

Brzina klijanja i morfometrijski pokazatelji industrijske konoplje ovisno o pH i temperaturi

Šimenić, Hana

Master's thesis / Diplomski 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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:517458>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-31**



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

Hana Šimenić

Diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Biljna proizvodnja

**BRZINA KLIJANJA I MORFOMETRIJSKI POKAZATELJI
INDUSTRIJSKE KONOPLJE OVISNO O pH I TEMPERATURI**

Diplomski rad

Osijek, 2024.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Hana Šimenić, apsolvant
Diplomski studij Bilinogojstvo
Smjer Biljna proizvodnja

**BRZINA KLIJANJA I MORFOMETRIJSKI POKAZATELJI
INDUSTRIJSKE KONOPLJE OVISNO O pH I TEMPERATURI**

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. izv. prof. dr. sc. Dario Iljkić, predsjednik
2. doc. dr. sc. Ivana Varga, mentorica
3. Goran Herman, mag. ing. agr., član

Osijek, 2024.

SADRŽAJ

| | |
|---|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 1.1. Cilj istraživanja | 4 |
| 2. PREGLED LITERATURE | 5 |
| 2.1. Značaj i proizvodnja industrijske konoplje | 5 |
| 2.2. Proizvodi od industrijske konoplje | 7 |
| 2.3. Agroekološki uvjeti uzgoja industrijske konoplje | 8 |
| 2.4. Utjecaj temperature na klijavost industrijske konoplje | 10 |
| 2.5. Negativni utjecaji na klijavost industrijske konoplje | 10 |
| 2.6. Utjecaj pH vrijednosti na klijavost industrijske konoplje | 12 |
| 3. MATERIJAL I METODE | 14 |
| 3.1. Sjetva sjemena | 14 |
| 3.2. Praćenje klijanja..... | 17 |
| 3.3. Brzina klijanja i prosječno vrijeme klijanja..... | 18 |
| 3.4. Morfometrijski pokazatelji | 19 |
| 3.5. Statistička analiza rezultata..... | 21 |
| 4. REZULTATI | 22 |
| 4.1. Energija klijanja i ukupna klijavost industrijske konoplje | 22 |
| 4.2. Prosječno vrijeme klijanja industrijske konoplje..... | 24 |
| 4.3. Brzina klijanja sjemena industrijske konoplje..... | 25 |
| 4.4. Dužina korijena klijanaca industrijske konoplje..... | 26 |
| 4.5. Dužina stabljike klijanaca industrijske konoplje | 28 |
| 4.6. Ukupna dužina klijanaca industrijske konoplje | 30 |
| 4.7. Masa klijanaca industrijske konoplje | 32 |
| 5. RASPRAVA | 34 |
| 6. ZAKLJUČAK | 37 |

| | |
|---|----|
| 7. POPIS LITERATURE | 39 |
| 8. SAŽETAK | 42 |
| 9. SUMMARY | 43 |
| 10. POPIS TABLICA | 44 |
| 11. POPIS SLIKA | 45 |
| 12. POPIS GRAFIKONA | 46 |
| TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA | |
| BASIC DOCUMENTATION CARD | |

1. UVOD

Industrijska konoplja je dvodomna, zeljasta i anemofilna (oprašuje se vjetrom) jednogodišnja kultura koja naraste od 1 do 5 metara visine. Međutim, selekcijom su razvijene i jednodomne sorte industrijske konoplje. Industrijska konoplja, poznata kao *Cannabis sativa* L., uzgaja se za proizvodnju sjemena i vlakna. Važno je napomenuti biotipsku povezanost konoplje s marihuanom (*Cannabis sativa* L. ssp. *indica*), srodna vrsta s visokim psihoaktivnim delta-9-tetrahidrokanabinola (THC) (do 20 % suhe mase), što je dovelo do zabrane konoplje u većini zemalja svijeta (Sunoj Valiaparambil Sebastian i sur., 2022.).

Konopljino vlakno odlikuje se elastičnošću, dugotrajnošću, čvrstoćom i otpornošću na vodu, pa se tako upotrebljava za proizvodnju cerada, ribarskih mreža, konopca, jedara, platna, užadi, izradu obuće i odjeće, vatrogasnih cijevi i dr. Nakon dobivanja vlakna ostaje drvenasti dio stabljike, poznatiji kao pozder koji se upotrebljava za ogrijev, a koristi se i za izradu celuloze, papira i izolacijskog materijala (Carus, 2017.).

Sjeme industrijske konoplje sadrži više od 30 % ulja pa se tako dobiva ulje koje se može upotrebljavati za prehranu ljudi. Od ulja ostaju uljane pogače koja su značajna koncentrirana hrana za domaće životinje zbog toga što sadrže visoki udio vitamina, minerala, bjelančevina i ugljikohidrata. Također, ulje je lako sušivo pa se tako upotrebljava za proizvodnju lakova i boja. Poznato je kako se sjeme industrijske konoplje koristi kao hrana za ptice i perad, a od sjemena se također proizvode i lijekovi. Industrijska konoplja ima veliku agrotehničku važnost. Dobra je predkultura za većinu drugih ratarskih kultura jer tlo ostavlja plodno (ne iskoristi sva hraniva), dobro guši korove, rano se žanje te ne ostavlja veće žetvene ostatke pa tlo možemo pravodobno obraditi i sijati ozime kulture.

Od 1950.-ih pa sve do 1967. godine, bivša Jugoslavija bila je vodeći svjetski izvoznik konopljinog vlakna. U Hrvatskoj su najveće površine pod konopljom zabilježene 1949. godine, kada je na 21 127 ha proizvedeno 96 524 zrakosuhih stabljika. U to vrijeme, konoplja se najviše uzgajala oko Đakova i Donjeg Miholjca. Međutim, nakon prestanka rada tvornice za preradu konoplje i lana u Črnkovicima (1996. godine) i Viškovicima kod Đakova (1998. godine), proizvodnja konoplje u Hrvatskoj potpuno je prestala.

No, u posljednjih dvadeset godina interes za proizvodnju konoplje ponovno raste. Očekuje se da će se konoplja opet uzgajati na sve većim površinama, s obzirom na povoljne klimatske uvjete koje Hrvatska ima za ovu kulturu (Pospišil, 2013.).

Zanimljivo je da industrijske procjene pokazuju da je proizvodnja konoplje, koja je certificirana kao organska, u porastu i da danas čini gotovo polovicu cjelokupnog usjeva uzgojenog u Kanadi.

Zakon o porezu na marihuanu, kojeg je usvojio Kongres SAD-a 1937. godine, sve je aspekte kulture kanabisa podvrgnuo regulatornom tijelu Ministarstva financija SAD-a. 1943. i 1944. godine proizvodnja je dosegla svoj vrhunac. Kako je uvoz nastavljen, a zakonska ograničenja ponovno uspostavljena nakon Drugog svjetskog rata, proizvodnja se naglo smanjila.

Nakon gotovo 45 godina stanke u proizvodnji, samo su četiri države u SAD-u: Colorado, Indiana, Kentucky i Vermont prijavile uzgoj industrijske konoplje u 2014. godini, ukupno 755 ha, a podaci pokazuju kako je posijano oko 36 400 ha industrijske konoplje širom SAD-a u 22 američke države do 2018. Između 2017. i 2018. godine broj izdanih dozvola za sjetvu je više nego udvostručen, pokazujući sve veći interes za proizvodnju industrijske konoplje (Visković i sur., 2023.).

U 2023. godini brojna su američka sveučilišta nakon dodjele površina od strane Vlade uspostavila istraživačke i savjetodavne programe za industrijsku konoplju. Primjerice, 2018. godine Državno sveučilište Oregon osnovalo je *Global Hemp Innovation Center* (GHIC) za potrebe istraživanja, nastave i obavještavanja javnosti povezan s konopljom. Ovaj mehanizam potpore istraživanjima o konoplji na razini cijele države koje je usmjereno izravno na zajednicu nudi pristup istraživanjima, znanju nužno potrebnim za društvene, ekonomske i ekološke zahtjeve Oregona (Visković i sur., 2023.).

Inicijative za legalizaciju konoplje diljem svijeta potaknule su val u razvoju i isporuci proizvoda na bazi konoplje. Kao rezultat toga, tržišne projekcije pokazuju snažnu putanju rasta, pri čemu se očekuje da će globalna industrija konoplje eskalirati s 1,8 milijardi dolara u 2023. na nevjerojatnih 16,2 milijarde dolara do 2033. godine.

Država Indiana jedna je od bitnijih primjera kada je u pitanju rast industrije konoplje. U ovoj iznimno naseljenoj državi dopuštena je čak i prodaja brašna sjemenki konoplje i ulja sjemenki konoplje kao prehrambenih proizvoda, otvarajući put na tržištu novim proizvodima na bazi konoplje.

U Kanadi i Sjedinjenim Državama, CBD i legalizacija kanabisa učinili su konoplju i kanabis jednima od najbrže rastućih industrija. Povećanje svijesti o prednostima CBD-a, rastuće primjene konoplje i popularnost ekološki prihvatljivih proizvoda nastalih na njejoj bazi nekoliko su trendova koji pokreću rast ove industrije (Burns i Wexler, 2020.).

Rast industrije konoplje potaknuo je nevjerojatne tehnološke inovacije. Poljoprivredne prakse su održivije, proizvodnja je učinkovitija, a standardi proizvoda su znatno viši. Prije desetak godina većini proizvoda od konoplje izrazito je nedostajala snaga i kvaliteta. Danas inovacije u tehnologiji ekstrakcije i filtracije štite osjetljive ljekovite spojeve, dopuštajući koncentracije CBD-a većih do 40 puta. Kao rezultat toga, potrošački proizvodi poput pića i proizvoda za njegu kože nastavljaju se unaprjeđivati. Tehnološke inovacije također su potaknule industrijski rast bez presedana. Proizvođači mogu uključiti konoplju u održivu ambalažu, proizvoditi tekstil od vlakana konoplje umjesto pamuka ili ponuditi zamjene za mlijeko od zrna konoplje umjesto badema ili pak soje. Većina potrošača danas povezuje konoplju s CBD-om i egzotičnim kanabinoidima poput delta-8 tetrahidrokanabinol, delta-8 THC (THC) i hidrogenirani derivat tetrahidrokanabinola, heksahidrokanabinol, $C_{21}H_{32}O_2$ (HHC). Međutim, konoplja se tradicionalno koristi kao vlaknasta biljka.

Brojne industrije diljem svijeta spremno koriste vlakna konoplje i očekuje se da će se u narednom periodu proširiti njihova upotreba uključujući industrije vezane uz primjerice tekstilnu industriju, papirnu industriju, građevinsku industriju (kompozitni materijali, blokovi od konoplje te cement ili beton od konoplje) i dr. (Schmidt, 2023.).

U Europskoj uniji konoplju, koja je namijenjena proizvodnji vlakana, je legalno proizvoditi ako je količina THC-a u njoj niža od 0,2 % i za to je moguće dobiti poticaje predviđene Zajedničkom poljoprivrednom politikom. Ukoliko su ispunjeni određeni uvjeti poput sijanja određene sorte konoplje, poljoprivrednicima će biti isplaćeni poticaji.

Ako poljoprivrednici uvažavaju sve uvjete uzgoja sukladno zakonodavstvu Europske unije, ni jedna država koja je članica Europske unije neće moći tada uvesti zabrane za proizvodnju konoplje, što je određeno na Europskom sudu pravde (European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction, 2017.).

1.1. Cilj istraživanja

Za potrebe ovog diplomskog rada proveden je laboratorijski pokus u komori za rast biljaka u kontroliranim uvjetima temperatura (10 °C i 20 °C) i različitim pH vrijednostima (3,5, 4,5, 5,5, 6,5, 7,5 i 8,5). Stoga, cilj ovog istraživanja bio je odrediti brzinu klijanja i morfometrijske osobine klijanaca industrijske konoplje kao što su energija klijanja, ukupno klijanje, vrijeme klijanja, dužina korijena, dužina stabljike, ukupna dužina klijanaca, svježa masa uzorka te suha masa uzorka, ovisno o pH vrijednostima i različitim temperaturama.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Značaj i proizvodnja industrijske konoplje

Predivo bilje je ono koje u nekom od svojih organa stvara vlakno. U biljnom svijetu više je od 2 000 vrsta koje proizvode više ili manje upotrebljivo vlakno. Najznačajnije predivo bilje uzgaja se na velikim površinama, a u njih ubrajamo pamuk, jutu, lan, sisal, kapok, ramiju, manilu i konoplju (Bouloc i sur., 2013.).

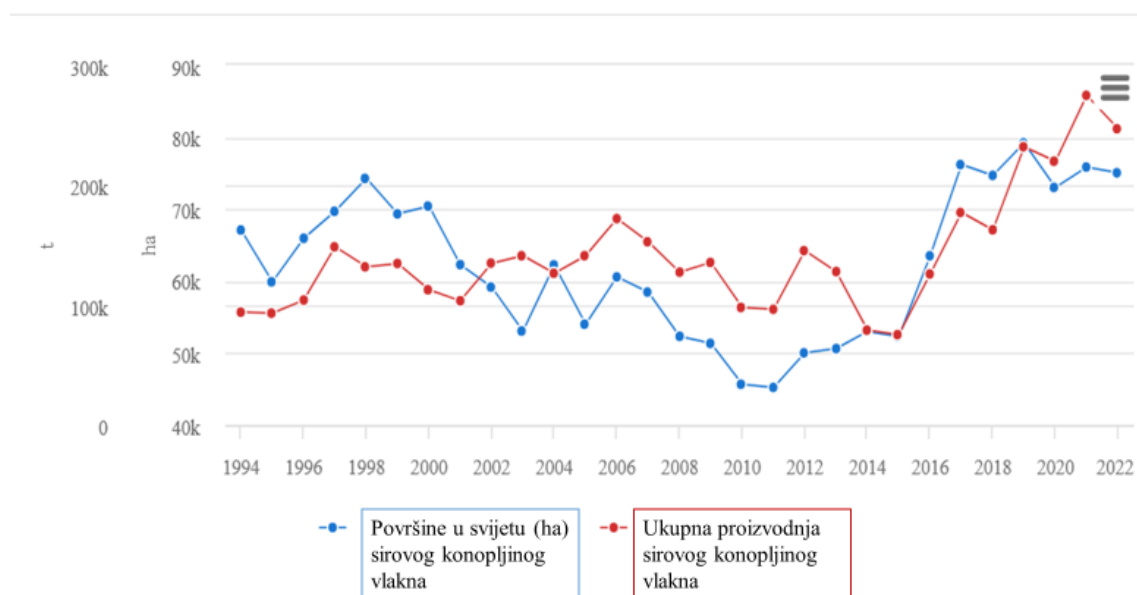
Predivo bilje dijelimo prema tome iz kojih se organa biljke dobiva vlakno. Vlakno se iz pamuka i kapoke dobiva iz sjemenke, dok se vlakno iz stabljike dobiva iz konoplje, lana, kenafa, abutilona, itd. Novozelandski lan i manila daju vlakno iz listova, a kokosov orah iz biljnih plodova (Butorac, 2020.).

U Europi se uzgajaju konoplja, lan, pamuk, kenaf, abutilon i juta, dok su za Republiku Hrvatsku važni konoplja i lan zbog povoljnih klimatskih uvjeta i kvalitete vlakna koje daju (Pospišil, 2013.).

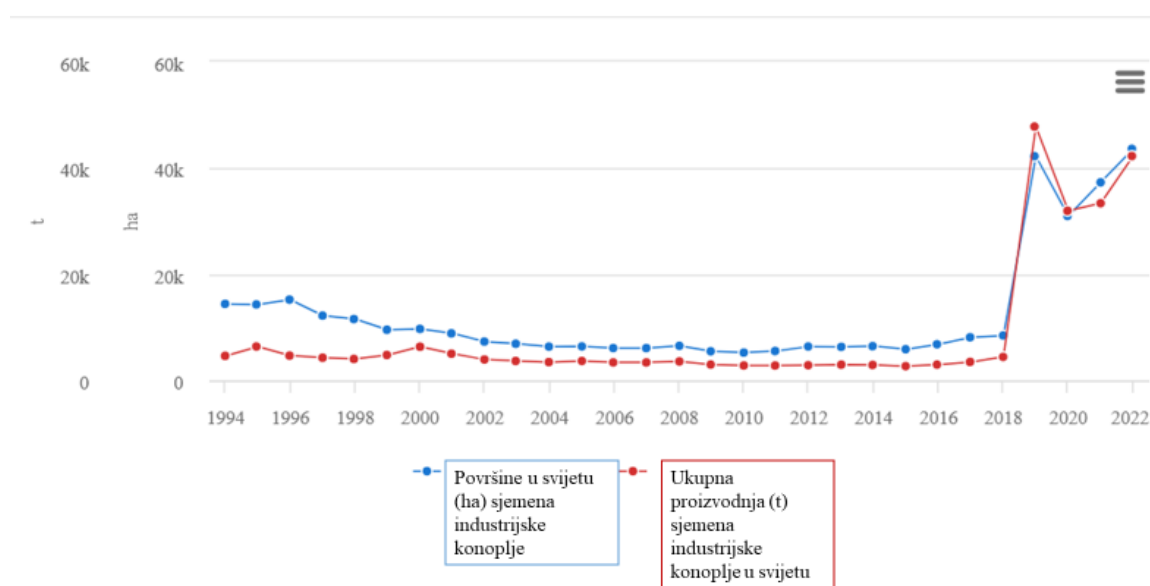
Iz podataka koji su prikazani na Grafikonu 1. vidljivo je kako se površina koja su koristila za sirovo konopljinog vlakno na svjetskoj razini u razdoblju od 1994. do 2022. godine značajno mijenjala. U periodu od 2011. do 2012. godine bilo je najmanje površine na kojoj je posijana konoplja, približno 45 000 ha, dok je u periodu između 2018. i 2019. godine ta brojka izražena u hektarima bila najveća, približno 80 000 ha. Kada je u pitanju površina na kojoj je ostvarena ukupna proizvodnja konopljinog vlakna na svjetskoj razini, primjetno je kako ona nije pratila veličinu površine zasijanog sirovog konopljinog vlakna. Svoj vrhunac ukupne proizvodnje sirovog konopljinog vlakna doživjela je 2021. godine, kada je površina na kojoj je to i ostvareno bila veličine približno 86 000 ha.

Industrijska konoplja uzgaja se u 30 zemalja u svijetu, a globalna proizvodnja sjemena industrijske konoplje iznosila je oko 5 500 tona (Grafikon 2.). Najveća proizvodnja industrijske konoplje je u Rusiji s oko 3 000 tona proizvedenog sjemena industrijske konoplje godišnje, zatim slijede Čile i Ukrajina (FAOStat, 2024.).

Najveći porast svjetske površine (ha) na kojoj je zasijana industrijska konoplja za konopljinu vlakno i porast ukupne proizvodnje sirovog konopljinog vlakna dogodio se u periodu između 2018. i 2022. godine.



Grafikon 1. Površine (ha) i ukupna proizvodnja (t) sirovog konopljinog vlakna u svijetu od 1994. do 2022. (Izvor: FAOStat, 2024.)



Grafikon 2. Površine (ha) i ukupna proizvodnja (t) sjemena industrijske konoplje u svijetu od 1994. do 2022. (Izvor: FAOStat, 2024.)

Glavna razlika između industrijske konoplje i konoplje bogate THC-om (tetrahidrokanabinolom) - psihoaktivnim spojem - je u različitim razinama THC-a. U većini zemalja, industrijska konoplja zakonski mora sadržavati vrlo nisku razinu THC-a (obično manje od 0,3 % THC-a u Sjedinjenim Američkim Državama). To znači da konzumiranje industrijske konoplje ne uzrokuje psihoaktivne efekte.

Industrijska konoplja ima brojne ekološke prednosti, uključujući brz rast, sposobnost rasta u različitim klimatskim uvjetima, otpornost na štetočine i bolesti te sposobnost rasta bez potrebe za širokom upotrebom pesticida.

Uz sve navedeno, industrijska konoplja ima i potencijal za smanjenje štetnog utjecaja industrije na okoliš, a koristi se za proizvodnju ekološki prihvatljivih materijala poput konopljinog vlakna za tekstil, konstrukcijski materijali, papir, bioplastika i druge alternative tradicionalnim, manje ekološki prihvatljivim materijalima.

2.2. Proizvodi od industrijske konoplje

Nakon ekstrakcije vlakana, ostaje drvenasti dio stabljike, poznatiji kao pozder, koji čini od 65 - 70 % mase suhe stabljike. Pozder se upotrebljava za proizvodnju papira, celuloze, izolacijskih materijala te kao gorivo (Butorac, 2009.). Također, pozder iz kojeg se odstrani prašina, služi kao odlična stelja u peradarskim farmama i malim kavezima za kućne ljubimce (Bouloc i sur., 2013.).

Sjeme konoplje je dvokrilni orašac, okruglasto–jajastog oblika, sa strane spljošten. Sastoji se od ljuske ploda, sjemene ljuske, endosperme i klice. Površina ploda je glatka i sjajna. Konopljino sjeme je visoko kvalitetno i koristi se kao hrana za različite ptice i ribe, a koristi se i u pivarskoj industriji. Osim toga, sjeme konoplje koristi se kao sirovina za dobivanje ulja (Butorac, 2009.). Sjeme konoplje sadrži od 25 - 38 % ulja, 22 % proteina, 16 % celuloze, 5 % ugljikohidrata i 19 % minerala.

Ulje dobiveno iz konopljinog sjemena također se koristi u prehrambenoj industriji, bogato je linolnom kiselinom i nakon rafiniranja može se koristiti za proizvodnju margarina ili kao dodatak raznim jelima.

Osim linolne kiseline (C18:2; 54 %), dominiraju i oleinska (C18:1; 15 %), α -linolenska (C18:3; 14 %) i palmitinska kiselina (C16; 0,7 %). Jedno od najkvalitetnijih jestivih ulja po sastavu jest konopljino ulje (Bouloc i sur., 2013.).

Konopljino ulje koristi se za proizvodnju boja i lakova te spada među sušiva ulja. Posebno je prikladno za proizvodnju boja za slikarstvo, boja za ofsetni tisak i maziva. Koristi se u kozmetičkoj industriji za proizvodnju sapuna i raznih sredstava za čišćenje. Parfemi napravljeni na bazi konopljina ulja donose najveću dobit u odnosu na ostale konopljine proizvode.

Konopljine pogače kvalitetna su hrana za stoku. Pogača se dobije nakon procesa proizvodnje ulja prešanjem te sadrže od 20 - 25 % bjelančevina (Apostol i sur., 2015.).

2.3. Agroekološki uvjeti uzgoja industrijske konoplje

Konoplji najviše odgovara topla i vlažna klima. Za vegetaciju konoplje za vlakno, potrebna je ukupna akumulacija temperatura od oko 2 000 °C, dok za sjeme iznosi do 2 800 °C. Sjeme konoplje može klijati već na temperaturi tla od 1 °C do 2 °C. Praktični minimum za klijanje sjemena je oko 7 °C do 9 °C, pri čemu sjeme brže niče. Idealna temperatura za intenzivan rast konoplje je oko 20 °C do 25 °C. Konoplja može podnijeti niske temperature do - 4 °C. Za postizanje visokog prinosa konoplje, posebno su važne srednje temperature zraka mjesec dana nakon nicanja, koje bi trebale biti iznad 15 °C (Gagro, 1998.).

Za bolji rast konoplje potrebno je puno svjetla. Odlično raste na visoravnima gdje je biljka izrazito izložena sunčevim zrakama, a broj sati osvjetljenja uvelike utječe na kakvoću vlakana (Pospišil, 2013.).

Konoplja je biljka kratkog dana. Ukoliko se skрати dnevno osvjetljenje, biljka brže raste, no tada joj se smanjuje visina stabljike. Zbog toga dolazi do morfoloških promjena u obliku i građi listova. Pravilnim rasporedom biljaka i gustoćom sklopa osigurava se najbolja upotreba svjetlosti (Butorac, 2009.).

Konoplja zahtijeva velike količine oborina jednoliko raspoređene tijekom vegetacije. Ovisno o sorti i ekološkim uvjetima, transpiracijski koeficijent konoplje prosječno iznosi 600 - 700. Za vegetacijsko razdoblje konoplje za vlakno koje traje četiri mjeseca potrebno je oko 300 - 400 mm oborina dok za vegetacijsko razdoblje konoplje za sjeme koje traje pet do šest mjeseci do 500 mm. Razdoblje u kojem konoplja zahtijeva najviše vode je prvih šest tjedana rasta, odnosno do kraja drugog tjedna sjetve pa sve dok ne razvije četvrti par listova jer tada usjev konoplje znatno prekrije površinu tla i sprječava evaporaciju. To se događa od 20 do 25 dana nakon nicanja ukoliko su normalni uvjeti rasta.

Pospišil (2013.) navodi kako najkritičnije razdoblje u kojemu može nedostajati voda je intenzivan rast, odnosno od 30 cm do pune cvatnje muških biljaka. U vrijeme suše, rast biljke se usporava, a ponekad i prekida. Što je viša stabljika, prinos se smanjuje. Kako bi prinos bio što veći, konoplja treba biti opskrbljena s vodom u vrijeme cvatnje do zriobe. Pri vlažnosti tla od 60 - 80 % od poljskog vodnog kapaciteta u razdoblju od tri para listova do sazrijevanja konoplje postiže se najveći sadržaj vlakna i prinos sjemena. Kada konoplja raste, u prvom mjesecu nakon nicanja i kada nadzemni organi rastom prestignu korijenov sustav opasan je svaki poremećaj vodnog režima u gornjem sloju tla. Kada se korijenov sustav konoplje razvije te glavni korijen prodrije dublje u tlo potreba za oborinama znatno se smanjuje. Konoplja tijekom cijele vegetacije zahtijeva umjerenu relativnu vlagu zraka (70 - 80 %).

Konoplja iziskuje strukturalno, bogato hranivima, umjereno teško i dobro drenirano tlo. Izrazito je osjetljiva na tla siromašna hranivima, što može rezultirati značajnim smanjenjem prinosa. Konoplja reagira na različitu plodnost tla, što se očituje u visini stabljike, što je pokazatelj homogene ili heterogene plodnosti tla. Istraživanja su pokazala da konoplja daje najbolje rezultate na tlima koja su pjeskovito-ilovasta ili glinasto-pjeskovita.

Optimalni pH tla za uzgoj konoplje jest pH između 6,0 i 7,5. Tla s pH manjim od 5 nisu prikladna za uzgoj industrijske konoplje. Najpovoljnija su aluvijalna tla s visokim udjelom humusa. U prošlosti se konoplja najviše uzgajala na aluvijalnim tlima duž rijeka Save, Drave, Dunava, Mure i njihovih pritoka. Konoplja je osobito osjetljiva na stajaću vodu, stoga zahtijeva tla s dobrim drenažnim sustavom (Pospišil, 2013.).

Industrijska konoplja je podvrsta konoplje (*Cannabis sativa* L.), koja se uzgaja zbog svojih industrijskih i komercijalnih koristi, a ne zbog svojih psihoaktivnih svojstava. Ova biljka ima širok spektar primjena, uključujući proizvodnju tekstila, hrane, građevinskih materijala, biogoriva i medicinskih proizvoda.

2.4. Utjecaj temperature na klijavost industrijske konoplje

Klijanje sjemena smatra se najosjetljivijom i ključnom fazom u životnom ciklusu biljke. Poznato je da je temperatura jedan od najutjecajnijih čimbenika okoliša vezanih uz klijanje sjemena. Neke sjemenke biljaka kliju na temperaturama iznad određenog minimalnog praga, dok druge trebaju dnevne fluktuacije temperature iznad i ispod određene temperature. Klijavost mnogih jednogodišnjih biljaka povećava se s izmjeničnim temperaturama. Temperatura je također povezana s klijanjem kroz promjenu razine giberelina i abscizinske kiseline u sjemenu (Rezvani i Zaefarian, 2017.).

Kao što je već spomenuto u radu, minimalna temperatura pri kojoj konoplja klija je od 1 °C do 2 °C. U praksi je uobičajen minimum klijanja sjemena konoplje onaj u rasponu od 7 °C do 9 °C i pri temperaturama iz tog raspona sjeme puno brže niče. Optimalna temperatura za intenzivan vegetativni rast je između 20 °C i 25 °C, uz dovoljnu količinu vlažnosti tla. Bitna činjenica je kako konoplja može izdržati temperature ispod ništice i to do - 4 °C (Gagro, 1998.).

2.5. Negativni utjecaji na klijavost industrijske konoplje

Sve uočljiviji nepoželjan učinak na rast i razvoj biljaka zasigurno imaju i klimatske promjene zajedno sa svojim posljedicama (Ahrens i sur., 2020.). Biljni stres posljedica je raznih biotičkih i abiotičkih čimbenika. Virusi, bakterije, kukci i gljivice samo su neki od prepoznatljivih čimbenika koji uzrokuju biotički stres, dok su hladnoća, visoka temperatura, salinitet, vjetar, radijacija te teški metali čimbenici koji uzrokuju abiotički biljni stres. Poznate su dvije vrste biljnog stresa s obzirom na duljinu njegovog trajanja, a to su kratkotrajan i dugotrajan stres. Ako je stres kratkotrajan, on se tada može nadomjestiti biostimulatorima, aklimatizacijom ili homeostaznim mehanizmima, dok se kao posljedice dugotrajnog stresa mogu pojaviti nepovratna oštećenja stanica (Lichtenthaler, 1996.; Devi i sur., 2017.).

Industrijska konoplja pripada jarim kulturama. Sije se u drugoj polovici ožujka ili početkom travnja kako bi izbjegla uvjete duljeg dana. Pošto je industrijska konoplja biljka kratkog dana, uvjeti dugog dana negativno utječu na biološka i morfološka svojstva biljke te smanjuju prinos stabljike i vlakna. Osim što smanjuje prinose, kasna sjetva otežava košnju, sušenje te samo skladištenje konoplje. Također, kasnija sjetva dovodi do sve češćih pojava bolesti i štetnika te slabijeg iskorištavanja vlage iz zimskog perioda. Konoplju nije pogodno sijati na dubini većoj od 4 cm jer tada sporije niče i smanjuje se postotak klijanja i izniklih biljaka. Kasnija sjetva smanjuje prirod stabljike i vlakna, biljka se dovodi u uvjete duljeg dana i izmjene intenziteta i kakvoće osvjetljenja, što dovodi do promjene morfoloških i fizioloških svojstva, ubrzanja vegetacije i smanjenje priroda. Također, konoplja uvelike reagira na kakvoću tla, odnosno ukoliko je tlo heterogeno, znatno će odstupati u visini i ukupnom razvitku biljke. Zbog toga, industrijska konoplja se najčešće uzima kao kultura koja je indikator plodnosti tla (Gagro, 1998.).

Konoplja izrazito reagira na različitu plodnost tla, što se odražava na visinu stabljike te je mnogi smatraju indikatorom homogene, odnosno heterogene plodnosti tla. Ova kultura zahtijeva temeljitu obradu tla te primjenu visokih količina organskih i mineralnih gnojiva. Solni stres i nedostatak vode ključni su čimbenici okoliša koji mogu spriječiti ili zaustaviti klijanje sjemena. Ako se konoplja uzgaja kao monokultura, tada se neravnomjerno i jednostrano koriste hraniva, što dovodi do povećanja napada štetnika (buhača) i bolesti. Možemo zaključiti kako je uzgoj konoplje u plodoredu znatno bolja opcija te će tada sam usjev biti manje izložen štetnicima i bolestima.

Butorac (2009.) navodi kako se na industrijskoj konoplji javljaju razne bakterijske, virusne i gljivične zaraze. Kada govorimo o gljivičnim zarazama, ovdje pripadaju pjegavost stabljike (*Botryosphaeria Marconi* Cav.), prugavost konoplje (*Dendrophoma marconii* Cav.), peronospora (*Pseudoperonospora cannabina* Otth.), smeđa pjegavost konoplje (*Phyllosticta cannabis* Speg.), trulež konopljine stabljike (*Sclerotinia sclerotiorum* Lib.), siva plijesan (*Botrytis cinerea* Pers.).

Kod kombinirane proizvodnje (vlakana i sjemena) jedan od najvećih problema predstavlja pojam dvodomnosti biljke, što znači da se mogu pojaviti nejednakosti u sazrijevanju biljaka. U odnosu na ženske biljke, muške biljke sazrijevaju ranije te se one žanju nakon što je oplodnja završena. Zatim se žanju ženske biljke u kojima dozrijeva sjeme (Gagro, 1998.).

2.6. Utjecaj pH vrijednosti na klijavost industrijske konoplje

Abiotičkim stresnim čimbenicima pripadaju salinitet i alkalitet koji ograničavaju opskrbu biljke vodom i tako uzrokuju ionski stres, a time se narušava ionska ravnoteža stanice. Ovi stresni čimbenici negativno utječu na sve razvojne faze biljke, a posebno je osjetljiva faza klijanja, jer klica tada dolazi u direktni kontakt s vodenom otopinom koja se nalazi u tlu. Prema dosadašnjim istraživanjima industrijska konoplja dobro podnosi salinitet koji je posljedica povišene koncentracije NaCl. Ipak, mali je broj podataka koji se bave otpornošću konoplje na različite vrste solnoga stresa (Marček i sur., 2023.).

Prema tome, proučavanje procesa klijanja smatra se prilično pouzdanim testom za istraživanje tolerancije specifičnosti ili genotipa prema salinitetu i alkalitetu. Abiotički stresni faktori, uključujući salinitet, neutralni solnu stres i alkalitet, kao i bazični solni stres, izazivaju ograničenje vodnih resursa za biljke, dovodom do ionskog stresa, što narušava ravnotežu iona unutar stanice. Prema FAO, otprilike 20 % svjetskih navodnjavanih zemalja pati od problema zaslanjivanja.

Salinitet postaje sve češći abiotički stresni čimbenik koji negativno utječe na rast i razvoj biljaka, uglavnom zbog sve učestalijih i izraženijih klimatskih promjena. Salinizacija tla, uzrokovana prirodnim procesima i ljudskim aktivnostima, predstavlja ozbiljan ekološki problem na globalnoj razini (Wang i sur., 2020.). Prema Izvješću o stanju okoliša u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2005. do 2008. godine (AZO, 2012.), najzaslanjenija tla u Hrvatskoj nalaze se u dolini Neretve, Vranskom bazenu te u donjim tokovima rijeka Raše i Mirne u Istri.

Prisutnost soli u tlu znatno utječe na proces klijanja sjemena u određenim uvjetima. Visoki sadržaj soli u tlu može potpuno inhibirati klijanje ako koncentracija soli prelazi granicu tolerancije određene biljne vrste (Guan i sur., 2009.).

Promjene izazvane bazičnim stresom kojeg izazivaju alkalne soli poput Na_2CO_3 i NaHCO_3 slične su onima izazvanim neutralnim solima, iako alkalne soli značajno povećavaju pH vrijednost tla (Wang i sur., 2022.). Povećanjem pH vrijednosti tla talože se dvovalentni ioni poput Fe^{2+} , Mg^{2+} i Ca^{2+} , što može ometati unos drugih hranjivih tvari u biljku i utjecati na njezine metaboličke i fiziološke procese (Chen i sur., 2017.).

U alkalnim uvjetima, niz esencijalnih mikroelemenata, poput željeza (Fe), mangana (Mn), bora (B), bakra (Cu), cinka (Zn) i dr, postaju manje dostupni biljkama. Nedostatak ovih hraniva može dovesti do usporenog rasta i slabije klijavosti konopljinih sjemenki. Stresni uvjeti često uzrokuju smanjenje metaboličkih aktivnosti koje su ključne za sam proces klijanja. U razgradnji organskih tvari i dostupnosti hranjivih tvari vrlo bitnu ulogu imaju mikroorganizmi koji se nalaze u tlu. U alkalnim uvjetima izražena je smanjena aktivnost korisnih mikroorganizama, što biljkama dodatno otežava pristup potrebnim hranjivim tvarima. Alkalna tla često imaju lošiju strukturu te ih prepoznajemo po zbijenoj strukturi, što znatno otežava prodiranje korijena i apsorpciju vode. To može negativno utjecati na klijanje i raniji rast konoplje.

Alkalna tla uglavnom se nalaze u Slavoniji i Baranji te se procjenjuje da je oko 410 hektara tla u istočnoj Slavoniji alkalizirano. Visoke koncentracije natrija i magnezija u adsorpcijskom kompleksu čine fizikalno-mehanička svojstva alkalnih tala izrazito nepovoljnima, što dovodi do zadržavanja vode koja tada postaje nedostupna biljkama.

Nekada se konoplja na našim prostorima najviše uzgajala na aluvijalnim površinama u dolini Drave, Save, Mure, Dunava i njihovih pritoka (tamo gdje podzemne vode nisu previsoke). Važno je napomenuti kako je konoplja osobito osjetljiva na stajaću vodu, stoga su za uzgoj konoplje pogodna samo ona tla s propusnom podmekotom (Pospišil, 2013.).

Vrijednost pH tla edafski je faktor koji može utjecati na distribuciju biljaka. Dok neke biljne vrste klijavu u širokom rasponu pH, za druge on može biti ograničavajući faktor.

Kako bi se osigurao uspješan uzgoj industrijske konoplje, važno je održavati pH tla unutar optimalnog raspona. Ako je tlo prirodno alkalno, mogu se koristiti odgovarajuće mjere poput dodavanja sumpora ili organske materije. Redovitim ispitivanjem tla i prilagodba gnojidbenih programa može pomoći u osiguravanju dostupnosti potrebnih hraniva (Van der Werf, 1994.).

3. MATERIJAL I METODE

3.1. Sjetva sjemena

Ispitivanje klijavosti industrijske konoplje ključno je za osiguranje dobre sposobnosti sjemena za proklijavanje i rast. U ovom istraživanju, klijavost sjemena industrijske konoplje ispitivana je pri temperaturama od 10 °C i 20 °C i različitim pH vrijednostima (2,5, 3,5, 4,5, 5,5, 6,5, 7,5 i 8,5), uz četiri ponavljanja za svaku pH vrijednost. U svakom ponavljanju posijano je 50 sjemenki industrijske konoplje. Ključni koraci u ispitivanju klijavosti provedeni su u Laboratorijskom praktikumu za fenotipizaciju i vodni stres u biljnoj proizvodnji na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek.



Slika 1. Sjetva sjemena industrijske konoplje u petrijeve zdjelice
(Izvor: Šimenić, H., 2023.)

U svaku od 28 petrijevih zdjelica s filter papirom posijano je po 50 sjemenki industrijske konoplje, a filter papir je prethodno namočen destiliranom vodom (Slika 1.).

Ispitivanje je obuhvatilo sedam različitih pH vrijednosti, pri čemu su za svaku pH vrijednost provedena četiri ponavljanja.

Ispitivanja su provedena pri temperaturama od 10 °C i 20 °C te su 28 uzoraka različitih pH vrijednosti ispitivana na obje temperature, a uzorke smo čuvali u rashladnim komorama. U ovom istraživanju je za svaku temperaturu posijano 1 400 (50x28) sjemenki industrijske konoplje, sorte *Finola*.



Slika 2. Naklijavanje industrijske konoplje u komori na određenoj temperaturi u komori za rast biljaka

(Izvor: Šimenić, H., 2023.)

Korišteni materijal za sjetvu industrijske konoplje su: petrijeve zdjelice s poklopcem, filter papir i plastične vrećice u koje su odlagane petrijeve zdjelice i zatvarane da ne bi došlo do gubitka vlage. Petrijeve zdjelice zajedno s materijalom nakon sjetve odložene su u komoru marke *Memmert, GmbH+Co.KG, TypICH260C*, Njemačka (Slika 2.), na određene temperature u trajanju od 8 dana.

Svaka petrijeva zdjelica se prije sjetve zalila s 4,5 ml destilirane vode (Slika 3.). Ukupno je bilo 28 petrijevih zdjelica za svaku temperaturu (10 °C i 20 °C), po 4 za svaku pH vrijednost (2,5, 3,5, 4,5, 5,5, 6,5, 7,5 i 8,5). Osmi dan mjerila se dužina korijena i dužina stabljike klijanaca industrijske konoplje.

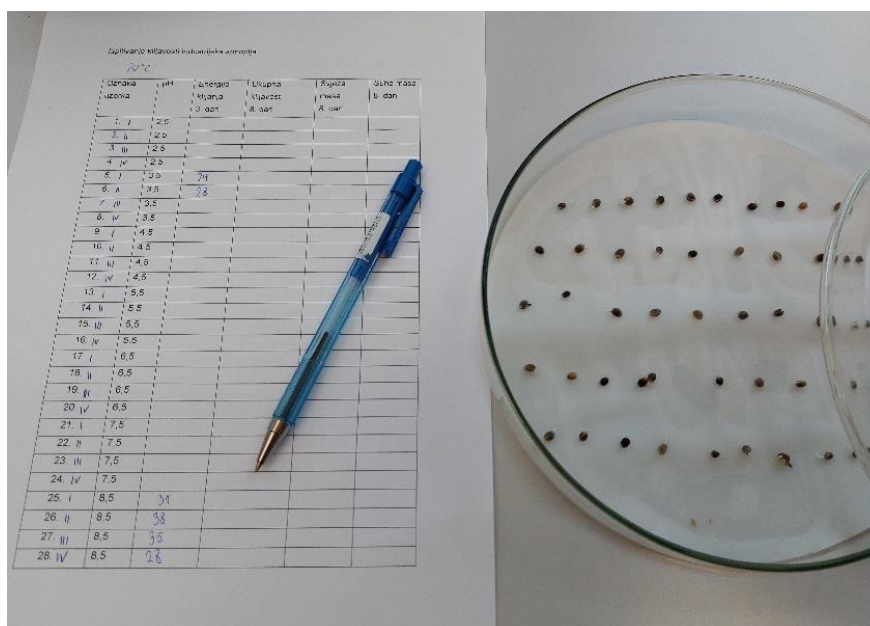


Slika 3. Zalijevanje filter papira destiliranom vodom prije sjetve industrijske konoplje u petrijeve zdjelice

(Izvor: Šimenić, H., 2023.)

3.2. Praćenje klijanja

Nakon posijanih sjemenki industrijske konoplje praćenje klijanja odvijalo se svakog dana kroz narednih 8 dana. Petrijeve zdjelice vadile su se svaki dan iz rashladne komore kako bi se prebrojao broj iskljalih sjemenki te smo rezultate zapisivali u tablice vrijednosti (Slika 4.). Osmi dan mjerena je dužina korijena i dužina stabljike svih klijanaca koje smo upisivali u tablicu vrijednosti. Nakon što smo sve klijance izmjerili, odabrali smo po 10 prosječnih, odnosno normalnih klijanaca od svake pH vrijednosti i temperature (10 °C i 20 °C), a ukupno smo izdvojili 70 klijanaca.



Slika 4. Upisivanje rezultata broja iskljalih sjemenki industrijske konoplje u tablicu vrijednosti

(Izvor: Šimenić, H., 2023.)

3.3. Brzina klijanja i prosječno vrijeme klijanja

Brzina klijanja industrijske konoplje ovisno o pH i temperaturi određeno je brojanjem iskljanih sjemenki u trajanju od 8 dana.

Prema formuli Ellis i Roberts (1981.), određeno je prosječno vrijeme klijanja:

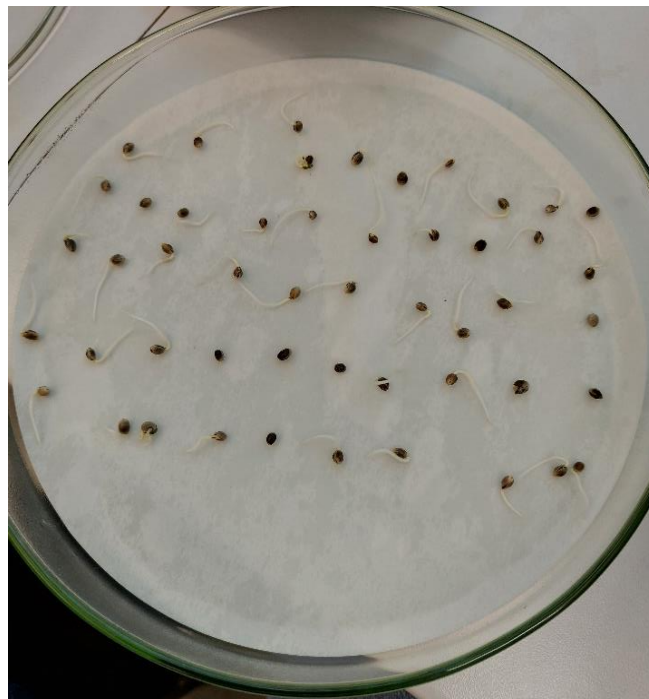
Srednje vrijeme klijanja = $\sum(n \times d) / N$, gdje je:

n = broj sjemenki prokljalih svakog dana

d = broj dana od početka sjetve

N = ukupan broj sjemenki prokljalih na kraju pokusa

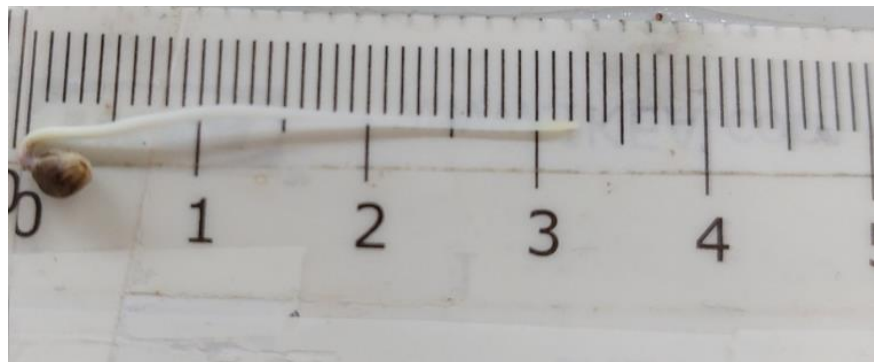
U prvih 24 sata nije bilo iskljalih sjemenki. Nakon drugog dana broj iskljalih sjemenki bio je minimalan te se klijanje počelo odvijati tek nakon trećeg dana. Peti dan imali smo maksimalan broj iskljalih sjemenki (Slika 5.) te se rezultati nisu mijenjali sve do kraja ispitivanja, odnosno, osmog dana.



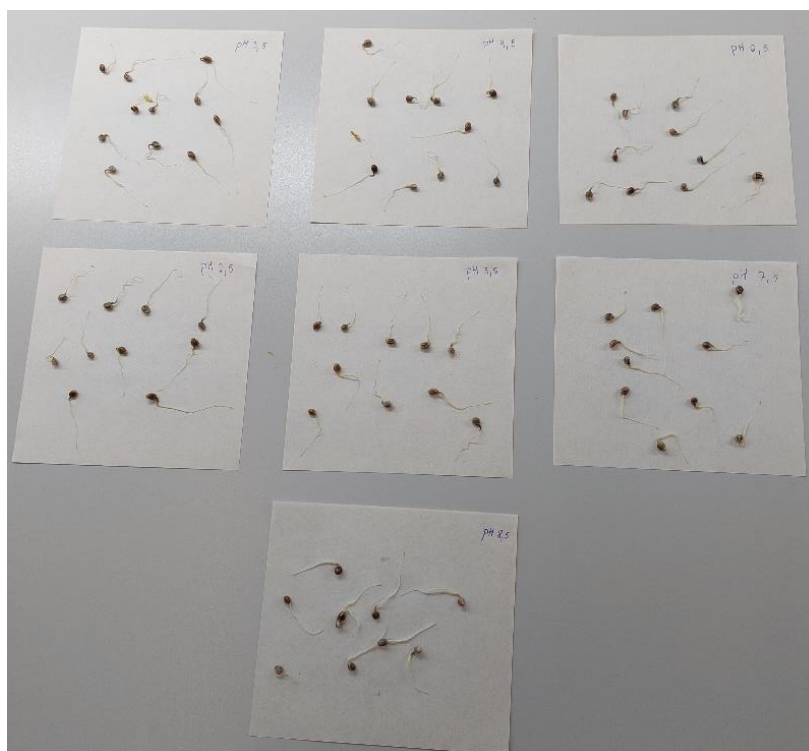
Slika 5. Praćenje broja iskljalih sjemenki industrijske konoplje
(Izvor: Šimenić, H., 2023.)

3.4. Morfometrijski pokazatelji

Nakon što se sjeme 8 dana naklijavalo pri temperaturama od 10 °C i 20 °C, slijedilo je mjerenje klijanca te bilježenje podataka radi daljnjeg ispitivanja. Iz svake petrijeve zdjelice izdvojili smo svo iskljalo sjeme te izmjerili dužinu korijena i dužinu stabljike (Slika 6.) te započeli mjerenje koje će služiti u donošenju podataka koji je prikazan detaljnije u radu.



Slika 6. Mjerenje dužine korijena i dužine stabljike klijanaca industrijske konoplje
(Izvor: Šimenić, H., 2023.)



Slika 7. Normalno razvijeni klijanci industrijske konoplje pri temperaturi od 10 °C
(Izvor: Šimenić, H., 2023.)

Nakon što smo svim klijancima izmjerili dužinu korijena i dužinu stabljike, od svake pH vrijednosti pri temperaturi od 10 °C i 20 °C izabrali smo 10 prosječnih (Slika 7.), odnosno normalnih klijanaca te izvagali njihovu svježu masu. Potom smo ih stavili u sušaru na 24 sata, a kada su klijanci bili spremni za vađenje, izvagali smo njihovu suhu masu, kao što je prikazano na Slikama 8. i 9.



Slika 8. Normalno razvijeni klijanci industrijske konoplje te prikaz svježe i suhe mase pri temperaturi od 10 °C

(Izvor: Šimenić, H., 2023.)



Slika 9. Normalno razvijeni klijanci industrijske konoplje te prikaz svježe i suhe mase pri temperaturi od 20 °C

(Izvor: Šimenić, H., 2023.)

3.5. Statistička analiza rezultata

Nakon obavljenih mjerenja morfometrijskih pokazatelja i mase svježe i suhe tvari klijanaca industrijske konoplje svi podaci uneseni su u računalni program *MS Office - Microsoft Excel*.

Za statističku analizu podataka korišten je licencirani program paketa SAS - *SAS Enterprise Guide 7.1*. U slučaju statistički značajne F vrijednosti, razlike između srednjih vrijednosti tretmana su izračunate kroz pojedinačni test i određena je najmanja značajna razlika (eng. *least significant difference*, LSD) na razini značajnosti od 0,05 i 0,01.

Za vizualni prikaz utjecaja pH vrijednosti vodene otopine i temperatura na morfometrijske pokazatelje klijanaca industrijske konoplje korišteni su kutijasti dijagrami (eng. *box plot*) distribucije.

4. REZULTATI

4.1. Energija klijanja i ukupna klijavost industrijske konoplje

U ovom istraživanju energija klijanja (E klijanja) određena je treći dan (Tablica 1.), dok je ukupna klijavost (UK) određena nakon 8 dana (Tablica 2.). Prosječna energija klijanja pri temperaturi od 10 °C iznosila je 8 %, dok je prosječna energija klijanja pri temperaturi od 20 °C iznosila 82 %. Najveća prosječna energija klijanja pri temperaturi od 10 °C i pH vrijednosti 3,5 iznosila je 12 %, dok je pri temperaturi od 20 °C i pH vrijednosti 2,5 najveća prosječna klijavost iznosila 85 %. Prema prosjeku obje temperature i pH vrijednosti, energija klijanja iznosila je 45 %.

Utjecaj tretmana različitih pH vrijednosti vodene otopine je izostao te različite pH vrijednosti nisu imale statistički značajan utjecaj na energiju klijanja (Tablica 1.), dok je utjecaj temperature bio vrlo značajan na razini $p < 0,01$. Energija klijanja je prema interakciji temperature i pH vrijednosti pokazala izrazito statistički značajne razlike između srednjih vrijednosti ($p < 0,01$).

Tablica 1. Energija klijanja (%) industrijske konoplje ovisno o pH i temperaturi

| pH | Temperatura | | Prosjek | |
|-------------------------------------|-------------|-----------|---|--|
| | 10 °C | 20 °C | | |
| 2,5 | 9 | 85 | 47 | |
| 3,5 | 12 | 81 | 46 | |
| 4,5 | 10 | 84 | 47 | |
| 5,5 | 9 | 81 | 45 | |
| 6,5 | 10 | 81 | 45 | |
| 7,5 | 6 | 82 | 44 | |
| 8,5 | 4 | 81 | 43 | |
| Prosjek | 8 | 82 | <u>45</u> | |
| <i>LSD_{0,05} (pH) = ns</i> | | | <i>LSD_{0,05} (Temperatura) = 2,2</i> | <i>LSD_{0,05} (pH × temperatura) = 5,7</i> |
| <i>LSD_{0,01} (pH) = ns</i> | | | <i>LSD_{0,01} (Temperatura) = 2,9</i> | <i>LSD_{0,01} (pH × temperatura) = 7,7</i> |

Ukupna klijavost (UK) nakon 8 dana za sortu *Finola* pri temperaturi od 10 °C iznosila je prosječno 67 %, dok je ukupna klijavost pri temperaturi od 20 °C iznosila 86 %. Najveća prosječna ukupna klijavost pri temperaturi od 10 °C i pH vrijednosti 6,5 iznosila je 74 %, dok je pri temperaturi od 20 °C i pH vrijednosti 4,5 najveća prosječna ukupna klijavost iznosila 90 %. Prema prosjeku obje temperature i pH vrijednosti, ukupna klijavost iznosila je 76 % (Tablica 2.).

Različite pH vrijednosti nisu imale statistički značajan utjecaj na ukupnu klijavost, dok je utjecaj temperature bio značajan na razini $p < 0,01$. Ukupna klijavost je prema interakciji temperature i pH vrijednosti pokazala izrazito statistički značajne razlike između srednjih vrijednosti ($p < 0,01$).

Tablica 2. Ukupna klijavost (%) industrijske konoplje ovisno o pH i temperaturi

| pH | Temperatura | | Prosjek |
|---|--|--|------------------|
| | 10 °C | 20 °C | |
| 2,5 | 68 | 88 | 78 |
| 3,5 | 69 | 86 | 77 |
| 4,5 | 69 | 90 | 79 |
| 5,5 | 71 | 84 | 78 |
| 6,5 | 74 | 82 | 78 |
| 7,5 | 60 | 86 | 73 |
| 8,5 | 60 | 85 | 72 |
| Prosjek | 67 | 86 | <u>76</u> |
| <i>LSD</i> _{0,05} (pH) = <i>ns</i> | <i>LSD</i> _{0,05} (Temperatura) = 3,6 | <i>LSD</i> _{0,05} (pH × temperatura) = 8,6 | |
| <i>LSD</i> _{0,01} (pH) = <i>ns</i> | <i>LSD</i> _{0,01} (Temperatura) = 4,7 | <i>LSD</i> _{0,01} (pH × temperatura) = 11,6 | |

4.2. Prosječno vrijeme klijanja industrijske konoplje

U ovom istraživanju, prosječno vrijeme klijanja industrijske konoplje iznosilo je 3,0 (Tablica 3.). Pri nižoj temperaturi, odnosno 10 °C, prosječno vrijeme klijanja iznosilo je 2,06, dok je pri višoj ispitivanoj temperaturi, odnosno 20 °C vrijeme klijanja bilo veće i iznosilo prosječno 3,86. Različite pH vrijednosti vodene otopine nisu statistički značajno utjecale na prosječno vrijeme klijanja koje se kretalo od prosječno 2,93, pH vrijednosti 5,5 i 8,5 pa sve do 3,01, pH vrijednosti 3,5.

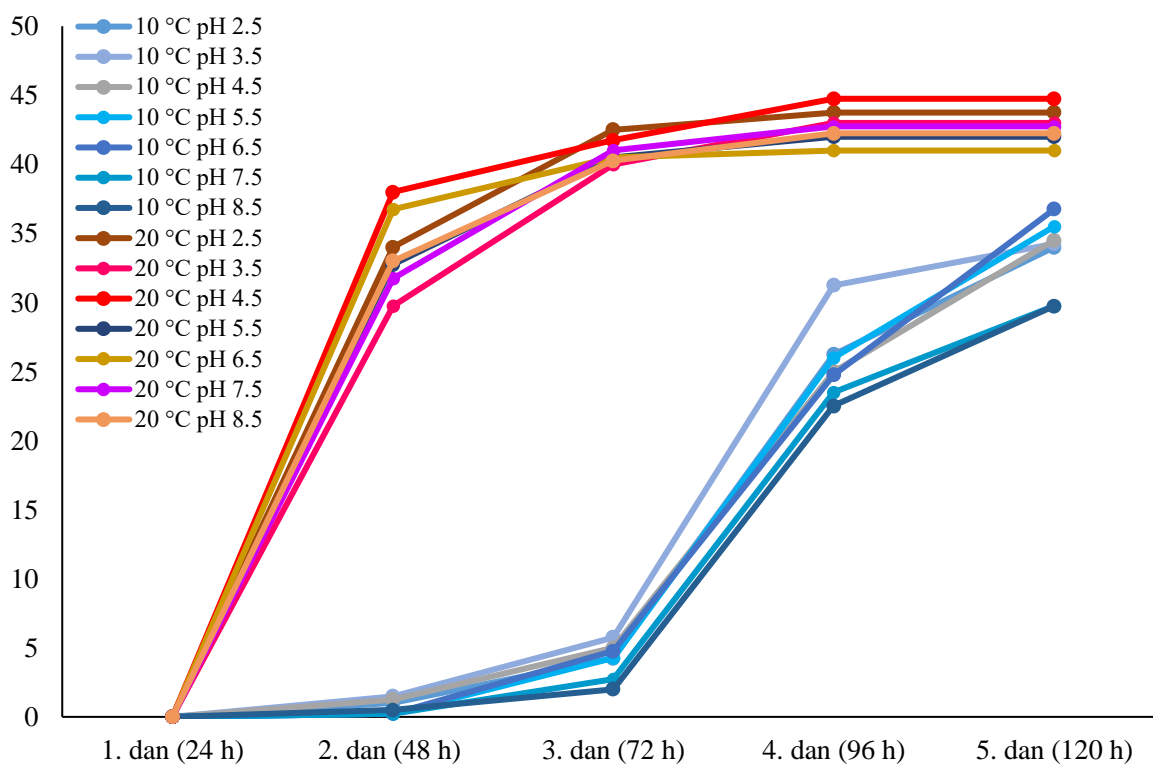
Različite pH vrijednosti nisu imale statistički značajan utjecaj na prosječno vrijeme klijanja (Tablica 3.). Utjecaj temperature bio izražajni te je utvrđena vrlo značajna razlika ($p < 0,01$) u srednjim vrijednostima tretmana ovisno o temperaturi naklijavanja. Vrijeme klijanja industrijske konoplje je prema interakciji temperature i pH vrijednosti pokazala izrazito statistički značajne razlike između srednjih vrijednosti ($p < 0,01$).

Tablica 3. Prosječno vrijeme klijanja industrijske konoplje ovisno o pH i temperaturi

| pH | Temperatura | | Prosjek |
|-------------------------------------|---|--|-------------------|
| | 10 °C | 20 °C | |
| 2,5 | 2,09 | 3,87 | 2,98 |
| 3,5 | 2,28 | 3,74 | 3,01 |
| 4,5 | 2,05 | 3,89 | 2,97 |
| 5,5 | 2,01 | 3,89 | 2,93 |
| 6,5 | 1,95 | 4,01 | 2,98 |
| 7,5 | 2,06 | 3,82 | 2,94 |
| 8,5 | 2,01 | 3,85 | 2,93 |
| Prosjek | 2,06 | 3,86 | <u>3,0</u> |
| <i>LSD_{0,05} (pH) = ns</i> | <i>LSD_{0,05} (Temperatura) = 0,078</i> | <i>LSD_{0,05} (pH × temperatura) = 0,187</i> | |
| <i>LSD_{0,01} (pH) = ns</i> | <i>LSD_{0,01} (Temperatura) = 0,104</i> | <i>LSD_{0,01} (pH × temperatura) = 0,250</i> | |

4.3. Brzina klijanja sjemena industrijske konoplje

Temperatura je imala izražajan utjecaj na promjenu broja iskljanih sjemenki industrijske konoplje (Grafikon 3.). Pri temperaturi od 10 °C najveće povećanje iskljanih sjemenaka bio je između 72 i 96 sati od početka naklijavanja te je u tom vremenu prosječno iskljalo oko 22 % sjemenki pri temperaturi od 10 °C. Do 120 sati naklijavanja povećanje broja iskljanih sjemenki iznosilo je prosječno 8 %.



Grafikon 3. Brzina klijanja sjemena industrijske konoplje ovisno o pH vrijednosti vodene otopine i temperature

Pri temperaturi od 20 °C prosječno za sve pH vrijednosti klijavost je iznosila prosječno 34 % već nakon 48 sati, što je bio i najveći postotak promjene iskljanih sjemenaka. Prema prosjeku istraživanja, pri temperaturi od 20 °C klijavost se nakon 72 sata povećala za 7 % i nakon 96 sati za 2 %.

4.4. Dužina korijena klijanaca industrijske konoplje

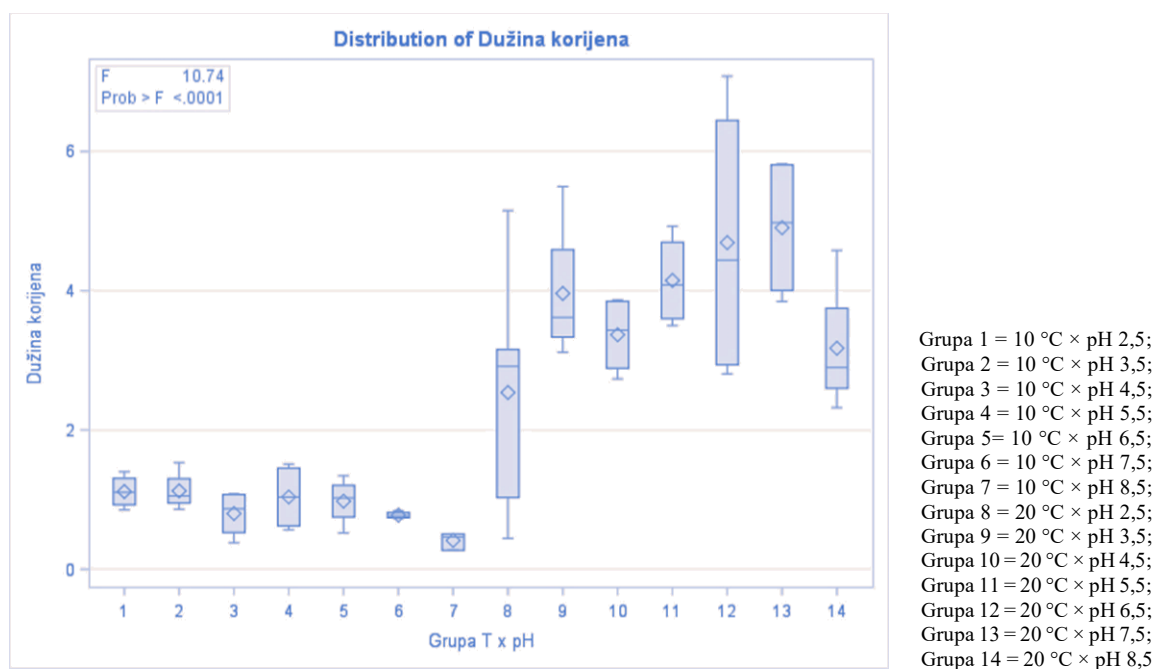
U ovom istraživanju, prosječna dužina korijena klijanaca iznosila je 2,4 cm po biljci (Tablica 4.). Najmanji korijen, 0,4 cm, imali su klijaneci pri temperaturi od 10 °C i pH vrijednosti 8,5, dok je najveći korijen, 4,9 cm, izmjeren kod klijanaca pri temperaturi od 20 °C i pH vrijednosti 7,5.

Različite pH vrijednosti nisu imale statistički značajan utjecaj na dužinu korijena klijanaca (Tablica 4.), dok je za dužinu korijena utjecaj temperature bio izražajniiji te je utvrđena vrlo značajna razlika ($p < 0,01$) u srednjim vrijednostima tretmana ovisno o temperaturi naklijavanja. Dužina korijena klijanaca je prema interakciji temperature i pH vrijednosti pokazala izrazito statistički značajne razlike između srednjih vrijednosti ($p < 0,01$).

Tablica 4. Dužina korijena (cm) klijanaca industrijske konoplje ovisno o pH i temperaturi

| pH | Temperatura | | Prosjek |
|---|-------------|------------|-------------------|
| | 10 °C | 20 °C | |
| 2,5 | 1,1 | 2,5 | 1,9 |
| 3,5 | 1,1 | 4,0 | 2,5 |
| 4,5 | 0,8 | 3,4 | 2,1 |
| 5,5 | 1,0 | 4,1 | 2,6 |
| 6,5 | 1,0 | 4,7 | 2,8 |
| 7,5 | 0,8 | 4,9 | 2,8 |
| 8,5 | 0,4 | 3,2 | 2,0 |
| Prosjek | 0,9 | 3,8 | <u>2,4</u> |
| <i>LSD_{0,05} (pH) = ns</i> | | | |
| <i>LSD_{0,05} (Temperatura) = 0,57</i> | | | |
| <i>LSD_{0,05} (pH × temperatura) = 1,31</i> | | | |
| <i>LSD_{0,01} (pH) = ns</i> | | | |
| <i>LSD_{0,01} (Temperatura) = 0,76</i> | | | |
| <i>LSD_{0,01} (pH × temperatura) = 1,71</i> | | | |

Prema grafičkom prikazu dužine korijena, najveći korijen imali su klijanci pri temperaturi od 20 °C, dok su najmanji korijen razvili klijanci pri temperaturi od 10 °C (Grafikon 4.).



Grafikon 4. Distribucija dužine korijena (cm) klijanaca industrijske konoplje ovisno o pH i temperaturi (T)

4.5. Dužina stabljike klijanaca industrijske konoplje

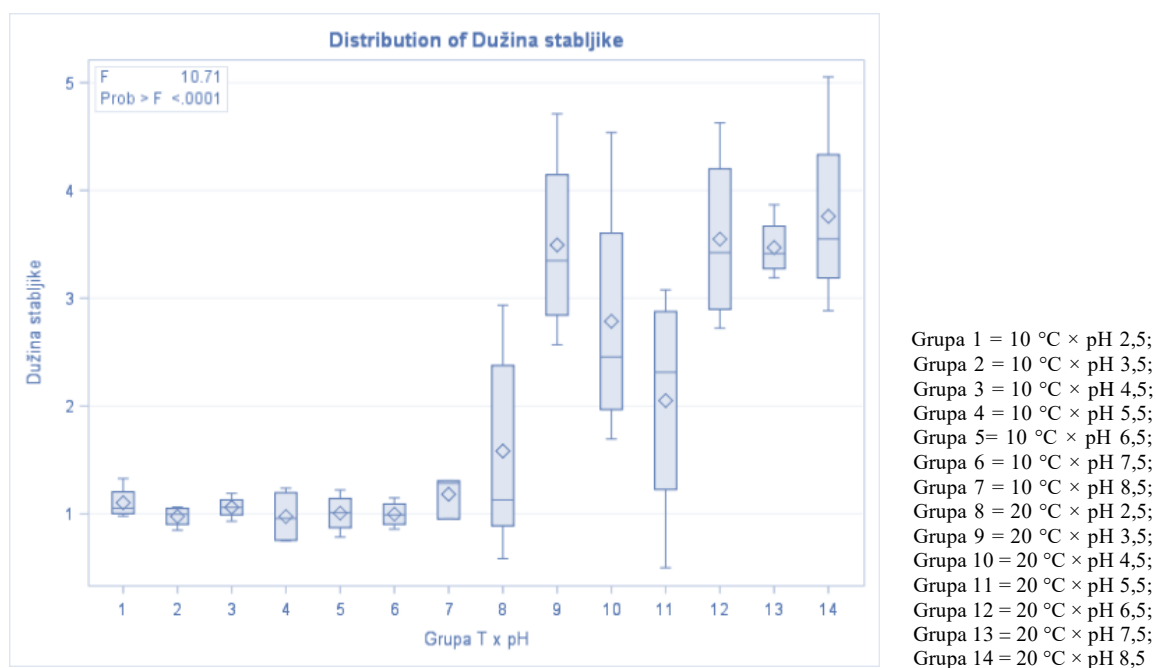
U ovom istraživanju, prosječna dužina stabljike klijanaca iznosila je 2,0 cm po biljci (Tablica 5.). Najmanju dužinu stabljike, 1,0 cm, imali su klijaneci pri temperaturi od 10 °C i pH vrijednosti 3,5, 5,5 i 7,5, dok je najveća dužina stabljike, 3,8 cm, izmjerena kod klijanaca pri temperaturi od 20 °C i pH vrijednosti 8,5.

Različite pH vrijednosti nisu imale statistički značajan utjecaj na dužinu stabljike klijanaca (Tablica 5.). Temperatura naklijavanja je imala vrlo značajan utjecaj na dužinu stabljike ($p < 0,001$) u srednjim vrijednostima tretmana ovisno o temperaturi naklijavanja. Dužina stabljike klijanaca je prema interakciji temperature i pH vrijednosti pokazala izrazito statistički značajne razlike između srednjih vrijednosti ($p < 0,01$).

Tablica 5. Dužina stabljike (cm) klijanaca industrijske konoplje ovisno o pH i temperaturi

| pH | Temperatura | | Prosjek |
|-------------------------------------|--|---|-------------------|
| | 10 °C | 20 °C | |
| 2,5 | 1,1 | 1,6 | 1,4 |
| 3,5 | 1,0 | 3,5 | 2,2 |
| 4,5 | 1,1 | 2,8 | 1,9 |
| 5,5 | 1,0 | 2,1 | 1,5 |
| 6,5 | 1,0 | 3,5 | 2,3 |
| 7,5 | 1,0 | 3,5 | 2,2 |
| 8,5 | 1,2 | 3,8 | 2,7 |
| Prosjek | 1,0 | 2,9 | <u>2,0</u> |
| <i>LSD_{0,05} (pH) = ns</i> | <i>LSD_{0,05} (Temperatura) = 0,46</i> | <i>LSD_{0,05} (pH × temperatura) = 0,98</i> | |
| <i>LSD_{0,01} (pH) = ns</i> | <i>LSD_{0,01} (Temperatura) = 0,61</i> | <i>LSD_{0,01} (pH × temperatura) = 1,32</i> | |

Prema grafičkom prikazu dužine stabljike klijanaca, najveću dužinu stabljike imali su klijanci pri temperaturi od 20 °C, a najmanju pri temperaturi od 10 °C (Grafikon 5.).



Grafikon 5. Distribucija dužine (cm) stabljike klijanaca industrijske konoplje ovisno o pH i temperaturi (T)

4.6. Ukupna dužina klijanaca industrijske konoplje

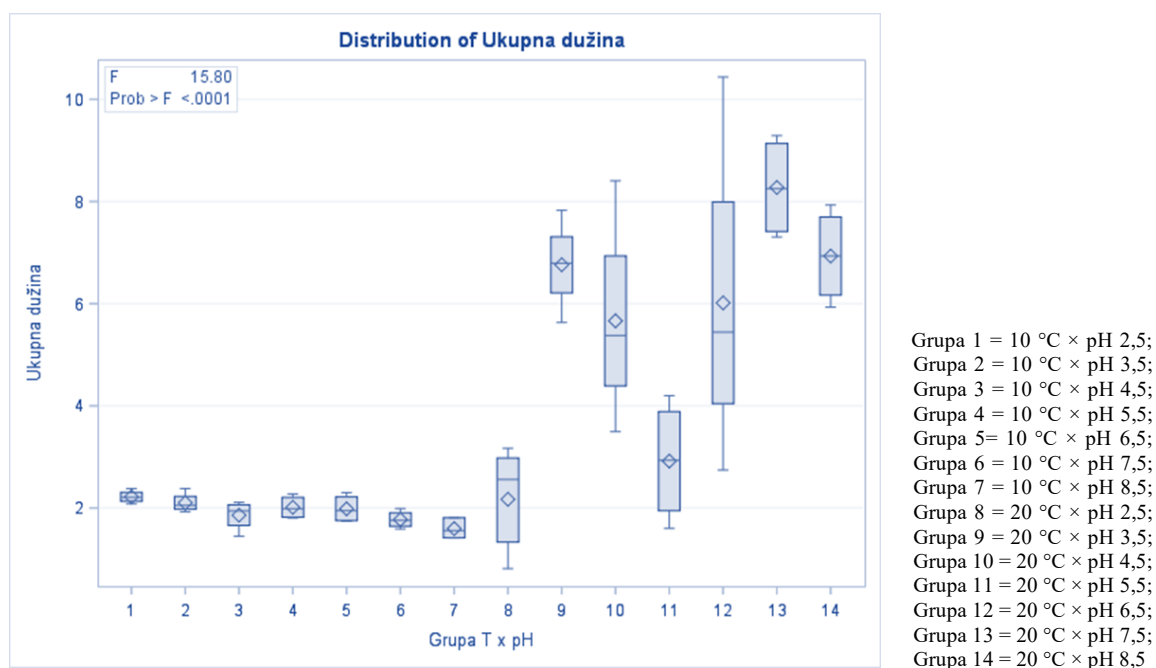
U ovom istraživanju, prosječna dužina klijanaca industrijske konoplje iznosila je 3,7 cm (Tablica 6.). Najmanju ukupnu dužinu 1,6 cm, imali su klijaneci pri temperaturi od 10 °C i pH vrijednosti 8,5, dok je najveća ukupna dužina, 8,3 cm, izmjerena kod klijanaca pri temperaturi od 20 °C i pH vrijednosti 7,5, premda su razlike između ukupne dužine klijanaca industrijske konoplje pri temperaturi od 10 °C i 20 °C bile statistički značajne.

Prema rezultatima ovog istraživanja, različite pH vrijednosti nisu imale statistički značajan utjecaj na ukupnu dužinu klijanaca (Tablica 6.), dok je za dužinu korijena utjecaj temperature bio izražajni te je utvrđena vrlo značajna razlika ($p < 0,01$) u srednjim vrijednostima tretmana ovisno o temperaturi naklijavanja. Ukupna dužina klijanaca je prema interakciji temperature i pH vrijednosti pokazala izrazito statistički značajne razlike između srednjih vrijednosti ($p < 0,01$).

Tablica 6. Ukupna dužina (cm) klijanaca industrijske konoplje ovisno o pH i temperaturi

| pH | Temperatura | | Prosjek |
|-------------------------------------|--|---|-------------------|
| | 10 °C | 20 °C | |
| 2,5 | 2,2 | 2,2 | 2,2 |
| 3,5 | 2,1 | 6,8 | 4,4 |
| 4,5 | 1,9 | 5,7 | 3,8 |
| 5,5 | 2,0 | 2,9 | 2,5 |
| 6,5 | 2,0 | 6,0 | 4,0 |
| 7,5 | 1,8 | 8,3 | 5,0 |
| 8,5 | 1,6 | 6,9 | 4,6 |
| Prosjek | 1,9 | 5,4 | <u>3,7</u> |
| <i>LSD_{0,05} (pH) = ns</i> | <i>LSD_{0,05} (Temperatura) = 1,00</i> | <i>LSD_{0,05} (pH × temperatura) = 1,71</i> | |
| <i>LSD_{0,01} (pH) = ns</i> | <i>LSD_{0,01} (Temperatura) = 1,34</i> | <i>LSD_{0,01} (pH × temperatura) = 2,28</i> | |

Prema grafičkom prikazu dužine stabljike klijanaca, najveću dužinu stabljike imali su klijanci pri temperaturi od 20 °C, a najmanju pri temperaturi od 10°C (Grafikon 6.). Prema Grafikonu 6., najširi raspon ukupne dužine klijanaca utvrđen je pri temperaturi od 20 °C i pH 6,5 (Grupa 12).



Grafikon 6. Distribucija ukupne dužine (cm) klijanaca industrijske konoplje ovisno o pH i temperaturi (T)

4.7. Masa klijanaca industrijske konoplje

U ovom istraživanju, prosječna svježa masa klijanaca industrijske konoplje na početku pokusa iznosila je 0,067 g po biljci za obje temperature (Tablica 7.). Najveća izmjerena svježa masa pri temperaturi od 20 °C i pH vrijednosti 6,5 iznosila je 0,086 g po biljci, dok je najmanja izmjerena svježa masa bila pri temperaturi od 10 °C i pH vrijednosti 2,5, 4,5 i 6,5 iznosila 0,057 g po biljci.

Prema rezultatima ovog istraživanja, različite pH vrijednosti nisu imale statistički značajan utjecaj na masu svježe tvari klijanaca (Tablica 7.), dok je za masu svježe tvari utjecaj temperature bio izražajni te je utvrđena vrlo značajna razlika ($p < 0,01$) u srednjim vrijednostima tretmana ovisno o temperaturi naklijavanja. Svježa masa klijanaca je prema interakciji temperature i pH vrijednosti pokazala izrazito statistički značajne razlike između srednjih vrijednosti ($p < 0,01$).

Tablica 7. Svježa masa (g po biljci) klijanaca industrijske konoplje ovisno o pH i temperaturi

| pH | Temperatura | | Prosjek |
|---|--------------|--------------|---------------------|
| | 10 °C | 20 °C | |
| 2,5 | 0,057 | 0,075 | 0,066 |
| 3,5 | 0,058 | 0,067 | 0,063 |
| 4,5 | 0,057 | 0,077 | 0,067 |
| 5,5 | 0,059 | 0,080 | 0,070 |
| 6,5 | 0,057 | 0,086 | 0,072 |
| 7,5 | 0,061 | 0,077 | 0,069 |
| 8,5 | 0,062 | 0,071 | 0,067 |
| Prosjek | 0,059 | 0,076 | <u>0,067</u> |
| <i>LSD_{0,05} (pH) = ns</i> | | | |
| <i>LSD_{0,05} (Temperatura) = 0,002</i> | | | |
| <i>LSD_{0,05} (pH × temperatura) = 0,0001</i> | | | |
| <i>LSD_{0,01} (pH) = ns</i> | | | |
| <i>LSD_{0,01} (Temperatura) = 0,003</i> | | | |
| <i>LSD_{0,01} (pH × temperatura) = 0,0002</i> | | | |

U ovom istraživanju, prosječna masa suhe tvari klijanaca industrijske konoplje iznosila je 0,037 g po biljci za obje temperature (Tablica 8.). Najmanja izmjerena suha masa tvari pri temperaturi od 20 °C i pH vrijednosti 7,5 iznosila je 0,010 g po biljci, dok je najveća izmjerena suha masa bila pri temperaturi od 10 °C i pH vrijednosti 5,5 iznosila 0,055 g po biljci.

Prema rezultatima ovog istraživanja, različite pH vrijednosti nisu imale statistički značajan utjecaj na ukupnu masu suhe tvari klijanaca (Tablica 8.). Temperatura naklijavanja je za dužinu korijena utjecaj temperature bio izražajni te je utvrđena imala vrlo značajan utjecaj ($p < 0,01$) na masu suhe tvari klijanaca. Masa suhe tvari (g) prema interakciji temperature i pH vrijednosti nije bila statistički značajna.

Tablica 8. Masa suhe tvari (g po biljci) klijanaca industrijske konoplje ovisno o pH i temperaturi

| pH | Temperatura | | Prosjek |
|---|--------------|--------------|---|
| | 10 °C | 20 °C | |
| 2,5 | 0,0050 | 0,013 | 0,032 |
| 3,5 | 0,050 | 0,013 | 0,032 |
| 4,5 | 0,053 | 0,013 | 0,032 |
| 5,5 | 0,055 | 0,011 | 0,033 |
| 6,5 | 0,049 | 0,019 | 0,034 |
| 7,5 | 0,053 | 0,010 | 0,032 |
| 8,5 | 0,053 | 0,017 | 0,035 |
| Prosjek | 0,052 | 0,022 | <u>0,037</u> |
| <i>LSD_{0,05} (pH) = nS</i> | | | <i>LSD_{0,05} (Temperatura) = 0,008</i> |
| <i>LSD_{0,05} (pH × temperatura) = nS</i> | | | |
| <i>LSD_{0,01} (pH) = nS</i> | | | <i>LSD_{0,01} (Temperatura) = 0,010</i> |
| <i>LSD_{0,01} (pH × temperatura) = nS</i> | | | |

5. RASPRAVA

Niske ili visoke temperature zraka mogu značajno smanjiti klijavost sjemena većine poljoprivrednih kultura. I drugi faktori, kao što su kiselost ili zaslanjenost tla, prisutnost različitih mikroorganizama, smanjena plodnost i narušena struktura tla te brojni drugi čimbenici u prirodnim uvjetima mogu nepovoljno utjecati na klijanje i razvoj mladih biljaka. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi brzinu klijanja i morfometrijske pokazatelje industrijske konoplje u odnosu na pH vrijednost i temperature. Praćeni su: energija klijanja, ukupna klijavost, prosječno vrijeme i brzina klijanja, dužina korijena, dužina stabljike, ukupna dužina te svježa i suha masa klijanaca nakon osam dana naklijavanja u petrijevim zdjelicama u rashladnoj komori.

Energija klijanja sjemena industrijske konoplje određena je treći dan. Prosječna energija klijanja pri temperaturi od 10 °C je iznosila 8 %, dok je prosječna energija klijanja pri temperaturi od 20 °C iznosila 82 %. Prema prosjeku obje temperature i pH vrijednosti prosječno je energija klijanja iznosila 45 %. Slične rezultate dobila je i Ervačić (2023.), koja u svom radu navodi da je energija klijanja sjemena ječma u prosjeku iznosila 54,8 %. Pri temperaturi od 10 °C energija klijanja u prosjeku je iznosila 32,2 %, dok je pri temperaturi od 20 °C energija klijanja iznosila 77,4 % odnosno 45,2 % više. Isti slučaj imamo i kod industrijske konoplje, što ukazuje na važnu ulogu temperature za ispitivano svojstvo.

Ukupna klijavost nakon 8 dana za sortu *Finola* pri temperaturi od 10 °C iznosila je 67 %, dok je ukupna klijavost pri temperaturi od 20 °C iznosila 86 %. Najveća prosječna ukupna klijavost pri temperaturi od 10 °C i pH vrijednosti 6,5 iznosila je 74 %, dok je pri temperaturi od 20 °C i pH vrijednosti 4,5 najveća prosječna ukupna klijavost iznosila 90 %. Prema prosjeku obje temperature i pH vrijednosti ukupna klijavost iznosila je 76 %.

Ervačić (2023.) u svome radu navodi kako je najveća prosječna vrijednost, 99,3 %, za ukupno klijanje dobivena pri temperaturi od 20 °C i pH vrijednosti 5,5. Najmanja klijavost, 24,0 %, postignuta je pri temperaturi od 10 °C i pH vrijednosti 8,5. Prosječna klijavost za obje temperature iznosila je 69,8 %. Možemo zaključiti kako ječam i industrijska konoplja daju slične rezultate, no kada gledamo prosjek obje temperature, industrijska konoplja je imala nešto bolju klijavost.

Prema Vratarić (2004.), minimalna temperatura za klijanje suncokreta je 3 °C, a optimalna temperatura oko 28 °C, dok su minimalne temperature za klijanje industrijske konoplje od 7 °C do 9 °C, dok je optimalna temperatura oko 20 °C kako navodi Gagro (1998.). U ovom istraživanju je pri temperaturi od 10 °C i 20 °C ukupna klijavost sjemena sorte *Finola* bila zadovoljavajuća te da je nakon 8 dana ukupna prosječna klijavost iznosila 76 %. Autorica navodi kako suncokret ima nešto bolju ukupnu klijavost (oko 90 %), ali ju prati industrijska konoplja s ukupnom klijavošću preko 80 %. Vratarić (2004.) navodi kako suncokret može izdržati temperature i do - 6 °C, dok Gagro (1998.) navodi kako industrijska konoplja podnosi hladnije temperature, odnosno sve do - 4 °C. Možemo zaključiti kako suncokret i industrijska konoplja imaju zaista slične karakteristike.

Dužina korijena jedan je od važnijih pokazatelja stupnja rasta i razvijenosti mlade biljke. Ovim istraživanjem dokazali smo kako na dužinu korijena značajno utječe sinergija temperature i pH vrijednosti. Prosječna dužina korijena klijanaca iznosila je 2,4 cm po biljci. Najkraći korijen, 0,4 cm, izmjereno je pri temperaturi od 10 °C i pH vrijednosti 8,5, dok je najduži korijen, 4,9 cm, izmjereno pri temperaturi od 20 °C i pH vrijednosti 7,5. U istraživanju Bukvić i sur., (2008.), navedeno je da je niža temperatura rezultirala slabijim rastom korijena kod dva kultivara lucerne.

U ovom istraživanju, prosječna dužina stabljike klijanaca iznosila je 2,0 cm po biljci. Najmanju dužinu stabljike, 1,0 cm, imali su klijanici pri temperaturi od 10 °C i pH vrijednosti 3,5, 5,5 i 7,5, dok je najveća dužina stabljike klijanaca, 3,8 cm, izmjerena pri temperaturi od 20 °C i pH vrijednosti 8,5.

Prema podacima Bukvić i sur. (2009.), prosječna dužina korijena raži iznosila je 3,74 cm, pri temperaturi od 10 °C, dok je pri temperaturi od 20 °C iznosila 11,85 cm. U ovom radu zabilježeno je kako je prosječna dužina klijanaca industrijske konoplje pri temperaturi od 10 °C iznosila 0,9 cm, dok je prosječna dužina klijanaca pri temperaturi od 20 °C iznosila 3,8 cm. Iz ovih rezultata možemo zaključiti kako je korijen raži pri nižoj i višoj temperaturi ostvario puno bolje rezultate od industrijske konoplje, stoga je i sama klijavost raži veća te se ove dvije kulture znatno razlikuju.

U ovom istraživanju, prosječna dužina klijanaca industrijske konoplje iznosila je 3,7 cm. Najmanja ukupna dužina klijanaca, 1,6 cm, izmjerena je pri temperaturi od 10 °C i pH vrijednosti 8,5, dok je najveća ukupna dužina klijanaca, 8,3 cm, izmjerena pri temperaturi od 20 °C i pH vrijednosti 7,5.

Dužina klijanaca bijele i crvene djeteline, kako navode Bukvić i sur. (2008.), značajno je ovisila o temperaturi i pH vrijednosti kultivara. Pri višim temperaturama, klijanci su ostvarili znatno veću dužinu na svima razinama pH vrijednosti.

Kada govorimo o masi svježe tvari, u ovom istraživanju, analiza varijance prikazala je da temperatura i sinergija temperature i pH vrijednosti imaju vrlo značajan faktor, dok pH vrijednost, kao i u drugim ispitivanjima, nije bio statistički značajan. Masa svježe tvari bila je niža pri temperaturi od 10 °C i pH vrijednosti 2,5, 4,5 i 6,5, a iznosila je 0,0057 g po biljci, dok je najveća svježa masa, 0,086 g po biljci, postignuta pri temperaturi od 20 °C i pH vrijednosti 6,5.

Pri ispitivanju mase suhe tvari, ustanovljena je veća prosječna vrijednost pri temperaturi od 10 °C u usporedbi s ispitivanjem mase svježe tvari. Ovaj podatak predstavlja značajnu razliku u odnosu na cijelo istraživanje, gdje je vidljivo da viša temperatura ima bolji utjecaj na same vrijednosti. U ovom istraživanju, prosječna masa suhe tvari klijanaca za obje temperature iznosila je 0,037 g po biljci. Najmanja izmjerena suha masa tvari pri temperaturi od 20 °C i pH vrijednosti 7,5 iznosila je 0,010 g po biljci, dok je najveća izmjerena suha masa, 0,055 g po biljci, zabilježena pri temperaturi od 10 °C i pH vrijednosti 5,5.

6. ZAKLJUČAK

Cilj rada bio je ispitati morfometrijske osobine klijanaca i brzinu klijanja industrijske konoplje (*Cannabis sativa* L.) sorte *Finola* ovisno o pH vrijednosti i temperaturi.

Energija klijanja sjemena industrijske konoplje u ovom pokusu određena je treći dan. Prosječna energija klijanja pri temperaturi od 10 °C iznosila je 8 %, dok je prosječna energija klijanja pri temperaturi od 20 °C iznosila 82 %. Prema prosjeku obje temperature i pH vrijednosti, energija klijanja iznosila je 45 %.

Ukupna klijavost nakon 8 dana za sortu *Finola* pri temperaturi od 10 °C iznosila je 67 %, dok je ukupna klijavost pri temperaturi od 20 °C iznosila 86 %. Najveća prosječna ukupna klijavost pri temperaturi od 10 °C i pH vrijednosti 6,5 iznosila je 74 %, dok je pri temperaturi od 20 °C i pH vrijednosti 4,5 najveća prosječna ukupna klijavost iznosila 90 %. Prema prosjeku obje temperature i pH vrijednosti, ukupna klijavost iznosila je 76 %.

Najmanje prosječno vrijeme klijanja, 1,95, utvrđeno je pri nižoj temperaturi od 10 °C, dok je najveće prosječno vrijeme klijanja, 4,01 utvrđeno pri temperaturi od 20 °C. Ukupno prosječno vrijeme klijanja iznosilo je 3,0.

Pri temperaturi od 10 °C najveće povećanje iskljanih sjemenaka bio je između 72 i 96 sati od početka naklijavanja te je u tom vremenu prosječno iskljalo oko 22 % sjemenki. Pri temperaturi od 20 °C prosječno za sve pH vrijednosti, klijavost je iznosila 34 % već nakon 48 sati, što je bio i najveći postotak promjene iskljanih sjemenaka. Prema prosjeku istraživanja pri temperaturi od 20 °C, klijavost se nakon 72 sata povećala za 7 % i nakon 96 sati za 2 %.

Najmanju dužinu korijena, 0,4 cm, imali su klijanci pri temperaturi od 10 °C i pH vrijednosti 8,5, dok je najveća dužina korijena, 4,9 cm, izmjerena kod klijanaca pri temperaturi od 20 °C i pH vrijednosti 7,5. U ovom istraživanju, prosječna dužina korijena klijanaca iznosila je 2,4 cm po biljci.

Najmanju dužinu stabljike, 1,0 cm, imali su klijanci pri temperaturi od 10 °C i pH vrijednosti 3,5, 5,5 i 7,5, dok je najveća dužina stabljike, 3,8 cm, izmjerena kod klijanaca pri temperaturi od 20 °C i pH vrijednosti 8,5. U ovom istraživanju, prosječna dužina stabljike klijanaca iznosila je 2,0 cm po biljci.

Najmanju ukupnu dužinu, 1,6 cm, imali su klijanci pri temperaturi od 10 °C i pH vrijednosti 8,5, dok je najveća ukupna dužina klijanaca, 8,3 cm, izmjerena kod klijanaca pri temperaturi od 20 °C i pH vrijednosti 7,5. U ovom istraživanju, prosječna dužina klijanaca industrijske konoplje iznosila je 3,7 cm, premda su razlike između ukupne dužine klijanaca industrijske konoplje pri temperaturi od 10 °C i 20 °C statistički značajne.

Najveća izmjerena svježa masa pri temperaturi od 20 °C i pH vrijednosti 6,5 iznosila je 0,086 g po biljci, dok je najmanja izmjerena svježa masa bila pri temperaturi od 10 °C i pH vrijednosti 2,5, 4,5 i 6,5 iznosila 0,057 g po biljci. U ovom istraživanju, prosječna svježa masa klijanaca industrijske konoplje na početku pokusa iznosila je 0,067 g po biljci za obje temperature.

Najmanja izmjerena suha masa tvari pri temperaturi od 20 °C i pH vrijednosti 7,5 iznosila je 0,010 g po biljci, dok je najveća izmjerena suha masa bila pri temperaturi od 10 °C i pH vrijednosti 5,5 iznosila 0,055 g po biljci. U ovom istraživanju, prosječna masa suhe tvari klijanaca industrijske konoplje iznosila je 0,037 g po biljci za obje temperature.

Na temelju provedenog istraživanja, analize podataka i dobivenih rezultata, zaključujemo kako je u svim provedenim mjerenjima viša temperatura, odnosno 20 °C, imala pozitivniji utjecaj na klijanje sjemena industrijske konoplje u usporedbi s nižom temperaturom, odnosno 10 °C.

7. POPIS LITERATURE

1. Apostol, L., Popa, M., Mustatea, G. (2015.): *Cannabis sativa* L. partially skimmed flour as source of biocompounds in the bakery industry. *Romanian Biotechnological Letters*, 20(5): 10835-10844.
2. AZO, Agencija za zaštitu okoliša, Izvješće o stanju okoliša u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2005. - 2008., 2012.
(http://dokumenti.azo.hr/Dokumenti/Izvjescje_o_stanju_okolisa_2005-2008.pdf)
Pristupljeno 19.6. 2024.
3. Bocsa, I., Karus, M. (1998.): *The cultivation of hemp: botany, varieties, cultivation and harvesting*. Hemptech. Pristupljeno 6.6.2024.
4. Bukvić, G., Grljušić, S., Rozman, V., Liška A., Eđed, A., Križan L. (2009.): Utjecaj temperature na svojstva sjemena i klijanaca kultivara crvene djeteline. *Proceedings 44th Croatian & 4th International Symposium on Agriculture*. (Lončarić, Z, Marić, S., Ur.). Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. 294-297.
5. Bouloc, P. (Ed.). (2013.): *Hemp: industrial production and uses*. CABI. Pristupljeno 6.6.2024.
6. Burns, C., Wexler, J. (2020.): American Edibles: How Cannabis Regulatory Policy Rehashes Prohibitionist Fears and What to Do about It. *Seattle UL Rev.*, 44, 915.
7. Butorac, J. (2009.): *Predivo bilje*. Kugler, d. o. o., Zagreb.
8. Chandra, S., Lata, H., El Sohly Mahmoud, A. (2017.): *Cannabis sativa* L. – *Botany and Biotechnology*, Springer International Publishing AG 2017
9. Chen, H., Zhang, Q., Cai, H., & Xu, F. (2017.): Ethylene mediates alkaline-induced rice growth inhibition by negatively regulating plasma membrane H⁺-ATPase activity in roots. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1839.
10. Clarke, R. & Merlin, M. (2016.): *Cannabis: evolution and ethnobotany*. Univ of California Press. Pristupljeno 7.6.2024.
11. Ellis, R. H., Roberts, E. H. (1981.): The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology (Netherlands)*, 9(2).
12. Ervačić, L. (2023.): Utjecaj pH otopine i temperature na klijavost ječma, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, 17.

13. European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction: Cannabis legislation in Europe, (<http://www.emcdda.europa.eu/system/files/publications/4135/TD0217210ENN.pdf>)
Pristupljeno 19. 6. 2024.
14. Fine, D. (2014.): *Hemp bound: dispatches from the front lines of the next agricultural revolution*. Chelsea Green Publishing.
15. Gagro, M. (1998.): Industrijsko i krmno bilje. Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb., 75-85.
16. Guan, Y. J., Hu, J., Wang, X. J., Shao, C. X. (2009.): Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. *Journal of Zhejiang University Science B*, 10, 427-433.
17. Juračak, J., & Martić, A. (2021.): Agroekološke i ekonomske pretpostavke za ekološki uzgoj konoplje za sjeme na području općine Križ. *Glasilo Future*, 4(1), 53-74.
18. Kovač, M. (2022.): Utjecaj temperature na klijavost i parametre klijavosti strnih žitarica (*Doctoral dissertation, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek. Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek. Department of Plant Production and Biotechnology*).
19. Marčec, T., Spajić, L., Moslavac, T. (2023.): Učinak saliniteta i alkaliteta na klijanje i rast korijena industrijske konoplje (*Cannabis sativa* L.). *Glasnik zaštite bilja*, 46, 5; 14-22.
20. Pospišil, M. (2013.): Ratarstvo II. dio–industrijsko bilje, 131-168.
21. Rezvani, M., Zaefarian, F. (2017.): Effect of some environmental factors on seed germination of *Eryngium caeruleum* M. Bieb. populations. *Acta Botanica Brasilica*, 31, 220-228.
22. Schmidt, E. (2023.): 2023 Hemp Trends: Profits, Products Innovations. (<https://www.acslab.com/marketing/2023-hemp-trends>) Pristupljeno 10.6.2024.
23. Spajić, L. (2023.): Proizvodnja hladno prešanog konopljinog ulja i otpornost istoimenih genotipova konoplje (*Cannabis sativa* L.) na neutralni i bazični solni stres, Prehrambeno–tehnološki fakultet Osijek, 13-15.
24. Sunoj Valiaparambil Sebastian, J., Dong, X., Trostle, C., Pham, H., Joshi, M. V., Jessup, R. W., Burow, M. D., Provin, T. L. (2023.): Hemp agronomy: Current advances, questions, challenges, and opportunities. *Agronomy*, 13(2), 475.
25. Šustić L. (2019.): Proizvodnja i mogućnosti korištenja industrijske konoplje, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, 9-20.
26. Van der Werf, H. (1994.): Crop physiology of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.). Wageningen University and Research.

27. Visković, J., Zheljaskov, V. D., Sikora V., Noller J., Latković D., Ocamb C. M., Koren, A. (2023.): Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) agronomy and utilization: A review. *Agronomy*, 13(3), 931. 4-5.
28. Vratarić, M. (2004.): Značaj suncokreta kao kulture i proizvodnja suncokreta u svijetu i u Republici Hrvatskoj. U *Suncokret Helianthus annuus* L. Vratarić (ed.). *Poljoprivredni institut Osijek. Hrvatska*, 1-13.
29. Wang, J., Jiang, X., Zhao, C., Fang, Z., Jiao, P. (2020.): Transcriptomic and metabolomic analysis reveals the role of CoA in the salt tolerance of *Zygophyllum* spp. *BMC plant biology*, 20, 1-14.

8. SAŽETAK

Cilj ovog diplomskog rada bio je ispitati utjecaj pH vrijednosti i temperatura na energiju klijanja, ukupnu klijavost, prosječno vrijeme klijanja, brzinu klijanja, dužinu korijena, dužinu stabljike, ukupnu dužinu, svježu masu i suhu masu industrijske konoplje u laboratorijskim uvjetima pri različitim pH vrijednostima i temperaturama od 10 °C i 20 °C. Prosječna energija klijanja pri od temperaturi 10 °C iznosila je 8 %, dok je prosječna energija klijanja pri temperaturi od 20 °C iznosila 82 %. Ukupna klijavost pri temperaturi od 10 °C iznosila je 67 %, dok je ukupna klijavost pri temperaturi od 20 °C iznosila 86 %. Pri temperaturi od 10 °C najveće povećanje iskljanih sjemenaka bilo je između 72 i 96 sati od početka naklijavanja te je u tom vremenu prosječno iskljalo oko 22 % sjemenki. Pri temperaturi od 20 °C za sve pH vrijednosti prosječna klijavost iznosila je 34 % već nakon 48 sati, što je bio i najveći postotak promjene iskljanih sjemenaka. Prema prosjeku istraživanja pri temperaturi od 20 °C klijavost se nakon 72 sata povećala za 7 % i nakon 96 sati za 2 %. Najmanju dužinu korijena imali su klijanci pri temperaturi od 10 °C (0,4 cm), pH vrijednosti 8,5, dok je najveća dužina korijena izmjerena kod klijanaca pri temperaturi od 20 °C (4,9 cm), pH vrijednosti 7,5. Najmanju dužinu stabljike imali su klijanci pri temperaturi od 10 °C (1,0 cm), pH vrijednosti 3,5, 5,5 i 7,5, dok je najveća dužina stabljike korijena izmjerena kod klijanaca pri temperaturi od 20 °C, a najveća dužina iznosila je 3,8 cm, pH vrijednosti 8,5. Najmanju ukupnu dužinu imali su klijanci pri temperaturi od 10 °C (1,6 cm), pH vrijednosti 8,5, dok je najveća ukupna dužina klijanaca izmjerena kod klijanaca pri temperaturi od 20 °C (8,3 cm), pH vrijednosti 7,5. Najveća izmjerena svježa masa pri temperaturi od 20 °C iznosila je 0,086 g po biljci, pH vrijednosti 6,5, dok je najmanja izmjerena masa bila pri temperaturi od 10 °C iznosila 0,057 g po biljci, pH vrijednosti 2,5, 4,5 i 6,5. Najmanja izmjerena suha masa tvari pri temperaturi od 20 °C iznosila je 0,010 g, pH vrijednosti 7,5, dok je najveća izmjerena masa bila pri temperaturi od 10 °C iznosila 0,055 g po biljci, pH vrijednosti 5,5. Nakon provedenog istraživanja utvrđeno je kako je industrijska konoplja ostvarila bolje rezultate klijanja pri temperaturi od 20 °C nego pri temperaturi od 10 °C.

Ključne riječi: pH, temperatura, industrijska konoplja, klijanci

9. SUMMARY

This study aimed to examine the influence of the pH value of water solution and temperature on germination energy, total germination, mean germination time (MTG) and germination speed, and morphometric parameters: root length, stem length, total length, fresh weight and dry weight of industrial hemp in laboratory conditions at different pH values and temperatures of 10 °C and 20 °C. The mean germination energy at a temperature of 10 °C was 8 %, while the average germination energy at 20 °C was 82 %. Total germination at 10 °C was 67 %, while total germination at 20 °C was 86 %. At a temperature of 10 °C, the greatest increase in germinated seeds was between 72 and 96 hours from the start of germination, and in that time, on average, about 22 % of the seeds germinated. At a temperature of 20 °C for all pH values, the average germination rate was 34 % after 48 hours, which was the highest percentage of change in germinated seeds. According to the research average at a temperature of 20 °C, germination increased by 7 % after 72 hours and by 2 % after 96 hours. Seedlings at a temperature of 10 °C (0,4 cm), a pH value of 8,5 had the smallest root length, while the longest root length was measured in seedlings at a temperature of 20 °C (4,9 cm), pH value 7,5. Seedlings at a temperature of 10 °C (1,0 cm), with pH values of 3,5, 5,5 and 7,5 had the smallest stem length, while the longest root stem length was measured in seedlings at a temperature of 20 °C. and the largest length was 3,8 cm, pH value of 8,5. Seedlings at a temperature of 10 °C (1,6 cm), a pH value of 8,5 had the smallest total length, while the largest total length of seedlings was measured at a temperature of 20 °C (8,3 cm), pH value 7,5. The largest measured fresh mass at a temperature of 20 °C was 0,086 g plant⁻¹, pH value of 6,5, while the smallest measured mass at a temperature of 10 °C was 0,057 g plant⁻¹, with pH values of 2,5, 4,5 and 6,5. The smallest measured dry mass of the substance at a temperature of 20 °C was 0,010 g plant⁻¹, pH value 7,5, while the largest measured mass at a temperature of 10 °C was 0,055 g plant⁻¹, pH value 5,5. After the research, it was determined that industrial hemp achieved better germination results at a temperature of 20 °C than at a temperature of 10 °C.

Key words: pH, temperature, industrial hemp, seedlings

10. POPIS TABLICA

| Popis tablica | Naslov | Stranica |
|----------------------|---|-----------------|
| Tablica 1. | Energija klijanja (%) industrijske konoplje ovisno o pH i temperaturi | 22 |
| Tablica 2. | Ukupna klijavost (%) industrijske konoplje ovisno o pH i temperaturi | 23 |
| Tablica 3. | Prosječno vrijeme klijanja industrijske konoplje ovisno o pH i temperaturi | 24 |
| Tablica 4. | Dužina korijena (cm) klijanaca industrijske konoplje ovisno o pH i temperaturi | 26 |
| Tablica 5. | Dužina stabljike (cm) klijanaca industrijske konoplje ovisno o pH i temperaturi | 28 |
| Tablica 6. | Ukupna dužina (cm) klijanaca industrijske konoplje ovisno o pH i temperaturi | 30 |
| Tablica 7. | Svježa masa (g po biljci) klijanaca industrijske konoplje ovisno o pH i temperaturi | 32 |
| Tablica 8. | Masa suhe tvari (g po biljci) klijanaca industrijske konoplje ovisno o pH i temperaturi | 33 |

11. POPIS SLIKA

| Popis slika | Naslov | Stranica |
|-------------|--|----------|
| Slika 1. | Sjetva sjemena industrijske konoplje u petrijeve zdjelice (Izvor: Šimenić, H., 2023.) | 14 |
| Slika 2. | Naklijavanje industrijske konoplje u komori na određenoj temperaturi u komori za rast biljaka (Izvor: Šimenić, H., 2023.) | 15 |
| Slika 3. | Zalijevanje filter papira destiliranom vodom prije sjetve industrijske konoplje u petrijeve zdjelice (Izvor: Šimenić, H., 2023.) | 16 |
| Slika 4. | Upisivanje rezultata broja iskljajalih sjemenki industrijske konoplje u tablicu vrijednosti (Izvor: Šimenić, H., 2023.) | 17 |
| Slika 5. | Praćenje broja iskljajalih sjemenki industrijske konoplje (Izvor: Šimenić, H., 2023.) | 18 |
| Slika 6. | Mjerenje dužine korijena i dužine stabljike klijanaca industrijske konoplje (Izvor: Šimenić, H., 2023.) | 19 |
| Slika 7. | Normalno razvijeni klijanci industrijske konoplje pri temperaturi od 10 °C (Izvor: Šimenić, H., 2023.) | 19 |
| Slika 8. | Normalno razvijeni klijanci industrijske konoplje te prikaz svježe i suhe mase pri temperaturi od 10 °C (Izvor: Šimenić, H., 2023.) | 20 |
| Slika 9. | Normalno razvijeni klijanci industrijske konoplje te prikaz svježe i suhe mase pri temperaturi od 20 °C (Izvor: Šimenić, H., 2023.) | 20 |

12. POPIS GRAFIKONA

| Popis grafikona | Naslov | Stranica |
|------------------------|--|-----------------|
| Grafikon 1. | Površine (ha) i ukupna proizvodnja (t) sirovog konopljina vlakna u svijetu od 1994. do 2022. | 6 |
| Grafikon 2. | Površine (ha) i ukupna proizvodnja (t) sjemena industrijske konoplje u svijetu od 1994. do 2022. | 6 |
| Grafikon 3. | Brzina klijanja sjemena industrijske konoplje ovisno o pH vrijednosti vodene otopine i temperature | 25 |
| Grafikon 4. | Distribucija dužine korijena (cm) klijanaca industrijske konoplje ovisno o pH i temperaturi (T) | 27 |
| Grafikon 5. | Distribucija dužine (cm) stabljike klijanaca industrijske konoplje ovisno o pH i temperaturi (T) | 29 |
| Grafikon 6. | Distribucija ukupne dužine (cm) klijanaca industrijske konoplje ovisno o pH i temperaturi (T) | 31 |

**BRZINA KLIJANJA I MORFOMETRIJSKI POKAZATELJI INDUSTRIJSKE KONOPLJE
OVISNO O PH I TEMPERATURI**

Hana Šimenić

Sažetak: Cilj ovog diplomskog rada bio je ispitati utjecaj pH vrijednosti i temperatura na energiju klijanja, ukupnu klijavost, prosječno vrijeme klijanja, brzinu klijanja, dužinu korijena, dužinu stabljike, ukupnu dužinu, svježu masu i suhu masu industrijske konoplje u laboratorijskim uvjetima pri različitim pH vrijednostima i temperaturama od 10 °C i 20 °C. Prosječna energija klijanja pri od temperaturi 10 °C iznosila je 8 %, dok je prosječna energija klijanja pri temperaturi od 20 °C iznosila 82 %. Ukupna klijavost pri temperaturi od 10 °C iznosila je 67 %, dok je ukupna klijavost pri temperaturi od 20 °C iznosila 86 %. Pri temperaturi od 10 °C najveće povećanje iskljanih sjemenaka bilo je između 72 i 96 sati od početka naklijavanja te je u tom vremenu prosječno iskljalo oko 22 % sjemenki. Pri temperaturi od 20 °C za sve pH vrijednosti prosječna klijavost iznosila je 34 % već nakon 48 sati, što je bio i najveći postotak promjene iskljanih sjemenaka. Prema prosjeku istraživanja pri temperaturi od 20 °C klijavost se nakon 72 sata povećala za 7 % i nakon 96 sati za 2 %. Najmanju dužinu korijena imali su klijanci pri temperaturi od 10 °C (0,4 cm), pH vrijednosti 8,5, dok je najveća dužina korijena izmjerena kod klijanaca pri temperaturi od 20 °C (4,9 cm), pH vrijednosti 7,5. Najmanju dužinu stabljike imali su klijanci pri temperaturi od 10 °C (1,0 cm), pH vrijednosti 3,5, 5,5 i 7,5, dok je najveća dužina stabljike korijena izmjerena kod klijanaca pri temperaturi od 20 °C, a najveća dužina iznosila je 3,8 cm, pH vrijednosti 8,5. Najmanju ukupnu dužinu imali su klijanci pri temperaturi od 10 °C (1,6 cm), pH vrijednosti 8,5, dok je najveća ukupna dužina klijanaca izmjerena kod klijanaca pri temperaturi od 20 °C (8,3 cm), pH vrijednosti 7,5. Najveća izmjerena svježa masa pri temperaturi od 20 °C iznosila je 0,086 g po biljci, pH vrijednosti 6,5, dok je najmanja izmjerena masa bila pri temperaturi od 10 °C iznosila 0,057 g po biljci, pH vrijednosti 2,5, 4,5 i 6,5. Najmanja izmjerena suha masa tvari pri temperaturi od 20 °C iznosila je 0,010 g, pH vrijednosti 7,5, dok je najveća izmjerena masa bila pri temperaturi od 10 °C iznosila 0,055 g po biljci, pH vrijednosti 5,5. Nakon provedenog istraživanja utvrđeno je kako je industrijska konoplja ostvarila bolje rezultate klijanja pri temperaturi od 20 °C nego pri temperaturi od 10 °C.

Rad je izrađen pri: Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Mentorica: Doc. dr. sc. Ivana Varga

Broj stranica: 46

Broj grafikona i slika: 15

Broj tablica: 8

Broj literaturnih navoda: 29

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: pH, temperatura, industrijska konoplja, klijanci

Datum obrane: 2. srpnja 2024. godine

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. doc. dr. sc. Dario Iljkić, predsjednik
2. doc. dr. sc. Ivana Varga, mentorica
3. Goran Herman, mag. ing. agr., član

Rad je pohranjena u: Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1.

BASIC DOCUMENTATION CARD

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

Graduate thesis

GERMINATION SPEED AND MORPHOMETRIC INDICATORS OF INDUSTRIAL HEMP DEPENDING ON PH AND TEMPERATURE

Hana Šimenić

Abstract: This study aimed to examine the influence of the pH value of water solution and temperature on germination energy, total germination, mean germination time (MTG) and germination speed, and morphometric parameters: root length, stem length, total length, fresh weight and dry weight of industrial hemp in laboratory conditions at different pH values and temperatures of 10 °C and 20 °C. The mean germination energy at a temperature of 10 °C was 8 %, while the average germination energy at 20 °C was 82 %. Total germination at 10 °C was 67 %, while total germination at 20 °C was 86 %. At a temperature of 10 °C, the greatest increase in germinated seeds was between 72 and 96 hours from the start of germination, and in that time, on average, about 22 % of the seeds germinated. At a temperature of 20 °C for all pH values, the average germination rate was 34 % after 48 hours, which was the highest percentage of change in germinated seeds. According to the research average at a temperature of 20 °C, germination increased by 7 % after 72 hours and by 2 % after 96 hours. Seedlings at a temperature of 10 °C (0,4 cm), a pH value of 8,5 had the smallest root length, while the longest root length was measured in seedlings at a temperature of 20 °C (4,9 cm), pH value 7,5. Seedlings at a temperature of 10 °C (1,0 cm), with pH values of 3,5, 5,5 and 7,5 had the smallest stem length, while the longest root stem length was measured in seedlings at a temperature of 20 °C. and the largest length was 3,8 cm, pH value of 8,5. Seedlings at a temperature of 10 °C (1,6 cm), a pH value of 8,5 had the smallest total length, while the largest total length of seedlings was measured at a temperature of 20 °C (8,3 cm), pH value 7,5. The largest measured fresh mass at a temperature of 20 °C was 0,086 g plant⁻¹, pH value of 6,5, while the smallest measured mass at a temperature of 10 °C was 0,057 g plant⁻¹, with pH values of 2,5, 4,5 and 6,5. The smallest measured dry mass of the substance at a temperature of 20 °C was 0,010 g plant⁻¹, pH value 7,5, while the largest measured mass at a temperature of 10 °C was 0,055 g plant⁻¹, pH value 5,5. After the research, it was determined that industrial hemp achieved better germination results at a temperature of 20 °C than at a temperature of 10 °C.

Thesis performed at Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

Mentor: Assistant professor Ivana Varga

Number of pages: 46

Number of figures: 15

Number of tables: 8

Number of references: 29

Original in: Croatian

Key words: pH, temperature, industrial hemp, seedlings

Thesis defended on date: July 2, 2024

Reviewers:

1. Assistant prof. Dario Iljkić, president
2. Assistant prof. Ivana Varga, mentor
3. Goran Herman, M. Eng. Agr. member

Thesis deposited at: Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Vladimira Preloga 1.