slobodnog prolina
- e) broj listova

Sve analize su rađene u tri ponavljanja ,

a) Sadržaj vode / suve materije u zemljištu

Uzorci zemlje mase 100-150g su uzeti iz posuda u kojima su gajene biljke u polukontrolisanim uslovima i sušeni su do konstantne mase u sušnici na temperaturi 105- 130°C. Vlažnost zemljišta je izračunata pomoću obrasca:

$$\% \text{ vlažnosti zemljišta} = \frac{m_{vl} - m_{suv}}{m_{vl}} * 100, \text{ (Ćulafić i sar., 1992),}$$

m_{vl} -masa uzorka pre sušenja

m_{suv} - masa uzorka nakon sušenja

b) Sadržaj vode / suve materije u biljnom materijalu.

U biljnom materijalu % suve materije je određen tako što su uzorci sušeni u sušnici do konstantne mase na temperaturi od 105-130°C. Sadržaj suve materije u različitim organima (koren, stablo, list) je izračunat pomoću obrasca :

$$\% \text{ suve materije} = 100 - \frac{m_{vl} - m_{suv}}{m_{vl}} * 100$$

m_{vl} -masa uzorka pre sušenja, m_{suv} - masa uzorka nakon sušenja

c) Relativan sadržaj vode (RWC)

Relativan sadržaj vode (RWC) predstavlja procenat trenutne količine vode u biljnom tkivu u odnosu na količinu vode u potpuno turgescentnom istom tkivu. On se određuje na osnovu trenutnog sadržaja vode u biljnom tkivu, maksimalnog sadržaja vode (dobijenog kvašenjem tkiva) i sadržaja suve materije. Kružnim nožem je isječeno 15 diskova lista i izmjerena im je masa. Isječci su potopljeni u posudu sa destilovanom vodom i ostavljeni 3-4 časa. Višak vode sa površine listova je otklonjen filter hartijom, a potom je mjerena masa isječaka. Isječci su sušeni u sušnici do konstantne mase na temperaturi od 105-130°C do apsolutno suvog stanja (Maksimović i Pajević, 2002). RWC je izračunat prema obrascu:

$$\text{RWC} = \frac{\text{masa isječaka na početku ogleda} - \text{masa apsolutno suvih isječaka}}{\text{masa isječaka potpuno zasićenih vodom} - \text{masa apsolutno suvih isječaka}}$$

e) Koncentracija slobodnog prolina

Otpornost genotipova prema uslovima suše i osmotskog stresa cijeni se i prema sposobnosti nakupljanja slobodnog prolina (Taylor, 1996). Odmjeren je 1g svježeg biljnog materijala koji je potom homogenizovan u prisustvu 10ml 3% sulfosalicilne kiseline. Homogenat je potom profiltriran. Napravljena je reakciona smješa (2ml filtrata, kisjelog ninhidrinskog reagensa i glacijalne sirćetne kiseline). Reakcija je nastavljena u vodenom kupatilu, 15 minuta na 100°C. Epruvete su zatim premještene na led da bi se reakcija prekinula. Bojeno jedinjenje je ekstrahovano toluolom (4ml) da bi se slojevi razdvojili. Kad je rastvor doveden na sobnu temperaturu sloj toluola je prenešen u kivetu za spektrofotometrisanje. Vrijednosti su očitane na spektrofotometru. Dobijene vrijednosti su očitane sa standardne krive kao koncentracija prolina u µg u 2ml rastvora. Sadržaj prolina je izračunat na osnovu obrasca:

$$\text{Sadržaj prolina} = \frac{X \cdot 5}{\text{odvaga u g}} (\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{ sveže mase})$$

gde je X – koncentracija prolina očitana sa standardne krive u μg prolina u 2ml

5 – razblaženje pri ekstrakciji (1g u 10 ml, i od toga je 2 ml uzeto za reakciju i dalje ekstrahovanje toluolom)

e) Broj listova – brojanje.

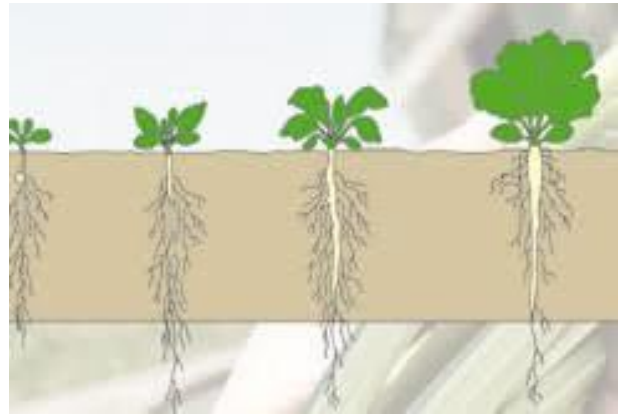
4. REZULTATI RADA I DISKUSIJA

4.1. Diferencijacija genotipova šećerne repe na osnovu fizioloških testova u polukontrolisanim uslovima

Genotipovi šećerne repe koji su korišćeni u eksperimentu u polukontrolisanim uslovima su vrlo različito reagovali na petodnevni nedostatak vode .Opadanje turgora u različitoj mjeri je bilo zastupljeno kod svih genotipova.



Slika2. Šećerna repa



Slika3. Postepen rast Šećerne repe

Kako je cilj eksperimenta bio da se ustanove fiziološki parametri koji su kod šećerne repe najrelevantniji za utvrđivanje sposobnosti podnošenja nedostatka vode ,u nastavku su prikazani parametri za koje se smatra da imaju takav potencijal. Na osnovu testiranih parametara (relativni sadržaj vode (RWC), % suve materije (SM) lista, stabla i korjena, % vlage u zemljištu na kom su biljke gajene i sadržaj slobodnog prolina) ustanovljene su razlike između genotipova (tabela 2.), kao i razlike između kontrolnih i biljaka izloženih tretmanu .

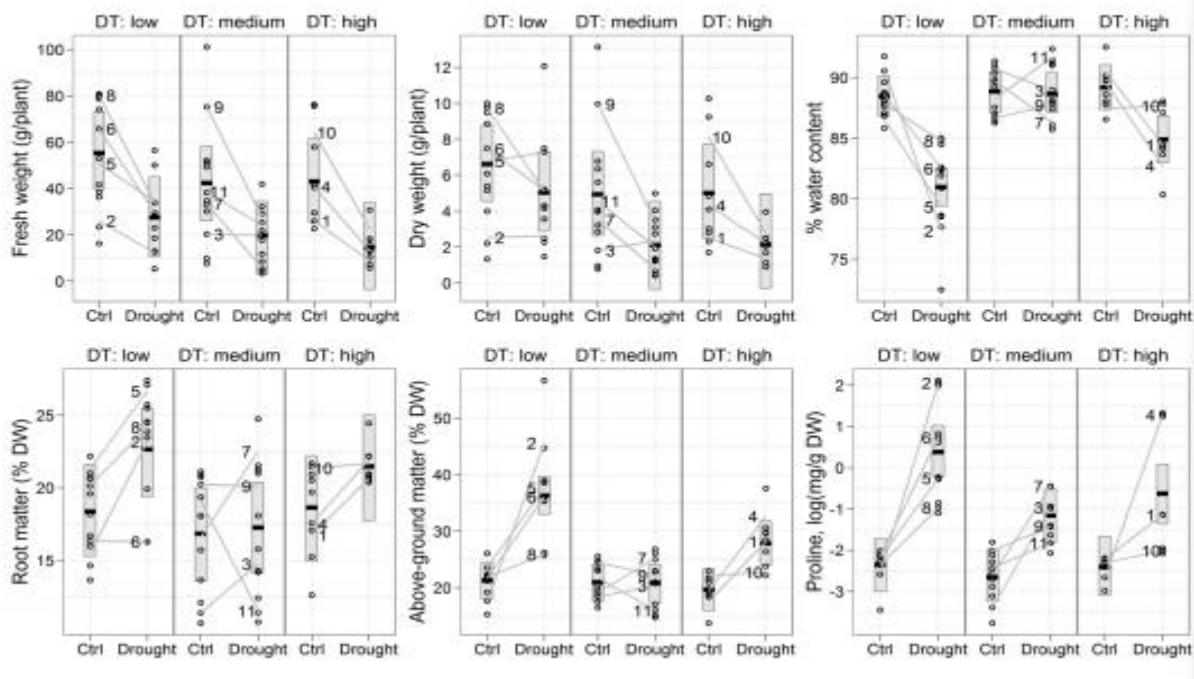
Genotip	Tretman	RWC	%SM list	% SM stablo	% SM koren	% vode u zemljištu	Prolin (mg/g suve mase)
1	kontrola	78,75	9,15	8,38	16,74	34,76	109,01
	suša	50,67	16,65	11,53	20,64	15,10	318,74
2	kontrola	74,57	9,20	8,18	15,49	38,17	75,86
	suša	40,60	28,40	17,19	23,17	23,20	7793,79
3	kontrola	84,46	10,04	8,36	11,38	40,57	33,83
	suša	58,04	12,24	8,10	14,75	11,88	381,21
4	kontrola	78,24	10,10	9,28	17,50	34,62	70,27
	suša	63,32	19,71	12,93	21,93	13,94	3599,94
5	kontrola	81,89	12,74	10,87	21,27	35,39	113,38
	suša	56,19	20,34	17,25	26,65	11,46	774,61
6	kontrola	81,98	11,57	10,05	16,33	30,40	118,18
	suša	61,82	22,42	13,64	16,28	27,87	2060,34
7	kontrola	63,87	10,00	9,13	16,58	41,07	72,67
	suša	58,84	15,71	9,50	22,49	17,59	639,26
8	kontrola	81,42	11,05	10,82	20,13	38,90	94,50
	suša	74,58	12,63	13,23	24,16	24,08	378,79
9	kontrola	86,71	11,43	13,02	20,24	40,17	133,20
	suša	81,67	11,07	11,16	20,12	35,19	242,24
10	kontrola	87,23	11,52	10,58	21,35	40,62	100,07
	suša	74,37	12,05	10,68	21,67	20,54	133,66
11	kontrola	82,51	11,17	10,57	19,11	44,26	87,85
	suša	76,56	8,74	7,23	11,52	21,90	160,83

(RWC-relativni sadržaj vode, %SM-%suve materije)

Tabela 2. Prosječne vrijednosti relativnog sadržaja vode (RWC), % suve materije (SM) u listu, stablu i korjenu, % vode u zemljištu i sadržaj slobodnog prolina kod mladih biljaka šećerne repe

Pomoću metoda najmanjih kvadrata smo testirane parametre (suvu masu korjena, stabla i lista, relativni sadržaj vode korjena, stabla i lista i % suve materije) analizirali posebno kod stresnih (nedostatak vode) i kontrolisanih uslova.

Genotipovi šećerne repe su raspoređeni u tri grupe na osnovu nivoa vizuelne procenjene tolerantnosti na sušu u polju (DT). Prosječne pozicije genotipova su prikazane sivom linijom sa intervalom poverenja od 95%



Slika 4. Efekti stresa izazvanog sušom na rast i koncentraciju prolina kod biljaka gajenih u polukontrolisanim uslovima. (**DT**- tolerantnost prema suši; low-niska; medium-srednja; high-visoka; **Ctrl**-kontrola; **Drought**-nedostatak vode; **Fresh weight** (g/plant)-sjeveža masa (g/biljci); **Dry weight** (g/plant)-suvu masu (g/biljci); **% water content**- % vode; **Root matter (%DW)**- % suve materije korijena; **Above-ground matter (%DW)** - % suve materije nadzemnog dijela; **Proline log (mg/g DW)** - koncentracija prolina nakon logaritamske transformacije originalnih promjenljivih (mg/g SM))

Pod uticajem nedostatka vode suva masa se smanjila kao i relativni sadržaj vode, dok se % suve materije povećao. Došlo je do značajnog smanjenja suve mase stabla, a i efekat na % SM i RWC je bio značajan za sve djelove (korjen, stablo i list)

Prosječne vrijednosti za suhu masu, % SM, broj listova i prolin, potvrđuju uticaj stresa na ukupnu suhu masu, čak sa 38% smanjenja SM, dok je uticaj na broj listova, % SM i prolin znatno veći. Biljke izložene stresu u prosjeku imaju oko tri lista manje, za 4% veći % SM i sedmostruko veći sadržaj prolina (tabela 4.)

Parametar	Jedinica	Vrednost/ promena
Suva masa		
Kontrola	g/biljci	4,49
Razlika usled stresa	%	-38
Broj listova/biljci		
Kontrola	N	13,4
Razlika usled stresa	N	-2,7
% suve materije		
Kontrola	%	11,2
Razlika usled stresa	%	4,2
Sadržaj prolina		
Kontrola	µg/g SM	83
Razlika usled stresa	%	+704

Tabela 4. Uticaj vodnog deficita na sadržaj SM, broj listova, % SM i sadržaj prolina

5. ZAKLJUČAK

Biljke izložene stresu u prosjeku imaju oko tri lista manje, za četiri procenta veći % SM i sedmostruko veći sadržaj prolina.

Diferenciranje genotipova pomoću parametara fluorescencije hlorofila je manje efikasno, jer su dobijene manje razlike između genotipova u poređenju sa polukontrolisanim uslovima gde je analiziran sadržaj prolina

Sinteza prolina je bila stimulirana nedostatkom vode u polukontrolisanim uslovima kod svih genotipova, a posebno kod nekih iz slabo tolerantne (2, 6) i visoko tolerantne (4) grupe, sa povećanjem od 160%. Genotipovi kod kojih je koncentracija prolina najmanje promijenjena su bili iz srednje (9, 11) i visoko (10) tolerantne grupe.

Prolin kao potencijalni parametar - indikator tolerantnosti genotipova prema suši je adekvatniji od ukupne suve mase.

Takodje dodatnim ispitivanjem dokazano je da sadržaj vode u biljkama šećerne repe u toku vegetacionog perioda, kao i voda prisutna u korjenu repe nakon vađenja, značajno utiče na intenzitet disanja. Biljke gajene u uslovima nedostatka vode imaju veći intenzitet disanja od biljaka optimalno obezbjeđenih vodom. Intenzitet disanja i gubitak šećera u korjenu repe značajno zavise od količine vode prisutne u biljci u momentu vađenja. Stoga, ako se voda u korjenu smanji za 15% aktivnost enzima invertaze se povećava čak 6 puta intenzivirajući razgradnju saharoze i/ili njenu transformaciju u druge ugljene hidrate (Petrović, 1992).

Suša pored efekta smanjenja sadržaja vode u biljnim tkivima ,može u ranim fazama da izazove i sintezu nekih specifičnih jedinjenja u korjenu. Po ovom konceptu korjen je veoma značajan „senzor“ promjena u zemljištu (ne samo nedostatak vode već i promjena u mehaničkom sastavu) o kojima „obavještava“ izdanak putem „hemijskih signala suše“ (prvenstveno biljnih hormona i to abscisinske kiseline-ABA) koji se transportuju do listova (Dodd et al., 2007).

Naučni rad br.2

**Fiziološki aspekti otpornosti hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.),
cera (*Quercus cerris* L.) i crne topole (*Populus nigra* L.) u uslovima
vodnog deficita- Doktorska disertacija Topić, M., Novi Sad:
Prirodno-matematički fakultet, Departman za biologiju i ekologiju**

2. CILJ RADA

Cilj ovog rada je utvrđivanje znanja o fiziološkim otpornostima klonova crne topole (*Populus nigra* L.) i populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) i cera (*Quercus cerris* L.) na stresne uslove suše, kao i ispitivanje sposobnosti njihovog oporavka nakon ponovnog uspostavljanja optimalnog vodnog režima.

3. MATERIJAL I METODE

Eksperiment je izvođen u trajanju od dvije godine u polu-kontrolisanim uslovima (staklari).

U prvoj godini istraživanja, u eksperimentu je korišćeno pet klonova crne topole:

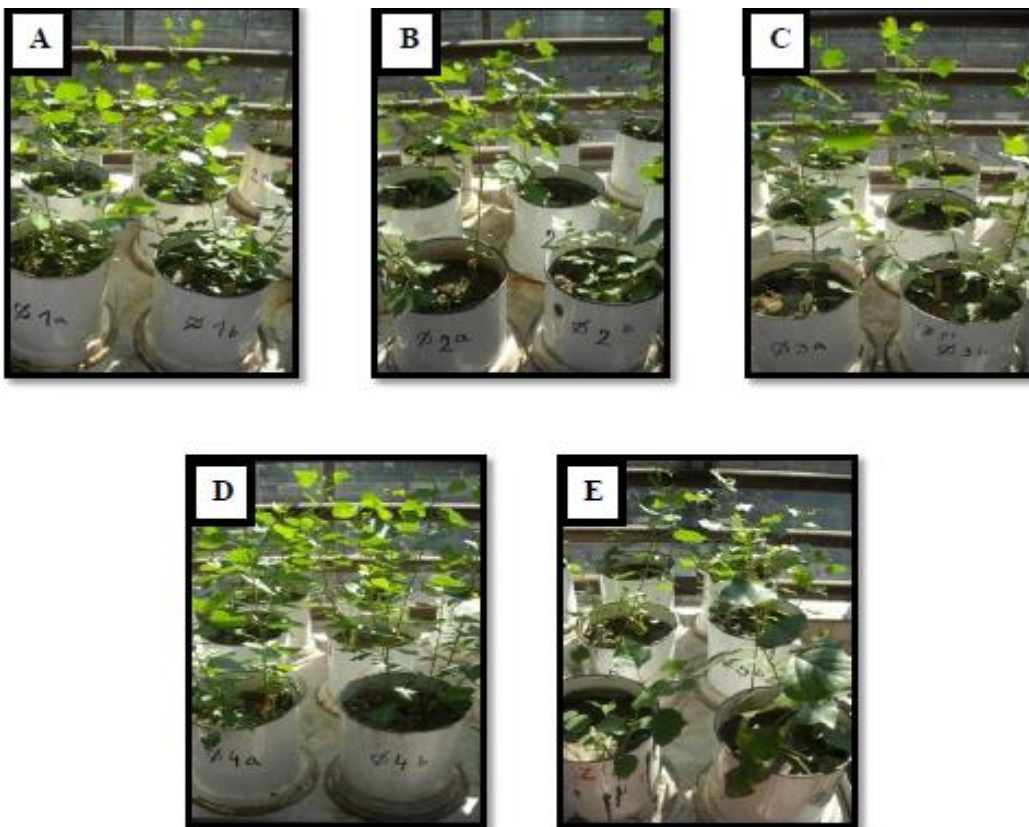
klon VII/25,

klon IX/30,

klon X/32,

klon XI/36

klon I/2 (Slika 1).



Slika 1. Klonovi crne topole (*Populus nigra* L.) gajeni u polu-kontrolisanim uslovima: klon VII/25 (A); klon IX/30 (B); X/32 (C); XI/36 (D); I/2 (E)

U drugoj godini u ogledu su korišćene četiri populacije hrasta

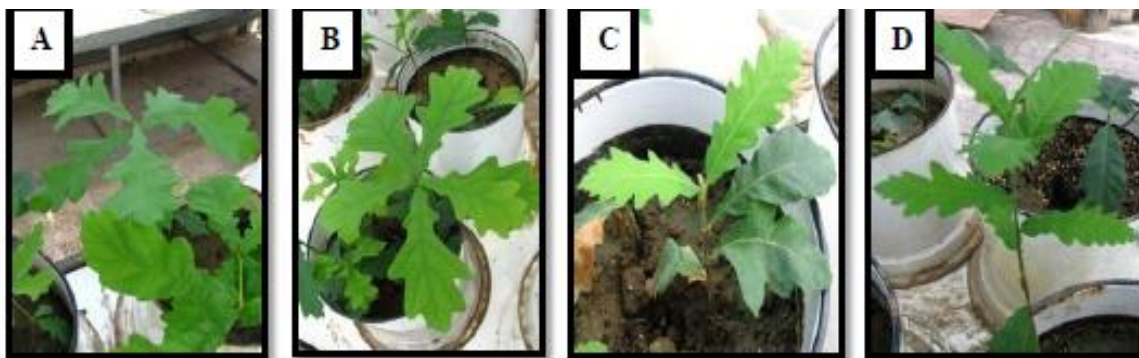
• **populacije hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.):**

1. populacija sa lokaliteta Morović (u daljem tekstu L1) (Slika 7A)
2. populacija sa lokaliteta Fruška gora, Ležimir (u daljem tekstu L2) (Slika 7B)

• **populacije hrasta cera (*Quercus cerris* L.):**

1. populacija sa lokaliteta Fruška gora, Ležimir, Ravne 1 (u daljem tekstu C1) (Slika 7C)
2. populacija sa lokaliteta Fruška gora, Ležimir, Ravne 2 (u daljem tekstu C2) (Slika 7D)

(dvije populacije hrasta lužnjaka L1 i L2 i dvije populacije hrasta cera C1 i C2),porijeklom sa različitih lokaliteta (Slika 2).



Slika 2. Populacije hrasta gajene u polu-kontrolisanim uslovima: prva populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) L1 (A); druga populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) L2 (B); prva populacija hrasta cera (*Quercus cerris* L.) C1 (C); druga populacija hrasta cera (*Quercus cerris* L.) C2 (D)

Biljke stare tri mjeseca podvrgnute su tretmanima. Prvi tretman je bio kontrolni (optimalna vlažnost zemljišta) (K), drugi je predstavljao sušu praćenu oporavkom nakon ponovnog uspostavljanja optimalne vlažnosti zemljišta (S1), a treći je bio tretman konstantne suše (S2).

3.1 Morfo-anatomska ispitivanja

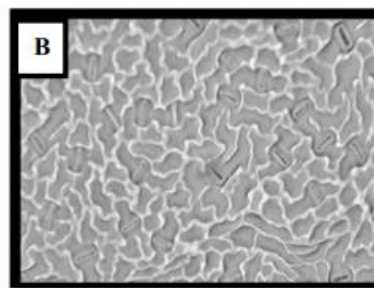
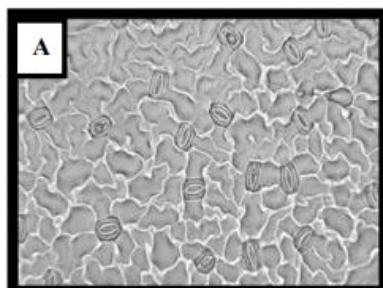
U cilju utvrđivanja uticaja suše na morfo-anatomske karakteristike ispitivanih biljnih vrsta u ovom radu, određivani su sledeći parametri (Tabela 1.)

<i>Naziv parametra</i>		<i>Jedinica</i>
Morfometrijski parametri	Relativna promena visine biljaka	%
	Apikalni rast	cm
	Relativna promena broja listova	%
	Relativni stepen rastenja	
	Indeks tolerancije na stres izračunat na osnovu visine biljke	%
Parametri koji se odnose na stome	Dužina stoma	μm
	Širina stoma	μm
	Površina stoma	μm^2
	Gustina stoma	broj stoma mm^{-2}
	Gustina epidermalnih ćelija	broj ep.ćel. mm^{-2}
	Indeks stoma	%

Tabela 1. Kvantifikovani morfo-anatomski parametri

3.2. Karakteristike stoma

Broj stoma i broj epidermalnih ćelija, kao i dimenzije stoma (dužina, širina i površina) na abaksijalnom epidermisu hrastova određeni su sa otisaka epidermisa koji su uzimani uz pomoć bezbojnog laka za nokte i selotejpa. Uzeto je 15 otisaka po populaciji (5 za svaki tretman).



3.3. Biohemijska istraživanja

Sadržaj prolina .Sadržaj amino-kiseline prolin odredjen je metodom po Bates et al. (1973). 1 g mladih listova usitnjen je i suspendovan u 10 ml 3% sulfosalicilne kiseline, čime je izvršeno taloženje .Centrifugiranjem (10 minuta na 3000 o min⁻¹) su odstranjeni proteini i ostaci ćelija. U svaku epruvetu je odmereno po 2 ml bistrog rastvora prolina iz supernatanta, kiselog ninhidrinskog reagensa i glacijalne sirćetne kiseline. Epruvete su potom inkubirane 15 minuta u vodenom kupatilu na 100 stepeni, pri čemu je nastalo jedinjenje prolina i ninhidrina crvene boje – Ruhemann-ov ljubičasti kompleks. Nakon inkubacije, epruvete su premještene na led da bi se zaustavila dalja reakcija. Formirani bojeni kompleks ninhidrina i prolina je ekstrahovan dodavanjem 4 ml toluola u ohladjene uzorke. Apsorbanca toluolskog ekstrakta prolina očitana je na UV-VIS spektrofotometru (model DU-65, Beckman) na talasnoj dužini od 520 nm. Koncentracija slobodnog prolina je izražena u $\mu\text{g g}^{-1}$ svježe biljne mase.

4. REZULTATI RADA I DISKUSIJA

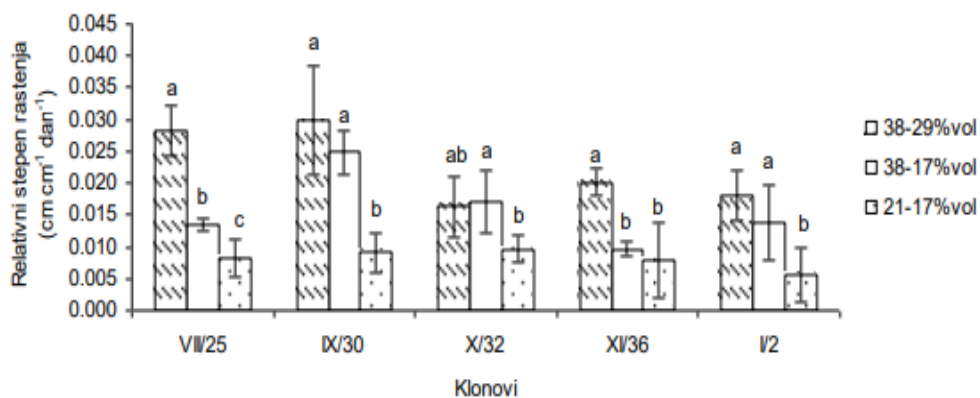
4.1. Prva godina istraživanja

Klonovi crne topole

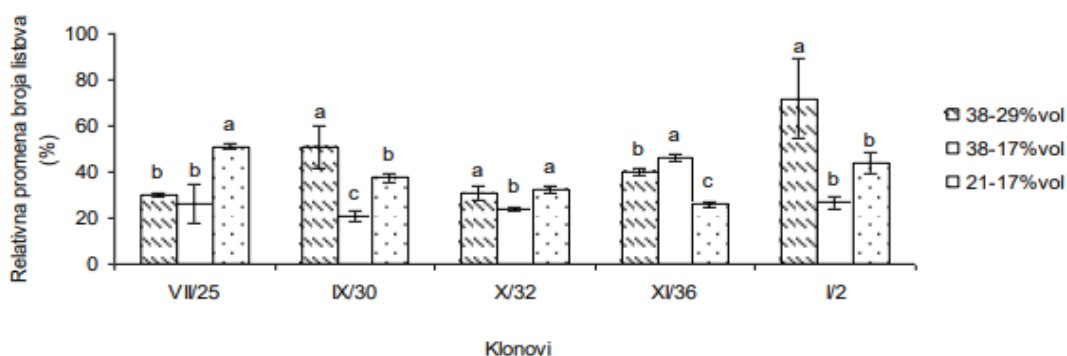
Pod uticajem tretmana konstantne suše (21-17%vol), došlo je do značajne redukcije relativne visine biljaka kod svih klonova topole u poredjenju sa kontrolom. Tretman suše praćene oporavkom (38-17% vol) takodje je uslovio značajno smanjenje relativne visine biljaka u odnosu na kontrolu kod većine klonova, ali u manjoj meri nego tretman S2 (9% vol.)

Pod uticajem sušnih tretmana (38-17% vol i 21-17% vol) relativni broj listova je bio značajno smanjen kod klonova IX/30 i I/2 . Kod ostalih genotipova su uočena neujednačena variranja vrijednosti ovog parametra na pomenutim tretmanima. Kod genotipova VII/25 i X/32, broj listova na tretmanu konstantne suše (21-17% vol) bio je sličan ili veći od broja listova na kontroli. Na tretmanu suše praćene oporavkom (38-17% vol) najveća vrijednost ovog parametra uočena je kod genotipa XI/36.

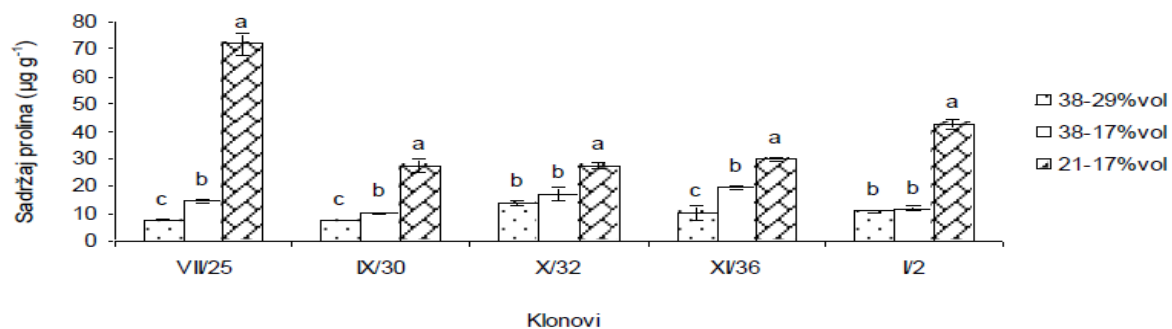
Sadržaj prolina u listovima ispitivanih klonova se povećavao sa jačinom vodnog deficita (Slika 3). Na tretmanu suše praćene oporavkom (38-17%vol), sadržaj prolina je kod klonova X/32 i I/2 bio bez statistički značajnih razlika u odnosu na sadržaj prolina kontrolnih biljaka, dok su kod preostala tri klona (VII/25, IX/30 i XI/36) uočene veće vrijednosti. Pod uticajem tretmana konstantne suše (21-17%vol) sadržaj prolina se značajno povećao kod svih klonova, a najveće povećanje je utvrđeno kod klonova VII/25 (devet puta veće u odnosu na kontrolu) i I/2 (četiri puta veće u odnosu na kontrolu).



Slika 17. Relativni stepen rastenja u zavisnosti od momentalne vlažnosti zemljišta
(NZR redom po klonovima: 0,005; 0,009; 0,007; 0,006; 0,008)



Slika 16. Relativna promena broja listova u zavisnosti od momentalne vlažnosti zemljišta (NZR redom po klonovima: 7,688; 8,840; 3,178; 2,182; 16,630)



Slika 3. Sadržaj prolina u zavisnosti od momentalne vlažnosti zemljišta
(NZR redom po klonovima: 4,665; 2,711; 3,449; 3,005; 2,285)

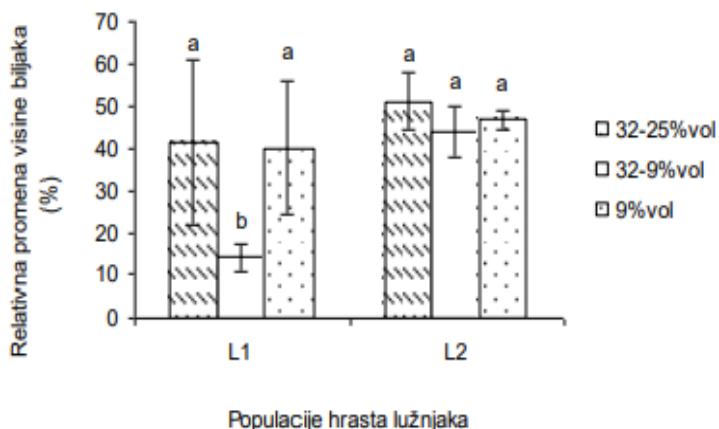
4.2. Druga godina istraživanja

Populacije hrasta lužnjaka

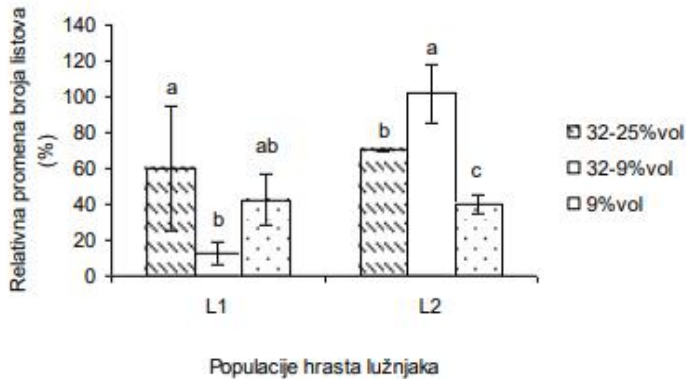
Kod obje populacije hrasta lužnjaka, tretman konstantne suše (9% vol) nije uslovio značajnu promjenu relativne visine biljaka u odnosu na kontrolu (32-25% vol) . Kod populacije L1, tretman suše praćene oporavkom (32-9% vol) doveo je do značajne redukcije relativne visine biljaka, dok kod populacije L2 nisu uočene statistički značajne razlike u poredjenju sa kontrolom (32-25% vol).

Obje populacije hrasta lužnjaka pokazale su tendenciju smanjenja relativnog broja listova na tretmanu konstantne suše. Na tretmanu suše praćene oporavkom (32-9% vol), populacija L1 je pokazala značajno manju vrijednost ovog parametra u poredjenju sa kontrolom, dok je kod populacije L2 zabilježena značajno veća vrijednost nego na ostalim tretmanima.

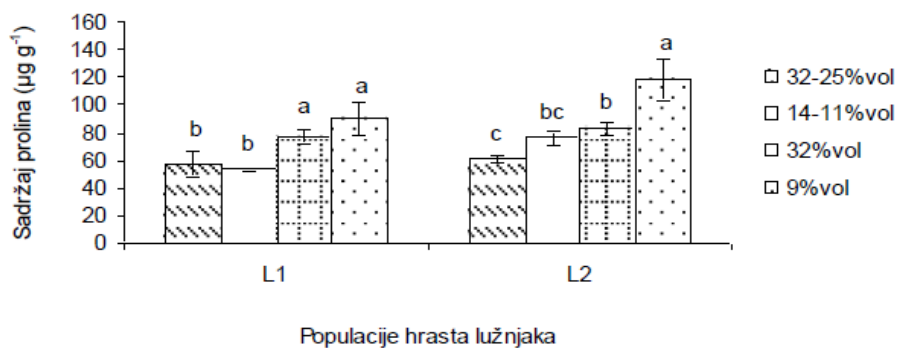
Kod obje populacije hrasta lužnjaka, najveće povećanje sadržaja prolina u listovima ovih biljaka zabilježeno je pod dejstvom tretmana konstantne suše (9% vol) (Slika 4). Kod populacije L2, vrijednost ovog parametra na pomenutom tretmanu bila je skoro duplo veća nego na kontroli (32-25% vol). Vodni deficit slabijeg intenziteta (14-11%vol) uzrokovao je značajno nižu vrijednost ovog parametra kod obje populacije u poređenju sa tretmanom S2 (9%vol). Sadržaj prolina pri oporavku (32%vol) kod obje populacije je bio značajno veći u odnosu na kontrolu.



Relativna promena visine biljaka kod populacija hrasta lužnjaka u zavisnosti od nomenatne vlažnosti zemljišta (NZR za L1: 23,355; NZR za L2: 8,487)



46. Relativna promena broja listova kod populacija hrasta lužnjaka u zavisnosti od momentalne vlažnosti zemljišta (NZR za L1: 34,944; NZR za L2: 15,973)



Slika 4. Sadržaj prolina kod populacija hrasta lužnjaka u zavisnosti od momentalne vlažnosti zemljišta (NZR za L1: 14,511; NZR za L2: 15,762)

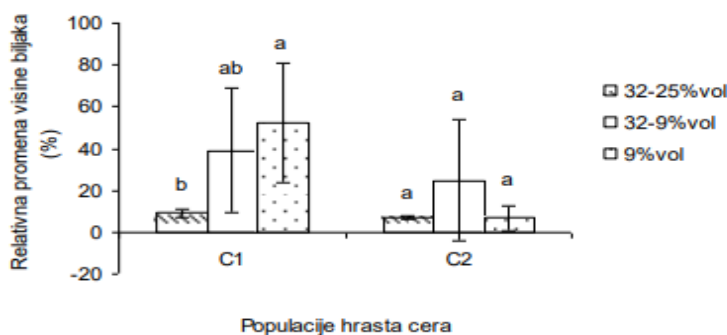
Populacije hrasta cera

Tretman konstantne suše (9%vol) nije imao negativan uticaj na relativnu visinu biljaka kod populacija hrasta cera. Kod populacije C1, vrijednost ovog parametra je na pomenutom tretmanu bila blizu 6 puta veća od vrijednosti na kontroli (32-25% vol), dok se kod populacije C2 nije značajno razlikovala od kontrolne vrijednosti. Na tretmanu suše praćene oporavkom (32-9% vol), relativna promjena visine biljaka se ni kod jedne populacije nije razlikovala u poredjenju sa vrijednostima na kontroli.

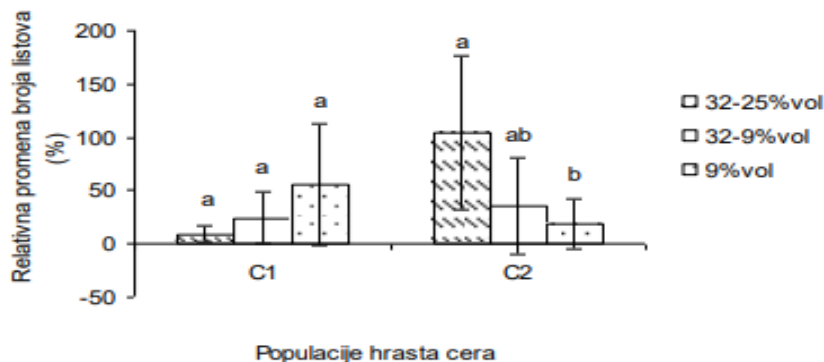
Sušni tretmani (32-9% vol i 9% vol) su takodje usloveli populacijski-specifično variranje i kada je u pitanju relativni broj listova. Kod populacije C2, vrijednosti ovog parametra imale su tendenciju opadanja, a kod populacije C1 tendenciju

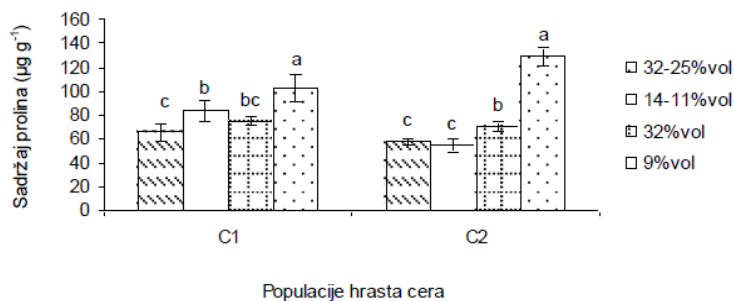
povećanja, sa smanjenjem momentalne vlažnosti zemljišta. Dobijene vrijednosti na sušnim tretmanima se nisu razlikovale u odnosu na kontrolu kod populacije C1. Medjutim, kod populacije C2, relativan broj listova je na tretmanu konstantne suše (9%vol) bio značajno manji nego na kontroli.

Na tretmanu konstantne suše (9%vol), kod obje populacije hrasta cera je utvrđen značajno veći sadržaj prolina u poređenju sa drugim tretmanima (Slika 5). Veću vrijednost ovog parametra u uslovima jakog vodnog deficita (9% vol) pokazala je populacija C2, kod koje je sadržaj prolina bio duplo viši od sadržaja prolina na kontroli (32-25%vol). Suša slabijeg intenziteta (14-11%) dovela je do značajno manje akumulacije prolina u listovima ovih biljaka u poređenju sa tretmanom S2. Pod uticajem ponovnog uspostavljanja optimalnog snabdijevanja biljaka vodom pri oporavku (32%vol), sadržaj prolina se kod populacije C1 nije značajno razlikovao od sadržaja prolina u listovima kontrolnih biljaka, dok je kod populacije C2 bio daleko veći u poređenju sa kontrolom.



48. Relativna promena visine biljaka kod populacija hrasta cera u zavisnosti od momentalne vlažnosti zemljišta (NZR za C1: 38,181; NZR za C2: 27,624)





Slika 5. Sadržaj prolina kod populacija hrasta cera u zavisnosti od momentalne vlažnosti zemljišta (NZR za C1: 15,583; NZR za C2: 10,219)

Povećanje sadržaja prolina pod uticajem vodnog deficita, bilo je dominantno na tretmanu konstantne suše (S2) u oba ogleda. Najveća koncentracija prolina u listovima na pomenutom tretmanu u odnosu na kontrolu zabilježena je kod klonova topole VII/25 i I/2, populacije hrasta lužnjaka L2 i populacije hrasta cera C2. Oporavak na tretmanu S1 je uslovio redukciju ovog parametra, a dobijene vrednosti su bile slične ili veće od onih na kontroli.

Broj stoma i broj epidermalnih ćelija, i dimenzije stoma

Kod tretmana konstantne suše (S2) je u većoj mjeri uticao na redukciju dimenzija stoma nego tretman suše praćene oporavkom (S1). Populacija hrasta lužnjaka L2 pokazala je veliki stepen prilagodjenosti na sušu jer je na tretmanu S2 imala značajno veću gustinu stoma i manje dimenzije stoma u poredjenju sa kontrolom. Kod biljaka iz populacije hrasta cera C2, takodje su uočene značajno manje dimenzije stoma u uslovima jake suše (S2) kao vid adaptacije na vodni deficit. Kod populacije hrasta lužnjaka L1 i populacije hrasta cera C1 nisu utvrđene značajne razlike medju tretmanima u dimenzijama stoma, a takodje niti u njihovoj gustini.

6. ZAKLJUČAK

U radu je ispitan uticaj vodnog deficita i oporavka (ponovnog uspostavljanja optimalnog snadbjevanja biljaka vodom nakon perioda suše) na morfo-anatomske, fiziološke i biohemijske osobine klonova crne topole i populacije hrasta lužnjaka i cera. Variranje ispitivanih parametara bilo je specifično, i zavisilo je od momentalne vlažnosti zemljišta na primjenjenom tretmanu i od genotipa biljke.

Akumulacija prolina u uslovima vodnog deficita smatra se adaptivnim odgovorom koji povećava opstanak biljaka i vodni status biljnih tkiva. Sadržaj prolina u listovima ispitivanih biljnih vrsta zavisio je od jačine vodnog deficita, kao i to da je promjena sadržaja prolina bila genotipski specifična.

Zaključujemo da se prolin ponaša kao osmotski aktivna supstanca i tako sprečava gubitak vode iz ćelija i štiti biljku od isušivanja. Ovo se može smatrati kao fiziološki odgovor biljaka na sušu, pa se prolin može koristiti kao biohemijski marker inteziteta stresa izazvanog ovim poremećajem okoline.

Ovi literaturni podaci ukazuju da akumulacija prolina u uslovima stresa kod mnogih biljnih vrsta može biti u korelaciji sa tolerancijom na stres, kao i to da su vrijednosti ovog parametra obično veće u biljkama tolerantnim na stres nego u onim osjetljivim na njega. Ovo je bilo potvrđeno i u mnogim studijama o topolama, u kojima je konstatovano da genotipovi koji akumuliraju veći sadržaj prolina u uslovima vodnog deficita imaju veću toleranciju na sušu u poređenju sa onim kod kojih je, u istim uslovima, utvrđen procentualno manji sadržaj ove amino-kiseline u biljnom tkivu (Topić, 2015).

Relativan broj listova je kod populacije C1 takodje je pokazao tendenciju povećanja sa napredovanjem vodnog deficita na primjenjenim tretmanima. Na osnovu uticaja tretmana konstantne suše (S2) na visinu biljke i apikalni rast u odnosu na kontrolu, može se uočiti veći stepen tolerantnosti na vodni deficit hrastova u odnosu na topole.

Što se tiče stoma, uočene su značajno manje dimenzije stoma i veća gustina stoma u uslovima jake suše (S2) kao vid adaptacije na vodni deficit.

LITERATURA:

1. Đukić, M.(2016). Ekofiziologija biljaka. Beograd. Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet.
2. Topić, M.(2015). Physiological aspects of resistance of common oak (*Quercus robur* L.), the Turkey oak (*Quercus cerris* L.) and black poplar (*Populus nigra* L.) under conditions of water deficit. Doktorska disertacija, Novi Sad: Prirodno-matematički fakultet, Departman za biologiju i ekologiju
3. <https://nardus.mpn.gov.rs/handle/123456789/8732> Fiziološki i molekularni aspekti tolerantnosti šećerne repe prema suši Mr Putnik-Delić
4. <https://www.tehnologijahrane.com/knjiga/secerna-repa-2#toc-i-opti-deo>
5. <https://nardus.mpn.gov.rs/bitstream/handle/123456789/1672/Disertacija.pdf?sequence=6&isAllowed=y>