Utjecaj različitih predtretmana na klijavost sjemena grčke piskavice (Trigonella foenum-graecum L.) u slanim uvjetima

Hruškar, Petra

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:843342

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

UTJECAJ RAZLIČITIH PREDTRETMANA NA KLIJAVOST SJEMENA GRČKE PISKAVICE (*Trigonella foenum–graecum* L.) U SLANIM UVJETIMA

DIPLOMSKI RAD

Petra Hruškar

Zagreb, rujan, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:

Biljne znanosti

UTJECAJ RAZLIČITIH PREDTRETMANA NA KLIJAVOST SJEMENA GRČKE PISKAVICE (Trigonella foenum–graecum L.) U SLANIM UVJETIMA

DIPLOMSKI RAD

Petra Hruškar

Mentor: doc. dr. sc. Klaudija Carović- Stanko

Zagreb, rujan, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Petra Hruškar**, JMBAG 0178094579, rođena 31.05.1991. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

UTJECAJ RAZLIČITIH PREDTRETMANA NA KLIJAVOST SJEMENA GRČKE PISKAVICE (*Trigonella foenum–graecum* L.) U SLANIM UVJETIMA

Svojim potpisom jamčim:

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

U Zagrebu, dana _____ _____

Potpis studentice

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Petre Hruškar**, JMBAG 0178094579, naslova

UTJECAJ RAZLIČITIH PREDTRETMANA NA KLIJAVOST SJEMENA GRČKE PISKAVICE (*Trigonella foenum–graecum* L.) U SLANIM UVJETIMA

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo:		potpisi:
1. Doc. dr. sc. Klaudija Carović – Stanko	mentor	_____
2. Izv. prof. dr. sc. Ivanka Žutić	član	_____
3. Doc. dr. sc. Aleksandra Perčin	član	_____

SADRŽAJ

1. UVOD 1
1.1. Cilj rada 1
2. PREGLED LITERATURE 2
2.1. Podrijetlo i rasprostranjenost 2
2.2. Taksonomska pripadnost 2
2.3. Morfološka obilježja i agrotehnički uvjeti proizvodnje 3
2.4. Kemijski sastav 4
2.5. Zaslanjenost tla 5
2.6. Predtretmani sjemena 6
3. MATERIJALI I METODE 9
3.1. Biljni materijal 9
3.2. Predtretmani 9
3.3. Tretmani 10
3.4. Analiza podataka 12
4. REZULTATI I RASPRAVA 14
4.1. Klijavost i energija klijanja 14
4.2. Svojstva klijanaca ..... 16~~15~~
5. ZAKLJUČAK 24
6. LITERATURA 25
7. ŽIVOTOPIS AUTORA 28

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Petre Hruškar**, naslova

UTJECAJ RAZLIČITIH PREDTRETMANA NA KLIJAVOST SJEMENA GRČKE PISKAVICE (*TRIGONELLA FOENUM-GRAECUM* L.) U SLANIM UVJETIMA

Grčka piskavica (*Trigonella foenum-graecum* L.) je jednogodišnja biljna vrsta iz porodice mahunarki čije se sjeme koristi u kulinarstvu i farmaceutskoj industriji. Zbog simbiotske fiksacije dušika vrijedna je u plodoredu jer obogaćuje tlo dušikom i organskom tvari poboljšavajući mu svojstva. Klimatske promjene i intenzivna poljoprivredna proizvodnja dovode do salinizacije što uvelike sužava izbor poljoprivrednih kultura pogodnih za uzgoj u uvjetima zaslanjenosti tla. Predsjetveno tretiranje sjemena je postupak koji može povećati postotak klijanja i nicanja sjemena poticanjem metabolizma u sjemenu prije sjetve te osigurati otpornije klijance. Cilj predtretmana je aktivacija enzimatskih i neenzimatskih sustava koji preveniraju oštećenja staničnih dijelova uklanjajući slobodne radikale i peroksid te limitiraju apsorpciju soli u biljku da koncentracija iona u citosolu ne postane toksična. U ovom istraživanju sjeme grčke piskavice je predtretirano destiliranom vodom (dH_2O) i 50 mM otopinom natrijevog klorida (NaCl) te naklijavano na podlozi vlaženoj s 50, 100 i 150 mM otopinama natrijevog klorida. Praćena su svojstva: postotak klijavosti, duljina klijanaca, površina i prosječan promjer klijanaca te površina korijena. Usporedno s kontrolom, sjeme izloženo predtretmanima destiliranom vodom i 50 mM otopinom natrijevog klorida te naklijavano na podlogama s nižim koncentracijama soli natrijevog klorida daje bolje rezultate.

Ključne riječi: klijavost, piskavica, predtretman sjemena, zaslanjenost tla

Summary

Of the master's thesis - student **Petra Hruškar,** entitled

EFFECTS OF SEED PRIMING ON GERMINATION OF FENUGREEK SEED (*TRIGONELLA FOENUM-GRAECUM* L.) UNDER SALINITY CONDITIONS

Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) is a annual plant species from a family of legumes whose seeds are used in the culinary and pharmaceutical industries. Because of the symbiotic nitrogen fixation, it is valuable in crop rotation because it enriches the soil with nitrogen and organic matter by improving its performance. Climate changes and intensive agricultural production lead to salinization, greatly narrowing the choice of agricultural crops suitable for breeding under salinization. Seed priming is a process, which can increase the percentage of germination and seed growth by stimulating metabolism in seeds before sowing. The aim of such treatment is the activation of enzymatic and non-enzymatic systems which prevent damage to the cellular parts by removing free radicals and peroxides and limit the absorption of salt into the plant so that the ion concentration in the cytosol does not become toxic. In this study, the seeds of the fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) were primed with distilled water (dH2O) and 50 mM NaCl solution and germinated on filter paper moistened with 50, 100 and 150 mM NaCl solutions. The observed traits of the seeds were percentage of germination, radicle length, radicle surface area, average diameter of radicle and surface of the radicle. Seed which were primed with distilled water and 50 mM NaCl solution showed the better performance than non-primed seeds.

Keywords: fenugreek, salinity, seed priming, germination

1. UVOD

Grčka piskavica ili piskavica (*Trigonella foenum-graecum* L.) je biljna vrsta čiji se dijelovi upotrebljavaju različito u različitim dijelovima svijeta. Ima antidijabetičko djelovanje, odnosno snižava razinu šećera te kolesterola u krvi. Sjeme se konzumira kao hrana u kombinaciji s rižom u Iranu, mljeveno kao začin, samostalno ili u začinskim mješavinama, a prženo sjeme se koristi u Africi kao zamjena za kavu. Bogato je steroidom diosgeninom, čime biljka postaje zanimljiva farmaceutskoj industriji (Mehrafarin i sur. 2011.), a zbog insekticidne aktivnosti, sjeme se koristi u zaštiti sjemena žitarica od skladišnih štetnika (Pemonge i sur. 1997.).

Piskavica je mahunarka čiji korijen stvara simbiotske kvržice i fiksira atmosferski dušik, te poboljšava plodnost tla (Beinkowski i sur. 2016.). Nadzemni dio se koristi kao sjenaža i silaža u hranidbi stoke.

Biljka je tolerantna na povećane koncentracije natrijevog klorida (NaCl) u tlu, stoga je pogodna za uzgoj na umjereno zaslanjenim tlima poboljšavajući im svojstva. Višak soli u tlima ometa klijanje i razvoj klijanaca većine biljnih vrsta, ometajući usvajanje vode i metabolizam (Oliveira i Gomes-Filho 2016.).

Predtretiranje sjemena (*seed priming*) je metoda kojom se metabolizam u sjemenu aktivira prije sjetve kako bi se potaknula otpornost ili tolerancija klijanaca na određene uvjete rasta i ubrzao proces klijanja. Ovisno o uzročniku abiotskog stresa, predtretmani mogu biti različiti.

1.1. Cilj rada

Cilj ovog diplomskog rada je ispitati klijavost i energiju klijanja predtretiranog sjemena piskavice u slanim uvjetima.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Podrijetlo i rasprostranjenost

Piskavica (*Trigonella foenum-graecum* L.) je drevna jednogodišnja mahunarka (slika 1) rasprostranjena širom svijeta. Primitivni varijeteti i vrste roda *Trigonella* su nađeni u Aziji, Europi, Africi i Australiji. Također se uzgajala u dijelovima Egipta, sjeverne Afrike, dijelovima Europe, zapadnoj i južnoj Aziji, Sjevernoj i Južnoj Americi i Australiji. Vavilov navodi Mediteran kao centar podrijetla iako novija taksonomska istraživanja navode Malu Aziju kao izgledniji centar podrijetla (Mehrafarin i sur. 2011.).



Slika 1. Grčka piskavica (*Trigonella foenum-graecum* L.)

Izvor: http://www.pfaf.org

2.2. Taksonomska pripadnost

Carl Linne je prvi opisao vrstu *Trigonella foenum-graecum* L. kao jednogodišnju dvosupnicu, vrstu koja pripada podporodici Papilionaceae, porodici Fabaceae (Mehrafarin i sur. 2011.).

Rod *Trigonella* ima tri podroda, *Trigonella, Trifoliastrum* i *Foenum – graecum*

(Petropoulos 2003.).

Taksonomija, prema Linneu, navodi postojanje preko 260 vrsta roda *Trigonella*. Suprotno tome Vasilchenko navodi oko 128 vrsta, Fazli 97, Hector 70. Grčka piskavica je jedina široko uzgajana vrsta roda *Trigonella* (Mehrafarin i sur. 2011.).

Broj kromosoma je 2n=16. Samo ime *Trigonella* znači mali trokut, a u hrvatskom jeziku postoji četrnaest sinonima, grčko seme, grohotuša, jarčev rog, kozji rog, piskavica, pjeskavica, prosenica, proseničak, rogačić, sjeme grčko, travica božja, piskavica mnogosjemena (Flora Croatica Database 2017.) i djetelina rogata (Petropoulos 2003.).

2.3. Morfološka obilježja i agrotehnički uvjeti proizvodnje

Grčka piskavica pokazuje dva tipa rasta, determinantni i ideterminantni te slabije ili jače razgranate stabljike. Visina biljke je od 20 do 130 cm, a najčešći tip rasta je nedeterminantni s aksilarno smještenim cvjetovima (slika 2). Listovi su trodjelni, prekriveni dlačicama. Cvjetovi su otvorenog ili zatvorenog tipa, češće otvorenog, žute do bijele boje, smješteni u pazušcu listova. Plod je mahuna žuto smeđe boje, dužine 9,5 do 18,6 cm, širine 0,2 do 0,8 cm, a biljka nosi 2 do 8 mahuna. Sjeme je ovalno, svjetlo smeđe do žute boje. U svakoj mahuni se nalazi 10 do 20 sjemenki, mase 1000 sjemenki 5,56 do 19,44 g (Mehrafarin i sur. 2011.).



Slika 2. Cvijet grčke piskavice

Izvor: https://www.pinterest.com/lilianariberi/plantas-medicinales/

Dužina vegetacije je od 81 do 133 dana, prema kojoj se kultivari klasificiraju u kategorije vrlo ranih kultivara (80 do 85 dana), ranih kultivara (80 do 90 dana), srednje ranih / kasnih (90 do 100/115 dana) i vrlo kasnih kultivara (120 do 140 dana) (Mehrafarin i sur. 2011.).

Adaptabilna je na različite klimatske uvjete iako joj najviše odgovaraju podneblja s blagom zimom i svježim ljetima. Otporna je na sušu i mraz, odnosno može tolerirati kraća razdoblja mraza temperature do -10 °C. Uglavnom raste između 1300 i 1400 m nadmorske visine iako se većina proizvodnih područja nalazi između 2150 i 2400 m nadmorske visine (Mehrafarin i sur. 2011.). Razvoj lisne mase uvelike ovisi o temperaturi, odnosno niske temperature značajno usporavaju rast (McCormick i sur. 2006.). Najbolje joj odgovaraju dobro drenirana lakša tla pH 8 - 8,5. Prinos sjemena varira između 500 do 3320 kg/ha, dok prinos zelene mase iznosi oko 9000 kg/ha (Mehrafarin i sur. 2011.).

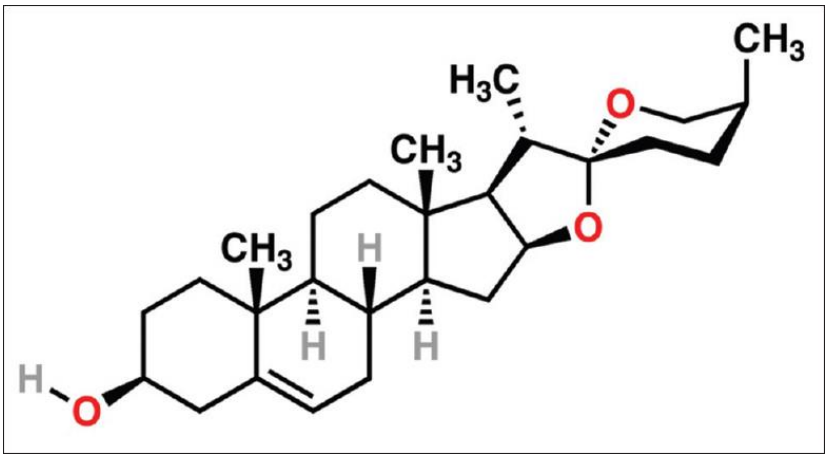
Dubina sjetve od 3 cm, međuredni razmak 50 cm i razmak unutar reda 10 cm u ranijem roku sjetve (početak travnja) pokazali su se optimalnima za uzgoj piskavice (Glamočija i sur. 2002.). Istraživanjem koje su proveli Maletić i Jevdjović (2007.), najveći prinos je dobiven sjetvom na dubinu 4 cm s međurednim razmakom od 50 cm i normom sjetve od 18 kg/ha u roku sjetve 10. travnja. Kasnijim rokovima sjetve raste norma i pada prinos. Mohamed (1990.) navodi međuredni razmak kao bitan čimbenik koji utječe na prinos sjemena, ulja u sjemenu, proteina i trigonelina.

Piskavica u simbiozi s kvržičnim bakterijama *Rhizobium meliloti* fiksira atmosferski dušik. Beińkowski i sur. (2016.) su dokazali da inokulacija sjemena piskavice s *Rhizobium meliloti* ubrzava klijanje i nicaje, nodulaciju, prinos i kvalitetu sjemena, ali i smanjuje utjecaj soli.

2.4. Kemijski sastav

Sjeme piskavice sadrži sterole, dušične spojeve, fenole, hlapive spojeve, aminokiseline i mnoge druge spojeve. Sadrži 45 do 60 % ugljikohidrata, uglavnom vlakna bogata sluzima (galaktomanan), 20 do 30% proteina bogatih aminokiselinama lizinom i triptofanom, 5 do 10% lipida, pirimidin alkaloide (trigonelin) 0,2 do 0,3%, kolin 0,5%, gentianin, karpain. Od fenola sadrži apigenin, luteolin, orientin, kvercetin, viteksin, izoviteksin. Sjeme sadrži

značajne količine saponina 0,6 do 1,7%, koji hidrolizom daju spojeve diosgenin (slika 3), jamogenin, tigogenin, neotigogenin. Također sadrži kalcij, željezo, vitamine A, B1, C, nikotinsku kiselinu i hlapiva ulja (Mehrafarin i sur. 2011.).



Slika 3. Strukturna formula diosgenina

Izvor: www.phcog.com

2.5. Zaslanjenost tla

Intenzivna poljoprivredna proizvodnja, upotreba mineralnih gnojiva i suša dovode do zaslanjivanja tala, što postaje veliki problem u poljoprivrednoj proizvodnji. Sol u otopini tla smanjuje njezin osmotski potencijal i otežava njezino usvajanje od strane biljke, dakle, otežava usvajanje nutrijenata, remeti mikrobiološku aktivnost u tlu te koči normalno odvijanje fizioloških procesa u biljci (Ratnakar i Rai 2013.). Zaslanjena tla su sklona stvaranju pokorice, a uslijed većih količina oborina dolazi do promjene konzistencije tla koja postaje plastična i nepropusna za vodu i hranjiva (Bensa i Miloš 2011.). Problem zaslanjenosti tla se pojavljuje prisustvom soli koje imaju veću topivost u vodi nego kalcijev karbonat i gips (FAO 2017.). Također, slanost tla ubrzava starenje sjemena povećavajući koncentraciju reaktivnih kisikovih spojeva kao što su superoksid, hidrogen peroksid i hidroksilni radikali (Oliveira i Gomes-Filho 2016.).

Slanim tlima se smatraju ona tla koja imaju električnu provodljivost 4 dSm^{-1} što odgovara koncentraciji 40 mM NaCl-a pri temperaturi od 25 °C (Chhabra 2004.). Prema projekciji broja stanovnika 2050. godine, oko 50 % tadašnjih poljoprivrednih površina pod

glavnim prehrambenim kulturama bit će zahvaćeno zagađenjem, salinizacijom i dezertifikacijom (Pooja i Rajesh 2015.).

Organizacija FAO (2017.) navodi da je salinizacijom zahvaćeno 1 do 1,5 milijuna ha godišnje. Površine u Europi zahvaćene tim problemom iznose 2010,8 ha što iznosi 0,3 % ukupnih poljoprivrednih površina. Salinizacijom je najviše pogođeno područje Azije, Pacifika i Australije. Na tim područjima je zahvaćeno 3107,2 ha što čini 6,3 %. Tla zaslanjena natrijevim kloridom u Europi prekrivaju 72,7 ha dok u Aziji, Pacifiku i Australiji te površine iznose 248,6 ha. Ova statistika obuhvaća tla zaslanjena pretjeranim isparavanjem, intenzivnom poljoprivredom i navodnjavanjem.

2.6. Predtretmani sjemena

Gospodarenje slanim tlima uključuje odabir odgovarajućih kultura i tehnologija, a uvelike ovisi o klimatskim uvjetima, dostupnosti vode i kapitala (FAO 2017.). Tolerancija i otpornost biljaka prema abiotskom stresu se može pokrenuti predsjetvenim tretiranjem sjemena (*seed priming*).

Biljke sadrže različite enzimatske i neenzimatske sustave, koji preveniraju oštećenja nastala oksidacijom, na način da uklanjaju slobodne radikale prije no što dođe do oštećenja. Neki od zaštitnih mehanizama uključuju enzime koji uklanjaju slobodne radikale i peroksid kao što su katalaza (CAT), gvajakol peroksidaza (POX), askorbat peroksidaza (APX) i superoksid dismutaza (SOD) (Oliveira i Gomes-Filho 2016.). Stres izazvan povećanom koncentracijom soli u otopini tla dovodi do nastajanja citosolnog kalcijevog signala koji aktivira protein SOS3 senzora kalcija. SOS3 veže i aktivira ser/thr protein kinazu SOS2 koja tako aktivirana regulira aktivnost SOS1, antiportera Na^+/H^+ plazma membrane i NHX1 antiportera Na^+/H^+ tonoplasta. Rezultat je odstranjivanje Na^+ i vakuolarno razdjeljivanje. Osmosenzorska histidin kinaza (AtHK1)-MARK kaskada regulira osmotsku homeostazu i uklanja ROS spojeve. Osmotski stres i ABA reguliraju LEA tip proteina (Chinnusamy i sur. 2005.). LEA proteini (*late embriogenesis abundant*) su proteini male molekularne mase koji štite više biljke od šteta nastalih okolišnim stresom. Njihova sinteza, ekspresija i biološka aktivnost su regulirane faktorima kao što su stadij razvoja, hormoni, izmjena iona i dehidracija (Hong-Bo i sur. 2005.).

Polazna zadaća predtretmana sjemena je aktivirati te mehanizme prije sjetve ili sadnje biljaka u stvarne okolišne uvjete. To je tehnika koja ima zadaću pokrenuti primarni metabolizam u sjemenu. Vrsta predtretmana, odnosno tehnika, ovisi o biljnoj vrsti, morfološkim karakteristikama i fiziologiji sjemena. Voda, ulaskom u stanicu, izaziva nakupljanje reaktivnih oblika kisika koji izazivaju oksidativnu štetu na dijelovima biljne stanice (Paparella i sur. 2015.).

Tehnike predtretiranja sjemena su hidriranje (*hydropriming*), osmokondicioniranje (*osmopriming*), predtretiranje oblaganjem (*solid matrix priming*), predtretiranje biološkim spojevima (*biopriming*), predtretiranje kemijskim sredstvima (*chemopriming*) i predtretiranje temperaturom (*thermopriming*) (Paparella i sur. 2015.).

Hidriranje je predtretiranje sjemena destiliranom vodom. Provodi se pri temperaturi najčešće od 5 do 20°C te nema kontrole nad usvajanjem vode od strane sjemena. Osmokondicioniranje je tehnika izlaganja sjemena otopini niskog osmotskog potencijala, najčešće uzročniku abiotskog stresa, kako bi sjeme postalo fiziološki aktivno i sposobno inicirati regenerativne mehanizme i detoksikaciju sustava (Oliveira i Gomes-Filho 2016.). Izlaganje sjemena otopini niskog osmotskog potencijala produžuje vrijeme usvajanja vode i smanjuje se oksidacija membranskih lipida, proteina i aminokiselina (Paparella i sur. 2015.). Prema nekim podacima, predtretman potiče primarni metabolizam sjemena, odnosno replikaciju DNA, povećava sintezu RNA i proteina, povećava rast klice, obnavlja propale dijelove sjemena i smanjuje propuštanje metabolita (Soughir i sur. 2013.). Do propadanja staničnih struktura sjemena najčešće dolazi zbog peroksidacije lipida. Proces je često iniciran prisustvom kisika oko nezasićenih i polinezasićenih masnih kiselina, linolne i oleinske, u staničnim membranama sjemena. Rezultat je otpuštanje slobodnih radikala, najčešće vodika iz metilenske skupine masne kiseline, koji uzrokuju destrukciju stanične strukture tkiva sjemena. Osim štete na staničnim membranama, slobodni radikali uzrokuju štetu na aminokiselinama, a posebno su osjetljive cistein, histidin, triptofan, metionin i fenilalanin. Usvajanjem vode, odnosno porastom vlage sjemena ubrzava se proces obnove oštećenih struktura sjemena povezanih s disfunkcijom mitohondrija, enzimatskom neaktivnošću i smetnjama u propusnosti staničnih membrana (Black i Bevley 2000.).

Predtretman sjemena također povećava aktivnost antioksidativnih enzima, reducira lipidnu peroksidaciju, pojačava nakupljanje mitotički aktivnih kinaza, izaziva modifikaciju kromatina i ubrzava primarni metabolizam (Oliveira i Gomes-Filho 2016.). Dolazi do razvoja mehanizama koji limitiraju apsorpciju soli u biljku kako bi se izbjegla toksična koncentracija

iona u citosolu. Biljke otporne na sol akumuliraju ione i otopine organskih spojeva kako bi se omogućilo usvajanje vode, rast stanica i čitave biljke, povećava se koncentracija šećera glukoze i fruktoze, alkohola glicerola i kvarternih aminospojeva kao što su glicin, betain i prolin. Ti spojevi se također mogu koristiti u postupku predtretiranja sjemena u svrhu osmokondicioniranja (Oliveira i Gomes-Filho 2016.).

Osmokondicioniranje se najčešće vrši s polietilen glikolom (PEG), solima natrija, kalija i magnezija te organskim molekulama, npr. manitolom i glicerolom (Paparella i sur. 2015.). Soughir i sur. (2013.) zaključuju da predtretman povećava toleranciju na NaCl reducirajući koncentraciju iona Na^+ i povećavajući akumulaciju K^+ i Ca^{2+} iona u sjemenu.

Tolerancija na zaslanjene uvjete predtretiranjem s NaCl je zabilježena i kod žitarica kao što je amarant (Omami 2006.), kukuruz (Cicek i Cakirlar 2002.), pšenica (Basra 2005.) te kod mahunarki, primjerice kod leće (Ghassemi-Golezani i sur. 2008.).

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Biljni materijal

Sjeme (slika 4) korišteno u pokusu je komercijalno sjeme nabavljeno od tvrtke Plant World Seeds, Devon.

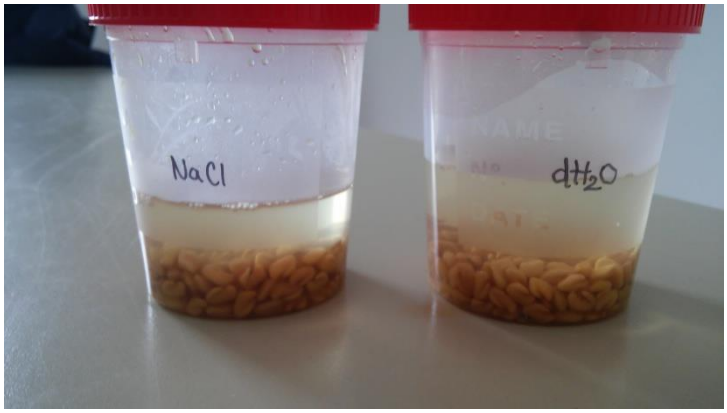


Slika 4. Sjeme grčke piskavice

Snimila: P. Hruškar

3.2. Predtretmani

Prije predtretiranja, sjeme je dezinficirano 70%-tnim etilnim alkoholom u trajanju od 3 minute, zatim ispirano tekućom vodom također u trajanju od 3 minute te na kraju destiliranom i demineraliziranom vodom 3 minute. Nakon dezinfekcije i ispiranja, sjeme je osušeno između dvostrukog filter papira. U ovom radu su korištene dvije tehnike predtretiranja, hidriranje i osmokondicioniranje s dva medija za predtretiranje sjemena, destiliranom vodom (dH_2O) i 50 mM otopinom natrijevog klorida (NaCl) u trajanju od 36 h (slika 5).



Slika 5. Predtretmani sjemena 50 mM otopinom natrijevog klorida i destiliranom vodom

Snimila P. Hruškar

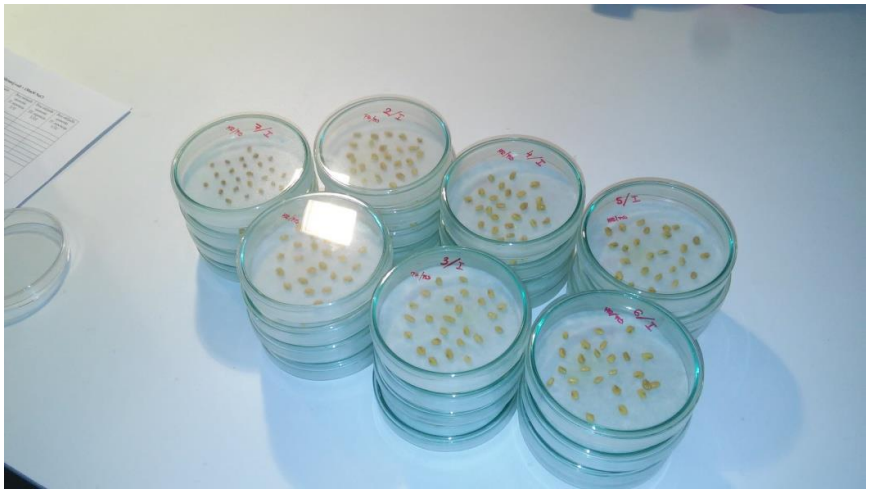
3.3. Tretmani

Istraživanje se sastojalo od 7 različitih tretmana u četiri repeticije, ukupno 28 Petrijevih zdjelica i 700 sjemenki (slike 6 i 7). U Petrijeve zdjelice postavljen je filter papir ispod kojeg se nalazio tanak sloj pamučne vate. Filter papir je vlažen otopinom odgovarajuće koncentracije NaCl-a, ovisno o tretmanu. Sjemenke su stavljene na filter papir tako da je što veća površina sjemenke bila u dodiru s papirom. Svaka Petrijeva zdjelica je uz rub zatvorena parafilmom kako bi se spriječilo isparavanje tekućine iz zdjelica. Kontrola se sastojala od 100 sjemenki koje su dezinficirane, ali nisu predtretirane te je podloga za naklijavanje vlažena destiliranom vodom.



Slika 6. Prikaz materijala korištenih u pokusu

Snimila P. Hruškar



Slika 7. Sjemenke postavljene na naklijavanje

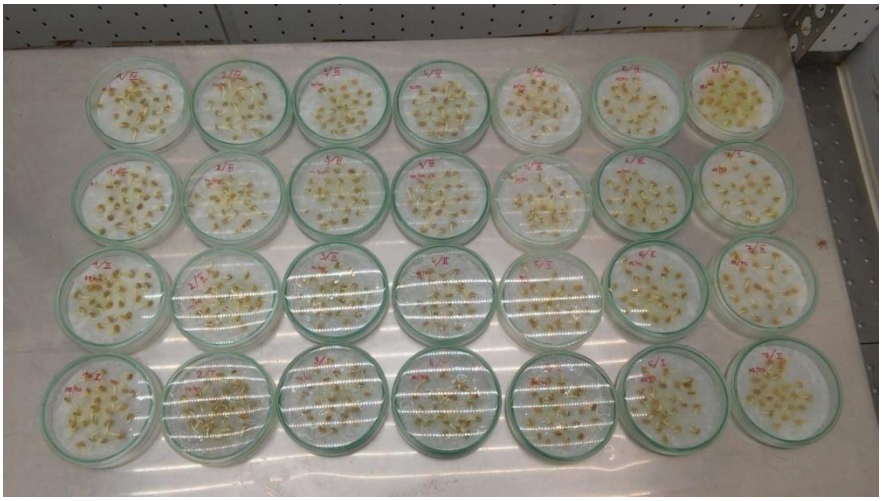
Snimila P. Hruškar

Kombinacije tretmana korištenih u istraživanju prikazane su u tablici 1.

Tablica 1. Kombinacije tretmana sjemena grčke piskavice korištene u istraživanju

BROJ TRETMANA	OPIS TRETMANA
TRETMAN 1	dH_2O + 50 mM NaCl
TRETMAN 2	dH2O + 100 mM NaCl
TRETMAN 3	dH2O + 150 mM NaCl
TRETMAN 4	50 mM NaCl + 50 mM NaCl
TRETMAN 5	50 mM NaCl + 100 mM NaCl
TRETMAN 6	50 mM NaCl + 150 mM NaCl
TRETMAN 7	netretirano sjeme + dH_2O

Nakon postavljanja pokusa, Petrijeve zdjelice su stavljene u komoru za naklijavanje na konstantnu temperaturu od 20 °C te režim svjetla 16 h dan i 8 h noć. Klijanje je praćeno svakih 48 h kroz deset dana, a proklijalim se smatralo ono sjeme koje je razvili korjenčić duži od 2 mm. Nakon četvrtog dana od postavljanja pokusa više nije bilo proklijalih sjemenki (slika 8).



Slika 8. Proklijale sjemenke u komori rasta

Snimila P. Hruškar

3.4. Analiza podataka

Deseti dan od postavljanja pokusa klijanci su skenirani skenerom Epson Perfection V700 (Seiko Epson Corporation, Nagano Japan), a slike obrađene programom WinRHIZO

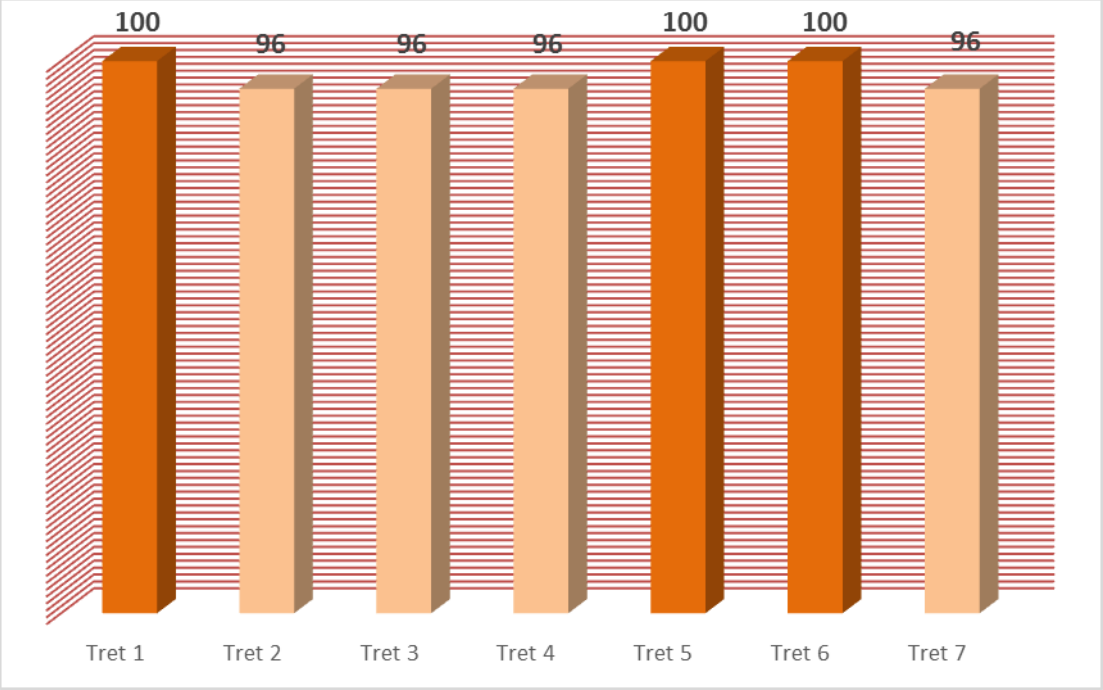
Pro softver (Regent Instruments Inc., Quebec, QC, Canada) koji je izmjerio dužinu, promjer, volumen i površinu korjenčića. Postupak skeniranja je provođen po repeticijama. Klijanci iz svake repeticije su skenirani u jednom navratu. Klijanci su raspoređeni kako se ne bi dodirivali u plastičnu posudu A4 formata ispunjenu običnom vodom. Voda je služila kako na dobivenoj crno bijeloj slici ne bi bilo sjene i rezultati bili što točniji.

Gore navedenim programom obrađen je svaki klijanac sa slike, a dobiveni podaci su statistički obrađeni testom ANOVA uz Pearsonovu korelaciju. Jednosmjerna analiza varijance je provedena u svrhu utvrđivanja signifikantnih razlika između tretmana. Izračun je proveden pomoću naredbe PROC GLM u programu SAS (SAS Institute, 2004). Razlike između prosječnih vrijednosti kvantitativnih svojstava između tretmana utvrđene su pomoću Tukeyjevog testa ($P< 0.05$).

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. Klijavost i energija klijanja

Sjeme grčke piskavice ima vrlo dobru klijavost koja je potvrđena u ovom pokusu, a iznosila je više od 96% već drugi dan od postavljanja pokusa kod svih tretmana (grafikon 1). Broj proklijalih sjemenki bilježen je svaki drugi dan kroz deset dana, no nakon četvrtog dana od postavljanja pokusa više nije bilo proklijalih sjemenki (slika 8).



Grafikon 1. Klijavost sjemena grčke piskavice četvrtog dana pokusa (%).

Tretman 1 – Tretman 7 objašnjeni u tablici 1.

Sjeme pokazuje izuzetno dobru klijavost po svim tretmanima (≥ 96 %) te su razlike između tretmana statistički neopravdane.

U usporedbi s netretiranim, predtretirano sjeme brže klije (iako statistički neopravdano) što ima potencijal prilikom uzgoja radi bolje homogenosti usjeva. Ratnakar i Rai (2013.) u svom radu koriste različite koncentracije NaCl-a na sjemenu bez predtretmana navodeći koncentraciju od 80 mM toksičnom, odnosno pri njoj klijanje izostaje. Zaključno tome, predtretman ima utjecaj na ukupnu klijavost omogućujući klijanje u koncentracijama

NaCl-a u kojima ono kod netretiranog sjemena izostaje jer sjeme postaje manje osjetljivo na više koncentracije soli u tlu.

Slično istraživanje su proveli Soughir i sur. (2012.) te su kao rezultat dobili klijavost od 10% kod sjemena koje nije predtretirano i 49,8% kod predtretiranog sjemena sa 70 mM otopinom NaCl-a. Isti autori navode da pozitivan efekt predtretmana nestaje kod koncentracija iznad 6 g/l NaCl (100 mM).

Patade i sur. (2011.) su proveli istraživanje utjecaja tretmana različitim koncentracijama NaCl-a na predtretirano i nepredtretirano sjeme paprike (*Capsicum annum* L. cv. California Wonder). Sjeme je bilo predtretirano 50 mM otopinom NaCl-a i nepredtretirano, a naklijavano s 25, 50, 100, 150, 200, 250 i 300 mM otopinama NaCl-a. Koncentracije otopina od 25 i 50 mM NaCl-a signifikantno stimuliraju klijanje sjemena paprike, a koncentracije 100 i više mM otopina NaCl-a reduciraju postotak klijavosti dok ona potpuno izostaje pri koncentraciji od 300 mM NaCl-a.

Istraživanje na soji (*Glycine max* L.) Umezave i sur. (2000.) potvrđuje tezu kako predtretman utječe pozitivno na prilagodbu biljaka na osmotski stres. Sjeme soje je predtretirano dvijema otopinama koncentracije 0,34 i 68 mM NaCl-a u trajanju 23 dana. Nakon toga su klijanci izloženi otopinama koncentracije 0,68 i 137 mM NaCl-a do zrelosti. Predtretman nije imao utjecaj na rast, ali je koncentracija Na^+ bila manja u listovima biljaka predtretiranih 0,34 mM otopinom NaCl-a nego biljaka predtretiranih 0 i 68 mM otopinama NaCl-a. Također je zabilježena veća stopa preživljavanja biljaka predtretiranih 0,34 mM otopinom NaCl-a u uvjetima veće zaslanjenosti (137 mM NaCl-a).

Istraživanje na sjemenu uljane repice (*Brassica napus* L.) pri predtretmanu 1 %-tnom otopinom NaCl-a (170 mM) i naklijavano s 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 1,25 i 1,5%-tnim otopinama NaCl-a rezultira većim postotkom klijavosti predtretiranog sjemena u usporedbi s nepredtretiranim sjemenom. Klijavost predtretiranog sjemena je pri koncentraciji NaCl-a od 1,25 % (215 mM) smanjena za 36,30 %, a nepredtretiranog pri istoj koncentraciji NaCl-a za 69,47 % (Mohammadi 2009.).

4.2. Svojstva klijanaca

Duljina korijena je najvažniji parametar istraživanja utjecaja soli na klijance (Ratnakar i Rai 2013.). U ovom su istraživanju praćeni:

- Duljina (*Length, L*; cm)
- Površina (*Surface area, S*; cm^2)
- Prosječan promjer (*Average diameter, D*; mm)
- Volumen (*Root volume, V*; mm^3).

Vrijednosti praćenih svojstava su prikazane u tablici 2.

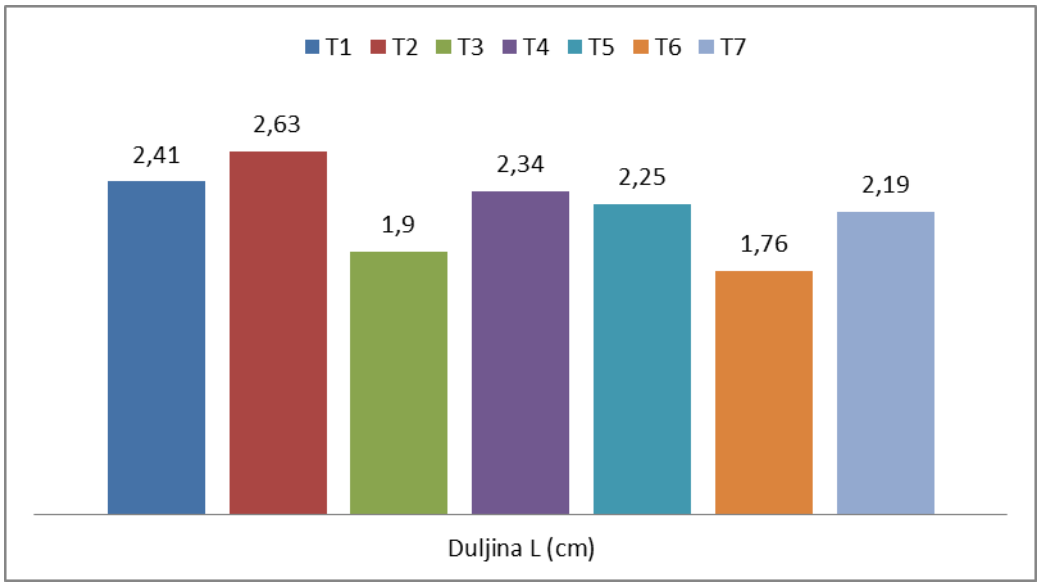
Tablica 2. Svojstva klijanaca grčke piskavice prilikom različitih tretmana (srednja vrijednost ± standardna devijacija)

Tretman	*L* (cm)		*S* (cm^2)		*D* (mm)		*V* (mm^3)	
T1	2.41 ± 0.31	a	0.30 ± 0.04	a	1.26 ± 0.01	ab	2.97 ± 0.32	a
T2	2.63 ± 0.06	a	0.30 ± 0.01	a	1.16 ± 0.04	bcd	2.83 ± 0.17	ab
T3	1.90 ± 0.20	bc	0.23 ± 0.02	bc	1.19 ± 0.05	abcd	2.17 ± 0.26	c
T4	2.34 ± 0.12	ab	0.29 ± 0.01	a	1.23 ± 0.04	abcd	2.83 ± 0.19	ab
T5	2.25 ± 0.10	ab	0.25 ± 0.02	ab	1.12 ± 0.08	cd	2.26 ± 0.32	bc
T6	1.76 ± 0.10	c	0.19 ± 0.01	c	1.10 ± 0.03	d	1.69 ± 0.03	c
T7	2.19 ± 0.32	abc	0.28 ± 0.04	ab	1.27 ± 0.06	a	2.82 ± 0.47	ab
P(F)	***		***		***		***	

P(*F*) - signifikantnost F-testa: $^{ns}P > 0.05$, $^{*}0.05 > P > 0.01$, $^{**}0.01 > P > 0.001$, $^{***}P < 0.001$

Vrijednosti u stupcima označene istim slovom se signifikantno ne razlikuju na temelju Tukeyjevog testa

Prema vrijednostima iz tablice 2., tretman T1 (dH_2O + 50 mM NaCl) i tretman T2 (dH_2O + 100 mM NaCl) daju najbolje rezultate za svojstvo duljina klijanaca, no signifikantno se ne razlikuju međusobno kao ni od tretmana T4 (50 mM NaCl + 50 mM NaCl), T5 (50 mM NaCl + 100 mM NaCl) i T7 (kontrola), ali se razlikuju signifikantno od tretmana T3 (dH2O + 150 mM NaCl) i T6 (50 mM NaCl + 150 mM NaCl). Tretman T3 se ne razlikuje signifikantno duljinom klijanaca od tretmana T4, T5 i T7, ali se razlikuje signifikantno od tretmana T1 i T2. Tretmani T4 i T5 se ne razlikuju signifikantno međusobno i od tretmana T1, T2, T3 i T7, ali se razlikuju signifikantno od tretmana T6. Tretman T6 se ne razlikuje signifikantno duljinom klijanaca od tretmana T3 i T7. Najlošije rezultate u svojstvu duljine daje tretman T6, kombinacije 50 mM NaCl + 150 mM NaCl (grafikon 2).



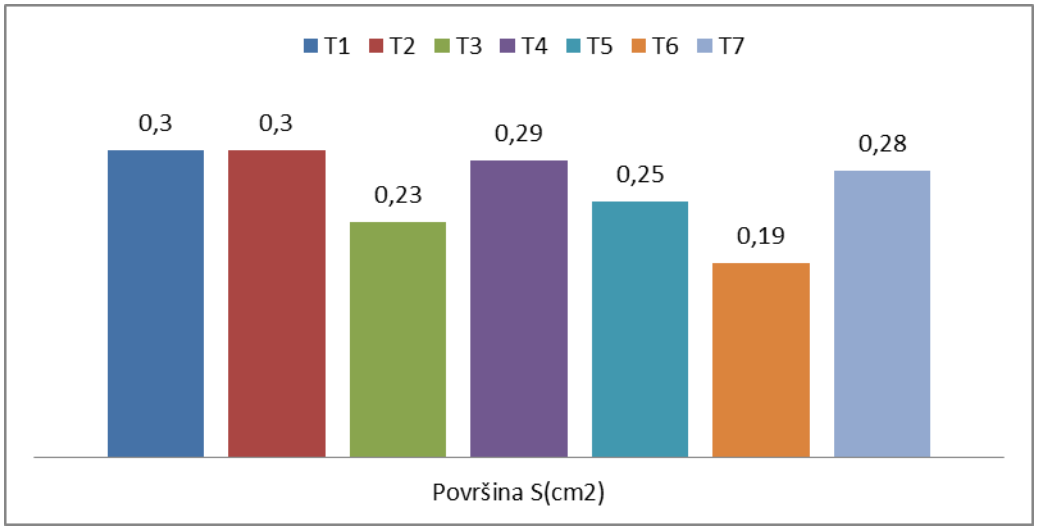
T1 – T7 objašnjeni u tablici 1.

Grafikon 2. Prosječna duljina klijanaca grčke piskavice po tretmanima

Rezultati su u suglasju s rezultatima istraživanja Ratnakar i Rai (2013.), te potvrđuju da je prosječna vrijednost duljine klijanaca predtretiranog sjemena veća u odnosu na netretirano sjeme kod koncentracija do 100 mM NaCl. Slično istraživanje je rađeno na sikavici (*Silybum marianum* L.), a rezultat ukazuje da sjeme predtretirano 2,5 $dSmG^1$ razvija signifikantno duže klijance u uvjetima veće koncentracije soli nego nepredtretirano (Sedghi i sur. 2010.).

Vrijednosti površine klijanaca (tablica 2 i grafikon 3) pokazuju kako se tretmani T1 (dH2O + 50 mM NaCl), T2 (dH2O + 100 mM NaCl) i T4 (50 mM NaCl + 50 mM NaCl) ne

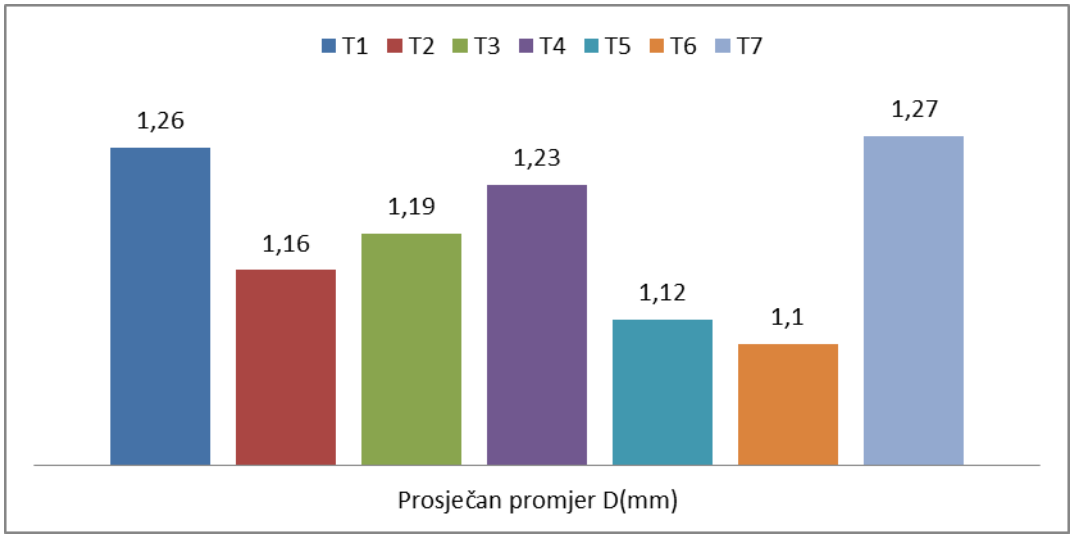
razlikuju signifikantno međusobno niti od tretmana T5 (50 mM NaCl + 100 mM NaCl) i T7 (kontrola), ali se razlikuju signifikantno od tretmana T3 (dH2O + 150 mM NaCl) i T6 (50 mM NaCl + 150 mM NaCl). Tretman T3 se površinom klijanaca ne razlikuje signifikantno od tretmana T5, T6 i T7, ali se razlikuje signifikantno od tretmana T1, T2 i T4. Tretman T6 se površinom klijanaca razlikuje signifikantno od tretmana T1, T2, T4, T5 i T7, ali se ne razlikuje signifikantno od tretmana T3. Lošiji rezultati u svojstvu površine su dobiveni u tretmanima s najvećom koncentracijom NaCl-a.



T1 – T7 objašnjeni u tablici 1.

Grafikon 3. Prosječna površina klijanaca grčke piskavice

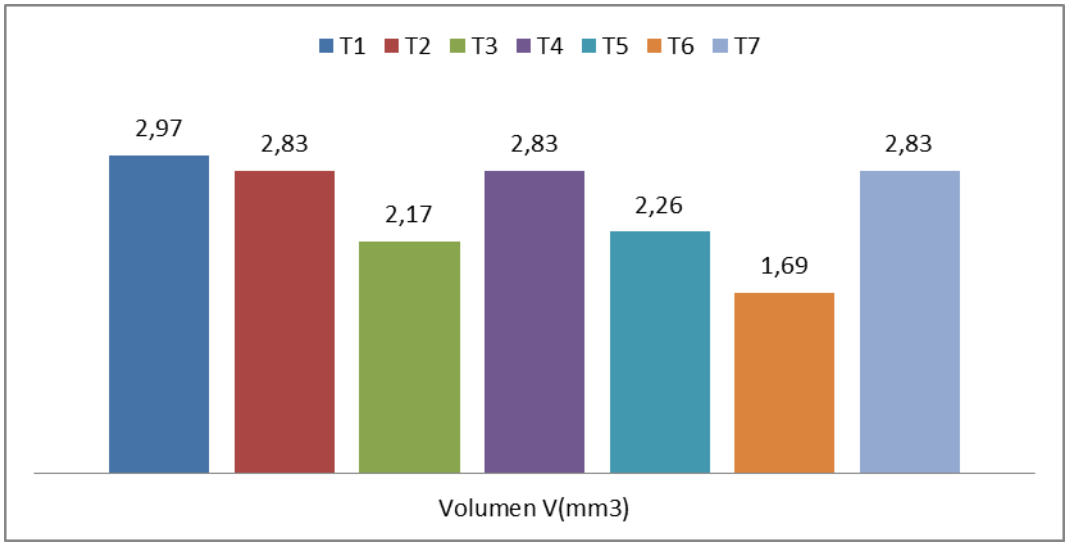
Vrijednosti promjera klijanaca prikazane u tablici 2. i grafikonu 4. pokazuju da se vrijednosti tretmana T1 (dH2O + 50 mM NaCl) ne razlikuju signifikantno od vrijednosti tretmana T2 (dH2O + 100 mM NaCl), T3 (dH2O + 150 mM NaCl), T4 (50 mM NaCl + 50 mM NaCl) i T7 (kontrola), ali se razlikuju signifikantno od vrijednosti tretmana T5 (50 mM NaCl + 100 mM NaCl) i T6 (50 mM NaCl + 150 mM NaCl). Tretman T2 se ne razlikuje signifikantno u vrijednostima od tretmana T1, T3, T4 i T7, ali se razlikuje signifikantno u vrijednostima s tretmanom T7. Tretmani T3 i T4 se vrijednostima ne razlikuju signifikantno međusobno niti od ostalih tretmana. Tretman T5 se razlikuje signifikantno od tretmana T1 i T7, ali se ne razlikuje signifikantno od ostalih tretmana. Tretman T6 se razlikuje signifikantno od tretmana T1 i T7.



T1 – T7 objašnjeni u tablici 1.

Grafikon 4. Prosječni promjer klijanaca grčke piskavice

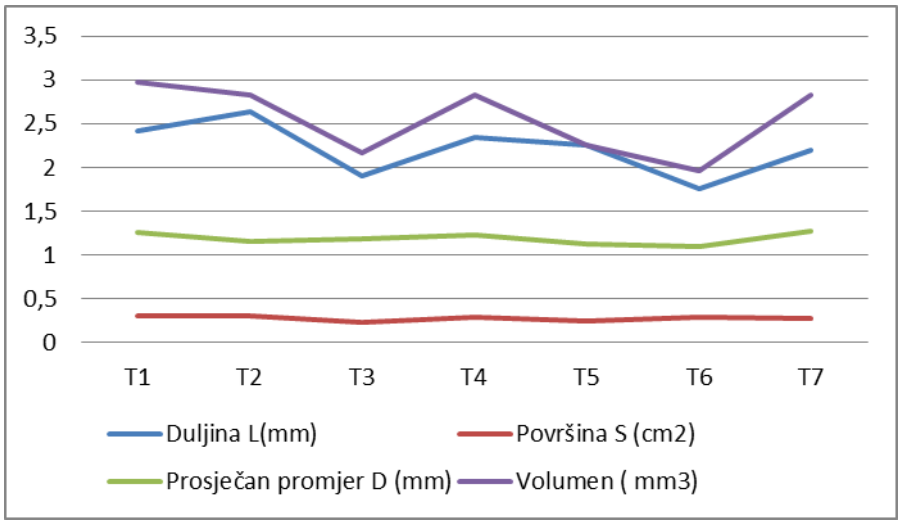
Vrijednosti volumena klijanaca (tablica 2 i grafikon 5) pokazuju kako se tretman T1 (dH2O + 50 mM NaCl) ne razlikuje signifikantno od tretmana T2 (dH2O + 100 mM NaCl), T4 (50 mM NaCl + 50 mM NaCl) i T7 (kontrola), ali se razlikuje signifikantno od tretmana T3 (dH2O + 150 mM NaCl), T5 (50 mM NaCl + 100 mM NaCl) i T6 (50 mM NaCl + 150 mM NaCl). Tretman T2 se ne razlikuje signifikantno od tretmana T1, T4, T5 i T7, ali se razlikuje signifikantno od tretmana T3 i T6. Tretmani T3, T5 i T6 se međusobno ne razlikuju signifikantno, ali se razlikuju od ostalih tretmana. Tretman T4 se ne razlikuje signifikantno od tretmana T1, T2, T5 i T7, ali se razlikuje signifikantno od tretmana T3 i T6. Tretman T5 se razlikuje signifikantno od T1, a od ostalih tretmana se ne razlikuje. Signifikantno lošiji rezultati u svojstvu volumena klijanaca dobiveni su u tretmanima 150 mM otopinom NaCl-a bez obzira na predtretman.



T1 – T7 objašnjeni u tablici 1.

Grafikon 5. Prosječni volumen klijanaca grčke piskavice

Djelovanje tretmana na praćena svojstva klijanaca prikazano je u grafikonu 6. u linearnom obliku.

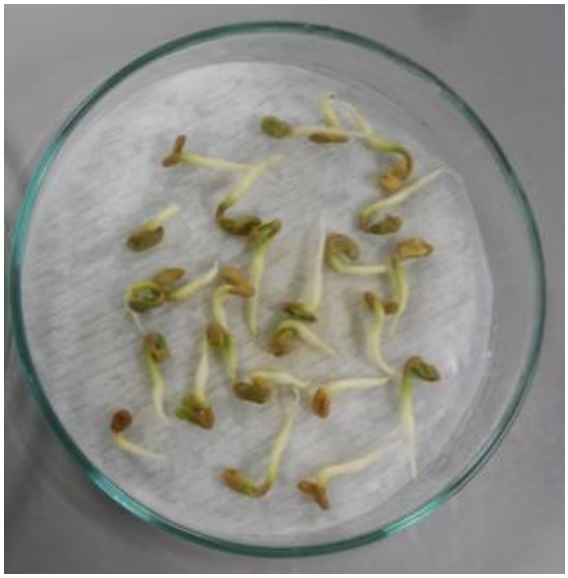


T1 – T7 objašnjeni u tablici 1.

Grafikon 6. prosječne vrijednosti praćenih svojstava klijanaca grčke piskavice

Promjer i površina korijena piskavice u ovom istraživanju su uglavnom konstantni uz male varijacije. U svojstvima duljine i volumena vidljiv je linearan pad vrijednosti porastom koncentracije NaCl-a. Oba predtretmana daju dobre rezultate kod naklijavanja sjemena na podlozi vlaženoj 50 mM otopinom NaCl-a.

Prema dobivenim rezultatima vidljivo je da je sjeme predtretirano dH_2O i naklijavano na podlozi vlaženoj otopiom NaCl-a koncentracije 50 mM (T1) pokazalo najveću vrijednost dužine, površine i volumena (slika 8). To je u suglasnosti s rezultatima dobivenim u istraživanju Soughir i sur. (2012.) koji navode da pozitivan efekt predtretmana nestaje kod koncentracije veće od 100 mM NaCl.



Slika 8. Razvijeni klijanci piskavice kod tretmana 1 (dH2O + 50 mM NaCl)

Snimila P. Hruškar

Klijanci iz tretmana sjemena močenog u destiliranoj vodi i naklijavanog na podlozi vlaženoj 100 mM otopinom NaCl (T2) razvijaju korijen koji je manjeg prosječnog promjera od klijanaca iz tretmana T1. Golim okom je primijećeno da usporedno s tretmanima T1 i T3, razvijaju više klorofila (slike 9 i 10).



Slika 9. Razvijeni klijanci piskavice kod tretmana 3 (dH2O + 150 mM NaCl)

Snimila P. Hruškar



Slika 10. Razvijeni klijanci piskavice kod tretmana 6 (50 mM NaCl + 150 mM NaCl)

Snimila P. Hruškar

Sjeme predtretirano 50 mM NaCl-om i naklijavano na podlozi močenoj 150 mM otopinom NaCl-a (T6) pokazuje najlošije rezultate u svim svojstvima te je prilikom praćenja golim okom utvrđeno sušenje vrha korijena. U tretmanima T1, T2 i T4 golim okom je opažen

veći broj korijenovih dlačica (slika 11) što se vidi i iz dobivenih vrijednosti površine i volumena klijanaca. Klijanci tretirani većim koncentracijama NaCl-a razvijaju više klorofila, ali dolazi do sušenja vrha korijena.



Slika 11. Razvijene korijenove dlačice na klijancima grčke piskavice

Snimila P. Hruškar

Prema dobivenim rezultatima i opažanjima golim okom, povećanjem koncentracije NaCl-a dolazi do slabijeg razvoja klijanaca. Otopina NaCl-a koncentracije 150 mM negativno utječe na sva praćena svojstva klijanaca.

5. ZAKLJUČAK

Prema rezultatima dobivenima u ovom istraživanju možemo zaključiti da:

- Sjeme pokazuje izuzetno dobru klijavost po svim tretmanima (≥ 96 %) te su razlike između tretmana statistički neopravdane.
- U usporedbi s netretiranim, predtretirano sjeme brže klije (iako statistički neopravdano) što ima potencijal prilikom uzgoja radi bolje homogenosti usjeva.
- Predtretman sjemena destiliranom vodom (dH_2O) pokazuje bolje rezultate u mjerenim svojstvima klijanaca kod naklijavanja na podlozi vlaženoj s 50 mM otopinom natrijevog klorida u usporedbi s predtretmanom s 50 mM NaCl-om; iako oba predtretmana daju dobre rezultate u praćenim svojstvima kod naklijavanja na podlogama vlaženim s nižim koncentracijama NaCl-a (50 mM i 100 mM).
- Tretmani s većim koncentracijama NaCl-a (150 mM) negativno utječu na praćena svojstva klijanaca. Subjektivnom procjenom, klijanci pri većim koncentracijama NaCl-a razvijaju više klorofila, a manje korijenovih dlačica i dolazi do sušenja korijenovog vrha.
- Tretmani T1 (dH_2O + 50 mM NaCl), T2 (dH_2O + 100 mM NaCl), T4 (50 mM NaCl + 50 mM NaCl) i T7 (netretirano sjeme + dH_2O) dali su najbolje rezultate za većinu ispitivanih svojstava.
- Tretman T6 (50 mM NaCl + 150 mM NaCl) daje najlošije rezultate za sva ispitivana svojstva.
- Predsjetveni tretmani sjemena pozitivno utječu na otpornost sjemena piskavice na niže koncentracije soli kod klijanja sjemena te omogućuju uzgoj na umjereno zaslanjenim tlima.

6. LITERATURA

1. Basra S. M. A., Afzal I., Rashid R. A., Hameed A. (2005). Inducing salt tolerance in wheat by seed vigor enhancement techniques. Int. J. Biol. Biotechnol., 2: 173-179.
2. Beińkowski T., Żuk-Gołaszewska K., Kurowski T., Gołaszewski J. (2016). Agrotehnical indicators for *Trigonella foenum-graecum* L. production in the environmental conditions of North-eastern Europe, Turkish Journal of Field Crops, 21(1): 16-28.
3. Bensa A., Miloš B. (2011). Morfologija tla, Autorizirana prezentacija, Međusveučilišni studij mediteranska poljoprivreda, Split
4. Black M., Bevley J. D. (2000). Seed Technology and its Biological Basis, Sheffield Academic Press Ltd, Sheffield, UK
5. Chhabra R. (2004). Classification of Salt-Affected Soils, Journal of Arid Land Research and Management, 19: 61-79.
6. Chinnusamy V., Jagendort A., Zhu J. (2005). Understanding and Improving Salt Tolerance in Plants, Alliance of Crop, Soil and Environmental Science Societies, 45(2): 437-448.
7. Cicek N., Cakirlar H. (2002). The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars, Bulgarian Journal of Plant Physiology, 28: 66-74.
8. FAO (2017). Management of salt affected soils. Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/management-of-some-problem-soils/salt-affected-soils/en/ Datum pristupanja: 19.09.2017.
9. FCD (2015). *Trigonella foenum-graecum* L. Flora Croatica Database. https://hirc.botanic.hr/fcd/DetaljiFrame.aspx?IdVrste=11171&taxon=Trigonella+foenum-graecum+L. Datum pristupanja: 25.09.2017.
10. Ghassemi-Golezani K., Asghar Aliloo A., Valizadeh M., Moghaddam M. (2008). Effects of different priming techniques on seed invigoration and seedling establishment of lentil (*Lens culinaris* Medik), Journal of Food, Agriculture & Environment, 6(2): 222-226.
11. Glamočija Đ., Maletić R., Jevdjović R. (2002). The influence of basic meteorological elements and seeding density on yield and quality of fenugreek seed (*Trigonella foenum-graecum* L.), Journal of Agricultural Sciences, 47(2): 113-120.

12. Hong-Bo S., Zang-Sou L., Ming-An S. (2005). LEA proteins in higher plants: Structure, function, gene expression and regulation, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 45(3-4): 131-135.

13. Maletić R., Jevdjović R. (2007). Sowing date – the factor of yield and quality of fenuegreek seed (*Trigonella foenum-graecum* L.), Journal of Agricultural Sciences, 52(1): 1-8.

14. McCormick K., Norton R., Eagles H. A. (2006). Fenugreek has a role in south-eastern Australian farming systems, Australian Agronomy Conference

15. Mehrafarin A., Rezazadeh Sh., Naghdi Badi H., Noormohammadi Gh., Zand E., Qaderi A. (2011). A review on biology, cultivation and biotechnology of fenuegreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) as a valuable medicinal plant and multipurpose, Journal of Medicinal Plants, 10(37): 6-24.

16. Mohamed M. A. (1990). Differences in growth, seed yield and chemical constituents of fenugreek plants (*Trigonella foenum-graecum* L.) due to some agricultural treatments, Egyptian Journal of Agronomy, 15(1-2): 117-123.

17. Mohammadi G. R. (2009). The influence of NaCl priming on seedgermination and seedling growth of canola (*Brassica napus* L.) under salinity conditions, American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 5(5): 696-700.

18. Oliveira B. A., Gomes-Filho E. (2016). How are germination performance and seedling establishment under abiotic stress improved by seed priming? A review, Australian Journal of Crop Science, AJCS: 10(7): 1047-1051.

19. Omami E. N. (2006). Response of Amaranth to salinity stress, University of Pretoria

20. Paparella S., Araŭjo S. S, Rossi G, Wrjauyasinghe M, Carbonera D, Balestrazzi A. (2015). Seed priming: A state of art and new perspectives, Plant Cell Rep, 34: 1281-1293.

21. Patade Vikas Y., Maya K., Zakwan A. (2011). Seed priming mediated germination improvement and tolerance to subsequent exposure to cold and salt stress in Capsicum, Research Journal of Seed Science, 4(3): 125-136.

22. Pemonge J., Pascual-Villalobos M. J., Regnault-Roger C. (1997). Effects of material and extracts of *Trigonella foenum-graecum* L. against the stored product pests *Tribolium castaneum* (Herbst) (*Coleoptera: Tenebrionidae*) and *Acanthoscelides obtectus* (Say)

(*Coleoptera: Bruchidae*), Journal of Stored Products Research, 33: 209–217.

23. Petropoulos H. C. (2003). Fenugreek: The genus Trigonella, Taylor & Francis, London and New York

24. Pooja S., Rajesh K. (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation, Saudi Journal of Biological Sciences, 22: 123-131.

25. Ratnakar A., Rai A. (2013). Effect of sodium chloride salinity on seed germination and early seedling growth of *Trigonella foenum-graecum* L. var. *peb*. Octa Journal of Environmental Research, 1(4): 304-309.

26. SAS Institute (2004) SAS/STAT® 9.1 User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC.

27. Sedghi M., Nemati A., Amanpour-Balaneji B., Gholipouri A. (2010). Influence of different priming materials on germination and seedling establishment of milk thistle (*Silybum marianum*) under salinity stress, World Applied Sciences Journal, 11 (5): 604-609.

28. Soughir M., Elouaer M.A., Hannachi C. (2012). Effect of NaCl priming duration and concentration on germination behavior of fenugreek, Albanian J. Agric. Sci. 11(4): 193-198.

29. Soughir M., Elouaer M.A., Hannachi C. (2013.) The effect of NaCl priming on emergence, growth and yield of fenugreek under saline conditions, Cercetări Agronomice î n Moldova, 46(2/154): 73-83.

30. Umezava T., Shmizu K., Kato M., Ueda T. (2000). Enhancement of salt tolerance in soybean with NaCl pretreatment, Phyisiologia Plantarum, International Journal of Plant Biology, 110(1): 59-63.

7. ŽIVOTOPIS AUTORA

Petra Hruškar rođena je 31. svibnja 1991. godine u Zagrebu. Nakon završene osnovne škole u Velikoj Gorici, upisuje Zdravstveno učilište u Zagrebu usmjerenja farmaceutski tehničar. Preddiplomski studij Biljnih znanosti na Agronomskom fakultetu u Zagrebu upisuje 2012. godine te završava 2015. godine obranom završnog rada na temu „Hranidbena i zdravstvena vrijednost hrena" čime stječe akademski naziv sveučilišni prvostupnik inženjer biljnih znanosti. Nakon završenog preddiplomskog studija upisuje diplomski studij Biljne znanosti.