

# Klijavost ječma u uvjetima inducirane suše izazvan polietilen glikolom

---

Čulig, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

*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:151:203886>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-02**



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

Luka Čulig

Sveučilišni prijediplomski studij Poljoprivreda

Modul Bilinogojstvo

**Klijavost ječma u uvjetima inducirane suše izazvan  
polietilen glikolom**

Završni rad

Osijek, 2024.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Luka Čulig

Sveučilišni prijediplomski studij Poljoprivreda

Modul Bilinogojstvo

**Klijavost ječma u uvjetima inducirane suše izazvan  
polietilen glikolom**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

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

Osijek, 2024.

## **TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

**Završni rad**

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Sveučilišni prijediplomski studij Poljoprivreda, modul Bilinogojstvo

Luka Čulig

### **Klijavost ječma u uvjetima inducirane suše izazvan polietilen glikolom**

**Sažetak:** Cilj rada bio je ispitati utjecaj suše inducirane polietilen glikolom 6000 u laboratorijskim uvjetima u koncentracijama od 0 %, 6 % i 12 % na klijavost ječma, odnosno energiju klijanja, ukupno klijanje, broj korijena, dužinu korijena, dužinu koleoptile te masu svježih i suhih klijanaca ječma. Analizom varijance utvrđeno je da polietilen glikol uglavnom nema statistički značajan utjecaj na rast i razvoj klijanaca, osim za energiju klijanja i masu svježe tvari. Prosječne vrijednosti u ovom istarživanju su bile 80,9 % za energiju klijanja, 96,2 % za ukupno klijanje, 4,49 za broj korijena, 5,02 cm za dužinu korijena, 1,20 cm za dužinu izdanka, 5,05 g za masu svježe tvari i 2,01 g za masu suhe tvari klijanaca ječma. Primjena (PEG-a) pri nižoj koncentraciji rezultirala je približno sličnim vrijednostima kao i kod kontrolnog tretmana dok je veća koncentracija imala za posljedicu izraženije negativne razlike. Pretpostavka je kako bi daljnje povećanje koncentracije (PEG-a) rezultiralo i većim negativnim utjecajem na rast i razvoj klijanaca ječma.

**Ključne riječi:** ječam, polietilen glikol, klijavost, svojstva klijavosti

27 stranica, 8 grafikona, 6 slika, 15 literaturna navoda

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

**Final work**

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Undergraduate university study Agriculture, course Plant production

Luka Čulig

### **Barley germination under conditions of induced drought caused by polyethylene glycol**

#### **Summary:**

The aim of the thesis was to examine the impact of drought induced by polyethylene glycol 6000 in laboratory conditions in concentrations of 0 %, 6 % and 12 % on barley germination, i.e. germination energy, total germination, number of roots, root length, coleoptile length and weight of fresh and dry barley seedlings. Analysis of variance determined that polyethylene glycol generally has no statistically significant effect on the growth and development of seedlings, except for germination energy and mass of fresh matter. Average values in this study were 80.9 % for germination energy, 96.2 % for total germination, 4.49 for number of roots, 5.02 cm for root length, 1.20 cm for shoot length, 5.05 g for the mass of fresh matter and 2.01 g for the mass of dry matter of barley seedlings. Application of (PEG) at a lower concentration resulted in approximately similar values as in the control treatment, while a higher concentration resulted in more pronounced negative differences. The assumption is that a further increase in (PEG) concentration would result in a greater negative impact on the growth and development of barley seedlings.

**Key words:** barley, polyethylene glycol, germination, germination parameters

27 pages, 8 graph, 6 figures, 15 references

Final work is archived in Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
1. 1. Cilj istraživanja.....	6
<b>2. MATERIJAL I METODE</b> .....	<b>7</b>
2. 1. Opis pokusa .....	7
2. 2. Statistička obrada podataka .....	10
<b>3. REZULTATI I RASPRAVA</b> .....	<b>11</b>
3. 1. Energija klijanja.....	12
3. 2. Ukupna klijavost.....	13
3. 3. Broj korijena ječma .....	14
3. 4. Dužina korijena ječma .....	15
3. 5. Dužina koleoptile ječma .....	16
3. 6. Masa svježeg uzorka ječma .....	17
3. 7. Masa suhog uzorka ječma .....	18
<b>4. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>20</b>
<b>5. POPIS LITERATURE</b> .....	<b>21</b>
<b>6. SAŽETAK</b> .....	<b>23</b>
<b>7. SUMMARY</b> .....	<b>24</b>
<b>8. POPIS GRAFIKONA</b> .....	<b>25</b>
<b>9. POPIS SLIKA</b> .....	<b>26</b>
<b>10. POPIS TABLICA</b> .....	<b>27</b>

## 1. UVOD

Ječam (*Hordeum vulgare* L.) spada u jednu od najstarijih kultura koja se koristila u prehrani ljudi. Stari Sumerani, Egipćani i Židovi radili su kruh od ječma. U razvijenim zemljama se sve do danas koristi golo ili oljušteno zrno ječma za proizvode vezane uz prehranu ljudi. Najvažnija primjena ječma je u hranidbi stoke i pivskoj industriji (Pospišil, 2010.). Ječam se ubraja u najstarije kulturne vrste i prema arheološkim spoznajama, u Egiptu se uzgajao prije 6-7 tisuća godina, a u Kini i Indiji prije 5 tisuća godina. Postoje dva gen-centra (ishodišna centra) ječma. Pretpostavlja se da je višeredni ječam podrijetlom iz istočne Azije (Kina, Tibet, Japan), a dvoredni jari ječam pretpostavlja se da potječe sa područja Etiopije (Kovačević i Rastija, 2014.). Praroditelj kulturnih ječmova nije točno utvrđen, a pretpostavlja se da je dvoredni ječam nastao od divljeg dvorednog ječma *Hordeum spontaneum* C. Koch. Smatra se da je praroditelj višerednog ječma divlji dvoredni ječam *Hordeum ischnatherum* (Cosson) Schweinfurth od kojega je umnožavanjem klasića nastao višeredni ječam (Pospišil, 2010). Ječam spada u red *Poales*, porodicu *Poacea*, potporodicu *Pooideae* i rod *Hordeum* (Watson and Dallwitz, 1992.). Ječam je podijeljen na 5 konvarijeteta, a to su: *Hordeum vulgare* convar. *intermedium* (prijelazni ječam), *Hordeum vulgare* convar. *hexastichon* (višeredni ječam), *Hordeum vulgare* convar. *dificiens* (nepotpuni ječam), *Hordeum vulgare* convar. *distichon* (dvoredni ječam) i *Hordeum vulgare* convar. *labileirregulare* (labilni ječam) (Šimić, 2009.).

Ječam se sastoji od korijena, vlati ili stabljike, listova i klasa (Pospišil, 2010.). Ječam je sličan pšenici izgledom, no ima i određene specifičnosti, osobito u građi klasa. Ječam ima najslabije razvijen korijen od svih žitarica i male je upojne moći pa za njegovu proizvodnju treba osigurati plodnija tla (Kovačević i Rastija, 2014.). Korijen ječma sastoji se od primarnog i sekundarnog korijenja. Primarno korijenje ječma razvija se tijekom klijanja, a korijen je građen od 4 do 8 primarnih korjenčića (Pospišil, 2010.). U usporedbi sa pšenicom stabljika ječma je nježnija i sklonija polijeganju (novije sorte su otpornije na polijeganje te su visine do 80 cm, no nisu otporne kao što je pšenica). Ječam više busa u odnosu na zob i pšenicu, te može stvoriti do 5 sekundarnih vlata iz tog razloga potrebna je manja količina sjemena za sjetvu (450-500 sjemenki za ozimi, 550-650 za jari ječam) (Kovačević i Rastija, 2014.). List je građen jednako kao i kod drugih žitarica. Prvi listovi su širi u usporedbi s drugim pravim žitaricama, sivozelene boje zbog voštanog sloja i položeniji su prema tlu. Kod višerednog ječma plojke su šire u usporedbi s dvorednim ječmom. Kod građe lista

karakteristične su jako razvijene, velike i srpolike uške koje se preklapaju (Kovačević i Rastija, 2014.). Cvat ječma je klas koji se razvija na vrhu stabljike. Klas se sastoji od klasića pričvršćenih na nodije klasnog vretena, a svaki klasić se sastoji od cvjetića i dvije pljeve (glumae). Svaki nodij klasnog vretena sadrži tri klasića (Pospišil, 2010.). Zrno je zaobljeno s leđne strane, može biti žute, sive, zelene i ljubičaste boje. Apsolutna masa zrna je 30-50 g, a hektolitarska 60-70 kg hl<sup>-1</sup> pri čemu zrno dvorednog ječma ima veće vrijednosti (Kovačević i Rastija, 2014.).

Od bioloških svojstava ječma važno je istaknuti da prema tlu ima velike zahtjeve te je jako osjetljiv na kisela i pjeskovita tla, te tla s malim zalihama hranjiva, a najbolje mu odgovaraju neutralna ili slabije alkalna tla pH vrijednosti između 6,5-7,5 (Pospišil, 2010.). Ječam treba uzgajati na tlima veće plodnosti, posebno pivarski ječam koji u protivnom ima lošiju kvalitetu.

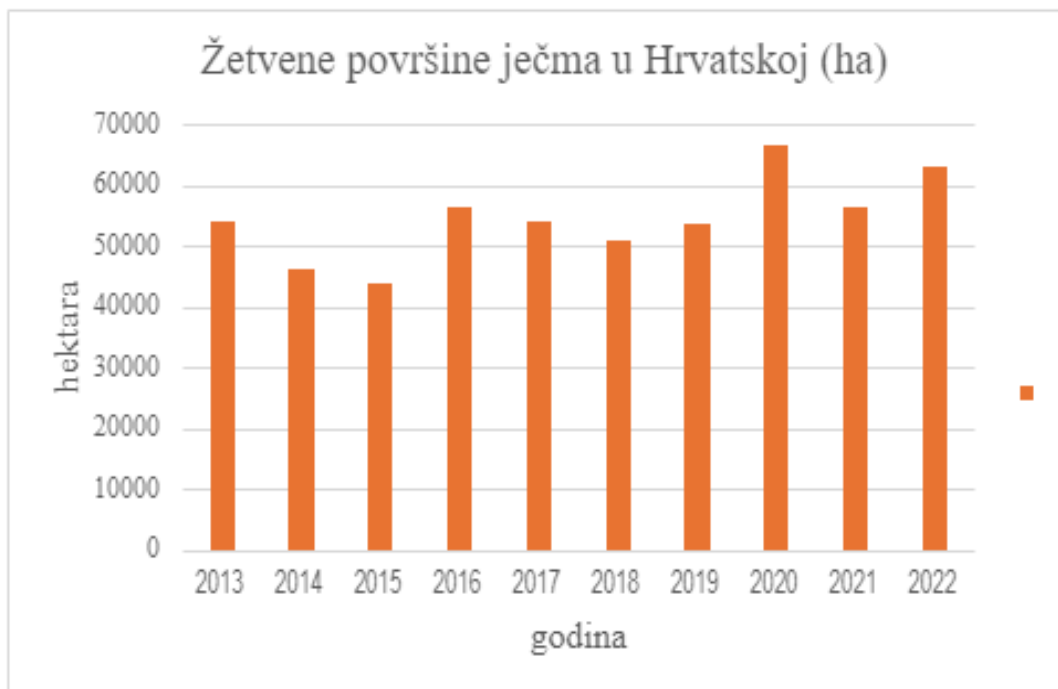
U usporedbi sa pšenicom, ječam je otporniji na sušu i toplinski udar. Ječam u sušnim područjima ostvaruje stabilniji prinos u odnosu na ostale prave žitarice, ali ima niži prag tolerancije prema niskim temperaturama. Nakon kaljenja, prag tolerancije ječma prema niskim temperaturama iznosi između -12 do -15 °C (Kovačević i Rastija, 2014.).

Prema upotrebi razlikujemo krmni i pivarski ječam. Krmni ječam se koristi u hranidbi stoke i može biti višeredni ozimi ječam i dvoredni ozimi ječam. Pivarski ječam koristi se u industriji slada i piva, a to su dvoredni ozimi i jari ječmovi. U pogledu kemijskih svojstava pivarski ječam mora zadovoljiti određene kriterije. Vlažnost zrna ne smije prelaziti 13 %, sadržaj bjelančevina je najbolji od 9 do 11 %, sadržaj škroba od 63 % do 66 %, sadržaj masti i pepela od 2 do 3 %, a sadržaj celuloze od 4 % do 7 %. Sadržaj bjelančevina kod krmnog ječma treba biti iznad 12,5 %, vlaga ne smije biti iznad 14 %, a minimalna hektolitarska masa od 65 kg hl<sup>-1</sup>.

U odnosu na sve ostale žitarice ječam ima najsjeverniju i najjužniju granicu uzgoja. Ječam se uzgaja na otprilike 50 milijuna hektara (za radoblje od 2003. do 2007.). Može se uzgajati na većim nadmorskim visinama do 4600 m. Glavno uzgojno područje ječma je tzv. ječmeni pojas koji se nalazi između 55° i 65° s.g.š., odnosno srednja, zapadna i sjeverozapadna Europa. Prosječan prinos ječma u svijetu je oko 2,5 t/ha, a najviši prinos se ostvaruje u Europi. Najveći proizvođači ječma su Ruska Federacija, Njemačka, Francuska, Ukrajina i Kanada s godišnjom proizvodnjom zrna ječma od preko 10 milijuna tona (Pospišil, 2010.).

Europa sudjeluje sa preko 50 % svjetske proizvodnje ječma sa prosječnim prinosom od 4 t/ha.

U Republici Hrvatskoj (RH) uzgaja se na oko 55 tisuća hektara s prosječnim prinosom od 4 t/ha. Iako svake godine dolazi do oscilacija u zasijanim površinama može se uočiti blago povećanje površina pod ječmom (Grafikon 1.).



Grafikon 1. Žetvene površine ječma u Hrvatskoj (2013- 2022) (FAOSTAT, 2024)

Klijanje predstavlja proces pojave klicinog korjenčića iz sjemena, a početak klijanja je trenutak kada korijen dostigne polovicu dužine sjemena. Za proces i početak klijanja sjemena najvažna su tri osnovna temperaturna praga, a to su: minimalna temperatura, optimalna temperatura i maksimalna temperatura (Saraf i sur., 2017.).

Da bi došlo do klijanja sjeme ima zahtjeve prema toplini, vodi i kisiku. Ukoliko je niža temperatura dolazi do slabijeg upijanja vode, te posljedično do produživanja vremena klijanja. Do prekida bubrenja sjemena može doći ukoliko u tlu nema dovoljno vlage, a nastupe visoke temperature (Kovačević i Rastija, 2014.). Vrijeme klijanja varira među različitim vrstama. Tako sjeme nekih vrsta klija vrlo brzo, u roku od 3 do 4 dana, dok kod drugih vrsta proces klijanja može trajati nekoliko tjedana ili čak mjeseci.

Klijanje se sastoji od četiri glavne faze, a to su: bubrenje, aktivacija enzimskih sustava, početak razvoja klijanca te daljnji rast i razvoj klijanca. Prethodno klijanju potrebno je da sjemene upije određenu količinu vode odnosno da započne bubrenje. Upijanjem vode dolazi



do aktivacije biokemijskih procesa unutar sjemena, odnosno dolazi do razgradnje pričuvnih tvari iz endosperma. Minimalna količina vode (% prema masi sjemena) koju sjeme treba upiti razlikuje se između pojedinih biljnih vrsta, a prave žitarice zahtijevaju 50-60 % vode (Kovačević i Rastija, 2014.). Ječam općenito ima najmanje potrebe prema vodi i najotporniji je prema suši u odnosu na druge prave žitarice. U pogledu iskorištenja vode, ječam racionalno troši vodu; transpiracijski koeficijent ozimog ječma iznosi oko 450, dok je koeficijent jarog ječma 300 - 350. Dovoljno slobodne vode u tlu je osnovni preduvjet za početak procesa klijanja sjemena, a koji započinje bubrenjem (Saraf i sur., 2017). Do usporavanja ili prekida klijanja može doći ukoliko u tlu nema dovoljne količine kisika, a takve situacije se mogu pojaviti kod teških tala ili ukoliko je tlo prezasićeno vodom (Kovačević i Rastija, 2014.).

Ječam ima relativno skromne zahtjeve prema toplini. Za klijanje ozimog i jarog ječma minimalna temperatura je 1-2°C, dok je optimalna temperatura za klijanje 15-22°C, a maksimalna 28-30°C. Ječam u ranijim stadijima razvoja dok je biljka mlada, može izdržati mraz od -4°C do -5°C (Pospišil, 2010.).

Zbog globalnog trenda klimatskih promjena, povećanja temperature atmosfere i češćih pojava sušnih razdoblja, suša postaje jedna od glavnih problema moderne poljoprivredne proizvodnje. Sve je veći naglasak na navodnjavanje poljoprivrednih površina u čemu je Hrvatska na začelju Europske unije. Posljedice suše mogu se djelomično ublažiti stvaranjem tolerantnih kultivara, pravilnom agrotehnikom, prvenstveno pravilnom gnojidbom (utjecaj suše se može ublažiti za 20-30 %) i zaštitom. S obzirom na to da ječam ekonomičnije troši vodu i podnosi više temperature zraka u sušnim područjima daje veće i stabilnije prinose u odnosu na druge prave žitarice.

Suša je povremena ili dugotrajna pojava koja se događa kada dođe do smanjenja zaliha vode u tlu i vodotocima uslijed nedostatka oborina, a predstavlja najznačajniji abiotski oblik stresa kod biljke. U biljnom svijetu razlikujemo tri vrste suša, a to su fiziološka suša (predstavlja sušu unutar biljke), atmosferska suša (kombinacija nedostatka oborina, visoke temperature, niske relativne vlage zraka, suh i vruć vjetar i dr.) i zemljišna suša koja nastaje kao posljedica atmosferske suše koja je potrajala duže.

Prave žitarice slabije su otporne prema suši, posebno u cvatnji, fazama formiranja reproduktivnih organa i u fazi nalijevanja zrna. Među pravim žitaricama najotpornija na sušu je ječam, a najmanju toleranciju ima zob.

Stres definiramo kao fizičku ili fiziološku reakciju biljke na nepovoljne uvijete u okolini. Pod utjecajem vodnog stresa može doći do nedovoljnog usvajanja vode, što rezultira slabijim bubrenjem sjemena. Istovremeno, metabolički procesi poput aktivacije hidrolitičkih enzima, razgradnje pričuvnih tvari, sinteze proteina i nukleinskih kiselina, koji bi trebali potaknuti klijanje, mogu biti inhibirani ili se odvojiti s manjim intezitetom. Budući da je voda ključni pokretač metaboličkih procesa neophodnih za klijanje, njen nedostatak u ovoj fazi može nepovoljno utjecati na razvoj klijanaca, kao i na daljni rast i razvoj biljke (Šujdović, 2014.). Suša može smanjiti postotak klijavosti sjemena i ograničiti rast korjenčića i izdanka što nepovoljno djeluje na gustoću sklopa koja je vrlo važna komponenta prinosa.

U laboratorijskim uvjetima sušu je moguće umjetno „stvoriti“ ili inducirati pomoću određenih kemijskih spojeva. Vodni stres moguće je inducirati pomoću polietilen glikola (PEG), a to je neionski polimer vode od kojeg se očekuje da nema mogućnost prodora u biljno tkivo (Djibril i sur., 2005.). Rauf i sur. (2006.) navode da se uz pomoć PEG-a može napraviti selekcija genotipova tolerantnih na sušu u fazi klijanja. Zahvaljujući svojoj visokoj molekularnoj težini, ova osmotska tvar koristi se u mnogim studijama vezanim za stres izazvan sušom (Španić i sur., 2017.). Korištenje različitih osmotskih spojeva za pripremu i održavanje suše smatra se jednom od najučinkovitijih metoda za istraživanje utjecaja suše na klijanje sjemena. Spojevi koji uključuju manitol, polietilen glikol, saharozu i sorbitol, ne djeluju štetno ili toksično na biljku, ali ograničavaju rast biljaka smanjenjem vodnog potencijala okoline, što je slično sušenju tla (Ament, 2018.).

Pravilnikom o metodama uzrokovanja i ispitivanja kvalitete sjemena (NN 99/08) za svaku biljnu vrstu je propisana metoda za ispitivanje klijavosti sjemena. Metode uključuju izbor podloge za naklijavanje, predtretmane, temperaturu, broj dana za određivanje energije klijanja, te broj dana za određivanje klijavosti sjemena (Bukovčan, 2016.).

Hellal i sur. (2018.) su proveli istraživanje klijavosti ječma pod utjecajem inducirane suše polietilen glikolom koje je prikazalo da povećanje postotka polietilen glikola rezultira smanjenjem stope klijanja. Povećanje PEG-a za 5 % smanjilo je postotak klijanja za 19 % u odnosu na kontrolni tretman. Međutim, povećanje PEG-a od 5 % do 10 % smanjilo je postotak klijanja za 9 %. S druge strane, povećanje PEG-a od 10-20 % smanjilo je postotak klijanja za 30 %. Inducirana suša je imala značajan utjecaj na sve mjerene karakteristike sjemena pri svim razinama korištenog PEG-a. Međutim, većina kultivara je prikazala prihvatljivo klijanje pri sušnim uvjetima što ukazuje na sposobnost ječma da relativno dobro podnosi sušu. U istraživanjima Kendall i sur. (1994.) te Voigt i sur., (1997.) kod različitih

leguminoza utvrđena je povezanost između poljskih i laboratorijskih mjerenja klijavosti na različitim kiselostima tla, različitoj dostupnosti vode i kod različitih temperatura.

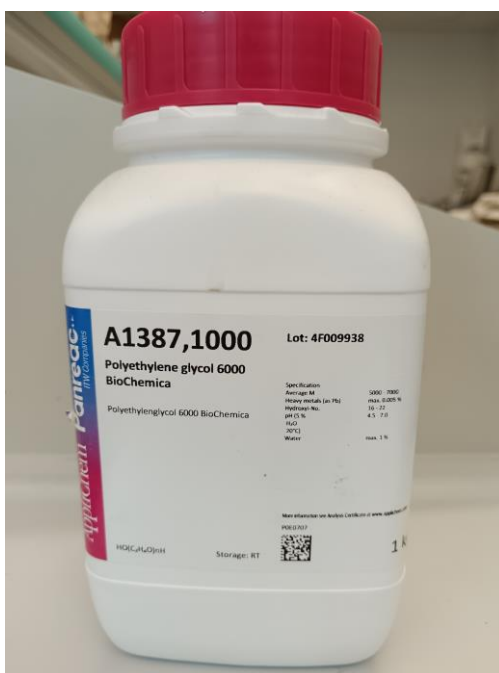
### **1. 1. Cilj istraživanja**

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

## 2. MATERIJAL I METODE

### 2. 1. Opis pokusa

Tijekom lipnja 2024. godine na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti proveden je laboratorijski pokus u svrhu ispitivanja suše inducirane polietilen glikolom 6000 (Slika 1.) na klijavosti ječma. Pokus je proveden u tri tretmana. U prvom tretmanu koji je služio kao kontrola, zrno se nije tretiralo polietilen glikolom, nego se koristila samo destilirana voda. Kod drugog tretmana (PEG 1) zrno je tretirano sa 6 %-tnom otopinom polietilen glikola, a kod trećeg tretmana (PEG 2) zrno je tretirano sa 12 %-tnom otopinom polietilen glikola. Svaki tretman proveden je u tri ponavljanja.

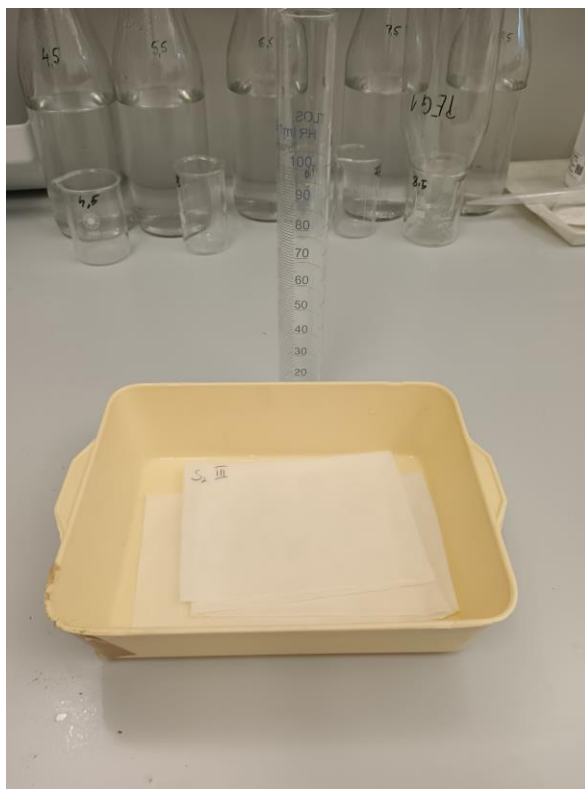


Slika 1. Polietilen glikol (izvor: Čulig, L.)

Pokus je započeo pripremom otopina. Odvaganih 6 g polietilen glikola dodano je u 100 mililitara destilirane vode kako bi se dobila 6%-tna otopina koja je korištena u drugom tretmanu, a zatim je izvagano 12 g polietilen glikola i otopljeno u istoj količini vode (100 ml) kako bi se dobila 12%-tna otopina za treći tretman. Priprema otopina je napravljena nekoliko dana prije postavljanja pokusa.

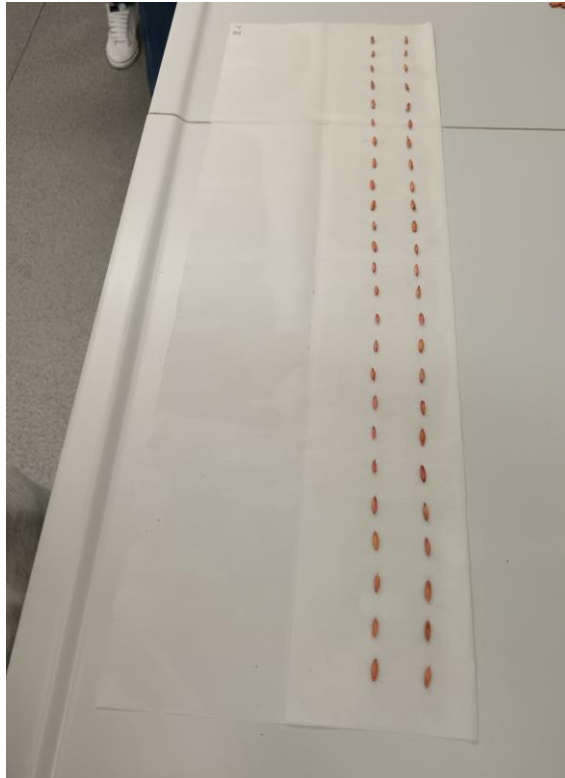
Sljedeći korak se odnosio na pripremu i preklapanje 9 filter papira koji su služili kao podloga za naklijavanje. Tri filter papira koristila su se za kontrolu, tri za PEG 1 tretman i tri za PEG

2 tretman. Za kontrolnu varijantu, filter papir se prelio i natapao s 33 ml destilirane vode u svakom ponavljanju. Isti postupak je napravljen i za preostale tretmane pri čemu se koristila 6 %-tna i 12 %-tna otopina PEG-a za tretmane PEG 1, odnosno PEG 2 (Slika 2.).

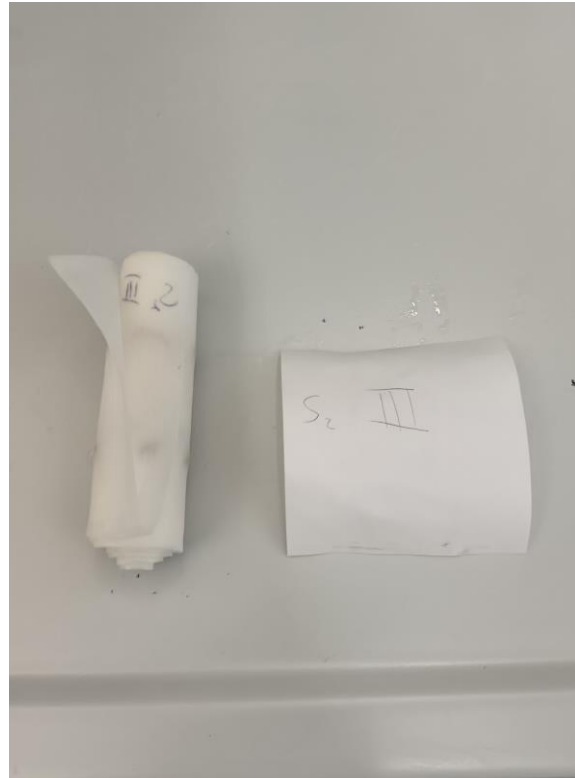


Slika 2. Natapanje filter papira 12 % otopinom PEG-a (izvor: Čulig, L.)

Za svaki tretman i za svako ponavljanje na namočeni filter papir stavljeno je 50 sjemenki ječma (Slika 3.). Sjemenke su se postavljale u dva reda vodoravno u odnosu na rub filter papira kako ne bi došlo do okretanja korijena i izdanka prilikom klijanja. Nakon toga, obavljeno je pažljivo zamatanje filter papira sa sjemenkama te zajedno s oznakom za tretman i ponavljanje sve je stavljeno u obične PVC vrećice kako bi se spriječio gubitak vlage i omogućili bolji uvjeti za rast i razvoj (Slika 4.). Nakon toga vrećice s filter papirom i oznakom stavljene su u klima komoru pri temperaturi od 13°C i vlazi zraka od 85 %.



Slika 3. Sjemenke ječma na filter papiru  
(izvor: Čulig, L.)

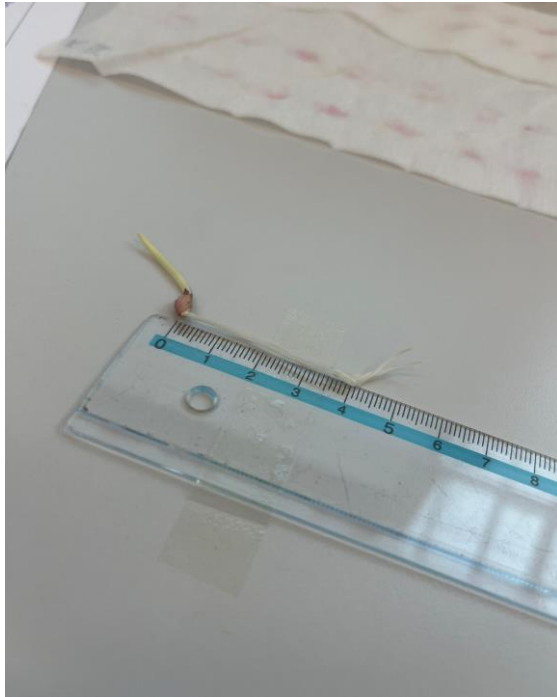


Slika 4. Zamotani filter papir s oznakom  
(izvor: Čulig, L.)

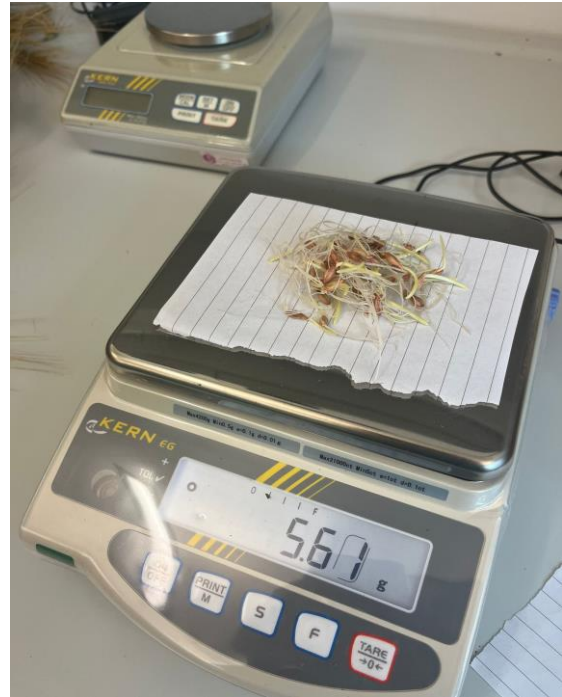
Nakon 4 dana uzorci su izvađeni iz klima komore te je određena energija klijanja za sva ponavljanja i sve tretmane vizualnim pregledom svih sjemenki. Brojale su se sve sjemenke kod kojih se pojavila klica koja je bila do otprilike polovice dužine sjemenke, a izračun je zatim obavljen matematičkim računanjem. Nakon toga, sjemenke su se ponovno zamotale u rolu i stavljene u PVC vrećicu i vraćene u klima komoru na daljnje ispitivanje pokusa.

Nakon 8 dana uzorci su izvađeni iz klima komore i provedena su sva mjerenja. U provedenom pokusu, za sve tretmane i ponavljanja, određen je vizualnim pregledom i brojanjem broj korijenja, te izmjerena dužina korijenja (cm) i dužina izdanka (cm). Mjerenje je provedeno pomoću ravnala (Slika 5.).

Odmah nakon mjerenja svi klijanci po ponavljanju su izvagani pomoću precizne vage i ta odvaga predstavlja masu svježih klijanaca (Slika 6.). Klijanci su zatim ostavljeni na zraku kako bi se prosušili nakon vaganja, a dodatno su dosušeni na 105°C u sušioniku. Klijanci su ponovno izvagani nakon sušenja kako bi se odredila suha tvar mase klijanaca.



Slika 5. Mjerenje dužine korijena (izvor: Čulig, L.)



Slika 6. Mjerenje mase svježih klijanaca (izvor: Čulig, L.)

## 2. 2. Statistička obrada podataka

U provedenom istraživanju za unos i obradu djela podataka korišten je program MS Excel i Word. Izrađene su tablice za sve tretmane, uneseni su svi podaci mjerenja i izračunat je prosječan iznos za sve promatrane parametre.

Statistička obrada podataka obavljena je analizom varijance pomoću računalnog programa SAS 9.4. Software-a (SAS Institute Inc.), a razlike između prosječnih vrijednosti ispitivanih parametara izražene su na razini  $p < 0,05$ . Rezultati su prikazani i grafički pomoću „box plotova“ za svako svojstvo.

### 3. REZULTATI I RASPRAVA

U svrhu utvrđivanja statističke značajnost između tretmana obavljena je analiza varijance (Tablica 1.). Od ukupno sedam ispitivanih parametara signifikantnost je utvrđena za samo dva svojstva, energiju klijanja i masu svježe tvari klijanaca. U prosjeku cijelog pokusa, energija klijanja je iznosila oko 81 %, a ukupno klijanje ječma je bilo znatno više (96,2 %). U prosjeku klijanci ječma su razvili 4,5 korijehičića ukupne dužine oko 5 cm. Dužina koleoptile je bila svega 1,20 cm, masa svježe tvari oko 5 g, a suhe tvari oko 2 g.

U većini slučajeva 12 %-tna otopina PEG-a je imala niže vrijednosti u odnosu na preostala dva tretmana. Jedini pokazatelj kod kojeg je PEG 2 tretman bio bolji jest ukupno klijanje gdje je isključalo 97 % sjemena što je za 4 % više od kontrole. Dužinu izdanka, u ovom istraživanju, nije bilo moguće odrediti jer u većini slučajeva nije došlo do probijanja koleoptile i pojave izdanka već se samo analizirala dužina koleoptile.

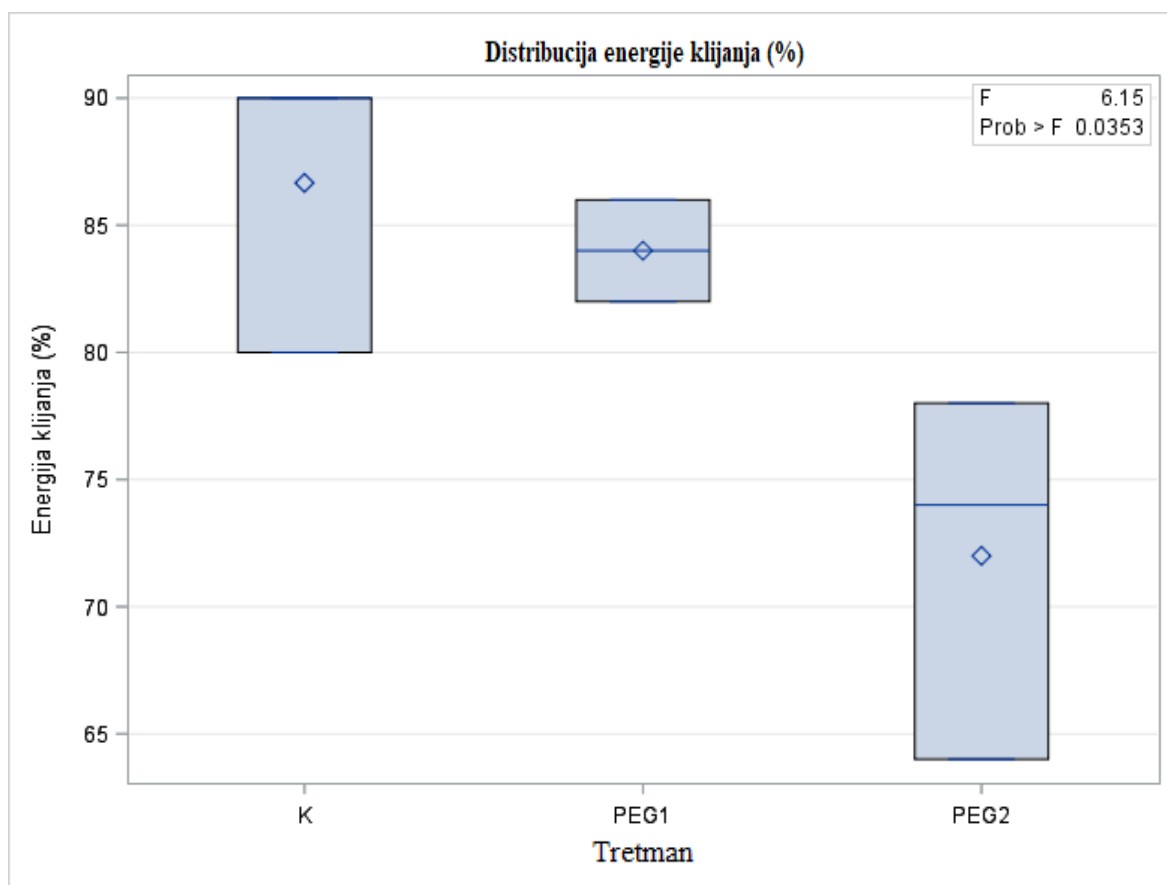
Tablica 1. Analiza varijance za ispitivana svojstva

Tretman / svojstvo	Tretman			Prosijek	Pr >F	LSD <sub>0,05</sub>
	K	PEG 1	PEG 2			
Energija klijanja (%)	86,7 a	84,0 a	72,0 b	80,9	0,0353	10,9
Ukupno klijanje (%)	93,3	98,0	97,3	96,2	0,1597	ns
Broj korijena	4,60	4,60	4,27	4,49	0,1219	ns
Dužina korijena (cm)	4,99	5,23	4,84	5,02	0,5309	ns
Dužina koleoptile (cm)	1,49	1,27	0,84	1,20	0,0610	ns
Svježa masa (g)	5,54 a	5,32 a	4,29 b	5,05	0,0010	0,44
Suha masa (g)	2,05	2,03	1,97	2,01	0,3980	ns



### 3. 1. Energija klijanja

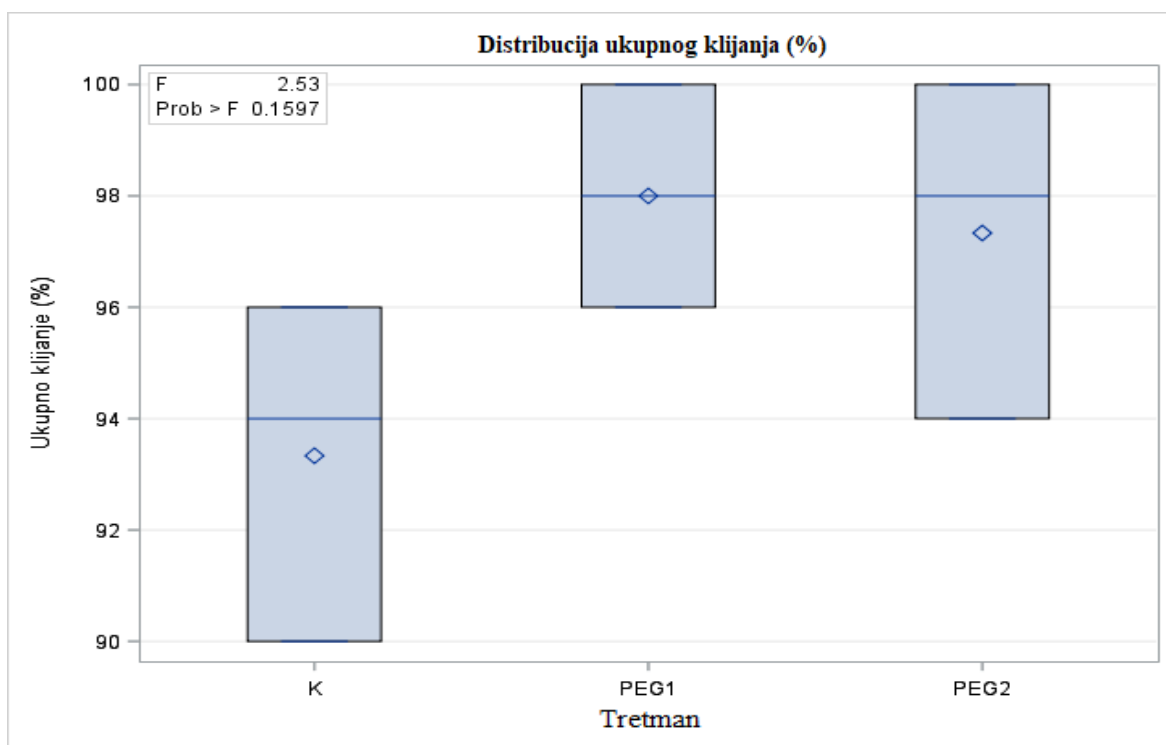
Energija klijanja predstavlja brzinu i snagu klijanja sjemenki. Analizom varijance i obradom podataka utvrđena je signifikantna razlika između tretmana (Grafikon 2.). Kod kontrolne varijante koja nije tretirana polietilen glikolom već samo običnom destiliranom vodom početak razvoja klice se pojavio kod 43 sjemenke od ukupno 50 zasijanih sjemenki, dok je kod PEG 1 tretmana koje su tretirane 6 % otopinom polietilen glikola razvoj klice bio vidljiv kod 42 sjemenke. Kod PEG 2 tretmana uočen je veliki pad energije klijanja. Od ukupnog broja zasijanih sjemenki klica je bila vidljiva na svega 36 sjemenki što predstavlja pad energije klijanja za 16,9 % u odnosu na kontrolu. Najveću energiju klijanja je imala kontrola osobito u prvom i drugom ponavljanju. Energija klijanja u kontroli iznosila je 86,6 %, dok je energija klijanja kod PEG 1 tretmana iznosila 84,0 %. Najniža energija klijanja postignuta je na tretmanu PEG 2 i iznosila je 72 % što upućuje na negativan učinak primijenjene otopine, naročito pri većim koncentracijama.



Grafikon 2. Plot analiza energije klijanja ječma

### 3. 2. Ukupna klijavost

Ukupna klijavost predstavlja ukupni broj prokljalih sjemenki, a analizom varijance utvrđeno je da nema značajnih razlika između tretmana iako je bilo određenih odstupanja između istih (Grafikon 3.). Polietilen glikol ne djeluje negativno na ukupno klijanje ječma u odnosu na energiju klijanja gdje je imao negativan učinak. Do sličnog zaključka su došli Hellal i sur. (2018.) ispitivanjem utjecaja inducirane suše na klijavost ječma. Kako navode autori PEG je imao negativan utjecaj na isključivanje sjemenke u ranim fazama rasta i razvoja dok je negativni utjecaj bio minimiziran na kraju testa klijanja.



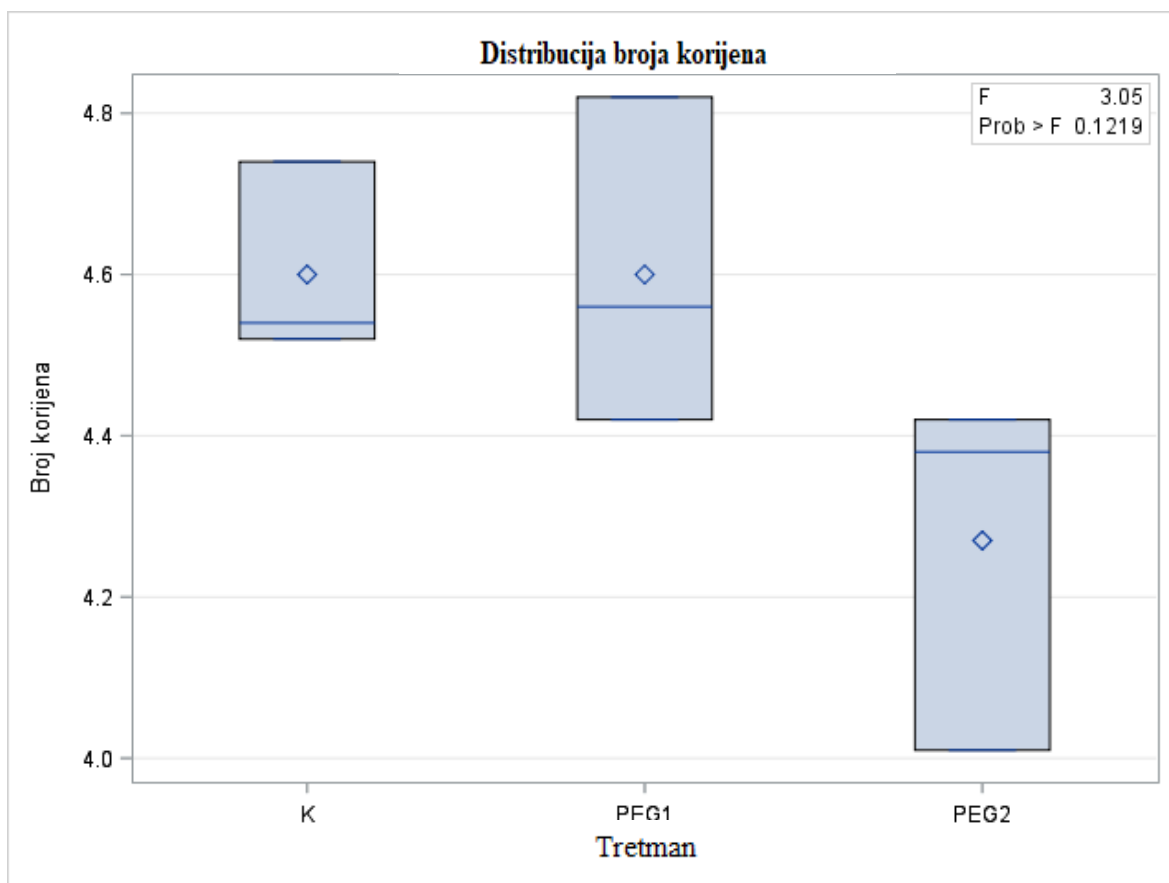
Grafikon 3. Plot analiza ukupnog klijanja ječma

U ovom istraživanju na kontrolnoj varijanti ukupno klijanje je bilo najniže i iznosilo je 93,3 %, dok su vrijednosti na tretmanima PEG-a bile neznatno više. Najviša klijavost ostvarena je kod tretmana PEG 1 gdje je korištena 6 % otopina PEG-a, a iznosila je 98 %. Kod PEG 2 tretmana ostvarena klijavost iznosila je 96 % odnosno 48 prokljalih sjemenki. Najveća razlika utvrđena je između PEG 1 tretmana i kontrole gdje je PEG 1 tretman postigao 6 % veću klijavost u odnosu na kontrolu. Općenito, najniža vrijednost ukupnog klijanja je ostvarena na trećem ponavljanju kontrolnog tretmana i iznosila je 45 sjemenki odnosno 90 %. Drugo ponavljanje PEG 1 tretmana i prvo ponavljanje PEG 2 tretmana ostvarilo je maksimalnu klijavost od 100 %.

### 3. 3. Broj korijena ječma

Broj korijena ječma predstavlja ukupan broj korjenčića primarnog sustava jedne biljke. Analizom varijance utvrđeno je da nema značajne razlike između pojedinih tretmana (Grafikon 4.). Prosječan broj korijena ječma iznosio je 4,49 odnosno sjemenke ječma su razvile u prosijeku oko 5 korjenčića.

Ukupan broj korijena koji su se razvili nakon provedenog pokusa u kontrolnoj varijanti i varijanti s 6 %-tnom otopinom PEG-a nije se razlikovao i iznosio je 4,60 dok je na tretmanu s 12 %-tnom otopinom PEG-a razvijeno nešto manji broj korijenova (4,27) što čini oko 8 % manje primarnog korijenovog sustava. Najveći broj korijena ostvaren je kod prvog ponavljanja kontrole i iznosio je 4,74. Najniži broj korijena ostvaren je u trećem ponavljanju PEG 2 tretmana koji je iznosio 3,9. Navedno upućuje kako suša inducirana sa 6 % otopinom polietilen glikola ne utječe na razvoj broja korijena ječma, a suša inducirana 12 % otopinom polietilen glikola ima negativni utjecaj na ukupan broj korijena.

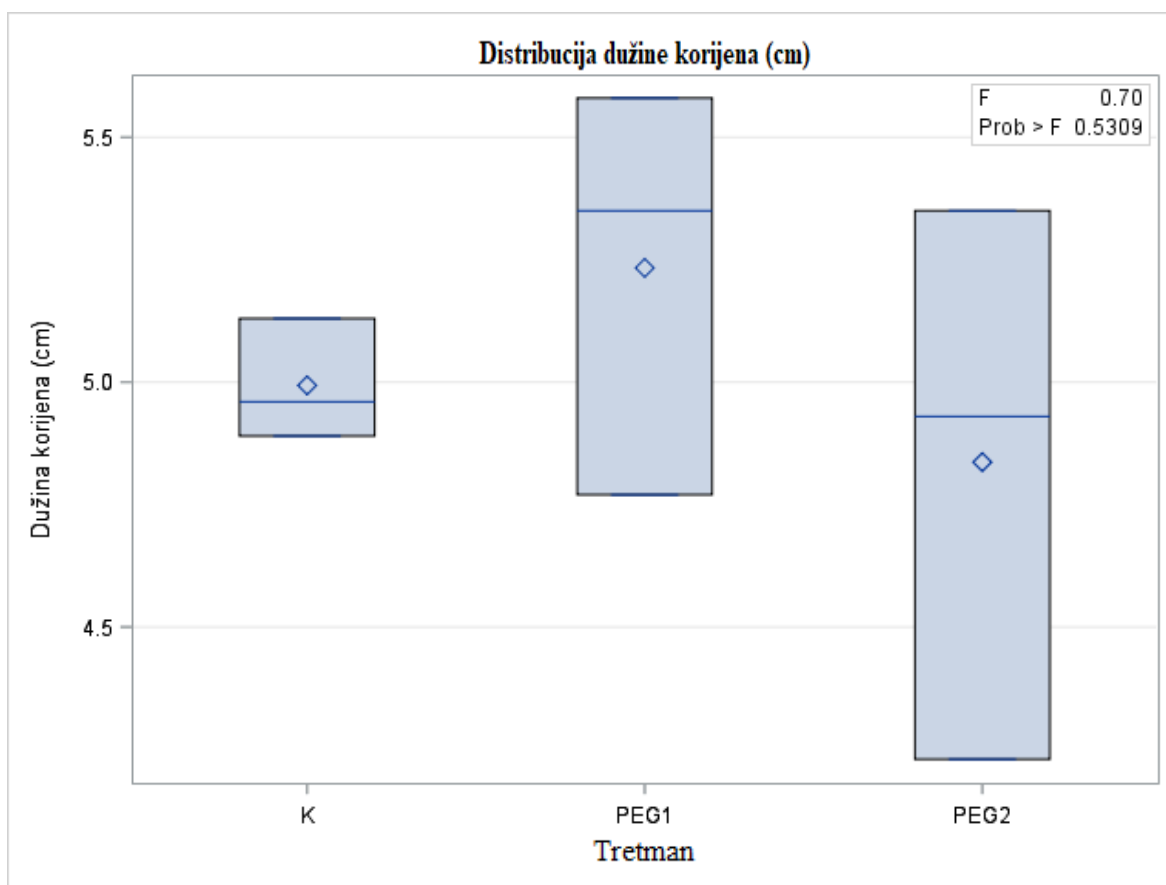


Grafikon 4. Plot analiza broja korijena ječma

### 3. 4. Dužina korijena ječma

Dužina korijena ječma predstavlja važno svojstvo u proizvodnji jer duži korijen s većim brojem korjenovih dlačica može biljci osigurati bolje uvjete za rast i razvoj. Analizom varijance duljine korijena ječma utvrđeno je da nema značajnih razlika između tretmana (Grafikon 5.). Prosječna dužina korijena ječma iznosila je 5,02 cm.

Prema dobivenim podacima najduže korijenje ostvario je tretman PEG 1 gdje je prosjek korijenja iznosio 5,23 cm. Manja dužina korijena uočena je u tretmanu kontrole te je prosječna dužina korijena iznosila 4,99 cm, a najmanja dužina je ostvarena na tretmanu PEG 2 gdje je prosjek dužine korijenja iznosio 4,84 cm. Ukupna dužina korijenja na PEG 2 tretmanu je stoga bila manja za 7,28 % u odnosu na PEG 1 tretman. PEG 1 tretman ima duži korijen od kontrole za 4,3 %, a kontrola ima duži korijen u odnosu na PEG 2 tretman za 3,2 %. Općenito, najveću dužinu korijena ječma je ostvario u trećem ponavljanju PEG 1 tretmana te je prosječna dužina korijena tog ponavljanja iznosila 5,58 cm, a najmanja dužina korijena ostvarena je u trećem ponavljanju PEG 2 tretmana (4,23 cm).

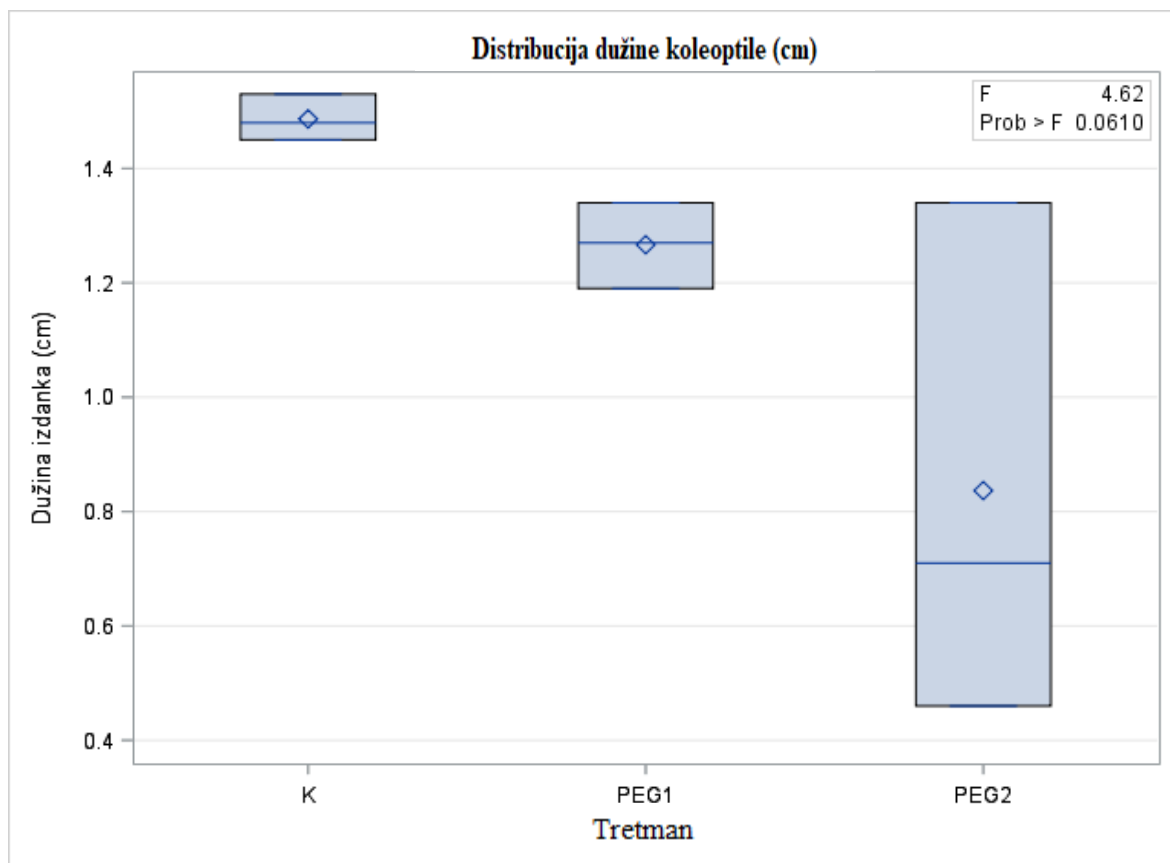


Grafikon 5. Plot analiza dužine korijena ječma

### 3. 5. Dužina koleoptile ječma

Koleoptila ili klicin listić štiti izdanak tijekom nicanja te se prilikom svjetlosnog podražaja na površini tla otvara i propušta izdanak. Analizom varijance nije utvrđena signifikantnost dužine koleoptile ali je F vrijednost bila relativno niska (Grafikon 6.).

Prosječna dužina koleoptile ječma iznosila je 1,20 cm. Kod kontrolnog tretmana utvrđena je najveća dužina koleoptile od 1,49 cm. Manja dužina koleoptile izmjerena je u PEG 1 tretmanu s prosječnom dužinom od 1,27 cm, a najmanja dužina koleoptile izmjerena je kod PEG 2 tretmana gdje je prosjek dužine koleoptile iznosio 0,84 cm. Kod PEG 2 tretmana zabilježen je pad dužine koleoptile u odnosu na kontrolu za 44,3 % i pad dužine za 34,7 % u odnosu na PEG 1 tretman dok je PEG 1 tretman imao manji rast koleoptile u odnosu na kontrolu za 14,7 %. Navedeno ukazuje kako otopina PEG-a ima negativan učinak na rast koleoptile i izdanka koji u ovom istraživanju nije bio vidljiv gotovo niti u jednom ponavljanju. Prema dobivenim podacima najduže koleoptile izmjerene su u trećem ponavljanju kontrole (1,53 cm), a najkraće u trećem ponavljanju PEG 2 (0,46 cm).



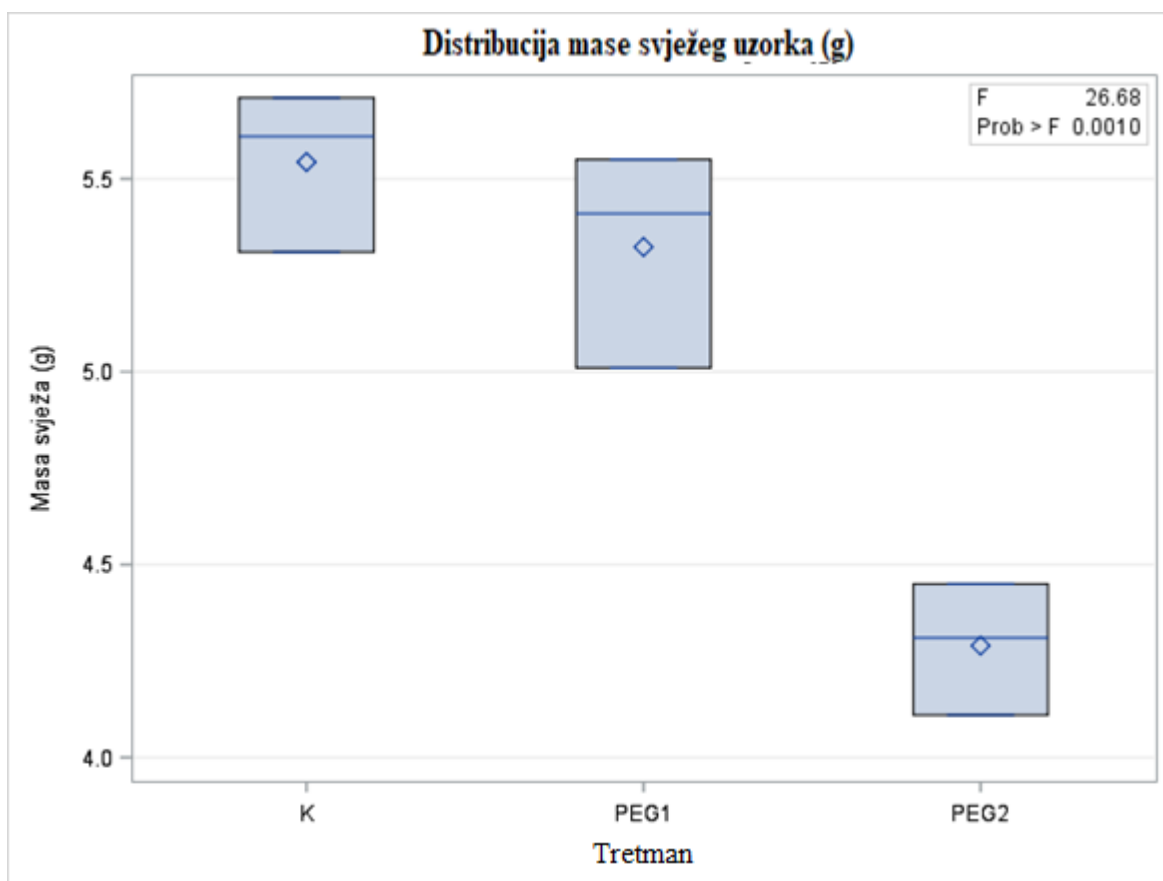
Grafikon 6. Plot analiza dužine koleoptile ječma

### 3. 6. Masa svježeg uzorka ječma

Analizom varijance mase svježeg uzorka ječma utvrđeno je da postoji statistička razlika između tretmana (Grafikon 7.). Prosječna masa svježeg uzorka ječma iznosila je 5,05 g.

Između tretmana, najmanja masa ostvarena je kod PEG 2 tretmana i iznosila je 4,29 g dok je kod PEG 1 tretmana prosječna masa iznosila 5,32 g. Najveća svježa masa klijanaca u ovom istraživanju ostvarena je kod kontrolnog tretmana i iznosila je 5,54 g, što je za 22,4 % više od PEG 2 tretmana. Kontrola ima veću masu od PEG 1 tretmana za 4,4 %, a PEG 1 ima veću masu od PEG 2 tretmana za 18,9 %. Dakle, za navedeno svojstvo pokazalo se da otopina PEG-a signifikantno negativno djeluje na masu svježe tvari.

Najveća masa svježe tvari postignuta je u prvom ponavljanju kontrole (5,70 g), a najmanja masa ostvarena je u trećem ponavljanju PEG 2 tretmana i iznosila je 4,10 g.

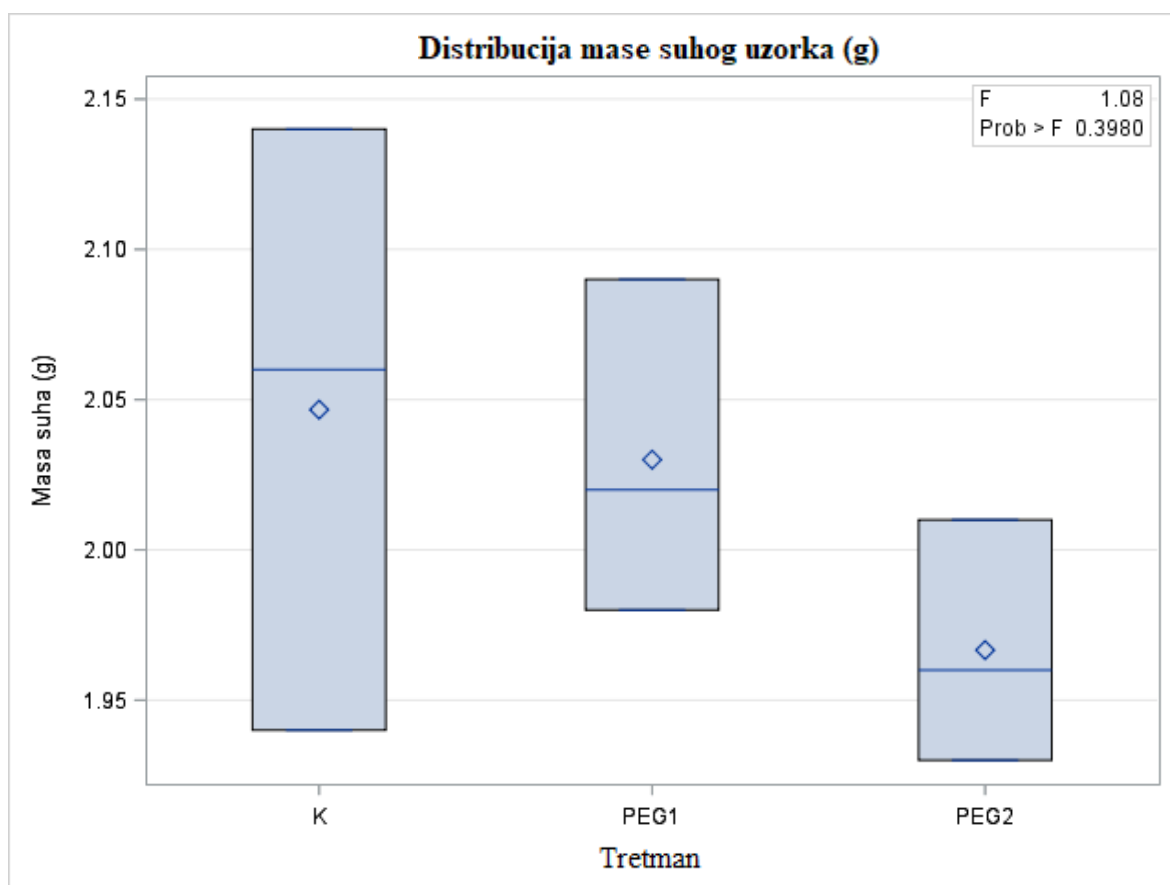


Grafikon 7. Plot analiza mase svježeg uzorka klijanaca ječma

### 3. 7. Masa suhog uzorka ječma

Analizom varijance utvrđeno je da ne postoji značajna razlika između pojedinih tretmana za svojstvo mase suhe tvari klijanaca ječma (Grafikon 8.). Međutim, između tretmana, najveću masu je ostvarila kontrolna varijanta od 2,05 g, a zatim slijedi PEG 1 tretman koji je imao 2,03 g. Najmanju masu suhe tvari ostvario je PEG 2 tretman od 1,97 g. Razlika između kontrole i PEG 1 tretmana iznosila je 1 %, a razlika između kontrole i PEG 2 iznosila je 4 %. Razlika između PEG 1 i PEG 2 tretmana iznosila je 3 %.

Općenito, prosječna masa suhe tvari kod ječma iznosila je 2,01 g. Najveću masu ostvarilo je prvo ponavljanje kontrole i iznosilo je 2,14, dok je najmanju masu ostvarilo drugo ponavljanje PEG 2 tretmana i iznosilo je 1,93.



Grafikon 8. Plot analiza mase suhog uzorka klijanaca ječma

Do sličnih zaključaka utjecaja polietilen glikola su došli i drugi autori. Tako je Hellal i sur. (2018.) analizirao veći broj kultivara ječma (Giza 123, 124, 125, 126, 127, 129, 130, 134,

135 i 2000) na različite koncentracije PEG-a. Zaključili su da povećanje koncentracije dovodi do smanjenja stope klijanja. Tako je koncentracija od 20 % PEG-a rezultirala smanjenjem energije klijanja za 30 %, a analizom dužine korijena i izdanka uočeno je da povećanjem otopine polietilen glikola dolazi do smanjenja u rastu korijena i izdanka. Također, autori su zaključili kako kultivari ječma različito reagiraju na PEG. Primjenom 20 % otopine kod kultivara Giza 124, 127 i 129 nije uočen rast korijena i izdanka.

Lateef i sur. (2021.) su proučavali utjecaj suše izazvan PEG-om na klijavost ječma. Ispitana je tolerancija i osjetljivost 59 uzoraka ječma iz svih krajeva Iraka. Suša je rezultirala smanjenom vrijednosti ukupnog klijanja i usporenim razvojem klijanaca.

Laboratorijski pokus proveden u Egiptu ispitivao je utjecaj tretiranja sjemena ječma na klijavost i rast klijanaca u suši induciranoj polietilen glikolom. Otkriveno je da povećanje koncentracije polietilen glikola do 30 % značajno smanjuje vrijednost ukupnog klijanja i rast klijanaca, no tretiranjem sjemena uočeno je značajno povećavanje svih parametara vezanih za klijanje ječma. U odnosu na ostale tretmane, najučinkovitiji je tretman sa 1000 mg/l kalijeva nitrata ( $KNO_3$ ) jer je pozitivno utjecao na klijanje ječma i povećao toleranciju ječma na sušu. Tako je energija klijanja i ukupno klijanje bilo najveće primjenom  $KNO_3$  (Khafagy i sur., 2017.).

Živković (2023.) je provela istraživanje utjecaja suše inducirane polietilen glikolom i temperature zraka na klijavost pšenice. Ispitivani su parametri klijanja i neka morfološka svojstva (energija klijanja, ukupno klijanje, dužina korijena, dužina koleoptile, dužina izdanka, ukupna dužina, masa svježe i suhe tvari klijanaca). Dokazano je da temperatura ima statistički značajan utjecaj na gotovo sve parametre klijanja pšenice, dok PEG u koncentraciji od 3 % i 6 % nije imao značajan utjecaj ni na jedan parametar klijanja pšenice. Interakcija tretmana polietilen glikola i temperature imala je značajan utjecaj na gotovo sve parametre, osim na ukupnu klijavost i postotak deformiranih i nerazvijenih sjemenki (Živković, 2023). Autorica navodi da primjenjeni tretmani PEG-a nisu imali značajan utjecaj na parametre klijanja vjerojatno zbog nižih koncentracija otopine koje nisu bile dovoljne da izazovu smanjenje osmotskog vodnog potencijala okoline.



## 4. ZAKLJUČAK

Nakon provedenog pokusa, analize i obrade podataka može se zaključiti da koncentracija otopine polietilen glikola nije općenito utjecala na razvoj klijanaca, na njihovo klijanje i druge ispitivane parametre. Od ukupno sedam parametara, analizom varijance je utvrđena statistička značajnost samo za dva svojstva (energija klijanja i masa svježe tvari klijanaca). Korištenjem otopine polietilen glikola od 6 % rezultati su bili jednaki ili približno jednaki kontrolnom tretmanu koji je uključivao primjenu destilirane vode što ukazuje da suša inducirana 6 % otopinom nije dovoljna da bi polučila negativniji učinak na klijance ječma. U nekim slučajevima, npr. ukupnom klijanju, PEG 1 tretman je imao veće vrijednosti od kontrolnog tretmana.

S druge strane, temeljem provedenog istraživanja može se zaključiti kako veća koncentracija polietilen glikola od 12 % ima izraženiji negativni utjecaj na rast i razvoj biljaka, te takva inducirana suša može imati utjecaj na biljke ječma u početnim fazama razvoja. Kod nekih ispitivanih svojstava (energija klijanja, dužina koleoptile i masa svježe tvari) biljke su puno slabije u odnosu na druge tretmane, dok se kod drugih parametara (dužina korijena i broj korijena) uočava slabiji pad razvoja biljke u odnosu na druge tretmane. Pretpostavka je da daljnje povećanje koncentracije PEG-a dovodi do izraženijih učinaka na razvoj klijanaca ječma.

Općenito, provedenim istraživanjem utjecaja inducirane suše izazvane PEG-om može se zaključiti kako postoji utjecaj na rast i razvoj mladih klijanaca ječma.

## 5. POPIS LITERATURE

1. Ament, A. Utjecaj vodnog stresa primjenom polietilen glikola na biljke u fazi klijanja i ranoj fazi rasta klijanaca. Završni rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Osijek, 2018.
2. Bukovčan, M. Metode određivanja duljine trajanja dormantnosti sjemenskih žitarica BC instituta d.o.o. Zagreb u 2016. završni rad. Veleučilište u Križevcima, Križevci, 2017.
3. 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.
4. Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAOSTAT data base. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (datum pristupa 3.6.2024)
5. Hellal, F. A., El-Shabrawi, H. M., Abd El-Hady, M., Khatab, I. A., El-Sayes, S. A. A., Abdelly, C. (2018): Influence of PEG induced drought stress on molecular and biochemical constituents and seedling growth of Egyptian barley cultivars. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 16 (1): 203-212.
6. Živković, J. Utjecaj suše inducirane polietilen glikolom i temperature zraka na klijavost i parametre klijavosti pšenice. Diplomski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Osijek, 2023
7. Kendall, W. A., Shaffer, J.A., Hill, R.R., JR (1994): Effect of temperature and water variables on the juvenile growth of lucerne and red clover. *Grass and Forage Science*, 49: 264-269.
8. Khafagy, M.A., Mohamed, Z., Farouk, S., Amrajaa, H.K. (2017): Effect of Pre-treatment of Barley Grain on Germination and Seedling Growth Under Drought Stress. *Advances in Applied Sciences*, 2(3): 33-42.
9. Kovačević, V., Rastija, M. (2014.): Žitarice. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera Osijek, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek, 235.
10. Lateef, D., Mustafa, K., Tahir, N. (2021): Screening of Iraqi barley accessions under PEG-induced drought conditions. *All Life*, 14(1): 308–332.
11. Pospišil, A. (2010): Ratarstvo I dio. Zrinski d.d., Čakovec, 221.
12. Šimić G. Utjecaj genotipa i okolišnih uvjeta na parametre sladarske kakvoće ozimog ječma (*Hordeum vulgare* L.). Doktorski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2009.

13. Španić, V., Ižaković, M., Marček, T. (2017): Wheat germination and seedlings under peg-induced conditons. *Agronomski glasnik*, 79 (3): 99-109.
14. Šujdović, S. Utjecaj polietilen glikola i askorbinske kiseline na rani rast crvene djeteline. završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet, Osijek, 2014.
15. Voigt, P.W., Morris, D. R., Godwin, H.W. (1997.): A soil-on-agar method to evaluate acid soil resistance in white clover. *Crop Science*, 37 (5): 1493-1496.

## 6. SAŽETAK

Cilj rada bio je ispitati utjecaj suše inducirane polietilen glikolom 6000 u laboratorijskim uvjetima u koncentracijama od 0 %, 6 % i 12 % na klijavost ječma, odnosno energiju klijanja, ukupno klijanje, broj korijena, dužina korijena, dužina koleoptile te masu svježih i suhих klijanaca ječma.

Analizom varijance utvrđeno je da polietilen glikol uglavnom nema statistički značajan utjecaj na rast i razvoj klijanaca, osim za energiju klijanja i masu svježe tvari. Prosječne vrijednosti u ovom istarživanju su bile 80,9 % za energiju klijanja, 96,2 % za ukupno klijanje, 4,49 za broj korijena, 5,02 cm za dužinu korijena, 1,20 cm za dužinu izdanka, 5,05 g za masu svježe tvari i 2,01 g za masu suhe tvari klijanaca ječma.

Primjena (PEG-a) pri nižoj koncentraciji rezultirala je približno sličnim vrijednostima kao i kod kontrolnog tretmana dok je veća koncentracija imala za posljedicu izraženije negativne razlike. Pretpostavka je kako bi daljnje povećanje koncentracije (PEG-a) rezultiralo i većim negativnim utjecajem na rast i razvoj klijanaca ječma.

**Ključne riječi:** ječam, polietilen glikol, klijavost, svojstva klijavosti

## **7. SUMMARY**

The aim of the thesis was to examine the impact of drought induced by polyethylene glycol 6000 in laboratory conditions in concentrations of 0 %, 6 % and 12 % on barley germination, i.e. germination energy, total germination, number of roots, root length, coleoptile length and weight of fresh and dry barley seedlings.

Analysis of variance determined that polyethylene glycol generally has no statistically significant effect on the growth and development of seedlings, except for germination energy and mass of fresh matter. Average values in this study were 80.9 % for germination energy, 96.2 % for total germination, 4.49 for number of roots, 5.02 cm for root length, 1.20 cm for shoot length, 5.05 g for the mass of fresh matter and 2.01 g for the mass of dry matter of barley seedlings.

Application of (PEG) at a lower concentration resulted in approximately similar values as in the control treatment, while a higher concentration resulted in more pronounced negative differences. The assumption is that a further increase in (PEG) concentration would result in a greater negative impact on the growth and development of barley seedlings.

**Key words:** barley, polyethylene glycol, germination, germination parameters

## **8. POPIS GRAFIKONA**

Grafikon 1. Žetvene površine ječma u Hrvatskoj (2013- 2022) (FAOSTAT, 2024) .....	3
Grafikon 2. Plot analiza energije klijanja ječma.....	12
Grafikon 3. Plot analiza ukupnog klijanja ječma .....	13
Grafikon 4. Plot analiza broja korijena ječma .....	14
Grafikon 5. Plot analiza dužine korijena ječma.....	15
Grafikon 6. Plot analiza dužine koleoptile ječma.....	16
Grafikon 7. Plot analiza mase svježeg uzorka klijanaca ječma .....	17
Grafikon 8. Plot analiza mase suhog uzorka klijanaca ječma .....	18

## 9. POPIS SLIKA

Slika 1. Polietilen glikol (izvor: Čulig, L.) .....	7
Slika 2. Natapanje filter papira 12% otopinom PEG-a (izvor: Čulig, L.) .....	8
Slika 3. Sjemenke ječma na filter papiru (izvor: Čulig, L.) .....	9
Slika 4. Zamotani filter papir s oznakom (izvor: Čulig, L.) .....	9
Slika 5. Mjerenje dužine korijena (izvor: Čulig, L.) .....	10
Slika 6. Mjerenje mase svježih klijanaca (izvor: Čulig, L.) .....	10

## **10. POPIS TABLICA**

Tablica 1. Analiza varijance za ispitivana svojstva.....	11
--	----