

# Utjecaj pH otopine i temperature na klijavost ječma

---

Ervačić, Laura

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:007366>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-19**



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**

Laura Ervačić

Diplomski sveučilišni studij Bilinogojstvo

Smjer Biljna proizvodnja

**UTJECAJ pH OTOPINE I TEMPERATURE NA KLIJAVOST JEČMA**

**Diplomski rad**

Osijek, 2023.

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**

**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Laura Ervačić

Diplomski sveučilišni studij Bilinogojstvo

Smjer Biljna proizvodnja

**UTJECAJ pH OTOPINE I TEMPERATURE NA KLIJAVOST JEČMA**

**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

<b>1. UVOD</b>	1
1.1. Cilj istraživanja	6
<b>2. PREGLED LITERATURE</b>	7
<b>3. MATERIJALI I METODE</b>	10
3.1. Opis pokusa	10
3.2. Statistička obrada podataka	16
<b>4. REZULTATI</b>	17
4.1. Energija klijanja ječma	17
4.2. Ukupno klijanje ječma	18
4.3. Ukupan broj korijena ječma	19
4.4. Dužina korijena ječma	20
4.5. Dužina koleoptile ječma	21
4.6. Masa svježe tvari ječma	22
4.7. Masa suhe tvari ječma	22
<b>5. RASPRAVA</b>	24
<b>6. ZAKLJUČAK</b>	27
<b>7. POPIS LITERATURE</b>	28
<b>8. SAŽETAK</b>	30
<b>9. SUMMARY</b>	31
<b>10. POPIS TABLICA</b>	32
<b>11. POPIS SLIKA</b>	33
<b>12. POPIS GRAFIKONA</b>	34

## 1. UVOD

Ječam (lat. *Hordeum vulgare* L.) pripada rodu *Hordeum* koji obuhvaća preko 25 vrsta kultiviranih i divljih biljka iz porodice trava (lat. *Poaceae*). Pripada u jednu od najstarijih ratarskih kultura (Martinčić i Kolak, 1993.). Smatra se kako je uzgajan prije šest do sedam tisuća godina u Egiptu, te prije pet tisuća godina u Indiji i Kini. Postoje dva ishodišna centra (gen-centri) ječma te je višeredni ječam podrijetlom iz istočne Azije (Tibet, Kina, Japan), a dvoredni jari ječmovi s područja današnje Etiopije (Kovačević i Rastija, 2014). Ječam se dijeli na 5 konvarijeteta: *Hordeum vulgare* convar. *hexastichon* (višeredni ječam), *Hordeum vulgare* convar. *intermedium* (prijelazni ječam), *Hordeum vulgare* convar. *distichon* (dvoredni ječam), *Hordeum vulgare* convar. *dificiens* (nepotpuni ječam) i *Hordeum vulgare* convar. *labile-irregulare* (labilni ječam) (Šimić, 2009.).

Prema namjeni razlikujemo dvije vrste ječma: ječam namijenjen industriji slada i piva (pivarski ječam) te ječam za ishranu stoke (krmni ili stočni ječam) (Marić, 2000.). Krmni su višeredni ozimi ječmovi koji se koriste za hranidbu stoke. Veliku vrijednost imaju u prehrani domaćih životinja, a dodaju se u koncentrirane krmne smjese. Općenito, zrno ječma ima veliku hranidbenu vrijednost, a u tovu popravlja kakvoću slanine i mesnih proizvoda. U zelenom stanju, samstalno ili još bolje u smjesi s grahoricom ili graškom, daje odličnu hranu, zelenu krmu koja se može silirati (Jurišić, 2004.).

Pivarski ječam, većinom jari i dvoredni ječmovi koriste se za proizvodnju slada, odnosno piva i alkoholnih pića. Za proizvodnju piva kao glavna sirovina koristi se slad, a to je proklijalo zrno ječma, kojemu se nakon sušenja odstranjuju klice. Slad daje pivu ekstrakt od kojeg ovise okus, punoća, boja i jačina piva. U pivarstvu je jedno od najvažnijih svojstava ekstraktivnost slada i njegova fermentacijska aktivnost. Visoki prinos ekstrakta (mora biti veći od 78%) pokazuju samo kvalitetne pivarske sorte, iako svojstva ječma koja uvjetuju ekstraktivnost slada dosta variraju, ovisno o području uzgoja ili klimatskim prilikama (Kovačević i Rastija, 2014).

U ljudskoj ishrani ječam se manje koristi, pretežno u obliku ječmene kaše, griza i pahuljica te kao surogat za kavu (Mihajlović, 1966.; Reiner i sur., 1980.; Paunović i Madić, 2011. ). U novije vrijeme sve je zastupljeniji i poznatiji golozrni ječam koji ima veliki potencijal u ljudskoj prehrani.

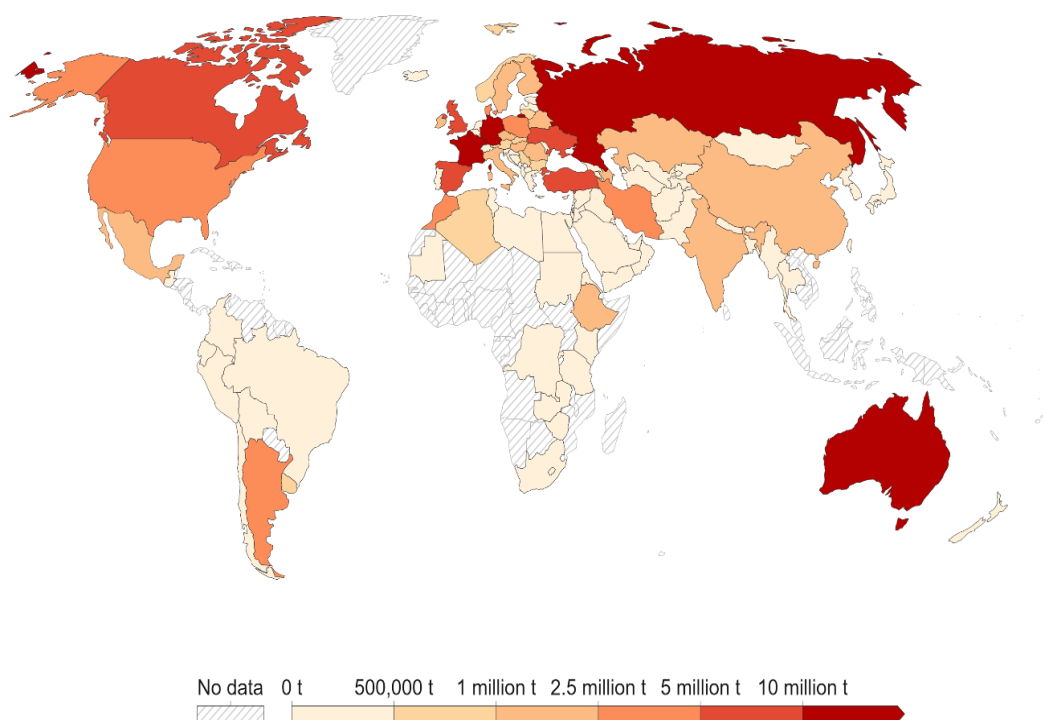
Od bioloških svojstava ječma treba istaknuti da ima velike zahtjeve prema tlu i osjetljiv je na kiselost pa mu najbolje odgovaraju neutralna do slabo alkalna tla. U usporedbi s pšenicom, a

naročito raži osjetljiviji je na niske temperature. Prag tolerancije ječma prema niskim temperaturama je između -12 do -15 °C nakon kaljenja, a mlade biljke ozimog ječma prije kaljenja mogu izdržati niske temperature od -4 do -5 °C (Kovačević i Rastija, 2014).

Biljka ječma sastoji se od primarnog i sekundarnog korijenovog sustava, stabljike (vlat), listova i klasa (Pospišil, 2010). Ječam je po izgledu sličan pšenici, ali ima i određene specifičnosti, naročito u građi klasa (Kovačević i Rastija, 2014). Među pravim ili strnim žitaricama korijen ječma najslabije je razvijen i upojna moć mu je najmanja (Gagro, 1997). Stabljika ječma sastoji se od 5 do 7 koljenaca i međukoljenaca, šuplja je, s manje građevnih elemenata, pa je zato nježnija i sklona polijeganju. List je građen kao i kod ostalih žitarica, a sastoji se od plojke, lisnog rukavca, uški (*auriculae*) i jezička (*ligula*). Prvi listovi nakon nicanja su široki, sivkasto zelene boje, imaju voštanu prevlaku i nešto položeniji u usporedbi s listovima pšenice. Broj listova po stabljici ovisi o broju nodija (Pospišil, 2010).

Klas je građen od klasnog vretena na kojem su raspoređeni klasići. Klasići su postavljeni jedan iznad drugoga, oblikujući red: kod višerednog ječma razvijena su sva tri klasića pa sa svake strane klasa postoje tri reda, odnosno ukupno šest redova (zrna); kod dvorednog ječma potpuno je razvijen samo jedan klasić sa svake strane klasa. Kod većine ječmova osje je dugo i karakteristično nazubljeno, dok neki varijeteti imaju umjesto osja troroge listaste izrasline (furke). Kod prezrelog usjeva klasno vreteno se lako lomi. Pljevice su obično srasle sa zrnom (pljevičasto zrno), a rijetko slobodne (golo zrno) (Kovačević i Rastija, 2014).

Ječam je po rasprostranjenosti jedna od značajnih žitarica na svijetu (Slika 1.) nakon pšenice, kukuruza i riže. Uzgaja se diljem svijeta što je omogućeno kratkom vegetacijom, polimorfizmom, te postojanjem jarih i ozimih sorti. Trajanje vegetacije ječma je kod ozimih tipova oko 240 - 260 dana, a kod jarih oko 60 - 130 dana (Kovačević i Rastija, 2014). Uspijeva na velikim nadmorskim visinama, čak na više od 4000 metara (Himalaja, Tibet, Južna Amerika) što je gotovo duplo više u usporedbi s uzgojem pšenice (Gagro, 1997). Uzgoj ozimog ječma ograničen je na područja s blagom zimom (npr. srednja Europa). Areal uzgoja ječma se proteže od 10 ° do 60 ° u Aziji, odnosno do 70 °N u Europi, a na južnoj polutci od 10 do 58 °S (Kovačević i Rastija, 2014).



Slika 1. Proizvodnja ječma u svijetu u 2021. godini (Izvor : <https://ourworldindata.org/grapher/barley-production>)

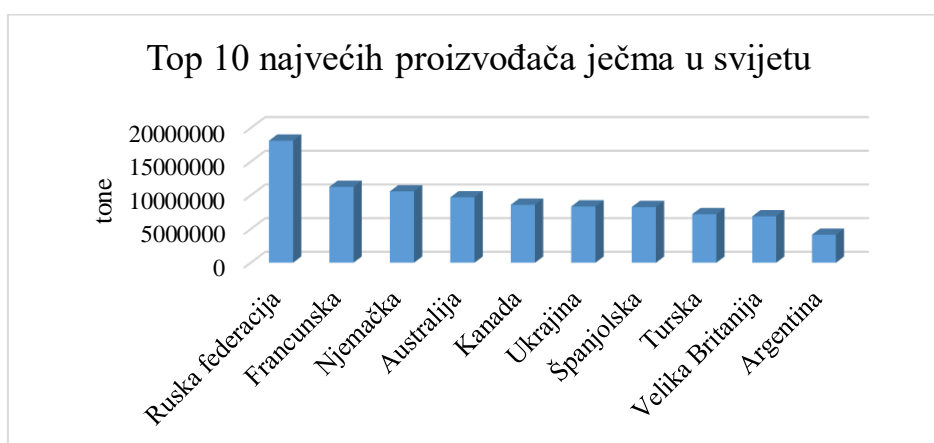
Ječam se na svijetu uzgaja na nešto manje od 50 milijuna hektara (Tablica 1.). Međutim, trend uzgoja ječma je opadajući ukoliko se usporede podatci od prije 20 - 30 godina kada su površine uzgoja bile veće od 70 milijuna hektara (FAOSTAT, 2023.). Općenito, uzgoj ječma je zastupljeniji na sjevernoj zemljinoj polutci nego na južnoj uz izuzetak Australije (Slika 1.).

U promatranom razdoblju od 2011. do 2021. prosječno se u svijetu proizvodilo oko 145 milijuna tona ječma uz relativno nizak prosječan prinos od svega oko 3,00 t/ha. Međutim, treba istaknuti kako je prosječan prinos tijekom godina relativno stabilan i kreće se između 2,64 t/ha do 3,10 t/ha.

Oko polovica ukupno poŕnjene površine ječma u svijetu nalazi se u Europi (Grafikon 1.), a najveći proizvođači ječma u svijetu su Ruska Federacija, Francuska i Njemačka. Promatrano prema zasijanim površinama, najveće površine ima Ruska Federacija (7 834 300 ha), a slijede ju Španjolska (2 514 560 ha) i Ukrajina (2 472 100 ha) dok ostale države imaju manje od 2 milijuna ha pod ječmom.

Tablica 1. Požnjevene površine (ha), proizvodnja (t) i prinosi (t/ha) ječma u svijetu od 2011. do 2021. (FAOSTAT, 2023.)

Godina	Požnjevene površine (ha)	Proizvodnja (t)	Prosječni prinosi (t/ha)
2011.	48 607 900	132 879 984	2,73
2012.	50 050 619	132 411 571	2,64
2013.	20 013 174	143 684 034	2,87
2014.	49 932 600	145 294 281	2,91
2015.	49 050 300	148 370 470	3,02
2016.	48 206 831	146 102 238	3,03
2017.	47 880 898	148 491 220	3,10
2018.	48 062 938	141 023 287	2,93
2019.	51 411 442	158 829 933	3,09
2020.	51 982 390	157 707 051	3,03
2021.	48 941 020	145 623 914	2,97
Prosjek	46 740 010	145 492 543	2,93



Grafikon 1. Top 10 proizvođača ječma u svijetu tijekom 2021. godine (FAOSTAT, 2023.)



Ječam je u Hrvatskoj prema zastupljenosti na trećem mjestu ukoliko se promatra duži vremenski period iako se zadnjih nekoliko godina soja sije na većim površinama nego ječam. Tako je prosječna površina pod ječmom u višegodišnjem razdoblju iznosila oko 53 000 ha i ostvarena proizvodnja od oko 243 000 t (Tablica 2.). U usporedbi s prosječnim prinosom svijeta, u RH su prinosi veći za oko 1,5 tone i iznose 4,5 t/ha. U pogledu sortimenta treba naglasiti kako dominira sjetva gotovo isključivo domaćeg sjemena koje je kreirano na Poljoprivrednom institutu Osijek (npr. Rex, Zlatko, Lord, Barun, Bingo, Titan, Bravo, Maxim, Jaran, Astor, Matej i dr.) i Bc institutu iz Zagreba (npr. Favorit, Gospodar, Bosut, Vedran, Srećko, Alarik, Kalnik i dr.).

Tablica 2. Požnjevene površine (ha), proizvodnja (t) i prinosi (t/ha) ječma u Hrvatskoj od 2017. do 2021. (FAOSTAT, 2023.)

<b>Godina</b>	<b>Požnjevene površine (ha)</b>	<b>Proizvodnja (t)</b>	<b>Prosječni prinosi (t/ha)</b>
2011.	48 318	193 961	4,0
2012.	56 905	235 778	4,1
2013.	53 796	201 339	3,7
2014.	46 160	175 592	3,8
2015.	43 700	193 451	4,4
2016.	56 483	263 165	4,7
2017.	53 950	260 426	4,8
2018.	50 990	230 170	4,5
2019.	53 660	278 600	5,2
2020.	66 330	325 520	4,9
2021.	56 480	309 770	5,5
Prosjek	53 343	242 525	4,5

## **1.1. Cilj istraživanja**

U usporedbi s drugim strnim žitaricama ječam ima najslabije razvijen korijenov sustav te vrlo nježnu i tanku stabljiku sklonu polijeganju. U tom kontekstu potrebno ga je uzgajati na tlima dobre plodnosti gotovo neutralne pH reakcije tla. S toga je cilj istraživanja bio u laboratorijskim uvjetima ispitati utjecaj različitih pH vrijednosti otopine (pH 3,5; 4,5; 5,5; 6,5; 7,5 i 8,5 ) i temperature zraka (10 °C i 20 °C) na klijavost i parametre klijavosti klijanaca ječma (energija klijanja, ukupno klijanje, ukupan broj korjenova, dužina korijena, dužina koleoptile, masa svježeg uzorka i masa osušenog uzorka).

## 2. PREGLED LITERATURE

Prema zasijanim površinama, ječam je rangiran na četvrto mjesto u svijetu, nakon pšenice, kukuruza i riže. Glavni razlozi uzgoja ječma su za potrebe stočarske proizvodnje i industrijske proizvodnje zrna tj. za potrebe pivarske industrije.

Ječam je kultura dugog dana, ali ima kraći svjetlosni stadij od ostalih žitarica. Prema dužini vegetacije ječam je rana žitarica koja tlo napušta 8 - 10 dana ranije od pšenice i raži (Pospišil, 2010). Ima relativno skromne zahtjeve prema toplini. Minimalna temperatura za klijanje ozimog i jarog ječma je 1 - 2 °C, optimalna temperatura je 15 - 22 °C, a maksimalna 28 - 30 °C. Niske temperature su izrazito nepovoljne u fazi cvatnje i zriobe.

U pogledu iskorištenja vode, ječam racionalno troši vodu, pa je transpiracijski koeficijent ozimog ječma oko 450, a jarog 300 - 350. općenito, dostupnost vode je osnovni preduvjet za početak procesa klijanja koje započinje njenim usvajanjem (Saraf i sur., 2017.).

Za klijanje i razvoj biljaka važnu ulogu ima pH vrijednost tla pri čemu je nepovoljna pH jedan od limitirajućih čimbenika za klijanje (Ghaderi-Far i sur., 2010.). Ječam ne podnosi jako kisela ni pjeskovita tla i smatra se da je optimalni pH između 6,5 - 7,2. S obzirom da ima slabije razvijen korijenov sustav, ječam treba uzgajati na plodnijim tlima i to osobito pivarski ječam koji u protivnom ima lošu kvalitetu (Pospišil, 2010). Gagro (1997.) nadalje navodi ako želimo postići visoke prinose ječma, trebamo ga u plodoredu uklopiti nakon onih pretkultura koje tlo ostavljaju plodno i strukturno. Za ječam su dobre pretkulture uljana repica, zrnate mahunarke, suncokret i okopavine (Gagro, 1997).

Pripremu tla treba kvalitetno obaviti, sa što manje prohoda i zbijanja tla, jer ječam bolje uspijeva u rastresitom tlu, zato što se korijenov sustav u takvom tlu bolje razvija, što povoljno utječe na rast i razvoj biljaka i povećava produkciju po klasu (Zimmer i sur., 1997).

Nadalje, agrotehnička važnost ječma je velika. Ranije se sije i ranije dozrijeva, pa se može proizvoditi u višim planinskim predjelima, što omogućuje bolje uklapanje ječma u strukturu proizvodnje, bolje korištenje tla, strojeva i ljudi te ekonomičniju proizvodnju (Rapčan i sur., 2012.). Važan je izbor sorte, izbor i priprema sjemena, vrijeme sjetve, količina sjemena za sjetvu, način i dubina sjetve. Optimalni rok sjetve je od 1. listopada do 10. listopada, iako zadnje godine sijanja ječma pokazuju da što kasniji rokovi sjetve daju veće i bolje prinose zbog sve slabijih (toplijih) i kraćih zima. Ukoliko se sjetva obavi prerano, ozimi ječam može u jesen prijeći u fazu vlatanja, a tada može stradati od niskih temperatura tijekom zimskog perioda. Na

kraju jesenskog perioda biljka ozimog ječma trebala bi imati razvijena 2 - 3 izdanka. Optimalni rok za sjetvu jarog ječma je kraj veljače do početka ožujka ako to dozvole vremenski uvjeti. Sjetva ječma se obavlja žitnim sijačicama u redove razmaka 12, 5 ili 15 cm. Dubina sjetve ovisi o tlu, temperaturi i vlažnosti tla te roku sjetve i iznosi za ozimi ječam 3 - 5 cm. Na lakšim i sušim tlima sije se dublje (4 - 5 cm), a na težim tlima pliće (3 cm). Za jari ječam dubina sjetve iznosi 3 - 4 cm (Pospišil, 2010).

Ječam jače reagira na gnojidbu u odnosu na ostale strne žitarice. Pravilnom gnojidbom povećava se prinos, poboljšava se kvaliteta i povećava otpornost na nepovoljne utjecaje sredine (Pospišil, 2010). Zbog nježnije građe stabljike ječam ne podnosi veće količine dušika, te zbog straha od polijeganja ječam se često pothranjuje (Vukadinović i Lončarić, 1997.). Kod gnojidbe treba voditi računa i o tome da ječam ima slabije razvijen korijenov sustav i da je kraće vegetacije u odnosu na pšenicu, odnosno da brže prolazi određene fenološke faze te da gnojidba ječma prvenstveno ovisi o namjeni proizvodnje, tj. uzgaja li se krmni ili pivarski ječam. Pivarski ječam se gnoji s manje dušika, a više fosfora i kalija, dok se za stočni (krmni) ječam preporučuje naglašena gnojidba dušikom navode Kovačević i Rastija (2014.).

Zaštita od korova, bolesti i štetnika vrlo je važna agrotehnička mjera u proizvodnji ječma jer ovisi o kvaliteti i kvantiteti uroda (Lalić i sur., 2018.). Kako bi se spriječio negativan utjecaj od korova, bolesti i štetnika potrebno je primijeniti odgovarajuća kemijska sredstva za zaštitu bilja. Paunović i Madić (2011.) kao najznačajnije korove u ječmu navode sljedeće: slakoperka (*Apera spica-venti*), poljski kokotac (*Consolida regalis*), broćika (*Galiuma parine*), mrtva kopriva (*Lamium purpureum*), kamilica (*Matricaria chamomilla*), divlji mak (*Papaver rhoeas*) i druge. Kritičan period zakorovljenosti ječma proteže se do kraja faze busanja, jer korovi tada konkuriraju razvoju usjeva i smanjuju prinos, a kasna zakorovljenost ometa proces žetve.

Bolesti na ječmu smanjuju urod, negativno utječu na kakvoću zrna, smanjuje krupnoću i ujednačenost zrna pogotovo u godinama povišenih temperatura i prekomjernih količina oborina. Najčešće bolesti i ekonomski najštetnije su siva pjegavost (*Rhynchosporium secalis*) i mrežasta pjegavost ječma (*Pyrenophora / Helmintho sporiumteres*). Prve simptome ovih bolesti obično primjećujemo nakon završetka busanja (Paunović i Madić, 2011.).

Najznačajniji i praktično jedini štetnik koji nanosi velike štete i kojeg moramo suzbijati je žitni balac (*Oulema melanopus*). Najveće štete pravi ličinka, a najčešće je to u drugoj polovici svibnja i početkom lipnja. Treba kontrolirati usjev jer u kratkom vremenu napravi velike štete

što dovodi do smanjenja uroda (Maceljčki i Igrc-Barčić, 1991.). U suzbijanju bolesti i štetnika kao mjeru zaštite koristimo fungicide i insekticide (Ivezić, 2008.).

Žetvu ječma treba obaviti što prije jer ćemo dobiti veći prinos i osloboditi površinu za sjetvu postrnih kultura (Kovačević i Rastija, 2014.). Žetvu treba obaviti kada vlaga zrna padne ispod 14 %, pogotovo kada je u pitanju pivarski ječam. Postotak vlage koju sjeme sadrži u žetvi vrlo je važan gospodarski čimbenik jer manji sadržaj vlage omogućuje raniju žetvu i smanjenje troškova umjetnog dosušivanja sjemena (Rukavina, 1999.). Žetva ječma se u našim glavnim proizvodnim područjima odvija najčešće krajem lipnja, a vrlo rijetko početkom srpnja (Pospišil, 2010).

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Opis pokusa

Prije postavljanja pokusa, pomoću pH metra, otopine klorovodične kiseline (HCl), natrij hidroksida (NaOH) i destilirane vode napravljene su otopine različite pH vrijednosti od 3,5, 4,5, 5,5, 6,5, 7,5 i 8,5 koje su korištene u provedenom pokusu (Slika 2.). Nakon pripravljanja otopina iste su se čuvale u staklenim bocama s oznakama.



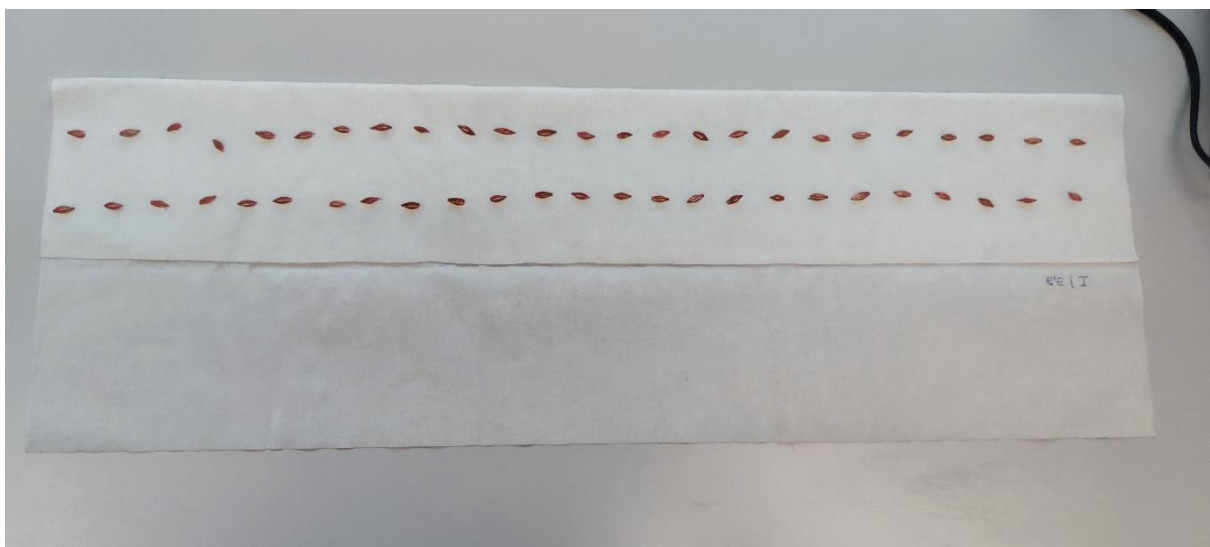
Slika 2. Otopine različitih pH vrijednosti (Izvor: Ervačić, L.)

Korišteno je tretirano sjeme ječma, a pokus je proveden u Labaratoriju za specijalno ratarstvo na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek tijekom 2022. godine.

Postavljanje pokusa započeto je vlaženjem filter papira s pripremljenim pH otopinama (Slika 3.) u količini od 25 ml po ponavljanju. Na pripremljeni filter papir postavljeno je 50 sjemenki ječma, a napravljena su 3 ponavljanja za svaki tretman pH otopine i temperature (Slika 4.).



Slika 3. Vlaženje filter papira (Izvor: Ervačić, L.)



Slika 4. Sjemenke ječma na vlažnom filter papiru (Izvor: Ervačić, L.)

Nakon postavljanja sjemena na filter papir, isti je zamotan (Slika 5.) i stavljen u PVC vrećicu kako bi se spriječilo isparavanje vlage odnosno otopine iz filter papira. Na svaku vrećicu stavljena je oznaka s brojem tretmana i pH vrijednosti kako bismo razlikovali ponavljanja unutar tretmana.



Slika 5. Zamotan filter papir (Izvor: Ervačić, L.)

Sjeme ječma naklijavalo se na dvije različite temperature (10 °C i 20 °C) u klima komori (Slika 6.), a tijekom pokusa redovito je obavljen pregled svih ponavljanja i tretmana kako bi se utvrdilo pojavljivanje plijesni.



Slika 6. Zamotan filter papir u PVC vrećici s odgovarajućom oznakom u klima komori (Izvor: Ervačić, L.)



Trećeg dana nakon postavljanja pokusa utvrđena je energija klijanja (Slika 7.) brojanjem sjemenki svakog ponavljanja i svih tretmana, a nakon sedmog dana naklijavanja određena je ukupna klijavost sjemena (Slika 8.) i sva druga mjerenja. Energija klijanja je podrazumijevala pojavljivanje klice barem do polovice sjemenke ječma, a za ukupno klijanje je bio potreban razvijen primarni korijenov sustav i nadzemni dio klijanca.



Slika 7. Utvrđivanje energije klijanja  
(Izvor: Ervačić, L.)



Slika 8. Određivanje ukupne klijavosti  
(Izvor: Ervačić, L.)

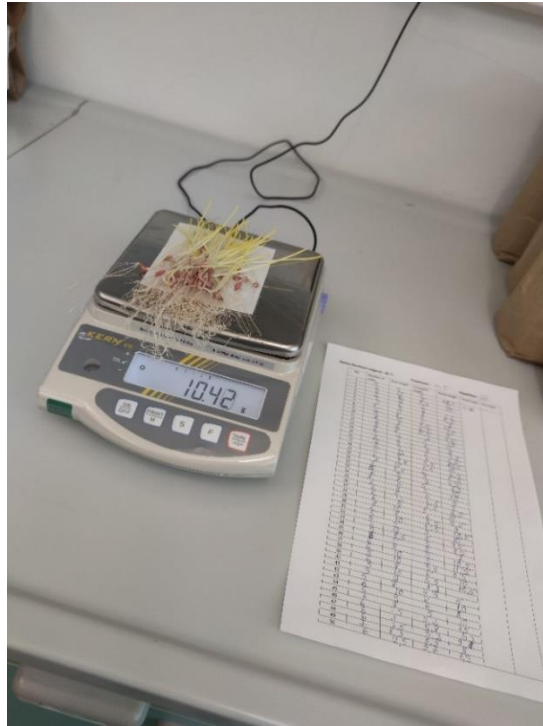
Nakon završetka pokusa obavljeno je mjerenje parametara kako bi se utvrdile razlike između tretmana pH otopine i temperatura zraka. Tako je utvrđen broj razvijenih korjenčića jednostavnim prebrojavanjem, obavljeno je mjerenje dužine korjenčića (cm) i dužine izdanka (cm) na svim ponavljanjima i tretmanima. Mjerenje je obuhvatilo ukupno 1800 klijanaca iz svih tretmana, a obavljalo se jednostavnim brojanjem i mjerenjem pomoću ravnala (Slika 9.).



Slika 9. Mjerenje parametara na klijancima ječma (Izvor: Ervačić, L.)

Nakon analiza i mjerenja, određena je masa svježe tvari svakog ponavljanja u pokusu pojedinačno. Mjerenja su napravljena uz pomoć precizne analitičke laboratorijske vage Kern, a iskazana su u gramima na dvije decimale (Slika 10.). Nakon toga uzorci su ostavljeni na zraku da se osuše (Slika 11.). Masa svježe tvari klijanaca ječma predstavlja ukupnu masu svih klijanaca u pokusu, proklijalih i ne proklijalih.

Nakon 7 dana od mjerenja mase svježe tvari određena je masa suhe tvari uzorka sušenog na zraku. Mjerenja su također rađena uz pomoć precizne analitičke laboratorijske vage Kern, a iskazana su u gramima na dvije decimale.



Slika 10. Mjerenje svježe mase klijanaca ječma pri temperaturi 20 °C (Izvor: Ervačić, L.)



Slika 11. Sušenje klijanaca ječma (Izvor: Ervačić, L.)

Provedba cijelog pokusa i sva mjerenja obavljena su u Laboratoriju za specijalno ratarstvo na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti u Osijeku.

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

U provedenom istraživanju statistička obrada dobivenih rezultata obavljena je pomoću računalnih programa Excel i Word te SAS Software 9.1.4. (SAS Institute Inc., 2003.).

Statistika je provedena pojedinačnom analizom varijance uz korištenje F-testa. Značajnost razlika između prosječnih vrijednosti ispitivanih faktora i tretmana ocijenjena je LSD-om.

## 4. REZULTATI

### 4.1. Energija klijanja ječma

Energija klijanja sjemena ječma u prosjeku je iznosila 54,8 %. Analizom varijance je utvrđena statistička značajnost temperature i interakcije temperature i pH otopine dok tretman pH otopine nije bio značajan (Tablica 3.).

Pri temperaturi od 10 °C energija klijanja u prosjeku je iznosila svega 32,2 %, dok pri temperaturi od 20 °C energija klijanja je iznosila 77,4 % odnosno 45,2 % više, što ukazuje na značajnu ulogu temperature za ispitivano svojstvo.

Tablica 3. Pokazatelji energije klijanja ječma (%)

Temperatura (A)	pH vrijednost (B)						Prosjek (%)
	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	
10°C	28,0 c	48,0 b	47,3 b	23,3 c	30,7 c	16,0 c	32,2 b
20°C	73,0 a	78,0 a	82,0 a	75,3 a	79,3 a	77,0 a	77,4 a
Prosjek	50,5	63,0	64,7	49,3	55,0	46,5	54,8
	LSD <sub>0,05</sub> (A) = 8,03		LSD <sub>0,05</sub> (B) = ns			LSD <sub>0,05</sub> (AB) = 15,81	

U pogledu vodenih otopina različitih pH vrijednosti koje su bile u rasponu od 3,5 do 8,5, nije bilo statističkih značajnosti. Međutim, najveće vrijednosti energije klijanja su utvrđene jako kiseloj i kiseloj sredini (pH 4,5 i 5,5).

U pogledu interakcije pH otopine i temperature, najmanja energija klijanja u ovom istraživanju utvrđena je pri pH 8,5 i temperaturi od 10 °C od svega 16 % dok je najveća energija klijanja bila pri pH 5,5 i temperaturi od 20 °C (82,0 %).

## 4.2. Ukupno klijanje ječma

Dok energija klijanja pokazuje početnu snagu razvoja sjemena, ukupno klijanje puno je važnije svojstvo u proizvodnji koje značajno utječe na sklop, a kasnije i prinos.

Prosječna vrijednost ukupnog klijanja u provedenom ispitivanju bila je očekivano veća od energije klijanja i iznosila je 69,8 %.

Analizom varijance utvrđene su razlike između ispitivanih temperatura za razliku od pH tretmana koji niti za ovo svojstvo nisu bili signifikantni. Najveća klijavost ostvarena je pri višoj temperaturi od 20 °C koja je u prosjeku iznosila 96,3 % (Tablica 4.).

U pogledu interakcije temperature i pH otopine razlike ukupnog klijanja su također bile statistički značajne.

Tablica 4. Pokazatelji ukupnog klijanja ječma (%)

Temperatura (A)	pH vrijednost (B)						Prosjek (%)
	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	
10°C	42,0 cd	54,7 bc	59,3 b	30,0 de	49,3 bc	24,0 e	43,2 b
20°C	94,0 a	96,7 a	99,3 a	97,3 a	96,0 a	94,7 a	96,3 a
Prosjek	68,0	75,7	79,3	63,7	72,7	59,3	69,8
	LSD <sub>0,05</sub> (A) = 8,46		LSD <sub>0,05</sub> (B) = ns			LSD <sub>0,05</sub> (AB) = 16,58	

Najveća prosječna vrijednost za ukupno klijanje dobivena je pri pH 5,5 i temperaturi od 20 °C te je iznosila 99,3 %, dok između ostalih prosjeka pri ovoj temperaturi nije postojala velika razlika odnosno ukupna klijavost pri temperaturi od 20 °C na pH 3,5, 4,5, 6,5 i 7,5 se nije uvelike razlikovala. Najmanja klijavost ostvarena je kod temperature od 10 °C i pH otopine 8,5 te je iznosila 24,0 %.

### 4.3. Ukupan broj korijena ječma

Ječam prilikom klijanja razvija između 3 i 5 korijena pri čemu čitav niz vanjskih čimbenika može utjecati na povećanje ili smanjenje broja korijena. Veći broj korijena prožet velikim brojem korijenovih dlačica je poželjno svojstvo u proizvodnji jer osigurava mladoj biljci optimalnu opskrbu vodom i u vodi otopljenih tvari.

U ovom istraživanju prosječan broj korijena ječma iznosio je 4,86, odnosno sjeme ječma u prosjeku je razvilo oko 5 primarnih korjenčića.

Tretman temperature te interakcije temperature i pH otopine je pokazao signifikantnost u pogledu ukupnog broja korijena dok utjecaj pH otopine nije pokazao nikakvu značajnost temeljem analize varijance.

Gledajući cjelokupno istraživanje najmanji broj korjenčića ostvaren je pri temperaturi od 10 °C kod kojeg je ukupan broj korijena iznosio 4,27, a najveći broj je utvrđen pri temperaturi od 20 °C i iznosio je 5,44 (Tablica 5.).

U pogledu pH vrijednosti najveći broj primarnih korjenčića dobiven je pri pH 4,5 u vrijednosti od 5,66 , a najmanji pri pH 8,5 u vrijednosti od 4,00.

Tablica 5. Pokazatelji ukupnog broja korijena ječma

Temperatura (A)	pH vrijednost (B)						Prosjek
	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	
10°C	4,04 c	4,17 c	4,68 bc	4,01 c	4,73 bc	4,00 c	4,27 b
20°C	5,36 ab	5,66 a	5,45 ab	5,40 ab	5,30 ab	5,47 ab	5,44 a
Prosjek	4,70	4,91	5,07	4,71	5,02	4,74	4,86
	LSD <sub>0,05</sub> (A) = 0,33		LSD <sub>0,05</sub> (B) = ns			LSD <sub>0,05</sub> (AB) = 0,85	

#### 4.4. Dužina korijena ječma

Pored razvoja što većeg broja korijena vrlo je važno svojstvo i dubina prodiranja primarnog korijenovog sustava koji pozitivno djeluje na razvoj same biljke.

U provedenom istraživanju, temperatura se pokazala kao značajan tretman potvrđen analizom varijance kao i interakcija temperature i pH otopine. Prosječna dužina korijena ječma u cijelom istraživanju iznosila je 5,58 cm (Tablica 6.).

Dužina korijena pri temperaturi od 10 °C iznosila je svega 2,94 cm dok je daleko duži korijen razvijen pri duplo većoj temperaturi zraka od čak 8,21 cm što predstavlja razliku od 5,27 cm.

Djelovanjem pH otopine nisu utvrđene statistički značajne razlike, ali su utvrđena variranja dužine. Najmanja prosječna dužina korjenčića je izmjerena pri pH 8,5, a najveća pri pH 5,5 (6,32) i pH 3,5 (6,30).

Daleko najveće variranje je utvrđeno u interakciji temperature i pH otopine. Slabo kisele (pH 6,5) i lužnate (pH 8,5) sredine pri nižoj temperaturi su rezultirale najmanjom dužinom korijena dok je neočekivano pri niskim pH otopinama (pH 3,5 i pH 5,5), ali na višim temperaturama zraka ostvaren najduži razvoj korijena.

Tablica 6. Pokazatelji dužine korijena ječma (cm)

Temperatura (A)	pH vrijednost (B)						Prosjek (%)
	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	
10°C	3,08 c	2,93 c	3,02 c	2,80 c	3,01 c	2,79 c	2,94 b
20°C	9,52 a	7,89 ab	9,62 a	7,99 ab	7,84 ab	6,41 b	8,21 a
Prosjek	6,30	5,41	6,32	5,39	5,43	4,60	5,58
	LSD <sub>0,05</sub> (A) = 0,92		LSD <sub>0,05</sub> (B) = ns			LSD <sub>0,05</sub> (AB) = 2,20	



#### 4.5. Dužina koleoptile ječma

Izdanak predstavlja budući nadzemni dio biljke u kojem se nalazi vegetacijski vrh i svi ostali dijelovi poput stabljike, listova i klasa. Prilikom prodiranja kroz tlo u prirodnim uvjetima izdanak je zaštićen posebnom prozirnom opnom koja se naziva koleoptila. Rast i razvoj izdanka i koleptile je općenito pod velikim utjecajem biotskih i abiotskih čimbenika koji mogu poboljšati ili inhibirati rast mlade biljke.

Prosječna dužina koleoptile u ovom istraživanju iznosila je 2,65 cm pri čemu samo parametar pH otopine nije pokazao nikakvu signifikantnost (Tablica 7.).

Signifikantno velike razlike utvrđene su na tretmanu temperature pri čemu je dužina koleoptile bila puno veća na 20 °C. Razlika u prosjeku između temperatura iznosila je 4,63 cm. S druge strane, utvrđena variranja između pH otopina su bila vrlo mala i kretala su se od 2,51 cm do 2,76 cm.

U pogledu interakcije pH otopine i temperature, razlike su bile relativno visoke. Najveća zabilježena dužina je pri pH 4,5 i temperaturi 20 °C i iznosi 5,28 cm.

Tablica 7. Pokazatelji dužine izdanka ječma (cm)

Temperatura (A)	pH vrijednost (B)						Prosjek (cm)
	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	
10°C	0,30 d	0,23 d	0,38 d	0,35 d	0,32 d	0,39 d	0,33 b
20°C	4,78 bc	5,28 a	5,05 ab	5,01 abc	4,70 c	4,95 abc	4,96 a
Prosjek	2,54	2,76	2,72	2,68	2,51	2,67	2,65
	LSD <sub>0,05</sub> (A) = 0,15		LSD <sub>0,05</sub> (B) = ns			LSD <sub>0,05</sub> (AB) = 0,34	

#### 4.6. Masa svježe tvari ječma

Nakon što su provedena sva mjerenja određena je masa svježe tvari svih klijanaca izražena u gramima.

Temeljem analize varijance nisu utvrđene statistički značajne razlike za pH otopine dok su temperatura te interakcija temperature i pH otopine bile signifikantne (Tablica 8.).

Općenito, veća masa svježe tvari je utvrđena pri višim temperaturama. Tako je na višoj temperaturi utvrđena masa iznosila 9,61 g, a pri duplo manjoj temperaturi svega 5,00 g.

U pogledu pH otopine razlike su bile znatno manje i kretale su se od 6,96 g (pH 5,5) do 7,67 g (pH 6,5).

Najveća masa u cijelom istraživanju je postignuta pri pH vrijednosti otopine 6,5 i temperaturi 20 °C (10,33 g) dok je najniža vrijednost utvrđena pri pH 5,5 i nižoj temperaturi zraka od 10 °C (4,87 g).

Tablica 8. Pokazatelji svježe mase klijanaca ječma (g)

Temperatura (A)	pH vrijednost (B)						Prosjek (g)
	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	
10°C	5,00 e	5,04 e	4,87 e	5,00 e	4,96 e	5,09 e	5,00 b
20°C	9,20 cd	9,90 ab	9,04 d	10,33 a	9,40 bcd	9,74 abc	9,61 a
Prosjek	7,10	7,47	6,96	7,67	7,18	7,42	7,30
	LSD <sub>0,05</sub> (A) = 0,32		LSD <sub>0,05</sub> (B) = ns			LSD <sub>0,05</sub> (AB) = 0,68	

#### 4.7. Masa suhe tvari ječma

Prosječna masa suhe tvari u istraživanju iznosila je 2,16 g. Analizom varijance utvrđeno je da tretman pH otopina nije pokazao nikakvu signifikantnost, dok su statistički značajne vrijednosti bile utvrđene za tretman temperatura i interakcija temperature s pH otopinama.

U pogledu temperature, te u usporedbi s masom svježe tvari, veća prosječna vrijednost zabilježena je pri nižoj temperaturi od 10 °C i iznosila je 2,38 g u odnosu na temperaturu od 20 °C gdje je iznosila 1,95 g (Tablica 9.).

Nadalje, za pH otopine najmanje suhe tvari utvrđeno je pri pH otopini od 7,5 u prosjeku od 2,09 g, a najveća masa suhe tvari utvrđena je pri pH 6,5 koja je u prosjeku iznosila 2,25 g. Određena variranja su utvrđena i u pogledu interakcije dva tretmana. Tako je pri neutralnoj pH reakciji i višoj temperaturi utvrđena najmanja vrijednosti suhe tvari, a pri blago kiseloj reakciji i nižoj temperaturi je utvrđena najveća vrijednost.

Tablica 9. Pokazatelji suhe mase klijanaca ječma (g)

Temperatura (A)	pH vrijednost (B)						Prosjek (g)
	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	
10°C	2,37 ab	2,34 b	2,29 b	2,55 a	2,29 b	2,44 ab	2,38 a
20°C	1,98 c	1,94 c	2,00 c	1,95 c	1,88 c	1,93 c	1,95 b
<b>Prosjek</b>	2,18	2,14	2,14	2,25	2,09	2,19	2,16
	LSD <sub>0,05</sub> (A) = 0,08		LSD <sub>0,05</sub> (B) = ns			LSD <sub>0,05</sub> (AB) = 0,20	

## 5. RASPRAVA

Klijavost je sposobnost sjemena da u određenim povoljnim uvjetima proklija (Kovačević i Rastija, 2014). Klijavost sjemena kao jedna od komponenti kakvoće sjemena je svojstvo koje, zajedno s okolišnim uvjetima uzgoja i genotipom u velikoj mjeri utječe na produkciju biomase uzgajane vrste (Van Assche i Leuven, 1988.).

Od abiotskih čimbenika koji utječu na klijavost sjemena jedan od najvažnijih je toplina i vlaga. Visoka ili niska temperatura zraka mogu značajno smanjiti klijavost sjemena većine poljoprivrednih kultura. Osim toga, i drugi uvjeti poput zaslanjenosti ili kiselosti sredine, prisutnost različitih mikroorganizama, narušena plodnost i struktura tla i mnogo drugih čimbenika u prirodnim uvjetima mogu inhibirati klijanje i razvoj mlade biljke.

Cilj ovog rada bio je u laboratorijskim uvjetima utvrditi utjecaj različitih temperatura (10 °C i 20 °C) i različitih pH otopina (3,5, 4,5, 5,5, 6,5 7,5 i 8,5 ) na razvoj klijanaca ječma. Iako je u radu analiziran velik broj svojstava, treba naglasiti kako samo neki imaju određen značaj u proizvodnji poput energije klijanja, ukupnog klijanja koje je pokazatelj sklopa, zatim dužina i broj korijena.

Temeljem provedenog pokusa i analize varijance utvrđeno je kako temperatura zraka ima daleko veći učinak na razvoj klijanaca nego pH otopine. Pri temperaturi od 20 °C svi parametri (energija klijanja, ukupno klijanje, ukupan broj korijena, dužina korijena, dužina koleoptile, masa svježih klijanaca) su se pokazali bolji nego pri nižoj temperaturi od 10 °C. Jedino masa suhe tvari klijanca je bila bolja pri nižoj temperaturi od 10 °C.

Energija klijanja značajno je veća pri temperaturi od 20 °C, te je za razliku od energije klijanja na nižoj temperaturi (10 °C) bila veća za 45,2 % (Tablica 4.).

Smanjena energija klijanja može biti posljedica negativnih uvjeta zrna prije žetve, zatim tijekom žetve, privremenog skladištenja, transporta i obrade kao i nakon obrade, prije i tijekom skladištenja (Hampton i Hill, 2002.).

Ukupna klijavost ječma pri temperaturi od 10 °C iznosila je 43,2 %, a pri 20 °C je iznosila 96,3 % ili gotovo duplo viša (Tablica 5.). Time se potvrđuje da su optimalne temperature za ječam od 20 do 25 °C te da je ječam osjetljiviji na niže temperature. Učinak pH otopine u oba tretmana nije se pokazao signifikantan, odnosno čak ni ekstremno kisela sredina ni lužnata nisu utjecale na klijanje i razvoj klijanaca.

Bukvić i sur. (2008.) istraživali su utjecaj temperature i pH vrijednosti na klijavost sjemena i dužinu klijanca bijele djeteline. Istraživanje su proveli u klima komori na temperaturama 10 °C i 20°C, s četiri razine pH vodene otopine (4, 5, 6 i 7) te sa sjemenom tri kultivara bijele djeteline. Ispitivali su utjecaj tretmana na energiju klijanja, klijavost i dužinu klijanaca kultivara bijele djeteline. Sva ispitivana svojstva imala su veću vrijednost na višoj temperaturi, a glede pH najveće prosječne vrijednosti ispitivanih svojstava dobivene su na pH 5.

Slično istraživanje proveli su Grljušić i sur. (2008.) te su autori zaključili da su sva testirana svojstva veća na temperaturi od 20 °C i pri pH 5.

Buranji (2018.) je ispitivao utjecaj pet različitih vodenih otopina (pH 4,5, 5,5, 6,5, 7,5, 8,5) i tri različite temperature (10 °C, 15 °C i 20 °C) na klijavost sjemena i morfološka svojstva klijanaca (dužina korjenčića, stabljike i ukupna dužina klijanaca) predivog lana. Autor zaključuje kako je najveća klijavost utvrđena pri 20 °C (88 %) dok je najveći udio zdravih i normalno razvijenih klijanaca utvrđen na pH 5,5 (70 %), a najmanji na pH 8,5 (59 %).

Ječam prilikom početnog rasta i razvoja razvija od 3-5 primarnih korjenčića i to je uglavnom genetski nasljedno svojstvo. Kovač (2022.) u svom istraživanju 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.

Međutim, pri povoljnim uvjetima moguć je razvoj većeg broja korijena i više korjenovih dlačica. U ovom istraživanju temperatura je i kod ovog svojstva bila signifikantna, te u prosjeku na temperaturi od 20 °C je postignut veći broj razvijenih primarnih korjenčića (Tablica 6.). Najveći ukupan broj korijena pri temperaturi od 10°C je bio pri pH otopini od 7,5, a pri temperaturi od 20 °C pri pH 4,5. Kraljičak (2019.) u svom istraživanju također navodi kako je broj korijena kod raži veći pri temperaturi od 20 °C.

Svojstvo dužine korijena među važnijim je pokazateljima stupanj rasta i razvijenosti mlade biljke. U ovom istraživanju na svojstvo dužine korijena značajno je utjecala temperatura i interakcija temperature i pH otopine. Tako je pri većoj temperaturi korijen bio duži u prosjeku za 5,27 cm (Tablica 7.). Bukvić i sur. (2008.) navode kako je niža temperatura rezultirala slabijim rastom korijena kod dva kultivara lucerne.

Nadalje, u ovom istraživanju uočene su značajne statističke razlike u pogledu dužine koleoptile pri višoj temperaturi, pa je tako pri temperaturi od 20°C dužina koleoptile u prosjeku iznosila 4,96 cm, a pri nižoj temperaturi 0,33 cm što predstavlja razliku od 4,63 cm. Prosječna dužina

koleoptile kultivara crvene djeteline u istraživanju Bukvić i sur. (2008.) također je bila veća pri višoj ispitivanoj temperaturi (20 °C).

U ispitivanju svježe mase tvari analiza varijance pokazala je da je temperatura i interakcija temperature i pH otopine vrlo značajan parametar, dok parametar pH kao i u ostalim ispitivanjima nije bio statistički značajan. Pri nižim temperaturama zabilježena je niža masa svježe tvari, dok najveću dobivenu masu imamo pri temperaturi od 20°C i pH 6,5 u iznosu 10,33 g (Tablica 9.).

Kod ispitivanja mase suhe tvari, u usporedbi s ispitivanjem mase svježe tvari, utvrđena je veća prosječna vrijednost zabilježena na nižoj temperaturi. To je značajna razlika u odnosu na cijelo istraživanje gdje nam je vidljivo da viša temperatura ima veći utjecaj. Prosječna suha masa klijanaca iznosila je 2,16 g (Tablica 10.).

## 6. ZAKLJUČAK

Na temelju provedenog istraživanja u kontroliranim uvjetima s ciljem utvrđivanja utjecaja temperature i pH otopine na parametre razvoja klijanaca, analize i obrade podataka te dobivenih rezultata može se zaključiti kako je viša temperatura imala pozitivan utjecaj na sve ispitivane parametre osim mase suhe tvari.

Tretman temperature je bio statistički značajan za šest ispitivanih svojstava. Pri višoj temperaturi zraka energija klijanja je bila veća za oko 45 %, ukupno klijanje za oko 53 %, ukupan broj korjenčića za oko 22 %, dužina korijena za oko 64 %, dužina koleoptile za oko 93 % i svježa masa za oko 48 %.

Parametar pH otopine pokazao se u ovom istraživanju nesignifikantan. Iako je ječam kultura koja je osjetljiva na tla slabije kvalitete i najbolji prinos daje u blago kiselim do neutralnim tlima (pH 6,0-7,5) u ovom istraživanju se to nije potvrdilo. Najbolju energiju klijanja i ukupno klijanje imao je pri pH otopini 5,5. Najveći broj korijena je razvio pri pH 4,5 (5,66), dok je najduži korijen postigao pri pH 5,5 (9,62 cm). Dužina koleoptile najveća je bila pri pH 4,5 (5,28 cm). Masa svježe tvari je bila najveća pri pH 4,5 (9,90 g), a suhe tvari pH 6,5 (2,55 g).

Analizom varijance je također utvrđen značajan utjecaj interakcije temperature i pH otopine za sva ispitivana svojstva. Tako je povećanje energije klijanja bilo za 131 %, a ukupno klijanje za 133 % u usporedbi najviših i najnižih ostvarenih vrijednosti. Nadalje, ukupan broj korjenčića je bio veći za 108 %, dužina korijena za 136 %, a dužina koleoptile za 110 %. Svježa masa je bila veća za 107 %, a masa svježeg uzorka za 106 %.

## 7. POPIS LITERATURE

1. Bukvić, G., Ravlić, M., Grljušić, S., Rozman, V., Popović, B., Tkalec, M. (2008.): Utjecaj temperature i pH vrijednosti na klijavost sjemena i dužinu klijanaca bijele djeteline. *Sjemenarstvo*, (3-4): 179-191.
2. Buranji, I. (2018.): Morfološke karakteristike klijanaca predivog lana ovisno o pH vrijednosti vodene otopine i temperature, diplomski rad, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, str. 41.
3. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2023.): FAOSTAT data base, (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (07.03.2023.))
4. Gagro M. (1997.): Ratarstvo obiteljskog gospodarstva: žitarice i zrnate mahunarke, Zagreb.
5. Ghaderi-Far, F., Gherekhloo, J., Alimagham, M. (2010.): Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of yellow sweet clover (*Melilotus officinalis*), *Planta Daninha*, 28 (3): 463-469.
6. Grljušić, S., Bukvić, G., Rapčan, I., Agić, D., Horvatić, J. (2008.): The effects of soil and temperature on early white clover growth. VII. Alps-Adria Scientific Workshop, Stara Lesna, Slovakia: 643-646.
7. 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.
8. Ivezić, M. (2008.): Entomologija, kukci i ostali štetnici u ratarstvu. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
9. Jurišić, M. (2004.): Tehnologija (agrotehnika) važnijih ratarskih i povrćarskih kultura. Poljoprivredni fakultet, Osijek.
10. Kovač, M. (2022.): Utjecaj temperature na klijavost i parametre klijavosti strnih žitarica, diplomski rad, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.
11. Kovačević, V., Rastija, M. (2014.): Žitarice, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera Osijek, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek.
12. Kraljićak, M. (2019.): Uloga temperature i pH otopine na parametre klijavosti raži, diplomski rad, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
13. Lalić A., Šimić G., Abičić I., Horvat D., Dvojković K., Andrić L. (2018.): Razvoj proizvodnje i upotrebe golozrnog ječma u ljudskoj prehrani, stočarstvu i sladarstvu, Osijek.
14. Maceljiski, M., Igrc-Barčić, J. (1991.): Entomologija, Zrinski d.d., Čakovec.



15. Marić V. (2000.): Proizvodnja ječmenog slada. U *Biotehnologija i Sirovine*. V. Marić (ur.), Stručna i poslovna knjiga d.o.o., Zagreb
16. Martinčić, J., Kolak, I. (1993.): Ječam – *Hordeum vulgare L. conv. distichum*, sirovina za potrebe industrije slada i piva. *Sjemenarstvo*, 10 (3-4): 163–172
17. Mihajlović, B. (1966.): Ječam, raž i ovas. *Zadružna knjiga*, Beograd.
18. Paunović, S. A., Madić, M. R. (2011.): Ječam. Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku. Svetlost, Čačak.
19. Pospišil, A. (2010.): Ratarstvo I dio, Zrinski d. d. Čakovec
20. Rapčan, I., Jurišić, M., Kanisek, J., Marković, M., Buhač, K. (2012.): Organizacija i ekonomika proizvodnje ozimog ječma na PZ Korod. *Agronomski glasnik*, 74 (1): 65-71.
21. Reiner L., Buchmann V., Graser S., Heissenhuber A., Klasen M., Pfefferkorn V., Spanekakis, A., Strass F. (1992.): *Weizen aktuell*. DLG Verlags-GmbH Frankfurt am Main.
22. Rukavina, H. (1999.): Krupnoća sjemena, prirod, komponente priroda i kakvoća slada različitih kultivara jarog pivarskog ječma. *Sjemenarstvo*, 16 (1-2): 13-56.
23. Saraf, D., Vidak, M., Grdiša, M., Carović-Stanko, K. (2017.): Klijanje i dormantnost kod mahunarki, *Agronomski glasnik*, 79 (1-2): 41.-60.
24. Šimić G. (2009.): Utjecaj genotipa i okolišnih uvjeta na parametre sladarske kakvoće ozimog ječma (*Hordeum vulgare L.*). Doktorski rad. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek.
25. V a n A s s c h e , C . , L e u v e n , K . U . (1988): The importance of seed control and seed treatment for a guaranteed plant production. *Acta Horticulturae*, 220: 391-396.
26. Vukadinović, V., Lončarić, Z. (1997.): Ishrana bilja, Poljoprivredni fakultet u Osijeku
27. Zimmer, R., Banaj, B., Brkić, D., Košutić, S. (1997.): *Mehanizacija u ratarstvu*, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek

## 8. SAŽETAK

Cilj diplomskog rada bio je utvrditi u laboratorijskim uvjetima utjecaj šest različitih pH otopina i dvije temperature zraka na klijavost i parametre klijavosti ječma. U pokusu su korištene otopine pH vrijednosti od 3,5, 4,5, 5,5, 6,5 7,5 i 8,5 te temperature od 10 °C i 20 °C. Ispitivani su parametri energije klijanja, ukupno klijanje, ukupan broj korijenja, dužina korijena, dužina koleoptile, masa svježih i suhих klijanca. Ispitivanje se provodilo u kontroliranim uvjetima na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti u Osijeku tijekom 2022 godine. Analizom varijance utvrđena je značajna uloga temperature za svih sedam ispitivanih svojstava kao i interakcija temperature i pH otopine koja je također bila značajna za sva svojstva. S druge strane, pH otopina nije bila signifikantna za niti jedno ispitivano svojstvo.

Utvrđene prosječne vrijednosti za oba tretmana su iznosile: energija klijanja 54,8 %, ukupno klijanje 69,8 %, prosječan broj korijena iznosio je 4,86. Dužina korijena je u prosjeku iznosila 5,58 cm, dužina koleoptile 2,65 cm, masa svježe tvari 7,30 g, a masa suhe tvari 2,16 g.

**Ključne riječi:** ječam, temperatura, pH , parametri klijavosti

## 9. SUMMARY

The aim of the thesis was to determine in laboratory conditions the influence of six different pH values and air temperature on the germination and germination parameters of barley. Solutions with pH values of 3.5, 4.5, 5.5, 6.5, 7.5 and 8.5 and temperatures of 10 °C and 20 °C were used in the experiment. The parameters of germination energy, total germination, total number of roots, root length, coleoptile length, fresh and dry germination mass were examined. The study was conducted under controlled conditions at the Faculty of Agribiotechnical Sciences in Osijek during 2022. The analysis of variance determined a significant role of temperature for all seven tested properties as well as the interaction of temperature and pH of the solution, which was also significant for all properties. On the other hand, the pH solution was not significant for any of the properties studied.

The established average values for both treatments were: germination energy 54.8 %, total germination 69.8 % and the average number of roots was 4.86. Root length averaged 5.58 cm, coleoptile length 2.65 cm, weight of fresh matter 7,30 g and weight of dry matter 2,16 g.

**Keywords:** barley, temperature, pH , germination parameters

## 10. POPIS TABLICA

Tablica 1. Požnjevene površine (ha), proizvodnja (t) i prinosi (t/ha) ječma u svijetu od 2011. do 2021. (FAOSTAT, 2023.)	4
Tablica 2. Požnjevene površine (ha), proizvodnja (t) i prinosi (t/ha) ječma u Hrvatskoj od 2017. do 2021. (FAOSTAT, 2023.)	5
Tablica 3. Pokazatelji energije klijanja ječma (%)	17
Tablica 4. Pokazatelji ukupnog klijanja ječma (%)	18
Tablica 5. Pokazatelji ukupnog broja korijena ječma	19
Tablica 6. Pokazatelji dužine korijena ječma (cm)	20
Tablica 7. Pokazatelji dužine izdanka ječma (cm)	21
Tablica 8. Pokazatelji svježe mase klijanaca ječma (g)	22
Tablica 9. Pokazatelji suhe mase klijanaca ječma (g)	23

## 11. POPIS SLIKA

Slika 1. Proizvodnja ječma u svijetu u 2021. godini (Izvor : <a href="https://ourworldindata.org/grapher/barley-production">https://ourworldindata.org/grapher/barley-production</a> )	3
Slika 2. Otopine različitih pH vrijednosti (izvor: Ervačić, L.)	10
Slika 3. Vlaženje filter papira (izvor: Ervačić, L.)	11
Slika 4. Sjemenke ječma na vlažnom filter papiru (izvor: Ervačić, L.)	11
Slika 5. Zamotan filter papir (izvor: Ervačić, L.)	12
Slika 6. Zamotan filter papir u PVC vrećici s odgovarajućom oznakom u klima komori (izvor: Ervačić, L.)	12
Slika 7. Utvrđivanje energije klijanja (izvor: Ervačić, L.)	13
Slika 8. Određivanje ukupne klijavosti (izvor: Ervačić, L.)	13
Slika 9. Mjerenje parametara na klijancima ječma (izvor: Ervačić, L.)	14
Slika 10. Mjerenje svježe mase klijanaca ječma pri temperaturi 20°C (izvor: Ervačić, L.)	15
Slika 11. Sušenje klijanaca ječma (izvor: Ervačić, L.)	15

## **12. POPIS GRAFIKONA**

Grafikon 1. Top 10 proizvođača ječma u svijetu tijekom 2021. godine (FAOSTAT, 2023.) 4

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKAKARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Sveučilišni diplomski studij bilinogojstvo, smjer Biljna proizvodnja

Diplomski rad

### Utjecaj pH otopine i temperature na klijavost ječma

Laura Ervačić

#### Sažetak

Cilj diplomskog rada bio je utvrditi u laboratorijskim uvjetima utjecaj šest različitih pH otopina i dvije temperature zraka na klijavost i parametre klijavosti ječma. U pokusu su korištene otopine pH vrijednosti od 3,5, 4,5, 5,5, 6,5, 7,5 i 8,5 te temperature od 10 °C i 20 °C. Ispitivani su parametri energije klijanja, ukupno klijanje, ukupan broj korijenja, dužina korijenja, dužina koleoptile, masa svježih i suhих klijanca. Ispitivanje se provodilo u kontroliranim uvjetima na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti u Osijeku tijekom 2022 godine. Analizom varijance utvrđena je značajna uloga temperature za svih sedam ispitivanih svojstava kao i interakcija temperature i pH otopine koja je također bila značajna za sva svojstva. S druge strane, pH otopina nije bila signifikantna za niti jedno ispitivano svojstvo.

Utvrđene prosječne vrijednosti za oba tretmana su iznosile: energija klijanja 54,8 %, ukupno klijanje 69,8 %, prosječan broj korijenja iznosio je 4,86. Dužina korijenja je u prosjeku iznosila 5,58 cm, dužina koleoptile 2,65 cm, masa svježih tvari 7,30 g, a masa suhe tvari 2,16 g.

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

**Mentor:** doc. dr. sc. Dario Iljkić

**Broj stranica:** 36

**Broj grafikona i slika:** 1 grafikon, 11 slika

**Broj tablica:** 9

**Broj literaturnih navoda:** 27

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** ječam, temperatura, pH, parametri klijavosti

**Datum obrane:** 20. prosinca 2023.

**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

**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 Prelog

**BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**  
**Faculty of Agrobiotechnical sciences Osijek**  
**University Graduate Studies Plant production, course Plant production**

**Graduate thesis**

**Influence of pH solution and temperature on barley germination**

Laura Ervačić

**Abstract**

The aim of the thesis was to determine in laboratory conditions the influence of six different pH values and air temperature on the germination and germination parameters of barley. Solutions with pH values of 3.5, 4.5, 5.5, 6.5, 7.5 and 8.5 and temperatures of 10 °C and 20 °C were used in the experiment. The parameters of germination energy, total germination, total number of roots, root length, coleoptile length, fresh and dry germination mass were examined. The study was conducted under controlled conditions at the Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek during 2022. The analysis of variance determined a significant role of temperature for all seven tested properties as well as the interaction of temperature and pH of the solution, which was also significant for all properties. On the other hand, the pH solution was not significant for any of the properties studied.

The established average values for both treatments were: germination energy 54.8 %, total germination 69.8 % and the average number of roots was 4.86. Root length averaged 5.58 cm, coleoptile length 2.65 cm, weight of fresh matter 7,30 g and weight of dry matter 2,16 g.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical sciences Osijek

**Mentor:** doc. dr. sc. Dario Iljkić

**Number of pages:** 36

**Number of figures:** 11

**Number of tables:** 9

**Number of references:** 27

**Original in:** croatian

**Key words:** barley, temperature, pH , germination parameters

**Thesis defended on date:** 20. 12. 2023.

**Reviewers:**

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

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



