

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

Valentina Šoštarčić

**Biološki parametri toploljubivih korovnih vrsta:
transfer *AlertInf* modela iz Italije u Hrvatsku**

Zagreb, 2015

Ovaj rad izrađen je na Sveučilištu u Zagrebu, Agronomskom fakultetu, Zavodu za herbologiju pod vodstvom doc. dr. sc. Maje Šćepanović te na Sveučilištu u Padovi, Department of Agronomy, Food, Natural resources, Animals and Environment (DAFNAE) uz neposredno vodstvo doc. dr. sc. Roberte Masin i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2014/2015

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	6
3. MATERIJALI I METODE RADA.....	7
3.1. Prikupljanje sjemena istraživanih korovnih vrsta.....	7
3.2. Utvrđivanje klijavosti istraživanih korovnih vrsta.....	7
3.3. Utvrđivanje biološkog minimuma.....	9
3.4. Utvrđivanje vodnog potencijala.....	10
3.5. Statistička obrada podataka.....	12
4. REZULTATI RADA.....	13
4.1. Ukupna klijavost korovne vrste <i>Amaranthus retroflexus</i> pri istraživanim temperaturama.....	13
4.2. Dinamika klijanja korovne vrste <i>Amaranthus retroflexus</i> pri istraživanim temperaturama.....	13
4.3. Regresijska analiza za utvrđivanje biološkog minimuma.....	14
4.4. Klijavost istraživanih korovnih vrsta pri različitim koncentracijama polietilen glikola ...	15
4.5. Dinamika klijanja istraživanih korovnih vrsta pri različitim koncentracijama polietilen glikola	16
4.6. Regresijska analiza za utvrđivanje vodnog potencijala istraživanih korovnih vrsta.....	19
4.7. Usporedba bioloških parametara hrvatskih i talijanskih ekotipova.....	22
5. RASPRAVA.....	24
6. ZAKLJUČCI.....	28
7. ZAHVALE.....	29
8. ACKNOWLEDGEMENTS.....	30
9. POPIS LITERATURE.....	31
10. SAŽETAK.....	34
11. SUMMARY.....	0057

1. UVOD

Europska Unija odnedavno je izdala Direktivu 2009/128/EC o održivoj uporabi pesticida s glavnim ciljem smanjenja rizika odnosno utjecaja pesticida na ljudsko zdravlje i okoliš (Europski parlament, 2009). Tom direktivom još se više promovira korištenje integriranog pristupa suzbijanja biljnih štetočinja gdje se racionalizacija uporabe pesticida oslanja na njihovoj usmjerenoj primjeni samo kad je to potrebno i s čime je potrebno (ww.mpr.hr). Koncept integrirane zaštite bilja zasniva se na poznavanju ekonomskog praga štetnosti biljnih štetočinja kao ekonomski opravdanoj osnovi za primjenu pesticida. Drugim riječima iznad utvrđenog broja štetne populacije tretiranje treba provesti kako ne bi došlo do redukcije prinosa. I dok se ekonomski pragovi odluke u entomološke svrhe koriste još od 70-ih godina prošlog stoljeća (Stern, 1973), usvajanje pragova odluke u svrhu suzbijanja korova odvija se znatno sporije. Razlog tomu je potpuno drugačija biologija i ekologija biljnih (korovnih) vrsta u odnosu na kukce i bolesti, a posebice utjecaj brojnih vanjskih (svjetlost, temperatura) i unutarnjih čimbenika (dormatnost sjemena) na kritično razdoblje zakorovljenosti usjeva (Wilkerson i sur., 2002). Osim toga, broj korova po jedinici površine kao mjerilo ekonomskog praga štetnosti ne daje u potpunosti odgovor o odluci tretiranja. Naime, nesuzbijene jedinice korova koje ekonomski ne bi štetile usjevu osjemenjivanjem ostavljaju veliku količinu sjemena u narednim usjevima. Stoga je kod korovnih vrsta značajnije poznavati optimalno vrijeme suzbijanja korova na temelju poznavanja njihove dinamike nicanja u usjevu.

Iako su zemljišni herbicidi (pre-emergence) dugo bili glavnim alatom 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. U tom slučaju poznata je korovna flora na nekoj parceli kao i njihova gustoća o čemu direktno ovisi odabir herbicida. Međutim, osim poznavanja sastava i gustoće korovne flore, neobično je važno poznavati i vrijeme nicanja korova u usjevu. S obzirom da vrijeme nicanja korova ima glavnu ulogu kod interakcije korov-poljoprivredna kultura i direktno utječe na gubitak prinosa uzgajane kulture, velika pažnja znanstvenih istraživanja usmjerava se na proučavanju procesa nicanja korova u usjevima (Masin i sur., 2010). Naime, učinak post-em herbicida ovisi o pravovremenom suzbijanju korova (Battla i Benech-Arnold, 2007). Kod preuranjene primjene herbicida često uslijedi novih ponik korova koji tada ne bivaju suzbijeni te zahtijevaju novu aplikaciju herbicida. Nasuprot tome, prekasna primjena herbicida često polučuje slabiji učinak jer korovi tad prerastu razvojnu fazu u kojoj su osjetljivi na herbicidne pripravke. S obzirom da ponovljena (višekratna) primjena herbicida u većini ratarskih kultura nije ekonomski ni ekološki isplativa nužno je procijeniti pravo vrijeme za provedbu tretiranja (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 vrijeme suzbijanja bilo kojim dostupnim mjerama borbe. Glavna im je uporaba pri primjeni herbicida nakon nicanja korova (post-emergence). Nadalje, tim modelima može se predvidjeti ponik rano i vrlo kasno nicajućih korovnih vrsta koje katkad „izbjegnu“ osnovnom tretmanu.

S obzirom na njihov postupak izrade razlikuju se fenološki, empirijski i **mehanistički modeli prognoze nicanja korova**. *Fenološki modeli* zasnivaju se na proučavanju fenologije određene biljne vrste odnosno istraživanju periodičnih bioloških zbivanja. Dokazano je da razvoj fenofaza nekih biljaka u prirodi prethodi ili slijedi pojavu određenih korovnih vrsta u usjevu. Istraživanja provedena u sjevernoj Italiji u periodu od 1999. do 2004. ukazala su na povezanost između fenofaze cvatnje jorgovana (*Syringa vulgaris* L.) i ponika korovne vrste *Digitaria sanguinalis* L.. Nadalje, završetak cvatnje drvenaste vrste *Forsythia viridissima* Lindl. odgovara početku nicanja dvije korovne *Setaria glauca* L. i *Setaria viridis* L. (Masin i sur., 2005). Jednostavnim svakogodišnjim praćenjem cvatnje ovih dviju drvenastih biljaka zasađenih pored usjeva moguće je prognozirati pojavu navedenih korovnih trava.

Empirijski modeli zasnivaju se na praćenju dinamike nicanja korova, na određenoj lokaciji tijekom nekoliko godina. Temeljem dobivenih podataka o pojavi korova na određenoj lokaciji predviđa se njihova kalendarska pojava na određenoj lokaciji u narednoj odnosno tekućoj godini. Takav model „*The Weedometer*“ razvijen je u SAD-u na Sveučilištu u Winsconsinu, a prognozira nicanje korova temeljem podataka prikupljenim u periodu od 1998. do 2001. Autori su temeljem Hopkinsonovog bioklimatskog zakona, izradili aplikaciju koja omogućuje predviđanje početka nicanja i završetka razvoja korovne vrste na određenoj lokaciji. Hopkinskov bioklimatski zakon navodi da sezonske promjene u prirodi tijekom proljeća i početkom ljeta kasne prosječno četiri dana za svaki stupanj prema sjeveru i 5 stupnjeva prema istoku te za 120 m u visinu. Pomoću *The Weedometer* aplikacije moguće je predvidjeti nicanje korova na čak 36 000 lokacija u Sjedinjenim Američkim Država (<http://weedecology.wisc.edu>). Kao što je vidljivo ni fenološki ni empirijski modeli ne uključuju proučavanje bioloških parametara potrebnih za nicanje pojedine korovne već se zasnivaju na sposobnosti opažanja pojave fenoloških promjena u prirodi, te je su iz tog razloga manje pouzdani.

Mehanistički modeli su najperspektivniji modeli u području proučavanja problematike razvoja modela koji predviđaju nicanje korova. Ovi modeli uzimaju u obzir sve procese unutar sjemenke kao i okolišne uvjete koji su uključeni u proces nicanja: svjetlost, dubina sjemenke u tlu, odnos CO₂ i O₂, temperatura tla, količina vlage u tlu, starost sjemenke, fiziologija sjemenke i dormatnost (Forcella i sur.

2000). To su stoga sveobuhvatni modeli koji su za kreaciju daleko zahtjevniji od prije navedenih. Izrada mehanističkih modela odvija se u nekoliko koraka. Prvi korak je određivanje bioloških parametara u laboratoriju (biološkog minimuma i vodnog potencijala) potrebnih za nicanje pojedine korovne vrste. **Biološki minimum (T_b)** je najniža temperatura potrebna za nicanje neke vrste, odnosno pri temperaturama nižim od biološkog minimuma, nicanje je jednako nuli (Gummerson, 1986). **Biološki vodni potencijal (Ψ_b)** je minimalna količina vlage u tlu koja je potreba za nicanje. Druga faza izrade mehanističkog modela odnosi se na praćenje dinamike nicanja korovnih vrsta u polju kroz nekoliko godina na nekoliko lokacija uz istovremeno bilježenje dnevnih mikroklimatskih uvjeta u tlu (temperatura tla i vodni potencijal tla u zoni nicanja). Uz pomoć podataka prikupljenih u polju i laboratorijskih podataka o biološkim parametrima svake korovne vrste, temeljem sume vodno-toplinskih jedinica, izrađuju se krivulje nicanja korova u usjevu koje predstavljaju prognozu nicanja. Zadnja faza izrade modela odnosi se na provjeravanje valjanosti modela korištenjem istog za predviđanje nicanja u polju.

Prvotni modeli prognoze nicanja uključivali su samo temperaturu kao parametar predviđanja nicanja. Stoga se u početku kao osnova za prognozu nicanja koristila suma toplinskih jedinica (GDD). Suma toplinskih jedinica izražava se kao suma efektivnih temperatura iznad biološkog minimuma, akumuliranih tijekom nekoliko dana (Washitani i Takenaka, 1984).

$$GDD = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_b$$

S obzirom da nicanje biljaka nije uvjetovano samo temperaturom, novija generacija prognoznih modela uključuje i vodni potencijal u tlu potreban za nicanje pojedinih vrsta. Suma vodno toplinskih jedinica (HT) izračunava se praćenjem dnevnih uvjeta tla (temperature i vodnog potencijala) te specifičnih bioloških pragova potrebnih za nicanje sjemena u tlu (biološki minimum i biološki vodni potencijal) (Masin i sur, 2012).

$$HT = n * \max (T_{Si} - T_b, 0) + HT_{i-1}$$

$$T_{Si} < T_o: n = 0 \rightarrow \Psi_{Si} \leq \Psi_b; n = 1 \rightarrow \Psi_{Si} > \Psi_b$$

$$T_{Si} > T_o: n = 0 \rightarrow \Psi_{Si} \leq \Psi_b + K_t (T_{Si} - T_o); n = 1 \rightarrow \Psi_{Si} > \Psi_b + K_t (T_{Si} - T_o)$$

Ψ_{Si} – prosječni vodni potencijal tla na dubini od 2,5cm

Ψ_b – vodni potencijal korovne vrste

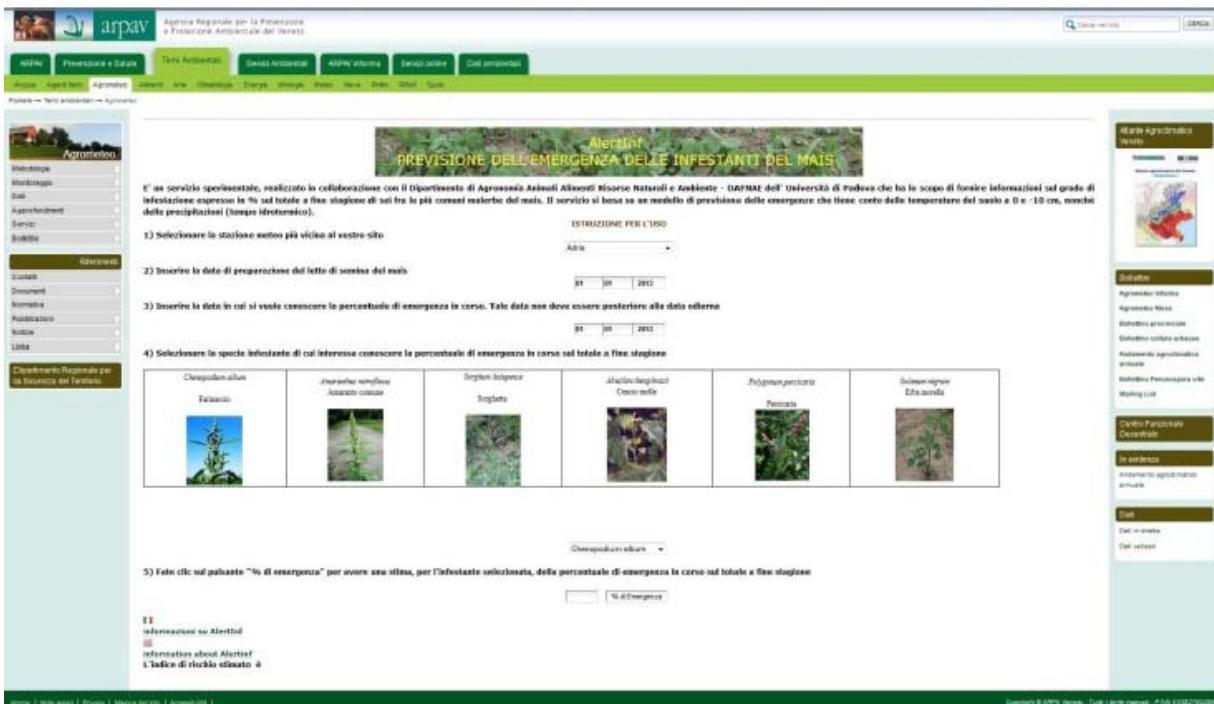
T_{Si} – prosječna dnevna temperatura tla na dubini od 2,5cm

T_b – biološki minimum korovne vrste

T_o – optimalna temperatura

K_t – pregib između Ψ_b i T_{Si}

Temeljem opisanih postupaka, na Sveučilištu u Padovi razvijen je prognozni model nicanja *AlertInf* namijenjen predviđanju nicanja najvažnijih ljetnih korova za proizvođače kukuruza i soje na području regije Veneto u Italiji. Model je od 2008. dostupan na web-stranici kao interaktivna alatka, namijenjen prvenstveno poljoprivrednim proizvođačima kukuruza i soje. Iako je model dosta kompleksan za samu izradu, za krajnjeg korisnika-poljoprivrednog proizvođača njegova primjena je potpuno jednostavna. Unošenjem osnovnih podataka koji uključuju lokaciju najbliže meteorološke stanice, datum sjetve (obrade tla) te korovne vrste koje se nalaze na parceli prognozni model *AlertInf* izračunava postotak izniklih korova od ukupnog broja korova koje će niknuti do kraja sezone. Na ovaj način poljoprivredni proizvođač može odlučiti kada će provesti tretiranje odnosno tretiranje prilagoditi što većem broju poniklih korova i time jednom aplikacijom herbicida suzbiti korov u usjevu (Masin i sur. 2008). Prema navodima autora ovog modela poljoprivredni proizvođači u Italiji pozitivno reagiraju na mogućnost korištenja rezultata (prognoze nicanja) *AlertInf-a*. U 2010. godini, u vegetacijskom razdoblju kukuruza ukupno je zabilježeno oko 2 000 pregleda od strane talijanskih korisnika.



Slika 1. Sučelje modela *AlertInf* na Internet stranicama (www.arpav.veneto.it)

Slični prognozni modeli nicanja za okopavinske usjeve dostupni putem interaktivnog kompjuterskog softvera koriste i proizvođači u SAD-u (Archer i sur. 2001) i Australiji (Wals i sur., 2002) s također pozitivnim povratnim informacijama.

U Republici Hrvatskoj oskudna je znanstvena i stručna literatura oko prognoze nicanja korova u poljoprivrednim usjevima (Šćepanović, 2015). Trenutno nema razvijenih prognoznih modela nicanja, a s obzirom na kompleksnost i dugotrajnost njihove izrade u narednom razdoblju i ne očekuje se njihova dostupnost poljoprivrednim proizvođačima. Kao brža mogućnost uvođenja prognoznih modela i na naše područje jest uporaba nekog od već postojećih prognoznih modela iz drugih zemalja. To je moguće napraviti tek kad se istraže (usporede) karakteristike klijanja i nicanja željenih korovnih vrsta s područja gdje je model razvijen na novo željeno područje. Naime, biološki parametri potrebni za nicanje korovne vrste ne samo da su različiti su za svaku biljnu vrstu već se mogu razlikovati i za različite ekotipove unutar iste vrste. Iz tog razloga potrebno je provesti vlastita laboratorijska (biološki minimum i biološki vodni potencijal) i poljska (dinamika nicanja korova) istraživanja kao prvi korak za evaluaciju mogućnosti transfera prognoznog modela s nekog područja na željeno područje. Na Agronomskom fakultetu Zavodu za herbologiju 2013. godine započeta su istraživanja mogućnosti transfera prognoznog modela *AlertInf* (Italija) na hrvatsko proizvodno područje. Utvrđeni su biološki minimumi za korovne vrste *Chenopodium album*, *Echinochloa crus galli* i *Abutilon theophrasti*. Daljnji potreban korak za provjeru validacije modela *AlertInf* su utvrđivanja vrijednosti vodnog potencijala za željene korovne vrste.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog istraživanja bio je:

- 1) utvrditi biološki minimum za korovnu vrstu *Amaranthus retroflexus* te biološki vodni potencijal za korovne vrste *Amaranthus retroflexus*, *Echinochloa crus-galli*, *Chenopodium album* i *Abutilon theophrasti*
- 2) usporediti dobivene biološke parametre (biološki minimum i biološki vodni potencijal) hrvatskih i talijanskih ekotipova s ciljem transfera prognoznog modela nicanja korova *AlertInf* iz Italije u Hrvatsku za proizvođače kukuruza i soje

3. MATERIJALI I METODE RADA

3.1. Prikupljanje sjemena istraživanih korovnih vrsta

Sjeme korovnih vrsta *Chenopodium album* i *Amarathus retroflexus* sakupljeno je u rujnu 2012. godine na lokaciji Šašinovečki Lug, pokušalištu Agronomskog fakulteta, uskladišteno na tamno i suho mjesto do trenutka provođenja pokusa. Sjemenke korovnih vrsta *Abutilon theophrasti* i *Echinochloa crus-galli* sakupljene su na istoj lokaciji tijekom 2013. godine. Sjeme europskog mračnjaka osušeno je i očišćeno trljajući suhe dijelove tobolca, a zatim otpuhivajući sitne dijelove i prašinu. Sjeme koštana i mračnjaka očišćeno je i pripremljeno za sjetvu u praktikumu herbološkog laboratorija (DAFNAE) na Sveučilištu u Padovi u ljeto 2014. godine. Sjeme koštana očišćeno je od pljevica uz pomoć improviziranog gumenog čistaća (slika 2) te stroja za otpuhivanje sitnih dijelova (*blower*) i prašine (slika 3). Sjeme lobode (*Chenopodium album*) očišćeno je od pljevica ručno. Suho i očišćeno sjeme pohranjeno je do provođenja istraživanja u papirnate vrećice na suhom i tamnom mjestu.



Slika 2. Gumeni čistač sjemena
(foto: V. Šoštarčić)



Slika 3. Strojni čistač sjemena
(foto: V. Šoštarčić)

3.2. Utvrđivanje klijavosti istraživanih korovnih vrsta

Prije postavljanja eksperimenta provedeni su testovi klijavosti sjemena istraživanih korovnih vrsta. Klijavost sjemena vrste *Echinochloa crus-galli* testirana je tijekom svibnja 2014. godine na Zavodu za herbologiju Agronomskog fakulteta u Zagrebu. Sjeme koštana očišćeno je od pljevica te postavljeno u Petrijevu posudicu promjera 15 cm. Na dno Petrijeve posude postavljen je filter papir, prekriven s 10 mL destilirane vode te je stavljeno 100 sjemenki koštana u dvije repeticije. Klijavost je utvrđivana u klima komori pri konstantnoj temperaturi od 20°C. Ukupna prosječna klijavost iznosila je 68% što je bilo

zadovoljavajuća za provođenje daljnjih pokusa. Test klijavosti korovnih vrsta *Amaranthus retroflexus*, *Abutilon theophrasti* i *Chenopodium album* proveden je u laboratoriju Zavoda za poljoprivredu, hranu, prirodne resurse, životinje i okoliš (DAFNAE), Sveučilišta u Padovi. Sjeme *Amaranthus retroflexus* i *Chenopodium album* posijan je u lipnju 2014. u plastične posude promjera 10 cm i dubine 7 cm, na filter papir, u 50 mL destilirane vode. Pokus se sastojao od tri repeticije po 100 sjemena za svaku korovnu vrstu (slika 4).



Slika 4. Plastična posuda za sjetvu sjemena korovnih vrsta
(foto: V. Šoštarčić)

Slika 5. Stratifikacija sjemena lobode (*Chenopodium album*)
(foto: V. Šoštarčić)

Sjeme je potom stavljeno u klima komoru na temperaturu od 20°C. Deset dana nakon sjetve utvrđena je klijavost navedenih korovnih vrsta. *Chenopodium album* imao je ukupno klijavost od 48%. S obzirom da za provođenje potrebnih pokusa ovakva klijavost sjemena nije bila dovoljna, sjeme *Chenopodium album* stavljeno je dva tjedna u klima komoru na temperaturu od 4°C kako bi mu se potakla klijavost (slika 5). Nakon provedene stratifikacije sjeme je ponovno stavljeno na klijanje u klima komoru na temperaturu od 20°C. Ukupna klijavost nakon stratifikacije sjemena lobode iznosila je 58% što je bilo dovoljno za provođenje daljnjih pokusa (Steinmanus i sur., 2000).

Sjeme *Amaranthus retroflexusa* pri konstantnoj temperaturi od 20°C iskazalo je klijavost od 78%. Poznato je da sjeme *Abutilon theophrasti* vrste posjeduje dormantnost uvjetovanu samom strukturom sjemene ovojnice. Prethodna istraživanja provedena na Zavodu za herbologiju pokazala su da je najbolji način prekidanja dormatnosti sjemena ove korovne vrste mehanička skarifikacija brusnim papirom (Obajgor, 2013). Mehanička skarifikacija sjemena *Abutilon theophrasti* provedena je ručno u trajanju od 5 min koristeći daščicu obloženu brus-papirom i podlogu obloženu brus-papirim granulacije P 40 (slika 6).



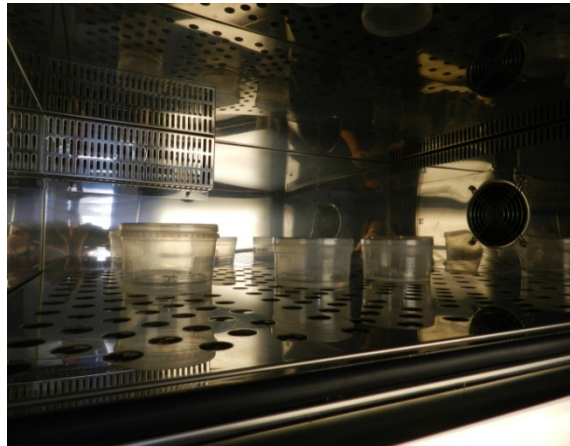
Slika 6. Skarifikacija sjemena mračnjaka (*Abutilon theophrasti*)
(foto: V. Šoštarčić)

Kružnim pokretima nastojala se osigurati jednolična skarifikacija nepravilnih dijelova sjemena ovojnice. Prosječna klijavost *Abutilon theophrasti* vrste nakon provedena skarifikacije iznosila je 69%. Mehanička skarifikacija provedena je netom prije sjetve sjemena u svrhu provedbe pokusa istraživanja vodnog potencijala korovne vrste kako bi se spriječilo predugo izlaganje skarificiranog sjemena sobnim uvjetima, kao i razvoj patogena na površini „oštećene“ sjemene ovojnice.

3.3. Utvrđivanje biološkog minimuma

Istraživanje biološkog minimuma provedeno je samo za vrstu *Amaranthus retroflexus* budući su prethodnim istraživanjima (Magosso, 2013) na Zavodu za herbologiju, Agronomskog fakulteta u Zagrebu dobiveni podaci o biološkom minimumu za: *Chenopodium album*, *Abutilon theophrasi* i *Echinochloa crus-galli*. Pokusi utvrđivanja biološkog minimuma i vodnog potencijala postavljeni su po shemi slučajnog bloknog rasporeda u tri ponavljanja, sa po 100 sjemenki svake vrste u jednom ponavljanju.

Sjeme šćira (*Amaranthus retroflexus*) prije sjetve dezinficirano je vodikovim peroksidom (H_2O_2) kako bi se spriječio mogući razvoj patogena na nižim temperaturama gdje je nicanje sjemena produljeno. Sjeme je postavljeno u plastične posude promjera 10 cm i dubine 7 cm, na filter papir, u 50 mL destilirane vode te stavljeno na klijanje u klima komoru pri slijedećim konstantnim temperaturama: 9°C, 12°C, 15°C, 18°C, 21°C, 24°C, 27°C i s fotoperiodom od 12h dana i 12h noći (slika 7).



Slika 7. Sjeme korovnih vrsta odloženo u klima komori
(foto: V. Šoštarčić)

Klijavost je provjeravana dva puta dnevno (temp. $> 21^{\circ}\text{C}$) i jedanput dnevno (temp $< 21^{\circ}\text{C}$). Prokljalim sjemenom smatrano je ono sjeme kod kojeg je bila vidljiva radikula veličine 1 mm i više. Takvo prokljalo sjeme uklanjano je iz plastične posudice. U slučaju da je pri određenoj temperaturi zabilježen prestanak nove klijavosti deset kontinuiranih dana, praćenje na toj temperaturi je završeno.

3.4. Utvrđivanje vodnog potencijala

Istraživanje minimalnog vodnog potencijala provedeno je na vrstama :*Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Abutilon theophrasi* i *Echinochloa crus-galli*. Različite koncentracije polietilen glikola korištene su s ciljem imitiranja vodnog potencijala stvarnih uvjeta u tlu. Za potrebe ovog eksperimenta pripremljeno je sedam različitih koncentracija otopina polietilen glikola sljedećih vodnih potencijala: -0,05, -0,10, - 0,25, -0,38, -0,50, -0,80, -1, 00 MPa (Michel i Kaufmann, 1973) (slika 8). Za navedene vodne potencijale upotrebijebljena je sljedeća količina polietilen glikola: 23,5 g (-0,05 MPa), 37,0 (-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 8. Pripravljanje različitih koncentracija polietilen glikola (foto: V. Šoštarčić)



Slika 9. Polietilen glikol (PEG) (foto: V. Šoštarčić)

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 50 mL destilirane vode, odnosno PEG otopine, u tri repeticije po 100 sjemenki. Plastične posude sa sjemenkama korovnih vrsta održavane su na konstantnoj temperaturi od 22°C sa fotoperiodom od 12h dana i 12h noći.

Metoda utvrđivanja klijavosti ista je kao kod gore navedenog utvrđivanja biološkog minimuma šćira. Zbog izrazite zaraženosti patogenim gljivicama, pokus sa sjemenom vrste *Abutilon theophrasi* (slika 10), ponovljen je na način da je u samu suspenziju PEG-a svih koncentracija, dodano 0,1 mL fungicida trgovačkog naziva PITOSTOP, djelatne tvari propamokarb (slika 11). Dodavanjem fungicida nastojalo se usporiti razvoj patogena na sjemenu kako bi se preciznije mogla pratiti klijavost sjemena. Nažalost, dodavanje fungicida nije uvjetovalo dobivanje boljih rezultata, od prvotno dobivenih.



Slika 10. Zaraženost sjemena mračnjaka patogenim gljivicama
(foto: V. Šoštarčić)



Slika 11. Dodavanje 0,1 mL fungicida
(foto: V.Šoštarčić)

3.5. Statistička obrada podataka

Podaci o ukupnoj klijavosti korovne vrste *Amaranthus retroflexus* pri temperaturama od 9 do 27°C te o ukupnoj klijavosti korovnih vrsta *Amaranthus retroflexus*, *Abutilon theophrasti*, *Chenopodium album* i *Echinochloa crus-galli* pri koncentracijama polietil glikola od -0,05 do 1,00 MPa obrađeni su odgovarajućom 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 istraživanih korovnih vrsta 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 50% sjemena (t_{50}). Za utvrđivanje biološkog minimuma 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).

4. REZULTATI RADA

4.1. Ukupna klijavost korovne vrste *Amaranthus retroflexus* pri istraživanim temperaturama

Korovna vrsta *Amaranthus retroflexus* ostvarila je različitu ukupnu klijavost pri različitim istraživanim temperaturama. Povećanjem temperature s 9°C na 27°C raste i prosječna klijavost ove vrste. Najveća prosječna klijavost utvrđena je na temperaturama od 27°C (99 %) i 24°C (94.67%). Klijavost pri ovim temperaturama je bila statistički opravdano veća od klijavosti pri ostalim istraživanim temperaturama (9°C - 21°C). Relativna visoka ukupna klijavost utvrđena je i pri temperaturama od 21°C (87.67%) i 18°C (77.67%) iako je ta klijavost statistički niža u odnosu na više temperature (24°C i 27°C). Pri nižim temperaturama 15°C (9.33%), 12°C (0.67%) i 9°C (0.00%) utvrđena je vrlo niska prosječna ukupna klijavost. Na najnižoj postavljenoj temperaturi (9°C), nije prokljerala nijedna sjemenka šćira.

4.2. Dinamika klijanja korovne vrste *Amaranthus retroflexus* pri istraživanim temperaturama

Rezultati dinamike nicanja vrste *Amaranthus retroflexus* ukazuju na brzinu (energiju) klijanja pri različitim istraživanim temperaturama. Dinamika klijanja obrađena je prema Biostat97 modelu, a podaci o procijenjenom broju dana (ED) potrebnim za ponik 50%, 70% i 90% sjemenki prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Procijenjena brzina klijanja – ED (50%, 70%, 90%) i standardna pogreška (\pm SE) prema Biostat97 modelu te ANOVA

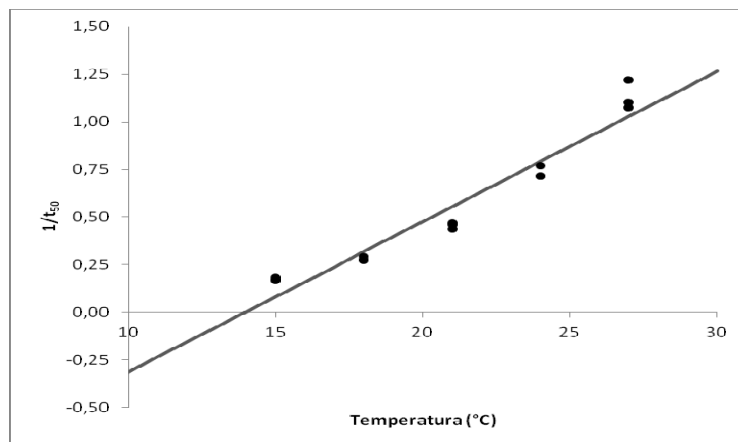
Temperatura (°C)	ED50	\pm SE	ED70	\pm SE	ED90	\pm SE
27	0,88 a	1,44	1,06 a	0,18	1,45 a	2,86
24	1,36 b	0,05	1,52 b	0,07	1,81 a	0,12
21	2,20 c	0,00	2,42 c	0,01	2,83 b	0,02
18	3,57 d	0,05	3,80 d	0,05	4,21 c	0,09
15	5,71 e	0,10	6,93 e	0,25	9,50 d	0,64

* vrijednosti označene istim slovima međusobno se ne razlikuju
 $LSD_{0,05} ED50\% = 0,22$; $LSD_{0,05} ED70\% = 0,20$; $LSD_{0,05} ED90\% = 0,88$

Utvrđena je statistički značajna razlika u dinamici nicanja vrste *Amaranthus retroflexus* pri različitim istraživanim temperaturama. Iz tablice 1. vidljivo je da se povećanjem temperature skraćuje vrijeme odnosno broj dana (d) potrebnih za ponik 50% posijanih sjemenki. Najkraći vremenski period potreban za klijanje 50% sjemenki *Amaranthus retroflexus* vrste utvrđen je na temperaturi od 27°C (0,88 d), dok je najdulji period ponika 50% sjemenki utvrđen pri temperaturi od 15°C (5,71 d). Na temperaturama od 24°C (1,36 d), 21°C (2,20) i 18°C (3,57 d) ponik je slijedio brže nego na nižim temperaturama, ali znatno sporije nego na najvišoj temperaturi (27°C). Na najnižim temperaturama 12°C i 9°C nije utvrđen 50-postotni ponik sjemenki šćira, odnosno procijenjena brzina klijanja jednaka je nuli. Grafikoni dinamike klijanja vrste *Amaranthus retroflexus* za svaku repeticiju i istraživanu temperaturu, pri kojoj je temeljem dobivenim podataka bilo moguće izaditi krivulju dinamike nicanja, prikazani su u prilogu ovog rada (Prilog 1).

4.3. Regresijska analiza za utvrđivanje biloškog minimuma

Logaritamskom vrijednosti ($1/t_{50}$) za sve istraživane temperature regresijom je utvrđen biološki minimum za korovnu vrstu *Amaranthus retroflexus* (grafikon 1).



Grafikon 1. Regresijski pravac ($y = -1,1005x + 0,0788$, $r^2 = 0,94$) s točkama koje predstavljaju utvrđene log prosječne vrijednosti 50%tnog ponika ($1/t_{50}$) na istraživanim temperaturama

Temeljem utvrđenih $1/t_{50}$ vrijednosti biološki minimum za ovu korovnu vrstu iznosi 13, 95°C uz granicu pouzdanosti (95%) $\pm 0,36$ i koeficijentom determinacije (r^2) 0,94. Što je vrijednost regresijskog koeficijenta bliža 1, to je ovaj model pouzdaniji.

4.4. Klijavost istraživanih korovnih vrsta pri različitim koncentracijama polietilen glikola

Rezultati ukupne prosječne klijavosti istraživanih korovnih vrsta pri različitim koncentracijama polietilen glikola prikazane su u tablici 2.

Tablica 2. Ukupna klijavost istraživanih korovnih vrsta pri različitim koncentracijama polietilen glikola

Vrsta*	Koncentracije polietilen glikola, MPa							
	0,00	-0,05	-0,10	-0,25	-0,38	-0,50	-0,80	-1,00
AMARE	78,33ab	84,67a	72,67 b	11,67c	3,33cd	1,67 d	0,67 d	0,00 d
ECHCG	85,00a	89,67a	90,67a	90,67a	86,00a	84,67a	2,67b	1,67b
ABUTH	77,33a	72,00ab	57,33bc	42,00cd	32,33d	12,67e	0,00e	0,00e
CHEAL	66,33a	67,00a	67,67a	63,00a	20,67b	7,33c	2,33c	0,00c

vrijednosti označene istim slovima međusobno se ne razlikuju

LSDamare = 8,96; LSDechcg = 12,49; LSDabuth = 15,38; LSDcheal = 12,73

* AMARE - *Amaranthus retroflexus*; ECHCG - *Echinochloa crus-galli*; ABUTH - *Abutilon theophrasti*; CHEAL - *Chenopodium album*)

Kao što je vidljivo iz tablice 2. sve istraživane korovne vrste na kontrolnom tretmanu (0,00 MPa) ostvarile su klijavost veću od 65,00%. Kod svih istraživanih korovnih vrsta utvrđena je statistički značajna razlika ukupne prosječne klijavosti između različitih koncentracija polietilen glikola. Također je kod svih istraživanih vrsta prosječna ukupna klijavost uglavnom opadala povećanjem koncentracije polietilen glikola.

Kod vrste *Amaranthus retroflexus* najveća ukupna klijavost utvrđena je pri koncentraciji od -0,05 MPa (84,67%) iako u odnosu na kontrolni tretman (78,33%) ta razlika nije bila statistički opravdana. Pri koncentraciji od -0,10 MPa (72,67%) utvrđena prosječna klijavost nije se statistički razlikovala od kontrolnog tretmana. Daljnjim porastom koncentracije polietilen glikola (< -0,25) ukupna klijavost se značajno smanjivala i to linearno s porastom koncentracije od 11,6% pri -0,25 MPa do 0% pri -1,00MPa.

Kod korovne vrste *Echinochloa crus-galli* ukupna prosječna klijavost značajno je sporije opadala s povećanjem koncentracije polietilen glikola. Naime, tek je pri koncentraciji od -0,8 MPa utvrđena vrlo niska ukupna klijavost (2,67%) što je slijedilo i svega 16,7% ponika pri koncentraciji od -1,00 MPa. Nasuprot tome, pri nižim koncentracijama polietilen glikona (od 0,00 MPa do -0,50 MPa) utvrđena je ukupna klijavost od 85% (0,00 MPa) do 90,67% (-0,10 MPa i -0,25 MPa) i između istraživanih koncentracija nije utvrđena statistički opravdana razlika u ukupnoj klijavosti vrste *Echinochloa crus-galli*.

Najveća ukupna prosječna klijavost korovne vrste *Abutilon theophrasti* utvrđena je na kontrolnom tretmanu od 0,00 MPa (77,33%), a pri koncentraciji od -0,05 MPa utvrđena klijavost od 72,00% nije se statistički opravdano razlikovala. Daljnjim povećanjem koncentracije polietilen glikola (<-0,10) klijavost ove vrste se linearno smanjivala od 57,33% (-0,10 MPa) do 0% (-0,80 i -1,00 MPa).

Za korovnu vrstu *Chenopodium album* utvrđena je najviša ukupna klijavost od 67,67% na koncentraciji od -0,10 MPa. No, između 0,00 MPa (66,33%), -0,05 MPa (67,00%), -0,10 MPa (67,67%), -0,25 MPa (63,00%) nije utvrđena statistički signifikantna razlika ukupne prosječne klijavosti lobode. Daljnjim povećanjem koncentracije polietilen glikola (od -0,38 MPa do -1,00 MPa) linearno se smanjuje klijavost lobode s 20,67% (-0,38 MPa) na 0,00% (-1,00 MPa).

4.5. Dinamika klijanja istraživanih korovnih vrsta pri različitim koncentracijama polietilen glikola

Priložena tablica 3. prikazuje procijenjenu brzinu klijanja korovne vrste *Amaranthus retroflexus* pri različitim istraživanim koncentracijama vodnog potencijala dobivenu na osnovi rezultata praćenja dnevne dinamike klijanja.

Tablica 3. Procijenjena brzina klijanja – ED (50%, 70%, 90%) i standardna pogreška (\pm SE) prema Biostat97 modelu te ANOVA za vrstu *Amaranthus retroflexus*

Koncentracija polietilen glikola (MPa)	ED50	SE	ED70	SE	ED90	SE
0,00	1,64a	0,10	1,74a	0,07	1,91a	0,02
-0,05	1,64a	0,70	1,85a	0,06	2,26a	0,07
-0,10	1,28a	0,06	1,90a	0,07	3,61a	0,28
-0,25	5,88b	0,34	9,13b	0,47	18,55b	1,63

* vrijednosti označene istim slovima međusobno se ne razlikuju
 $LSD_{0,05} ED50\% = 0,85$; $LSD_{0,05} ED70\% = 1,12$; $LSD_{0,05} ED90\% = 2,21$

Podaci iz tablice 3. ukazuju na statistički opravdanu razliku u brzini klijanja vrste *Amaranthus retroflexus* pri različitim istraživanim koncentracijama polietilen glikola. Povećanjem koncentracije polietilen glikola produžuje se vrijeme, odnosno broj dana (d) koje je potrebno za klijanje 50% posijanih sjemenki. Najbrži ponik 50% sjemenki ove vrste (1,28 d) ostvaren je pri koncentraciji polietilen glikola od -0,10MPa. što je statistički isto kao i 50%tni ponik ove vrste pri koncentraciji od -0,05MPa (1,64 d) te na kontrolnom tretmanu. Pri koncentraciji od -0,25 MPa, sjemenke su najduže nicale (5,88 d), dok na koncentracijama nižim od -0,38MPa nicanje bilo znatno manje od 50% te zbog toga nije bilo moguće pratiti brzinu 50-postonog nicanja sjemena. Sličan trend sporije dinamike nicanja ove vrste pri višim koncentracijama polietilen glikola utvrđen je procjenjujući i 70%tni i 90%tni ponik (tablica 3).

U tablici 4 prikazana je procijenjena brzina klijanja korovne vrste *Echinochloa crus-galli*. Podaci su prikazani na identičan način kao i u prethodnoj tablici, odnosno procijenjena brzina klijanja korovne vrste *Echinochloa crus-galli* prikazana je brojem dana potrebnim da proklije 50%, 70% i 90% posijanih sjemenki.

Tablica 4. Procijenjena brzina klijanja – ED (50%, 70%, 90%) i standardna pogreška (\pm SE) prema Biostat97 modelu te ANOVA za vrstu *Echinochloa crus-galli*

Koncentracija polietilen glikola (MPa)	ED50	SE	ED70	SE	ED90	SE
	0,00	1,65a	0,03	1,82a	0,01	2,10a
-0,05	3,56a	0,00	3,81a	0,00	4,30a	0,01
-0,10	2,19a	0,02	2,48a	0,05	3,00a	0,13
-0,25	2,59a	0,02	2,95a	0,03	3,60a	0,08
-0,38	3,26a	0,02	3,75a	0,03	4,70a	0,08
-0,50	3,87a	0,02	4,51a	0,02	5,80a	0,07
-0,80	6,02b	1,13	11,64b	1,91	33,30b	11,31

* vrijednosti označene istim slovima međusobno se ne razlikuju

LSD_{0,05} ED50% = 3,38; LSD_{0,05} ED70% = 6,66; LSD_{0,05} ED90% = 19,75

Sjemenke koštana kao i kod prethodne korovne vrste, smanjivale su svoju brzinu klijanja povećanjem koncentracije polietilen glikolne otopine u kojoj su se nalazile. Najkraći period klijanja imale su sjemenke u destiliranoj vodi (1,65 d). Između ovog tretmana i tretmana sa -0,10 MPa (2,19 d), -0,25 MPa (2,59 d) te -0,38 MPa (3,26 d) ne postoji statistički opravdana razlika u brzini klijavosti. Na tretmanu sa -0,05MPa (3,56 d) produljeno je vrijeme klijavosti s obzirom na kontrolni tretman i tretmane s višim koncentracijama polietilen glikola. Između navedenog tretmana i tretmana sa koncentracijama od -0,38MPa (3,26 d), -0,50MPa(3,87d) i -0.80Mpa (6,02) nije utvrđena statistički značajna razlika u brzini

kljanja 50% posijanog sjemena. Najdulji period kljanja imale su sjemenke posijane na koncentraciji od -0,80MPa (6,02 d), dok je na koncentraciji od -1,00 MPa nicanje bilo nedovoljno da bi utvrdili brzinu nicanja 50% posijanog sjemena, te utvrđujemo da je ono jednako nuli.

U tablici 5. prikazana je procijenjena brzina kljanja za sve istraživane koncentracije polietilen glikon otopine za korovnu vrstu *Abutilon theophrasti* kao prikaz dana koji su potrebni da proklije 50%, 70% i 90% posijanih sjemenki.

Tablica 5. Procijenjena brzina kljanja – ED (50%, 70%, 90%) i standardna pogreška (\pm SE) prema Biostat97 modelu te ANOVA za vrstu *Abutilon theophrasti*

Koncentracija polietilen glikola (MPa)	ED50	SE	ED70	SE	ED90	SE
0,00	2,56a	0,12	4,62a	0,23	13,00ab	1,19
-0,05	3,12a	0,08	4,02a	0,11	6,10a	0,28
-0,10	4,77a	0,27	8,51ab	0,44	21,90b	2,02
-0,25	4,49a	0,11	5,92a	0,14	9,20a	0,39
-0,38	10,62b	0,26	15,60c	0,39	29,10b	1,32
-0,50	9,66b	0,23	12,25bc	0,30	17,90b	0,77

* vrijednosti označene istim slovima međusobno se ne razlikuju

LSD_{0,05} ED50% = 3,48; LSD_{0,05} ED70% = 5,25; LSD_{0,05} ED90% = 13,95

Utvrđena je statistički opravdana razlika u broju dana potrebnim za ponik 50%, 70% i 90% sjemenki korovne vrste *Abutilon theophrasti* između različitih koncentracija polietilen glikola. Vidljivo je da se povećanjem zasićenosti polietilenglikolne otopine uglavnom proporcionalno produljuje i vremenski period potreban da bi sjemenke ponikle. Najbrže su prokljale one sjemenke koje su se nalazile na kontrolnom tretmanu (2,56 d). Utvrđeno je da ne postoji statistički opravdana razlika između kontrolnog tretmana te tretmana s koncentracijama od -0,05MPa (3,12 d), -0,10MPa (4,77 d) te -0,25MPa (4,49 d). Sjemenke su najduže kljale na tretmanima sa -0,38MPa (10,62 d) te -0,50MPa (9,66 d), a između tih tretmana ne postoji statistički opravdana razlika u brzini kljanja. Na tretmanima sa -0,80MPa i -1,00MPa nije utvrđena brzina kljanja jer je kljavost bila neznatna.

Korovna vrsta *Chenopodium album* posljednja je istraživana vrsta te je njena brzina klijanja prikazana u tablici 7. na jednak način kao i sve ostale već navedene istraživane vrste.

Tablica 6. Procijenjena brzina klijanja – ED (50%, 70%, 90%) i standardna pogreška (\pm SE) prema Biostat97 modelu te ANOVA za vrstu *Chenopodium album*

Koncentracija polietilen glikola (MPa)	ED50	SE	ED70	SE	ED90	SE
0,00	4,75a	0,05	5,58a	0,07	7,24a	0,16
-0,05	5,86ab	0,05	6,80ab	0,07	8,61ab	0,17
-0,10	6,25abc	0,04	7,20abc	0,06	9,01ab	0,13
-0,25	6,28abc	0,04	7,34abc	0,06	9,41ab	0,15
-0,38	8,22c	0,21	10,40c	0,29	15,29ab	0,84
-0,50	7,57c	0,25	9,93c	0,36	16,15b	1,23

* vrijednosti označene istim slovima međusobno se ne razlikuju
 $LSD_{0,05} ED50\% = 2,26$; $LSD_{0,05} ED70\% = 3,65$; $LSD_{0,05} ED90\% = 8,40$

Iz priložene tablice je vidljivo da se pri različitim koncentracijama polietilen glikola klijavost lobode statistički značajno razlikovala. Najveća brzina klijavosti utvrđena je na kontrolnom tretmanu (4,75 d) te se isti tretman statistički značajno ne razlikuje od tretmana sa -0,05MPa (5,86 d), -0,10MPa (6,25 d) te -0,25MPa (6,28 d). Najsprije su klijale one sjemenke koje su se nalazile na koncentraciji od -0,38MPa (8,22) te se taj tretman nije razlikovao od tretmana sa -0,50 MPa (7,57 d). Nadalje, utvrđeno je da ne postoji statistički opravdana razlika između tretmana sa -0,50 MPa te tretmana sa -0,05, -0,10 i -0,25 MPa. Pri koncentracija od -0,80 i -1,00MPa nije utvrđena brzina klijanja zbog nezatne ukupne klijavosti posijanih sjemenki.

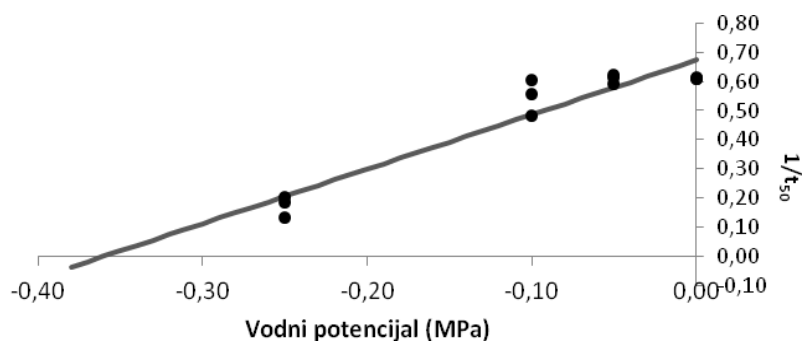
Grafikoni dinamike klijanja za sve istraživane vrste za svaku repeticiju i istraživanu koncentraciju vodnog potencijala, pri kojima je temeljem dobivenim podataka bilo moguće izraditi krivulju dinamike nicanja i utvrditi vrijednost t_{50} , prikazani su u prilogu ovog rada (Prilog 2., 3., 4. i 5.)

4.6. Regresijska analiza za utvrđivanje vodnog potencijala istraživanih korovnih vrsta

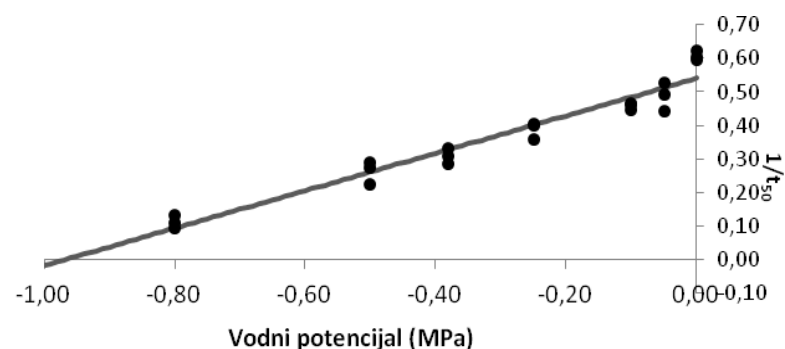
Regresijska analiza svih istraživanih koncentracija polietilen glikola za istraživane korovne vrste (*Amaranthus retroflexu*, *Echinochloa crus-galli* i *Abutilon theophrasti*) napravljena je pomoću logaritamske ($1/t_{50}$) vrijednosti, te je na taj način utvrđen minimalni vodni potencijal koji je potreban istraživanim korovnim vrstama da bi proklijale u stvarnim uvjetima tla. Na osnovu utvrđenih $1/t_{50}$

vrijednosti iz prikazanih grafikona zaključujemo da je najniži biološki vodni potencijal utvrđen za korovnu vrstu *Amaranthus retroflexus* i iznosi -0,36 MPa uz granicu pouzdanosti (95%) od $\pm 0,03$ i koeficijentom determinacije (r^2) 0,91. Korovna vrsta *Abutilon theophrasti* zahtjeva vodni potencijal od -0,67 MPa, sa granicom pouzdanosti (95%) $\pm 0,17$ i koeficijentom determinacije (r^2) koji iznosi 0,76. Najviši biološki vodni potencijal utvrđen je kod korovne vrste *Echinochloa crus-galli* i iznosi -0,97 MPa, sa granicom pouzdanosti (95%) koja iznosi $\pm 0,06$ i koeficijentom determinacije (r^2) 0,94.

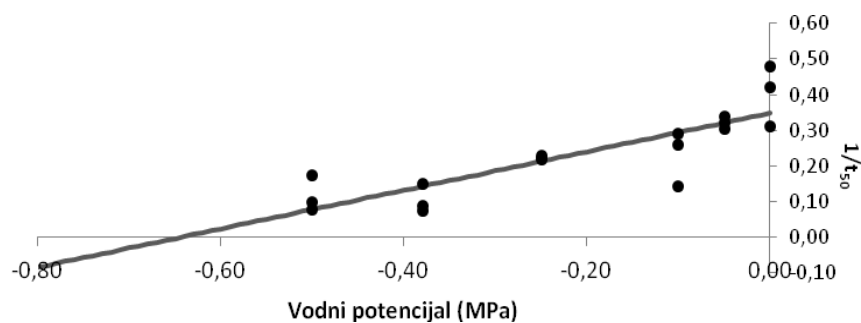
Regresijski pravci i utvrđeni biološki vodni potencijali za istraživane korovne vrste prikazani su u grafikonima 2, 3 i 4.



Grafikon 2. Regresijski pravac ($y = 0,6720x + 1,8619$; $r^2 = 0,91$) vrste *Amaranthus retroflexus* s točkama koje predstavljaju utvrđene logaritamske prosječne vrijednosti 50-postotnog ponika ($1/t_{50}$) na istraživanim koncentracijama vodnog potencijala



Grafikon 3. Regresijski pravac ($y = 0,5399x + 0,5570$; $r^2 = 0,94$) vrste *Echinochloa crus-galli* s točkama koje predstavljaju utvrđene logaritamske prosječne vrijednosti 50-postotnog ponika ($1/t_{50}$) na istraživanim koncentracijama vodnog potencijala



Grafikon 4. Regresijski pravac ($y = 0,3485x + 0,5421$; $r^2 = 0,76$) vrste *Abutilon theophrasti* s točkama koje predstavljaju utvrđene logaritamske prosječne vrijednosti 50-postotnog ponika na istraživanim koncentracijama vodnog potencijala

4.7. Usporedba bioloških parametara hrvatskih i talijanskih ekotipova

Posljednji korak analize dobivenih rezultata sastoji se od usporedbe bioloških parametara hrvatskih populacija korovnih vrsta dobivenih u ovom istraživanju s biološkim parametrima talijanskih populacija istih korovnih vrsta utvrđenim u istraživanjima Masin i sur. (2010). U tablici 8. prikazana je usporedba vrijednosti bioloških minimuma hrvatske populacije *Amaranthus retroflexus* s biološkim minimumom talijanske populacije iste korovne vrste.

Tablica 7. Usporedba biološkog minimuma (T_b) između hrvatskih ekotipova korovne vrste *Amaranthus retroflexus* i talijanskih ekotipova iste vrste

<i>Amaranthus retroflexus</i>	T_b (°C)	$\pm 95\% CI^*$	Interval pouzdanosti (°C)	
Hrvatski ekotip	13,95	0,36	13,59	14,30
Talijanski ekotip	12,30	1,12	11,18	13,42

*CI - confidence limits, granice pouzdanosti

Prikazana tablica 7. sadrži vrijednosti biološkog minimuma obje populacije (hrvatske i talijanske) 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 hrvatske ekotipove nalazi u rasponu od 13,59°C do 14,30°C, a za talijanske ekotipove to područje je u rasponu od 11,18°C do 13,42°C. To znači da se unutar tih raspona nalaze prave vrijednosti bioloških parametara. Budući se ova dva raspona za hrvatsku i talijansku populaciju šćira niti u jednoj točki ne preklapaju, biološki minimumi ove dvije populacije šćira se razlikuju.

Drugi biološki parametar utvrđen ovom istraživanju bio je biološki vodni potencijal, odnosno zasićenost tla vodom kao jedan od preduvjeta za klijanje korovnih vrsta. S obzirom da nije bilo moguće na temelju dobivenih podataka utvrditi biološki vodni potencijal hrvatske populacije korovne vrste *Chenopodium album* te je potom usporediti sa poznatim biološkim vodnim potencijalima talijanske populacije iste u tablici 8. prikazane su tri istraživane korovne vrste te usporedba bioloških vodnih potencijala hrvatskih i talijanskih ekotipova korovnih vrsta *Amaranthus retroflexus*, *Echinochloa crus-galli* te *Abutilon theophrasti*.

Princip usporedbe hrvatskih populacija i talijanskih populacija istraživanih korovnih vrsta identičan je kao i kod gore objašnjene usporedbe biološkog minimuma *Amaranthus retroflexus* vrste.

Tablica 8. Usporedba vodnog potencijala hrvatskih i talijanskih ekotipova korovnih vrsta *Amaranthus retroflexus*, *Echinochloa crus-galli* te *Abutilon theophrasti*

Hrvatski ekotip			Talijanski ekotip		Intervali pouzdanosti (MPa)			
Korovna vrsta	Ψ_b (MPa)	$\pm 95\%$ CI*	Ψ_b (MPa)	$\pm 95\%$ CI*	Hrvatski ekotip		Talijanski ekotip	
<i>Amaranthus retroflexus</i>	-0,36	0,03	-0,41	0,07	-0,39	-0,32	-0,48	-0,34
<i>Echinochloa crus-galli</i>	-0,97	0,06	-0,97	0,04	-1,03	-0,90	-1,01	-0,93
<i>Abutilon theophrasti</i>	-0,67	0,17	-0,78	0,11	-0,84	-0,5	-0,89	-0,67

*CI - confidence limits, granice pouzdanosti

Interval pouzdanosti hrvatskog ekotipa šćira kretao se od -0,39 MPa do -0,32 MPa, a talijanskog ekotipa od -0,48 MPa do -0,34 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 *Amaranthus retroflexusa*.

Kod korovne vrste *Echinochloa crus-galli* s 95% sigurnošću se može tvrditi da se vrijednosti vodnog potencijala za hrvatske populacije ove korovne vrste nalaze u rasponu od -1,03 MPa do -0,90 MPa, dok se vrijednosti vodnog potencijala za talijansku populaciju iste vrste nalaze u rasponu od -1,01 MPa do -0,93 MPa. Moguće je ustanoviti da ovdje dolazi do značajnog preklapanja vrijednosti obje populacije te se stoga opravdano može tvrditi da se hrvatski i talijanski ekotipovi koštana ne razlikuju u parametaru vodnog potencijala.

Interval pouzdanosti vodnog potencijala hrvatske populacije korovne vrste *Abutilon theophrasti* kreće se unutar područja od -0,84 MPa do -0,5 MPa, dok se kod talijanske populacije on nalazi unutar raspona od -0,89 MPa do 0,67 MPa. Opaža se preklapanje pretpostavljenih vrijednosti biološkog vodnog potencijala ove dvije populacije te se stoga može tvrditi da između vrijednosti biološkog vodnog potencijala talijanske populacije i biološkog vodnog potencijala hrvatske populacije mračnjaka ne postoji razlika.

5. RASPRAVA

Sve vrste obuhvaćene ovim istraživanjem tipične su toploljubive okopavinske vrste. Ostojić (2001) u četrdesetogodišnjem istraživanju utvrđuje pojavnost deset najučestalijih korovnih vrsta u kontinentalnom dijelu Hrvatske. Sa svojom prosječnom prisutnošću na najvećem broju lokacija ističe se *Echinochloa crus-galli* na 91% lokacija (1. mjesto), potom *Chenopodium album* sa učestalosti na 82% lokacija (3. mjesto), zatim *Amaranthus retroflexus* s 57% (5. mjesto) istraživanih lokacija. Na 11. mjestu nalazi se *Abutilon theophrasti*. Visoka rasprostranjenost i učestalost pojave ovih korovnih vrsta jasno pokazuje povoljnost klimatskih uvjeta koji vladaju u kontinentalnom dijelu Hrvatske za razvoj navedenih korovnih vrsta, ali i sposobnost prilagodbe istih na nove uvjete okoliša što se posebno tiče invazivne vrste *Abutilon theophrasti*. Za bolji uvid u stvarne uvjete okoliša i samu prilagodbu korovnih vrsta na određenom staništu nužno je poznavati biološki parametre potrebne za klijanje i nicanje korovnih vrsta. Procesi klijanja i nicanja korovnih vrsta najviše su pod utjecajem temperature i vlage tla. Upravo iz tog razloga mogućnost da se prognozira nicanje korova omogućeno je utvrđivanjem bioloških parametara (biološkog minimuma i biološkog vodnog potencijala) koji direktno utječu na nicanje korova. U kontroliranim uvjetima konstantnih temperatura i vlage omogućeno je utvrditi vrijednosti bioloških parametara željenih korovnih vrsta kao prvi korak potreban za razvoj prognostičkih modela nicanja.

Korovne vrste značajno se razlikuju po akumuliranoj temperaturi potrebnoj za početak klijanja i nicanja. Stoga je neobično važno utvrditi biološki minimum za svaku željenu korovnu vrstu. Rezultati ovog istraživanja potvrđuju da je korovna vrsta *Amaranthus retroflexus* toploljubiva vrsta koja s nicanjem započinje porastom temperatura. Naime, najveća prosječna klijavost utvrđena je na temperaturama višim od 24°C (< 94,67%) iako je relativno visoka ukupna klijavost utvrđena i pri temperaturama od 18°C (77,67%) do 21°C (87,67%). Daljnjim smanjenjem temperatura ukupna klijavost se značajno smanjivala, a pri temperaturi od 9°C nije proklimala nijedna sjemenka šćira. Podaci iz literature također ukazuju na termofilni karakter ove korovne vrste. Tako Mitch (1997) navodi da šćir. neće kasno u proljeće i u ljeto kada je prosječna temperatura blizu površine tla oko 15°C iako se optimalne temperature za nicanje ove vrste nalaze u rasponu od 30 do 40 °C.

Istraživanjem dinamike klijanja korovne vrste *Amaranthus retroflexus* pri različitim temperaturnim režimima u ovom laboratorijskom pokusu ustanovljeno je da biološki minimum iznosi 13,95°C (Grafikon.1.) Prethodnim istraživanjima (Magosso, 2013) za tri toploljubive korovne vrste iz središnje Hrvatske utvrđeni su biološki minimumi za vrste *Echinochloa crus-galli* (10,8°C), *Chenopodium album* (3,4°C) i *Abutilon theophrasti* (4,5°C). Iz podataka je jasno vidljivo da je šćiru za nicanje potrebno najviše toplotnih jedinica budući ima najveći biološki minimum u odnosu na ostale istraživane korovne vrste, ali također i na ostale ljetne korovne vrste koje nisu obuhvaćene ovim

istraživanjima. Tako Ward i sur. (2013) navode da je biološki minimum za vrstu *Amaranthus palmeri* 16,6⁰ C što je značajno više od ostalih ljetnih korovnih vrsta. Myers i sur. (2004) poljskim istraživanjima utvrđuju kasniji ponik vrste *Amaranthus hybridus* u usjevu kukuruza u odnosu na ostale istraživanje korove.

S obzirom da je preduvjet interpolacije stranih podataka na hrvatsko proizvodno područje provjera bioloških parametara potrebnih za nicanje, cilj ovog istraživanja jest provjeriti vrijednost ovih parametara za dva ekotipa: talijanska i hrvatska. Usporedba ovih bioloških parametara je važna da se utvrdi sličnost ili različitost u procesima klijanja-nicanja hrvatskih ekotipova u odnosu na talijanske koji se koriste u prognoznom modelu *AlertInf*.

Rezultati istraživanja ukazuju da između hrvatske i talijanske populacije šćira postoji statistička opravdana razlika u vrijednosti biološkog minimuma (Tablica 7). Masin i sur. (2010) ustanovili su temperaturni biološki minimum šćira na lokaciji sjeverne Italije, Padova u vrijednosti od 12,3°C što je za 1,65⁰ C niže u odnosu na ekotip iz kontinentalne Hrvatske (13,95⁰C). Prema podacima Državnog hidrometeorološkog zavoda za područje Zagreba višegodišnja prosječna godišnja temperatura iznosi 10,6°C, s minimalnom prosječnom temperaturom izmjerenoj u siječnju (-2,45°C), a maksimalnom prosječnom temperaturom izmjerenoj u srpnju (21,75°C). Prema podacima Masin i sur. (2010) prosječna godišnja temperatura za područje Padove iznosi 12,2°C. Najniža prosječna temperatura izmjerena je u siječnju sa -1,5°C, a najviša prosječna temperatura izmjerena je u srpnju (27,2°C). Iz navedenih podataka o prosječnoj godišnjoj temperaturi na ove dvije lokacije vidljivo je da je godišnja temperatura zraka u Zagrebu u prosjeku niža od godišnje temperature zraka u Padovi. Samim time moglo bi se zaključiti da će populacije korova na području Zagreba i okolice imati niži biološki minimum u odnosu na one s područja Padove. Tome u prilog idu i podaci Magossa (2013) za biološki minimum hrvatskog ekotipa vrste *Echinochloe crus-galli* (10,8°C) koji je niži od talijanskog ekotipa (11,7°C) (Masin i sur., 2010). Autori to objašnjavaju tendencijom ove korovne vrste da razvija ekotipove koji se prilagođuju klimatskim uvjetima staništa odnosno u toplijem klimatu vrsta razvija i veći biološkim minimum i obrnuto. Međutim, ovakva pojava nije utvrđena u našem istraživanju kod korovne vrste *Amaranthus retroflexus* gdje je biološki minimum čak veći kod hrvatskog ekotipa (hladniji klimat) u odnosu na talijanski ekotip (topliji klimat). Kod dvije populacije šćira iz Italije (Padova i Pisa) nije utvrđena opravdana razlika u biološkom minimumu ove vrste iako su prosječne godišnje temperature u Pisi (15⁰C) čak za 3⁰C više nego u Padovi (Masin i sur. 2010). Stoga razlika u biološkom minimumu između hrvatskog i talijanskog ekotipa ove vrste treba biti još jednom istražena (ponovljena) budući dobiveni rezultati ne omogućuju preuzimanje (transfer) prognozog modela *AlertInf* na naše proizvodno područje.

Slijedeći biološki parametar utvrđivan za istraživane korove vrste (*Amaranthus retroflexus*, *Echinochloa crus-galli*, *Chenopodium album* i *Abutilon theophrasti*) bio je biološki vodni potencijal.

Utvrđeno je da povećanjem koncentracije medija (polietilen glikola) u kojem se nalaze sjemenke korovnih vrsta opada i ukupna prosječna klijavost sjemena (Tablica 2). Naime, povećanjem zasićenosti polietilen glikolne otopine smanjuje se klijavost istraživanih vrsta jer je apsorpcija vode kroz sjemenku otežana.

Echinochloa crus-galli jedina je od istraživanih korovnih vrsta kod koje je visoki postotak klijavosti utvrđen i pri visokim koncentracijama polietilen glikola. Naime, kod ove vrste tek je pri koncentraciji od -0,80 MPa značajno opala ukupna klijavost dok je kod vrsta *Amaranthus retroflexus* i *Abutilon theophrasti* značajno smanjena klijavost utvrđena već pri koncentraciji od -0,10 MPa. Rezultati ovog istraživanja relativno su iznenađujući jer je poznato da vrsta *Echinochloa crus-galli*, osim visokih temperatura, za klijanje zahtjeva dosta vlage, međutim i Masin i sur. (2010) također navode slične podatke, dobivene u laboratoriju, za ovu korovnu vrstu.

Dinamika klijanja istraživanih vrsta također je bila uvjetovana koncentracijom otopine polietilen glikola u kojoj se sjemenka nalazila (tablica 3,4,5,6) Na kontrolnom tretmanu 50% ponik šćira i koštana utvrđen je već za 1,64 odnosno 1,65 dana. Sporije su na kontrolnom tretmanu klijale jedino sjemenke mračnjaka (2,56 d). Mogući razlog razvučenog perioda klijanja sjemenki ove vrste jest zaraza patogenim gljivicama koje u vrlo kratkom vremenu prekriju površinu sjemenki. Pojava gljivičnih patogena na ovoj vrsti uvjetovana je morfološkom građom jer sjemenke imaju neravnu površinu koju se mogu smjestiti patogeni. Najčešće se radi o vrstama *Colletotrichum coccodes* i *Pythium ultimum* (Ditomaso i sur, 1996; Davis i Renner, 2007). Skarifikacijom sjemena koja se provodi s ciljem prekidanja dormantnosti oštećuje se sjemenka ovojnicom i sjeme ostaje nezaštićeno od brojnih gljivičnih patogena koji perzistiraju na njemu. Stoga je u istraživanju i dodan fungicid s ciljem smanjenja razvoja gljivica, no sama količina fungicida je bila premala da se spriječi razvoj gljivica, a veću nije bilo moguće dodati kako se ne bi utjecalo na koncentraciju vodenih otopina. Upravo iz tog razloga, u daljnjem radu s ovom korovnom vrstu potrebno je razmotriti neku drugu mogućnost prekidanja dormantnog sjemena ili drugačiju metodu aplikacije fungicida.

Najduži period potreban da na kontrolnom tretmanu proklije 50% od ukupnog broja posijanih sjemenku zabilježen je kod vrste *Chenopodium album* (4,75 d). Kod ove korovne vrste nije bilo moguće napraviti graf linerane regresije te utvrditi biološki parametar vodnog potencijala iz razloga što je ukupna klijavost na kontrolnom tretmanu u odnosu na ostale tretmane bila približno podjednaka. Mogući razlozi leže u dormantnom sjemenu, polimorfnom sjemenu tipično za ovu korovnu vrstu (Hulina, 1999) što otežava izradu krivulja dinamike nicanje potrebne za izračun bioloških parametara. Stoga je u daljnjim istraživanjima razvoja prognoznih modela za ovu korovnu vrstu potrebno ponoviti istraživanje u smislu uključenja novog sjemena i eventualno više ekotipova ove korovne vrste.

Kod svih vrsta u ovom istraživanju, primjećuje se proporcionalno produženje dana potrebnih da 50% sjemenki proklije s povećanjem zasićenosti otopine, što je i očekivano s obzirom na otežanu

apsorpciju vode kod visokih koncentracija. Visoke koncentracije polietilen glikola zapravo predstavljaju situaciju vodnog stresa u polju. Rezultati jasno ukazuju da su sve istraživane korovne vrste visoko senzitivne prema vodnom stresu što u polju rezultira s pauzama u nicanjima sve do nastupa povoljnih uvjeta (kiša, navodnjavanje).

Glavni cilj ovog istraživanja jest usporedba hrvatskih i talijanskih ekotipova istraživanih korovnih vrsta kao preduvjet za preuzimanje prognoznog modela nicanja *AlertInf*-a. Rezultati istraživanja ukazuju da se biološki vodni potencijal hrvatskih ekotipova istraživanih vrsta značajno ne razlikuju od biološkog vodnog potencijala potrebnog za ponik talijanskih ekotipova (Tablica 8.).

Ovakve rezultate moguće je objasniti klimatskim uvjetima dominantnima na ovim lokacijama. Prosječna godišnja količina padalina za područje Zagreba iznosi 851mm, dok je na području Padove prosječna godišnja količina padalina iznosila 850mm (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 periodu klijanja sjemenki u tlu. Iako je u literaturi pronađeno svega nekoliko radova s utvrđenim biološkim vodnim potencijalom za korovne vrste (Gardarin i sur., 2010; Masin i sur., 2010, Masin i sur., 2005) podaci ukazuju da vrijednosti ovog parametra mogu biti vrlo varijabilne između ekotipova. Tako za izradu prognoznog modela *WeedCast* (Archer i sur., 2001) za područje SAD-a i Kanade koriste se biološki vodni potencijali: *Abutilon theophrasti* (-0,15 MPa), za *Echinochla crus-galli* (-0,10MPa) i *Amaranthus retroflexus* (-0,50MPa). Stoga dobiveni rezultati našeg istraživanja u kojem nije utvrđena razlika između hrvatskih i talijanskih ekotipova vrlo je obećavajuća za transfer prognoznog modela *AlertInf*-a iz Italije u Hrvatsku. Slijedeći potrebni koraci su dodatna laboratorijska istraživanja za vrste kod kojih je utvrđena razlika (T_b za *Amaranthus retroflexus*) te za vrste kod kojih nije bilo moguće izraditi regresijsku analizu za izračun biološkog vodnog potencijala (*Chenopodium album*). Nadalje, potrebno je utvrditi biološke parametre i za ostale ljetne korove koji se redovito javljaju u kukuruzu i soji (*Solanum nigrum*, *Datura stramonium*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Setaria spp.* i sl.). Istovremeno je potrebno kontinuirano pratiti dinamiku nicanja željenih korovnih vrsta u poljskim uvjetima u kontinentalnoj Hrvatskoj kao posljednjoj stepenici provjere sličnosti/različitosti između hrvatskih i talijanskih ekotipova.

S obzirom da je izrada mehanističkih prognoznih 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 model *AlertInf* za prognozu nicanja korova u kukuruzu i soji.

6. ZAKLJUČCI

Temeljem provedenog istraživanja bioloških parametara korovnih vrsta *Amaranthus retroflexus*, *Echinochloa crus-galli*, *Chenopodium album* i *Abutilon theophrasti* može se zaključiti da:

- Korovna vrsta *Amaranthus retroflexus* ostvaruje najveću prosječnu klijavost na temperaturama višim od 24°C (< 94,67%). Smanjenjem temperatura ukupna klijavost se smanjuje, a pri temperaturi od 9°C klijavosti nema.
- Biološki minimum korovne vrste *Amaranthus retroflexus* iznosi 13,95°C, što je za 1,65°C više u odnosu na talijanski ekotip vrste *Amaranthus retroflexus* (12,3°C)
- Između hrvatskog i talijanskog ekotipa vrste *Amaranthus retroflexus* postoji statistički opravdana razlika u biološkom minimumu te su potrebna daljnja istraživanja kako bi se ustanovilo da li je moguć transfer *AlertInf* prognosnog modela za ovu vrstu
- Biološki vodni potencijal korove vrste *Echinochloa crus-galli* iznosi -0,97MPa
- Biološki vodni potencijal korovne vrste *Amaranthus retroflexus* iznosi -0,36MPa
- Biološki vodni potencijal korovne vrste *Abutilon theophrasti* iznosi -0,67MPa
- Ne postoji statistički opravdana razlika između hrvatskih ekotipova vrsta *Echinochloa crus-galli*, *Amaranthus retroflexus* i *Abutilon theophrasti* te talijanskih ekotipova istih vrsta.
- Potrebna su istraživanja prekidanja dormantnosti sjemena te polimorfnosti građe *Chenopodium album* vrste s ciljem dobivanja preciznijih podataka dinamike klijanja za utvrđivanje biološkog vodnog potencijala

7. ZAHVALE

Zahvaljujem se svojoj mentorici doc .dr .sc Maji Šćepanović za svu podršku i poticaj, te pomoć i vodstvo prilikom izrade ovog rada. Želim se također zahvaliti doc .dr. sc. Roberti Masin sa Sveučilišta u Padovi na pristupačnosti, razumijevanju i pomoći prilikom izrade pokusa i obrade podataka.

Posebno se zahvaljujem Dariu Magossu na ljubaznosti, vremenu i na svojoj pomoći za vrijeme mog boravka u Italiji kao i na svojoj pomoći prilikom izrade pokusa. Zatim, htjela bih se zahvaliti dr. sc. Valentini Gasparini za laboratorijsku pomoć i dr. sc. Donatu Loddu za svu stručnu pomoć i korisne znanstvene savjete. Zahvaljujem se prof. dr. sc .Giuseppeu Zaninu na odobrenju provođenja istraživanja u prostorijama DAFNAE.

Također, želim se zahvaliti prof. dr .sc Zlatku Svečnjaku za svu pomoć oko statističke obrade podataka. Predstojnici Zavoda za herbologiju doc .dr. sc. Klari Barić iskreno se zahvaljujem na pruženoj mogućnosti rada na ovom istraživanju.

Na kraju zahvaljujem se svojoj obitelji i prijateljima za razumijevanje i bezuvjetnu podršku tijekom pisanja ovog rada.

Valentina Šoštarčić

8. ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express gratitude to my supervisor Assistant professor Maja Šćepanović for all her support, enthusiastic encouragement, help and guidance while making this experiment. Furthermore, I would like to thank Assistant professor Roberta Masin from University of Padova for understanding and assistance while making the experiment and data analysis.

Special thanks to Dario Magosso for his kindness, time and help during my stay in Italy as well as assistance while making the experiment. My grateful thanks are also extended to PhD Valentina Gasparini for her laboratory assistance and PhD Donato Loddo for all the professional help and useful scientific advices. I would like to express my deep gratitude to Professor Giuseppe Zanini for approving me conducting the research at the Department of Agronomy, Food, Natural resources, Animals and Environment.

I wish to thank Professor Zlatko Svečnjak for all his help with the statistical analysis of the data. Head of the Department of Herbology, PhD Klara Barić many thanks for providing me the opportunity to work on this study.

Finally, I wish to thank my parents and friends for their support and encouragement.

Valentina Šoštarčić

9. POPIS LITERATURE

1. Archer, D. W., Forcella, F., Eklund, J. J. i Gunsolus, J. (2001). WeedCast Version 2.0. www.morris.ars.usda.gov
2. Battla, D. i Benech-Arnold, R.L. (2007). Predicting changes in dormancy level in weed seed soil banks: implications for weed management. *Crop Prot.* 26:189–197.
3. Davis, A.S. i Renner, K.A. (2007). Influence of Seed Depth and Pathogens on Fatal Germination of Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) and Giant Foxtail (*Setaria faberi*) *Weed science* v.55 no.1 pp. 30-35
4. Ditommaso A. i Watson, A. K. (1996). Effect of the Fungal Pathogen, *Colletotrichum coccodes*, on *Abutilon theophrasti* Height Hierarchy Development *Journal of Applied Ecology* Vol. 34, No. 2, pp. 518-529
5. Efron, B. (1979). Bootstrap methods: another look at the jackknife. *Ann. Stat.* 7:1–26;
6. Forcella, F., Benech-Arnold, R. L., Sanchez, R.i. Ghersa, C. M. (2000). Modelling seedling emergence. *Field Crop Res.* 67:123–139.
7. Gardarin, A., Guillemain, J.P., Munier-Jolain, N.N. i Colbach, N. (2010). Estimation of key parameters for weed population dynamics models: Base temperature and base water potential for germination. *European Journal of Agronomy*, 32: 162–168
8. Gummerson, R.J. (1986). The effect of constant temperatures and osmotic potential on germination of sugar beet. *J. Exp. Bot.* 41:1431-1439
9. Lemieux, C., Vallee L., i Vanasse A. (2003). Predicting yield loss in maize fields and developing decision support for post-emergence herbicide applications. *Weed Res.* 43:323–332.
10. Magosso, D. (2013). Study of germination parameters of summer weeds: transferability of AlertInf model to Croatia
11. Masin, R., M. C. Zuin, D. W. Archer, F. Forcella i G. Zanin. (2005). WeedTurf: a predictive model to aid control of annual summer weeds in turf. *Weed Sci.* 53:193–201.
12. 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
13. Masin R., Loddo D., Benvenuti S., Zuin M.C., Macchia M. i Zanin G. (2010). Temperature and water potential as parameters for modeling weed emergence in central-northern Italy. *Weed Science*, 58:216-222
14. Masin, R., Loddo, D., Benvenuti, S., Otto, S. i Zanin, G. (2012). Modeling Weed Emergence in Italian Maize Fields. *Weed Science* 60:254–259

15. Myers, M.W., Curran, W.S., VanGessel, M.J., Calvin, D.D., Mortensen, D.A., Majek, B.A., Karsten, H.D. i Roth, G.W. (2004). Predicting weed emergence for eight annual species in northeastern United States. *Weed Science*, 52:913–919
16. Obajgor, T. (2013). Buđenje sjemena mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Med.) iz stanja dormantnosti, diplomski rad
17. Onofri, A. (2001). BIOASSAY97: A New EXCELt VBA Macro to Perform Statistical Analyses on Pesticide Dose-Response Data <http://www.agr.unipg.it/disaprov/bioassay97/bioassay97.htm>;
18. 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
19. Steinmaus, S.J., Prather, T.S. i Holt, J.S. (2000). Estimation of base temperatures for nine weed species. *Journal of Experimental Botany* 51, 275–286
20. Stern, V.M. (1973). Economic thresholds. *Annu. Rev. Entomol.* 18:259-28
21. Šćepanović, M., Masin R., Šoštarčić, V., Barić, K. i Ostojić Z. (2015). Prognoza dinamike nicanja korova u integriranoj zaštiti ratarskih kultura, *Glasilo biljne zaštite*, br. 1/2 – dodatak, godina XV: 45- 46
22. 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.
23. Washitani, I. i Takenaka, A. (1984). Mathematical description of the seed germination dependency on time and temperature. *Plant Cell Environ.* 7, 359–362
24. Ward, S.M., Webster, T.M. i Steckel, L.E. (2013). Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*): A Review. *Weed Technology* 27:12-27
25. Wilkerson G.G., Wiles L.J. i Bennett A.C. (2002). Weed management decision models: pitfalls, perceptions and possibilities of the economic threshold approach. *Weed science*, 50:411-424

INTERNETSKI IZVORI

1. ARPA, AlertInf.: http://www.arpa.veneto.it/upload_teolo/agrometeo/infestanti.htm
2. CABI (2011). <http://www.cabi.org/isc/?compid=5&dsid=20367&loadmodule=datasheet&page=481&site=144>

3. DIREKTIVA 2009/128/EZ EUROPSKOGA PARLAMENTA I VIJEĆA od 21. listopada 2009. o utvrđivanju akcijskog okvira Zajednice za postizanje održive uporabe pesticida. <http://www.mps.hr/UserDocsImages/HR-Prijevod%20Direktive%202009-128-EZ.pdf>
4. Državni hirometerološki zavod. <http://klima.hr/klima.php?id=kl¶m=srednjak>
5. Tehnološke upute za integriranu proizvodnju ratarskih kultura (2014). <http://ww.mpr.hr>

SAŽETAK

Valentina Šoštarčić

Biološki parametri toploljubivih korovnih vrsta: transfer AlertInf modela iz Italije u Hrvatsku

Prognozni model *AlertInf* komercijalno je dostupan poljoprivrednim proizvođačima kukuruza i soje na području pokrajine Veneto u Italiji kao pomoćna alatka u racionalnoj primjeni herbicida. Cilj istraživanja bio je utvrditi biološki minimum (T_b) te biološki vodni potencijal za istraživane korovne vrste. Glavni cilj istraživanja je usporedba dobivenih bioloških parametara hrvatskih ekotipova s talijanskim ekotipovima kako bi se ustanovilo da li je moguće transferirati *AlertInf* prognozni model nicanja na proizvodno područje kontinentalne Hrvatske. Pokusi su postavljeni u kontroliranim uvjetima: 1) konstantnih temperatura od 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27 °C te fotoperiodom od 12 h:12 h (dan: noć) te 2) različitih koncentracija polietilen glikola (0,00, -0,05, -0,10, -0,25, -0,38, -0,50, -0,80, -1,00 MPa) kako bi se utvrdio biološki minimum (1) za *Amaranthus retroflexus* te biološki vodni potencijal (2) za *Amaranthus retroflexus*, *Abutilon theophrasti*, *Echinochloa crus-galli* i *Chenopodium album*. Klijavost istraživanih korovnih vrsta (100 sjemenki po posudi, tri repeticije) provjeravana je dva puta dnevno za sve temperature više od 18°C i sve koncentracije polietilen glikola veće od -0,38 MPa, dok se klijavost na nižim temperaturama i manjim koncentracijama provjeravala jednom dnevno. Rezultati istraživanja ukazuju da vrsta *Amaranthus retroflexus* ima biološki minimum od 13,95°C. Utvrđeni biološki vodni potencijal iznosi: *Amaranthus retroflexus* -0,36; *Echinochloa crus-galli* -0,97 i *Abutilon theophrasti* -0,67. Usporedbom dobivenih bioloških parametara hrvatskih s talijanskim ekotipovima utvrđeno je da se hrvatska i talijanska populacija istraživanih korova ne razlikuje statistički u parametru biološkog vodnog potencijala. Međutim, utvrđena je statistički značajna razlika između biološkog minimuma hrvatske populacije šćira (13,95°C) u odnosu na talijansku populaciju iste korovne vrste (12,3°C), iako je ta razlika minimalna.

Ključne riječi: prognozni model, *Amaranthus retroflexus*, *Echinochloa crus-galli*, *Abutilon theophrasti*, biološki parametri

SUMMURY

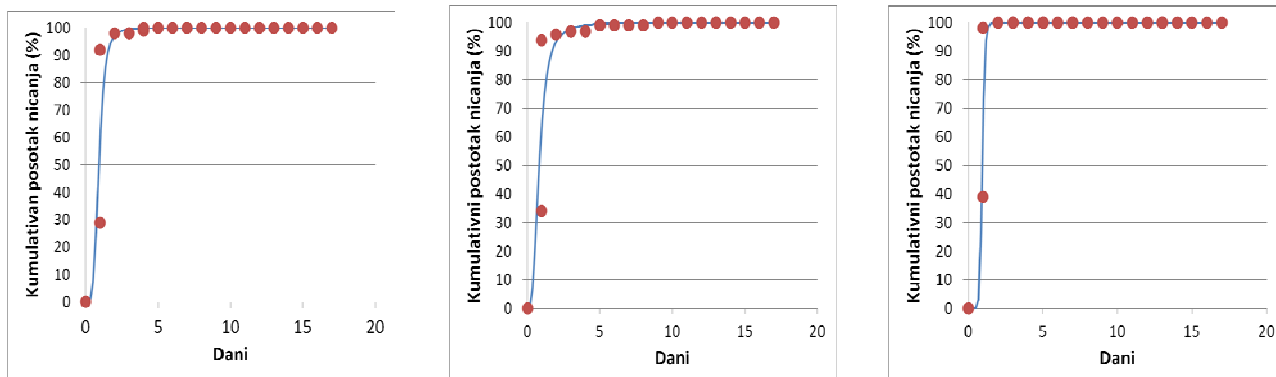
Valentina Šoštarčić

Biological parameters of summer weeds: Transfer of AlertInf model from Italy to Croatia

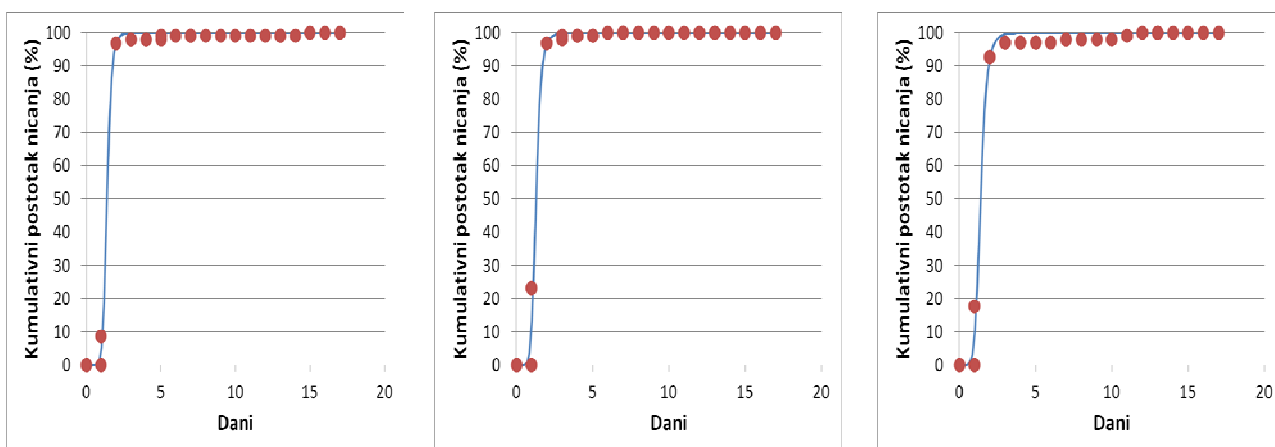
Predictive model AlertInf is commercially available for corn and soybeans growers in the Veneto region in Italy as an auxiliary tool in the rational application of herbicides. The aim of this study was to estimate base temperature (T_b) and base water potential for the studied weed species. The main objective of the study was to compare the obtained biological parameters Croatian ecotypes with Italian ecotypes to evaluate whether it is possible to transfer AlertInf forecasting model in the production area of the continental Croatia. Trials were conducted in a controlled environment: 1) with constant temperature of 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27 ° C, photoperiod of 12 h: 12 h (day: night) and 2) a polyethylene glycol of different concentration (0.00, -0.05, -0.10, -0.25, -0.38, -0.50, -0.80, -1.00 MPa) to estimate base temperature (1) of *Amaranthus retroflexus* and base water potential (2) of *Amaranthus retroflexus*, *Abutilon theophrasti*, *Echinochloa crus-galli* and *Chenopodium album*. The germination of weed species examined (100 seeds per pot, three replications) was recorded twice daily for all temperatures above 18°C and all concentrations of polyethylene glycol of higher than -0.38 MPa, while the germination of the low temperature and lower concentrations was recorded once a day. The researched results indicate that the *Amaranthus retroflexus* has base temperature of 13.95 ° C. Estimated base water potential was: *Amaranthus retroflexus* -0.36; *Echinochloa crus-galli*, *Abutilon theophrasti* -0.97 and -0.67. Comparing the biological parameters Croatian with Italian ecotypes was estimated that Croatian and Italian populations studied weed are not statistically differ in parameter of base water potential. However, a statistically significant difference was estimated between the base temperature of the Croatian population redroot pigweed (13.95°C) in relation to the Italian population of the same weed species (12.3°C), although the difference is minimal.

Key words: predictive model, *Amaranthus retroflexus*, *Echinochloa crus-galli*, *Abutilon theophrasti*, biological parameter

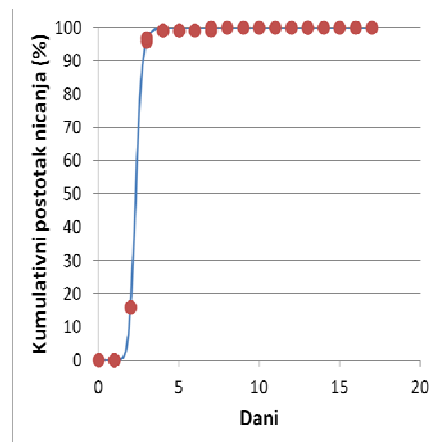
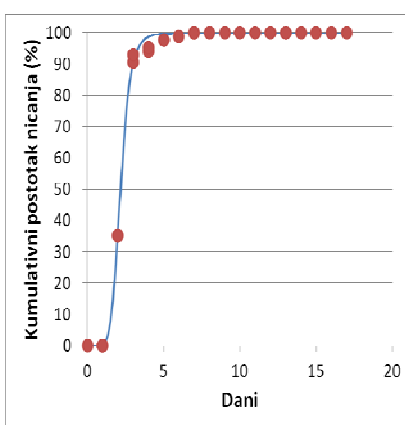
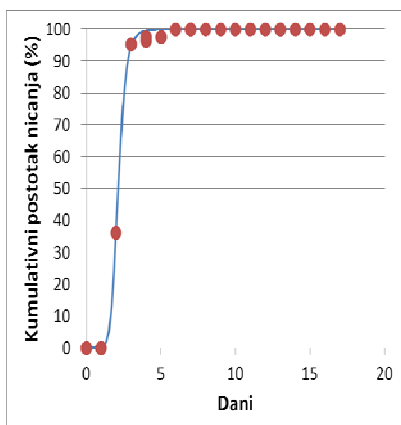
Prilog 1. Dinamika klijanja korovne vrste *Amaranthus retroflexus* obrađena u programu Biostat97 (Onofri, 1999) prikazana za istraživane temperature pri kojima je bilo moguće izaditi krivulju dinamike klijanja i utvrditi vrijednost t_{50} (15°C , 18°C , 21°C , 24°C , 27°C) za tri repeticije.



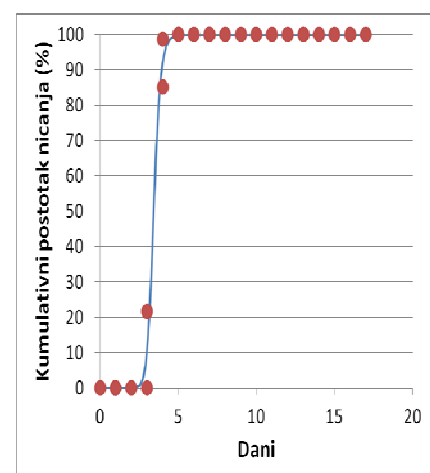
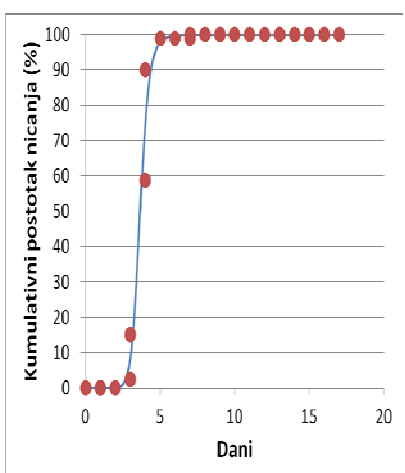
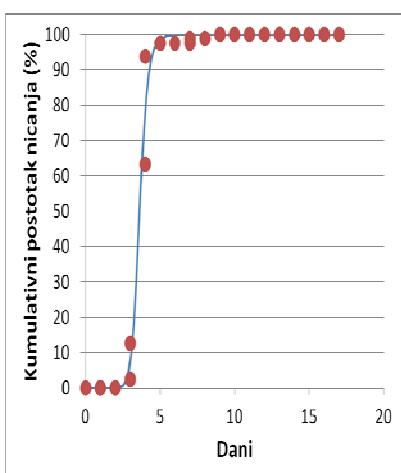
Grafikon 1., 2. i 3. Kumulativni postotak klijanja šćira pri 27°C (prva, druga i treća repeticija)



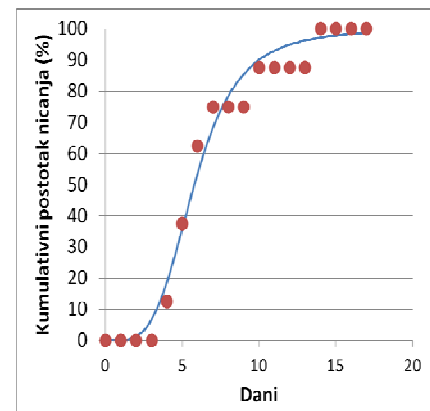
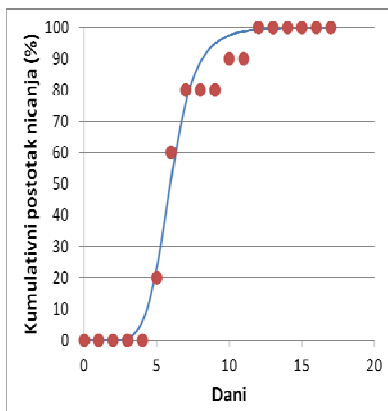
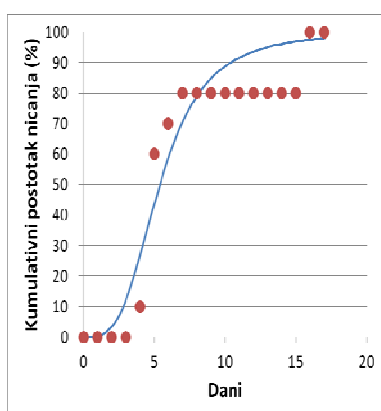
Grafikoni 4., 5. i 6. Kumulativni postotak klijanja pri 24°C (prva, druga i treća repeticija)



Grafikon 7. 8. i 9. Kumulativni postotak nicanja pri 21°C (prva, druga i treća repeticija)

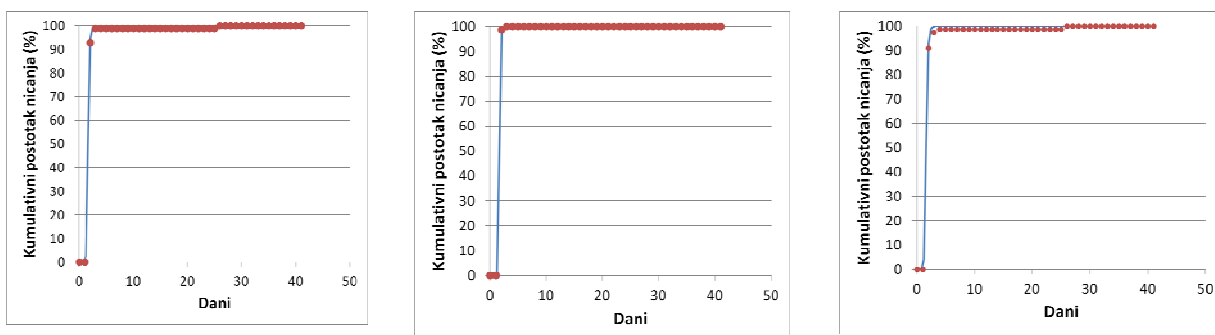


Grafikon 10., 11. i 12. Kumulativni postotak nicanja pri 18°C (prva, druga i treća repeticija)

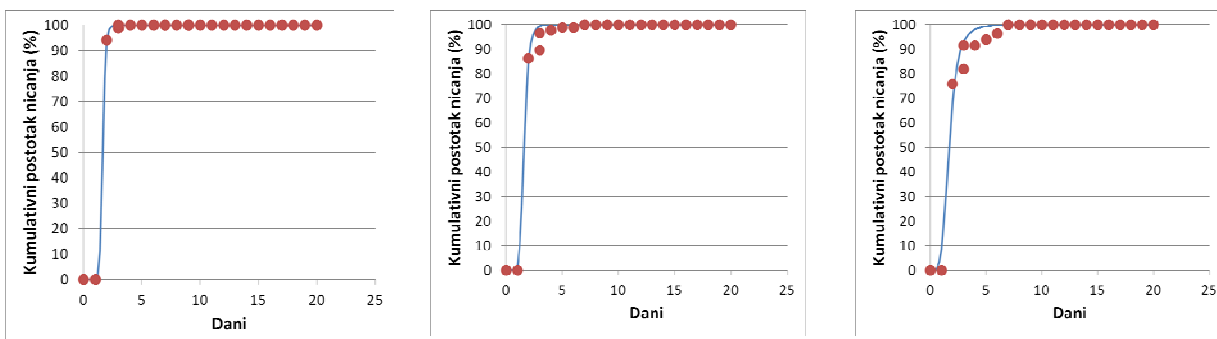


Grafikon 13., 14., 15. Kumulativni postotak nicanja pri 15°C (prva, druga i treća repeticija)

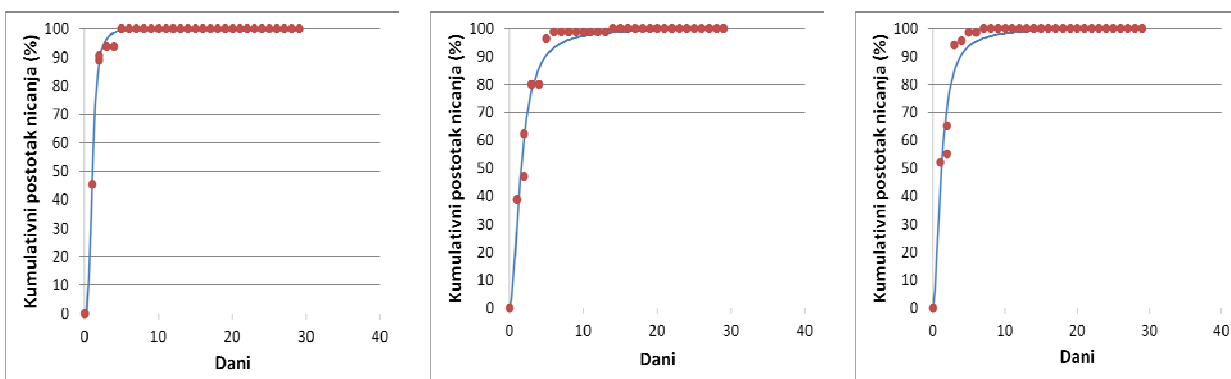
Prilog 2. Dinamika klijanja korovne vrste *Amaranthus retroflexus* obrađena u programu Biostat97 (Onofri, 1999) prikazana za istraživane vodne potencijale pri kojima je temeljem dobivenim podataka bilo moguće izaditi krivulju dinamike klijanja i utvrditi vrijednost t_{50} (0,00 MPa, -0,05 MPa, -0,10MPa, -0,25MPa) za tri repeticije.



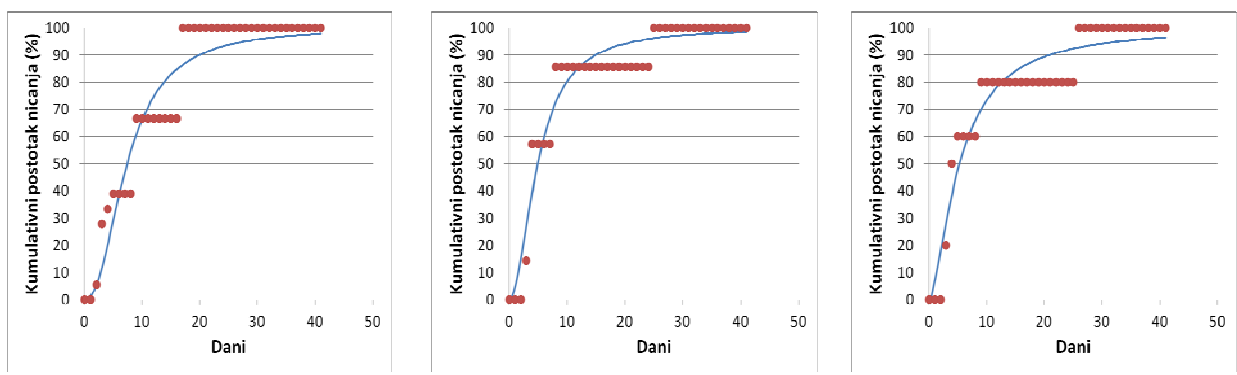
Grafikon 16, 17 i 18. Kumulativni postotak klijanja pri 0,00 MPa (prva, druga i treća repeticija)



Grafikon 19., 20 i 21. Kumulativni postotak klijanja pri -0,05 MPa (prva, druga i treća repeticija)

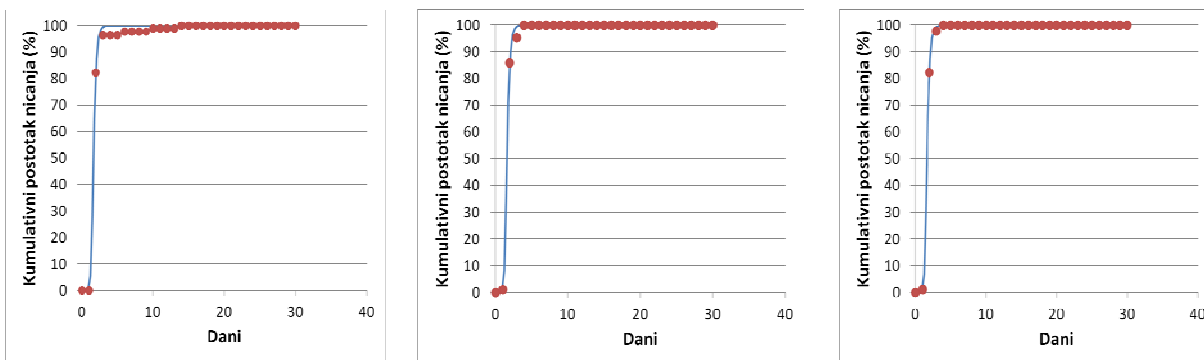


Grafikon 22.,23. i 24. Kumulativni postotak klijanja pri -0,10 MPa (prva, druga i treća repeticija)

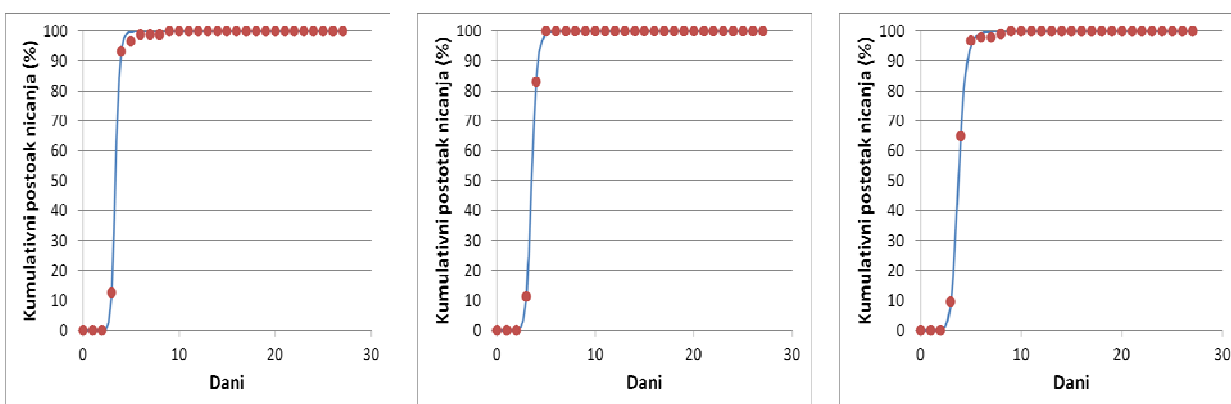


Grafikon 25., 26 i 27. Kumulativni postotak klijanja pri -0,25 MPa (prva, druga i treća repeticija)

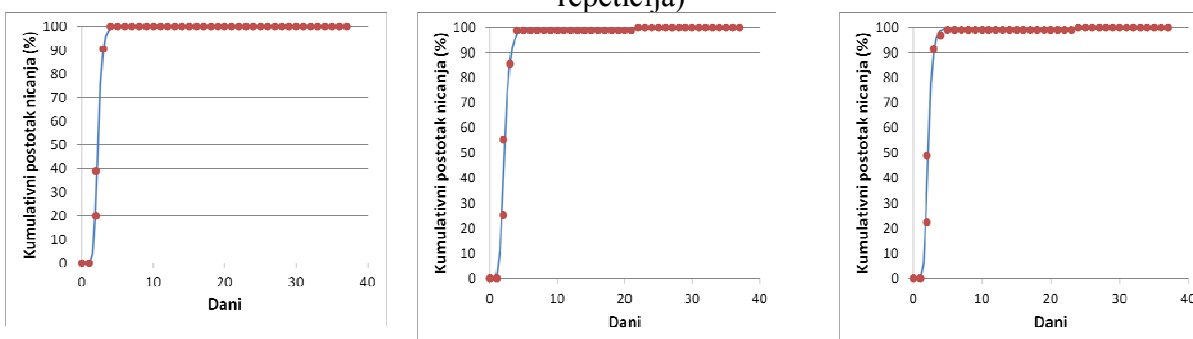
Prilog 3. Dinamika klijanja korovne vrste *Echinochloa crus-galli* obrađena u programu Biostat97 (Onofri, 1999) prikazana za istraživane vodne potencijale pri kojima je temeljem dobivenim podataka bilo moguće izaditi krivulju dinamike klijanja i utvrditi vrijednosti t_{50} , (0,00 MPa, -0,05 MPa, -0,10MPa, -0,25MPa, -0,38MPa, -0,50MPa) za tri repeticije.



Grafikon 28., 29. i 30. Kumulativni postotak klijanja pri 0,00 MPa (prva, druga i treća repeticija)

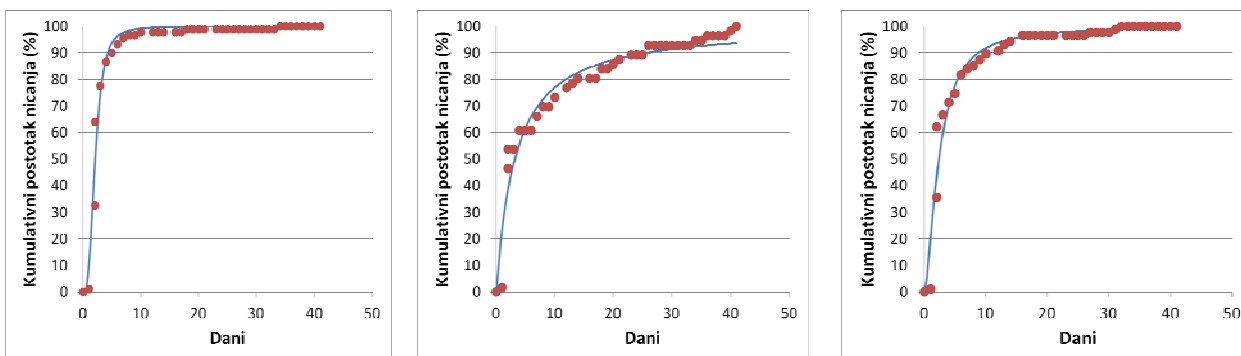


Grafikon 31., 32. i 33. Kumulativni postotak klijanja pri -0,05 MPa (prva, druga i treća repeticija)

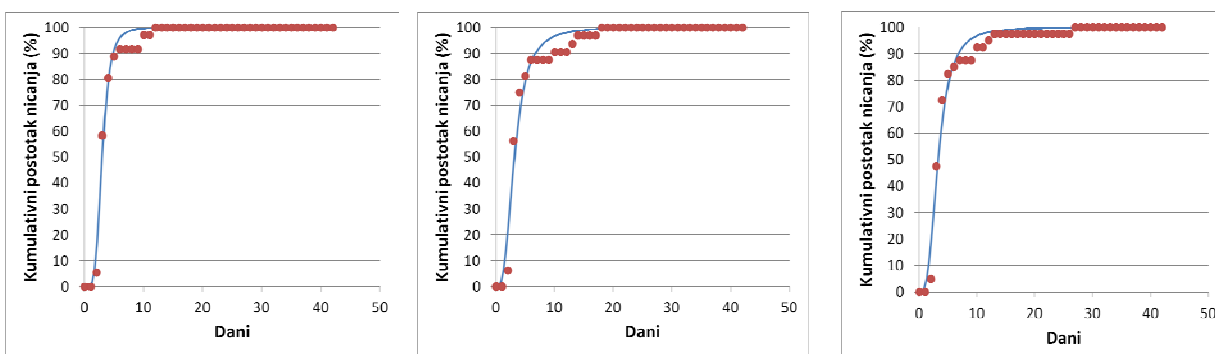


Grafikon 34.,35. i 36. Kumulativni postotak klijanja pri -0,10 MPa (prva, druga i treća repeticija)

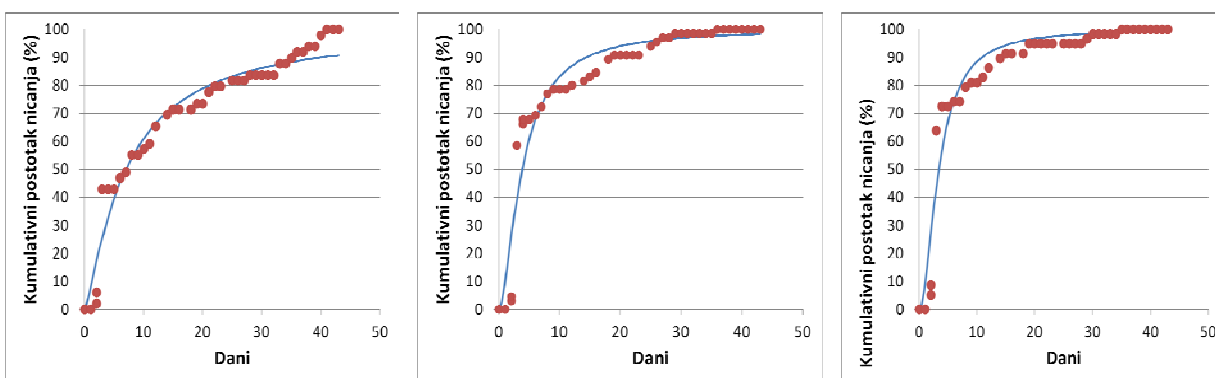
Prilog 4. Dinamika klijanja korovne vrste *Abutilon theophrasti* obrađena u programu Biostat97 (Onofri, 1999) prikazana za istraživane vodne potencijale pri kojima je temeljem dobivenim podataka bilo moguće izaditi krivulju dinamike klijanja i utvrditi vrijednost t_{50} (0,00 MPa, -0,05 MPa, -0,10MPa, -0,25MPa, -0,38MPa, -0,50MPa) za tri repeticije.



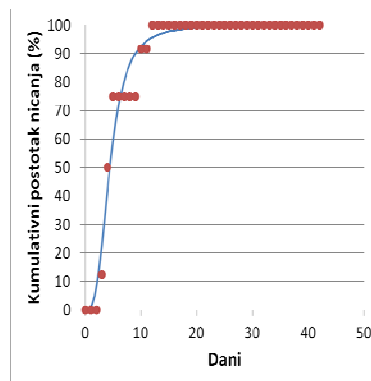
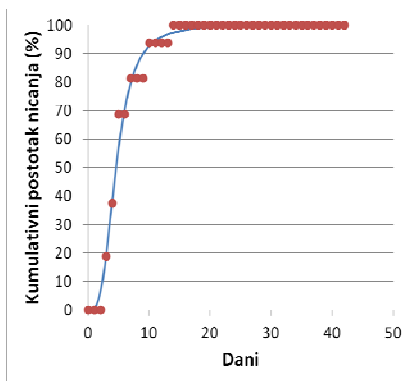
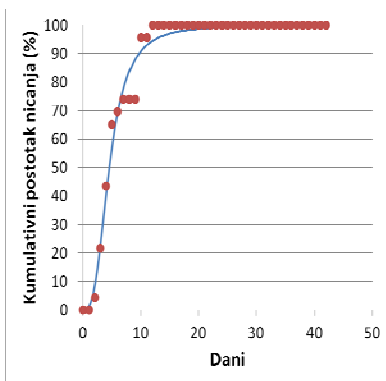
Grafikon 46., 47. i 48. Kumulativni postotak klijanja pri 0,00 MPa (prva, druga i treća repeticija)



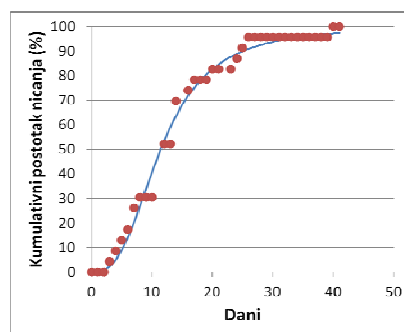
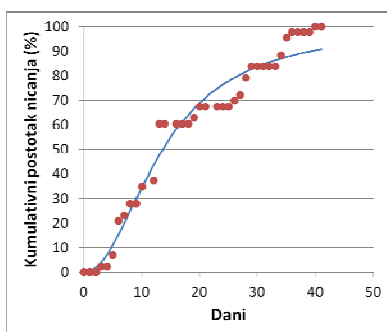
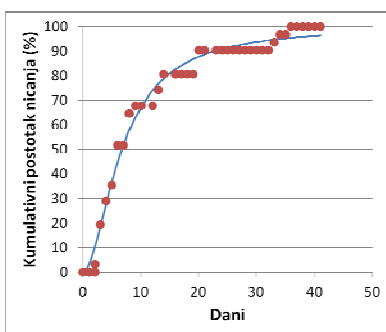
Grafikon 49., 50. i 51. Kumulativni postotak klijanja pri -0,05 MPa (prva, druga i treća repeticija)



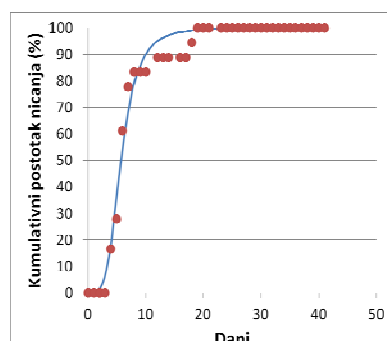
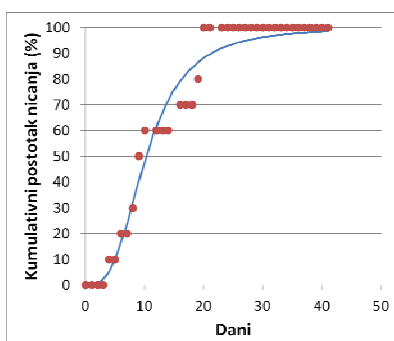
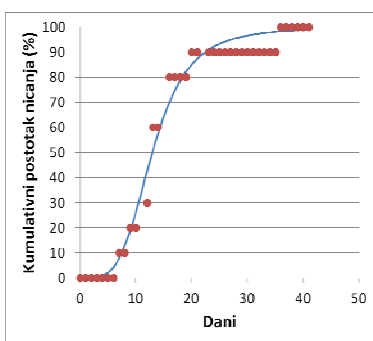
Grafikon 52., 53. i 54. Kumulativni postotak klijanja pri -0,10 MPa (prva, druga i treća repeticija)



Grafikon 55., 56. i 57. Kumulativni postotak klijanja pri -0.25 MPa (prva, druga i treća repeticija)

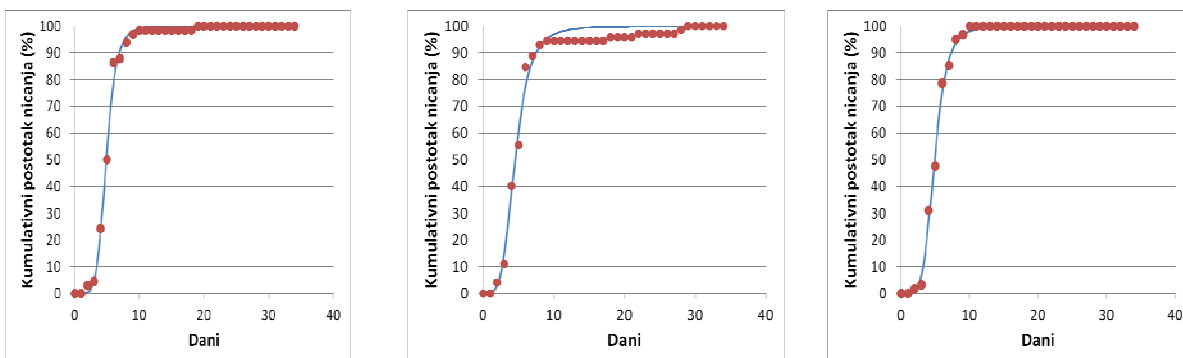


Grafikon 58., 59. i 60. Kumulativni postotak klijanja pri -0.38 MPa (prva, druga i treća repeticija)

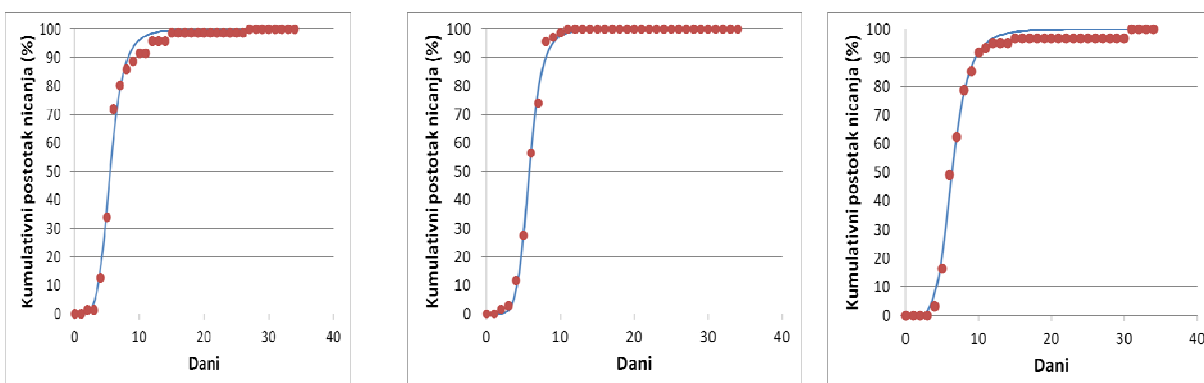


Grafikon 61., 62. i 63. Kumulativni postotak klijanja pri -0.50 MPa (prva, druga i treća repeticija)

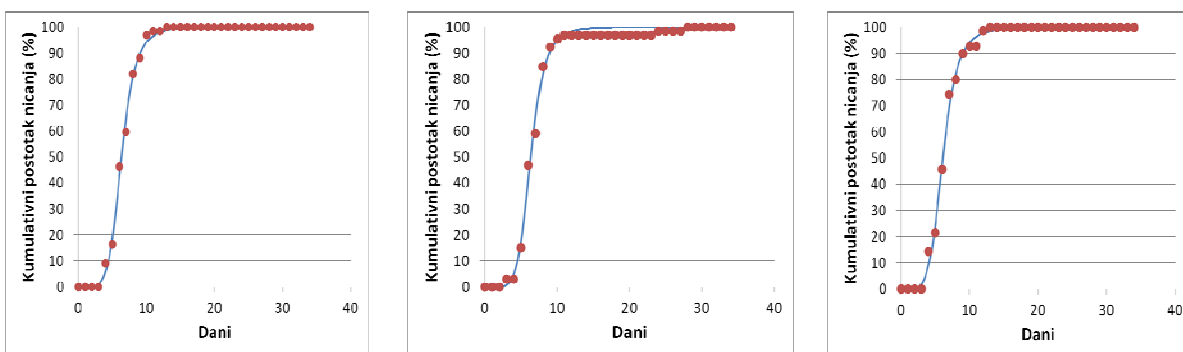
Prilog 5. Dinamika klijanja korovne vrste *Chenopodium album* obrađena u programu Biostat97 (Onofri, 1999) prikazana za istraživane vodne potencijale pri kojima je temeljem dobivenim podataka bilo moguće izaditi krivulju dinamike klijanja (0,00 MPa, -0,05 MPa, -0,10MPa, -0,25MPa, -0,38MPa, -0,50MPa) za tri repeticije.



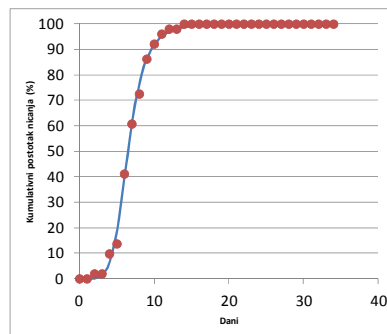
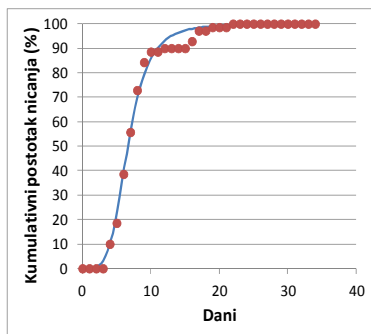
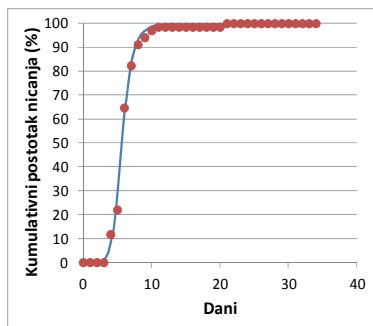
Grafikon 64., 65. i 66. Kumulativni postotak klijanja pri 0,00 MPa (prva, druga i treća repeticija)



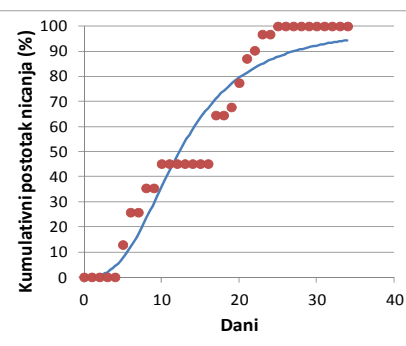
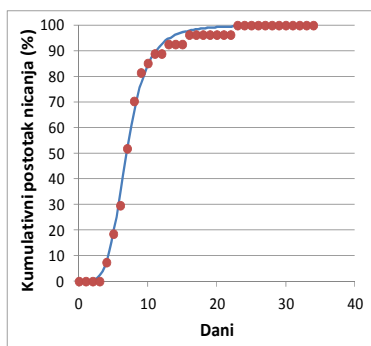
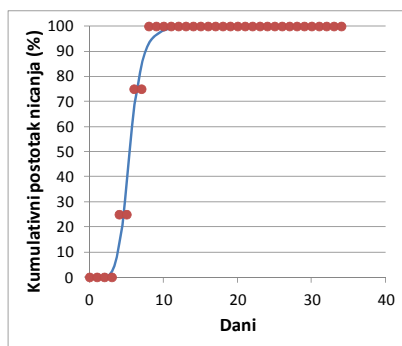
Grafikon 67., 68. i 69. Kumulativni postotak klijanja pri -0,05 MPa (prva, druga i treća repeticija)



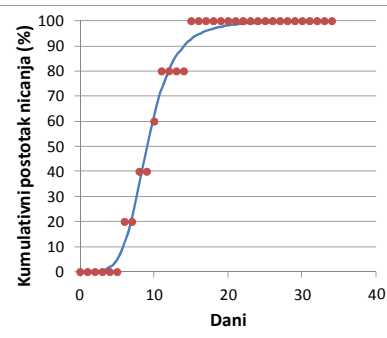
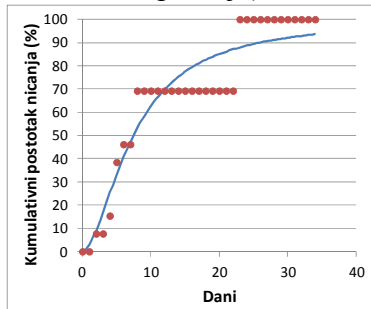
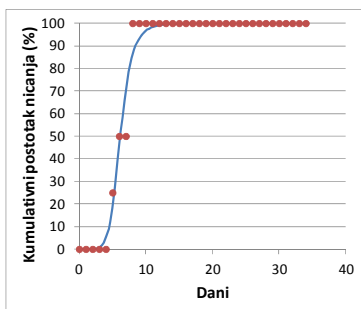
Grafikon 70., 71. i 72. Kumulativni postotak klijanja pri -0,10 MPa (prva, druga i treća repeticija)



Grafikon 73., 74. i 75. Kumulativni postotak klijanja pri $-0,25$ MPa (prva, druga i treća repeticija)



Grafikon 76., 77. i 78. Kumulativni postotak klijanja pri $-0,38$ MPa (prva, druga i treća repeticija)



Grafikon 79., 80. i 81. Kumulativni postotak klijanja pri $-0,50$ MPa (prva, druga i treća repeticija)

ŽIVOTOPIS AUTORA

Valentina Šoštarčić rođena je 14. veljače 1993. u Zagrebu. Osnovno i srednjoškolsko obrazovanje završila je u Ivanić Gradu. Maturirala je 2011. godine u Općoj gimnaziji u Ivanić Gradu. Iste godine upisuje preddiplomski studij Zaštite bilja na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Tijekom rujna 2012. godine volontira na 59. Svjetskom natjecanju u oranju, u Biogradu na moru. Demonstrator je na modulu „Osnove herbologije“ za vrijeme ljetnog semestra 2014. godine. U sklopu Erasmus programa stručne prakse provela je tri mjeseca (lipanj – rujna 2014.) na Sveučilištu u Padovi, *Department of Agronomy, Food, Natural Resources, Animals and Environment (DAFNAE)*. Po povratku iz Italije završava preddiplomski studij i upisuje diplomski studij Fitomedicine na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. U listopadu 2014. nagrađena je Dekanovom nagradom za izvanredan uspjeh na preddiplomskom studiju Zaštite bilja. Član je Hrvatskog društva biljne zaštite (HDBZ) te *European Weed Research Society (EWRS)*.