NAUČNI INSTITUT ZA RATARSTVO I POVRTARSTVO
NOVI SAD

"Zbornik radova", Sveska 37, 2002.

UTICAJ VODNOG POTENCIJALA NA PARAMETRE VODNOG REŽIMA I FLUORESCENCIJE HLOROFILA MLADIH BILJAKA ŠEĆERNE REPE (Beta vulgaris, ssp. vulgaris)

Arsenijević-Maksimović, Ivana, Petrović, N., Kastori, R., Kovačev, L., Kevrešan, Ž., Sklenar, P.[1]

IZVOD

Ispitivan je uticaj blagog, dugotrajnog vodnog deficita (21 dan) na neke parametre vodnog režima i fluorescencije hlorofila mladih biljaka šećerne repe. Ogledi su izvedeni na osam različitih genotipova, metodom vodenih kultura, u polukontrolisanim uslovima. Osmotski potencijal hranljivog rastvora je PEG-om doveden do 0,1 MPa. Pod uticajem vodnog deficita došlo je do smanjenja mase suve materije korena i nadzemnog dela, lisne površine, kao i do smanjenja F_v/F_m parametra fluorescencije kod svih genotipova, ali ne u istoj meri. Promenjen je broj stoma na licu i naličju lista, intenzitet transpiracije i vodni potencijal provodnih sudova stabla, a povećan je difuzni otpor stoma, koncentracija rastvorenih materija u soku provodnih sudova i sadržaj prolina u listovima. Nije uočena zakonitost promene pokazatelja rasta, vodnog režima i fluorescencije hlorofila kod svih genotipova koja bi poslužila kao jedinstveni kriterijum za ocenu tolerantnosti genotipova prema suši, ali su se u datim uslovima, u odnosu na analizirane parametre, genotipovi 1 i 8 pokazali kao najmanje tolerantni.

KLJUČNE REČI: šećerna repa, PEG, vodni deficit, lisna površina, stome, transpiracija, osmotska vrednost ćelijskog soka, prolin, fluorescencija hlorofila

Uvod

Genetski potencijal gajenih biljaka za prinos se izuzetno retko ostvaruje zbog ograničavajućeg delovanja različitih biotičkih i abiotičkih činilaca (Itai et

[1] Dr Ivana Arsenijević-Maksimović, docent, dr Novica Petrović, redovni profesor, Poljoprivredni fakultet Novi Sad i Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, dr Rudolf Kastori, redovni profesor, dr Lazar Kovačev, naučni savetnik, dr Pavle Sklenar, naučni saradnik, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, mr Žarko Kevrešan, Tehnološki fakultet, Novi Sad

al., 2002). Jedan od najučestalijih abiotičkih stresnih faktora sredine u kojoj biljke žive je suša. U svetskim razmerama, uključujući i našu zemlju, suša je činilac koji u najvećoj meri ograničava prinos gajenih biljaka. Stvaranje genotipova šećerne repe koji će ostvarivati visok prinos i dobar tehnološki kvalitet korena u uslovima ograničenih količina vode u toku vegetacije je jedan od ciljeva oplemenjivačkog programa Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu.

Dejstvo suše je vrlo kompleksno jer praktično nema procesa u biljnom metabolizmu koji je indiferentan prema nedostatku vode. Biljne vrste i genotipovi se, osim prema potrebama za vodom, razlikuju i prema sposobnosti da prilagode metabolizam uslovima vodnog deficita. Sa agronomskog stanovišta važno je da se pri tome u što manjoj meri ispolji negativan uticaj na visinu prinosa i njegov kvalitet. Problem u proučavanju suše predstavlja činjenica da ne postoji jedan fiziološki, anatomski ili morfološki pokazatelj koji bi se mogao koristiti kao kriterijum za ocenu tolerantnosti genotipova prema suši. Zato se po pravilu prate različiti pokazatelji rasta biljaka i njihovog vodnog i osmotskog statusa (masa sveže i suve materije, lisna površina, karakteristike stominog aparata, sadržaj osmotski aktivnih matrija, aktivnost pojedinih enzima, i dr.) kao i eventualne promene u hemijskom sastavu biljaka i na osnovu njihove analize i međusobnih odnosa donosi se zaključak o stepenu tolerantnosti/osetljivosti određenog genotipa prema suši.

Osmotsko prilagođavanje biljaka uslovima suše podrazumeva promenu osmotskog potencijala u cilju održavanja turgorovog pritiska bez obzira na uslove vodnog deficita u kojima se biljka nalazi. Smatra se da zona aktivnog rasta lista ima veći potencijal za osmotsko prilagođavanje nego već formirani deo lista, kao i da osmotsko prilagođavanje lista treba ocenjivati na osnovu zajedničkih podataka o zapremini lisnog tkiva i sadržaja vode u njemu. Zato je potrebno osim osmotskog potencijala uzeti u obzir i koncentraciju rastvorenih materija (koncentraciju ćelijskog soka). Sposobnost osmotskog prilagođavanja se stoga u nekim slučajevima može koristiti kao selekcioni kriterijum u oplemenjivačkom radu (Walker, 1992).

U uslovima suše u biljkama dolazi do niza fizioloških, biohemijskih i molekularnih promena. Ove promene uključuju porast sadržaja i preraspodelu ABA u biljci, zatvaranje stoma, opadanje intenziteta fotosinteze, promene u ekspresiji gena (Zeevaart and Creelman, 1988), smanjuje se porast nadzemnog dela, korena, fotosintetički aktivna površina i, kao rezultat svega, intenzitet produkcije organske materije.

Akumulacija aminokiseline prolina je uobičajen metabolički odgovor biljaka na vodni deficit, povećanu zaslanjenost i druge stresne uslove. Prolin štiti membrane i proteine od štetnog dajstva visokih koncentracija neorganskih jona i temperaturnih ekstrema (Taylor, 1996). Udeo prolina u ćelijama u stresnim uslovima može da čini preko 80% svih slobodnih aminokiselina. Njegova koncentracija u citoplazmi može preći i 200 mM. Time prolin postaje najzastupljenija rastvorena supstanca, i zahvaljujući tome značajno doprinosi regulaciji osmotskog pritiska (potencijala) citoplazme. Tolerantnost genotipova prema uslovima suše i osmotskog stresa ceni se zato i prema sposobnosti nakupljanja

slobodnog prolina. Prolin sintetisan u toku perioda vodnog deficita može da posluži kao organska rezerva azota koju biljka koristi u toku oporavka. Zatim, postoje dokazi da je razgradnja prolina u mitohondrijama (koja inače stalno teče u biljci ali se u stresnim uslovima intenzivira) direktno povezana sa transportom elektrona u procesu stvaranja ATP-a. Razgradnja prolina tako može da dovede do poboljšanja energetskog bilansa ćelija koje se oporavljaju od stresa (Rhodes, 1987; Larher et al., 1993).

U zdravom, fotosintetički aktivnom listu svetlosna energija apsorbovana od strane PSII se može podeliti na tri komponente: oko 80% apsorbovane energije čini hemijska komponenta (upotrebljava se za asimilaciju ugljenika), oko 17% se oslobađa u vidu toplotne energije i oko 3% se reemituje u vidu fluorescencije hlorofila. Veza između fluorescencije hlorofila i fotohemijske aktivnosti PS II može se sagledati preko parametara indukcije fluorescencije: F_0, F_m, F_v, F_v/F_m. Brzina porasta fluorescencije od F_0 do F_m zavisi od efikasnosti zatvaranja reakcionih centara i od efikasnosti transporta ekscitona od zatvorenih do otvorenih centara (od povezanosti fotosintetičkih jedinica). Razlika između F_m i F_0 predstavlja varijabilnu komponentu fluorescencije, F_v (Hsu, 1992; Bukhov et al., 1992; Ireland et al., 1985). Smanjenje ove vrednosti u brzoj fazi indukcije fluorescencije ukazuje na nefotohemijsko - energetsko gašenje fluorescencije, odnosno na poremećaj u radu PS II. U optimalnim životnim uslovima ovaj parametar je u velikoj meri stabilan i vrednost mu se kreće oko 0,8 (Björkman, 1987). Zato se parametar F_v/F_m koristi za otkrivanje oštećenja u PS II izazvanih nepovoljnim životnim uslovima (suša, ekstremne temperature, intoksikacija, i dr.).

U radu su ispitani fiziološki pokazatelji - indikatori vodnog statusa biljke - sa ciljem da se ocene genotipovi šećerne repe u ranim fazama rasta i razvića prema tolerantnosti na sušu. Isti genotipovi su u poljskim uslovima pokazali varijabilnost u odnosu na ovo svojstvo.

Materijal i metode

U ogledima je korišćeno 8 genotipova šećerne repe (*Beta vulgaris, Chenopodiaceae*), od kojih sedam pripadaju *ssp. vulgaris* (oznake od 1 do 8), a jedan *ssp. maritima* (oznaka 9): 2nmm "O"1102-3-7 (linija 1234, p. 399) (1), 2nMM C-39 (linija 3484, p.25) koji ispoljava kvantitativnu otpornost prema rizomaniji (2), 2nmm "O"11547 poreklom iz Ukrajine (K-2, p. 574) (3), 2nMM C-78 (linija 3486, p. 27) (4), 2nMM MTRB (linija 3465, p. 6) koji pokazuje kvantitativnu otpornost prema rizomaniji (6), 2nmm "O"21223 (3412, p. 553) otporan prema cerkospori (7), 2nmm "O" GRRT (linija 3416, p. 555) koji pokazuje kvalitativnu otpornost prema rizomaniji (8), i 2nMM C-51 (linija 3493, p. 34) otporan prema rizomaniji, 2nMm, *B. mar* (9). koji se koriste u oplemenjivačkom programu Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu i koji su u poljskim uslovima različito ocenjeni na tolerantnost prema suši. Ogled je izveden u polukontrolisanim uslovima, u staklari.

Po 400 semena odabranih genotipova šećerne repe je 20 sati držano u destilovanoj vodi na sobnoj temperaturi, da nabubri. Seme je zatim posejano u vermikulit i posude su smeštene u termostat gde je naklijavanje teklo u mraku, pri temperaturi od 24 °C. Nakon 8 do 10 dana (zavisno od genotipa) ponici su presađeni u sudove za gajenje biljaka metodom vodenih kultura. Biljke su gajene na potpunom hranljivom rastvoru po Hoagland-u (Hoagland i Arnon, 1950). Po 8 biljaka svakog genotipa je presađeno u 12 ponavljanja (96 biljaka po genotipu).

Preliminarnim ogledima je ustanovljeno da osmotska vrednost hranljivog rastvora od 0,1 MPa dovodi do ispoljavanja simptoma vodnog deficita na biljkama šećerne repe a da pri tom ne deluje potpuno inhibitorno. Na osnovu toga zaključeno je da se rastvor osmotskog pritiska 0,1 MPa može koristiti za ispitivanje uticaja vodnog deficita u toku određenog vremenskog perioda u toku kog bi mlade biljke šećerne repe mogle da ispolje svoje adaptibilne sposobnosti na ovaj stres. Za izazivanje vodnog deficita korišćen je polietilen glikol (PEG). To je inertan, nejonski polimer koji se ne uključuje u metabolizam biljaka zbog čega je našao primenu u proučavanjima vodnog režima (Lawlor, 1970; Oertli 1985, 1986).

Nakon 30 dana rasta na potpunom hranljivom rastvoru, biljke iz 7 posuda svakog genotipa premeštene su na potpun hranljivi rastvor kome je dodat PEG 6000 u koncentraciji koja obezbeđuje osmotsku vrednost rastvora od 0,1 MPa (PEG), a biljke preostalih 5 posuda svakog genotipa su i dalje gajene na potpunom hranljivom rastvoru (kontrola). Potrebna masa PEG 6000 koju treba dodati u svaku posudu sa biljkama kako bi konačna osmotska vrednost rastvora bila 0,1 MPa izračunata je na osnovu jednačine regresije $y=0.0028x^2+0.0052x$ koja je eksperimentalno dobijena za konkretni PEG 6000 koji nam je bio na raspolaganju, kao što je opisano u Money (1989), koristeći automatski mikro-osmometar Roebling, tip 12/12 DR.

Svakodnevno je vršena aeracija rastvora uduvavanjem vazduha, a rastvori su menjani svaka 3 do 4 dana.

Tretman je trajao 21 dan, nakon čega se pristupilo analizi biljaka. Određena je sveža masa nadzemnog dela i korena i suva masa nakon sušenja na 70°C do konstantne mase. Izračunat je sadržaj suve materije (%) i određen je vodni deficit metodom sušenja i kvašenja kružnih isečaka lista (vodni deficit, Wd, izračunat je kao: (masa turgescentnih isečaka - masa intaktnih isečaka) / (masa potpuno turgescentnih isečaka - masa apsolutno suvih isečaka)100). Lisna površina je merena automatskim fotoelektričnim meračem LI-3000 (Automatic Area Meter LI-3000, LI-COR, USA). Gustina stoma na licu i naličju lista određena je pomoću svetlosnog mikroskopa, na otiscima epidermisa uzetim pomoću bezbojnog laka za nokte i selotejpa, u 12 ponavljanja. Difuzni otpor stoma određen je porometrom LI-1600 (Steady State Porometer, LI-COR, USA), na naličju listova, u 10 ponavljanja. Intenzitet transpiracije određen je gravimetrijski, u 12 vremenskih intervala u toku 3 dana. Vodni potencijal određen je pomoću aparata po Scholander-u (Scholander et al., 1964). Sok provodnih sudova sakupljen je u kivetama istiskivanjem pomoću aparata po Scholander-u i njegova koncentracija

određena pomoću automatskog mikro-osmometra (Roebling, type 12 / 12 DR, Cambridge, UK). Sadržaj prolina određen je kao što je opisano u Bates (1973).

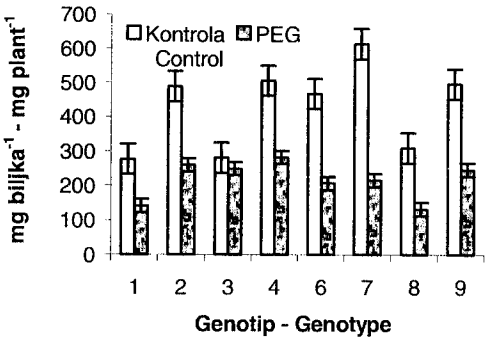
Merenje parametara iz krivih fluorescencije vršeno je pomoću fluorimetra (PSM, Plant Stress Meter), BioMonitor S.C.I. AB. Prethodna adaptacija listova na uslove mraka je trajala 30 min, što je dovoljno da se ostvari otvaranje svih reakcionih centara PS II. Osvetljavanje je vršeno aktinskom svetlošću intenziteta $h\nu=200$ μmol fotona $m^{-2}s^{-2}$ u toku 5 ms, koju daje halogena lampa (talasna dužina od 330 do 660 nm, pikom na $\lambda=100$ nm).

Rezultati su statistički obrađeni izračunavanjem srednje vrednosti i standardne greške srednje vrednosti (SE).

Rezultati i diskusija

Masa suve materije nadzemnog dela genotipova gajenih u uslovima vodnog deficita bila je manja u odnosu na kontrolu (Sl. 1). Smanjenje mase suve materije je bilo najveće kod genotipa 7 (65%), a najmanje kod genotipa 3 (11%), dok je kod ostalih genotipova bilo oko 50%. Masa suve materije korena je kod biljaka tretiranih PEG-om bila manja u odnosu na kontrolu, izuzev kod genotipa 3 gde je bila veća (Sl. 2). Apsolutne vrednosti mase suve materije nadzemnog dela i korena nakon tretmana PEG-om bile su najmanje kod genotipova 1 i 8, koji su i na osnovu vizuelne dijagnostike ocenjeni kao najmanje tolerantni na stres kome su izloženi. U celini, smanjenje mase korena kod biljaka ogledne grupe je bilo nešto manje nego kod nadzemnog dela, iako je koren bio u neposrednom kontaktu sa PEG. Odnos mase nadzemnog dela i mase korena je u uslovima nedostatka vode smanjen kod genotipova 1, 3, 6, 7, 8 i 9 između 16 i 44%, dok je kod genotipova 2 i 4 porastao za 6 odnosno 24%. Zekri (1995) je u ogledu sa 7 genotipova citrusa tretiranih različitim koncentracijama PEG-a takođe konstatovao veće smanjenje mase nadzemnog dela nego korena. U poljskim ogledima sa šećernom repom Clover et al (1999) su ustanovili smanjenje ukupne mase biljaka šećerne repe za 26%, pri čemu je smanjenje lisne mase bilo manje od smanjenja mase korena i iznosilo 20 odnosno 29%. Promena odnosa mase nadzemnog dela i korena u uslovima vodnog stresa može da bude od značaja za tolerantnost biljaka prema suši. Može se pretpostaviti da sužavanje ovog odnosa povoljno utiče na tolerantnost a širenje nepovoljno.

Sadržaj suve materije u korenu bio je veći kod biljka tretiranih PEG-om (Sl. 3). Ovo povećanje je bilo najveće kod genotipova 4 i 1 gde je iznosilo oko 50%, a najmanje kod genotipa 7 (manje od 1%). Sadržaj suve materije u nadzemnom delu nije imao istu tendenciju kod svih genotipova (Sl. 4). Kod genotipova 1, 2 i 9 nedostatak vode je doveo do povećanja sadržaja suve materije, dok je kod ostalih genotipova izazvao njegovo smanjenje. Povećanje (i promena ovog parametra uopšte) je bilo najintenzivnije kod genotipa 9 i iznosilo je 38,5%. U celini, nedostatak vode je najviše uticao na promenu sadržaja suve materije korena i nadzemnog dela kod genotipova 1, 4 i 9.

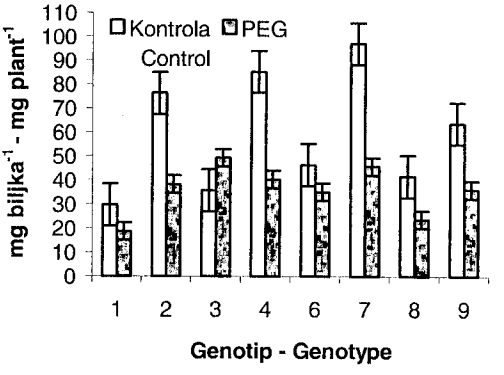


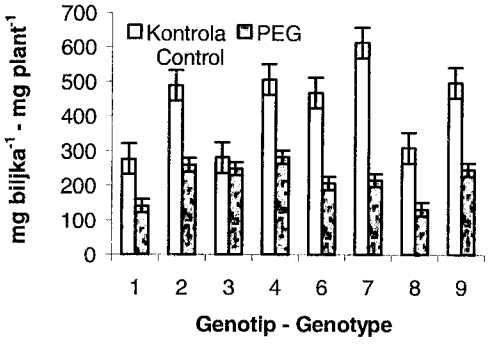
Sl. 1. Masa suve materije nadzemnog dela mladih biljaka šećerne repe u uslovima nedostatka vode

Fig. 1. Dry matter mass in shoots of young sugar beet plants under water defficit conditions

Sl. 2. Masa suve materije korena mladih biljaka šećerne repe u uslovima nedostatka vode

Fig. 2. Dry matter mass in roots of young sugar beet plants under water defficit conditions





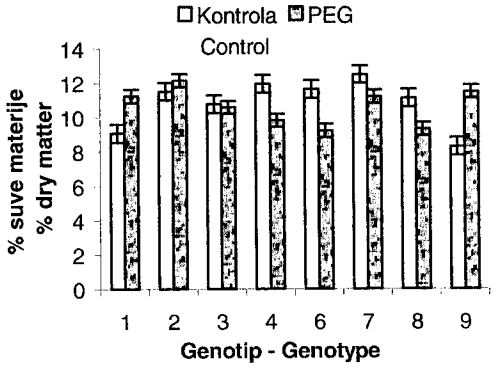
Sl. 3. Sadržaj suve materije u korenu mladih biljaka šećerne repe u uslovima nedostatka vode

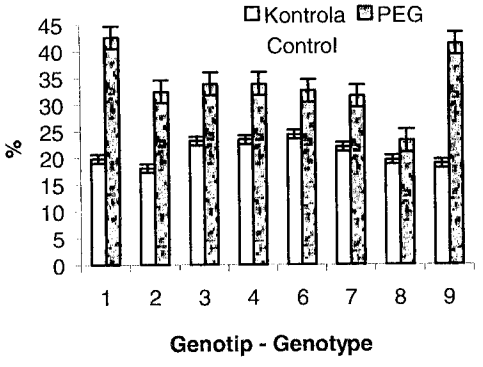
Fig. 3. Dry matter content in roots of young sugar beet plants under water defficit conditions

Vodni deficit u listovima je porastao pod uticajem PEG-a što ukazuje da je primenjena koncentracija PEG-a zaista bila stresogena (Sl. 5). Najveći porast vodnog deficita uočen je kod genotipova 1 i 9 (za 22,8 i 22,5%). Stepen porasta vodnog deficita je kod genotipova 2, 3, 4, 6 i 7 bio na nivou umerenog, dok je kod genotipa 8 bio povećan za samo 3,5%. Biljke kontrolne grupe svih 8 genotipova pokazivale su normalan, za transpiraciju stimulativan vodni deficit koji se kretao od 18 (genotip 2) do 24% (genotip 6).

Sl. 4. Sadržaj suve materije u nadzemnom delu mladih biljaka šećerne repe u uslovima nedostatka vode

Fig. 4. Dry matter content in shoots of young sugar beet plants under water defficit conditions



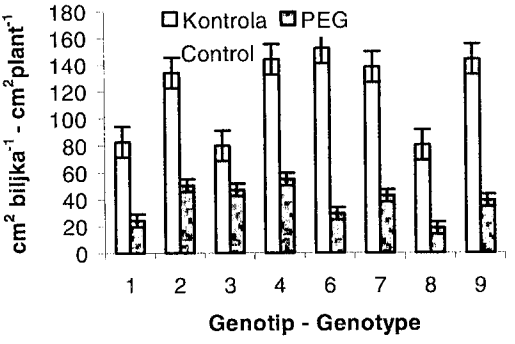


Sl. 5. Vodni deficit u listovima mladih biljaka šećerne repe u uslovima nedostatka vode

Fig. 5. Water defficit in leaves of young sugar beet plants under water defficit conditions

Sl. 6. Veličina lisne površine mladih biljaka šećerne repe u uslovima nedostatka vode

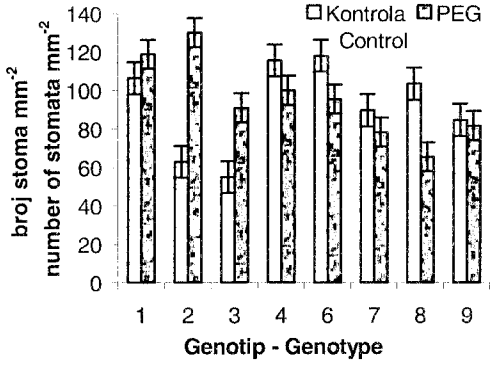
Fig. 6. Leaf area in young sugar beet plants under water defficit conditions



Lisna površina je usled nedostatka vode smanjena u proseku na jednu trećinu (Sl. 6). Najveće smanjenje utvrđeno je kod genotipova 6 i 8 (za 80,7 i 77,0%), a srazmerno najmanje je opala površina listova genotipa 3 (za 40,8%). Inače, bez obzira na tretman PEG-om, testirani genotipovi se prema veličini lisne površine mogu podeliti u dve grupe. Jednoj pripadaju genotipovi 1, 3 i 8 i njihova lisna površina je oko 80 cm^2 po biljci, a drugoj genotipovi 2, 4, 6, 7 i 9 sa lisnom površinom između 134 i 152 cm^2. Smanjenje lisne površine odnosno fo-

tosintetički aktivne površine dovodi do smanjenja produkcije organske materije a time i porasta cele biljke (Walker, 1992, Petrović 1986). Vodni deficit i kod drugih biljnih vrsta usporava pojavu novih listova, smanjuje njihov broj, brzinu rasta liske i ukupnu lisnu površinu (Gutierrez-Boem and Thomas, 1998).

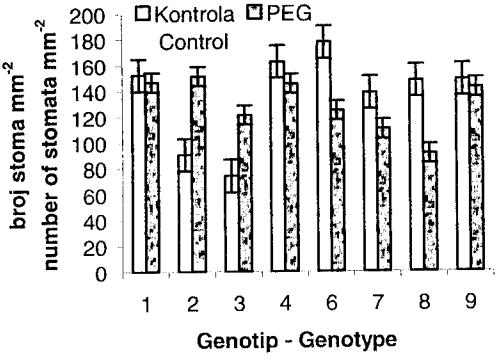
Broj stoma po jedinici lisne površine bio je kod svih genotipova veći na naličju (Sl. 8) nego na licu lista (Sl. 7), što je u saglasnosti sa rezultatima Petrovića (1986). Pod uticajem nedostatka vode, gustina stoma na licu lista je povećana kod genotipova 1, 2 i 3 a na naličju lista kod genotipova 2 i 3, dok kod genotipa 1 nije značajno promenjena na naličju lista. Povećanje broja stoma i broja epidermalnih ćelija po jedinici lisne površine se smatra kseromorfnom karakteristikom (Oppenheimer, 1960), pa se u skladu s tim u uslovima nedostatka vode i očekuje povećanje broja stoma po jedinici površine. Kod genotipa 9 gustina stoma nije značajno promenjena ni na licu ni na naličju, dok je kod genotipova 4, 6, 7 i 8 gustina stoma je značajno smanjena i na licu i na naličju lista. Smanjenje broja stominih otvora utiče na smanjenje intenziteta trasnspiracije ali i razmene gasova. U tom smislu bi bilo svrsishodno izmeriti i veličinu stoma i uporediti je kod genotipova raslih u optimalnim uslovima i u uslovima vodnog deficita, jer je konstatovano da se u uslovima vodnog deficita smanjuje veličina ćelija zatvaračica i površina stominog otvora što ima znatnog uticaja na vodni bilans (Đorđević, 1965, Petrović, 1986).



Sl. 7. Gustina stoma na licu lista mladih biljaka šećerne repe u uslovima nedostatka vode

Fig. 7. Number of stomata on leaf face of young sugar beet plants under water defficit conditions

Difuzni otpor stoma je u uslovima vodnog deficita značajno povećan kod svih genotipova izuzev genotipa 8, gde je ostao nepromenjen (Sl. 9). Povećanje difuznog otpora stoma ukazuje na to da se u uslovima vodnog stresa stome zatvaraju čime se smanjuje intenzitet transpiracije i poboljšava ekonomisanje vodom. Genotipovi su se značajno razlikovali po intenzitetu povećanja difuznog otpora stoma. Kod genotipova 1 i 3 ovaj parametar je povećan za više od 100% (101 i 149%), kod genotipova 2, 4, 6 i 7 za 47 do 58% i kod genotipa 9 za 25%. Kod genotipova koji su imali najmanju masu i lisnu površinu (1, 3 i 8) promena difuznog otpora stoma je bila veća nego kod ostalih (1 i 3) ili je nije bilo (8). To može da znači da je kod genotipa 8 vodni stres do te mere poremetio metabolizam da je onemogućena regulacija prometa vode promenom difuznog otpora stoma.

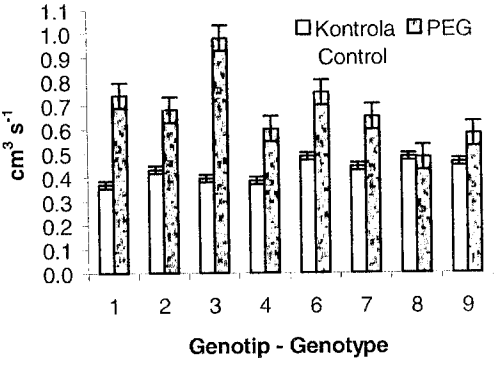


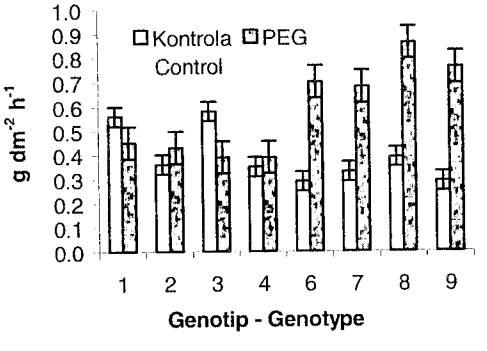
Sl. 8. Gustina stoma na naličju lista mladih biljaka šećerne repe u uslovima nedostatka vode

Fig. 8. Number of stomata on leaf back of young sugar beet plants under water defficit conditions

Sl. 9. Difuzni otpor stoma na naličju lista mladih biljaka šećerne repe u uslovima nedostatka vode

Fig. 9. Diffuse resistance of stomata on leaf back of young sugar beet plants under water defficit conditions





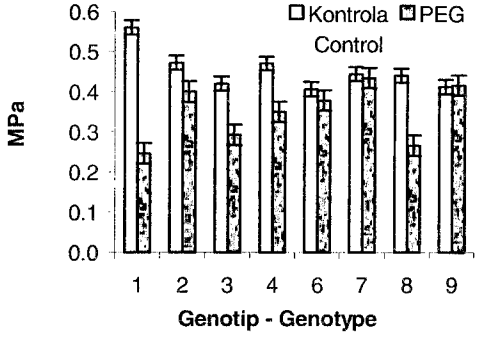
Sl. 10. Intenzitet transpiracije mladih biljaka šećerne repe u uslovima nedostatka vode

Fig. 10. Transpiration intensity of young sugar beet plants under water defficit conditions

Genotipovi uključeni u ogled se prema intenzitetu transpiracije u uslovima dobre obezbeđenosti vodom mogu podeliti u dve grupe (Sl. 10). Jednu grupu čine genotipovi 1 i 3 i njihov intenzitet transpiracije je iznosio 56 i 58 g vode po dm^2 lista na čas, a drugu genotipovi 2, 4, 6, 7, 8 i 9 čiji intenzitet transpiracije je iznosio 29 i 39 g vode po dm^2 lista na čas. U uslovima vodnog deficita doš-

lo je do značajnih promena u intenzitetu transpiracije kod svih genotipova osim genotipa 4. Kod genotipova 1 i 3 intenzitet transpiracije je u odnosu na kontrolne, netretirane biljke značajno smanjen (za 20 odnosno 33%) dok je kod genotipova 2, 6, 7, 8 i 9 značajno povećan (od 106% kod genotipa 7 do 162% kod genotipa 9). Ukupno odata voda po biljci je u uslovima vodnog deficita kod svih genotipova smanjena i to daleko najviše kod genotipova 1 i 8 koji su po morfološkim osobinama ispoljili najslabiju prilagodljivost na stres.

Vodni potencijal je pod uticajem PEG-a kod genotipova 1, 2, 3, 4, 6 i 8 značajno opao a kod genotipova 7 i 9 se nije značajno promenio (Sl. 11). Najintenzivnije smanjenje vodnog potencijala ustanovljeno je kod genotipa 1, čak 56%, i genotipa 8, 40%, dakle kod genotipova koji su pod uticajem nedostatka vode ispoljili najveće morfološke promene. Kod genotipova 3, 4, 2 i 6 smanjenje vodnog potencijala je iznosilo od 30 do 7%. Pokazano je da je sposobnost genotipova da održe vodni potencijal iznad granice koja oštećuje biljke presudna za preživljavanje u uslovima vodnog deficita jer u suprotnom dolazi do prekida transpiracionog toka (Netting, 2000).

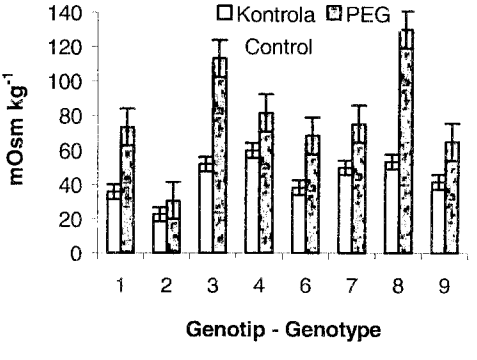


Sl. 11. Vodni potencijal mladih biljaka šećerne repe u uslovima nedostatka vode

Fig. 11. Water potential of young sugar beet plants under water defficit conditions

Sl. 12. Koncentracija rastvora provodnih sudova lisne drške mladih biljaka šećerne repe u uslovima nedostatka vode

Fig. 12. Concentration of vessel solution in stem of young sugar beet plants under water defficit conditions

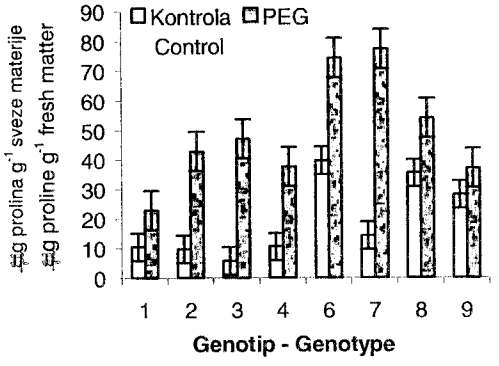


Koncentracija rastvora provodnih sudova je porasla u uslovima vodnog deficita. Ovo povećanje se kretalo od čak 144% kod genotipa 8 do 35% kod genotipa 2 (Sl. 12). Uopšte, koncentracija soka provodnih sudova bila je prilično varijabilna i kod netretiranih biljaka i kretala se od 22,6 mOsmkg^{-1} kod genotipa 2 do 60 mOsmkg^{-1} kod genotipa 4. Povećanje koncentracije soka provodnih sudova je tipična reakcija biljaka na uslove vodnog deficita i u velikoj meri se može pripisati povećanju sadržaja prolina (Taylor, 1996).

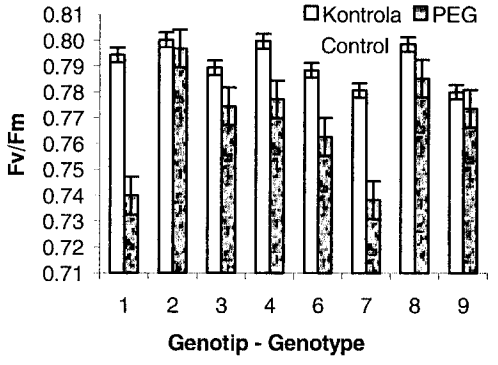
Prema sadržaju prolina u biljkama kontrolne grupe, genotipovi se mogu svrstati u dve grupe (Sl. 13). Jednoj pripadaju genotipovi u kojima je sadržaj prolina bio do 14 mg prolina g^{-1} sveže materije (1, 2, 3, 4 i 7), a drugoj genotipovi u kojima je sadržaj prolina bio između 28 i 40 mg prolina g^{-1} sveže materije. Pod uticajem nedostatka vode sadržaj prolina je značajno porastao u listovima svih osam genotipova. Najveći apsolutni sadržaj prolina imao je genotip 7 (77,28 mg prolina g^{-1}), dok je najveće relativno povećanje sadržaja prolina ostvareno kod genotipa 3 (725%) i zatim 7 (441%). Najmanje povećanje sadržaja prolina uočeno je kod genotipa 9 (sa 28 na 37 mg prolina g^{-1}, odnosno 32%). Povećanje sadržaja prolina uz smanjenje brzine rasta intaktnih biljaka i smanjenjem sveže mase lisnih diskova je jedna od prvih reakcija šećerne repe na stres izazvan nedostatkom vode ili prisustvom povećanih količina soli (Gzik, 1996, Kevrešan et al., 1997/98). U radu nije ustanovljena korelacija između vidljivog uticaja suše na određeni genotip i sadržaj prolina u njemu, što je u saglasnosti sa rezultatima Krstić et al. (1997).

Sl. 13. Sadržaj slobodnog prolina u listovima mladih biljaka šećerne repe u uslovima nedostatka vode

Fig. 13. Free proline content in leaves of young sugar beet plants under water defficit conditions



U uslovima vodnog deficita došlo je do smanjenja Fv/Fm parametra fluorescencije kod svih genotipova, ali je to smanjenje bilo različitog intenziteta (Sl. 14). U celini, vrednost ovog parametra nije mnogo promenjena (relativno smanjenje iznosilo je od 7% kod genotipa 1 do 0,83% kod genotipa 9), a najveće smanjenje je kostatovano kod genotipova 1 i 7. Clover et al. (1999) su ogledima u poljskim uslovima i u uslovima staklare došli do zaključka da je u uslovima vodnog deficita do smanjenja porasta došlo prvenstveno zbog privremenog zatvaranja stoma a ne zbog oštećenja fotosintetičkog aparata, što je u saglasnosti sa našim rezultatima.



Sl. 14. Odnos između varijabilne i maksimalne fluorescencije hlorofila mladih biljaka šećerne repe u uslovima nedostatka vode

Fig.14. Ratio betveen variable and maximal fluorescency of chlorophyll in young sugar beet plants under water defficit conditions

U uslovima stresa biljke smanjuju svoju metaboličku aktivnost na minimum ("zamrzavaju" je) težeći da se tako održe koliko mogu dugo dok uslovi stresa ne prestanu. Iz tog ugla gledanja, zatvaranje stoma i smanjenje produkcije organske materije do kojih dolazi u uslovima suše ili kritičnih temperatura izaziva početak tihog (primirenog) perioda tolerancije stresa. Ovakve promene na nivou cele biljke, od kojih su neke praćene u ovom radu, podrazumevaju postojanje reakcija biljaka na nivou ćelije koje određuju ishodni vodni bilans biljaka. U odnosu na sposobnost tolerancije stresa postoje velike razlike među vrstama ali i među različitim genotipovima iste vrste. U ovom radu je na osnovu pokazatelja rastenja, vodnog režima i fluorescencije hlorofila ocenjeno osam genotipova šećerne repe prema otpornosti na sušu u ranim fazama rastenja i razvića. Najslabije su na eksperimentalne uslove adaptirani genotipovi 1 i 8 i to treba uzeti u obzir u selekcionom postupku.

ZAKLJUČAK

Smanjenje vodnog potencijala je izazvalo opadanje mase suve materije nadzemnog dela i korena, lisne površine, i F_v/F_m parametra fluorescencije. Povećan je vodni deficit, difuzni otpor stoma, koncentracija soka provodnih sudova i sadržaj prolina u listovima, a promenjeni su i gustina stoma na licu i naličju lista i intenzitet transpiracije. Iako nije uočena zakonitost promene parametara kod svih genotipova koja bi poslužila kao jedinstveni kriterijum za ocenu otpornosti genotipova prema suši, u datim uslovima i u odnosu na analizirane parametre, genotipovi 1 i 8 su se pokazali kao najmanje tolerantni.

Bates, L.S. (1973): Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant Soil, 39, 205-207.

Björkman, O. (1987): High-irradiance stress in higher plants and interaction with other stress factors. In: Progress in photosynthesis research, Biggins, J. (ed.), Vol. IV, 11-18.

Bukhov, N.G., Mohanty, P., Rakhimberdieva, M.G., Karapetyan, N.V. (1992): Analysis of dark-relaxation kinetics of variable fluorescence in intact leaves. Planta, 187, 122-127.

Clover, G.R.G., Smith, H.G. Azam-Ali, S.N. Jaggard, K.W. (1999): The effects of drought on sugar beet growth in isolation and in combination with beet yellows virus infection. J. Agric. Sci., 133, 251-261.

Đorđević, R. (1965): Ispitivanje broja i dimenzija stoma kod sorti šećerne repe. Zbornik radova Instituta za poljoprivredne istraživanja, 3, 39-45.

Gutierrez-Boem, F.H., Thomas, G.W. (1998): Phosphorus nutrition affects wheat response to water deficit. Agron. J., 90, 166-171.

Gzik, A. (1996): Accumulation of proline and pattern of alpha-amino acids in sugar beet plants in response to osmotic, water, and salt stress. Environ. Exp. Bot., 36, 29-38.

Hoagland, D.R., Arnon, D.I. (1950): The water culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experimental Station Circular 347, 1-32.

Hsu, B.D. (1992): The active photosystem II centers can make a significant contribution to the initial fluorescence rise from F_0 to F_i. Plant Sci., 81, 169-174.

Ireland, C.R., Baker, N.R., Long, S.P. (1985): The role of carbon dioxyde and oxygene in determining chlorophyll fluorescence quenching during leaf development. Planta, 165, 477-485.

Itai, C., Nejidat, A., Bar-Zvi, D. (2002): Stress physiology in the new millennium. In: Quarrie, S.A., Krstić, B. and Janjić, V. (eds.) Plant Physiology in the New Millennium, Yugoslav Society of Plant Physiology, ARI Serbia, Belgrade, 31-39.

Kevrešan, S., Krstić, B., Popović, M., Kovačev, L., Pajević, S., Kandrač, J., Malenčić, Đ. (1997/98): Biochemical changes in sugar beet lines in dependence on soil moisture. Biol. Plant., 40, 245-250.

Krstić, B., Popović, M., Kovačev, L., Pajević, S., Kevrešan, S. (1997): Changes of water and proline content in sugar beet lines depending on soil moisture. In: Jevtić, S. and Pekić, S. (eds.), Drought and plant production, ARI Srbija, Beograd, 453-458.

Larher, F., Leport, L., Petrivalsky, M., Chappart, M. (1993): Effactors for the osmoinduced proline response in higher plants. Plant Physiol. Biochem., 31, 911-922.

Lawlor, D.W. (1970): Absorption of polyethylene glycols by plants and their effects on plant growth. New Phytol., 69, 501-513.

Money, N.P. (1989): Osmotic pressure of aqueous polyethilene glycols. Plant Physiol., 91, 766-768.

Netting, A.G. (2000): pH, abscisic acid and the integration of metabolism in plants under stressed and non-stressed conditions: cellular responses to stress and their implication for plant water relations. J. Exp. Bot., 51, 147-158.

Oertli, J.J. (1985): The response of plant cells to different forms of moisture stress. J. Plant Physiol., 121, 295-300.

Oertli, J.J. (1986): The effect of cell size on cell collapse under negative turgor pressure. J. Plant Physiol., 124, 365-370.

Oppenheimer, H.R. (1960): Adaptation to drought: xerophytism. Arid Zone Res., 15, 105-138.

Petrović, M. (1986): Uticaj vodnog stresa na broj i veličinu stoma različitih linija i hibrida šećerne repe. Zbornk Matice srpske za prirodne nauke, 71, 79-87.

Rhodes, D. (1987): Metabolic responses to stress. In: Davies, D.D. (ed.) The biochemistry of plants, 12, Acad. Press, New York, 201-241.

Scholander, P.F., Hammel, H.T., Hemmingsen, E.A., Bradstreet, E.D. (1964): Hidrostatic preasure and osmotic potential in leaves of mangroves and some other plants. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 52, 119-125.

Taylor, C.B. (1996): Proline and water deficit: Ups, downs, ins and outs. Plant Cell, 8, 1221-1224.

Walker, S. (1992): Expansive growth, water-stress and osmotic adjustment of crops - a review. South African J. Sci., 88, 366-370.

Zeevaart, J.A.D., Creelman, R.A. (1988): Metabolism and physiology of abscisic acid. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 39, 439-473.

Zekri, M. (1995): PEG stress altered citrus root and leaf mineral concentrations. J. Plant Nutr., 18, 1087-1102.

EFFECT OF WATER POTENTIAL ON WATER REGIME AND CHLOROPHYLL FLUORESCENCE IN YOUNG SUGAR BEET PLANTS (Beta vulgaris, ssp. vulgaris)

Arsenijević-Maksimović, Ivana[1,2], *Petrović, N.*[1,2], *Kastori, R.*[2], *Kovačev, L.*[2], *Kevrešan, Ž.*[3], *Sklenar, P.*[2]

[1]Faculty of Agriculture, Novi Sad,
[2]Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad,
[3]Faculty of Technology, Novi Sad

SUMMARY

The effect of mild, 21-day long watter defficit on parameters of water status and chlorophyll fluorescence in young sugar beet plants was studied. Experiments were done in water cultures, on eight different genotypes, in semicontrolled conditions. Osmotic potential of nutrient medium was adjusted to 0.1 MPa using polyethylene glycole (PEG). Under the experimental conditions dry matter mass of roots and shoots declined, as well as leaf area and F_v/F_m parameter of chlorophyll fluorescence, but to a different extent. Number of stomata, transpiration intensity and water potential of stem vessels were modified, while stomatal diffuse resistance, concentration of vessel solution and free proline content in leaves increased. Although it was not possible to establish general rule to which would fit changes of all tested parameters and which would serve as an unique criterium for evaluation of sugar beet drought tolerance, analysis of tested parameters indicate that genotypes 1 and 8 are the least tolerant.

KEY WORDS: sugar beet, PEG, water deficit, leaf area, stomata, transpiration, osmotic value of vessel solution, proline, chlorophyll fluorescence.