

# Biološki parametri klijanja korovne vrste *Setaria glauca* L.

---

**Brijačak, Ema**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:832967>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-20**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

**Biološki parametri klijanja korovne vrste  
*Setaria glauca* L.**

DIPLOMSKI RAD

Ema Brijačak, univ. bacc. ing. agr.

Zagreb, siječanj, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:  
Fitomedicina

**Biološki parametri klijanja korovne vrste**  
*Setaria glauca* L.

DIPLOMSKI RAD

Ema Brijačak, univ. bacc. ing. agr.

Mentor: izv. prof. dr. sc. Maja Šćepanović

Neposredni voditelj: Valentina Šoštarčić, mag. ing. agr.

Zagreb, siječanj, 2019.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA  
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Ema Brijačak**, JMBAG 0178095326, rođen/a dana 08.01.1995. u Virovitici, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

**Biološki parametri klijanja korovne vrste *Setaria glauca* L.**

Svojim potpisom jamčim:

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

U Zagrebu, dana \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Potpis studenta / studentice*

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZVJEŠĆE  
O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA**

Diplomski rad studenta/ice **Ema Brijačak**, JMBAG 0178095326, naslova

**Biološki parametri klijanja korovne vrste *Setaria glauca* L.**

obranjen je i ocijenjen ocjenom \_\_\_\_\_, dana \_\_\_\_\_.

Povjerenstvo:

potpisi:

- |    |  |       |
|----|--|-------|
| 1. | izv. prof. dr. sc. Maja Šćepanović, mentor               | _____ |
|    | Valentina Šoštarčić, mag. ing. agr., neposredni voditelj | _____ |
| 2. | doc. dr. sc. Boris Lazarević, član                       | _____ |
| 3. | izv. prof. dr. sc. Klara Barić, član                     | _____ |

## Zahvala

*Veliku zahvalnost, u prvom redu, dugujem svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Maji Šćepanović za svu podršku, pomoć i vodstvo prilikom pisanja ovog rada. Hvala Vam na svom uloženom trudu i slobodnom vremenu, te na povjerenju tijekom izrade ovog, ali i svih drugih radova i projekata. Također, hvala na poticaju i motivaciji za odlazak na Erasmus stručnu praksu tijekom koje je provedeno ovo istraživanje.*

*Želim se također zahvaliti izv. prof. dr. sc. Roberti Masin sa Sveučilišta u Padovi na pristupačnosti, razumijevanju i pomoći prilikom provođenja pokusa.*

*Posebno se zahvaljujem asistentici Valentini Šoštarčić na ljubaznosti, vremenu i na pomoći pri postavljanju pokusa i za svu pomoć oko statističke obrade podataka. Veliko hvala Nebojši Nikoliću koji mi je znatno olakšao boravak na Erasmus stručnoj praksi na Sveučilištu u Padovi i na svojoj pomoći za vrijeme mog boravka u Italiji.*

*Zahvaljujem se prof. dr. sc. Giuseppeu Zaninu na odobrenju provođenja istraživanja u prostorijama DAFNAE. Donedavnoj predstojnici Zavoda za herbologiju izv. prof. dr. sc. Klari Barić iskreno se zahvaljujem na pruženoj mogućnosti rada na ovom istraživanju.*

*Hvala dragim prijateljima i kolegama što su obogatili ovaj dio mog života. I na kraju zahvaljujem se svojoj obitelji, a posebno svojim roditeljima na razumijevanju i bezuvjetnoj podršci tijekom studiranja i na pruženoj mogućnosti prihvaćanja prilika koje mi se ukazuju u životu.*

*Ema Brijačak*

# Sadržaj

1. Uvod .....	1
1.1. Hipoteze i ciljevi istraživanja .....	2
2. Pregled literature .....	3
2.1. Rasprostranjenost i ekonomska važnost.....	3
2.2. Morfološka obilježja sivog muhara.....	4
2.3. Klijanje sivog muhara.....	6
2.4. Modeli prognoze zakorovljenosti poljoprivrednih usjeva.....	7
3. Materijali i metode rada .....	9
3.1. Prikupljanje sjemena vrste <i>Setaria glauca</i> .....	9
3.2. Utvrđivanje klijavosti vrste <i>Setaria glauca</i> .....	9
3.3. Utvrđivanje biološkog minimuma.....	9
3.4. Utvrđivanje biološkog vodnog potencijala.....	10
3.5. Statistička obrada podataka.....	12
4. Rezultati rada.....	13
4.1. Klijavost korovne vrste <i>Setaria glauca</i> pri istraživanim temperaturama.....	13
4.2. Dinamika klijanja korovne vrste <i>Setaria glauca</i> pri istraživanim temperaturama.....	14
4.3. Biološkog minimuma za vrstu <i>Setaria glauca</i> .....	16
4.4. Klijavost vrste <i>Setaria glauca</i> ovisno o koncentraciji polietilen glikola.....	17
4.5. Dinamika klijanja korovne vrste <i>Setaria glauca</i> pri istraživanim koncentracijama polietilen glikola.....	18
4.6. Biološki vodni potencijal za vrstu <i>Setaria glauca</i> .....	20
4.7. Usporedba bioloških parametara „hrvatskog“ ekotipa sivog muhara i „talijanskog“ ekotipa iste vrste.....	20
5. Rasprava .....	22
6. Zaključci.....	25
7. Popis literature.....	26

## Sažetak

Diplomski rad studentice **Eme Brijačak**, naslova

### **Biološki parametri klijanja korovne vrste *Setaria glauca* L.**

Temperatura i vlaga dva su najvažnija parametra koja utječu na klijanje korovne vrste sivog muhara (*Setaria glauca*). Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi biološki minimum ( $T_b$ ) i biološki vodni potencijal ( $\Psi_b$ ), potrebni za klijanje sivog muhara. Za potrebe ovog istraživanja sjeme vrste *Setaria glauca* prikupljeno je na lokaciji Šašinovečki Lug u jesen 2017. Početkom ožujka 2018. godine postavljen je pokus utvrđivanja klijavosti sivog muhara u DAFNAE laboratoriju Sveučilišta u Padovi. Za utvrđivanje biološkog minimuma sjeme ove vrste posijano je u Petrijeve zdjelice te je stavljeno u klima komoru s fotoperiodom od 12 h dan i 12 h noć istovremeno na šest konstantnih temperatura: 4 °C, 8 °C, 12 °C, 16 °C, 20 °C i 24 °C. U svrhu simulacije vodnog stresa u tlu korišteno je sedam različitih koncentracija otopina polietilen glikola (PEG): -0,05, -0,10, -0,25, -0,38, -0,50, -0,80, -1,00 MPa i kontrolni tretman (0,00 MPa) prekriven samo destiliranom vodom. Sjeme sivog muhara posijano je u plastične posude i postavljeno u klima komoru pri konstantnoj temperaturi od 24 °C i s fotoperiodom od 12 h dan i 12 h noć. Rezultati istraživanja ukazuju kako povećanjem temperature s 4 °C na 24 °C raste prosječna klijavost vrste *Setaria glauca*. Povećanjem temperature smanjuje se broj dana (d) potrebnih za ponik 10 %, 50 % i 90 % posijanih sjemenki. Utvrđivanjem dinamike klijanja pri različitim temperaturnim režimima ustanovljeno je da biološki minimum sivog muhara za područje Šašinovečkog Luga iznosi 6,6 °C. Klijavost muhara se također razlikovala i pri različitim koncentracijama polietilen glikola. Najveća prosječna klijavost utvrđena je pri koncentraciji od -0,25 MPa, dok je na koncentracijama od 0,00 MPa, -0,05 MPa i -0,10 MPa utvrđena manja ukupna klijavost (60, 63,3 i 62,8 %). Praćenjem dinamike klijanja sivog muhara utvrđeno je da se vrijeme potrebno za ponik 50 % sjemenki povećava s povećanjem zasićenosti polietilen glikolne otopine. Najkraći vremenski period potreban za ponik 50 % sjemenki utvrđen je na kontrolnom tretmanu (3,5 d) dok je najdulji broj dana potreban za ponik 50 % sjemenki utvrđen na koncentraciji od -0,50 MPa (17,9 d). Utvrđen biološki vodni potencijal za vrstu *Setaria glauca* za područje Šašinovečkog Luga iznosi -0,71 MPa. Utvrđena je statistički značajna razlika između biološkog minimuma „hrvatskog“ ekotipa u odnosu na „talijanski“ ekotip sivog muhara, dok nije utvrđena razlika u biološko vodnom potencijalu.

**Ključne riječi:** *Setaria glauca* L., sivi muhar, klijavost, biološki minimum, biološki vodni potencij



## Summary

Of the master's thesis – student **Ema Brijačak**, entitled

### **Biological germination parameters of weed species *Setaria glauca* L.**

Temperature and moisture are two most important parameters that are affecting emergence of the weed species yellow foxtail (*Setaria glauca*). The aim of this study was to estimate base temperature ( $T_b$ ) and base water potential ( $\Psi_b$ ), the parameters that are necessary for emergence of yellow foxtail. The seeds of the species *Setaria glauca* was collected on location Šašinovečki Lug in the autumn of 2017. The estimation emergence experiment was conducted at the beginning of March 2018 in the DAFNAE laboratory at the University of Padova. For the purpose of estimation of base temperature the seeds were seeded in the Petri dish and put in the climatic chambers with photoperiod of 12 h day and 12 h night on six constant temperatures: 4 °C, 8 °C, 12 °C, 16 °C, 20 °C and 24 °C. For the purpose of simulating water stress in the soil seven different concentrations of polyethylene glycol (PEG) solutions were used: -0,05, -0,10, -0,25, -0,38, -0,50, -0,80, -1,00 MPa and a control (0,00 MPa) covered only with distilled water. The yellow foxtail seeds were planted in plastic containers and placed in a climatic chamber at a constant temperature of 24 °C with a photoperiod of 12 h day and 12 h night. The results of the study indicate that with increasing temperatures from 4 °C to 24 °C the average emergence of species *Setaria glauca* is increasing too. With increasing temperatures, the time needed for 10 %, 50 % and 90 % seeds to emerge was shortened. By monitoring the germination dynamic of yellow foxtail on different temperature regimes, the base temperature was estimated to be 6,6 °C. The emergence of yellow foxtail was also different on different concentrations of polyethylene glycol. The highest total average germination was estimated on concentration of -0,25 MPa, while on concentrations of 0,00 MPa, -0,05 MPa and -0,10 MPa total average germination decreased (60, 63,3 i 62,8 %). By monitoring germination dynamics of yellow foxtail it was estimated that the time necessary for 50 % seeds to germinate is increasing with increasing concentration of polyethylene glycol solution. The shortest time period required for 50 % seeds to germinate was estimated on control treatment (3,5 d) while the largest number of days required for 50 % seeds to germinate was estimated on concentration of -0,50 MPa (17,9 d). The base water potential for weed species *Setaria glauca* in continental part of Croatia was determined to be -0,71 MPa. There was a statistically significant difference in base temperature of the “Croatian” ecotype compare to the “Italian” ecotype of yellow foxtail, while there was no difference in base water potential.

**Key words:** *Setaria glauca* L., yellow foxtail, germination, base temperature, base water potential

# 1. Uvod

Sivi muhar (*Setaria glauca* L.) je uskolisna korovna vrsta koja se redovito pojavljuje u svim okopavinskim usjevima kontinentalne RH. Također je česti problem u proljetnim usjevima lucerne i ostalim leguminozama, kao i u jarim žitaricama (Santleman i sur., 1963). Znatno smanjuje prinos soje (Staniforth, 1965), sirka (*Sorghum vulgare* Pers.) (Feltner i sur, 1969) i kukuruza (*Zea mays* L.) (Staniforth, 1957). Osim što smanjuje prinos, ova vrsta odgovorna je za povećane troškove čišćenja i često je alternativni domaćin za bolesti usjeva.

Postoji nekoliko razloga zbog kojih je vrsta *Setaria glauca* iznimno napasan korov. Samo jedna biljka sivog muhara može proizvesti oko 6 500 sjemenki koje mogu ostati vijabilne u tlu i do 15 godina (Stevens, 1932; Darlington, 1951; Dawson i Bruns, 1975). Osim toga, ukoliko raste u povoljnim uvjetima, ova biljka može završiti životni ciklus u manje od 30 dana (Forcella i sur., 1997). Ovako velika produkcija sjemena, dugovječnost sjemena i brzo plodonošenje osiguravaju opstanak (preživljavanje) vrste pri različitim uvjetima okoliša.

U većini okopavinskih usjeva suzbijanje vrste *Setaria glauca* provodi se herbicidima. Integrirano suzbijanje korova preporuča primjenu post-emergence herbicida na ponikle biljke, što međutim može biti zahtjevno s obzirom na određivanje optimalnog roka primjene herbicida. Naime, sposobnost klijanja ove vrste od ožujka pa sve do srpnja omogućuje biljci da izbjegne mjerama suzbijanja, nastavi kompeticiju s usjevom, proizvede sjeme i poveća banku sjemena koje u tlu može zadržati vijabilnost duži niz godina (Burnside i sur., 1996; Conn i sur., 2006). Naime, često se u poljoprivrednoj praksi događa da se herbicidi primjene prerano ili prekasno. Nakon ranije primjene herbicida, uslijedi novi ponik novih jedinki što iziskuje dodatno tretiranje. Nasuprot tome, prekasna aplikacija može polučiti slabiji učinak jer korovi tad prerastu razvojnu fazu u kojoj su osjetljivi na herbicidne pripravke (Šćepanović i sur., 2015). Hatton (1996) navodi da su odrasle biljke sivog muhara otpornije na s-metolaklor zbog povećane sposobnosti detoksikacije djelatne tvari u odnosu na mlađe razvojne stadije. Zbog toga je važno odabrati pravovremeni rok primjene herbicidnih sredstava. U tu svrhu su u poljoprivredno razvijenim zemljama izrađeni modeli prognoze dinamike klijanja korova u usjevu.

Glavni okolišni čimbenici koji određuju nicanje korova su temperatura i vlaga tla. Poznavajući navedene čimbenike i povezujući ih s biološkim svojstvima korovnih vrsta moguće je prognozirati početak i duljinu trajanja nicanja. U Republici Hrvatskoj trenutno nema razvijenih prognoznih modela nicanja korovnih vrsta. U Zavodu za herbologiju Agronomskog fakulteta tijekom 2012. započela su prva istraživanja bioloških parametara korovnih vrsta za usjeve kukuruza i soje. Do sad su utvrđene vrijednosti bioloških minimuma i biološkog vodnog potencijala za korovne vrste *Echinochloa crus-galli*, *Chenopodium album* (Magosso, 2013), *Abutilon theophrasti* (Šoštarčić, usmena komunikacija) te *Amaranthus retroflexus* (Šoštarčić, 2015). Osim za navedene, potrebno je utvrditi biološke parametre i za ostale ljetne korovne vrste koje se redovito javljaju u jarim usjevima.

Ovo istraživanje provedeno je s ciljem utvrđivanja biološkog minimuma i biološkog vodnog potencijala ljetne korovne vrste sivog muhara (*Setaria glauca* L.).

## 1.1. Hipoteze i ciljevi istraživanja

Temeljem pregleda literature formulirane su hipoteze istraživanja:

- klijavost i dinamika klijanja korovne vrste *Setaria glauca* bit će različita pri različitim temperaturama i različitim koncentracijama polietilen glikola (PEG)
- biološki parametri klijanja „hrvatskog ekotipa“ (lokalitet Šašinovečki Lug) neće se statistički razlikovati od „talijanskog ekotipa“ (lokalitet Legnaro)

Ciljevi istraživanja su za vrstu *Setaria glauca* s lokaliteta Šašinovečki Lug utvrditi:

- klijavost i dinamiku klijanja pri sedam različitih temperatura (4°C – 24 °C)
- biološki minimum ( $T_b$ ) za klijanje
- klijavost i dinamiku klijanja pri rasponu koncentracija polietilen glikola (PEG) (od 0,00 do -1,00 MPa)
- biološki vodni potencijal ( $\psi_b$ ) za klijanje
- usporediti biološke parametre klijanja „hrvatskog“ ekotipa i „talijanskog“ ekotipa korovne vrste *Setaria glauca* s ciljem utvrđivanja mogućnosti implementacije prognoznog modela nicanja korova *AlertInf* iz Italije u Hrvatsku

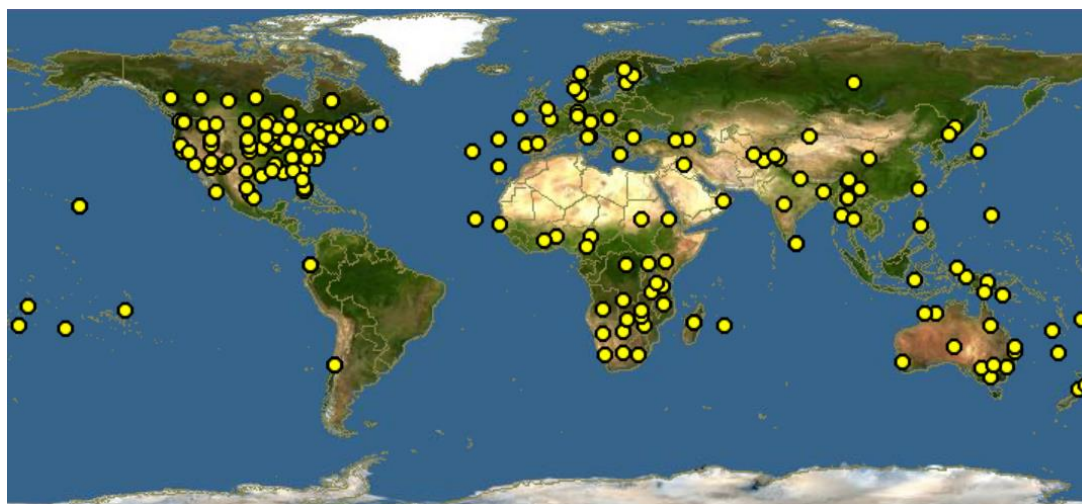
## 2. Pregled literature

*Setaria glauca* L. (SETPU)<sup>1</sup> je jednogodišnja biljna vrsta iz porodice trava (*Poaceae*). Prema Holmu i sur. (1997) od 76 najproblematičnijih korova na svijetu, njih 36, odnosno 40 % pripada porodici *Poaceae*. Ova porodica obuhvaća veliki broj rodova među kojima je i rod *Setaria*. Holm i sur. (1997) opisali su ovaj rod kao jednu od najštetnijih skupina korova koja ometa svjetsku poljoprivrednu proizvodnju.

Naziv roda *Setaria* potječe od latinskih riječi *seta* što znači nakostriješiti i *aria* što znači posjedovati, a što se odnosi na nakostriješen cvat<sup>2</sup>. Ostala znanstvena imena ove vrste su: *Setaria pumila* Poir., *Setaria lutescens* Weig. i *Setaria flava* Merr. Ime vrste *pumila* znači patuljak te se odnosi na veličinu biljke u usporedbi s ostalim biljkama iz ovog roda<sup>3</sup>. U Hrvatskoj je poznata pod nazivom sivi muhar (Šarić, 1978). Šulek (1879) u Jugoslavenskom imeniku biljaka navodi narodna nazivlja za vrste iz roda *Setaria*: muhar, muharika, mukar, muar, mohar, mušec. U engleskom govornom području ova vrsta poznata je pod nazivom yellow foxtail (Alex i sur., 1980), cat's tail grass i yellow bristlegrass (Dore i McNeill, 1980).

### 2.1. Rasprostranjenost i ekonomska važnost

*Setaria glauca* potječe iz Euroazije (Rousseau i Cinq-Mars, 1969). Ova vrsta je kozmopolit u područjima umjerenog pojasa (Ohwi, 1965). Holm i sur. (1997) navode da se areal rasprostranjenosti sivog muhara kreće između 55° sjeverne pa sve do 45° južne geografske širine (Slika 2.1). Ovakva široka rasprostranjenost upućuje na sposobnosti prilagođavanja vrste različitim klimatskim uvjetima (Steel i sur., 1983).



Slika 2.1. Areal rasprostranjenosti vrste *Setaria glauca*  
(izvor: [www.discoverlife.org](http://www.discoverlife.org))

<sup>1</sup> <https://gd.eppo.int/> pristupljeno: 3. studenog 2018

<sup>2</sup> [www.friendsofthewildflowergarden.org](http://www.friendsofthewildflowergarden.org) pristupljeno: 3. studenog 2018

<sup>3</sup> [www.friendsofthewildflowergarden.org](http://www.friendsofthewildflowergarden.org) pristupljeno: 3. studenog 2018

Ova sposobnost bi se mogla objasniti činjenicom da vrsta *Setaria glauca* ima povećan broj kromosoma, tj poliploida ( $2n=72$ ). Hulina (1998) navodi da postoji izravna veza između poliploidije i sposobnosti prilagodbe staništima za koja se općenito smatra da su ekološki nepovoljna. Autor također navodi da poliploidi imaju kolonizatorske sposobnosti i stoga su dobro zastupljeni na staništima koja su podložna čestim uznemiravanjima, npr. na oranicama. Osim na oranicama, ova vrsta je čest korov i na djetelištima, u vrtovima, voćnjacima, vinogradima, a česta je i na neobrađenim površinama (Šarić, 1978). Ostojić (2011) na temelju četrdesetogodišnjeg istraživanja na području kontinentalne Hrvatske utvrđuje da je vrsta *Setaria glauca* druga uskolisna vrsta po učestalosti u okopavinskim usjevima. Prisutna je i u proljetnim usjevima lucerne i ostalim leguminozama, kao i u jarim žitaricama (Santleman i sur., 1963). Kao korovna vrsta na poljoprivrednim površinama *Setaria glauca* može uspostaviti veliku gustoću po jedinici površine. Tako su Thomas i Wise (1982) utvrdili gustoću od 158 jedinki sivog muhara/m<sup>2</sup> u usjevu ječma i 68 biljaka/m<sup>2</sup> u pšenici. U Quebecu je 1980. godine vrsta *Setaria glauca* bila najrasprostranjeniji korov u zobi i ječmu (Deschenes i Doyon, 1982). Tada je utvrđena prosječna gustoća sivog muhara iznosila 29 biljaka/m<sup>2</sup> u zobi i 54 biljke/m<sup>2</sup> u usjevu ječma. Analizom banke sjemena neposredno pred sjetvu jare zobi na pokušalištu Agronomskog fakulteta Šašincev također je utvrđena velika prisutnost sjemenki iz roda *Setaria spp.* i to na dubini od 0 – 15 cm tla s gustoćom od 1 324 sjemenki/m<sup>2</sup>, što je rezultiralo i najvećim postotkom nicanja (56,7 %) ove vrste u usjevu jare zobi (Brijačak, 2016). Iako se radi o usjevima gustog sklopa velika zakorovljenost ovom vrstom može utjecati na pad prinosa, konkretno 600 biljaka sivog muhara/m<sup>2</sup> može smanjiti prinos pšenice i za 25 % (Morrison i sur., 1981).

Kao i kod većine korovnih vrsta za suzbijanje sivog muhara najviše se koriste herbicidi. Zbog toga je u posljednjih 25 godina pojava rezistentnosti korova na herbicide postao veliki problem. Dekker je još 2003. godine istaknuo pojavu rezistentnosti kod vrsta iz roda *Setaria* kao problem koji traje desetljećima. Adamczewski (1979) je utvrdio rezistentost sivog muhara na diklofop-metil, a Caramete i sur. (1979) na atrazin. Otkad su se triazini u Austriji u usjevima kukuruza počeli učestalo koristiti sivi muhar je postao iznimno veliki problem (Mixner, 1981). Ova tvrdnja je vezana i uz činjenicu da je atrazin uspješno suzbijao jednogodišnje širokolisne korove, a propuštao (i omogućio veće razmnožavanje) jednogodišnjim travama. Slična pojava zabilježena je i u Quebecu gdje su se površine na kojima se uzgajao kukuruz udvostručile, nakon čega je uslijedila i masovna uporaba triazina, a time i pojava rezistentnih biotipova sivog muhara (Deschenes i Doyon, 1982). Prema HRAC<sup>4</sup> (Herbicide resistance action committee) utvrđena je rezistentnost sivog muhara na atrazin u usjevu kukuruza u Francuskoj (1981), Ontariu (1981), Španjolskoj (1987) i Marylandu (USA) (1984). Osim na atrazin, u Marylandu je u usjevu kukuruza 1984. utvrđena rezistentnost i na cijanazin i simazin, dok je 1997. u Minesoti (USA) utvrđena rezistentnost sivog muhara u usjevu soje na imazapir.

## 2.2. Morfološka obilježja sivog muhara

*Setaria glauca* je jednogodišnja uskolisna biljka visoka 10 – 90 cm (slika 2.2) s vlati na kojoj se razlikuju nodiji i internodiji (Hulina, 1998). Vlat sivog muhara je glatka i pri vrhu

---

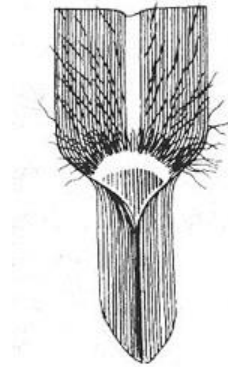
<sup>4</sup> <https://hracglobal.com> pristupljeno: 15. prosinac 2018.

gruba, a nosi listove koji su naizmjenično raspoređeni. Listovi su dugi 6 – 30 cm, široki 4 – 8 mm. Svjetlozelene su boje, glatki ili malo dlakavi pri osnovi. Rukavac je gladak (Šarić, 1978). Na prijelazu iz rukavca u plojku kod većine trava nalazi se kožasta opna tzv. jezičac ili ligula. Kod ove vrste jezičac je nadomješten vjenčićem finih dlačica te je sivog muhara prema ovoj morfološkoj karakteristici najlakše izdvojiti od ostalih trava (slika 2.3)

Cvat sivog muhara je gusta klasoidna metlica duga 3 – 7 cm (Šarić, 1978). Duge metlice na cvatu štite sjemenke od predatora te pomažu u njihovom širenju (Steel i sur., 1983). Cvat je prvo zelen, a kasnije požuti (slika 2.4). Cvjetanje traje od lipnja do rujna (Šarić, 1978). Sivi muhar je samooplodna vrsta što se može zaključiti prema činjenici da se sjeme počinje formirati prije nego se cvat pojavi iz postranih vlata (Lee, 1979). Peters i sur. (1961) proučavajući brojnost sjemenki po biljci u Novoj Engleskoj (SAD) utvrdili su 180 sjemenki po klasu sivog muhara. Također su utvrdili da se broj klasova po biljci kreće od 3 do 47 ovisno o uvjetima u kojima biljka raste. Prema tome, jedna biljka sivog muhara proizvede od 540 do 8460 sjemenki godišnje (slika 2.5). Težina 1000 sjemenki vrste *Setaria glauca* je oko 3 grama (Šarić, 1978).



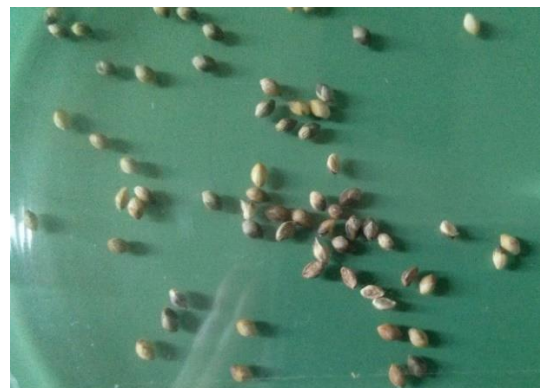
Slika 2.2. Odrasla biljka sivog muhara  
(Izvor: [www.discoverlife.org](http://www.discoverlife.org))



Slika 2.3. Prijelaz rukavca u plojku  
okružen vjenčićem finih dlačica  
(Izvor: [www.msuturfweeds.net](http://www.msuturfweeds.net))



Slika 2.4. Klasoidna metlica sivog muhara  
(Izvor: [m.farms.com](http://m.farms.com))



Slika 2.5. Sjeme vrste *Setaria glauca*  
(Izvor: E. Brijačak)

### 2.3. Klijanje sivog muhara

Na klijanje sjemena utječu brojni unutarnji i vanjski čimbenici. Dormantnost sjemena je glavni unutarnji čimbenik koji utječe na klijanje sivog muhara. Već tijekom sazrijevanja na majčinskoj biljci sjemenke sivog muhara su uglavnom potpuno dormantne (Povialitis, 1956). Dormantnost gube ubrzo nakon skladištenja u hladnim i vlažnim uvjetima, dok sjemenke uskladištene na suhim i toplim mjestima znatno sporije gube dormantnost (Steel i sur., 1983). Peters i Yokum (1961) utvrdili su 5 %-tnu klijavost nakon što su bile pohranjene na suho mjesto 3 – 5 mjeseci. Nasuprot tome, Povilaitis (1956) je utvrdio klijavost od 90 % nakon 4 mjeseca skladištenja u suhim uvjetima. Nemogućnost sorpcije vode kroz perikarp glavni je čimbenik koji prijeći klijanje sjemena odmah nakon dozrijevanja na majčinskoj biljci (Steel i sur., 1983). Kemijska skarifikacija potapanjem sjemena sivog muhara u sumpornu kiselinu na 30 minuta pospješuje klijanje kao i mehanička skarifikacija perikarpa brusnim papirom (Peters i Yokum, 1961). Potapanje sjemena u otopinu kalijeva nitrata (1 – 2 %), a naročito kod onog sjemena koje je ranije bilo skarificirano, također povećava klijavost (Peters i sur., 1963).

Nedormantno sjeme vrste *Setaria glauca* često razvije sekundarnu dormantnost ukoliko okolišni čimbenici nisu povoljni za klijanje (Dawson i Bruns, 1975). Na primjer, sjeme ove vrste koje je ostalo u tlu do sredine lipnja ne klije zbog visokih temperatura u ljetnim mjesecima (Povialitis, 1956). Vijabilnost sjemena sivog muhara traje nešto više od 10 godina iako to ovisi i o položaju sjemena u tlu (Dawson i Bruns, 1975). Tako sjeme sivog muhara koje se nalazi na površini tla gubi vijabilnost ranije nego ono sjeme koje je zakopano u tlu (Banting i sur. 1973; Thomas i sur., 1986). Zbog manje količine kisika sjeme u dubljim slojevima tla produljuje dormantnost, vijabilnost i dugovječnost (Banting i sur. 1973; Dekker i Hargrove, 2002; James, 1968).

Osim unutarnjih čimbenika na klijanje sivog muhara utječu i brojni vanjski odnosno okolišni čimbenici kao što su tip tla, pH tla, temperatura i vlaga u tlu. Sjeme sivog muhara neće iz plitkog sloja tla, odnosno s dubine 1 – 5 cm. Najveći broj sjemenki sivog muhara neće na dubinama od 1,5 do 2,5 cm. Broj proklijalih sjemenki smanjuje se s povećanjem dubine. Na dubini većoj od 14 cm nije utvrđena klijavost ove vrste (Buhler, 1995; Buhler i Mester, 1991; Dawson i Bruns, 1962). Podatci iz literature ukazuju i na činjenicu da sivi muhar ne klije s površine tla. Što se tiče tipa tla, *Setaria glauca* raste na različitim tipovima tala, od glinenih do pjeskovitih s pH vrijednošću od 6,1 do 8,0 (Dekker, 2003). Promjenjiv fotoperiod za vrijeme nicanja također ima važan utjecaj na rast i razvoj ove vrste.

Temperatura je vjerojatno najvažniji faktor koji utječe na klijanje (Baskin i Baskin, 1988). Optimalna temperatura za klijanje vrste *Setaria glauca* kreće se između 20 i 25 °C (Banting i sur., 1973; Blackshaw i sur., 1981). Biološki minimum ( $T_b$ ) je najniža temperatura potrebna za klijanje neke vrste, odnosno pri temperaturama nižim od biološkog minimuma izostaje nicanje (Gummerson, 1986). Laboratorijskim istraživanjem na sjemenu sivog muhara iz Kalifornije utvrđena vrijednost biološkog minimuma iznosila je 5,6 °C (Steinmaus i sur., 2000) iako su utvrđene značajne razlike u klijanju između različitih ekotipova sivog muhara. Vrijednost biološkog minimuma za klijanje sivog muhara za područje Europe (Pisa, Italija) bila je znatno viša i iznosila je 10,4 (Masin i sur., 2010). Ovakvi rezultati ukazuju da se temperaturni zahtjevi potrebni za nicanje korovne vrste mogu razlikovati i za različite biotipove unutar iste vrste.

Količina dostupne vlage u tlu je uz temperaturu najvažniji čimbenik koji utječe na klijanje. Prisutnost vode je nužna za pokretanje enzimskih procesa u embriju i početak klijanja. Međutim, kod mnogih dormantnih sjemenki, uvjeti vlažnosti tla za klijanje se znatno razlikuju. Naime, biološki vodni potencijal ( $\Psi_b$ ), odnosno minimalna količina vlage u tlu koja je potrebna za klijanje (Gummerson, 1986) varira ovisno o uvjetima tla i specifičnim zahtjevima pojedine vrste. Iako je klijanje sjemena svih korovnih vrsta ograničeno u sušnim uvjetima, ipak postoje razlike među korovnim vrstama (Lemić i sur., 2014). Podatci iz literature navode da sjeme sivog muhara za klijanje zahtjeva određenu količinu vlage, ali i da ima visoku razinu tolerancije na promjenjive uvjete vlage u tlu (King 1952; Manthey i Nalawaja 1987). Vodni potencijal pri kojem sjeme klije za vrstu *Setaria glauca* utvrdila je tek nekolicina znanstvenika, te se u literaturi navodi vodni potencijal sivog muhara od -0,69 MPa (Masin i sur., 2010) do -0,93 MPa (Masin i sur., 2005).

## 2.4. Modeli prognoze zakorovljenosti poljoprivrednih usjeva

U cilju smanjenja uporabe pesticida, odnosno zbog prelaska s konvencionalne na integriranu poljoprivrednu proizvodnju, sve više se razvija mogućnost prognoze zakorovljenosti poljoprivrednih usjeva. Na temelju prognoze kada će korov početi nicati i koliko će trajati razdoblje nicanja može se odrediti optimalno vrijeme suzbijanja nekom od dostupnih metoda suzbijanja. Iako su zemljišni herbicidi (pre-emergence) dugo bili glavnim načinom suzbijanja korova, njihova primjena često nije bila opravdana jer se isti koriste bez poznavanja sastava korovne flore i njihove gustoće na pojedinoj parceli (Lemieux i sur. 2003). Integrirano suzbijanje korova nameće post-emergence primjenu herbicida što podrazumijeva suzbijanje korova nakon njihovog ponika u usjevu. Dakle, odabir herbicida se temelji na poznavanju sastava iznikle korovne flore na parceli te će herbicid prskan nakon nicanja biti usvojen i putem lista i putem korijena (ako ga kiša donese u zonu korijena). Zbog ove činjenice, u post-em roku moguće je umanjiti propisane dozacije herbicida (a time i ekološke i ekonomske troškove) u odnosu na dozacije koje se primjenjuju na golo tlo u pre-sowing i pre-emergence roku (Barić i sur., 2014).

Do sad nije razvijen ni jedan moderan stroj koji bi bio u mogućnosti predvidjeti vrijeme ponika korovnih vrsta. Naime, svaka korovna vrsta ima specifičnu dinamiku nicanja odnosno početak i razdoblje nicanja u usjevu. Za neke vrste razdoblje nicanja traje vrlo kratko (nekoliko tjedana), dok za druge može trajati puno duže (mjesecima) (Ogg i Dawson, 1984). Kad bi sve sjemenke korova nicale istovremeno, njihovo suzbijanje bio bi vrlo jednostavan zadatak (Davis i sur. 2008). Međutim, korovi niču u različito vrijeme i različitom dinamikom što im omogućuje da izbjegnu mjerama suzbijanja, proizvedu sjeme i stvore banku sjemena koja u tlu može zadržati vijabilnost duži niz godina (Burnside i sur., 1996; Conn i sur., 2006). Često se u poljoprivrednoj praksi događa da se herbicidi primjene prerano ili prekasno. Nakon rane primjene herbicida, često slijedi ponik novih jedinki korova što iziskuje dodatno tretiranje. Nasuprot tome, kasnija aplikacija može polučiti slabiji učinak jer korovi prerastu razvojnu fazu u kojoj su osjetljivi na herbicidne pripravke (Šćepanović i sur., 2015). U svrhu pravovremene procjene tretiranja, u poljoprivredno razvijenim zemljama, razvijeni su modeli prognoze dinamike nicanja korova u usjevu. Na temelju prognoze kada će korovi početi nicati i koliko će



trajati razdoblje nicanja, može se odrediti optimalno (precizno) vrijeme suzbijanja korova i dati odgovor na pitanje „kada“ je potrebno primijeniti herbicid.

Dosadašnjim istraživanjima utvrđeno je da korovne biljke iskazuju određenu pravilnost u nicanju (Hartzler i sur., 1999; Ogg i Dawson 1984; Stoller i Wax, 1973). U istraživanju provedenom u Iowi, šćir (*Amaranthus rudis* Sauer.), europski mračnjak (*Abutilon theophrasti* Medikus.) i svi muhar (*Setaria glauca* L.) iskazali su pravilnost u nicanju kroz sve tri godine istraživanja (Hartzel i sur., 1999). Upravo je ta pravilnost („shema“) u nicanju, uz poznavanje bioloških parametara klijanja i nicanja, osnova za izradu prognoznog modela. Naime, glavni okolišni čimbenici koji određuju nicanje korova su temperatura i vlaga tla. Stoga je poznavajući navedene čimbenike u interakciji s biološkim svojstvima korovnih vrsta moguće prognozirati početak i duljinu nicanja.

S obzirom na postupak izrade, razlikuju se fenološki, empirijski i mehanistički modeli prognoze nicanja korova. Mehanistički modeli su najperspektivniji u prognoziranju nicanja jer obuhvaćaju procese unutar sjemenke i okolišne uvjete koji su uključeni u proces nicanja: svjetlost, dubina sjemenke u tlu, odnos CO<sub>2</sub> i O<sub>2</sub>, temperatura tla, količina vlage u tlu, starost sjemenke, fiziologija sjemenke i dormantnost (Forcella i sur., 2000).

Prvi korak u izradi mehanističkog prognoznog modela klijanja je utvrđivanje bioloških parametara (biološki minimum klijanja i biološki vodni potencijal) potrebnih za klijanje pojedine korovne vrste. Druga faza izrade mehanističkog modela obuhvaća praćenje dinamike klijanja korovnih vrsta u polju uz istovremeno praćenje vremenskih prilika (temperatura i vlaga tla). Zadnja faza izrade modela se odnosi na testiranje valjanosti modela korištenjem istog za predviđanje nicanja u polju. U svijetu je trenutno komercijalno dostupno nekoliko mehanističkih modela temeljenih na konceptu zbroja vodno–toplinskih jedinica. To su: *WeedTurf* i *AlertInf* u sjevernoj Italiji, (Masin i sur., 2008), *WeedCast* u SAD-u (Archer i sur., 2001) i *Weedem* u Australiji (Walsh i sur., 2002).

S obzirom da u Hrvatskoj trenutno nema razvijenih prognoznih modela klijanja te zbog toga što je njihova izrada dugotrajna i kompleksna, proučava se mogućnost uvođenja već postojećih modela za naše proizvodno područje. Na Zavodu za herbologiju 2013. započeta su istraživanja mogućnosti transfera prognoznog modela *AlertInf* (Italija) za hrvatsko proizvodno područje (Šćepanović i sur., 2016). *AlertInf* prognozni model nicanja razvijen je na Sveučilištu u Padovi, a namijenjen je prognozi nicanja najvažnijih ljetnih korova za proizvođače kukuruza i soje na području regije Veneto u Italiji. Posljednjih desetak godina model je dostupan talijanskim proizvođačima u obliku softverskog alata. Primjena modela je jednostavna za korištenje te proizvođači unošenjem podataka o datumu sjetve, o vremenskim prilikama s najbliže meteorološke stanice i korovnih vrsta koje se nalaze na parceli, mogu procijeniti optimalni rok provedbe tretiranja. Model *AlertInf* na temelju navedenih podataka izračunava postotak izniklih korova od ukupnog broja koji će niknuti do kraja sezone. Na osnovi toga proizvođači mogu prilagoditi tretiranje kako bi jednom aplikacijom obuhvatili što veći broj poniklih jedinki korova u usjevu, odnosno s ciljem da jednom aplikacijom obave suzbijanje (Šćepanović i sur., 2016).

Za područje kontinentalne Hrvatske nisu utvrđeni biološki parametri klijanja sivog muhara. Da bi se model *AlertInf* mogao interpolirati za ovu vrstu potrebno je provjeriti da li se ekotipovi sivog muhara s područja gdje je model razvijen (Veneto) i područja u koje se unosi (kontinentalna Hrvatska) podudaraju.

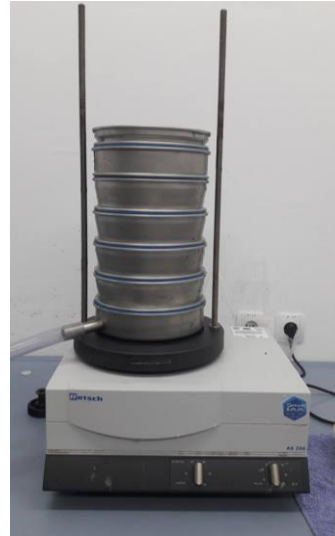
### 3. MATERIJALI I METODE RADA

#### 3.1. Prikupljanje sjemena vrste *Setaria glauca*

Sjeme vrste *Setaria glauca* prikupljeno je na lokaciji Šašinovečki Lug u jesen 2017. Prikupljeno sjeme očišćeno je od primjesa uz pomoć improviziranog gumenog čistača (slika 3.1) i elektromehaničke sitotreskalice (slika 3.2) na Zavodu za herbologiju Agronomskog fakulteta. Očišćeno sjeme je čuvano do provođenja pokusa u rashladnoj komori na temperaturi od 4 °C.



Slika 3.1. Gumeni čistač sjemena  
(Izvor: E. Brijačak)



Slika 3.2. Elektromehanička sitotreskalica  
(Izvor: E. Brijačak)

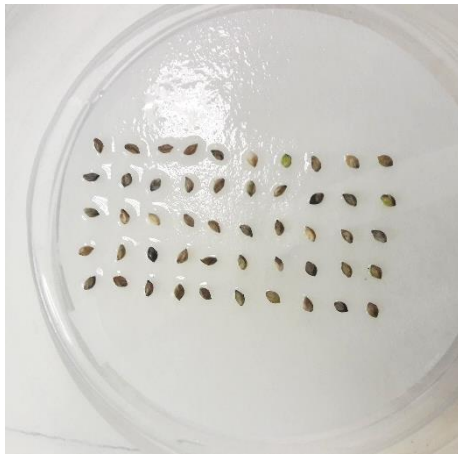
#### 3.2. Utvrđivanje klijavosti vrste *Setaria glauca*

Prije postavljanja pokusa proveden je test klijavosti prikupljenog sjemena vrste *Setaria glauca* u laboratoriju Sveučilišta u Padovi, Department of Agronomy, Food, Natural resources, Animals and Environment (DAFNAE). Sjeme ove vrste posijano je u Petrijeve zdjelice na dnu kojih se nalazio filter papir prekriven s 2 mL destilirane vode. Posijano je 50 sjemenki u tri ponavljanja. Petrijeve zdjelice stavljene su u klima komoru na konstantnu temperaturu od 25 °C s fotoperiodom 12 h noć i 12 h dan. Deset dana nakon sjetve utvrđena je klijavost korovnih vrsta. Prosječna klijavost za vrstu *Setaria glauca* iznosila je 91 % što je bilo zadovoljavajuće za provođenje daljnjih pokusa.

#### 3.3. Utvrđivanje biološkog minimuma temperature za klijanje sivog muhara

Početkom ožujka 2018. postavljen je pokus utvrđivanja klijavosti sivog muhara u DAFNAE laboratoriju Sveučilišta u Padovi. Sjeme ove vrste posijano je u Petrijeve zdjelice na filter papir potopljen s 2 mL destilirane vode (slika 3.3) te je stavljeno u klima komoru s fotoperiodom od 12 h dan i 12 h noć (slika 3.4). Sjeme je postavljeno istovremeno na šest konstantnih temperatura: 4 °C, 8 °C, 12 °C, 16 °C, 20 °C i 24 °C. Početna temperatura za ovu

vrstu određena je pregledom najniže utvrđenog biološkog minimuma drugih autora (Noris i Schoner, 1980). Na svakoj temperaturi posijano je po 50 sjemenki muhara u 5 repeticija.



Slika 3.3. Posijano sjeme u Petrijevoj zdjelici  
(Izvor: E. Brijačak)



Slika 3.4. Sjeme u klima komori  
(Izvor: E. Brijačak)

Klijavost je provjeravana jednom dnevno na svim temperaturama. Proklijalim sjemenom smatrano je ono sjeme kod kojeg je bila vidljiva radikula veličine 1 mm i više (slika 3.5). Takvo proklijalo sjeme uklanjano je iz Petrijeve zdjelice. U slučaju da je pri određenoj temperaturi zabilježen prestanak nove klijavosti deset kontinuiranih dana, praćenje na toj temperaturi je završeno.



Slika 3.5. Proklijalo sjeme vrste *Setaria glauca*  
(Izvor: E. Brijačak)

### 3.4. Utvrđivanje biološkog vodnog potencijala

S ciljem utvrđivanja minimalnog vodnog potencijala vrste *Setaria glauca*, u prostorijama DAFNAE-a pripremljene su različite koncentracije otopine polietilen glikola (PEG). PEG je dugolančani inertni neionski polimer:  $\text{HO-CH}_2\text{-(CH}_2\text{-O-CH}_2\text{)}_n\text{-CH}_2\text{-OH}$  (Couperi i Eley, 1948). Kako se za molekulu PEG-a ne očekuje brzo prodiranje u unutrašnjost biljnog tkiva (Nepomuceno i sur., 1998.), a za PEG s  $M_r \geq 6000$  je ustanovljeno da ne može prodrijeti kroz pore stanične stijenke (Carpita i sur., 1979), PEG se često koristi kao medij u laboratorijskim

istraživanjima za postizanje otopina željenog osmotskog potencijala (Kaufmann, 1969, Parmar i Moore, 1966, Thill i sur., 1979). Obzirom da PEG ne ulazi u apoplast, otopine PEG-a se koriste za „oponašanje“ suše u tlu i to u većoj mjeri nego li otopine osmolita niže relativne molekulske mase (Verslues i sur., 1998).

Za potrebe ovog eksperimenta pripravljeno je sedam različitih koncentracija otopina PEG-a sljedećih vodnih potencijala: -0,05, -0,10, -0,25, -0,38, -0,50, -0,80, -1,00 MPa (Michel i Kaufmann, 1973). Za navedene vodne potencijale upotrijebljena je sljedeća količina polietilen glikola: 23,5 g (-0,05 MPa), 37,0 g (-0,10 MPa), 65,0g (-0,25 MPa), 83,5g (-0,38 MPa), 98,5g (-0,50 MPa), 127,5g (-0,80 MPa), 144,5g (-1,00 MPa) pomiješano s 0,5 litara destilirane vode (slika 3.6).



Slika 3.6. Pripravljane različite koncentracije otopine polietilen glikola  
(Izvor: E. Brijačak)

Kontrolni tretman sadržavao je sjeme istraživanih vrsta položene na filter papir prekriven samo destiliranom vodom. Sjeme je posijano u plastične posude promjera 10 cm i dubine 7 cm, na filter papir u 35 mL destilirane vode, odnosno PEG otopine (slika 3.7, 3.8), u pet repeticija po 50 sjemenki. Plastične posude sa sjemenkama korovnih vrsta održavane su na konstantnoj temperaturi od 24 °C sa fotoperiodom od 12 h dan i 12 h noć.



Slika 3.7. Destilirana voda i otopina PEG-a  
(Izvor: E. Brijačak)



Slika 3.8. Posijano sjeme u posudici  
(Izvor: E. Brijačak)

### 3.5. Statistička obrada podataka

Podaci o ukupnoj klijavosti korovne vrste *Setaria glauca* pri temperaturama od 4 °C do 24 °C te o ukupnoj klijavosti pri koncentracijama polietil glikola od -0,05 do 1,00 MPa obrađeni su u statističkom programu SAS (SAS Institut, 1997). Nakon signifikantnog F-testa, za usporedbu srednjih vrijednosti korišten je LSD test za  $P=0,05$ .

Dobiveni podaci o dnevnom utvrđivanju klijavosti istraživane korovne vrste po tretmanima (temperaturama i polietilen glikol koncentracijama) korišteni su za prikaz dinamike klijanja koristeći logističku funkciju u statističkom programu Bioassay97 (Onofri, 2001). Utvrđeno je vrijeme (broj dana) potrebno za ponik 10, 50 i 90 % sjemena ( $t_{10}$ ,  $t_{50}$  i  $t_{90}$ ). Za utvrđivanje biološkog minimuma klijanja i vodnog potencijala korišten je linearni regresijski pravac po Bootstrap metodi (Efron, 1979) koristeći logaritam od 50 % klijavosti ( $1/t_{50}$ ) pri svim istraživanim temperaturama. Biološki minimum i biološki vodni potencijal je vrijednost na regresijskom grafikonu gdje pravac siječe os x (istraživane temperature i koncentracije PEG-a).

Posljednji korak analize dobivenih rezultata sastoji se od usporedbe biološkog minimuma i biološkog vodnog potencijala „hrvatskog“ ekotipa sivog muhara dobivenih u ovom istraživanju s biološkim minimumom i vodnim potencijalom „talijanskog“ ekotipa iste korovne vrste utvrđenim u istraživanjima (Masin i sur., 2005, 2010). Granice pouzdanosti bioloških parametara klijanja označavaju krajnje točke unutar kojih se nalazi interval pouzdanosti (gornja i donja granica pouzdanosti). Ukoliko će se područje intervala pouzdanosti za „hrvatski“ i „talijanski“ ekotip podudarati smatrat će se da nema razlike između ova dva ekotipa i obrnuto (Masin i sur., 2010).

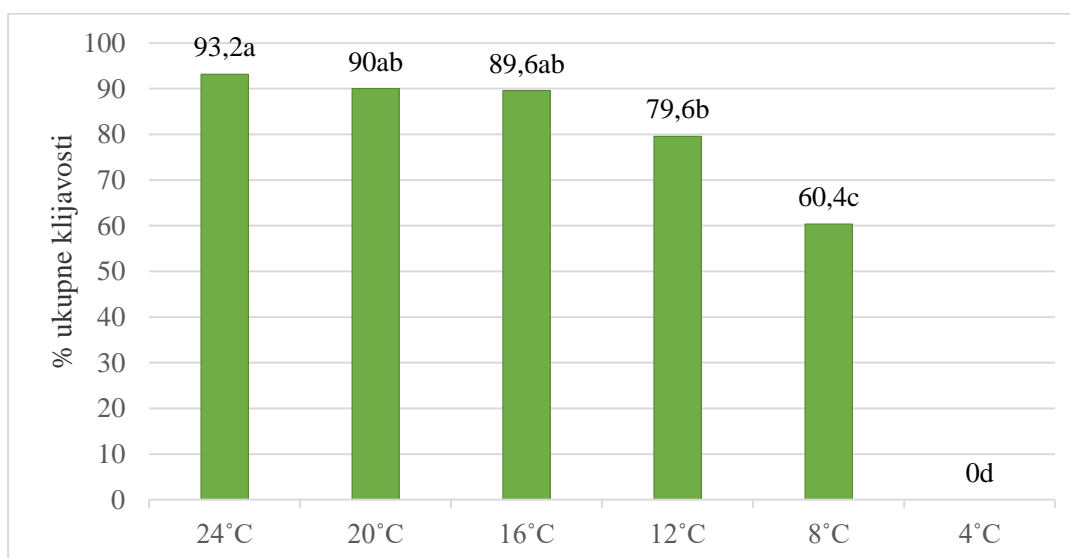
## 4. Rezultati rada

Rezultati rada prikazani su prema ciljevima istraživanja:

- ukupna klijavost sivog muhara pri istraživanim temperaturama
- dinamika klijanja sivog muhara pri istraživanim temperaturama
- biološki minimum za vrstu *Setaria glauca*
- ukupna klijavost sivog muhara pri različitim koncentracijama polietilen glikola
- dinamika klijanja sivog muhara pri istraživanim koncentracijama polietilen glikola
- biološki vodni potencijal za vrstu *Setaria glauca*
- usporedba bioloških parametara „hrvatskog“ i „talijanskog“ ekotipa vrste *Setaria glauca*

### 4.1. Klijavost korovne vrste *Setaria glauca* pri istraživanim temperaturama

Rezultati prosječne klijavosti istraživane korovne vrste pri temperaturama od 4 – 24 °C prikazani su u grafikonu 4.1.



Grafikon 4.1. Ukupna klijavost vrste *Setaria glauca* pri istraživanim temperaturama

\*vrijednosti označene istim slovima međusobno se ne razlikuju  
LSD = 10,75

Iz grafikona 4.1. vidljivo je kako povećanjem temperature s 4 °C na 24 °C raste i prosječna klijavost vrste *Setaria glauca*, iako između 16 °C i 24 °C klijavost se nije statistički značajno razlikovala. Najveća prosječna klijavost utvrđena je pri temperaturama od 16 – 24 °C (89,6 do 93,2 %). Na ostalim istraživanim temperaturama (4 – 12 °C) klijavost sjemenja je bila niža, iako je pri temperaturi od 12 °C utvrđeno čak 79,6 % klijavog sjemenja i razlika u klijavosti nije bila statistički opravdana u odnosu na 16 °C i 20 °C. Nešto manja ali i dalje relativno visoka ukupna klijavost utvrđena je pri temperaturi od 8 °C gdje je utvrđeno 60,4 % klijavog sjemenja. Na najnižoj postavljenoj temperaturi (4 °C) nije proklimala nijedna sjemenka muhara.

## 4.2. Dinamika klijanja korovne vrste *Setaria glauca* pri istraživanim temperaturama

Rezultati dinamike klijanja ukazuju na brzinu klijanja muhara pri različitim istraživanim temperaturama. Dinamika klijanja obrađena je prema Biostat97 modelu, a analiza varijance za procijenjeni broj dana (ED) potrebnih za ponik 10 %, 50 % i 90 % posijanih sjemenki prikazani su u tablici 4.1.

Tablica 4.1. Rezultati analize varijance za ED 10, ED 50 i ED 90

Izvor varijabilnosti	F <sub>exp</sub>			
	<i>Setaria glauca</i>			
	n-1	ED <sub>10</sub>	ED <sub>50</sub>	ED <sub>90</sub>
Temperatura	4	99,76**	117,25**	108,50**
Greška	16			

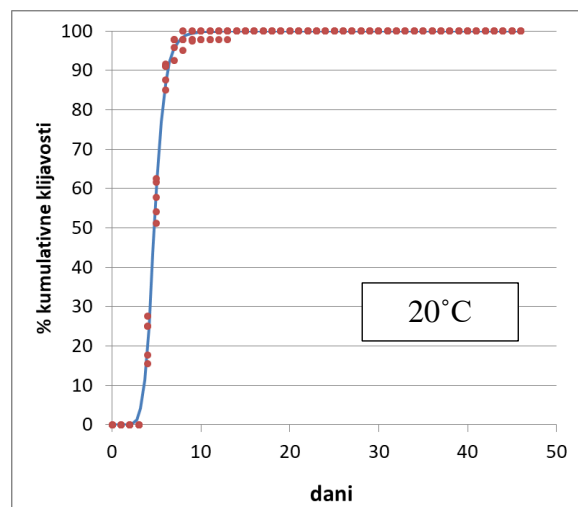
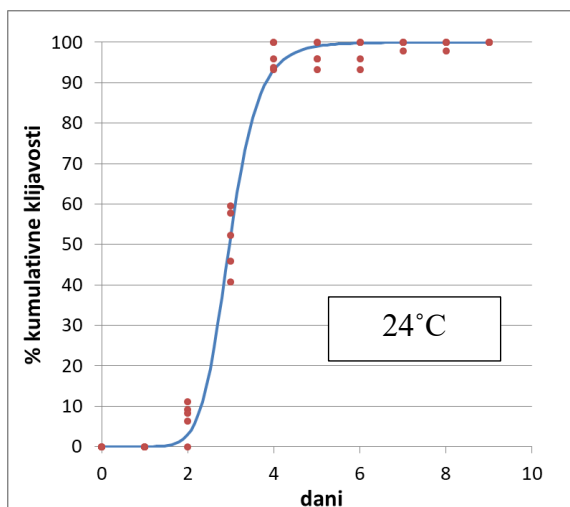
\*\*značajna statistička razlika uz P=0,01

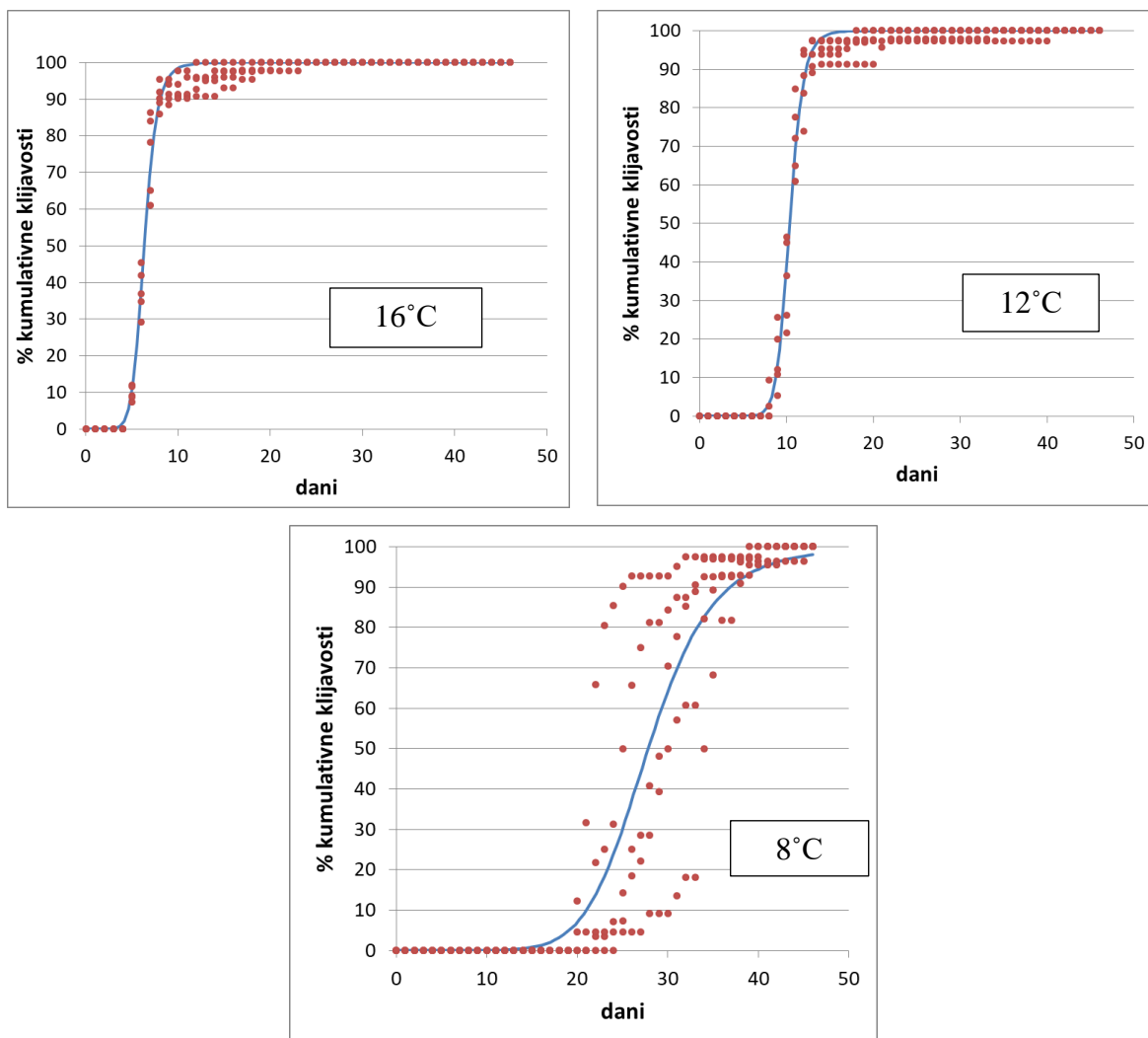
ED<sub>n</sub>-procijenjena brzina klijanja

Iz navedenih rezultata analize varijance vidljivo je da je kroz sve parametre utvrđena statistički značajna razlika između broja dana (d) potrebnih za ponik 10 %, 50 % i 90 % sjemenki vrste *Setaria glauca*.

Dinamika klijanja korovne vrste *Setaria glauca* prikazana je za istraživane temperature (8 °C, 12 °C, 16 °C, 20 °C, 24 °C) pri kojima je bilo moguće izraditi krivulju dinamike klijanja. Osim na temperaturi od 4 °C gdje nije proklijala nijedna sjemenka muhara.

Utvrđena dinamika klijanja na istraživanim temperaturama za svih pet repeticija prikazana je u grafikonima 4.2. – 4.6. Odnos između temperature i klijavosti sjemenka opisan je dvoparametarskom logističkom funkcijom za sve istraživane temperature. Utvrđena klijavost pri različitim temperaturama za svih pet repeticija u grafikonima je prikazana u obliku točki dok puna linija predstavlja model očekivane klijavosti utvrđen logističkom funkcijom.





Grafikon 4.2. – 4.6. Dinamika klijanja korovne vrste *Setaria glauca* pri istraživanim temperaturama (24 °C , 20 °C, 16 °C, 12 °C, 8 °C)

Iz priloženih grafikona je vidljivo da se povećanjem temperature smanjuje broj dana (d) potrebnih za ponik 10 %, 50 % i 90 % posijanih sjemenki. Najmanji broj dana za početak nicanja, odnosno ponik 10 % sjemenki utvrđen je na temperaturi od 24 °C (2,2 d), dok je najviše dana za početni ponik bilo potrebno na temperaturi od 8 °C (24,2 d). Na ostalim temperaturama (12 – 20 °C) početni ponik je uslijedio relativno brzo (3,6 – 8,8 d) i nije se statistički razlikovao od broja dana potrebnih za ponik 10 % sjemenki na najvišoj istraživanoj temperaturi (24 °C).

Najkraće razdoblje potrebno za klijanje 50 % sjemenki vrste *Setaria glauca* utvrđeno je na temperaturi od 24 °C (2,9 d), dok je najdulje razdoblje ponika 50 % sjemenki utvrđeno pri temperaturi od 8 °C (27,9 d). Na temperaturama od 20 °C (4,7 d) i 16 °C (6,3 d) ponik je slijedio brže nego na nižim temperaturama, te se na temperaturi od 16 °C statistički razlikovao od razdoblja potrebnog za klijanje 50 % sjemenki na najvišoj istraživanoj temperaturi (24 °C). Na temperaturi od 12 °C (10,3 d) ponik je slijedio sporije te se statistički značajno razlikovao od razdoblja potrebnog za klijanje 50 % sjemenki na višim temperaturama.

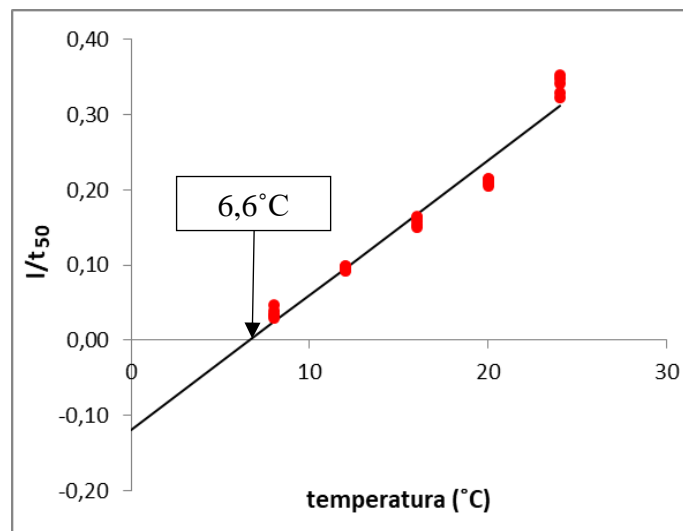
Završetak klijanja, odnosno ponik 90 % sjemenki sivog muhara očekivano je najbrže uslijedio na temperaturi od 24 °C (3,8 d), dok je na temperaturi od 8 °C (32,3 d) bilo potrebno najdulje razdoblje za završetak klijanja. Na ostalim temperaturama (12 – 20 °C) ponik je



uslijedio relativno brzo (6,2 – 12,2 d), ali je utvrđena statistički značajna razlika u odnosu na broja dana potrebnih za ponik 10 % sjemenki na najvišoj istraživanoj temperaturi (24 °C).

### 4.3. Biološki minimum za vrstu *Setaria glauca*

Regresijska analiza svih istraživanih temperatura za korovnu vrstu *Setaria glauca* napravljena je pomoću logaritamske ( $1/t_{50}$ ) vrijednosti, te je na taj način utvrđen biološki minimum, odnosno minimalna temperatura koja je potrebna istraživanim korovnim vrstama da bi prokljale. Regresijski pravac za ovu vrstu prikazan je u grafikonu 4.7.

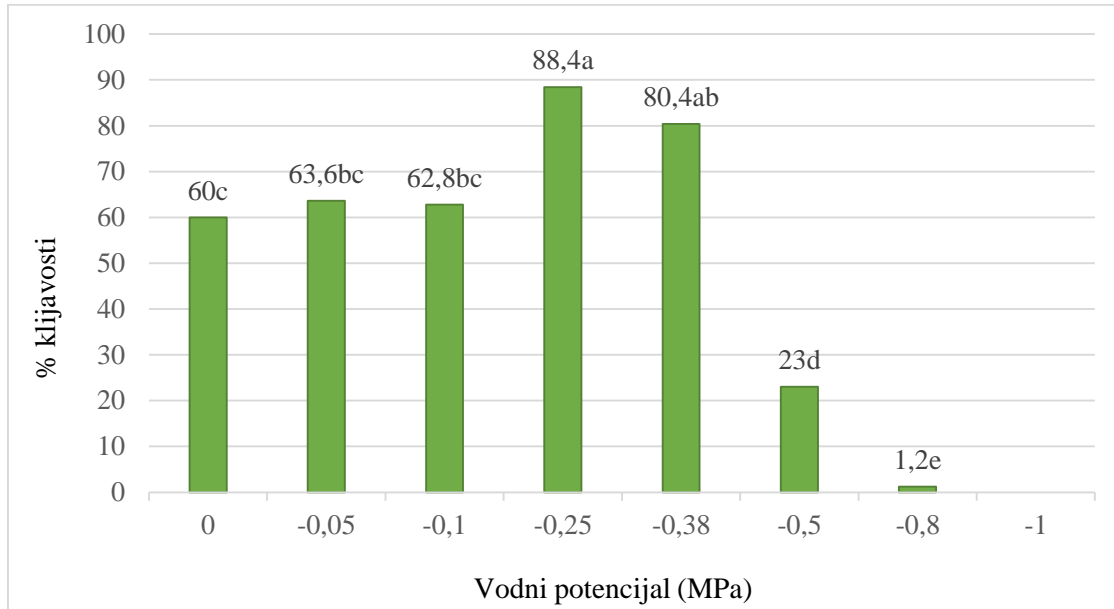


Grafikon 4.7. Regresijski pravac vrste *Setaria glauca* ( $y=0,018x-0,1193$ ,  $r^2=0,96$ ) s točkama koje predstavljaju utvrđene log prosječne vrijednosti 50%-tnog ponika ( $1/t_{50}$ ) na istraživanim temperaturama. Mjesto na kojem regresijski pravac siječe os x (temperature) je vrijednost biološkog minimuma.

Utvrđeni biološki minimum za vrstu *Setaria glauca* iznosi 6,6 °C uz granicu pouzdanosti (95 %) 6,50 - 6,58 i koeficijentom determinacije ( $r^2$ ) 0,96.

#### 4.4. Klijavost vrste *Setaria glauca* ovisno o koncentraciji polietilen glikola

Rezultati ukupne klijavosti vrste *Setaria glauca* pri različitim istraživanim vodnim potencijalima prikazani su u grafikonu 4.8.



Grafikon 4.8. Ukupna klijavost vrste *Setaria glauca* pri istraživanim koncentracijama polietilen glikola

\*vrijednosti označene istim slovima međusobno se ne razlikuju  
LSD = 18,93

Prosječna klijavost vrste *Setaria glauca* pri različitim koncentracijama polietilen glikola od 0,00 MPa do -1,00 MPa iznosila je 47,4 %. Iz grafikona 4.8. vidljivo je da se prosječna klijavost ove vrste pri različitim koncentracijama PEG-a značajno razlikovala. Najveća ukupna klijavost utvrđena je na koncentraciji od -0,25 MPa (88,4 %). Nešto manja klijavost sivog muhara utvrđena je na koncentraciji od -0,38 MPa (80,4 %), međutim nije utvrđena statistički značajna razlika između ove i najveće ukupne klijavosti. Na koncentracijama polietilen glikola od 0,00 MPa do -0,10 MPa ostvarena prosječna klijavosi kretala se od 60 % do 63,6 %, međutim razlika u klijanju između ovih koncentracija nije bila statistički opravdana. Na koncentraciji od -0,50 MPa utvrđena prosječna klijavost iznosila je samo 23 % te se statistički značajno razlikovala od klijavosti na svim ostalim istraživanim koncentracijama. Na koncentraciji od -0,80 MPa proključale su samo tri sjemenke sivog muhara (1,2 %), dok na najvećoj koncentraciji (-1,00 MPa) nije proključala nijedna sjemenka ove vrste.

#### 4.5. Dinamika klijanja korovne vrste *Setaria glauca* pri istraživanim koncentracijama polietilen glikola

Dobiveni podaci o dinamici klijanja sivog muhara pri istraživanim vodnim potencijalima obrađeni su analizom varijance čiji su rezultati prikazani u tablici 4.2.

Tablica 4.2. Rezultati analize varijance za ED 10, ED 50 i ED 90

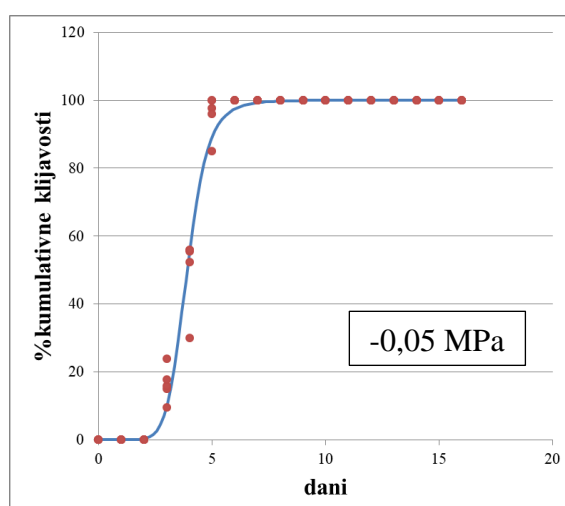
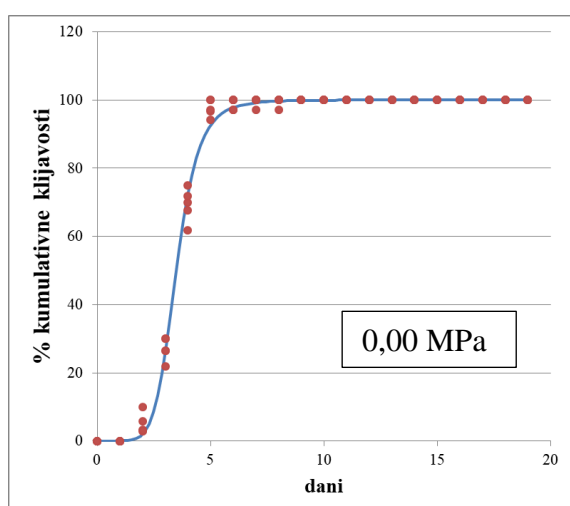
Izvor varijabilnosti	F <sub>exp</sub>			
	<i>Setaria glauca</i>			
	n-1	ED <sub>10</sub>	ED <sub>50</sub>	ED <sub>90</sub>
Tretman_vodni potencijal	7	18,20**	21,50**	16,38**
Greška	20			

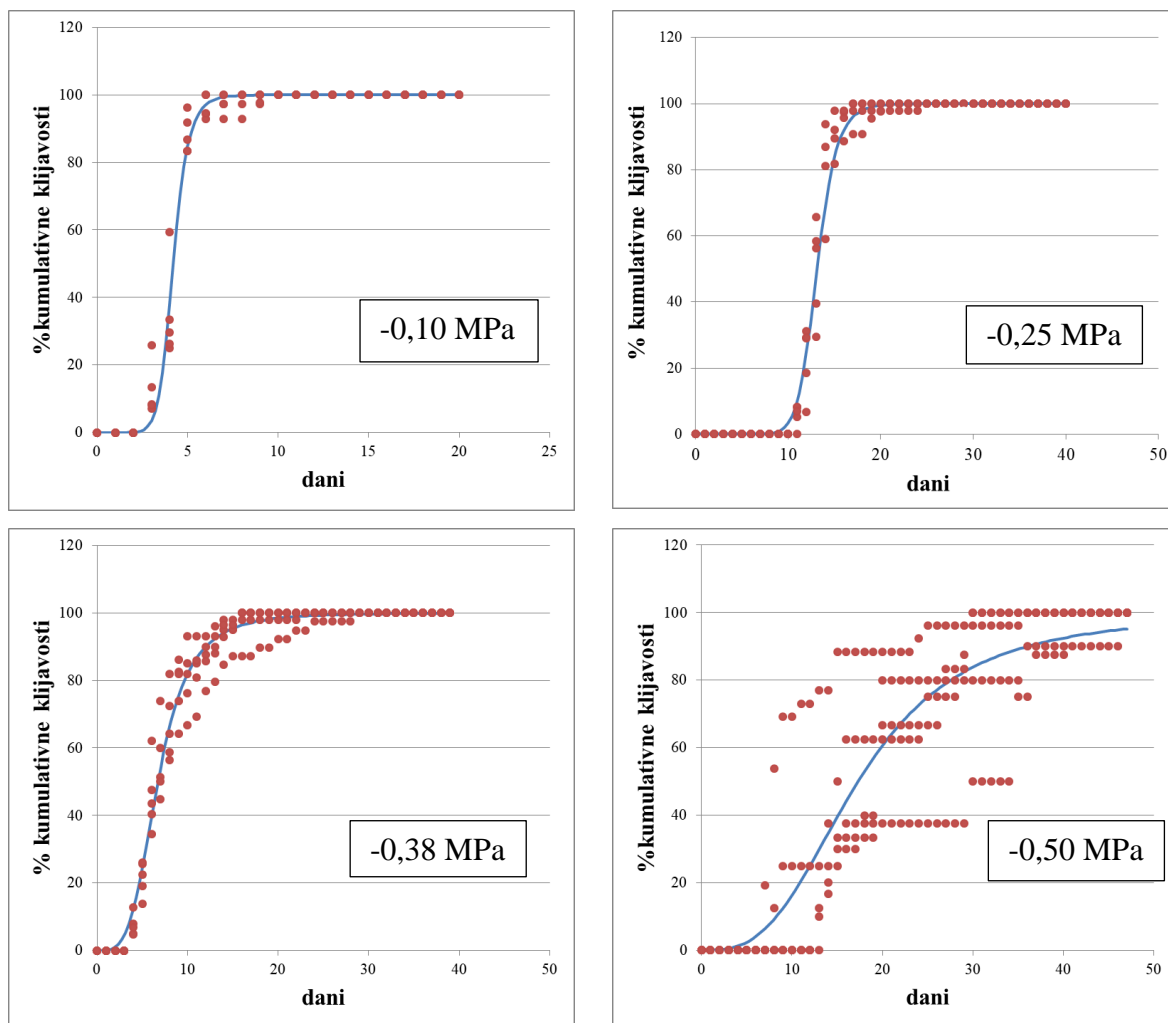
\*\*značajna statistička razlika uz P=0,01

ED<sub>n</sub>-procijenjena brzina klijanja

Iz navedenih rezultata analize varijance vidljivo je da je kroz sve parametre utvrđena statistički značajna razlika između broja dana (d) potrebnih za ponik 10 %, 50 % i 90 % sjemenki vrste *Setaria glauca*.

Dinamika klijanja korovne vrste *Setaria glauca* prikazana je za istraživane koncentracije polietilen glikola (-0,05; -0,10; -0,25; -0,38; -0,50 MPa) i kontrolni tretman (0,00 MPa) pri kojima je bilo moguće izraditi krivulju dinamike klijanja. Utvrđena dinamika klijanja na istraživanim vodnim potencijalima za pet repeticija prikazana je u grafikonima 4.9. – 4.14. Odnos između vodnog potencijala i klijavosti sjemena opisan je dvoparametarskom logističkom funkcijom za sve istraživane vodne potencijale na kojima je utvrđena klijavost. Na najvećim koncentracijama polietilen glikola (-0,80 i -1,00 MPa) nije utvrđena klijavost sivog muhara, stoga za te koncentracije nije bilo moguće izraditi krivulju dinamike klijanja.





Grafikon 4.9 – 4.14. Dinamika klijanja korovne vrste *Setaria glauca* pri istraživanim vodnim potencijalima (0,00 MPa, -0,05 MPa, -0,10 MPa, -0,25 MPa, -0,38 MPa, -0,50 MPa).

Iz grafikona 4.9. – 4.14. vidljivo je da se povećanjem koncentracije polietilen glikola produljuje vrijeme, odnosno broj dana (d) potrebnih za ponik 10 %, 50 % i 90 % posijanih sjemenki. Najkraći razdoblje potrebno za klijanje 10 % sjemenki sivog muhara, odnosno za početak klijanja utvrđen je na kontrolnom tretmanu (1,4 d), dok je najdulje razdoblje za početak klijanja (10 %) utvrđen pri koncentraciji polietilen glikola od -0,50 MPa (10,1 d). Na istraživanim vodnim potencijalima od 0,00 MPa do -0,38 MPa nije utvrđena statistički značajna razlika u razdoblju potrebnom za početak klijanja (2,5 – 3,9 d). Na koncentraciji od -0,50 MPa (10,1 d) ponik je slijedio sporije te se statistički značajno razlikovao od razdoblja potrebnog za klijanje 50 % sjemenki na nižim koncentracijama.

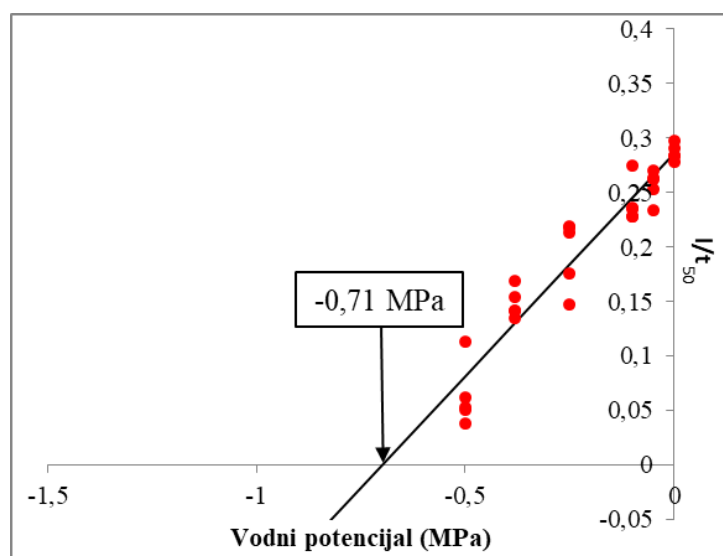
Najkraće razdoblje potrebno za klijanje 50 % sjemenki vrste *Setaria glauca* na svim koncentracijama kretao se od 3,5 do 17,9 dana. Sredina klijanja sivog muhara nije se statistički razlikovala pri koncentracijama od 0,00 MPa do -0,38 MPa te se period potreban za klijanje na tim koncentracijama kretao u rasponu od 3,5 do 6,8 dana. Statistički značajna razlika utvrđena je pri koncentraciji od -0,50 MPa (17,9 d) u odnosu na niže istraživane koncentracije.

Na kontrolnom tretmanu (0,00 MPa) utvrđen je najkraće razdoblje potrebno za završetak klijanja, odnosno ponik 90 % sjemenki sivog muhara, dok je najdulji period za završetak klijanja utvrđen pri koncentraciji od -0,50 MPa te je iznosio 32,3 dana. Između istraživanih

vodnih potencijala od 0,00 MPa do -0,38 MPa nije utvrđena statistički značajna razlika u završetku klijanju (4,8 – 12,1 d). Očekivano, pri višoj koncentraciji polietilen glikola (-0,50 MPa) utvrđena je statistički značajna razlika u odnosu na niže koncentracije. Razdoblje potrebno da ponikne 90 % od ukupno proklijalog sjemena pri koncentraciji od -0,50 MPa iznosilo je 32,3 d.

#### 4.6. Biološki vodni potencijal za vrstu *Setaria glauca*

Regresijska analiza svih istraživanih koncentracija polietilen glikola za sivog muhara izrađena je pomoću logaritamske ( $1/t_{50}$ ) vrijednosti, te je na taj način utvrđen minimalni vodni potencijal koji je potreban sivom muharu da bi proklijao. Regresijski pravac i utvrđeni biološki vodni potencijal za ovu vrstu prikazan je u grafikonu 4.15.



Grafikon 4.15. Regresijski pravac ( $y = 0,4093x + 0,2858$ ,  $r^2 = 0,92$ ) s točkama koje predstavljaju utvrđene log prosječne vrijednosti 50%tnog ponika ( $1/t_{50}$ ) na istraživanim vodnim potencijalima. Mjesto na kojem regresijski pravac siječe os x je vrijednost biološkog vodnog potencijala.

Utvrđeni biološki vodni potencijal za vrstu *Setaria glauca* iznosi -0,71 MPa uz granicu pouzdanosti (95 %) -0,69 do - 0,73 i koeficijentom determinacije ( $r^2$ ) 0,92. Što je vrijednost regresijskog koeficijenta bliža 1, to je ovaj model pouzdanij.

#### 4.7. Usporedba bioloških parametara „hrvatskog“ ekotipa sivog muhara i „talijanskog“ ekotipa iste vrste

U svrhu implementacije postojećeg modela prognoze nicanja korova u usjevu u koji se ugrađuje vrijednost biološkog vodnog potencijala, vrijednost ekotipa iz Hrvatske uspoređena je s ekotipom sivog muhara iz Italije (Masin i sur., 2010). Vrijednosti bioloških parametara ekotipa iz Hrvatske i Italije prikazane su u tablici 4.3.

Tablica 4.3. Usporedba biološkog minimuma hrvatskog ekotipa korovne vrste *Setaria glauca* i talijanskog ekotipa iste vrste

<i>Setaria glauca</i>	$T_b$ (°C)	Interval pouzdanosti	
<b>Hrvatski ekotip</b>	6,6	6,50	6,68
<b>Talijanski ekotip</b>	8,3	7,57	9,06

U tablici 4.3. prikazane su vrijednosti biološkog minimuma hrvatskog i talijanskog ekotipa sivog muhara i granice pouzdanosti vrijednosti biološkog minimuma. Granice pouzdanosti označavaju krajnje točke unutar kojih se nalazi interval pouzdanosti (gornja i donja granica pouzdanosti). Vidljivo je da se područje intervala pouzdanosti za „hrvatski“ ekotip nalazi u rasponu od 6,50 do 6,68 °C, a interval pouzdanosti „talijanskog“ ekotipa od 7,57 do 9,06 °C. S obzirom da se ovi rasponi „hrvatskog“ i „talijanskog“ ekotipa ne preklapaju dva se ekotipa razlikuju u biološkom minimumu.

Tablica 4.4. Usporedba biološkog vodnog potencijala hrvatskog ekotipa korovne vrste *Setaria glauca* i talijanskog ekotipa iste vrste

<i>Setaria glauca</i>	$\Psi_b$ (MPa)	Interval pouzdanosti	
<b>Hrvatski ekotip</b>	-0,71	-0,73	-0,69
<b>Talijanski ekotipi</b>	-0,69	-0,84	-0,50

U tablici 4.4 prikazane su vrijednosti vodnih potencijala hrvatskog i talijanskog ekotipa sivog muhara i granice pouzdanosti vrijednosti vodnog potencijala. Kod ove vrste može se s 95 % sigurnošću tvrditi da se vrijednosti vodnog potencijala za hrvatske populacije sivog muhara nalaze u rasponu od -0,73 MPa do -0,69 MPa, dok se vrijednosti vodnog potencijala za talijansku populaciju iste vrste nalaze u rasponu od -0,84 MPa do -0,50 MPa. S obzirom da u ovom slučaju dolazi do preklapanja područja u kojem se sa 95 % sigurnošću može tvrditi da se nalaze vrijednosti biološkog vodnog potencijala za oba ekotipa ove korovne vrste, procjenjuje se da ne postoji značajna razlika u potrebi za vlagom tla između ove dvije populacije sivog muhara.

## 5. Rasprava

Jedan od uvjeta za precizno suzbijanje korova kao dijela precizne (pametne) poljoprivrede jest poznavanje vremena i dinamike nicanja korovnih vrsta u usjevu. Dobro je poznato da su temperatura i vlaga među glavnim čimbenicima koji utječu na procese nicanja svih biljnih vrsta. Korovne vrste značajno se razlikuju prema minimalnoj temperaturi i vlazi potrebnoj za početak klijanja i nicanja. Stoga je, kao prvi korak izrade modela prognoze nicanja korovnih vrsta, utvrđivanje biološkog minimuma i biološkog vodnog potencijala za svaku korovnu vrstu.

S ciljem razvoja prognoznog modela nicanja u usjevu kukuruza na području kontinentalne Hrvatske do sad su utvrđene vrijednosti biološkog minimuma i biološkog vodnog potencijala za korovne vrste *Echinochloa crus-galli*, *Chenopodium album* (Magosso, 2013), *Abutilon theophrasti* (Šoštarčić, u postupku objave) te *Amaranthus retroflexus* (Šoštarčić, 2015). Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi biološke parametre klijanja vrste *Setaria glauca* koja je prema zastupljenosti druga uskolisna korovna vrsta u okopavinskim usjevima kontinentalne Hrvatske (Ostojić, 2011) i redovito se javlja u usjevima kukuruza i soje. Stoga je u ovom diplomskom radu utvrđivana klijavost sjemena vrste *Setaria glauca* pri šest različitih temperatura (4 – 24 °C) i osam različitih koncentracija polietilen glikola (0,00 do -1,00 MPa).

Rezultati laboratorijskog istraživanja pokazuju da povećanjem temperature s 4 °C na 24 °C raste i prosječna klijavost vrste *Setaria glauca*. Najveća prosječna klijavost za ovu vrstu utvrđena je pri temperaturama od 16 - 24 °C značajno se smanjivajući pri temperaturama ispod 16 °C. Slične rezultate maksimalne klijavosti vrste *Setaria glauca* na temperaturama od 20 °C i 25 °C utvrđuju Manthey i Nalewaja (1987) za područje Sjeverne Dakote (SAD). Ovi laboratorijski rezultati potvrđuju da je sivi muhar toploljubiva vrsta koja s nicanjem započinje porastom temperature. Muhar može nicati i pri nižim temperaturama ali se očekivano i klijavost smanjuje sve do 4 °C kad u ovom istraživanju nije proklijala nijedna sjemenka sivog muhara. Osim što muhar bolje klije pri temperaturama iznad 16 °C i brzina klijanja ove vrste ovisna je o temperaturi. Ovim istraživanjem je utvrđeno da se povećanjem temperature smanjuje broj dana (d) potrebnih za ponik 10 %, 50 % i 90 % posijanih sjemenki. Najkraće razdoblje za klijanje 50 % sjemenki vrste *Setaria glauca* utvrđeno je na temperaturi od 24 °C (2,2 d), dok je najdulje razdoblje nicanja 50 % sjemenki utvrđeno pri temperaturi od 8 °C (27,9 d). Na temperaturama od 20 °C (4,7 d) i 16 °C (6,3 d) ponik je slijedio brže nego na nižim temperaturama, te se na temperaturi od 16 °C statistički razlikovao od razdoblja potrebnog za klijanje 50 % sjemenki na najvišoj istraživanoj temperaturi (24 °C). Na temperaturi od 12 °C (10,3 d) ponik je slijedio sporije te se statistički značajno razlikovao od razdoblja potrebnog za klijanje 50 % sjemenki na višim temperaturama (grafikon 4.2 – 4.6).

Istraživanjem dinamike klijanja sivog muhara pri različitim temperaturama u ovom laboratorijskom pokusu ustanovljeno je da biološki minimum iznosi 6,6 °C (grafikon 4.7). Uspoređujući rezultate ovog istraživanja s utvrđenim vrijednostima biološkog minimuma „talijanske“ (pokrajina Veneto) populacije muhara, vidljivo je da postoji određena razlika. Naime, Masin i sur. (2005) utvrdili su biološki minimum muhara od 8,3 °C za područje sjeverne Italije, Padova gdje je razvijen prognozni model nicanja *AlertInf*. Uspoređujući prosječne godišnje temperature za područje Zagreba (DHMZ) i za područje Padove (Masin, 2010) moguće je objasniti razlike između vrijednosti bioloških minimuma za različite ekotipove sivog muhara. Naime, prosječna godišnja temperatura za grad Zagreb iznosi 10,9 °C, s minimalnom prosječnom temperaturom od -2,4 °C i maksimalnom prosječnom temperaturom od 21,7 °C

(višegodišnji podatci, 1949-2017). Prosječna godišnja temperatura za područje Padove iznosi 12,2 °C s najnižom prosječnom temperaturom od -1,5 °C i najvišom prosječnom temperaturom od 27,2 °C. Iz navedenih temperaturnih podataka za ove dvije lokacije vidljivo je da je godišnja temperatura zraka u Zagrebu u prosjeku niža od godišnje temperature zraka u Padovi. Shodno tome moguće je pretpostaviti da će populacije korova na području Zagreba i okolice imati niži biološki minimum u odnosu na one s područja Padove, kao rezultat prilagodbe korovnih vrsta na specifične pedoklimatke uvjete. Tome u prilog idu i podatci Magossa (2013) za biološki minimum hrvatskog ekotipa (područje Šašince) vrste *Echinochloa crus-galli* (10,8 °C) koji je niži od talijanskog (Padova) ekotipa (11,7 °C) (Masin i sur., 2010). Autori to objašnjavaju tendencijom ove korovne vrste da razvija ekotipove koji se prilagođavaju klimatskim uvjetima staništa odnosno da u toplijem klimatu razvijaju i veći biološki minimum i obrnuto. Na ovaj način mogao bi se objasniti i utvrđen niži biološki minimum vrste *Setaria glauca* za područje kontinentalne Hrvatske, u odnosu na biološki minimum talijanskog ekotipa. Da se temperaturni zahtjevi za klijanjem razlikuju između ekotipa iste vrste potvrđuju Noris i Schoner (1980) istraživanjem provedenim na pet ekotipova sivog muhara. Sjeme su sakupili na pet lokacija SAD-a: Connecticut, Iowa, Massachusetts, Pennsylvania i California. Utvrđen temperaturni optimum za klijanje muhara varirao je između istraživanih ekotipova te se kretao između 20 i 25 °C, ali su pri višim temperaturama (25 °C do 35 °C) istočni ekotipovi muhara imali manju klijavost i za 60 – 80 % u odnosu na sjeme s područja Kalifornije.

Rezultati ovog laboratorijskog istraživanja ukazuju na činjenicu da klijavost vrste *Setaria glauca* osim o temperaturi ovisi i o dostupnosti vode. Tako se klijavost muhara razlikovala pri različitim koncentracijama polietilen glikola. Najveća prosječna klijavost za ovu vrstu utvrđena je pri koncentraciji od -0,25 MPa, dok je na koncentracijama od 0,00 MPa, -0,05 MPa i -0,10 MPa utvrđena manja ukupna klijavost (60, 63,3 i 62,8 %). Pri koncentracijama većim od -0,38 MPa prosječna klijavost se značajno smanjila. Naime, na koncentraciji od -0,80 MPa proklijale su samo tri sjemenke (1,2 %) dok na koncentraciji od -1,00 MPa nije proklijala nijedna sjemenka sivog muhara. Da ova vrsta teško podnosi vodni stres potvrđuju i Manthley i Nalewaya (1978) istraživanjem provedenim na sjemenu sivog i zelenog muhara sakupljenog u Sjevernoj Dakoti (SAD). Istraživanjem su utvrdili da je u kontrolnim uvjetima konstantne temperature od 25 °C i vodnom potencijalu od -0,40 MPa i -0,80 MPa nakon 72 h niknulo 70 % i 30 % zelenog muhara, dok je pri istim uvjetima i u istom razdoblju niknulo samo 12 % i 1 % sivog muhara. Autori također navode da se na području Sjeverne Dakote sivi muhar pojavljuje isključivo u godinama i područjima s većom količinom oborina.

Praćenjem dinamike nicanja sivog muhara pri različitim koncentracijama polietilen glikola ovim istraživanjem je utvrđeno da se vrijeme potrebno za ponik 50 % sjemenki povećava s povećanjem zasićenosti polietilen glikolne otopine. Najkraće razdoblje potrebno za ponik 50 % sjemenki utvrđeno je na kontrolnom tretmanu (3,5 d) dok je najdulji broj dana potreban za ponik 50 % sjemenki utvrđen na koncentraciji od -0,50 MPa (17,9 d). Na temelju poznavanja vremena potrebnog za ponik 50 % sjemenki bilo je moguće izračunati vrijednost biološkog vodnog potencijala koji iznosi -0,71 MPa. Masin i sur. (2005) na području sjeverne Italije, Padova utvrdili su sličnu vrijednost vodnog potencijala od -0,69 MPa. Ovakve rezultate moguće je objasniti klimatskim uvjetima dominantnima na ovim lokacijama. Prosječna godišnja količina padalina za područje Zagreba iznosi 851mm, a na području Padove 850 mm ([www.dhmz.hr](http://www.dhmz.hr); Masin i sur., 2010). Za zaključiti je da se istraživane korovne vrste ne razlikuju po ovome parametru s obzirom da obje populacije obitavaju na područjima u kojima prevladava



subhumidna klima, s približno jednakom količinom vlage u tlu u razdoblju klijanja sjemenki. Međutim, podaci iz literature ukazuju da se vrijednost biološkog vodnog potencijala mogu razlikovati između ekotipova iste vrste. Tako Masin i sur. (2005) za potrebe izrade mehanističkog prognoznog modela *WeedTurf* utvrđuju vrijednost biološkog vodnog potencijala sivog muhara na području Pise, Italija od -0,93 MPa, dok su u Francuskoj pokrajini Burgundiji Guillemain i sur. (2012) utvrdili vrijednost biološkog vodnog potencijala od -0,75 MPa.

Krajnji cilj ovog istraživanja bio je usporediti biološke parametre klijanja ekotipa sivog muhara iz Hrvatske i Italije kao preduvjet za preuzimanje prognoznog modela nicanja *AlertInf*-a s područja Italije (pokrajine Veneto) u kontinentalni dio Hrvatske. Područje intervala pouzdanosti biološkog minimuma za „hrvatski“ ekotip nalazi se u rasponu od 6,50 do 6,68 °C, a interval pouzdanosti „talijanskog“ ekotipa od 7,57 do 9,06 °C. S obzirom da se ovi rasponi „hrvatskog“ i „talijanskog“ ekotipa ne preklapaju dva se ekotipa razlikuju u biološkom minimumu (tablica 4.3). Razlika u biološkom minimumu između „hrvatskog“ i „talijanskog“ ekotipa ove vrste treba biti još jednom istražena (ponovljena) budući da dobiveni rezultati ne omogućuju preuzimanje (transfer) prognozog modela *AlertInf* na naše proizvodno područje. Utvrđeni vodni potencijal ekotipa sivog muhara iz Italije iznosi -0,96 MPa s intervalom pouzdanosti od -0,84 MPa do -0,50 MPa, dok se vrijednost vodnog potencijala za hrvatsku populaciju sivog muhara nalazi u rasponu od -0,73 MPa do -0,69 MPa. S obzirom da se ovi rasponi „hrvatskog“ i „talijanskog“ ekotipa preklapaju, ovi ekotipovi se ne razlikuju u biološkom vodnom potencijalu (tablica 4.4) stoga su vrlo obećavajući za eventualni prijenos prognoznog modela *AlertInf*-a iz Italije u Hrvatsku. Ovaj model zadnjih desetak godina dostupan je talijanskim proizvođačima kukuruza i soje s područja Veneta u obliku softverskog alata, a nudi im prognozu početka i duljinu nicanja korova kao temelj za odluku o vremenu suzbijanja. Izrada jednog takvog modela je dugotrajna i financijski zahtjevna pa je interesantna mogućnost interpolacije ovog razvijenog modela na naše proizvodno područje. U tom smislu, posljednjih pet godina utvrđuju se biološki parametri nicanja ljetnih korovnih vrsta kukuruza (Plodinec, 2015; Šoštarčić, 2015; Magosso, 2013). Prethodnim istraživanjima za četiri toploljubive korovne vrste kukuruza iz središnje Hrvatske utvrđeni su biološki minimumi za vrste *Amarantus retroflexus* (13,9 °C) (Šoštarčić, 2015), *Echinochloa crus-galli* (10,8 °C), *Abutilon theophrasti* (4,5 °C) i *Chenopodium album* (3,4 °C) (Magosso, 2013), te biološki vodni potencijali za vrste *Amaranthus retroflexus* (-0,36 MPa), *Echinochloa crus-gali* (-0,97 MPa), *Abutilon theophrasti* (-0,67 MPa) (Šoštarčić, 2015) i *Chenopodium album* (-1,38 MPa), a ovim istraživanjem i za vrstu *Setaria glauca* utvrđeni su biološki minimum (6,6 °C) i biološki vodni potencijal (-0,71 MPa). Sljedeći korak laboratorijskih istraživanja je utvrditi biološke parametre i za ostale ljetne korove koji se redovito javljaju u okopavinskim usjevima (*Solanum nigrum*, *Datura stramonium* i sl.). Osim toga, potrebno je kontinuirano pratiti dinamiku nicanja željenih korovnih vrsta u poljskim uvjetima u kontinentalnoj Hrvatskoj kao posljednja stepenica u izradi mehanističkog prognoznog modela nicanja.

S obzirom da je izrada ovakvog modela dosta kompleksna i dugotrajna rezultati ovog istraživanja pružaju nadu da bi, nakon gore opisanih potrebnih koraka, naši proizvođači u kontinentalnoj Hrvatskoj u skoroj budućnosti mogli koristiti mehanistički model za prognozu nicanja korova.

## 6. Zaključci

Temeljem provedenog laboratorijskog istraživanja dinamike klijanja korovne vrste *Setaria glauca* pri različitim temperaturama i vodnim potencijalima može se zaključiti da:

- Korovna vrsta *Setaria glauca* je klijala pri temperaturnom rasponu od 8 – 24 °C sa značajnim razlikama u ukupnoj klijavosti između istraživanih temperatura. Najveća prosječna klijavost utvrđena je pri temperaturama od 16 °C do 24 °C (89,6 % do 93,2 %). Pri temperaturi od 8 °C i 12 °C utvrđena je manja, ali i dalje relativno visoka ukupna klijavost sjemena ove vrste (79,6 % i 60,4 %).
- Dinamika klijanja korovne vrste *Setaria glauca* značajno se razlikovala između istraživanih temperatura. Povećanjem temperature kod ove korovne vrste skraćuje se vrijeme potrebno za početak, sredinu i kraj klijanja (10 %, 50 % i 90 % posijanih sjemenki).
- Najkraće razdoblje potrebno za ponik 50 % sjemenki ( $T_{50}$ ) sivog muhara postiže se na temperaturi od 24 °C (2,9 d). Najduže razdoblje potrebno za ponik 50 % sjemenki ( $T_{50}$ ) kod vrste *Setaria glauca* utvrđen je na temperaturi od 8 °C (27,9 d).
- Biološki minimum korovne vrste *Setaria glauca* za područje kontinentalne Hrvatske iznosi 6,6 °C.
- Postoji statistički značajna razlika u ukupnoj klijavosti vrste *Setaria glauca* pri različitim koncentracijama polietilen glikola. Najveća utvrđena klijavost ostvarena je pri koncentraciji od -0,25 MPa (88,4 %), dok je najniža klijavost utvrđena pri vodnom potencijalu od -0,50 MPa (11 %). Na koncentraciji od -1,00 MPa nije proklijala nijedna sjemenka sivog muhara.
- Dinamika klijanja korovne vrste *Setaria glauca* značajno se razlikovala između istraživanih koncentracija polietilen glikola. Povećanjem koncentracije kod ove korovne vrste produljuje se vrijeme potrebno za početak, sredinu i kraj klijanja (10 %, 50 % i 90 % posijanih sjemenki).
- Sredina klijanja sivog muhara (50 % proklijalih sjemenki) nije se statistički razlikovala pri koncentracijama od 0,00 MPa do -0,38 MPa te se period potreban za klijanje na tim koncentracijama kretao u rasponu od 3,5 do 6,8 dana.
- Najduže razdoblje potrebno za ponik 50 % sjemenki sivog muhara utvrđeno je na koncentraciji od -0,50 MPa (17,9 d).
- Biološki vodni potencijal sivog muhara za područje kontinentalne Hrvatske iznosi: -0,71 MPa.
- Između ekotipa vrste *Setaria glauca* iz Italije i Hrvatske postoji statistički opravdana razlika u biološkom minimumu, dok kod istih ekotipova iste vrste ne postoji statistički značajna razlika u vrijednostima biološkog vodnog potencijala.

## 7. Popis literature

1. Adamczewski, K. (1979). The penetration and translocation of diclofopmethyl in different plant species. U: H. R. Schutte, ed. 1979 Berichtzum Symposium der 12. Wissenschaftlichen Koordinierungskonferenz zum RGW Thema "Wirkungsmechanismen von Herbiziden und Synthetischen Wachstumsregulatoren." Muhlhausen, DDR. 347-361 [Ru] in Weed Abstr. 30: 331. 1981.
2. Alex, J. F., Cayouette, R., Mulligan, G. A. (1980). Common and botanical names of weeds in Canada. Agriculture Canada. Ottawa, Ont. 132 pp.
3. Archer D. W., Forcella F., Eklund J. J., Gunsolus J. (2001). WeedCast Version 2.0. [www.morris.ars.usda.gov](http://www.morris.ars.usda.gov). Pristupljeno: 7. studenog 2018.
4. Banting, J. D., Molberg E. S., Gebhardt J. P. (1973). Seasonal emergence and persistence of green foxtail. Can. J. Plant Sci. 53:369–376.
5. Barić, K., Ostojić, Z., Šćepanović, M. (2014). Integrirana zaštita bilja od korova. Glasilo biljne zaštite. Vol. 14. No. 5. 416 – 434
6. Baskin C. C., Baskin J. M. (1988) Germination ecophysiology of herbaceous plant species in a temperate region. American Journal of Botany 75, 286–305.
7. Blackshaw R. E., Stobbe E. H., Shayewich C. F., Woodbury W. (1981). Influence of soil temperature and soil moisture on green foxtail (*Setaria viridis*) establishment in wheat (*Triticum aestivum*). Weed Science. 29:179–184.
8. Brijačak, E. (2016). Prognoza zakorovljenosti jare zobi analizom banke sjemena u tlu. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.
9. Buhler, D. D. (1995). Influence of tillage systems on weed population dynamics and management in corn and soybeans in the central USA. Crop Sci. 35:1247–1258.
10. Buhler, D. D., T. C. Mester. (1991). Effect of tillage systems on the emergence depth of giant foxtail (*Setaria faberi*) and green foxtail (*Setaria viridis*). Weed Sci. 39:200–203.
11. Burnside, O. C., Wilson R. G., Weisberg S., Hubbard K. G. (1996) Seed longevity of 41 weed species buried 17 years in eastern and western Nebraska. Weed Science. 44:74–86.
12. Caramete, A., Bucur, E., Rughinis, D. (1979). The effects of atrazine on weed species and vegetablesl. U: H. R. Schutte, ed. 1979 Bericht zum Symposium der 12. Wissenschaftlichen Koordinierungskonferenz zum RGW Thema "Wirkungsmechanismen von Herbiziden und Synthetischen Wachstumsregulatoren." Muhlhausen, DDR. 340-346 [Ru] in WeedvAbstr. 30: 354. 1981.
13. Carpita, N., Sabularse, D., Monfezinos, D., Delmer, D.P. (1979): Determination of the pore size of cell walls of living plant cells. Science 205: 1144-1147.
14. Conn J. S., Beattie K. L., Blanchard A. (2006). Seed viability and dormancy of 17 weed species after 19.7 years of burial in Alaska. Weed Science. 54:464–470.
15. Couper A., Eley D. (1948): Surface tension of polyethylene glycol solutions. Journal of Polymer Science 3: 345-349.
16. Darlington, H.T. (1951) The seventy-year period for Dr. Beal's seed viability experiment. Americal Journal of Botany, 38: 379.
17. Dawson, J.H., Bruns, V.F. (1975) Longevity of barnyardgrass, green foxtail, and yellow foxtail seeds in soil. Weed Science, 23: 437–440.

18. Dawson, J. H., V. F. Bruns. (1962). Emergence of barnyardgrass, green foxtail and yellow foxtail seedlings from various soil depths. *Weeds* 10:136–139.
19. Dekker, J., M. Hargrove. (2002). Weedy adaptation in *Setaria* spp.: V. Effects of gaseous environment on giant foxtail (*Setaria faberii* R. Hermm.) (Poaceae) seed germination. *Am. J. Bot.* 89:410–416.
20. Dekker J. (2003). The foxtail (*Setaria*) species-group. *Weed Science*, 51(5):641-656.
21. Deschenes, J. i Doyon, D. (1982). Importance des mauvaises herbes dans les cultures au Qu6bec. *Bull. Soc. Bot. Qu6.* 3:25-36.
22. Dore, W. G., McNeill, J. (1980). Grasses of Ontario. Agriculture Canada. Monograph 26. Hull, Que. 566 pp.
23. Feltner K. C., Hurst H. R', Anderson L. E. (1969). Yellow foxtail competition in grain sorghum. *Weed Science.* 17: 211-213
24. Forcella F., Benech-Arnold R. L., Sanchez R., Ghersa C. M. (2000). Modelling seedling emergence. *Field Crop Res.* 67:123–139.
25. Forcella, F., Wilson, R.G., Dekker, J., Kremer, R.J., Cardina, J., Anderson, R.L., Alm, D., Renner, K.A., Harvey, R.G., Clay, S., Buhler, D.D. (1997) Weed seed bank emergence across the corn belt. *Weed Science*, 45: 67–76.
26. Guillemin J-P, Gardarin A., Granger S., Reibel C., Munier-Joalin N., Colbach N. (2012). Assessing potential germination period of weeds with base temperatures and base water potentials. *Weed Research* 53, 76–87
27. Gummerson R. J. (1986). The effect of constant temperatures and osmotic potential on germination of sugar beet. *J. Exp. Bot.* 41:1431-1439
28. Hartzler R. G., Buhler D. D., Stoltenberg D. E. (1999). Emergence characteristics of four annual weed species. *Weed Science.* 47:578–584.
29. Holm, L. G., Plucknett. D. L., Pancho, J. V., Herberger, J. P. (1977). The world's worst weeds - distribution and biology. Univ. Press of Hawaii, Honolulu. 609 pp. HSU, C. 1975. Taiwan grasses. Taiwan prov. Educ. Assoc., Taipei. 884 pp.
30. Hulina N. (1998). Korovi. Školska knjiga, Zagreb
31. James, A. L. (1968). Some Influences of Soil Atmosphere on Germination of Annual Weeds. Ph.D. dissertation. Iowa State University, Ames, IA.
32. Kaufmann, M.R, (1969): Effects of water potential on germination of lettuce, sunflower, and citrus seeds. *Canadian Journal of Botany* 47: 1761-1764.
33. King, L. J. (1952). Germination and control of the giant foxtail grass. *Contr. Boyce Thompson Inst.* 16:469–487.
34. Lee, S. M. (1979). The distribution and abundance of three species of *Setaria* Beauv. Around London, Canada, with particular reference to the effects of shade. M.Sc. thesis. University of Western Ontario, London, Ont.
35. Lemić, M., Šćepanović, M., Barić, K., Svečnjak, Z., Jukić, T. (2014). Metode prekidanja dormantnog sjemena korovne vrste *Chenopodium album* L., *Agronomski glasnik*, 1-2/2014: 45-60.
36. Lemieux, C., Vallee, L., Vanasse, A. (2003). Predicting yield loss in maize fields and developing decision support for post-emergence herbicide applications. *Weed Res.* 43:323–332.

37. Magosso D. (2013). Study of germination parameters of summer weeds: transferability of AlertInf model to Croatia. Diplomski rad. Corsi di laurea magistrale in Scienze e Technologie Agrarie. Universita' degli studi di Padova
38. Manthley D. R., Nalewaja N. D. (1987). Germination of Two Foxtail (*Setaria*) Species. *Weed Technology*. 1:302-304.
39. Masin R., Loddo D., Benvenuti S., Zuin M. C., Macchia M., Zanin G. (2010). Temperature and water potential as parameters for modeling weed emergence in central-northern Italy. *Weed Science*. 58:216-222.
40. Masin R., Cacciatori G., Zuin M. C., Zanin G. (2008). AlertInf: Modello di previsione delle emergenze per il controllo della infestanti del mais in Veneto. *Italian Joournal of Agrometerology*. 112-113.
41. Masin R., Zuin M. C., Archer D. W., Zanin G. (2005). WeedTurf: a predictive model to aid control of annual summer weeds in turf. *Weed Science*. 53:193-201.
42. Mixner, I. (1981). Veränderung der Unkrautvegetation im Mais seit der Anwendung von Herbiziden. *Bodenkultur* 32: 84-89.
43. Morrison, I. N., Maurice, D., Bubar, C. J. (1981). The relative competitive ability of green and yellow foxtail in wheat and their response to shade. Abstracts, XIII International Botanical Congress, Sydney, Australia.
44. Nepomuceno, A.L., Oosterhuis, D.M., Stewart, J.M. (1998): Physiological responses of cotton leaves and roots to water deficit induced by polyethylene glycol. *Environmental and Experimental Botany* 40: 29-41.
45. Norris R. F., Schoner C. A., Jr. (1980). Yellow Foxtail (*Setaria lutescens*) Biotype Studies: Dormancy and Germination. *Weed Science*. 28:159 – 163.
46. Ogg A. G., Jr., Dawson J. H. (1984). Time of emergence of eight weed species. *Weed Science*. 32:327–335.
47. Ohwi J. (1965). *Flora of Japan*. Smithsonian Institute, Washington, 1067 pp.
48. Ostojić Z. (2011). The changes of the composition of weed flora in southeastern and central europe as affected by cropping practices – Croatia. U Šarić T., Ostojić Z., Stefanović L., Deneva Milanova S., Kazinczi G., Tyšer L. The changes of the composition of weed flora in southeastern and central europe as affected by cropping practices. *Herbologia* 12: 8-12
49. Parmar, M.T., Moore, R.P. (1966). Effects of simulated drought by polyethylene glycol solutions on corn (*Zea mays* L.) germination and seedling development. *Agronomy Journal* 58: 391-392.
50. Peters, R. A., Meade, J. A. and Santlemann, P. W. (1963). Life history studies as related to weed control in the northeast. 2. Yellow foxtail and giant foxtail. *Agric. Exp' Sta.Univ. of Rhode Island, Kingston*. 18 pp.
51. Peters, R. A., Yokum, H. C. (1961). Progress report on a study of the germination and growth of yellow foxtail (*Setaria glauca* L. Beauv.) *NEWCC Proc*. 15: 350-355.
52. Plodinec M., Šćepanović M., Barić K., Jareš D. (2015). Interpopulacijska varijabilnost u nicanju korovne vrste *Abutilon theophrasti* Med. Glasilo biljne zaštite. 1/2: 23– 40
53. Povilaitis, B. 1956. Dormancy studies with seeds of various weed species. *Proc. Int. Seed Testing Assoc*. 21:87–111.

54. Rousseau, C., Cinq-Mars, L. (1969). Les plantes introduites du Québec. *Jeune Sci.* 7: 163, 192-195, 219-222.
55. Santleman P. W., Meade J. A., Peters R. A. (1963). Growth and development of yellow foxtail and giant foxtail. *Weeds* 11:139–142.
56. Staniforth D. W. (1965). Competitive effects of three foxtail species on soybeans. *Weeds* 13:191–193.
57. Staniforth D. W. (1957). Effects of annual grass weeds on the yield of corn. *Agron. J.* 49: 55 1-555.
58. Steel, M. G., Cavers P. B., Lee S. M. (1983). The biology of Canadian weeds. 59. *Setaria glauca* (L.) Beauv. and *S. verticillata* (L.) Beauv. *Can. J. Plant Sci.* 63:711–725.
59. Stevens, O.A. (1932) The number and weight of seeds produced by weeds. *American Journal of Botany*, 19: 784–794.
60. Steinmaus, S. J., Prather, T. S., Holt, J. S. (2000). Estimation of base temperatures for nine weed species. *Journal of Experimental Botany.* 51, 275–286
61. Stoller E. W., Wax L. M. (1973). Periodicity of germination and emergence of some annual weeds. *Weed Science.* 21:574–580.
62. Šarić T. (1978). Atlas korova. IGKRO "SVJETLOST" OOUR Zavod za udžbenike, Sarajevo.
63. Šćepanović M., Šoštarčić V., Masin R., Barić K. (2016). Modeli prognoze dinamike nicanja i bio-ekonomični modeli kao pomoć u integriranom suzbijanju korova. *Glasilo biljne zaštite* 4; 397-409
64. Šćepanović M., Masin R., Šoštarčić V., Barić K., Ostojić Z. (2015). Prognoza dinamike nicanja korova u integriranoj zaštiti ratarskih kultura, *Glasilo biljne zaštite.* 1/2 – dodatak, godina XV: 45-46
65. Šoštarčić V. (2015). Biološki parametri toploljubivih korovnih vrsta: transfer *AlertInf* modela iz Italije u Hrvatsku. Rektorova nagrada. Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
66. Šulek, B. (1879). Jugoslavenski imenik bilja. Tiskom dioničke tiskare. Hrvatsko Sveučilište. 507 – 508.
67. Thill, D.C., Schirman, R.D., Appleby, A.P. (1979): Osmotic stability of mannitol and polyethylene glycol 20,000 solution used as seed germination media. *Agronomy Journal* 71: 105-108.
68. Thomas, A. G., Banting J. D., Bowes G. (1986). Longevity of green foxtail seeds in a Canadian prairie soil. *Can. J. Plant Sci.* 66:189–192.
69. Thomas, A. G., Wise, R. (1982). The 1981 weed survey of cultivated land in Manitoba. *Agric. Canada Publ. No. 82-1.* Regina, Sask. 124 pp.
70. Wang, R.L. i Dekker, J. (1995) Weedy adaptation in *Setaria* spp. III: Variation in herbicide resistance in *Setaria* spp. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 51: 99–116.
71. Walsh M., Forcella F., Archer D. i Eklund J. (2002). WEEDM: turning information into action. Pages 446–449 in *Proceedings of the 13th Australian Weeds Conference.* Perth, Australia.

## INTERNETSKI IZVORI:

1. Državni hirometerološki zavod (DHMZ).  
<http://klima.hr/klima.php?id=k1&param=srednjak> pristupljeno: 27. rujna 2018.
2. EPPO Global Database.  
<https://gd.eppo.int/> pristupljeno: 3. studenog 2018
3. Friends of the Wild Flower Garden, Inc.  
[www.friendsofthewildflowergarden.org](http://www.friendsofthewildflowergarden.org) pristupljeno: 3. studenog 2018
4. HRAC (Herbicide resistance action committee)  
<https://hracglobal.com> pristupljeno: 15. prosinac 2018.

## Životopis

Ema Brijačak rođena je 8. siječnja 1995. godine u Virovitici. Osnovnoškolsko obrazovanje završila je u Gradini, a srednjoškolsko obrazovanje u Općoj gimnaziji Petra Preradovića u Virovitici završila je maturom 2013. godine. Iste godine upisuje preddiplomski studij Zaštite bilja na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Sveučilišnom prvostupnicom postala je 2016. godine nakon obrane završog rada na temu „Prognoza zakorovljenosti jare zobi analizom banke sjemena u tlu“. Iste godine upisuje diplomski studij Fitomedicine na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Tijekom jeseni 2016., 2017. i 2018. godine volontira na Danu otvorenih vrata Agronomskog fakulteta i Smotri Sveučilišta u Zagrebu. U okviru programa *Center for Environmental Farming System* (CEFS) obavlja dvomjesečnu stručnu praksu (lipanj – srpanj 2017.) na North Carolina State University (SAD). Na 62. Seminaru biljne zaštite u Opatiji sudjeluje u studentskoj poster sekciji kao koautorica rada „Prognoza zakorovljenosti jarih kultura“. U sklopu Erasmus programa stručne prakse provela je tri mjeseca (ožujak – svibanj 2018.) na Sveučilištu u Padovi, *Department of Agronomy, Food, Natural Resources, Animals and Environment* (DAFNAE). U rujnu 2018. godine nagrađena je Dekanovom nagradom za rad na temu "Temperaturni zahtjevi za klijanje vrsta *Ambrosia artemisiifolia* L. i *Setaria glauca* L. – osnova izrade softverske alatke za prognozu nicanja korova". Koautor je na stručnom radu „Metode prognoze zakorovljenosti poljoprivrednih usjeva“ i na preglednom radu „Nove metode i pristupi preciznom suzbijanju korova“. Oba rada objavljena su u Glasilu biljne zaštite. Prvi je autor na preglednom radu „Biologija i ekologija bijele lobode (*Chenopodium album* L.)“ koji je objavljen u Agronomskom glasniku. Član je Hrvatskog društva biljne zaštite i *European Weed Research Society* (EWRS).