

# Utjecaj suše inducirane polietilen glikolom i temperature zraka na klijavost i parametre klijavosti pšenice

---

Živković, Jovana

Master's thesis / Diplomski rad

2023

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:098366>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-29**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Jovana Živković

Diplomski sveučilišni studij Bilinogojstvo

Smjer Biljna proizvodnja

**UTJECAJ SUŠE INDUCIRANE POLIETILEN GLIKOLOM I**  
**TEMPERATURE ZRAKA NA KLIJAVOST I PARAMETRE**  
**KLIJAVOSTI PŠENICE**

**Diplomski rad**

Osijek, 2023.

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Jovana Živković

Diplomski sveučilišni studij Bilinogojstvo

Smjer Biljna proizvodnja

**UTJECAJ SUŠE INDUCIRANE POLIETILEN GLIKOLOM I  
TEMPERATURE ZRAKA NA KLIJAVOST I PARAMETRE  
KLIJAVOSTI PŠENICE**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu rada:

1. prof. dr. sc. Mirta Rastija, predsjednik
2. doc. dr. sc. Dario Iljkić, mentor
3. doc. dr. sc. Ivana Varga, član

Osijek, 2023.

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Cilj istraživanja .....	3
2. PREGLED LITERATURE .....	4
3. MATERIJALI I METODE RADA.....	8
3.1. Opis pokusa.....	8
3.2. Statistička obrada podataka .....	14
4. REZULTATI .....	15
4. 1. Energija klijanja .....	15
4. 2. Ukupna klijavost .....	15
4. 3. Postotak deformiranih/nerazvijenih sjemenki pšenice .....	16
4. 4. Ukupan broj korijena .....	17
4. 5. Dužina korijena.....	17
4. 6. Dužina koleoptile .....	18
4. 7. Dužina izdanka .....	19
4. 8. Ukupna dužina klijanaca.....	20
4. 9. Masa svježe tvari klijanaca .....	20
4. 10. Suha masa tvari klijanca .....	21
5. RASPRAVA.....	22
6. ZAKLJUČAK.....	26
7. POPIS LITERATURE .....	27
8. SAŽETAK .....	30
9. SUMMARY .....	31
10. POPIS TABLICA .....	32
11. POPIS SLIKA.....	33

## 1. UVOD

Žitarice pripadaju porodici trava (*Poaceae*), a dijele se na strne ili prave i prosolike. Pšenica, ječam, zob, raž i pšenoroaž su prave žitarice, dok su prosolike kukuruz, sirak, riža i proso. Također postoje i kulture poput heljde, šćira i drugih koje pripadaju kategoriji žitarica i nazivaju se pseudožitarice. Pšenica (*Triticum aestivum* L.) je jedna od najrasprostranjenijih žitarica u svijetu i najvažnija kultura za prehranu ljudi, a ujedno je i najznačajniji ratarski usjev. Ubraja se među najstarije ratarske kulture. Određeni nalazi i zapisi ukazuju kako je pšenica poznata više od 10 000 godina, a uzgajala se u Egiptu, Kini, Iraku i Maloj Aziji. Prije 5000 godina uzgajana je na području istočnog dijela Europe. Rimljani su započeli uzgoj pšenice prema sjeveru, a nakon otkrića Amerike i Australije uzgoj pšenice je proširen i na te kontinente. Točno podrijetlo pšenice nije utvrđeno (Mandić, 2022.).

Pšenica je glavna krušarica koja ima široku primjenu. Koristi se u prerađivačko-prehrambenoj industriji, mlinarstvu, farmaceutskoj industriji i proizvodnji stočne hrane, a njom se prehranjuje ili ju koristi oko 70 % čovječanstva. Sa stajališta ljudske ishrane značajna su kvalitetna svojstva zrna pšenice poput sadržaja bjelančevina, škroba i ulja. Proteini pšenice sadrže 18 aminokiselina, a postoji četiri frakcije. To su albumin i globulin koji su fiziološki aktivni proteini, dok su glijadin i glutein rezervni proteini. Osnovni izvori proteina za sintezu proteina klice su rezervni proteini koji također određuju tehnološka svojstva brašna i tijesta. Sadržaj proteina u zrnu i prinos su obično u negativnoj korelaciji (Kovačević i Rastija, 2014.). Pšenica se uzgaja na svim kontinentima, a pšenicom je zasijano blizu jedne četvrtine svjetske obradive površine što dodatno govori o njenoj važnosti.

Pšenica je samooplodna kulturna biljka koja ima veliku prilagodljivost klimi i tlu (Kovačević i Rastija, 2014.). U okviru roda *Triticum* samo dvije vrste imaju značajnu ulogu u poljoprivrednoj proizvodnji *Triticum aestivum* ssp. *vulgare* – meka pšenica i *Triticum durum* – tvrda pšenica. Također, pšenica se dijeli na dva osnovna tipa odnosno forme: ozimu i jarau (proljetnu) pšenicu. Ozima pšenica uzgaja se na sjevernoj polutki u području blage i umjerene kontinentalne klime u rasponu od 16 do 60°N, dok se na južnoj polutki uzgoj pšenice proteže do krajnjih granica Australije, Južne Amerike i Afrike. Uzgoj jare pšenice ograničen je na ona područja gdje nije moguće ostvariti uzgoj ozime pšenice zbog nemogućnosti prezimljavanja na polju uvjetovanog preniskim temperaturama. Jara pšenica bolje podnosi sušu i visoke temperature i kraće je vegetacije u odnosu na ozimu pšenicu, stoga se uzgaja u manje povoljnim uvjetima, odnosno u suhim kontinentalnim oblastima. Na

području zapadne i srednje Europe, kao i u Hrvatskoj, gotovo isključivo se uzgaja ozima pšenica (Kovačević i Rastija, 2014.). Najbolja kvaliteta i najveći prinosi zrna pšenice postižu se u područjima sa 650 do 750 mm oborina godišnje koje su povoljno raspoređene tijekom vegetacije. Minimalna vlažnost tla za potrebe pšenice u klijanju je ispod 30 % punog vodnog kapaciteta. Točka venuća u ostalim fazama razvoja je obično pri sadržaju vlage u tlu od 15 do 20 % (Kovačević i Rastija 2014.). Zahtjevi pšenice za temperaturom nisu veliki, ali imaju važan značaj. Najniža temperatura potrebna za klijanje je oko 2 °C , a smatra se da je praktična minimalna temperatura klijanja od 4 do 5 °C. Optimalna temperatura pri kojoj je klijanje i nicanje najbolje iznosi oko 25 °C. Izrazito visoke temperature tijekom vegetacije dovode do toplinskog udara, što za posljedicu ima zrno slabije kvalitete i dolazi do smanjenja prinosa. Kao biljka dugog dana pšenica za normalan rast i razvoj zahtjeva dovoljnu količinu svjetlosti (Širanović, 2015.; Žagar, 2014.).

Tijekom 2021. godine pšenica je u svijetu uzgajana na 220 759 739 ha te je ukupno proizvedeno 770 877 072 t pšenice, uz prosječan prinos od 3,4 t/ha. Najviše pšenice 2021. proizvedeno je u Kini (136 946 000 t), Indiji (109 590 000 t) i u Rusiji (76 057 258 t) što ukazuje na činjenicu da se na Azijskom kontinentu proizvodi najviše pšenice u svijetu.

Tablica 1. Top 10 proizvođača pšenice u svijetu prema ostvarenoj proizvodnji u tonama 2021. (izvor: FAOSTAT, 2023.)

<b>Redni broj</b>	<b>Zemlja</b>	<b>Proizvodnja pšenice u tonama (t)</b>
1.	Kina	136 946 000
2.	Indija	109 590 000
3.	Rusija	76 057 258
4.	Amerika	44 790 360
5.	Francuska	36 559 450
6.	Ukrajina	32 183 300
7.	Australija	31 922 554
8.	Pakistan	27 464 081
9.	Kanada	22 296 100
10.	Njemačka	21 459 200

U Hrvatskoj tijekom petogodišnjeg razdoblja zasijane površine pšenicom kretale su se u rasponu od 118 380 (2017.) do 147 840 ha (2020.). Najniži prosječan prinos od 5,4 t/ha ostvaren je 2018. godine, a najviši od 6,9 t/ha postignut je 2021 (Tablica 2.). U prosjeku, pšenica se u Hrvatskoj sijala na oko 139 000 ha uz postignuti prosječni prinos od 5,9 t/ha i proizvodnju od 819 677 tona što je iznad potreba Republike Hrvatske. Iako su kukuruz i pšenica u Hrvatskoj dominantno zastupljene, Iljkić i sur. (2018.) navode da postoji blagi trend smanjivanja površina, naročito pšenice.

Tablica 2. Proizvodnja pšenice i zasijane površine u Hrvatskoj u razdoblju od 5 godina.

(izvor: FAOSTAT, 2023.)

<b>Godina</b>	<b>Zasijana površina (ha)</b>	<b>Ukupna proizvodnja (t)</b>	<b>Prosječan prinos (t/ha)</b>
2017.	118 380	687 595	5,8
2018.	138 460	753 060	5,4
2019.	143 150	803 270	5,6
2020.	147 840	867 530	5,8
2021.	147 390	986 930	6,9
Prosjek	139 044	819 677	5,9

### **1.1. Cilj istraživanja**

Cilj provedenog istraživanja bio je u laboratorijskim uvjetima ispitati utjecaj suše inducirane polietilen glikolom i temperature na klijavost i parametre klijavosti klijanaca pšenice (energija klijanja, ukupno klijanje, broj ne klijavih sjemenki, ukupan broj korjenova, dužina korijena, dužina koleoptile, dužina izdanka, ukupna dužina, masa svježih i suhих klijanaca).

## 2. PREGLED LITERATURE

Klijanje predstavlja proces pojave primarnog klicinog korjenčića iz sjemena, a prethodi mu bubrenje sjemena, odnosno upijanje vode. Upijanjem vode aktiviraju se biokemijski procesi razgradnje pričuvnih tvari iz endosperma i pretvaranje u biljci pristupačne oblike. Minimalna količina vode koju sjeme treba upiti ovisi o biljnoj vrsti, a kod pravih žitarica iznosi 50 do 60 % mase sjemena. Za klijanje pravih žitarica minimalne temperature su 1-2 °C, optimalne 20-25 °C i maksimalna temperatura je oko 30 °C (Kovačević i Rastija, 2014.).

Klijanje i dormantnost su složeni procesi sjemena biljaka koji su pod utjecajem biljnih hormona, gena i okolišnih čimbenika. Osnovna karakteristika zdravog sjemena je klijanje koje počinje kada su zadovoljeni određeni uvjeti (voda, temperatura, kisik, svjetlost i dr.), te kada je prekinuta dormantnost (Saraf i sur., 2017.).

Energija klijanja utvrđuje se kao informativni podatak o broju normalnih klijanaca koji se ispituju u laboratorijskim uvjetima u odnosu na ukupan broj sjemenki stavljenih na klijanje, a broj normalnih klijanaca utvrđuje se nakon isteka vremena predviđenog za ovo ocjenjivanje. Pravilnik o metodama uzorkovanja i ispitivanja kvalitete sjemena (NN 99/08) sadrži propisane metode klijanja za svaku biljnu vrstu. Propisane metode uključuju izbor odgovarajuće podloge za naklijavanje, temperaturu, predtretmane, broj dana za određivanje energije klijanja te broj dana za utvrđivanje klijavosti sjemena (Bukovčan, 2017.).

Na klijavost sjemena i razvitak klice u prirodnim uvjetima utječe veliki broj čimbenika koji se mogu podijeliti u dvije grupe: 1) utjecaj različitih vanjskih čimbenika koji uključuje patogene mikroorganizme i štetnike u tlu i 2) čimbenici uvjetovani nasljednim i nenasljednim svojstvima sjemena. Pri optimalnoj vlažnosti brzina klijanja ovisi o temperaturi (Milohnić, 1966.).

Tako Kovač (2022.) u istraživanju utjecaja različitih temperatura (10 °C i 20 °C) na klijavost i parametre klijavosti strnih žitarica navodi kako je pri višoj temperaturi zraka energija klijanja bila veća za oko 6 %, ukupno klijanje za oko 3 %, dužina korijena za oko 20 %, dužina izdanka za oko 49 %, ukupna dužina koleoptile za oko 65 %, ukupna dužina biljke za oko 34 % i svježja masa za oko 3 %.

Manjak vode (suša) i povišene temperature zraka dva su ključna problema u svezi vremenskih prilika i poljoprivredne proizvodnje u Hrvatskoj. Izražen je i problem toplinskih stresova koji je uzrokovan čestim temperaturama zraka iznad 25 °C (Zanor, 2009.). Sušni stres manifestira se nedostatkom vode što dovodi do značajnih negativnih morfoloških,



biokemjskih i fizioloških svojstava. Ove promjene otežavaju rast biljaka u svim životnim fazama, a jačina negativnih učinaka ovisi o specifičnosti stresa i lokalnoj klimi (Halt, 2021.). Kao najosjetljivije faze biljaka u razvojnem ciklusu na sušu pokazale su se faza klijanja i faza ranog porasta klijanaca. Suša utječe na smanjenje postotka klijavosti sjemena te duljinu korjenčića i izdanka. Klijanje sjemena, vigor sjemena i duljina koleoptile smatraju se preduvjetima za dobar rast i prinos poljoprivrednih kultura, stoga se sve više prate u programima selekcije sorti koje imaju bolju toleranciju na stresne uvijete. Razumijevanje mehanizma koji omogućuje prilagodbu na nedostatak vode i održavanje rasta, razvoja i produktivnosti tijekom razdoblja stresa može biti od koristi u razvoju različitih genotipova poljoprivrednih kultura koje su otporne na sušu (Ament, 2018.). Istraživanje Šimunović i sur. (2007.) pokazuje da je visina prinosa u funkciji količine i rasporeda oborina, te je pri većim sušama veće i smanjenje prinosa i obrnuto. Matičić (2020.) navodi kako je zbog suše u listopadu bilo otežano i produženo klijanje i nicanje pšenice što je dovelo do neujednačenog usjeva, a manjak oborina u veljači i ožujku otežao je prvu prihranu.

Uporaba različitih osmotskih spojeva koji se koriste za pripremu i održavanje sušnih uvjeta smatra se jednim od najboljih načina za ispitivanje utjecaja sušnog stresa na klijavost sjemena. Spojevi poput manitola, polietilen glikola, saharoze i sorbitola nemaju štetan ili toksičan utjecaj na biljku, inhibiraju rast tako što smanjuju vodni potencijal okoline, čime onemogućavaju biljkama usvajanje vode (Ament, 2018.).

Kod biljaka je suša čest uzročnik vodnog stresa, stoga tijekom ranog klijanja sjemena značajno može utjecati na daljnju fiziologiju klijanja, te se smatra jednim od najvažnijih abiotičkih čimbenika koji ograničavaju poljoprivrednu proizvodnju i prinose širom svijeta. Utjecaj vodnog stresa može dovesti do nedovoljnog usvajanja vode što rezultira slabijim bubrenjem sjemena, a metabolički procesi (npr. aktivacija hidrolitičkih enzima, razgradnja pričuvnih tvari, sinteza proteina i nukleinskih kiselina) koji bi trebali rezultirati klijanjem ne počinju ili započinju manjim intenzitetom (Šujdović, 2014.).

Polietilen glikol (PEG) se koristi za izazivanje vodenog stresa. On je neionski vodeni polimer koji ima veliku molekulsku masu za koju se očekuje da nema mogućnost ulaska u stanice biljke (Djibril, 2005.).

Istraživanje Syarifah i Radite (2019.) pokazuje kako su različite koncentracije PEG-a 6000 imale učinak na sve promatrane značajke. Promatrani parametri bili su duljina glavnog korijena, visina izdanka, omjer duljine glavnog korijena i visine izdanka te ukupna biljna masa drveta kaučuka.

Španić i sur. (2017.) istraživali su utjecaj polietilen glikola 6000 korištenog u koncentraciji od 20 % kako bi stvorili umjetni stres suše. Ispitivali su tri genotipa ozime pšenice na sušu u stadiju klijanja i klijanaca. Rezultati su pokazali da je genotip Vulkan pokazao najveći postotak klijavosti od 85 % u kontrolnoj skupini, dok je najmanji postotak klijavosti zabilježen u Žitarki 43 % u PEG tretmanu. U kontroli postotak klijavosti sjemena bio je veći kod sva tri genotipa, u odnosu na 20 % PEG 6000 tretman. Vulkan je imao najveću duljinu izdanka u kontrolnim biljkama (14,18 cm), te značajno smanjenu u PEG tretmanu (6,93 cm). Najveća svježa masa izdanka zabilježena je kod genotipa Vulkan (1,5 g) te kod Antonije (1,23 g) u kontrolnom tretmanu. U kontrolnom i PEG tretmanu Antonija je pokazala najveću duljinu korijena (14,52 cm i 12,46 cm). Minimalna dužina korijena zabilježena je kod Žitarke u PEG tretmanu (6,52 cm). Vrijednost svježe mase korijena smanjena je u uvjetima suše kod Žitarke i Antonije, dok je kod genotipa Vulkan bila povećana. U sušnim uvjetima smanjene suhe mase korijena zabilježeno je samo kod Žitarke.

Mahmoud i Mohamed (2014.) navode kako se polietilen glikol (PEG 6000) koristi za stimulaciju stresa uzrokovanog sušom, te da se selekcija na otpornost pšenice na sušu u fazi klijanaca najčešće provodi pomoću PEG 6000. Nadalje navode kako su različite studije koje su bile usmjerene na ispitivanje različitih genotipova pšenice na otpornost na sušu koristili PEG 6000 u različitim koncentracijama te zaključuju kako su svi parametri rasta korijena i izdanaka u stadiju klijanaca bili različito pogođeni određenom razinom stresa. PEG je značajno smanjio duljinu izdanka i korijena. Rezultati njihovog istraživanja također ukazuju kako je povećanje koncentracije PEG-a smanjivalo duljinu korijena i izdanka u odnosu na kontrolu. Međutim navode kako je tretman s 20 % PEG-a povećao duljinu korijena u odnosu na tretman s 15 % polietilen glikola.

Teskera (2021.) je u istraživanju ispitivao postotak klijavosti, dužinu izdanka i korijenja pšenice tijekom šest dana u kontroliranim uvjetima. Za stvaranje osmotskog stresa korišten je polietilen glikol 6000 u 3 koncentracije (15 %, 20 % i 30 %). Najviša koncentracija PEG-a imala je najjači inhibitorni učinak na klijanje u odnosu na niže koncentracije tijekom svih 6 dana. Duljina korijena bila je manja kod tretmana 20 % i 30 % PEG-a u usporedbi s kontrolom. Najviša koncentracija PEG-a (30 %) imala je najviše štetnog utjecaja na klijavost, izdanak i duljinu korijena. Duljina korijena nije bila značajno promijenjena između biljaka koje su bile tretirane s 15 i 20 % PEG-a, te s 20 i 30 % što ukazuje na to kako korijen bolje tolerira sušu od izdanka.

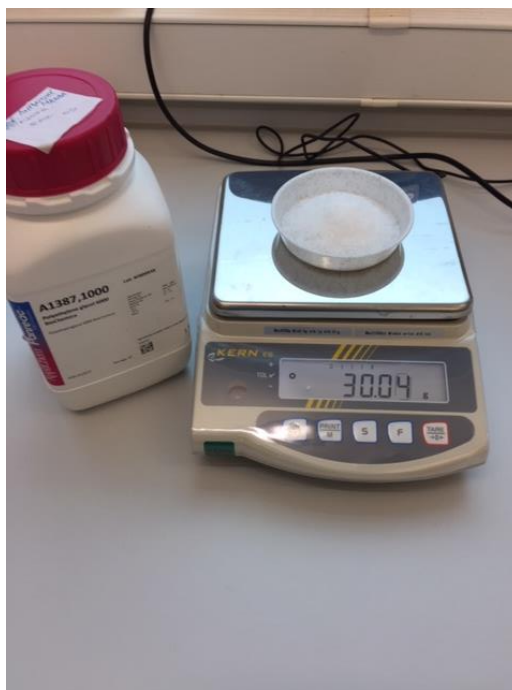
Bilgili i sur. (2019.) su istraživali odgovor dva genotipa krušne pšenice na stres uzrokovan sušom u fazama klijanja i rasta klijanaca. Korištene su tri različite koncentracije polietilen glikola 6000 (kontrola, -0,6 MPa i -1,2 MPa) kako bi se izazvao stres uzrokovan sušom u početnim fazama rasta pšenice. Navode kako su povećane koncentracije PEG-a značajno utjecale na smanjenje svih ispitivanih svojstava, osim srednjeg vremena klijanja i nicanja.

U istraživanju Duvnjaka i sur. (2022.) ispitan je morfo-fiziološki i hormonski odgovor šest sorti ozime pšenice na stres uzrokovan sušom tijekom klijanja i faze klijanaca. U razdoblju od sedam dana biljke su bile izložene otopini polietilen glikola u koncentracijama od 10 i 20 %. Opaženo je značajno smanjenje energije klijanja, dužine izdanka, relativnog sadržaja vode te pojačan rast korijena ovisno o stupnju stresa u odnosu na kontrolne uvijete.

### 3. MATERIJALI I METODE RADA

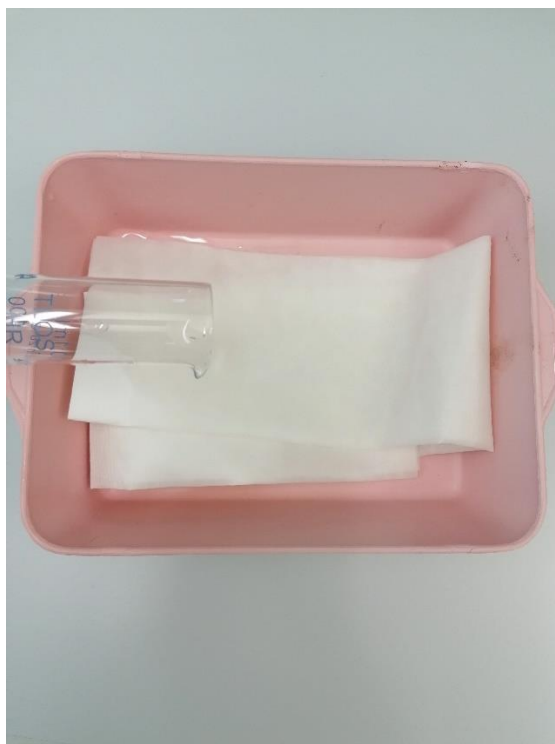
#### 3.1. Opis pokusa

Pokus je proveden tijekom svibnja i lipnja 2023. godine na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek u Laboratorijskom praktikumu za fenotipizaciju i vodni stres u biljnoj proizvodnji. U istraživanju je ispitivan utjecaj suše inducirane polietilen glikolom 6000 u koncentracijama 3 % i 6 % pri temperaturama zraka od 9 °C, 17 °C i 25 °C na klijavost i parametre klijavosti pšenice. Prvi korak u postavljanu pokusa bio je mjerenje i određivanje potrebne količine polietilen glikola, kako bi se dobila 3 % i 6 % otopina PEG-a (Slika 1.). Određena količina praha se zatim otopila u destiliranoj vodi.

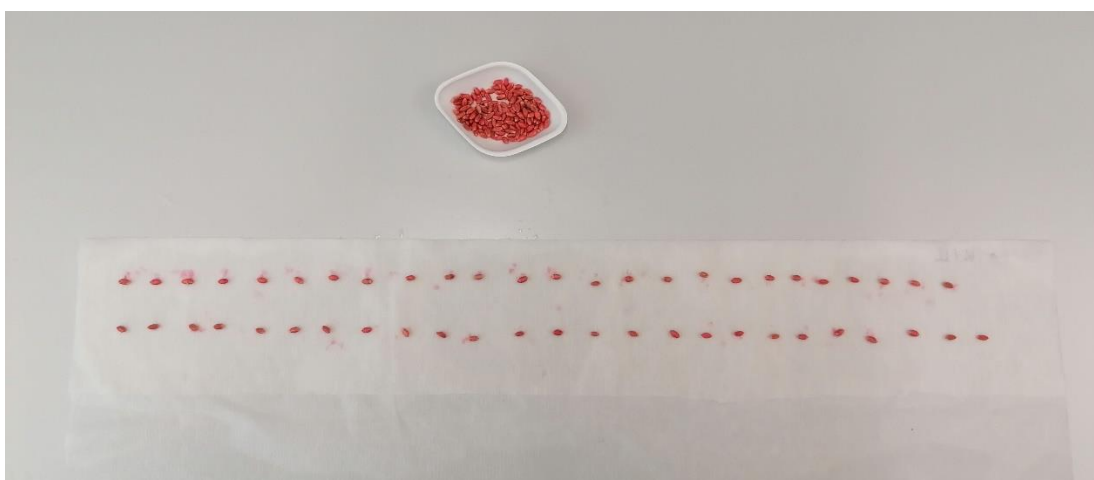


Slika 1. Mjerenje količine polietilen glikola (izvor: Ilkić, D.)

Nadalje, pokus se provodio tako da je za svaku temperaturu zasebno bilo postavljeno tri tretmana od kojih je svaki tretman imao tri ponavljanja. Prvi tretman predstavlja kontrolu (K), za svako ponavljanje korišten filter papir koji je navlažen s 35 ml destilirane vode (Slika 2.), drugi tretman je bio s 3 % otopinom PEG-a (G1), te je isto tri filter papira bilo navlaženo s 35 ml otopine u ovoj koncentraciji, i zadnji tretman se također sastojalo od tri ponavljanja gdje je svaki filter papir bio navlaženi s 35 ml otopine PEG-a u koncentraciji od 6 % (G2). Nakon vlaženja filter papira na svaki je bilo postavljeno 50 sjemenki pšenice (Slika 3.).



Slika 2. Vlaženje filter papira destiliranom vodom (izvor: Živković, J.)



Slika 3. Postavljanje sjemenki pšenice na filter papir (izvor: Živković, J.)

Zatim, nakon postavljanja sjemenki, filter papir je zamotan i stavljen u PVC vrećicu koja je imala oznaku određenog tretmana koji je primijenjen (Slika 4.) kako bi se zadržala vlaga odnosno kako ne bi došlo do pretjeranog isušivanja filter papira tijekom provođenja pokusa. Nakon toga označene vrećice u kojima se nalazio filter papir sa sjemenkama stavljene su u klima komoru na određenu temperaturu (Slika 5.).

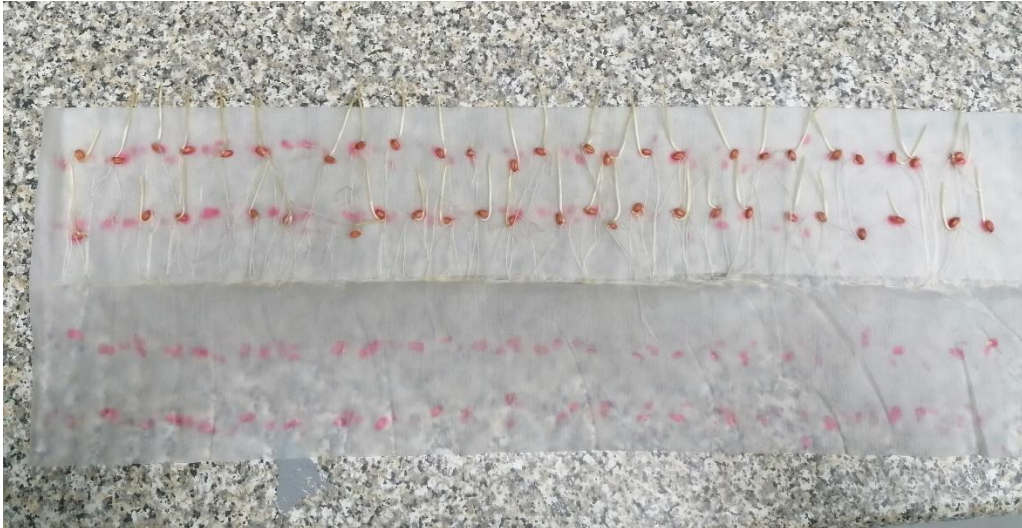


Slika 4. Sjemenke pšenice zamotane u filter papiri i stavljen u PVC vrećice  
(izvor: Živković, J.)



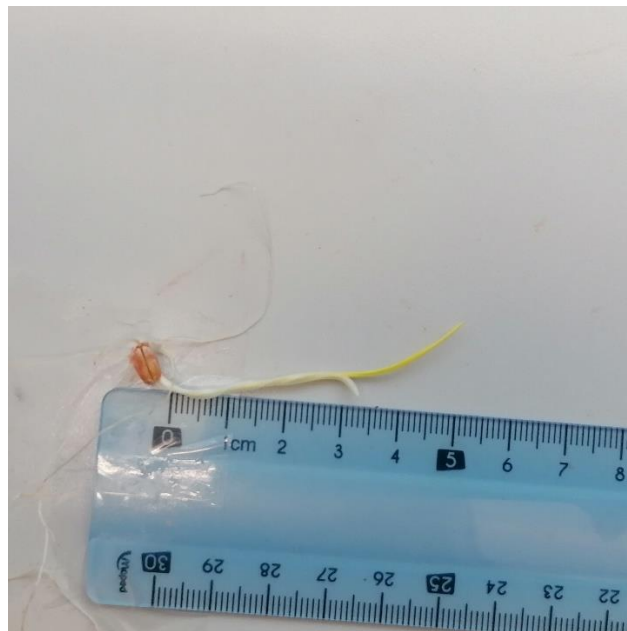
Slika 5. Uzorci u klima komori na temperaturu od 17 °C (izvor: Živković, J.)

Nakon četiri dana izmjerena je energija klijanja za sve tretmane i ponavljanja. Energija klijanja je određena vizualnim putem tako da je promatran početak razvoja klice i korijena svakog sjemena (Slika 6.) koji su izbrojani, preračunati i prikazani u postotcima.



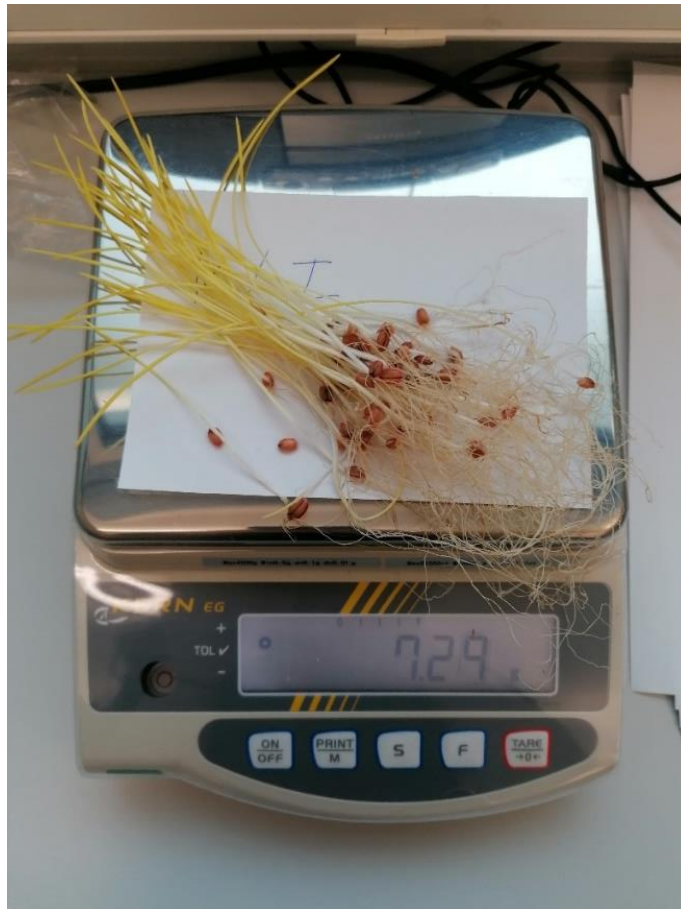
Slika 6. Mjerenje energije klijanja (izvor: Živković, J.)

Prema Pravilniku, nakon 8 dana od postavljanja pokusa provedeno je mjerenje morfoloških svojstava biljke: ukupno klijanje, broj korijena, dužina korijena (cm), dužina izdanka (cm), dužina koleoptile (cm) i određivanje tj. vaganje svježe mase klijanaca (g) za svaku temperaturu, tretman i ponavljanje (Slika 7.)



Slika 7. Mjerenje dužine izdanka pšenice (izvor: Živković, J.)

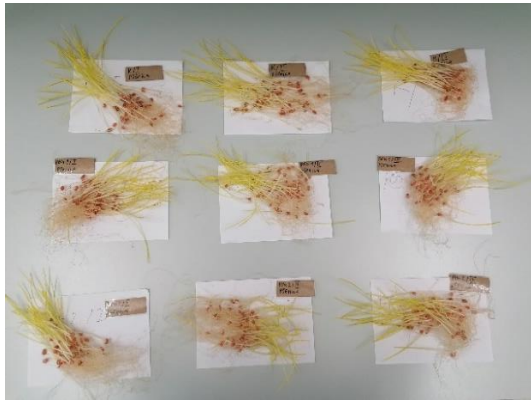
Nakon mjerenja svih morfoloških svojstva biljke izmjerena je svježa masa svih tretmana i ponavljanja, a mjerenje je obavljeno pomoću precizne laboratorijske vage s dva decimalna mjesta (Slika 8.).



Slika 8. Mjerenje svježe mase klijanaca (izvor: Živković, J.)

Klijanci su zatim ostavljeni na zraku tri dana kako bi se osušili (Slika 9.), a nakon toga zrakosuhi uzorci su prije vaganja suhe mase dodatno osušeni u sušioniku na temperaturi od 80 °C u trajanju od 60 minuta (Slika 10.). Poslije svega određena je masa suhe tvari klijanaca po tretmanima i ponavljanjima (Slika 11.).





Slika 9. Sušenje uzoraka na zraku  
(izvor: Živković, J.)



Slika 10. Sušenje uzoraka u sušioniku  
(izvor: Živković, J.)



Slika 11. Mjerenje suhe mase klijanaca pšenice (izvor: Živković, J.)

### **3.2. Statistička obrada podataka**

U provedenom istraživanju za statističku obradu podataka i dobivanje rezultata korišten je SAS 9.4. Software-a (SAS Institute Inc.), a razlike između prosječnih vrijednosti ispitivanih parametara izražene su na razini  $p < 0,05$ . Osim navedenog programskog paketa upotrebljavani su i računalni program Excel i Word.

## 4. REZULATI

### 4. 1. Energija klijanja

Analizom varijance utvrđena je statistički značajna razlika u pogledu utjecaja temperature na energiju klijanja. Najveća energija klijanja postignuta je pri temperaturi od 25 °C i iznosila je 97,6 %, dok je razlika između energije klijanja pri temperaturama od 9 i 17 °C bila minimalna 94,4 i 94,0 % (Tablica 3).

Utjecaj provedenih tretmana polietilen glikolom nije imao statističku značajnost, kao ni interakcija temperature i provedenih tretmana. Najveća energija klijanja postignuta je pri tretmanu polietilen glikolom u koncentraciji od 3 % (G1) i temperaturi od 25 °C i iznosila je 98,7 %, dok je najmanja vrijednost energije klijanja bila 92,0 % i postignuta je pri temperaturi od 17 °C i kontrolnom tretmanu u kojem je primijenjena samo destilirana voda.

Tablica 3. Pokazatelji energije klijanja pšenice (%)

Temperatura (A)	PEG (B)			Prosjek (%)
	K	G1	G2	
9°C	94,7	95,3	93,3	94,4 b
17°C	92,0	93,3	96,7	94,0 b
25°C	98,0	98,7	96,0	97,6 a
Prosjek	94,9	95,8	95,3	95,3
LSD <sub>0,05</sub> (A) = 2,547		LSD <sub>0,05</sub> (B) = ns	LSD <sub>0,05</sub> (AB) = ns	

### 4. 2. Ukupna klijavost

U provedenom istraživanju ukupna klijavost pšenice u prosjeku je iznosila 94,8 %. Analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika u pogledu utjecaja temperature, polietilen glikola i njihove interakcije na ukupnu klijavost.

Pri temperaturi od 25 °C ostvaren je najveći postotak ukupne klijavosti od 96,4 %, dok je pri temperaturama od 9 °C i 17 °C postignuta ista vrijednost ukupnog klijanja pšenice u iznosu od 94,0 %. U pogledu primijenjenih tretmana PEG-a najviši postotak ukupne klijavosti postignut je u tretmanu G1 od 95,6 %.

Variranje ukupnog klijanja je bilo najizraženije kod interakcije temperature i PEG-a pri čemu je najmanje ukupno klijanje pšenice bilo pri temperaturi od 17 °C i kontrolnom tretmanu (K) od 92,0 %, a najveća vrijednost ukupne klijavosti pšenice od 98,7 % postignuta je pri temperaturi od 25 °C i tretmanu G1 (Tablica 4.)

Tablica 4. Pokazatelji ukupne klijavosti pšenice (%)

Temperatura (A)	PEG (B)			Prosjek (%)
	K	G1	G2	
9°C	95,3	94,0	92,7	94,0
17°C	92,0	94,0	96,0	94,0
25°C	95,3	98,7	95,3	96,4
<b>Prosjek</b>	94,2	95,6	94,7	94,8
LSD <sub>0,05</sub> (A) = ns      LSD <sub>0,05</sub> (B) = ns      LSD <sub>0,05</sub> (AB) = ns				

#### 4. 3. Postotak deformiranih/nerazvijenih sjemenki pšenice

Analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika utjecaja temperature i tretmana PEG-a na postotak deformiranih i nerazvijenih sjemenki pšenice. Također, ni interakcija primijenjenih tretmana i temperature nije pokazala statistički značajan utjecaj na postotak deformiranih sjemenki (Tablica 5.).

Tablica 5. Pokazatelji deformiranih/nerazvijenih sjemenski pšenice (%)

Temperatura (A)	PEG (B)			Prosjek (%)
	K	G1	G2	
9°C	4,67	6,00	8,00	6,22
17°C	8,00	6,00	4,00	6,00
25°C	5,33	2,67	6,00	4,67
<b>Prosjek</b>	6,00	4,90	6,00	5,63
LSD <sub>0,05</sub> (A) = ns      LSD <sub>0,05</sub> (B) = ns      LSD <sub>0,05</sub> (AB) = ns				

Pri temperaturi od 9°C postignut je najveći postotak deformiranih/nerazvijenih sjemenki pšenice od 6,22 %. U pogledu primjenjivanih tretmana PEG-a isti postotak nerazvijenog sjemena bio je pri kontrolnom tretmanu i tretmanu polietilen glikolom (G2) u iznosu od 6 %

(Tablica 5.) dok je najviši postotak deformiranog i nerazvijenog sjemena bio pri tretmanu K odnosno kontroli i temperaturi od 17°C. Ista zabilježena vrijednost od 8 % bila je i kod temperature od 9°C i tretmana 6 % PEG-a (G2).

#### 4. 4. Ukupan broj korijena

Prosječan broj korijena pšenice iznosio je 3,98, odnosno pšenica je razvila u prosjeku oko četiri korijenčića. Utvrđen je statistički značajan utjecaj temperature na broj korijena. Tako je na temperaturi od 25°C razvijeno 4,62 korijena, dok je pri temperaturi od 9°C pšenica prosječno imala 3,09 razvijenih korijena, odnosno jedan manje.

Tretmani PEG-a koji su primijenjeni nisu imali statistički značajan utjecaj na broj razvijenih korijena i varirao je od 3,82 do 4,07.

Interakcija tretmana PEG-a i temperature pokazala je statistički značajne razlike u pogledu broja korijena pšenice. Najviše korijena (4,95) je razvijeno pri temperaturi od 25°C i tretmanu polietilen glikolom u koncentraciji od 6 % (G2), dok je pri istom tretmanu i temperaturi od 9°C pšenica razvila najmanji broj korijena 3,02 (Tablica 6.)

Tablica 6. Pokazatelji ukupnog broja korijena pšenice

Temperatura (A)	PEG (B)			Prosjek
	K	G1	G2	
9°C	3,17 c	3,08 c	3,02 c	3,09 c
17°C	4,24 b	4,23 b	4,22 b	4,23 b
25°C	4,06 b	4,84 a	4,95 a	4,62 a
Prosjek	3,82	4,05	4,07	3,98
LSD <sub>0,05</sub> (A) = 0,266		LSD <sub>0,05</sub> (B) = ns	LSD <sub>0,05</sub> (AB) = 0,241	

#### 4. 5. Dužina korijena

Kao vrlo važno svojstvo, naročito u ranim fazama razvoja biljke, dužina korijena ima bitnu ulogu jer osigurava vodu i hranjive tvari biljci. S obzirom na to, poželjno je da korijen bude sto duži i prodre što dublje u tlo.

Analizom varijance utvrđena je statistički značajna razlika u pogledu utjecaja temperature na dužinu korijena pšenice, te je pri najvišoj temperaturi od 25°C i duljina korijena bila

najveća (12,3 cm), a značajno manja dužina korijena (5,5 cm) je ostvarena na temperaturi od 9°C.

Interakcija temperature i tretmana PEG-a je pokazala statističku značajnost i najveća dužina korijena pšenice bila je na temperaturi od 25°C i pri tretmanu K (13,1 cm). Kod kontrolnog tretmana (K) i tretmana PEG-om (G2) na temperaturi od 9°C ostvarena je ista ujedno i najmanja dužina korijena 5,5 cm (Tablica 7.). Sami tretmani nisu imali statistički značajan utjecaj na dužinu korijena pšenice.

Tablica 7. Pokazatelji dužine korijena pšenice (cm)

Temperatura (A)	PEG (B)			Prosjek (cm)
	K	G1	G2	
9°C	5,5 d	5,6 d	5,5 d	5,5 c
17°C	9,7 c	9,9 c	10,6 bc	10,1 b
25°C	13,1 a	11,3 abc	12,5 ab	12,3 a
<b>Prosjek</b>	9,43	8,96	9,51	9,30
LSD <sub>0,05</sub> (A) = 1,053      LSD <sub>0,05</sub> (B) = ns      LSD <sub>0,05</sub> (AB) = 1,911				

#### 4. 6. Dužina koleoptile

Koleoptila je tanka opna koja ima ulogu da zaštiti mladu biljku prilikom prodiranja kroz tlo. U prosjeku dužina koleoptile kod pšenice bila je 3,95 cm. Analizom varijance utvrđena je statistička značajnost utjecaja temperature na dužinu koleoptile. Na temperaturi od 17°C koleoptila je u prosjeku bila najduža (4,79 cm) dok je pri temperaturi od 9°C koleoptila pšenice bila najkraća i u prosjeku iznosila 2,66 cm (Tablica 8.).

Tablica 8. Pokazatelji dužine koleoptile pšenice (cm)

Temperatura (A)	PEG (B)			Prosjek (cm)
	K	G1	G2	
9°C	2,97 d	2,77 d	2,23 e	2,66 c
17°C	4,53 bc	4,78 ab	5,05 a	4,79 a
25°C	4,33 c	4,39 c	4,50 bc	4,04 b
<b>Prosjek</b>	3,94	3,98	3,93	3,95
LSD <sub>0,05</sub> (A) = 0,290      LSD <sub>0,05</sub> (B) = ns      LSD <sub>0,05</sub> (AB) = 0,365				

Utjecaj primijenjenih tretmana PEG-a nije pokazao statističku značajnost na dužinu koleoptile i kretao se u prosjeku od 3,93 do 3,98 cm. Interakcija temperature i tretmana je pokazala statističku značajnost, te je na temperaturi od 17°C i tretmanu G2 s 6% otopine PEG-a dužina koleoptile prosječno bila najveća (5,5 cm). Kod istog tretmana na nižoj temperaturi (9°C) zabilježena je najmanja prosječna dužina koleoptile pšenice od 2,23 cm.

#### 4. 7. Dužina izdanka

Izdanak predstavlja nadzemni dio buduće biljke. U proizvodnji je važno da se izdanak brzo pojavi iznad površine tla kako bi biljka mogla započeti proces fotosinteze i stvaranja organske tvari. Dužina izdanka pšenice u prosjeku je iznosila 5,98 cm.

Analizom varijance je utvrđena statistička značajnost utjecaja temperature na dužinu izdanka. Na temperaturi od 25°C dužina izdanka je bila najveća i prosječno iznosila 9,84 cm, dok je pšenica pri temperaturi od 9°C imala prosječno najkraću dužinu izdanka (2,66 cm).

Statistička značajnost je zabilježena i u pogledu interakcije temperature i tretmana na dužinu izdanka. Na kontrolnom tretmanu (K) i temperaturi od 25°C postignuta je najveća dužina od 11,69 cm. Najmanja prosječna dužina izdanka pšenice (2,23 cm) ostvarena je pri tretmanu G2 i temperaturi od 9°C (Tablica 9.).

Sami tretmani PEG-a nisu pokazali statističku značajan utjecaj na dužinu izdanka.

Tablica 9. Pokazatelji dužine izdanka pšenice (cm)

Temperatura (A)	PEG (B)			Prosjek (cm)
	K	G1	G2	
9°C	2,97 e	2,77 e	2,23 e	2,66 c
17°C	5,73 d	5,41 d	5,17 d	5,44 b
25°C	11,69 a	9,58 b	8,26 c	9,84 a
<b>Prosjek</b>	6,80	5,92	5,22	5,98
LSD <sub>0,05</sub> (A) = 0,957		LSD <sub>0,05</sub> (B) = ns	LSD <sub>0,05</sub> (AB) = 0,802	

#### 4. 8. Ukupna dužina klijanaca

Ukupna dužina klijanaca pšenice predstavlja zbroj dužine izdanka i korijena. U ovom istraživanju prosječna dužina klijanca pšenice u cijelom pokusu bila je 15,3 cm.

Analizom varijance utvrđena je statistička značajnost interakcije primjenjivanih tretmana PEG-a i temperature na ukupnu dužinu klijanaca. Na temperaturi od 25°C i kontrolnom tretmanu (K) ostvarena je najveća prosječna dužina (24,7 cm), dok je pri tretmanu G2 na temperaturi od 9°C pšenica imala prosječno najmanju ukupnu dužinu klijanaca od 7,7 cm.

Utjecaj tretmana na ukupnu dužinu klijanaca nije pokazao statističku značajnost i prosječno se kretao od 14,7 do 16,2 cm (Tablica 10.).

Na temelju analize varijance utvrđene su statistički značajne razlike utjecaja temperatura na ukupnu dužinu, te je na najvišoj temperaturi (25°C) prosječna ukupna dužina klijanaca pšenice bila najveća (22,1 cm), dok je na temperaturi od 9°C ukupna dužina u prosjeku iznosila 8,2 cm.

Tablica 10. Pokazatelji ukupne duljine klijanaca pšenice (cm)

Temperatura (A)	PEG (B)			Prosjek (cm)
	K	G1	G2	
9°C	8,5 d	8,4 d	7,7 d	8,2 c
17°C	15,4 c	15,3 c	15,8 c	15,5 b
25°C	24,7 a	20,9 b	20,7 b	22,1 a
<b>Prosjek</b>	16,2	14,9	14,7	15,3
LSD <sub>0,05</sub> (A) = 1,581      LSD <sub>0,05</sub> (B) = ns      LSD <sub>0,05</sub> (AB) = 2,257				

#### 4. 9. Masa svježe tvari klijanaca

Masa svježe tvari klijanaca prosječno je iznosila 5,91 g. Analizom varijance utvrđena je statistički značajna razlika utjecaja temperature na svježu masu te je pri temperaturi od 25°C bila 6,87 g dok je na najnižoj temperaturi (9°C) bila svega 4,58 g. Tretmani PEG-a koji su primijenjeni u pokusu nisu pokazali statistički značajan utjecaj na masu svježe tvari klijanaca pšenice.

Interakcija tretmana PEG-a i temperature analizom varijance pokazala je statističku značajnost, te je na najnižoj temperaturi od 9°C i tretmanu 6-postotnim polietilen glikolom



prosječno iznosila 4,15 g, dok je na kontrolnom tretmanu i temperaturi od 25°C svježa masa bila najveća 7,35 g (Tablica 11.).

Tablica 11. Pokazatelji ukupne mase svježe tvari klijanaca pšenice (g)

Temperatura (A)	PEG (B)			Prosjek (g)
	K	G1	G2	
9°C	4,95 d	4,63 d	4,15 e	4,58 c
17°C	6,40 bc	6,45 b	5,99 c	6,28 b
25°C	7,35 a	6,74 b	6,52 b	6,87 a
<b>Prosjek</b>	6,23	5,94	5,55	5,91
LSD <sub>0,05</sub> (A) = 0,373      LSD <sub>0,05</sub> (B) = ns      LSD <sub>0,05</sub> (AB) = 0,421				

#### 4. 10. Masa suhe tvari klijanca

Analizom varijance utvrđene su statistički značajne razlike između temperatura i interakcije primijenjenih tretmana i temperatura na masu suhe tvari klijanaca pšenice. Najmanja prosječna masa bila je na temperaturi od 25°C (1,29 g), dok je na najnižoj temperaturi (9°C) bila nešto veća 1,74 g.

Sami tretmani polietilen glikolom i kontrolni tretman nisu pokazali statistički značajan utjecaj na masu suhe tvari. Najveća masa suhe tvari pri interakciji tretmana i temperature postignuta je tretmanom G1 na temperaturi od 9°C (1,75 g), a najmanju prosječnu masu imao je kontrolni tretman pri temperaturi od 25°C u količini od 1,21 g (Tablica 12.).

Prosječna suha masa klijanca pšenice u cijelom pokusu bila je 1,52 g.

Tablica 12. Pokazatelj ukupne mase suhe tvari klijanaca pšenice (g)

Temperatura (A)	PEG (B)			Prosjek (g)
	K	G1	G2	
9°C	1,72 a	1,75 a	1,74 a	1,74 a
17°C	1,48 c	1,51 bc	1,56 b	1,52 b
25°C	1,21 f	1,28 e	1,38 d	1,29 c
<b>Prosjek</b>	1,47	1,52	1,56	1,52
LSD <sub>0,05</sub> (A) = 0,057      LSD <sub>0,05</sub> (B) = ns      LSD <sub>0,05</sub> (AB) = 0,068				

## 5. RASPRAVA

Uzgoj pšenice kao jedne od najznačajnijih ratarskih kultura je od izuzetnog značaja. Sam utjecaj stresnih uvjeta poput nedostatka vode smatra se jednim od najnegativnijih abiotičkih stresova, koji utječe izravno ili neizravno na različite molekularne, biokemijske i fiziološke procese na cijeli biljni organizam, a rezultira smanjenim intenzitetom rasta, razvoja i prinosa pšenice (Mirković, 2023.). U početnim fazama razvoja žitarica visoka ili niska temperatura kao abiotski čimbenik značajno može smanjiti klijavost sjemena.

Pri povoljnoj temperaturi, optimalnoj opskrbljenosti vlagom i dovoljnoj količini zraka klijanje nastupa za dva do tri dana. Upijanjem potrebne količine vode započinje bubrenje i klijanje, te se aktiviraju enzimatski procesi u zrnu i dolazi do razgradnje složenih organskih tvari koje klica može iskoristiti za svoj razvoj (Pošpil i Pošpil, 2020.).

Cilj istraživanja je bio u laboratorijskim uvjetima ispitati utjecaj suše inducirane otopinom polietilen glikola u koncentracijama od 3 % i 6 %, te temperature zraka (9 °C, 17 °C i 25 °C) na klijavost i parametre klijavosti (energija klijanja, ukupno klijanje, dužina korijena, dužina koleoptile, dužina izdanka, ukupna dužina, masa svježe i suhe tvari klijanaca) pšenice.

Istraživanjem je dokazano kako je temperatura imala statistički značajan utjecaj gotovo na sve parametre, osim ukupne klijavosti i postotka deformiranog i nerazvijenog sjemena. Primijenjeni tretmani PEG-a nisu pokazali značajan utjecaj niti na jedan od promatranih parametara klijavosti dok je interakcija tretmana PEG-a i temperature imala statistički značajan utjecaj na većinu parametara klijavosti, osim na postotak nerazvijenog/deformiranog sjemena i ukupne klijavosti.

Energija klijanja pri 25°C je bila najveća (97,6 %), dok je na temperaturi od 17°C bila najniža (94,0 %). Pri temperaturi od 9°C energija klijanja je iznosila 94,4 %. LDS testom je potvrđen statistički značajna razlika utjecaja temperature na energiju klijanja, dok primijenjeni tretmani PEG-a kao i interakcija tretmana i temperature nisu imali statističku značajnost. Kovač (2022.) navodi kako je energija klijanja žitarica pri temperaturi od 20 °C iznosila 82,2 %, dok je na temperaturi 10 °C bila 77,5 %. Bukvić i sur. (2008.) također navode kako je kod tri kultivara lucerne energija klijanja bila pod značajnim utjecajem temperature, te kako je veća bila na temperaturi od 20°C.

Hampton i Hill (2002.) navode da uvjeti prije žetve, tijekom žetve, privremenog skladištenja, transporta, dorade, prije i tijekom skladištenja, za posljedicu mogu imati smanjenu energiju klijanja.

Ukupna klijavost u provedenom istraživanju iznosila je 94,8 %. Nije dokazana statistička značajnost utjecaja temperature i tretmana PEG-a na ukupnu klijavost pšenice. Najveći postotak klijavost od 98,7 % je ostvaren na temperaturi od 25°C i pod utjecajem tretmana polietilen glikolom u koncentraciji od 3 % (G1). U svom istraživanju Kovač (2022.) navodi kako je pšenica pri temperaturi od 10°C imala veću ukupnu klijavost (96,0 %) u odnosu na temperaturu od 20°C gdje je ukupna klijavost bila 95,3 %. U istraživanju Teskera (2021.) korišten je polietilen glikol u koncentracijama od 15 %, 20 % i 30 %, te se navodi kako je najviša koncentracija PEG-a (30 %) imala najjači inhibitorni učinak na klijanje u odnosu na manje koncentracije polietilen glikola, tijekom 6 dana što potvrđuje kako se pri nižoj koncentraciji PEG-a ostvaruje veća ukupna klijavost pšenice.

Postotak deformiranih i nerazvijenih sjemenki pšenice u cijelom istraživanju je bio relativno niskih 5,63 %, dok je pri temperaturama od 9°C i 17°C, te kontrolnom tretmanu i tretmanu 6-postotnog PEG-a postotak deformiranih/nerazvijenih sjemenki pšenice bio najveći 8,0 %. U ovom istraživanju nije potvrđena statistička značajnost utjecaja temperature i suše na broj deformiranih i nerazvijenih sjemenki pšenice.

Statistički je potvrđena značajnost utjecaja temperature te interakcija tretmana PEG-a i temperature na ukupan broj korijena u ovom istraživanju. Pšenica je razvila najveći broj korijena (4,95) na najvišoj temperaturi (25°C) i tretmanu G2 koji imitira veće sušne uvjete u odnosu na tretman G1. Prema tome, možemo zaključiti kako pšenica u sušnim uvjetima i pri višoj temperaturi razvija veći broj korijena kako bi cijelu biljku opskrbila vodom u početnom stadiju razvoja. Kovač (2022.) navodi kako je ukupan broj korijena žitarica bio neznatno veći pri nižoj temperaturi (4,84), dok je na višoj iznosio 4,30, te kako temperatura nema značajan utjecaj na pojavu broja korijena.

Na dužinu korijena pšenice statistički značajno je utjecaja interakcija temperature i tretmana, kao i sama temperatura. Najduži korijen pšenica je razvila na temperaturi od 25°C i pri kontrolnom tretmanu (13,1 cm). Također i na ostalim ispitivanim tretmanima pri ovoj temperaturi dužina korijena je bila viša u odnosu na niže temperature. Dužina korijena na 9°C i svim tretmanima kretala se u rasponu od 5,5 do 5,6 cm. Prema tome može se zaključiti kako na dužinu korijena pšenice temperatura ima veći utjecaj u odnosu na tretmane PEG-a koji imitiraju sušne uvjete. Mahmoud i Mohamed (2014.) navode kako je povećanje koncentracije PEG-a smanjivalo duljinu korijena i izdanka u odnosu na kontrolu. Međutim, navode kako je tretman s 20 % PEG-a povećao duljinu korijena u odnosu na tretman s 15 % polietilen glikola. U ovom istraživanju nije utvrđena značajna razlika utjecaja na dužinu

korijena između kontrolnog tretmana i tretmana s 3 % i 6 % koncentracije PEG-a, što pokazuje da su korištene koncentracije bile niske i nisu stvorile dovoljno stresne sušne uvijete.

Klicin listić odnosno koleoptila, koja je šiljaste/kopljaste forme, štiti vegetacijski vrh od ozljeda i omogućuje lakše nicanje. Istraživanjem je utvrđeno kako je dužina koleoptile veća na višim temperaturama 17°C i 25°C te u uvjetima suše, dok je na temperaturi od 9°C dužina koleoptile bila najveća pri kontrolnom tretmanu. Dhanda i sur. (2004.) navode kako je dužina koleoptile pšenice u kontrolnim uvjetima bila približno dva puta veća u odnosu na tretmane u kojima je primjenjivan polietilen glikol 6000 što je potvrđeno i ovim istraživanjem.

Nadalje, u ovom istraživanju potvrđena je statistički značajna razlika utjecaja temperature u pogledu dužine izdanka. Pri temperaturi od 25°C izdanak pšenice je bio najduži (9,84 cm) dok je na temperaturi od 9°C izdanak pšenice prosječno bio dugačak 2,66 cm. Primjena samih tretmana PEG-a nije pokazala statistički značajan utjecaj na dužinu, dok je interakcija temperature i tretmana PEG-a imala utjecaja. Na svim temperaturama duljina izdanka pšenice je bila veća pri kontrolnom tretmanu u odnosu na tretmane koji imitiraju sušne uvijete. Kovač (2022.) navodi kako je također dužina izdanka žitarica bila veća pri temperaturi od 20°C u odnosu na temperaturu od 10°C. Jedna od tri sorte u istraživanju Španić i sur. (2017.) također je imala statistički značajno veću dužinu izdanka pri kontrolnom tretmanu u odnosu na tretman PEG-om, dok ostale sorte nisu pokazale značajnu razliku dužine izdanka pšenice pri kontrolnom i PEG tretmanu što upućuje na genotipsku specifičnost sorti pšenice.

Ukupna dužina klijanaca pšenice prosječno je iznosila 15,3 cm. Najveća dužina je ostvarena pri temperaturi od 25°C i kontrolnom tretmanu (24,7 cm), dok je pšenica imala najmanju dužinu klijanaca na 9°C pri tretmanu G2 (7,7cm). Statistički je potvrđen utjecaj temperature kao i interakcije tretmana PEG-a i temperature. Na temperaturi od 17°C ukupna dužina klijanaca bila je najveća pri tretmanu G2 s 6 % PEG-a, dok je na ostalim temperaturama pri kontrolnom tretmanu ukupna dužina klijanaca pšenice bila veća u odnosu na PEG tretmane. Također Kovač (2022.) navodi kako je ukupna dužina klijanaca žitarica bila veća pri temperaturi od 20°C (22,31 cm) i značajno se razlikovala u odnosu na temperaturu od 10°C (16,71 cm), što je zaključeno i u ovom istraživanju.

Ukupna prosječna masa svježe tvari klijanaca pšenice iznosila je 5,91 g. Statistički značajan utjecaj na masu svježe tvari imala je temperatura, te je na najvišoj temperaturi (25°C) i prosječna masa bila najveća (6,87 g). Također interakcija tretmana PEG-a i temperature

imala je značajan utjecaj. Najmanja svježa masa ostvarena je pri tretmanu G2 na svim temperaturama, dok je najveća bila pri kontrolnom tretmanu. U istraživanju Ament (2018.) navodi kako je sorta pšenice Felix pokazala statistički značajno smanjenje svježe tvari biljaka u tretmanu s 15 % PEG-a u odnosu na kontrolu, također je slično utvrđeno i za sortu EI Nino.

Značajan utjecaj na suhu masu tvari klijanaca imala je temperatura te interakcija temperature i tretmana PEG-a. Suha masa je bila veća pri nižim temperatura i u sušnijim uvjetima, odnosno pri tretmanima G1 i G2 u odnosu na kontrolu. Najveća prosječna masa suhe tvari klijanaca pšenice utvrđena je pri temperaturi od 9°C i tretmanu G1 (1,75 g), dok je na temperaturama od 17°C i 25°C bila veća kod tretmana (G2) s 6 % PEG-a. Kovač (2022.) također navodi kako je suha masa tvari klijanaca žitarica bila veća na temperaturi od 10°C (2,06 g) u odnosu na temperaturu od 20°C gdje je iznosila 1,34 g.

## 6. ZAKLJUČAK

Nakon provedenog pokusa, analize i obrade podataka iz dobivenih rezultata možemo zaključiti kako je temperatura te interakcija primijenjenih tretmana PEG-a i temperature imala signifikantan utjecaj gotovo na sve promatrane parametre klijanja, osim na ukupnu klijavost i postotak deformiranog/nerazvijenog sjemena. Primijenjeni tretmani otopine polietilen glikola u usporedbi s kontrolnim tretmanom nisu pokazali statistički značajan utjecaj niti na jedan od promatranih parametara što upućuje da koncentracije nisu bile dovoljno jake da izazovu smanjenje osmotskog vodnog potencijala okoline.

Općenito, najveća variranja ispitivanih parametara su se dogodila prilikom interakcije temperature i PEG-a. Energija klijanja i ukupna klijavost su bile najveće (98,7%) na temperaturi od 25°C i tretmanu s 3 % PEG-a (G1). Najveći postotak deformiranih i nerazvijenih sjemenki pšenice bio je isti (8 %) na temperaturi od 9°C i tretmanu s 6% polietilen glikola (G2) te na 17°C i kontroli. Pšenica je najviše korijena (4,95) razvila pri tretmanu G2 i 25°C. Najveća dužina korijena bila je pri temperaturi od 25°C i kontrolnom tretmanu, te je iznosila (13,1 cm). Prosječna dužina koleoptile od 5,05 cm bila je najveća te je ostvarena pri tretmanu s 6 % PEG-a (G2) i na srednjoj temperaturi od 17°C. Na temperaturi od 25°C i kontrolnom tretmanu pšenica je prosječno imala najduži izdanak (11,69 cm), najveću ukupnu dužinu (24,7 cm) i najveću masu svježe tvari (7,35 g). Ukupna masa suhe tvari klijanaca pšenice bila je najveća na 9°C i tretmanu s 3 % PEG-a (1,75 g). Općenito, primjena PEG-a je u nekim slučajevima ipak inhibirao rast i razvoj korijena i izdanka čak i u malim koncentracijama od 3 % i 6 %.

Na temelju dobivenih rezultata možemo zaključiti kako je pšenica na temperaturi od 25°C pokazala najbolje rezultate za sedam od ukupno promatranih deset parametara klijavosti, te da je u sušnim uvjetima izazvanim polietilen glikolom na ovoj temperaturi bila najveća energija klijanja, ukupno klijanje i broj korijena, dok su ostali parametri pokazali bolje rezultate pri kontrolnom tretmanu. Niže temperature (17°C i 9°C) su utjecale na porast postotaka deformiranog/nerazvijenog sjemena pšenice, dužinu koleoptile i masu suhe tvari.

## 7. POPIS LITERATURE

1. Ament, A. (2018.): Utjecaj vodnog stresa primjenom polietilen glikola na biljke u fazi klijanja i ranoj fazi rasta klijanaca, završni rad, Odjel za biologiju, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku.
2. Bilgili, D., Atak, M., Mavi, K. (2019.): Effects of Peg-inuced drought stress on germination and seedling performance of bread weath genotyupes, *YYU Journal of agricultural sience*, 29 (4): 765-771.
3. Bukovčan, M. (2017.): Metode određivanja duljine trajanja dormantnosti sjemenskih žitarica u BC Institutu D.O.O. Zagreb u 2016., diplomski rad, Visoko učilište u Križevcima.
4. Bukvić, G., Grljušić, S., Rozman, V., Liška, A., Lović, I. (2008.b): Utjecaj pH i temperature na energiju klijanja, klijavost, dužinu korijena i hipokotila klijanaca različitih kultivara lucerne (*Medicago sativa* L.). *Poljoprivreda*, 14 (1): 9-14.
5. Dhanda, S. S., Sethi, G. S., Behl, R. K. (2004.): Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth, *Journal od Agronomy and Crop Science*, 190 (1): 6-12.
6. Djibril, S., Mohamed, O. K., Diga, D., Diégane, D., Abaye, B. F., Maurice, S., Alain B. (2005.): Growth and development of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) seedlings under drought and salinity stresses, *African Journal of Biotechnology*, 4 (9): 968-972.
7. Duvnjak, J., Brkljačić, L., Sondi, S. B., Španić V. (2022.): Morfo-fiziološki i hormonski odgovor različitih sorti ozime pšenice na sušni stres u fazi klijanja i klijanaca, *Agronomski glasnik*, 84 (6): 277-294.
8. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2023.): FAOSTAT data base, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (datum pristupa 20.07.2023.)
9. Halt, T. (2021.): Varijabilnost svojstava klijavosti *Triticum* spp. u uvjetima abiotskog stresa, diplomski rad, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.
10. Hampton, J.G., Hill, M.J. (2002): Seed quality and New Zealand 's native plants:an unexplored relationship? *New Zealand Journal of Botany*, 40: 357–364.
11. Iljkić, D., Kranjac, D., Zebec, V., Varga, I., Rastija, M., Antunović, M., Kovačević, V. (2019.) Stanje i perspektiva proizvodnje žitarica i uljarica u Republici Hrvatskoj, *Glasnik zaštite bilja*, 42 (3): 62-71.

12. Kovač, M. (2022.): Utjecaj temperature na klijavost i parametre klijavosti strnih žitarica, diplomski rad, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.
13. Kovačević, V., Rastija, M. (2014.): Žitarice, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera Osijek, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek.
14. Mahmoud, A. E., Mohamed, I. H. (2014.): A Diallel Analysis of Drought Tolerance Indices at Seedling Stage in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.), *Plant Breeding and Biotechnology*, 2: 276-288.
15. Mandić, M. (2022.): Uloga sorte i agroekoloških uvjeta tijekom 2020./2021. na agronomska i morfološka svojstva ozime pšenice na PRO FARM Mandić, diplomski rad, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.
16. Matičić, M. (2020.): Proizvodnja pšenice na OPG-u Marija Matičić u vegetacijskoj sezoni 2018./2019., završni rad, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.
17. Milohnić, J. (1966.): Određivanje klijavosti sjemena pšenice kod niskih temperatura u tlu (»Cold test« metod). *Agronomski glasnik*, 16 (2): 131-146.
18. Mirković, G. (2023.): Uloga askorbat-glutationskog ciklusa u tolerantnosti ozime pšenice na sušu, diplomski rad, Odjel za biologiju, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku.
19. Pošpil, A., Pošpil, M. (2020.): Ratarstvo praktikum, autorska knjiga, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
20. Saraf, D., Vidak, M., Grdiša, M., Carović-Stanko, K. (2017.): Klijanje i dormantnost kod mahunarki, *Agronomski glasnik*, 79 (1-2): 41-60.
21. Syarifah, A. P., Radite, T. (2019.): Early Detection of Drought Stress Rubber Seedling (*Hevea brasiliensis*) of GT1 Using Polyethylen Glycol 6000, *Warta Perkaretan*, 38 (2): 61-74.
22. Šimunović, I., Husnjak, S., Tomić, F. (2007.): Utjecaj suše na smanjenje prinosa poljoprivrednih kultura, *Agronomski glasnik*, 69 (5): 343-354.
23. Širanović, Š. (2015.): Način obrade tla za ozimu pšenicu, završni rad, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
24. Španić, V., Ižaković, M., Marček, T. (2017.): Klijanje i klijanci pšenice u uvjetima suše inducirane PEG-om, *Agronomski glasnik*, 79 (3): 99-109.
25. Šujdović, S. (2014.): Utjecaj polietilen glikola i askorbinske kiseline na rani rast crvene djeteline, završni rad, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.



26. Teskera, K. (2021.): Odgovor klijanaca pšenice na gubitak vode izazvan osmotikom, završni rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek.
27. Zanol, D. (2019.): Hrvatska poljoprivreda ususret i nasuprot klimatskim promjenama, Prilog za okrugli stol „Sigurnost proizvodnje i opskrbe hranom u post-Kyoto periodu“ u organizaciji Heinrich Böll Stiftung-a 15. prosinca 2009. u Zagrebu.
28. Žagar, D. (2016.): Učinak selekcije kod dviju razina gnojidbe dušikom na pekarsku kakvoću kod pšenice, diplomski rad, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

## 8. SAŽETAK

Cilj diplomskog rada bio je ispitati utjecaj suše inducirane polietilen glikolom (PEG 6000) u koncentracijama od 3 % i 6 % i različitim temperaturama zraka (25°C, 17°C i 9°C) na klijavost i parametre klijavosti pšenice (energija klijanja, ukupna klijavost, broj korijena, dužina korijena, dužina koleoptile, dužina izdanka, ukupna dužina, masa svježih i suhих klijanaca).

Prosječne vrijednosti za promatrane parametre klijavosti bile su: 95,3 % za energiju klijanja, 94,8 % za ukupnu klijavost, 5,63 % za deformirane/nerazvijene sjemenke, 3,98 za ukupan broj korijena, 9,30 cm za dužinu korijena, 3,95 cm za dužinu koleoptile, 5,98 cm za dužinu izdanka, 15,30 cm za ukupnu dužinu klijanaca, 5,91 g za masu svježe tvari klijanaca i 1,52 g za masu suhe tvari klijanaca.

Zaključeno je kako temperatura i interakcija tretmana PEG-a i temperature ima statistički značajan utjecaj na sve promatrane parametre klijavosti, osim na ukupnu klijavost i postotak deformiranog i nerazvijenog sjemena. Primjena PEG-a u koncentracijama od 3 % i 6 % nije bila signifikantna niti za jedan ispitivan parametar klijanaca pšenice.

**Ključne riječi:** temperatura, polietilen glikol, pšenica, klijavost, parametri klijavosti

## 9. SUMMARY

The aim of the thesis was to examine the influence of drought induced by polyethylene glycol (PEG 6000) in concentrations of 3 % and 6 % and different air temperatures (25°C, 17°C and 9°C) on germination and germination parameters of wheat (germination energy, total germination, number of roots, root length, coleoptile length, shoot length, total length, mass of fresh and dry seedlings).

Average values for the observed germination parameters were: 95.3 % for germination energy, 94.8 % for total germination, 5.63 % for deformed/underdeveloped seeds, 3.98 for total number of roots, 9.30 cm for root length , 3.95 cm for coleoptile length, 5.98 cm for shoot length, 15.30 cm for total seedling length, 5.91 g for seedling fresh matter mass and 1.52 g for seedling dry matter mass.

It was concluded that temperature and the interaction of PEG treatment and temperature have a statistically significant effect on all observed germination parameters, except for total germination and the percentage of deformed and undeveloped seeds. Application of PEG in concentrations of 3 % and 6 % was not significant for any of the tested parameters of wheat seedlings.

**Keywords:** temperature, polyethylene glycol, wheat, germination, germination parameters

## 10. POPIS TABLICA

Tablica 1. Top 10 proizvođača pšenice u svijetu prema ostvarenoj proizvodnji u tonama 2021. (izvor: FAOSTAT, 2023.).....	2
Tablica 2. Proizvodnja pšenice i zasijane površine u Hrvatskoj u razdoblju od 5 godina. (izvor: FAOSTAT, 2023.).....	3
Tablica 3. Pokazatelji energije klijanja pšenice (%).....	15
Tablica 4. Pokazatelji ukupne klijavosti pšenice (%).....	16
Tablica 5. Pokazatelji deformiranih/nerazvijenih sjemenski pšenice (%).....	16
Tablica 6. Pokazatelji ukupnog broja korijena pšenice.....	17
Tablica 7. Pokazatelji dužine korijena pšenice (cm).....	18
Tablica 8. Pokazatelji dužine koleoptile pšenice (cm).....	18
Tablica 9. Pokazatelji dužine izdanka pšenice (cm).....	19
Tablica 10. Pokazatelji ukupne duljine klijanaca pšenice (cm).....	20
Tablica 11. Pokazatelji ukupne mase svježe tvari klijanaca pšenice (g).....	21
Tablica 12. Pokazatelji ukupne mase suhe tvari klijanaca pšenice (g).....	21

## 11. POPIS SLIKA

Slika 1. Mjerenje količine polietilen glikola (izvor: Iljkić, D.).....	8
Slika 2. Vlaženje filter papira destiliranom vodom (izvor: Živković, J.).....	9
Slika 3. Postavljanje sjemenki pšenice na filter papir (izvor: Živković, J.).....	9
Slika 4. Sjemenke pšenice zamotane u filet papiri i stavljen u PVC vrećice (izvor: Živković, J.).....	10
Slika 5. Uzorci stavljeni u klima komoru na temperaturu od 17°C (izvor: Živković, J.).....	10
Slika 6. Mjerenje energije klijanja (izvor: Živković, J.).....	11
Slika 7. Mjerenje dužine izdanka pšenice (izvor: Živković, J.).....	11
Slika 8. Mjerenje svježe mase klijanaca (izvor: Živković, J.).....	12
Slika 9. Sušenje uzoraka na zraku (izvor: Živković, J.).....	13
Slika 10. Sušenje uzoraka u sušioniku (izvor: Živković, J.).....	13
Slika 11. Mjerenje suhe mase klijanaca pšenice (izvor: Živković, J.).....	13

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Biljna proizvodnja

### UTJECAJ SUŠE INDUCIRANE POLIETILEN GLIKOLOM I TEMPERATURE ZRAKA NA KLIJAVOST I PARAMETRE KLIJAVOSTI PŠENICE

Jovana Živković

**Sažetak:** Cilj diplomskog rada bio je ispitati utjecaj suše induciran polietilen glikolom (PEG 6000) u koncentracijama od 3% i 6% i različitim temperaturama zraka (25°C, 17°C i 9°C) na klijavost i parametre klijavosti pšenice (energija klijanja, ukupna klijavost, broj korijena, dužina korijena, dužina koleoptile, dužina izdanka, ukupna dužina, masa svježih i suhих klijanaca). . Prosječne vrijednosti za promatrane parametre klijavosti bile su: 95,3% za energiju klijanja, 94,8% za ukupnu klijavost, 5,63% za deformirane/nerazvijene sjemenke, 3,98 za ukupan broj korijena, 9,30 cm za dužinu korijena, 3,95 cm za dužinu koleoptile, 5,98 cm za dužinu izdanka, 15,30 cm za ukupnu dužinu klijanaca, 5,91 g za masu svježe tvari klijanaca i 1,52 g za masu suhe tvari klijanaca. Nakon provedenog istraživanja zaključeno je kako temperatura i interakcija tretmana PEG-a i temperature ima statistički značajan utjecaj na sve promatrane parametre klijavosti, osim na ukupnu klijavost i postotak deformiranog i nerazvijenog sjemena. Primjena PEG-a u koncentracijama od 3% i 6% nije bila signifikantna niti za jedan ispitivan parametar klijanaca pšenice.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** doc. dr. sc. Dario Iljkić

**Broj stranica:** 33

**Broj grafikona i slika:** 11

**Broj tablica:** 12

**Broj literaturnih navoda:** 28

**Jezik izvornika:** Hrvatski

**Ključne riječi:** temperatura, polietilen glikol, pšenica, klijavost, parametri klijavosti

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. prof. dr. sc. Mirta Rastija, predsjednik
2. doc. dr. sc. Dario Iljkić, mentor
3. doc. dr. sc. Ivana Varga, član
4. prof. dr. sc. Miroslav Lisjak, zamjenski član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište J.J. Strossmayer u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1

**BASIC DOCUMENTATION CARD****Josip Juraj Strossmayer University of Osijek****Faculty of Agrobiotechnical sciences Osijek****University Graduate Studies Plant production, course Plant production****Graduate thesis****EFFECT OF DROUGHT INDUCED BY POLYETHYLENE GLYCOL AND AIR TEMPERATURE ON GERMINATION AND GERMINATION PARAMETERS OF WHEAT****Jovana Živković**

**Abstract:** The aim of the thesis was to examine the influence of drought induced by polyethylene glycol (PEG 6000) in concentrations of 3 % and 6 % and different air temperatures (25°C, 17°C and 9°C) on germination and germination parameters of wheat (germination energy, total germination, number of roots, root length, coleoptile length, shoot length, total length, mass of fresh and dry seedlings). The research was conducted in the laboratory of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek in 2023. Average values for the observed germination parameters were: 95.3 % for germination energy, 94.8 % for total germination, 5.63 % for deformed/underdeveloped seeds, 3.98 for total number of roots, 9.30 cm for root length, 3.95 cm for coleoptile length, 5.98 cm for shoot length, 15.30 cm for total seedling length, 5.91 g for seedling fresh matter mass and 1.52 g for seedling dry matter mass. After the research, it was concluded that temperature and the interaction of PEG treatment and temperature have a statistically significant effect on all observed germination parameters, except for total germination and the percentage of deformed and undeveloped seeds. Application of PEG in concentrations of 3 % and 6 % was not significant for any of the tested parameters of wheat seedlings.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical sciences Osijek**Mentor:** doc.dr. sc. Dario Iljkić**Number of pages:** 33**Number of figures:** 11**Number of tables:** 12**Number of references:** 28**Original in:** Croatian**Key words:** temperature, polyethylene glycol, wheat, germination, germination parameters**Thesis defended on date:.****Reviewers:**

1. prof. dr.sc. Mirta Rastija, predsjednik
2. doc. dr. sc. Dario Iljkić, mentor
3. doc. dr.sc. Ivana Varga, član
4. prof.dr.sc.Miroslav Lisjak, zamjenski član

**Thesis deposited at:** Library of Faculty of Agrobiotechnical sciences Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical sciences Osijek, Vladimira Preloga 1