Nicanje korovne vrste Abutilon theophrasti pri različitim dubinama sjetve

Rakoš, Vladimir

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:838052

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET
Fitomedicina

VLADIMIR RAKOŠ, bacc. ing. agr.

NICANJE KOROVNE VRSTE ABUTILON THEOPHRASTI MED. PRI RAZLIČITIM DUBINAMA SJETVE

DIPLOMSKI RAD

Mentor: doc. dr. sc. Maja Šćepanović

Zagreb, rujan 2016.

Ovaj diplomski rad je ocijenjen i obranjen dana _____ s ocjenom _____ pred Stručnim povjerenstvom u sastavu:

1. doc. dr. sc. Maja Šćepanović_____
2. doc. dr. sc. Klara Barić_____
3. doc. dr. sc. Sandro Bogdanović_____

ZAHVALA

Zahvaljujem svojoj mentorici doc. dr. sc. Maji Šćepanović na strpljenju, pomoći i vodstvu pri izradi ovog diplomskog rada.

Nadalje, zahvaljujem se i ostalim članovima Stručnog povjerenstva: doc. dr. sc. Klari Barić i doc. dr. sc. Sandru Bogdanoviću na utrošenom vremenu u čitanju i korekciji rada uz savjete za njegovo poboljšanje.

Zahvaljujem se i asistentima Zavoda za herbologiju na pomoći koju su mi pružili u prikupljanju materijala i savjetima za izradu ovog rada.

Na kraju zahvalnost dugujem i mojoj obitelji i prijateljima na pruženoj podršci tijekom pisanja.

Vladimir Rakoš

SAŽETAK

Nicanje sjemena u poljskim uvjetima je pod utjecajem velikog broja čimbenika. Promjenjivost njihova utjecaja na nicanje sjemena ovisi prije svega o dubini na kojoj se sjeme nalazi u tlu. Europski mračnjak (*Abutilon theophrasti* Med.) zbog svojih značajki i prilagodbi na okolišne uvjete, možemo naći i na većim dubinama u tlu zbog čega je njegovo suzbijanje otežano. Cilj ovog rada bio je utvrđivanje nicanja tretiranog (skarificiranog) i netretiranog (naturalnog) sjemena mračnjaka tijekom dvije godine istraživanja u poljskim uvjetima na različitim dubinama sjetve (3, 6 i 9 cm). Rezultati istraživanja pokazuju da i dubina i tretman značajno utječu na nicanje sjemena mračnjaka, ali i da se ukupno nicanje značajno razlikuje po istraživanim godinama. Ukupno nicanje proporcionalno opada s porastom dubine dok učinak tretmana na nicanje ovisi o pedoklimatskim uvjetima tijekom godine.

Ključne riječi: europski mračnjak, dubina sjetve, nicanje

SUMMARY

Seed germination is influenced by numerous environmental factors in the field conditions. Variability of their influence on final germination depends mostly on seed depth. Due to its characteristics, velvetleaf can germinate even in greater seed depths, which causes difficulties in their control. The aim of this study was monitoring scarified and non-scarified velvetleaf seeds in field conditions on different seed depths (3, 6 and 9 cm) during 2 years of research. Results indicate that even seed depth and treatment can significantly influence velvetleaf seed germination, more so cumulative velvetleaf germination differ significantly between years. Cumulative germination decreases proportionally with depth, while effect of treatment depends on agricultural conditions during the year.

Key words: velvetleaf, seed depth, germination

Sadržaj

1. Uvod 1
2. Pregled literature 3
2.1. Značaj mračnjaka 3
2.2. Invazivnost mračnjaka 4
2.3. Klijanje i nicanje mračnjaka 7
3. Cilj istraživanja 18
4. Materijali i metode rada 19
5. Rezultati rada 25
5.1. Klijavost mračnjaka u laboratorijskim uvjetima 25
5.2. Suma toplinskih jedinica (STJ) 26
5.3. Ukupno nicanje mračnjaka 28
6. Zaključci 32
7. Popis literature 33

1. Uvod

Integrirana zaštita bilja u svojim načelima ističe dobro razumijevanje ekologije štetnih organizama te upotrebu tih saznanja u prevenciji i njihovom suzbijanju. Kod integriranog suzbijanja korova, suzbijanje se preporučuje obaviti tek nakon njegova nicanja (*post-emergence*) s naglaskom primjene herbicida samo u slučaju opravdanog rizika od smanjenja prinosa. Direktiva Europske Unije 2009/128/EC upućuje sve članice EU na održivu uporabu pesticida s glavnim ciljem smanjenja negativnog utjecaja na ljudsko zdravlje i okoliš (**Official journal of the European Union, 2009**). U sklopu toga, sve više se istražuju nove mogućnosti ekološki prihvatljivijeg suzbijanja korova koje uključuju detaljnija istraživanja njihova ponašanja u poljskim uvjetima (**Grundy i sur., 2003**). Suzbijanje treba provoditi u skladu s principima DSS–a (Decision Support Strategies - Sustavi odlučivanja u suzbijanju korova) koje zahtijevaju dobro poznavanje biologije i ekologije korova (**Šćepanović i sur., 2016**). Budući da u stadiju nicanja korov je najosjetljiviji na sve mjere suzbijanja, veliki broj znanstvenih istraživanja usmjeren je na proučavanje procesa nicanja korova u usjevima (**Masin i sur., 2010**).

Nicanje korova u poljskim uvjetima kompleksan je proces na koji utječu različiti biotički i abiotički čimbenici (**Hulina, 1998**). Jedan od najvažnijih čimbenika koji utječe na nicanje korova je dubina sjemena u tlu (**Alm i sur., 1993**). Dubina na kojoj se nalazi sjeme korova u poljskim uvjetima je promjenjiva i ona određuje njegovu dormantnost, odnosno vijabilnost (**Hulina, 1998**).

Većinu korovnih vrsta karakterizira sitno sjeme (mase 1000 sjemenki manje od 2 grama) zbog čega niče iz plićeg sloja tla (do 5 cm). Predmet ovog rada je korovna vrsta *Abutilon theophrasti* (europski mračnjak) za koju je karakteristično relativno krupno sjeme, mase 1000 sjemenki oko 8,6 grama (**Benvenuti i sur., 2001**). Stoga je nicanje mračnjaka moguće i iz dubljih slojeva tla. Literaturni podaci ukazuju na relativno veliki broj radova u kojima je utvrđivano nicanje ove vrste pri različitim dubinama tla u kontroliranim uvjetima temperature, vlažnosti zraka i osvjetljenja. Većina istraživanja ukazuje na podjednaku mogućnost nicanja mračnjaka pri dubinama do 10 cm (**Rakoš, 2013, Benvenuti i sur., 2001, Buhler i Mester, 1991**). Međutim, relativno su oskudni literaturni podaci o nicanju ove korovne vrste pri različitim dubinama u poljskim uvjetima. Naime, praćenje nicanja u poljskim uvjetima kompleksnije je od laboratorijskih istraživanja. Uključen je puno veći broj čimbenika koji utječu na nicanje u poljskim uvjetima. Promjenjivi pedoklimatski uvjeti

kojima je sjeme izloženo u poljskim uvjetima povezani su s dubinom na kojoj se sjeme nalazi u tlu.

Proučavanje nicanja korova s različitih dubina u tlu i njihova pojava važni su za učinkovito suzbijanje korova i pravovremenu primjenu herbicida (**Konstantinović i sur., 2011**). Zbog toga je laboratorijska istraživanja potrebno provesti u poljskim uvjetima. Cilj istraživanja ovog rada bio je praćenje nicanja mračnjaka u odnosu na dubinu sjemena u tlu u poljskim uvjetima.

2. Pregled literature

2.1. Značaj mračnjaka

Većina korovnih vrsta na obradivim površinama iskazuje neku vrstu prilagodbe na uvjete u kojima se nalazi. Zbog njih postaju tolerantne na određene mjere suzbijanja poput obrade tla ili plodoreda, a nerijetko i na primjenu herbicida. **Pimental i sur. (1999)** procjenjuju da štete koje uzrokuju korovne vrste u poljoprivrednim usjevima iznose i preko 100 milijardi dolara godišnje (**cit. prema Stewart i sur., 2009**).

Jedna od ekonomski važnijih korovnih vrsta u svijetu i Hrvatskoj je *Abutilon theophrasti* (europski mračnjak) koji usjevima šteti direktno kroz kompeticiju i alelopatiju te indirektno kao domaćin različitim bolestima i kukcima (**Warwick i Black, 1988**). Glavne kulture koje zakorovljuje ova korovna vrsta uglavnom su okopavine: kukuruz (slika 1), soja (slika 2), suncokret i šećerna repa, a često zakorovljuje i povrtne usjeve (**Ostojić, 2010**). Najveće štete ipak uzrokuje u ratarskim kulturama zbog njihovog čestog uzgoja u monokulturi (**Recasens i sur., 2005**). Već tri biljke mračnjaka na m^2 mogu smanjiti prinos soje i do 37%, a kod kukuruza čak 91% kad je jedna biljka mračnjaka udaljena 5 cm od usjeva (**Sterling i Putnam, 1987**).

Ekonomski pragovi štetnosti mračnjaka zbog toga su relativno niski: u kukuruzu 0,3 do 1,7 biljaka/m^2 (**Sattin i sur., 1992**), a u soji, slabije kompetitivnoj kulturi, 0,035 do 0,21 biljaka/m^2 (**Cardina i sur., 1995**).



Slika 1. Mračnjak u kukuruzu[1]



Slika 2. Mračnjak u soji[2]

1 https://extension.umaine.edu/highmoor/blog/tag/pest-management/?tpl=textonly

2 https://webapps2.cfans.umn.edu/herbarium/Detail.aspx?SpCode=1&LimitKeyword=

Bez obzira u kojim kulturama mračnjak nalazimo već i jedna jedinka mračnjaka može utjecati na kompeticiju korov – usjev zbog njegovih karakteristika invazivne korovne vrste.

2.2. Invazivnost mračnjaka

Svojstva mračnjaka koja ga čine kompetitivnom korovnom vrstom uključuju brzi vegetativni i generativni rast, snažan habitus i velika lisna površina koja lako zasjenjuje druge biljke, sposobnost nicanja sjemena kroz cijelu vegetacijsku sezonu, sposobnost nicanja u širokom rasponu temperatura 3 – 40˚C, sposobnost velike produkcije sjemena po biljci (do 36800 sjemenki) koje mogu sačuvati klijavost u tlu i do 50 godina, sposobnost razvoja rezistentnosti na pojedine herbicide i jak alelopatski potencijal. Zbog navedenih razloga, **Flegar i Novak (2005)** danas mračnjak smatraju jednim od najvažnijih i najagresivnijih korova okopavina u Hrvatskoj. Kao kod većine invazivnih biljnih vrsta, glavni razlog brze proširenosti mračnjaka diljem svijeta je migracija ljudi i robe. Mračnjak (slika 3) je porijeklom iz Kine i Tibeta gdje se uzgajao za dobivanje vlakana, ali i kao dekorativna i ukrasna biljka zbog boje i izgleda cvjetova (slika 4). Početkom 18. stoljeća donesen je u Ameriku kao zamjena za konoplju. Ubrzo nakon unošenja postao je korov okopavina, posebice kukuruza (**Warwick i Black, 1988**). Točno podrijetlo mračnjaka na europskom tlu nije poznato, ali posljednjih desetljeća smatra se da je najvjerojatniji izvor njegova sjemena transport soje iz SAD - a, koja je jedan od najvećih proizvođača soje i ima najveće populacije mračnjaka (**Grubišić, 2001**).



Slika 3. Izgled europskog mračnjaka[3]



Slika 4. Cvijet europskog mračnjaka (snimila: M., Plodinec)

[3] *https://www.amazon.com/Velvetleaf-Buttonweed-Pie-maker-Growing-Annual-30/dp/B00W2X3V7W?ie=UTF8&*Version*=1&*entries*=0 – izvor slika 4*

U Hrvatskoj mračnjak se prvi put spominje 1869. godine kao ukrasna biljka, a intenzivnije se prati tek 80-ih godina 20. stoljeća kad je uočena njegova veća prisutnost u okopavinama (**Flegar i Novak, 2005**).

Danas se mračnjak nalazi na popisu invazivnih biljnih vrsta Hrvatske (**Boršić i sur., 2008**). Kao glavne razloge njegove invazivnosti prema CSR strategiji (C-kompetitor, S-stres tolerator, R-ruderalna vrsta) **Vuković i sur. (2014)** izdvajaju bolje kompetitivne sposobnosti mračnjaka u odnosu na druge biljke te sposobnost da nastanjuje i ruderalna staništa. **Hulina (1998)** navodi da je kao posljedica toga došlo do širenja mračnjaka od istočnih dijelova Hrvatske (Slavonija i Baranja) prema zapadu sve do Karlovca. U novije vrijeme navode se i područja priobalnog dijela oko Novog Vinodolskog, Poreča, Imotskog, Ploča i doline Neretve na kojima je zabilježena prisutnost ove biljne vrste[4]. (slika 5).



Slika 5. Distribucija populacije mračnjaka[5]

Zbog brojnih kompetitivnih sposobnosti koje ima ova korovna vrsta, njezino suzbijanje je dosta teško. Najraširenija mjera suzbijanja mračnjaka je primjena herbicida (**Buhler i Hartzler, 2001**). Unatoč brzom i dobrom herbicidnom učinku, posljednjih desetljeća intenzivno se istražuju mogućnosti racionalne primjene kemijskih mjera suzbijanja zbog čega se veliki značaj daje preventivnim mjerama (**Bhowmik, 1997**). Glavni razlozi tome su pojava rezistentnosti mračnjaka na herbicide i onečišćenje okoliša (**Steginkand Spencer, 1988**).

Zbog toga su razvijene različite metode i pristupi u zaštiti bilja koji integriranjem znanja o fiziologiji, biologiji i ekologiji korova, tzv. KBDSS pristup – KNOWLEDGE - BASED DECISION SUPPORT STRATEGIES, nastoje njegovo suzbijanje učiniti boljim i

[4] *http://hirc.botanic.hr/*

[5] *http://hirc.botanic.hr/*

preciznijim sa što manjom primjenom herbicida (**Hall i sur., 2000**). Temelj ovog pristupa je dobro poznavanje osnovnih svojstava korovnih vrsta poput razvoja i razmnožavanja čime će njihovo suzbijanje biti olakšano (**Karkanis i sur., 2011**).

Jednogodišnje korovne vrste su monokarpne vrste koje se razmnožavanju generativno uz veliku sjemensku proizvodnju (**Hulina, 1998**). Prema **Plodinec i sur. (2015)** jedna biljka mračnjaka prosječno proizvede više od 3600 sjemenki. **Flegar i Novak (2005)** ističu da je za uspjeh suzbijanja mračnjaka nužno sprječavanje plodonošenja jer se može odgoditi, usporiti ili čak spriječiti jačanje njegove populacije, odnosno smanjiti banka sjemena u tlu koja je izvor zakorovljenosti u narednom razdoblju (i do 50 godina).

U poljoprivrednoj proizvodnji banka sjemena tla je primarni izvor zakorovljenosti jednogodišnjim korovnim vrstama (**Hulina, 1998**, citirano prema **Takač, 2014**). **Khedir i Roeth (1981)** su procijenili oko 51 milijun sjemenki mračnjaka po hektaru do dubine 20 cm tla s naglaskom da je 70% od tog broja bilo na dubini do 10 cm. Zato nije neobično što mnogi autori uzimaju da je ekonomski prag štetnosti za ovu korovnu vrstu 0 jer kako navode **Zanin i Sattin, 1988** jedanput kad se mračnjak nađe na nekoj parceli, teško će ga se suzbiti bez obzira na mjere suzbijanja.

Poznavanje sastava banke sjemena i dubine na kojoj se sjeme nalazi u tlu potrebno je za uspješnu prognozu nicanja jednogodišnjih korovnih vrsta i time pravilan odabir roka primjene herbicida (**Forcella i sur., 2000**). Istraživanja o maksimalnoj dubini s koje može ponići određena korovna vrsta daju korisne podatke o dormantnosti pojedine vrste (**Stoller i Wax, 1973**).

2.3. Klijanje i nicanje mračnjaka

Nicanje viših biljaka može se definirati kao skup fizioloških procesa koji se odvijaju u sjemenu. Započinje bubrenjem sjemena (usvajanjem vode iz tla) nakon čega sjeme iskazuje rast metaboličke aktivnosti i početak razvoja klijanca iz sjemenog zametka (**Mayer i Poljakoff – Mayber, 1982**). Za razliku od prethodnih autora, **Benech Arnold i sur. (2000)** pod pojmom početak nicanja smatraju stadij tek potpuno otvorenih kotiledona (slika 6), a krajem nicanja kad sjeme potroši svoje rezerve i kad je sposobno/neovisno za daljnji rast i razvoj.

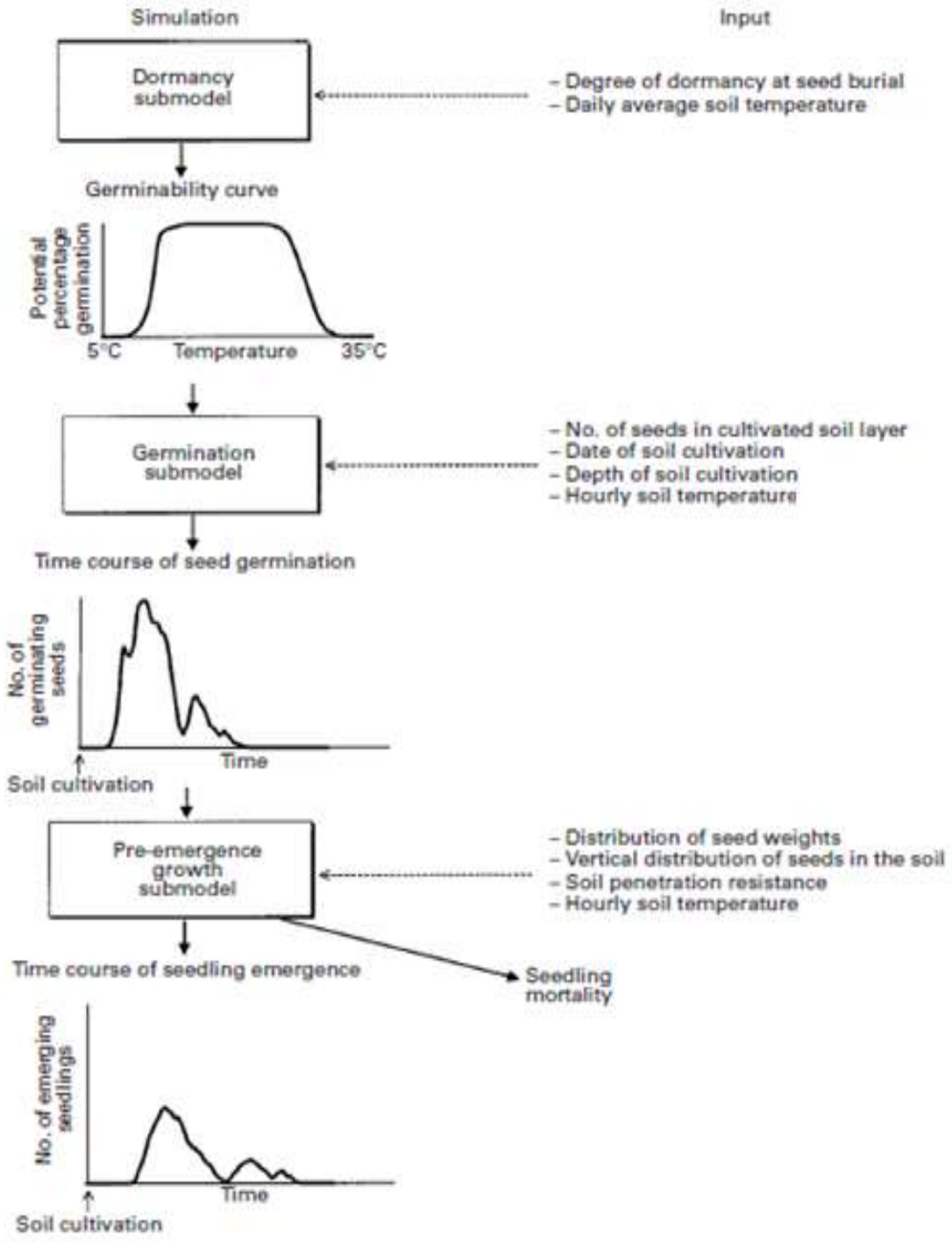


Slika 6. Početak nicanja mračnjaka
(snimio: V. Rakoš)

Van der Weide (1993) je u procesu nicanja definirao tri faze koje se odvijaju ispod površine tla:

- prekid dormantnosti
- klijanje sjemena
- razvoj sjemena/klijanca prije nicanja

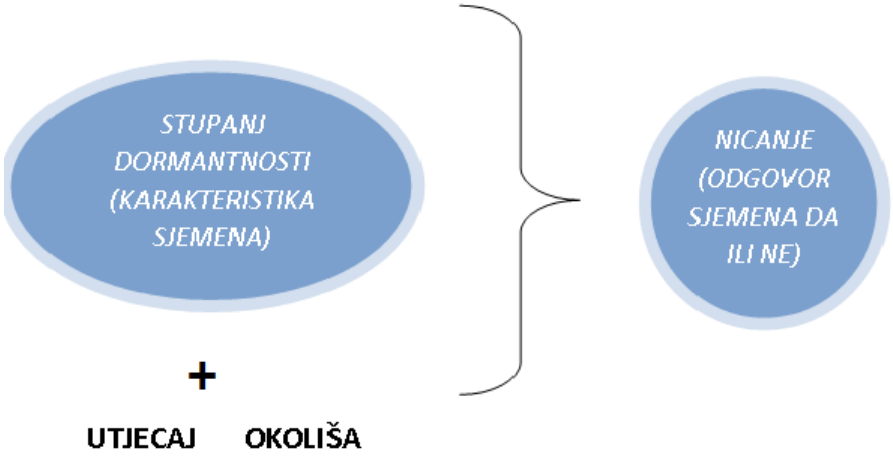
Svaka faza razvoja podjednako je važna za uspjeh nicanja jer je nicanje jedino moguće kod uspješnog odvijanja sve tri faze. Faze se međusobno razlikuju po fiziologiji i na njih utječu različiti okolišni i pedoklimatski čimbenici čiji je učinak na sjeme specifičan. Na ranije faze stanja sjemena u tlu (dormantnost) najviše će utjecati značajke vrste i pedoklimatski uvjeti u kojima se sjeme nalazi, dok je klijanje sjemena i razvoja klijanaca u tlu više pod utjecajem fizikalnih svojstava tla i banke sjemena ostalih korova (crtež 1) **Vleeshouwers (1997a)**.



Crtež 1. Najznačajniji čimbenici koji utječu na nicanje sjemena u tlu (prilagođeno prema **Vleeshouwers i Kropf (2000)**)

Zbog razlika u fiziologiji procesa nicanja, praćenje utjecaja pojedinih čimbenika na nicanje preciznije je ukoliko se prati utjecaj istih na pojedinačne faze (**Vleeshouwers, 1997b**). Poznavanje principa procesa nicanja u odnosu na uvjete okoliša važno je za suzbijanje korova jer ukupan broj poniklih korova i njihova dinamika nicanja utjecat će na

kompeticiju s usjevima (**Kropff, 1988**). Na koji način će sjeme reagirati na okolišne uvjete i započeti proces klijanja i nicanja ovisi o unutrašnjim (značajke vrste) i vanjskim čimbenicima (abiotski i biotski). Od unutrašnjih čimbenika, dormantnost sjemena korova jedno je od njihovih najvažnijih svojstava o kojem ovisi nicanje (crtež 2) **Hulina (1998)**.

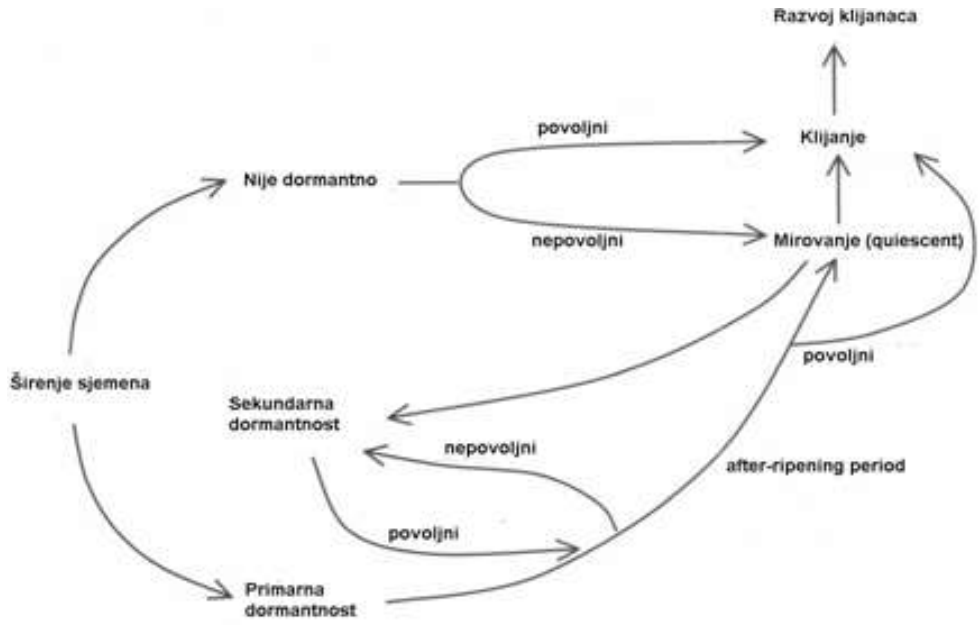


Crtež 2. Interakcija sjemena i okoliša (prilagođeno **prema Vleeshouwers, 1997b**)

Za uspješno predviđanje ukupnog nicanja u poljskim uvjetima potrebno je poznavati najvažnije okolišne čimbenike koji utječu na nicanje (**Vleeshouwers, 1997b**). Prema **Almu i sur., (1993)** to su temperatura tla, vlažnost i svjetlost što su uz dormantnost sjemena najvažniji čimbenici koji utječu na nicanje sjemena u poljskim uvjetima.

Za razliku od nicanja sjemena posijanih biljaka (usjeva) koje je uglavnom u tlu raspoređeno (posijano) jednolično, sjeme korova raspoređeno je neravnomjerno i na različitim dubinama gdje je izloženo promjenjivim pedoklimatskim uvjetima pa i navedeni čimbenici djeluju promjenjivo, ovisno o dubini u tlu na kojoj se nalazi (**Forcella i sur., 2000**). Zbog toga se utjecaj čimbenika na nicanje treba pratiti u međusobnoj interakciji s dubinom jer je ona glavni uzrok promjenjivim pedoklimatskim uvjetima kojima je sjeme izloženo u poljskim istraživanjima.

Dovoljan je samo jedan nepovoljan čimbenik tijekom procesa nicanja pa da se ono zaustavi (**Finch – Savage i Leubner – Metzger, 2006**). Ukoliko uvjeti za klijanje nisu ispunjeni, sjemenke korova ne kliju, već ostaju u stanju dormantnosti ili propadaju u tlu. Za razliku od dormantnosti sjemena korova koja je reverzibilan proces (crtež 3), klijanje i razvoj klijanaca u tlu su ireverzibilni procesi i ukoliko uvjeti za njih u jednom trenutku nisu zadovoljavajući korov će odumrijeti u tlu.



Crtež 3. Utjecaj biotskih i abiotskih čimbenika na sjeme od trenutka odvajanja od materinske biljke do njenog klijanja (prilagođeno prema **Booth i sur., 2010**)

Zbog brojnih čimbenika koji utječu na nicanje korova te različitost staništa, njegovo proučavanje u odnosu na dubinu je vrlo kompleksno (**Forcella i sur., 1997**). **Stoller i Wax (1973)** navode da je u poljskim uvjetima klijanje sitnosjemenih korovnih vrsta najviše inhibirano dubinom položenog sjemena u tlu. Do izostanka nicanja ne dolazi samo zbog nedostatka svjetla, već i zbog temperaturnih kolebanja. Kod krupnosjemenih vrsta čimbenici koji utječu na nicanje nešto su drugačiji (**Benvenuti, 2003**). Najvažniji čimbenik koji utječe na sve procese tijekom nicanja je temperatura. Osim temperature, važan čimbenik koji utječe na klijanje je i vodni potencijal tla (u usjevima koji se ne navodnjavaju) dok na razvoj klijanaca prije nicanja utječe i zbijenost tla. Učinak ovih čimbenika na faze razvoja sjemena u tlu ovisiti će o dubini na kojoj se sjeme nalazi (**Vleeshouwers, 1997a**).

Promjena dubine položenog sjemena u tlu dolazi do izražaja na obradivim u odnosu na neobradive površine. Obrada tla ima višestruku ulogu u nicanju korovnih vrsta koje se nalaze

u banci sjemena. **Vleeshouwers (1997a)** objašnjava da obradom tla dolazi do premještanja sjemena u tlu na različite dubine (vertikalna distribucija). Osim na strukturu tla, obrada tla utječe na prekid dormantnosti kod nekih korovnih vrsta.

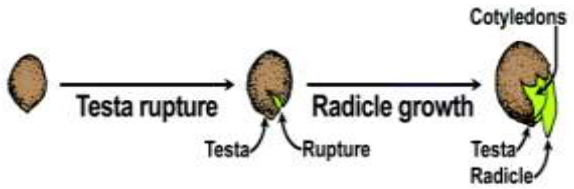
Lueschen i Andersen (1980) su tijekom četiri godine istraživali utjecaj kulturalnih mjera na banku sjemena mračnjaka u tlu. Obrada tla znatno je smanjila banku sjemena mračnjaka u tlu, na samo 10% od početnog stanja. Autori navode da je premještanje sjemena u tlu ili njegovo oštećenje uzrokovano obradom. **Webster i sur. (1998)** stoga navode da je na neobradivim staništima dugovječnost korovnih sjemenki veća u odnosu na obradive površine. Kod neobradivih tala do premještanja sjemena dolazi prijenosom na kotačima vozila ili strojeva, životinjama ili erozijom tla. Neobradivo tlo onemogućuje razvoj sjemena u plitkim površinskim slojevima tla zbog njegove zbijenosti što onemogućava početak nicanja (**Vleeshouwers, 1997a**). Unatoč tome predviđanja nicanja lakša su na neobrađivanom tlu gdje je dubina sjemena u tlu relativno stalna (**Webster i sur, 1998**).

Obradom tla sjeme se raspoređuje po različitim profilima tla. **Mayer i Poljakoff – Mayber (1982)** navode da se sjeme zbog obrade tla može nalaziti na površini tla/biljnim ostacima, ispod površine tla i ispod površine tla, ali u vodi. Ovisno o dubini na kojoj se sjeme nađe, ovisiti će i njegova mogućnost nicanja. Zbog prevelike dubine ispod površine tla sjeme mračnjaka može postati dormantno, biti razgrađeno pod utjecajem vlage i mikroorganizama ili zbog slabe energije klijanja nema mogućnosti za nicanje (**Buhler i Hartzler, 2001**). Nasuprot tome, sjemenke mračnjaka koje se nalaze pliće u tlu prolaze različite oblike fiziološke dormantnosti, prisilne dormantnosti i/ili nicanja (**Cardina i Sparrow, 1997**). Dakle i na većim i na manjim dubinama sjeme mračnjaka može ostati dormantno ukoliko uvjeti za nicanje nisu povoljni. Razlozi dormantnosti sjemena su neodgovarajući pedoklimatski uvjeti potrebni za njegovo klijanje i nicanje. Veće dubine u tlu osiguravaju sjemenu manju izloženost okolišnim čimbenicima potrebnim za njegovo nicanje, prije svega smanjenu koncentraciju kisika i svjetlosti (**Roberts, 1972, cit. prema Takač, 2014**). **Holm (1972)** je dokazao da pri smanjenoj koncentraciji kisika u tlu opada mogućnost nicanja sjemena mračnjaka. Prateći utjecaj svjetla na nicanje **LaCroix i Staniforth (1964)** navode da mračnjak ne treba svijetlost za nicanje jer niče i s većih dubina do kojih svijetlost ne dolazi. Zahtjevi za svjetlom potrebniji su sitnosjemenim vrstama koje niču s dubine do 5 cm (**Milberg i sur., 2000**).

Za proces nicanja sjemena u poljskim uvjetima posebno je važna dormantnost. Tek nakon prekida dormantnosti sjeme je u mogućnosti klijati i nicati (**Simpson, 1990**). Mračnjak zbog izražene egzogene dormantnosti može proklijati tek nakon što mu sjemena ovojnica

omekša ili propadne (**Bewley, 1997**). Tada sjeme postaje propusno za okolišne uvjete: temperature, vlažnosti i izmjene plinova (**Horowitz i Taylorson, 1984)**. Iako se malo zna o prekidu dormantnosti sjemena u tlu, **Baskin i Baskin (1998)** izdvajaju kolebanja temperatura, prolazak kroz probavni trakt životinja, mikrobiološku aktivnost u tlu ili mehaničko djelovanje putem obrade tla kao mehanizme koji utječu na prekid dormantnosti u poljskim uvjetima. Isti autori u kasnijim istraživanjima navode da je baš obrada tla jedan od najvažnijih mehanizama kojima dolazi do prekida dormantnosti sjemena mračnjaka u poljskim uvjetima jer obradom tla sjeme dospijeva u pliće slojeve tla gdje je izloženije utjecaju okolišnih čimbenika, a čvrsta sjemena ovojnica je oslabljena i propusna za vodu i plinove nakon čega sjeme može započeti s klijanjem **Baskin i Baskin (2000)**.

Klijanje sjemena složen je proces koji započinje usvajanjem vode u fazi mirovanja, a završava izduživanjem sjemenog zametka (**Bewley i Black, 1982**). Za razliku od prethodnih autora, **Bradbeer (2013)** smatra da proces klijanja započinje ranije, na molekularnoj razini, procesima koji se odvijaju unutar sjemena, a golim okom je vidljiv tek nakon što korijenak probije sjemenu ovojnicu (crtež 4). Završetak klijanja nastupa u trenutku kad kotiledoni izađu iz sjemena i hipokotil se počne izduživati prema površini (**Vleeshouwers, 1997b**).



Crtež 4. Klijanje sjemena
(prilagođeno prema **Finch – Savage i Leubner – Metzger, 2006**)

Klijavost sjemena ključan je proces kod uspostavljanja korova i razvoja njihove populacije u agroekosustavima (**Dyer, 1995**). Mogućnost klijanja određena je prije svega značajkama vrste (unutrašnji čimbenici) dok je vrijeme klijanja zavisno o vanjskim čimbenicima. Ukoliko optimalni uvjeti za klijanje nisu ispunjeni sjeme će ostati dormantno (**Hulina, 1998**). Prema **Horowitzu i Taylorsonu (1984)** sjeme mračnjaka razlikuje se po svojoj propusnosti za kisik i vodu, a glavni razlog tome su unutrašnji čimbenici koji smanjuju propusnost. Osim vanjskih čimbenika na nicanje sjemena mračnjaka važan utjecaj imaju značajke vrste: dormantnost, starost i veličina sjemena i kemijski sastav sjemena.

Webster i sur (1998) navode da se nicanje mračnjaka smanjuje sa starošću sjemena. Autori su utvrdili, tijekom četverogodišnjeg istraživanja da je ukupno nicanje mračnjaka bilo veće u prve dvije godine istraživanja. Slične rezultate je utvrdio u laboratorijskim uvjetima **Rakoš (2013)**. Sjeme staro tri godine pokazalo je znatno slabije nicanje od jednogodišnjeg sjemena, iako vijabilnost sjemena nije znatnije smanjena (više od 50%).

Osim dubine tla i starosti sjemena, klijavost mračnjaka u poljskim uvjetima vezana je i uz kemijski sastav sjemena. Sjemenu s većom koncentracijom ulja, poput mračnjaka, potrebnija je manja količina vlage za preživljavanje zbog čega sjeme mračnjaka može izdržati duže vrijeme na većim dubinama bez vlage i pritom ostati viabilno (**Finch – Savage i Leubner – Metzger, 2006**).

U poljskim uvjetima utjecaj čimbenika na mogućnost klijanja sjemena provjerava se stavljanjem sjemena u plastične posude i njihovim zakapanjem u tlo te kasnijim iskapanjem i provjerom klijavosti (**Burnside i sur., 1981**).

Nakon prekida dormantnosti u poljskim uvjetima, sjeme je sposobno reagirati na okolišne uvjete temperature, svjetlosti, pH i vlažnosti tla (**Koger i sur., 2004)**. U umjerenim klimatskim područjima temperatura je najznačajniji faktor koji utječe na nicanje (**Forcella i sur., 2000**). Toplina tla ima posebnu važnost jer bez nje svi fizikalno-kemijski, biokemijski i biološki procesi koji se odvijaju u tlu ne bi bili mogući (**Sadeghloo i sur., 2013**). Ona ima dvostruko značenje za nicanje sjemena u tlu: regulira promjene u dormantnosti, ali utječe i na nicanje i kasnije fenološke faze u razvoju biljaka (**Vleeshouwers, 1997a**). Promjenom temperature tla sjeme "prepoznaje" dubinu na kojoj se nalazi i je li ona odgovarajuća za nicanje (**Mayer i Poljakoff – Mayber, 1982**). Za klijanje i nicanje biljnih vrsta naročito je važna temperatura tla koja je približno slična s temperaturom zraka, ali samo u plitkom površinskom sloju, do 5 cm. Zbog toga se temperatura zraka uglavnom koristi za predviđanje nicanja sitnosjemenih korova, dok se na većim dubinama u tlu koristi temperatura tla kao čimbenik koji utječe na nicanje (**Forcella i sur., 2000**). Temperatura tla je promjenjiva ovisno o dobu dana i nerijetko je veća od temperature zraka. U vrijeme izlaska sunca zona zatopljenja nalazi se u sloju od površine tla do 20 - ak cm dubine. Tijekom podneva ova zona se pomiče još dublje. U drugom dijelu dana, kad je sunce u zalaznoj putanji, temperature tla na površini opadaju, dok u dubljim slojevima polako rastu pa dolazi do termičke ravnoteže (**http://meteo.hr**).

Vleeshouwers (1997a) navodi da postoji odnos između sume temperatura i datuma početka nicanja i da se te vrijednosti mogu utvrditi za svaku korovnu vrstu te iskoristiti za predviđanje njihova nicanja. Do početka nicanja dolazi kad se temperatura okoliša (tla i

zraka) približi ili dosegne vrijednosti raspona temperatura potrebnih za nicanje neke vrste. Prema dobivenim podacima izrađuju se takozvani modeli sume toplinskih jedinica (STJ) pomoću kojih je moguće predvidjeti dinamiku nicanja korova nakon što je prekinuta dormantnost sjemena (**Van der Weide, 1993**). Sumiraju se dnevne razlike između minimalne i maksimalne dnevne temperature tla pa oduzimaju od biološkog minimuma (T_b) za pojedinu korovnu vrstu sve dok nije akumulirana suma temperatura pri kojoj dolazi do početka nicanja (**Vleeshouwers, 1997a**).

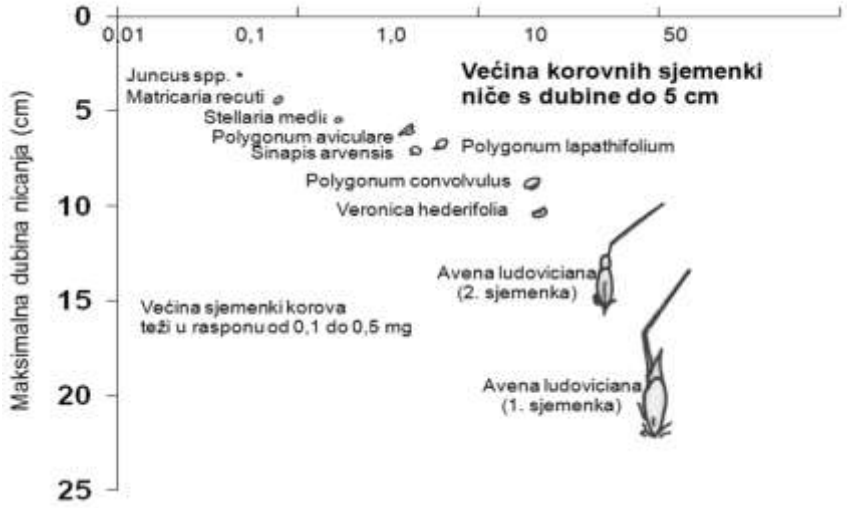
Biološki minimum je jedan od osnovnih podataka koji je potreban za izradu prognoznih modela. Biološki minimum se utvrđuje u laboratorijskim uvjetima gdje se prati klijavost sjemena pri različitim temperaturama. Za mračnjak, za područje kontinentalne Hrvatske utvrđen je biološki minimum od 4,5˚C (**Magosso, 2013**). Međutim, autor navodi da je optimalna temperatura za njegovo nicanje značajno viša i iznosi 16-20˚C što se u polju najčešće zbiva tijekom travnja i svibnja. **Myers i sur. (2004)** su utvrdili za područje SAD – a da mračnjak počinje nicati između 150 i 300˚C akumuliranih toplinskih jedinica temperature tla, dok su za područje kontinentalne Hrvatske **Plodinec i sur., (2015)** utvrdili potrebnu sumu temperatura zraka od 270 – 400 ˚C.

Osim dormantnosti i klijanja, treći dio procesa nicanja, odnosno tijek razvoja klijanaca od početka klijanja do izbijanja na površinu tla također ima važnu ulogu u određivanju početka nicanja. U poljskim uvjetima pre-em razvoj najviše je pod utjecajem vlažnosti i strukture tla, dok od unutarnjih čimbenika na njega najveći utjecaj ima veličina sjemena (**Vleeshouwers, 1997b**). **Buhler i Daniel (1988)** su proučavali strukturu tla koja utječe na nicanje i dokazali da sitnije i bolje pripremljeno tlo rezultira boljim nicanjem mračnjaka. Sitnije čestice tla omogućavaju lakši prodor klijanaca kroz tlo, odnosno manji utrošak energije za iznošenje klijanaca na površinu tla.

Kao drugi važan čimbenik u poljskim uvjetima navedena je vlažnost tla. **Horowitz i Taylorson (1984)** navode da mračnjak niče kad je vodni potencijal između 0,1 do -0,9 MPa. Za populacije mračnjaka skupljene iz kontinentalne Hrvatske utvrđen je biološki vodni potencijal od -0,67 MPa. Usporedbe radi, za isto područje za vrstu *Echinochloa crus-galli* utvrđen je biološki vodni potencijal od -0,97 MPa, a za *Amaranthus retroflexus* -0,36 MPa. Navedene vrste razlikuju se u potrebi za minimalnom količinom vode u tlu potrebnom za nicanje gdje je vidljivo da mračnjak bolje podnosi vodni stres od šćira, ali slabije od koštana (**Šoštarčić, 2015**). Dobro je poznato da dugotrajni vodni stres usporava ukupno nicanje odgađanjem početnog nicanja te usporavanjem rasta korijena i stabljike klijanaca. Osim toga posljedica smanjene vlažnosti tla uzrokuje povećanu zbijenost tla što otežava klijancu prodor

kroz tlo. Međutim, veća količina oborina može imati i negativno djelovanje na nicanje sjemena (**Vleeshouwers, 1997a**). Veće količine oborina nakon sjetve mogu izazvati stvaranje pokorice na površini tla koja također može biti prepreka nicanju sjemena. Posljedica pokorice je oštećenje klijanaca, otežano nicanje ili propadanje klijanaca jer potroše rezerve iz sjemena prije nego li je došao iznad površine tla (**Bengough i Mullins, 1990**). **Plodinec i sur. (2015)** upravo stvaranje pokorice na površini tla zbog velikih količina oborina navode razlogom produženog nicanja mračnjaka što je rezultiralo većom sumom toplinskih jedinica tla za 50% ponik populacije mračnjaka u njihovom istraživanju u kontinentalnoj Hrvatskoj (Zagreb) u odnosu na ista istraživanja provedena u sjevernoj Italiji (**Loddo i sur., 2014; Masin i sur., 2012**).

Budući da je razvoj klijanaca u tlu ovisan o energetskim rezervama u sjemenu veće sjemenke stvarat će snažnije klijance koji će lakše savladati nepovoljne uvjete. Veličina sjemena važna je za procese nicanja jer je klijanje iz različitih dubina u korelaciji s energetskim rezervama sjemena (crtež 5). Većinu korovnih vrsta karakterizira sitno sjeme (masa 1000 sjemenki manja od 2 grama) čija je dubina nicanja zbog malih energetskih rezervi do 5 cm u tlu (**Mennan i Ngouajio, 2006**).



Crtež 5. Klijanje u odnosu na dubinu sjetve (prilagođeno prema **Lafond i Baker, 1986.)**

Europski mračnjak ima relativno krupno sjeme: debljine oko 1 mm, a dužine i širine 2 - 3 mm (slika 7) čija apsolutna masa 1000 sjemenki kreće se od 8-12 grama zbog čega je sposoban nicati i s većih dubina (**Flegar i Novak, 2005**).



Slika 7. Veličina sjemena mračnjaka
(izvor: Zavod za herbologiju)

Glavna prednost krupnih sjemenki je što zbog velikog sadržaja rezervnih tvari mogu preživjeti „oštrije“ uvjete okoliša duže vremensko razdoblje i kompeticiju s drugim korovima. Također veće sjemenke zahtijevaju i više energije za njihovu proizvodnju zbog čega je i veća vjerojatnost da će biti pojedene od strane predatora (herbivora) (**Hulina, 1998**).

Već je ranije navedeno da su u poljskim uvjetima dubina položenog sjemena u tlu i utjecaj ostalih čimbenika na nicanje promjenjivi. Na njihovo djelovanje uglavnom se ne može utjecati zbog čega se podaci o nicanju utvrđuju najčešće u kontroliranim (laboratorijskim) uvjetima radi lakšeg utvrđivanja nego u poljskim uvjetima (**Roberts, 1972; Pareja, 1984**). Broj istraživanja nicanja korovnih vrsta pri različitim dubinama sjetve u poljskim uvjetima kojima je cilj utvrditi reakciju sjemena na promjenjive pedoklimatske i agroekološke čimbenike znatno je manji (**Bradbeer, 2013**). Kod ovakvih istraživanja najčešće se provode kvantitativne procjene nicanja (ukupno nicanje). Rezultati istraživanja uspoređuju se s već ranije utvrđenim podacima za nicanje određene vrste.

Kvantitativna procjena nicanja predstavlja broj poniklih biljaka koje su uspješno završile razvoj u tlu i nastavile ga iznad površine tla (**Vleeshouwers i Kropff, 2000**). Ima ulogu praćenja nicanja korova istovremeno s praćenjem nicanja kulture s ciljem prognoze rane zakorovljenosti što omogućuje određivanje optimalnog roka primjene mjera suzbijanja (**Forcella, 1993**, **Forcella i sur, 1997**).

Istraživanja nicanja mračnjaka ovisno o dubini položenog sjemena u tlu najčešće pokazuju da nicanje opada porastom dubine (**Sadeghloo i sur., 2013; Khedir i Roeth, 1981; Benvenuti i sur., 2001**).

3. Cilj istraživanja

Cilj istraživanja je dvogodišnjim poljskim pokusom utvrditi ukupno nicanje sjemena korovne vrste *Abutilon theophrasti* Med. posijanog na dubinu 3, 6 i 9 cm i utvrditi sumu toplinskih jedinica tla potrebnu za nicanje istraživane korovne vrste .

4. Materijali i metode rada

Istraživanje u poljskim i laboratorijskim uvjetima provedeno je tijekom dvije vegetacijske sezone (2014. i 2015.) na pokušalištu Maksimir Agronomskog fakulteta te u kontroliranim uvjetima na Zavodu za herbologiju.

Sjeme mračnjaka prikupljeno je u jesen 2013. i 2014. na pokušalištima Agronomskog fakulteta u Šašinovečkom lugu i Maksimiru nakon čega je očišćeno od primjesa i do početka istraživanja skladišteno na tamno i suho mjesto.

Prije sjetve utvrđena je klijavost naturalnog i tretiranog (skarificiranog) sjemena mračnjaka u Petrijevim posudama u tri ponavljanja (slika 8).



Slika 8. Priprema sjemena za provjeru klijavosti (snimio: V. Rakoš)



Slika 9. Mehanička skarifikacija sjemena mračnjaka (snimio: V. Rakoš)

Petrijeve posude su nakon sjetve zatvorene parafilmskom trakom (da bi se spriječio gubitak vlage) i stavljene u klima komori na tjedan dana (22. - 30. 04. 2015.). Sjemenu mračnjaka proliferirana je sjemena ovojnica kružnim pokretima daščicom obloženom brusnim papirom u trajanju od 5 minuta (slika 9).

U klima komori održavani su stalni uvjeti temperature (24˚C) i svijetlosti (fotoperiod od 12 h svijetla i 12 h tame). Klijavim sjemenkama smatrale su se one s radikulom dužom od 2 mm (slika 10).



Slika 10. Proklijalo sjeme mračnjaka (snimio: V. Rakoš)

Ukupna klijavost sjemena mračnjaka izračunata je pomoću formule:

Klijavost (%) = (broj isklijalih sjemenki / ukupan broj sjemenki) x 100%

Nakon provjere klijavosti sjemena mračnjaka postavljen je dvofaktorijalni (dubina sjetve i tretiranje sjemena) poljski pokus na pokušalištu Maksimir Agronomskog fakulteta. Neposredno prije sjetve obavljena je predsjetvena priprema tla (slika 11). Analizom tla utvrđeno je da je pH tla na pokusnoj lokaciji neutralan (pH=7).

Sjetva je obavljena ručno u obje vegetacijske godine: 16. 04. 2014. i 12. 05. 2015 (slika 12). Radi lakše kontrole pokusne parcele, sjetva je obavljena u redove. Sjeme je posijano u 6 redova na tri dubine: 3, 6 i 9 cm po shemi slučajnog bloknog rasporeda u 4 ponavljanja. Veličina osnovne parcele je iznosila 1 m^2, a po svakoj parceli posijano je 50 sjemenki mračnjaka. Razmak između redova iznosio je 0,5 m



Slika 11. Predsjetvena priprema tla (snimila: M. Šćepanović)



Slika 12. Sjetva mračnjaka (snimio: V. Rakoš)

.

Utvrđivanje nicanja na istraživanim dubinama obavljano je svakodnevno. Za određivanje početka nicanja korištena je suma srednjih dnevnih temperatura ($\mathbf{t_{sr}}$) tla od sjetve do početka nicanja do dubine 5 cm. Podaci o srednjim dnevnim temperaturama tla i oborinama za 2014. (tablica 1) i 2015. (tablica 2) godinu dobiveni su od Državnog hidrometeorološkog zavoda. Suma toplinskih jedinica potrebna na nicanje mračnjaka izračunata je prema formuli:

$$\mathbf{STJ = \Sigma\ (SDT - T_b)}$$

SDT – Srednja dnevna temeperatura na dubini tla do 5 cm _Maksimir

T_b = biološki minimum za korovnu vrstu *Abutilon theophrasti*

gdje vrijednost biološkog minimuma za mračnjak u uvjetima kontinentalne Hrvatske iznosi 4,5˚C (**Magosso, 2013**). Zbrajanje temperatura započelo je danom sjetve mračnjaka, a završilo danom prvog ponika.

Tablica 1. Temperatura tla i količina oborina tijekom razdoblja istraživanja u 2014. g

		Temperatura (˚C)		Oborine (mm)	
		Travanj	**Svibanj**	**Travanj**	**Svibanj**
Prva dekada	1	14,9	16,2		6,4
	2	15,1	18,5		1,4
	3	14,3	12,9		
	4	16,9	9,3		20,7
	5	14	14,6	0,5	
	6	14,9	16,5	1,3	
	7	15,3	16	0,1	
	8	17,2	16,7		4,7
	9	12,2	18,1	11,8	0,1
	10	10,2	20,5	0,1	
Prosjek temperatura		**14,5**	**15,9**	**x**	**x**
Količina oborina		**x**	**x**	**13,8**	**33,3**
Druga dekada	11	11,5	18,4	3,6	
	12	11,4	15,4		21,9
	13	12,7	11,2		0,9
	14	13,3	12,7		1
	15	10,3	10,8	4,9	
	16	**7,8***	10,6	**4,9**	27,1
	17	**7,6**	12,8		3,4
	18	**14,2**	15,5		0,7
	19	**16,4**	18,9		
	20	**13,6**	21,9	**5,8**	
Prosjek temperatura		**11,9**	**14,8**	**x**	**x**
Količina oborina		**x**	**x**	**19,2**	**55**
Treća dekada	21	**13,5**	24,3	**5**	
	22	**14,4**	25,4	**7,2**	
	23	**14,7**	26,6	**0,9**	
	24	**15,6**	23,4	**5,9**	4,1
	25	**15,7**	25,4	**0,7**	1,1
	26	**15,2**	19,4	**7,3**	
	27	**17,4**	20,1		45,9
	28	**16,5**	18,2	**9,5**	
	29	**15,4**	18,3	**0,6**	2,6
	30	18,2	15,7	0,3	1,2
	31		16,3		1,8
Prosjek temperatura		**15,7**	**21,7**	**x**	**x**
Ukupan prosjek dekada		**14**	**17,4**	**x**	**x**
Količina oborina		**x**	**x**	**37,4**	**56,7**
Ukupna količina oborina		**x**	**x**	**70,4**	**145**

*crveno označene vrijednosti predstavljaju temperature i oborine za dane trajanja istraživanja (od sjetve do završetka pokusa)

Tablica 2. Temperatura tla i količina oborina tijekom razdoblja istraživanja u 2015.g

		Temperatura (˚C)	**Oborine (mm)**
		Svibanj	
Prva dekada	1	14,7	
	2	18,2	6,6
	3	19	1
	4	19,4	
	5	21,1	
	6	24,3	
	7	23,7	
	8	23,6	
	9	24,1	
	10	24	0,5
Prosjek temperatura		**21,2**	**x**
Količina oborina		**x**	**0,8**
Druga dekada	11	22,7	
	12	**23,1***	**21,9**
	13	**26,5**	
	14	**24,6**	**0,1**
	15	**17,4**	**16,6**
	16	**17,5**	**15,5**
	17	**19,6**	**0,7**
	18	**21,5**	
	19	**23,7**	
	20	**24,7**	
Prosjek temperatura		**22,1**	**x**
Količina oborina		**x**	**5,5**
Treća dekada	21	15,1	6,9
	22	12,4	17
	23	14	52,2
	24	16,8	20,1
	25	16,9	
	26	17,7	0,8
	27	15,6	
	28	18	
	29	22,1	
	30	24,5	
	31	23,9	
Prosjek temperatura		**17,9**	**x**
Ukupan prosjek dekada		**20,3**	**x**
Količina oborina		**x**	**97**
Ukupna količina oborina		**x**	**138**

*crveno označene vrijednosti predstavljaju temperature i oborine za dane trajanja istraživanja (od sjetve do završetka pokusa)

Nicanje je utvrđivano u fazi potpuno otvorenih kotiledona. Radi lakšeg utvrđivanja ponika novih jedinki, nakon utvrđivanja broja prethodnog ponika, sve su ponikle jedinke rezanjem uklonjene (slika 13). Utvrđivanje nicanja završeno je kad 10 dana zaredom nije nikla ni jedna nova biljka mračnjaka.



Slika 13. Uklonjene ponikle biljke mračnjaka
(snimio: V. Rakoš)

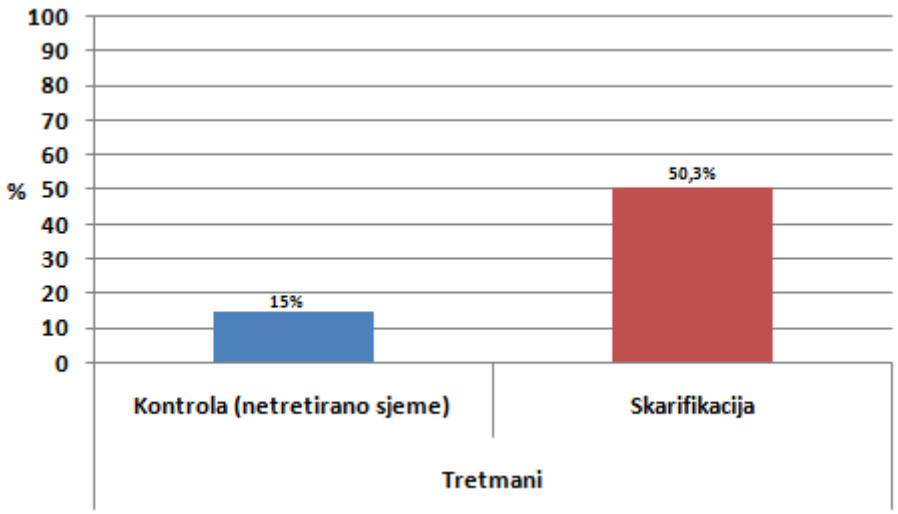
Prikupljeni podaci o ukupnom nicanju statistički su obrađeni analizom varijance i nakon signifikantnog F testa za usporedbu srednjih vrijednosti korišten je LSD test uz 5 % pogreške.

5. Rezultati rada

Rezultati rada su prikazani zasebno prema objektima istraživanja (klijavost u laboratorijskim uvjetima, utvrđivanje STJ, nicanje mračnjaka ovisno o dubini tla) grafički i tablično.

5.1. Klijavost mračnjaka u laboratorijskim uvjetima

Prije sjetve mračnjaka u poljskim uvjetima, utvrđena je klijavost sjemena u laboratorijskim uvjetima (grafikon 1).



Grafikon 1. Ukupna klijavost skarificiranog i naturalnog sjemena mračnjaka

Iz podataka je vidljivo da prosječna klijavost mračnjaka u uvjetima mehaničke skarifikacije iznosi 50,3%, dok je naturalno sjeme imalo znatno manju klijavost (15,0%). Skarifikacija kao jedna od metoda za prekidanje fizikalne dormantnosti sjemena mračnjaka pokazala je relativno dobre rezultate u cilju prekidanja dormantnosti sjemena mračnjaka. Iako u ovom istraživanju nisu obavljeni dodatni destruktivni testovi utvrđivanja viabilnosti neproklijalog sjemena mračnjaka (više od 80% naturalnog i oko 50% skarificiranog sjemena) pretpostavka je da se neproklijalo sjeme mračnjaka nalazi u stanju primarne dormantnosti. Slične rezultate dobili su i **LaCroix i Staniforth (1964)** gdje je prosječna klijavost jednogodišnjeg skarificiranog sjemena mračnjaka iznosila 48%, a naturalnog 24% jedinki. U njihovom istraživanju mehanička skarifikacija provedena je zarezivanjem sjemena mračnjaka u području predviđenog prirodnog otvaranja (eng. *chalazal region*) tijekom klijanja.

Skarifikaciju kao metodu prekidanja dormantnosti preporučuju i drugi autori. **Obajgor (2013)** je mehaničkom skarifikacijom jednogodišnjeg sjemena mračnjaka utvrdila klijavost od 39,3% što se nije statistički značajno razlikovalo od rezultata tretmana sumpornom kiselinom (H_2SO_4) gdje je poniklo 50,7% sjemena mračnjaka. Isti autor je postigao bolju klijavost mehaničkom skarifikacijom trogodišnjeg sjemena (68,3%) nego jednogodišnjeg sjemena (39,3%). Mogući razlog boljeg nicanja trogodišnjeg sjemena je prirodno slabljenje tvrde sjemene ovojnice mračnjaka tijekom skladištenja. **Obajgor (2013)** izdvaja mehaničku i skarifikaciju kiselinom kao najuspješnije metode poticanja klijavosti sjemena mračnjaka. Prethodno utvrđivanje klijavosti i odabir odgovarajuće metode prekidanja dormantnosti sjemena vrlo je važno za istraživanje viabilnosti sjemena i početka nicanja u poljskim uvjetima

5.2. Suma toplinskih jedinica (STJ)

U prvoj istraživanoj godini (2014.) početak nicanja mračnjaka, pri svim istraživanim dubinama sjetve, uslijedio je 13 dana nakon sjetve. U drugoj godini istraživanja (2015.) početak nicanja utvrđen je 20. svibnja, odnosno 8 dana nakon sjetve. Unatoč nešto bržem nicanju mračnjaka u drugoj godini istraživanja, suma toplinskih jedinica potrebna za nicanje bila je gotovo ista u obje godine. Suma toplinskih jedinica iznosila je 198˚C u prvoj, odnosno 198,6˚C u drugoj godini istraživanja (tablica 3).

Tablica 3. Suma toplinskih jedinica za nicanje mračnjaka u 2014. i 2015.

Godina	STJ	Datum sjetve	Datum početka nicanja
2014.	198˚C	16.04.2014.	29.04.2014.
2015.	198,6˚C	12.05.2015.	20.05.2015.

Ako usporedimo vremenske prilike nakon sjetve u prvoj (tablica 1) i nakon sjetve u drugoj godini istraživanja (tablica 2) možemo vidjeti da su razlike u temperaturama između godina bile znatne. To je ujedno i razlog da je u prvoj godini trebao veći broj dana za akumulaciju biološkog minimuma nego u drugoj godini. Ako analiziramo količinu oborina, kao važan čimbenik nicanja korova, može se vidjeti da je bila znatna razlika u količini i rasporedu oborina između godina istraživanja. S gledišta i količine i rasporeda oborina, za nicanje je bila povoljnija prva godina istraživanja. Palo je ukupno 47,8 mm kiše kroz 10 kišnih dana u

odnosu na drugu godinu kada je u istom razdoblju (od sjetve do nicanja) palo 54,8 mm kroz 5 kišna dana.

Prema istraživanju **Masin i sur. (2012)** koji su utvrđivali utjecaj temperature i vlažnosti tla na nicanje sjemena mračnjaka na različitim lokalitetima u Italiji duži niz godina, suma toplinskih jedinica za 50%-tni prosječni ponik populacije iznosila je 135°C. Ova vrijednost je peterostruko manja od dobivenih vrijednosti istraživanja **Plodinec i sur. (2015)** gdje je bilo potrebno 644,5°C toplinskih jedinica za tlo. Obzirom da je u ovom istraživanju samo za početak nicanja u obje godine bila potrebno oko 198 STJ, rezultati ukazuju da specifični pedoklimatski uvjeti pojedinog lokaliteta, ali i razlike u pedoklimatskim uvjetima pojedine godine na istoj lokaciji mogu utjecati na razlike u vremenu nicanja mračnjaka. Prema tome, nicanje sjemena ovisit će prije svega o njegovoj prilagodbi pedoklimatskim uvjetima što je važna odlika adaptabilnosti divljih vrsta.

Suma toplinskih jedinica koristi se za izradu prognoznih modela nicanja kao pomoć proizvođačima u određivanju optimalnog roka primjene herbicida. Nekoliko autora utvrđivalo je STJ za početak nicanja i 50%- tni ponik korovne vrste *Abutilon theophrasti* **(Plodinec i sur., 2015; Loddo i sur., 2013; Masin i sur., 2012; Myers i sur., 2004)**.

Myers i sur. (2004) su koristili empirijski model prognoze početka nicanja nekoliko korovnih vrsta na temelju praćenja temperatura tla na dubini od 5 cm. Temperatura tla mjeri se svakih 90 minuta tijekom dana na različitim lokacijama, nakon čega se određuje srednja dnevna temperatura tla od koje se oduzima vrijednost biološkog minimuma za tu vrstu. Kao biološki minimum autori su koristili T_b = 9°C jer se ova vrijednost najčešće koristi u istraživanjima kad prethodno nije utvrđena točna vrijednost biološkog minimuma. Dobivena prosječna vrijednost predstavlja akumulirane toplinske jedinice tla u jednom danu (DD). Njihovim sumiranjem dobivaju se približne vrijednosti akumuliranih jedinica koje se uspoređuju s podacima dobivenim na različitim lokacijama nakon čega se korelacijskim pravcem dobivaju vrijednosti koja se mogu iskoristiti za predviđanje nicanja u poljskim uvjetima (STJ). Autori su izračunali da početak nicanja mračnjaka, odnosno nicanje 10% jedinki mračnjaka se odvija kad je vrijednost akumuliranih toplinskih jedinica u intervalu između 150 i 300 STJ. Za nicanje 50% jedinki potrebno je do 355 STJ, dok bi većina jedinki (95%) trebala niknuti pri akumuliranih 900 STJ. Navedene vrijednosti STJ za početak nicanja se poklapaju s dobivenim vrijednostima u ovom istraživanju (198 STJ).

5.3. Ukupno nicanje mračnjaka

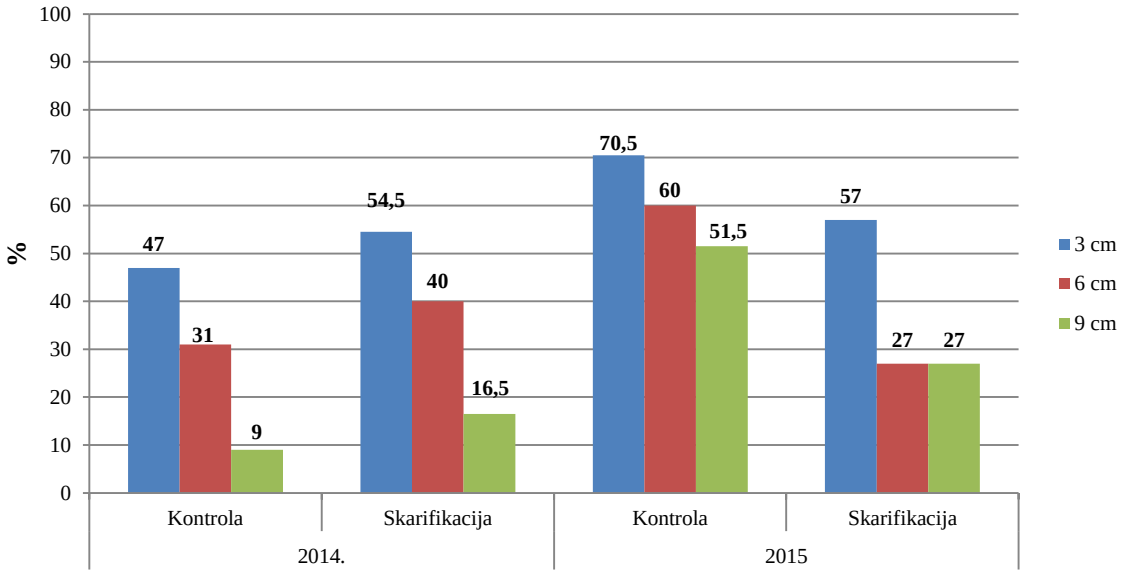
U tablici 4. prikazani su rezultati analize varijance za ukupno nicanje mračnjaka ovisno o dubini sjetve i metodi tretiranja sjemena tijekom dvije vegetacijske godine, 2014. i 2015.

Tablica 4. Rezultati analize varijance nicanja mračnjaka u 2014. i 2015.

Izvor varijabilnosti	n-1	SS	s^2	F_{exp}
Godina	1	3008,3	3008,3	0,031*
Dubina sjetve	2	7860,7	3930,3	<.001**
Tretman	1	736,3	736,3	0,082 n.s.
Godina x tretman	1	3008,3	3008,3	0,001**
Godina x dubina	2	732,7	366,3	0,217 n.s.
Tretman x dubina	2	164,7	82,3	0,699 n.s.
Godina x tretman x dubina	2	220,7	110,3	0,620 n.s.
Ostatak	30	6823,3	227,4	
Greška	47	24855,7		

n.s = nesignifikantan F - test
*signifikantan F-test za P=0,05
**signifikantan F-test za P=0,01

Rezultati analize varijance pokazuju da nije utvrđena statistički značajna razlika u nicanju mračnjaka ovisno o tretmanu. Međutim, utvrđena je statistički značajna razlika u nicanju mračnjaka s obzirom na godinu istraživanja, dubinu sjetve i interakciju godina x tretman (tablica 4). Budući da postoji statistički opravdana razlika interakcije godina x tretman, podaci nisu uprosječeni već su prikazani za obje godine istraživanja i za oba načina tretiranja sjemena (grafikon 2).



$LSD_{0,05\ (godina)} = 13,83;$ $LSD_{0,05\ (godina\ x\ tretman)} = 15,28;$ $LSD_{0,05\ (dubina\ sjetve)} = 10,89$

Grafikon 2. Ukupno nicanje mračnjaka tijekom dvije vegetacijske godine, 2014. i 2015.

U 2014. prosječna vrijednost nicanja iznosila je 33%, dok je u 2015. bila 48,8% (grafikon 2). Značajno bolja klijavost u drugoj godini istraživanja mogla bi se povezati s klimatološkim prilikama tijekom trajanja pokusa. Poznato je da su temperatura tla i količina oborina dva glavna čimbenika koja utječu na nicanje korovnih vrsta. S obzirom da su vrijednosti STJ bile gotovo jednake u obje godine (tablica 3) čimbenik koji je najviše utjecao na razlike u nicanju vjerojatno je bila količina i raspored oborina tijekom praćenja pokusa. Tijekom trajanja pokusa u 2014. skoro svaki dan pala je određena količina kiše (ukupno 47,8 mm) koja je relativno ravnomjerno raspoređena, dok je u 2015. bilo duljih perioda bez kiše. U 2015. ukupno je palo 54,8 mm kiše tijekom 5 kišna dana, a bilo je četiri dana bez oborina što je vjerojatno rezultiralo slabijem nicanju. (tablica 1 i 2) Istraživanje **Sadeghloo i sur. (2013)** pokazalo je da sjeme mračnjaka ne reagira dobro na vodni stres. Nicanje sjemena mračnjaka naglo opada kad je vodni potencijal u rasponu od 0 do -0,6 MPa, a nicanje je potpuno prekinuto kad je vodni potencijal -0,6 MPa i niži.

Osim navedenog, kao ograničavajući čimbenik nicanja sjemena mračnjaka bila je i pojava pokorice tijekom 2015. (slika 14) koja je sprječavala sjemenu da ponikne, zbog čega se može pretpostaviti da je određeni broj jedinki mračnjaka propao u tlu.



Slika 14. Pokorica tla na pokusnoj lokaciji u 2015. godini
(snimio: V. Rakoš)

Plodinec i sur. (2015) također navode stvaranje pokorice ograničavajućim čimbenikom nicanja mračnjaka. U njihovom istraživanju utvrđivanja nicanja različitih populacija sjemena mračnjaka, koje je provedeno na istoj lokaciji kao i ovo istraživanje, neposredno prije sjetve palo je više od 60 mm kiše što je otežalo kvalitetnu pripremu tla. Za razliku od njihovog istraživanja u ovom istraživanju palo je u 5 dana 54,8 mm kiše tijekom utvrđivanja nicanja nakon kojih je uslijedilo nekoliko dana temperatura viših od 20˚C što je uzrokovalo stvaranje pokorice tla nakon koje je nicanje sjemena mračnjaka bilo onemogućeno.

Plodinec i sur. (2015) navode da nepovoljni uvjeti poput promjenjivih temperatura ili sjemena ostalih vrsta u banci sjemena tla često uvjetuju stvaranje sekundarne dormantnosti, odnosno odgodu nicanja.

U obje godine istraživanja najveća ukupna klijavost mračnjaka utvrđena je kod najplićе sjetve (3 cm), neovisno o načinu tretiranja sjemena (kontrolno ili skarificirano). U 2014. je prosječno ukupno nicanje mračnjaka pri najplićoj sjetvi iznosilo 50,8%, dok je u 2015. iznosilo 63,8%. Iz grafikona 2 je jasno vidljivo da se nicanje mračnjaka smanjivalo s porastom dubine sjetve, u obje godine istraživanja neovisno o načinu tretiranja sjemena. **Herr i Stroube (1970)** su trogodišnjim poljskim pokusima utvrdili da nicanje mračnjaka naglo opada s porastom dubine. Više od 50% jedinki mračnjaka nicalo je s dubine od 2,5 cm, i svakim povećanjem dubine za 2,5 cm nicanje je postupno opadalo. Na 5 cm dubine poniklo je 31%, na 7,5 cm 19%, dok je na 18 cm dubine niknulo samo 2% sjemena mračnjaka. Slične rezultate dobili su i **Sadeghloo i sur. (2013)** u kontroliranim uvjetima. Pri dubini od 1 cm nicanje je bilo najbolje (69%) i postupno je opadalo sve do dubine od 12 cm gdje nije ponikla nijedna sjemenka mračnjaka. Dobiveni rezultati poljskih istraživanja razlikuju se od laboratorijskih istraživanja **Rakoša (2013)** gdje je sjeme podjednako dobro nicalo pri 3, 6 i 9 cm ovisno o tretmanu. Prosječna klijavost neskarificiranog sjemena u tom istraživanju je bila 17,6%, dok je skarifikacijom prosječna klijavost iznosila 66,9%.

U nešto nepovoljnijim uvjetima koji su vladali tijekom istraživanja u 2015. nije utvrđena razlika u nicanju mračnjaka s 6 i 9 cm dubine. Tako u 2015. kod oba tretmana nije utvrđena statistički opravdana razlika u ukupnom nicanju mračnjaka pri 6 i 9 cm, čak štoviše, kod skarificiranog sjemena ukupna klijavost pri ovim dubinama je bila identična (27%).

Ovi rezultati pokazuju da u poljskim uvjetima djeluje puno veći broj promjenjivih čimbenika na koje se ne može utjecati što rezultira slabijim nicanjem mračnjaka. Skarifikacijom sjemena prekida se dormantnost sjemena nakon čega je sjeme sposobno proklijati. Međutim, oštećena sjemena ovojnica mračnjaka ukoliko odmah ne proklije izložena je truljenju nakon kojeg sjeme propada. Za razliku od istraživanja u poljskim uvjetima u kontroliranim (laboratorijskim) uvjetima ukupno nicanje mračnjaka pokazalo je bolje rezultate (**Rakoš, 2013**).

Istraživanja praćenja nicanja mračnjaka u poljskim uvjetima pokazala su da ukupno nicanje mračnjaka ovisi o većem broju čimbenika što je povezano prije svega s promjenjivim pedoklimatskim i agroekološkim uvjetima. Ovakvi rezultati su i očekivani zbog razlika u rasporedu i količini oborina te izmjerenih temperatura tla u istraživanim godinama s različitih dubina zbog čega je i ukupno nicanje bilo različito. **Sadeghloo i sur. (2013)** su u svojem

istraživanju osim utjecaja dubine sjetve na nicanje mračnjaka pratili i utjecaj temperature, pH tla i količine soli (NaCl) u tlu te na koji način ovi čimbenici utječu na nicanje. Autori su iznijeli kako na mračnjak ne utječe stupanj osvijetljenosti jer se s povećanjem dubine on smanjuje. Dubina nicanja je vezena uz veličinu sjemena zbog čega mračnjak je sposoban nicati i s većih dubina. Autori navode da pH tla u rasponu vrijednosti od 4 – 9 ne utječe na nicanje mračnjaka jer je uočeno podjednako dobro nicanje kod različitih pH vrijednosti. Za razliku od svjetlosti i pH, rezultati njihova istraživanja pokazali su da ostali istraživani čimbenici značajno utječu na nicanje mračnjaka. Optimalna temperatura za nicanje mračnjaka je 35°C kad je i utvrđeno najbolje nicanje. Nicanje mračnjaka značajno se smanjuje kad je koncentracija NaCl u tlu iznad 250 mM.

Tijekom ovog istraživanja na lokaciji Maksimir, istraživanja vrijednosti ukupnog nicanja nisu prelazile vrijednosti od 70,5%. Budući da je pokus odvijan u poljskim uvjetima (gdje se ne mogu kontrolirati uvjeti) ne može se sa sigurnošću tvrditi zašto nicanje nije bilo veće. Stvaranje pokorice, promjenjive temperature, dormantnost sjemena i kompeticija s bankom sjemena ostalih korovnih vrsta u tlu samo su neki od razloga koji su mogli utjecati na slabiji ponik.

Unatoč navedenom dobiveni podaci o nicanju pokazali su tendenciju opadanja s porastom dubine u tlu. Sjeme mračnjaka najbolje je nicalo s plićih površinskih slojeva (3 cm), dok je najslabije ukupno nicanje bilo na najvećoj dubini (9 cm). Iako je najslabije nicanje bilo na dubini od 9 cm (oko 10%), rezultati pokazuju mogućnosti nicanja mračnjaka i s većih dubina. Preporuka za neko od slijedećih istraživanje je evenutalno uvođenje još jednu dubine sjetve (12 cm ili dublje) da bi se pratilo do koje dubine sjeme mračnjaka je sposobno ponići.

6. Zaključci

Na osnovu dvogodišnjeg (2014. i 2015.) poljskog utvrđivanja utjecaja dubine sjetve na nicanje mračnjaka na lokaciji Maksimir u Zagrebu može se zaključiti:

1.) Suma toplinskih jedinica potrebna za nicanje mračnjaka iznosi oko 198˚C i nije se razlikovala u odnosu na godinu istraživanja. U prvoj godini za akumulaciju STJ je trebalo 13 dana, a u drugoj 8 dana nakon sjetve
2.) Ukupno nicanje mračnjaka znatno se razlikovalo u ovisno o godini istraživanja. U 2014. ukupno nicanje iznosilo je 33%, a u 2015. 48,3%
3.) Dubina položenog sjemena u tlu znatno utječe na ukupno nicanje mračnjaka. U obje godine istraživanja najveća ukupna klijavost utvrđena je pri najplićoj sjetvi (3 cm), 47% u 2014. te 70,5% u 2015.
4.) Nicanje mračnjaka pri većim dubinama (6 i 9 cm) znatno je ovisilo o vegetacijskoj godini. U 2014. godini utvrđena je statistički opravdana razlika u nicanju mračnjaka s 6 cm (naturalno sjeme 31%, skarificirano sjeme 40%) i 9 cm (naturalno sjeme 9%, skarificirano sjeme 16,5%). U 2015. godini nije utvrđena statistički značajna razlika između 6 i 9 cm dubine ovisno o tretiranju sjemena

7. Popis literature

1. Alm, D. M., Stoller, E. W., Wax, L. M. (1993). An index model for predicting seed germination and emergence rates. Weed technology 7:560-569
2. Baskin, C. C. i Baskin, J. M. (1998). Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego. Academic Press.
3. Baskin, C. C., Baskin, J. M., Li, X. (2000). Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds. Plant species biology 15:139-152
4. Benech-Arnold, R. L., Sanchez, R. A., Forcella, F., Kruk, B. C., Ghersa, C. M. (2000). Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. Field Crops Research 67:105-1225.
5. Bengough, A. G. i Mullins, C. E. (1991). Penetrometer resistance, root penetration resistance and root elongation rate in two sandy loam soils. Plant and Soil 131:59-66
6. Benvenuti, S. (2003). Soil texture involvement in germination and emergence of buried weed seeds. Agron. J. 95:191–198
7. Benvenuti, S., Macchia, M., Miele, S. (2001). Quantitative analysis of emergence of seedlings from buried weed seeds with increasing soil depth. Weed Science 49:528-535
8. Bewley, J. D. (1997). Seed germination and dormancy. The plant cell 9:1055-1066
9. Bewley, J. D. i Black, M. (1982). Physiology and biochemistry of seeds in relation togermination: Volume 2: Viability, dormancy, and environmental control. Springer Science & Business Media
10. Bhowmik, P. C. (1997). Weed biology: importance to weed management. Weed Science 45:349-356
11. Booth, D. B., Murphy, S. D., Swanton, C. J. (2010). Invasive plant ecology in natural and agricultural systems. Second edition. Wallingford, UK: CAB International, pp 214
12. Boršić, I., Milović, M., Dujmović, I., Bogdanović, S., Cigić, P., Rešetnik, I., Nikolić, T., Mitić, B. (2008). Preliminary check-list of invasive alien plant species (IAS) in Croatia. Natura Croatica 17:55-71
13. Bradbeer, J. W. (2013). Seed dormancy and germination. Springer Science & Business Media
14. Buhler, D. D. i Daniel, T. C. (1988). Influence of tillage systems on giant foxtail, *Setaria faberi* and velvetleaf, *Abutilon theophrasti*, density and control in corn, *Zea mays*. Weed Science 36:642-647

15. Buhler, D. D. i Hartzler, R. G. (2001). Emergence and persistence of seed of velvetleaf, common waterhemp, woolly cupgrass and giant foxtail. Weed Science 49:230-235

16. Buhler, D. D. i Mester, T. C. (1991). Effects of soil temperature, seed depth and cyanazine on giant foxtail (*Setaria faberi*) and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) seedling development. Weed Science, 39:204-209

17. Burnside, O. C., Fenster, C. R., Evetts, L. L., Mumm, R. F. (1981). Germination of exhumed weed seed in Nebraska. Weed Science 29:577-586

18. Cardina, J., Regnier, E., Sparrow, D. (1995). Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) competition and economic thresholds in conventional and no-tillage corn (*Zea mays*). Weed science, 43:83-87

19. Cardina, J. i Sparrow, D. H. (1997). Temporal changes in velvetleaf (Abutilon theophrasti) seed dormancy. Weed Science, 45:61-66

20. Directive 2009/128/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticides. Off. J. Eur. Union 309:71–86

21. Dyer, W. E. (1995). Exploiting weed seed dormancy and germination requirements through agronomic practices. Weed science 43:498-503

22. Finch - Savage, W. E. i Leubner – Metzger, G. (2006). Seed dormancy and the control of germination. New Phytologist 171:501-523

23. Flegar, Z. i Novak, N. (2005). Europski mračnjak (Abutilon theophrasti Med.). Zavod za zaštitu bilja u poljoprivredi i šumarstvu Republike Hrvatske. ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva Republike Hrvatske, Zagreb

24. Forcella, F., Wilson, R. G., Dekker, J., Kremer, R. J., Cardina, J., Anderson, R. L., Alm, D., Renner, K. A., Gordon Harvey, R., Clay, S., Buhler, D. D. (1997). Weed seed bank emergence across the Corn Belt. Weed Science 45:67-76

25. Forcella, F., Benech-Arnold, R. L., Sanchez, R., Ghersa, C. M. (2000). Modeling seedling emergence. Field Crops Research 67:123-139

26. Grubišić, D. (2001). Istraživanje entomofaune korovne vrste *Abutilon theophrasti* Med. Magistarski rad. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.

27. Grundy, A. C., Mead, A., Burston, S. (2003). Modelling the emergence response of weed seeds to burial depth: interactions with seed density, weight and shape. Journal of Applied Ecology 40: 757–770

28. Hall, J. C., van Eerd, L. L., Miller, S. D., Owen, M. D. K., Prather, T. S., Shaner, D. L., Singh, M., Vaughn, K. C., Weller, S. C. (2000). Future research directions for weed science. Weed Technology 14:647–658

29. Herr, D. E. i Stroube, E. W. (1970). Velvetleaf control as influenced by herbicide placement and seed depth. Weed Science 18:459-461

30. Holm, R. E. (1972). Volatile metabolites controlling germination in buried weed seeds. Plant phisiology 50:293-297

31. Horowitz, M. i Taylorson, R. B. (1984). Hardseededness and germinability of velvetleaf (Abutilon theophrasti) as affected by temperature and moisture. Weed Science 32:111-115

32. Hulina, N. (1998). Korovi, Školska knjiga, Zagreb

33. Karkanis, A., Bilalis, D., Efthimiadou, A. (2011). Architectural plasticity, photosynthesis and growth responses of velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medicus) plants to water stress in a semi-arid environment. Australian Journal of Crop Science 5(4):369-374

34. Khedir, K. D. i Roeth, F. W. (1981). Velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Med.) seed populations in six continuous - corn (Zea mays) fields. Weed Science 29:485-490

35. Koger, C. H., Reddy, K. N., Poston, D. H. (2004). Factors affecting seed germination, seedling emergence, and survival of texas weed (Caperonia palustris). Weed Science 52:989-995

36. Konstantinović, B., Meseldžija, M., Korać, M., Mandić, N. (2011). Horizontal and vertical seed distribution under different field crops. Herbologia, 12(1):167-171

37. Kropff, M. J. (1988). Modelling the efects of weeds on crop production. Weed Research 28:465-471

38. LaCroix, L. J. i Staniforth, D. W. (1964). Seed dormancy in velvetleaf. Weeds 12:171-174.

39. Lafond, G. P. i Baker, R. J. (1986). Effects of temperature, moisture stress, and seed size on germination of nine spring wheat cultivars. Crop Science 26:563-567

40. Loddo, D., Sousa, E., Masin, R., Calha, I., Zanin, G.,Fernandez-Quintanilla, C., Dorado,J. (2013). Estimation and comparison of base temperatures for germination of European Populations of Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) and jimsonweed (*Datura stramonium*). Weed Science, 61: 443–451.

41. Lueschen, W. E. i Andersen, R. N. (1980). Longevity of velvetleaf (Abutilon theophrasti) seeds in soil under agricultural practices. Weed Science, 28:341-346.

42. Magosso, D. (2013). Study of germination parameters of summer weeds: transferability of AlertInf model to Croatia

43. 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

44. Masin, R., Loddo, D., Benvenuti, S., Otto, S. i Zanin, G. (2012). Modeling Weed Emergence in Italian Maize Fields. Weed Science 60:254–259

45. Mayer, A. M. i Poljakoff – Mayber, A. (1982). The germination of seeds – third edition. Pergamon press

46. Mennan, H. i Ngouajio, M. (2006). Seasonal cycles in germination and seedling emergence of summer and winter populations of catchweed bedstraw (Galium aparine) and wild mustard (Brassica kaber). Weed Science 54:114-120.

47. Milberg, P., Andersson, L., Thompson, K. (2000) Large-seeded species are less dependent on light for germination than small-seeded ones. Seed Science Research 10:99–104

48. Myers, W.M., Curran, W. S., VanGessel, M. J., Calvin, D. D., Mortensen, D. A., Majek, B. A., Karsten, H. D., Roth, G. W. (2004). Predicting weed emergence for eight annual species in the northeastern United States. Weed Science 52:913-919

49. Obajgor, T. (2013). Buđenje sjemena mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Med.) iz stanja dormantnosti, diplomski rad

50. Ostojić, Z. (2010). Naši napasni korovi-Mračnjak-sjemenke žive i do 50 godina. Gospodarski list 168:24-24

51. Pareja, M. R. (1984). Seed-soil microsite characteristics in relation to weed seed germination. Phd thesis. Iowa State University

52. Plodinec, M., Šćepanović, M., Barić, K., Jareš, D. (2015). Inter-populacijska varijabilnost u nicanju korovne vrste *Abutilon theophrasti* Med. Agronomski glasnik 1-2/2015

53. Rakoš, V. (2013). Nicanje dormantnog sjemena korova – mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Med.) pri različitim dubinama u tlu. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.

54. Recasens, J., Calvet, V., Cirujeda, A., Conesa, J. A. (2005). Phenological and demographic behaviour of an exotic invasive weed in agroecosystems. Biological Invasions 7:17–27

55. Roberts, E. H. (1972). Viability of seeds. Springer Science & Business Media

56. Sadeghloo, A., Asghari, J., Ghaderi-Far, F. (2013). Seed germination and seedling emergence of velvetleaf (Abutilon theophrasti) and barnyardgrass (Echinochloa crus-galli). Planta Daninha 31:259-266

57. Sattin, M., Zanin, G., Berti, A. (1992). Case history for weed competition/population ecology: velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) in corn (*Zea mays*). Weed technology 6:213-219

58. Simpson, G. M. (1990). Seed dormancy in grasses. New York: Cambridge University Press, 297 p

59. Stegink, S. J. i Spencer, N. R. (1988). Using protein electrophoresis to investigate the phylogeny of velvetleaf (Abutilon theophrasti). Weed Science 36:172-175

60. Sterling, T. M. i Putnam, A. R. (1987). Possible role of glandular trichome exudates in interference by velvetleaf (Abutilon theophrasti). Weed Science 35:308-314.

61. Stewart Jr., C. N., Tranel, P. J., Horvath, D. P., Anderson, J. V., Rieseberg, L. H., Westwood, J. H., Mallory-Smith, C. A., Zapiola, M. L., Dlugosch, K. M. (2009). Evolution of weediness and invasiveness: Charting the course for weed genomics. Weed Science 57:451–462

62. Stoller, E. W. i Wax, L. M. (1973). Periodicity of germination and emergence of some annual weeds. Weed Science 21:574-580

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. Šoštarčić, V. (2015). Biološki parametri toploljubivih korovnih vrsta: transfer AlertInf modela iz Italije u Hrvatsku, Sveučilište u Zagrebu, Rektorova nagrada.

65. Takač, I. (2014). Utvrđivanje banke sjemena korova metodom praćenja dinamike nicanja. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.

66. Warwick, S. I. i Black, L. D. (1988). The biology of canadian weeds – Abutilon theophrasti. Can. J. Plant Sci. 68:1069-1085

67. Webster, T. M., Cardina, J., Norquay, H. M. (1998). Tillage and seed depth effects on velvetleaf (Abutilon theophrasti) emergence. Weed Science 46:76-82

68. Van der Weide, R. Y. (1993.) Population dynamics and population control of Galium aparine L. PhD Thesis, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.

69. Vleeshouwers, L. M. (1997a). Modelling the effect of temperature, soil penetration resistance, burial depth and seed weight on pre-emergence growth of weeds. Annals of botany 79:553-563

70. Vleeshouwers, L. M. (1997b). Modelling weed emergence patterns. PhD thesis. Wageningen agricultural university.

71. Vleeshouwers, L. M. i Kropf, M. J. (2000). Modelling field emergence patterns in arable weeds. New Phytol 148:445-457

72. Vuković, N., Miletić, M., Milović, M., Jelaska, S. D. (2014). Grime's CSR strategies of the invasive plants in Croatia. Periodicum biologorum 116:323-329

73. Zanin, G. i Sattin M. (1988). Threshold level and seed production of velvetleaf (Abutilon theophrasti Medikus) in maize. Weed Research 28:347-352

1. Državni hidrometeorološki zavod: http://klima.hr/agro.php?id=agro_temp **Pristupljeno 23.09.2016.**

2. https://extension.umaine.edu/highmoor/blog/tag/pest-management/?tpl=textonly **Pristupljeno 23.09.2016.**

3. https://webapps2.cfans.umn.edu/herbarium/Detail.aspx?SpCode=1&LimitKeyword= **Pristupljeno 23.09.2016.**

4.https://www.amazon.com/Velvetleaf-Buttonweed-Pie-maker-Growing-Annual-30/dp/B00W2X3V7W?ie=UTF8&*Version*=1&*entries*=0 – izvor slika 4 **Pristupljeno 23.09.2016.**

5. http://hirc.botanic.hr/ **Pristupljeno 23.09.2016.**