

Uticaj spoljašnjih faktora na mirovanje i klijanje semena korovskih biljaka

*Sava Vrbničanin, Markola Saulić, Dragana Božić, Zorica Jovanović, Aleksandra Savić

Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemnajina 6, 11080 Beograd-Zemun

*e-mail: sava@agrif.bg.ac.rs

REZIME

U radu su prikazana dva osnovna biološka procesa semena, mirovanje (dormantnost) i klijanje. Mirovanje semena se može okarakterisati kao osnov njegovog preživljavanja, održavanja i širenja u agroekosistemu, dok klijanje predstavlja početnu etapu razvoja biljke. Na osnovu rezultata istraživanja velikog broja istraživača u radu je posebno ukazano na ponašanje semena korovskih biljaka pri uticaju najvažnijih faktora spoljašnje sredine (voda, temperatura, svetlost, zemljište), kao i zakonitosti koji vladaju u ovim procesima. Poznavanjem rezervi semena korovskih biljaka u zemljištu i njihovih biološko-ekoloških osobina, moguće je predvideti kada i koliko semena će klijati u određenim klimatskih i zemljišnim uslovima. Odnosno, može se napraviti model za procenu pojave korova i njihovog efikasnog suzbijanja u određenom usevu, kao i procena potencijala invazivnosti neke korovske vrste.

Ključne reči: seme korova, mirovanje, klijanje, spoljašnji faktori

UVOD

Nekadašnji umereno kontinentalni klimat Srbije iz godine u godinu se preobražava u sve ekstremnije vidove kolebanja niskih zimskih temperatura, učestalije poplave, izuzetna suva i topla leta, kao i suve jeseni. Agronomi imaju zadatak da prilagode biljnu proizvodnju oscilacijama spoljašnjih faktora sredine. Jedan od problema sa kojim se suočavaju su agresivne i invazivne korovske vrste koje se, zahvaljujući svojim biološko-ekološkim osobinama semena (neravnomernost sazrevanja, periodičnost klijanja i pojava ponika, dugovečnost, životna sposobnost i mirovanje), prilagođavaju sezonskim i godišnjim promenama.

Smatra se da je nekoliko uslova potrebno da bi se klijanje semena korovskih biljaka odvijalo u pravo vreme i na pravom mestu. Ponekad su ovi zahtevi ispunjeni odmah nakon što majčinska biljka baci seme (Fenner i Thompson, 2004) tj. dok je seme još u fazi fizičke zrelosti. Međutim, u većini situacija iako su ispunjeni svi neophodni uslovi životne sredine za klijanje seme mora da bude i fiziološki zrelo tj. da bude sposobno da klija tek posle izvesnog perioda mirovanja (Janjić i Kojić, 2003). Mirovanje (dormantnost) predstavlja biološko prilagođavanje kojim se sprečava prevremeno nicanje semena u nepogodno doba godine (Kastori, 1984). Jedan od razloga za nedostatak klijanja semena može biti osobina samog semena, dok drugi vrlo značajni su faktori životne sredine (Baskin i Baskin, 2001). Kada se stvore povoljni uslovi mirovanje se prekida, odnosno u zreлом semenu dolazi do aktiviranja niza reakcija i procesa koji za rezultat imaju pojave klice na površini semena, odnosno klijanje. Svaka biljna vrsta za klijanje zahteva specifične spoljašne uslove, uključujući vlažnost zemljišta, temperaturu, dostupnost kiseonika, prisustvo i odsustvo svetlosti, mikrobiološku aktivnost i sadržaj nitrata u zemljištu. Spoljašnji faktori mogu da utiču na odstranjivanje ili indukciju mirovanja, kao i na stimulisanje klijanja semena (Janjić i sar., 2003). Mnoga istraživanja iz oblasti mirovanja i klijanja su usmerana na utvrđivanju spoznaje zakonitosti u ovim procesi, kao i uticaju činioca spoljašnje sredine, koji se iz godine u godinu menjaju, kako bi se moglo prognozirati kada i pod kojim uslovima će semena korovskih vrsta klijeti, a samim tim predvideti i mere za njihovo suzbijanje.

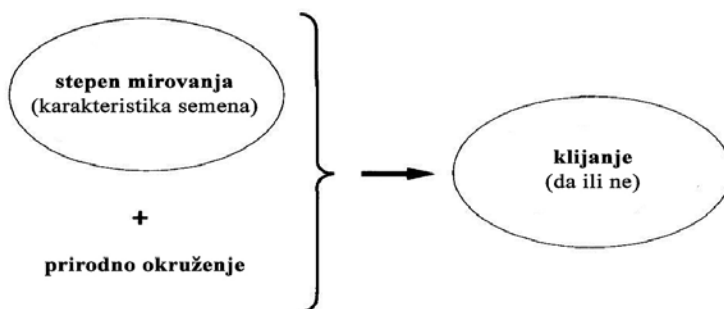
MIROVANJE I KLIJANJE SEMENA

Smatra se da prvi zapisi o mirovanju i neujednačenom klijanju datiraju još od 2000. godina BC, kada je grčki filozof Theofrast zapisao svoje viđenje ovog fenomena na ovaj način: „Još jedna stvar koja pravi razliku u brzini kojom seme klija je njegova starost, kod nekih biljaka ona dolazi ako je seme sveže a kod nekih mnogo brže ako je seme starije” (Probert, 2000). Uprkos tome što u poslednjoj deceniji postoji mnogo bolja integracija poljskih i laboratorijskih oglada, ne postoji ni jedna jedinstvena definicija mirovanja (Bewley, 1997). I dalje se mirovanje smatra jednim od najstarijih neshvaćenih fenomena u području biologije semena (Finch-Savage i Leubner-Metzger, 2006). Murdoch i Ellis (2000) definišu mirovanje u smislu ne klijanja semena, dok po mišljenju Vleeshouwers i saradnika (1995) ova pojava bi trebala da se zove „nemogućnost klijanja“ a ne „uspavanost semena“. Fenner i Thompson (2005) smatraju da mirovanje ne bi trebalo poistoveti sa nedostatkom klijanja, već kao uslov da bi došlo do klijanja, dok Bewley (1997) postavlja pitanje da li mirovanje predstavlja odsustvo nekog ćelijskog procesa u toku klijanja ili je to samo neki spontani događaj koji prethodi klijanju. Možda je razlog za različito definisanje mirovanja, odnosno različitog shvatanja između mirovanja i postojanosti semena u zemljištu (Finch-Savage i Leubner-Metzger, 2006) to što se mirovanje nejednako manifestuje kod različitih vrsta (Bewley, 1997).

Mirovanje semena može da se posmatra kao „blokada” do okončanja klijavosti kod životno sposobnog semena pod povoljnim uslovima. Ova blokada je evoluirala kod vrsta u zavisnosti od okruženja (Finch-Savage i Leubner-Metzger, 2006). „Uspavano seme“ je ono koje nema kapacitet da klija u određenom vremenskom periodu u svim kombinacijama normalnih fizičkih čionioaca životne sredine (temperatura, svetlo, mrak, voda) koje su inače povoljni za njegovu klijavost, odnosno, nakon što seme postane nedormantno (Baskin i Baskin, 2004). Ponekad se tvrdi da je primarna funkcija dormantnosti semena sprečavanje klijanja tokom perioda koje je nepovoljno za klijanje. Ključna funkcija mirovanja bi moglo biti sprečavanje klijanja kada su pogodni uslovi za klijanje jer je verovatnoća preživljavanja i rast klijanca niska (Fenner i Thompson, 2005). Odmah nakon sazrevanja na majčinskoj biljci seme će biti u fazi **primarnog mirovanja** (Bewley i Black, 1982), dok stečeno mirovanje u nekom vremenu posle sazrevanja i opadanja sa majčinske biljke, je u stvari **sekundarno mirovanja** (Egley i Duke, 1985). Takvo mirovanje se može gubiti i ponovo vraćati iz sezone u sezonu dok uslovi ne budu adekvatni za klijanje (Finch-Savage i Leubner-Metzger 2006). Klijanje semena je veoma važna faza u životnom ciklusu semena, jer je to početna etapa razvoja biljke. Sam proces klijanja semena podrazumeva četiri podfaze: usvajanje vode, formiranje (aktiviranje) enzimskih sistema, započinjanje rasta i na kraju rast i razvoj ponika (Bewley, 1997; cit. ISTA, 2006).

ČINIOCI KOJI UTIČU NA MIROVANJE I KLIJANJE SEMENA

Klijanje semena korovskih kao i drugih biljaka zavisi od unutrašnjih (endogenih) i spoljašnjih (egzogenih) faktora. **Unutrašnji faktori** su vezani za osobine same biljke ili neke biološke faktore, dok su **spoljašnji faktori** veoma značajni za klijanje semena. Činioci mogu delovati pojedinačno, dok sa druge strane delovanje svakog od njih zavisi od istovremenog delovanja

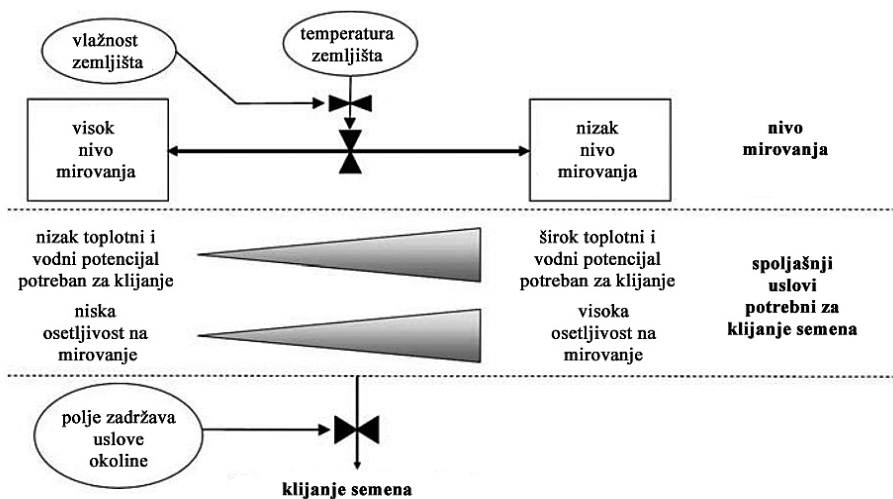


Shema 1. Šematski prikaz interakcije osobine semena i okruženja u procesu klijanja (Vleeshouwers i sar., 1995)

ostalih faktora zajedno (Janjić i Kojić, 2003). Murdoch i Ellis (1992) smatraju da interakcije genetičkih i fizioloških karakteristika, kao i njihove interakcije sa faktorima spoljašnje sredine, mogu prekinuti mirovanje semena ili delovati stimulatивно na proces klijanja (Shema 1). Sva semena iste vrste koja se nalazi u zemljištu neće u isto vreme klijati, već se taj proces odvija sukcesivno. Ovo je od značaja jer kada bi svo seme korova klijalo iz zemljišta u isto vreme, svi ponici/odrasle biljke bi jednim potezom mogle biti uništene, a ovako se neprekidno javljaju i problem njihovog suzbijanja se komplikuje (Janjić i sar, 2003).

Mirovanje semena se može prikazati kao stepen mirovanja i može varirati na skali između maksimalne i minimalne tačke (Battla i Benech-Arnold, 2010; cit. Battla i sar. 2004). Stepen mirovanja je visok ako seme ne može da klija pri bilo kojoj temperaturi i vodnom potencijalu (apsolutno mirovanje), ili ako može da klija u uskom opsegu temperature i vodnog potencijala i pokazuje nisku osetljivost na svetlost i promene temperatura. Obrnuto, stepen mirovanja je nizak ako seme može klijati u širokom opsegu temperature ili vodnog potencijala i ima visoku osetljivost na svetlost ili promene temperature (Shema 2).

Klijanje semena će nastupiti kada se ispune svi ekološki uslovi neohodni za klijanje, što će zauzvrat zavisiti i od mirovanja i rezervi semena u zemljištu. Jedan od bitnih faktora je i okruženje pod kojim se seme razvija na majčinskoj biljci (Fenner i Thompson, 2005). Najvažniji uslovi sredine od kojih zavisi klijanje semena su: voda, temperatura, kiseonik, svetlost, soli (Finch-Savage i Leubner-Metzger, 2006), dubina semena u zemljištu, osobine zemljišta (Bewley, 1997; cit. Gorai i Neffati, 2007), prisustvo inhibitora klijanja u semenu (Taiz i Zeiger, 1998) itd. Bilo koji



Shema 2. Najvažniji faktori životne sredine koji regulišu nivo mirovanja i promene u ekološkim faktorima koji utiču na klijanje i rezerve semena u zemljištu (Battla i Benech-Arnold, 2010).

faktor koji menja uslove neophodne za klijanje po definiciji utiče i na mirovanje, odnosno, kad seme ne zahteva specifične uslove znači da je nedormantno. Za prekidanje primarnog mirovanja u laboratorijskim uslovima koriste se isti uslovi kao i u polju (hladna i topla stratifikacija, svetlost, giberelini i drugi hormoni, dimne supstance kao što su butenolidi i jedinjenja kao što je azot-oksidi) (Finch-Savage i Leubner-Metzger, 2006).

VODA

Voda je prvi i osnovni uslov i bez nje ne može doći do klijanja semena (Ujević i Kovačević, 1972). Usvajanjem vode dolazi do bubrenja semena i na taj način se prevazilazi prva, mehanička prepreka za kretanje i rast klice (Kastori, 1984). Stopa usvajanja vode je kontrolisana propustljivošću semenjače, tj. površinom kontakta između semena i supstata i relativnom razlikom u vodnom potencijalu između semena i vode u zemljištu (Fenner i Thompson, 2005; cit. Bradford, 1995). Voda je potrebna za sve fizičko-hemijske procese koji se događaju u semenu, aktivaciju enzima u procesu klijanja semena. Takođe, voda ispira i inhibitore klijanja i skraćuje period mirovanja semena (Kastori, 1984). Stepen bubrenja zavisi od ravnoteže između zemljišnog vodnog potencijala i vodnog potencijala semena. Zemljišni potencijal uglavnom zavisi od matriks potencijala, dok sva tri faktora ($\Psi\tau$ -matriks potencijal, $\Psi\pi$ -osmotski potencijal, Ψ_w -vodni potencijal) čine vodni potencijal semena (Egley i Duke, 1985). Smatra se da je optimalna vlažnost za klijanje semena 50-60%, da je bubrenje semena reverzibilan proces, a da početnim rastom klice počinje ireverzibilan proces. Veoma je bitno da u ovom periodu ne dođe do dehidracije kako se ne bi iniciralo trajno oštećenje klice. Mnoga semena mogu biti životna sposobna sa veoma malo sadržaja vlage (Fenner i Thompson, 2005). U vezi stim Mudroch i Ellis (2000) dele semena na takozvana „orthodox” koja mogu da se osuše na -350 MPa u suvim skladištima, dok takozvana „recalcitrant” („neposlušna semena“) zahtevaju visok nivo vlage (ekvivalentno -1,5 MPa do -5 MPa) da bi sačuvali svoju vitalnost. Pored toga što za svaku biljnu vrstu postoji kritična količina vode potrebna za održavanje životne sposobnosti njenog semena, tako se smatra da svaka vrsta ima i uslov za kritičan sadržaj vode (vodni potencijal) potreban za klijanje. Tako npr. vrsta *Rumex crispus* L. može da klija kada je vodni potencijal ispod -1,5 MPa (Fenner i Thompson, 2005).

TEMPERATURA

Temperatura ima veliki značaj za klijanje semena jer direkto utiče na intenzitet i brzinu fizičko-biohemijskih procesa u semenu, kako u fazi mirovanja, tako i u toku njegovog klijanja (Janjić i Kojić, 2003). Postoje tri zasebna fiziološka procesa u semenu koja zavise od temperature. Temperatura zajedno sa vlagom utiče na: (i) stopu propadanja semena, (ii) stopu mirovanja u suvom semenu i uzrok promene ove osobine u vlažnom semenu, i (iii) u nedormantnom se-

menu temperatura odeđuje brzinu klijanja semena. Uglavnom se mirovanje ispituje kod divljih vrsta i koorvskih biljaka koje su poznate po ovoj osobini, ali svakako je neophodno proučavati uticaj temperature na stopu klijanja kod nedormantnog semena (Probert, 2000; cit. Roberts, 1998). Klasifikaciju zasnovanu na povezanosti mirovanja i temperature predložio je Vegis (1964) i prema njemu semena se na osnovu mirovanja mogu razvrstati u tri kategorije: nedormantno (klija 100% na svim temperaturama), termički dormantno (klija 0-100% na niskim, ali ne na visokim temperaturama) i dormantno (ne klija ni na jednoj temperaturi dok se mirovanje ne prekine) (Božić i sar., 2013). Ako se želi predvideti mirovanje rezerve semena u zemljištu trebalo bi da se uspostavi kvantitivan odnos između temperature zemljišta i zahteva populacije semena za klijanje (Battla i Benech-Arnold, 2010). Ako se seme određeno vreme u dovoljno vlažnom stanju izloži dejstvu nižih temperatura dolazi do imitiranja prirodnih uslova koje seme ima u zemljištu. Ovaj proces se naziva stratifikacija, kada dolazi do povećanja intenziteta disanja, smanjenja sadržaja inhibitora a povećanja sadržaj aktivatora (giberlina), kao i niza drugih reakcija što dovodi do skraćivanja perioda mirovanja (Kastori, 1984). Visoke temperature tokom sazrevanja semena obično smanjuje njegovo mirovanje (Murdoch i Ellis, 2000).

Kod letnjih jednogodišnjih vrsta niske temperature na vlažno seme deluju tako što prekidaju mirovanje, kada dolazi do stratifikacije, dok visoke temperature indukuju mirovanje semena (Battla i Benech-Arnold, 2010). Tako, seme pelenaste ambrozije (*Ambrosia artemisiifolia* L.) kao letnje jednogodišnje vrste u prirodnim uslovima tokom zime preživljava hladne periode u vlažnim uslovima (tj. prolazi kroz fazu stratifikacije) koji izaziva raskidanje primarnog mirovanja i klijanje tokom proleća. Semena koja ne klijaju u proleće ulaze u sekundarno mirovanje i ne mogu da klijaju sve dok ponovo sledeće zime ne prožive stratifikaciju (Jovanović i sar., 2007; cit. Baskin i Baskin, 1997). Semena ambrozije mogu da prođu ovaj proces više puta, odnosno i do 40 sezona (Jovanović i sar., 2007). Kod ozimih vrsta koje klijaju u jesen, izlaganje suvog semena visokim temperaturama izaziva prekidanje (oslobađanje) mirovanja i ovo se u literaturi označava kao „dry after-ripening”, dok izlaganje niskim temperaturama indukuje mirovanje (Battla i Benech-Arnold, 2010). Vleeshouwers i saradnici (1985) navode da su istraživanja pokazala da se dormantnost velikog dvornika (*Polygonum persicaria* L.) prekida na temperaturama na kojim seme ove vrste ne bi nikad klijalo.

Za proces klijanja semena važna su tri osnovna temperaturna praga: (i) minimum- ispod kojeg se proces klijanja prekida, (ii) optimum – gde ovaj proces teče najpovoljnije, seme brže klija, i (iii) maksimum- iznad koga se ovaj proces prekida (Kastori, 1984). Saulić i saradnici (2014) su ispitivali uticaj temperature, u opsegu od 10-35°C, na klijanje semena četiri korovske vrste *Ambrosia artemisiifolia* L., *Xanthium strumarium* L., *Avena fatua* L. i *Helianthus annuus* L. i pri tome utvrdili da je *A. fatua* imala najbolju klijavost u datom temperaturnom opsegu, što je i razumljivo jer je divlji ovlas segetalni korov strnih žita, tj. klija kad i pešenica ili rano u proleće, dok su ostale tri vrste letnji korovi.

Janjić i saradnici (2003) navode da neka korovska semena klijaju u širokom rasponu temperature (euritermne vrste). Uticaj temperature na klijanje može se posmatrati kroz uticaj konstantne i promenljive temperature, odnosno, kod mnogih vrsta klijanje je smanjeno ili se ne javlja pri konstantnim temperaturama (Fenner i Thompson, 2005). Ispitivan je uticaj promenljivih temperatura na klijavost semena 112 korovskih vrsta pri čemu je uočeno postojanje stimulativnog efekta temperaturnih promena na 46 ispitivanih vrsta (npr. *P. persicaria* L., *Linaria vulgaris* L., *Juncus articulatus* L., *Lycopus europaeus* L. i dr.) (Božić i sar., 2013; cit. Thompson i Grime, 1983). Božić i Vrbničanin (2008) su potvrdili da semena određenih vrsta (*Abutilon theophrasti* L. i *Datura stramonium* L.) neće uvek klijati na temperaturama na kojima se očekuje njihovo klijanje jer jedan od razloga može biti i starost semena, odnosno mirovanje semena, kao i prethodno izlaganje semena stratifikaciji. U laboratorijskim uslovima Sarić i saradnici (2011) su došli do saznanja da temperatura generalno utiče na klijavost vrste *Cuscuta campestris* Yunk. i da je mirovanje ove vrste uzazvano tvrdom semenjačom. Uticaj temperature zavisio je i od uslova pod kojima je seme čuvano pre ispitivanja, odnosno da li je prethodno bilo izlagano stratifikaciji (4°C) i skarifikaciji sumpornom kiselinom (Sarić-Krsmanović i sar. 2013). Od velikog značaja je i praćenje ekologije semena invazivnih vrsta (*Avena fatua* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Xanthium strumarium* L.) kao i uticaj temperatura na njihovo klijanje, kako bi se moglo predvideti njihovo širenje (Ristić i sar., 2008, Sarić i sar., 2012).

SVETLOST

Jedan od činioca koji utiče na prekid mirovanja semena je svetlost (Kastori, 1984) i ona može imati stimulativni ili inhibitorski efekat na klijanje kod mnogih korovskih semena (Janjić i sar., 2003). Vleeshouwers i saradnici (1995) smatraju da svetlost stimuliše klijanje semena i ona je glavni ekološki faktor za prelazak iz primarnog u sekundarno mirovanje (Janjić i sar., 2003; cit. Sauer i Strauk, 1964). Tako je utvrđeno da su semenu ambrozije za izlaženje iz primarnog u sekundarno mirovanje potrebni slični temperaturni i svetlosni uslovi i da se pri tim uslovima semena slično ponašaju na svetlu i u mraku. Proces uspostavljanja sekundarnog mirovanja se odvija u dve faze. U prvoj fazi, semena koja su u mraku izložena ranim prolećnim temperaturama dovoljnim za klijanje na svetlosti, ali ne i u mraku, ulaze u fazu delimičnog mirovanja, kada za klijanje postaje neophodna svetlost. Ukoliko takva semena dospeju na svetlost ona će klijati, ali ako i dalje ostanu u mraku (semena koja su u zemlji) ona će ući u drugu fazu, tj. u stanje potpunog mirovanja iz kog mogu izaći samo posle stratifikacije tokom sledeće zime (Janjić i sar., 2007; cit. Baskin i Baskin, 1980). Osim toga, ako je seme na površini zemljišta stepen osenčenosti može biti odlučujući. Količina svetlosti blizu površine zemljišta se rapidno smanjuje sa porastom dubine, odnosno merljive količine svetlosti retko prodiru više od nekoliko milimetara u dubinu zemljišta (Fenner i Thompson, 2005).

U odnosu na svetlost semena mogu biti: (i) heliofiti - klijaju samo na svetlosti ili koja uspešno klijaju na svetlosti, i (ii) heliofobi- bolje ili jedino klijaju u mraku (Janjić i Kojić, 2003). Osobina semena da se ponaša kao heliofit ili heliofob vrlo često zavisi od ostalih faktora spoljne sredine tj. temperature i osobina zemljišta. Semena koja reaguju na dejstvo svetlosti su fotoblastična, dok ona koja ne reaguju su nefotoblastična (Kastori, 1984). Tako, svetlost većih talasnih dužina (crvena (647 nm), narandžasta (586 nm) i žuta (535 nm)) pospešuje klijanje, dok one kratke talasne dužine (zelena (492 nm), plava (422 nm) i ljubičasta (390 nm)) usporavaju klijanje (Ujević i Kovačević, 1972). U nekim sličajevima dužina dana igra veliku ulogu u određivanju vremena klijanja (Fenner i Thompson, 2005, cit. Denmore, 1997). Ispitivanja klijavosti štira (*Amaranthus retroflexus* L.) pokazala su da je klijanje semena zavisilo od dužine trajanja i intenziteta svetlosti (Kastori, 1984). Seme štira najbolje klija na temperaturama 23-27°C, dok pri nižim temperaturama seme bolje klija u mraku nego na svetlosti, pa je potrebno ovo seme prekriti tankim slojem zemljišta da bi klijalo (Janjić i Kojić, 2003). Nekad semena neće ispoljiti očekivanu klijavost iako su optimalni temperaturni uslovi, iz razloga što seme klija u mraku (Božić i sar., 2013).

Takođe, često se ispituje uticaj kombinacija dva ili više faktora na klijanje semena korova zato što u prirodnim uslovima upravo na klijanje semena deluju u sadejstvu više faktora. Olivieri i Jain (1978) su ispitali uticaj dve vrste svetlosti, crvene i tamne crvene na klijanje korovskog i divljeg suncokreta na dve različite temperature, 10°C i 20°C. Rezultati tih istraživanja su pokazala da je kod obe vrste *Helianthus bolanderi* Gray i *Helianthus exilis* Gray najveći procenat iskljalih semena bio pri dejstvu kombinacije crvene svetlosti i temperature od 10°C, a najmanji na 20°C pri tamno crvenoj svetlosti.

ZEMLJIŠTE

Zemljište je složen fizički, hemijski i biološki supstrat. To je heterogen material koji sadrži čvrstu, tečnu i gasovitu fazu (Taiz i Zeiger, 1998). Zemljište predstavlja fizički medijum u kome većina semena može da klija. Dokazano je da semena korova intenzivnije klijaju na manjim dubinama, zato što se sa povećanjem dubine zemljišta menja njegova struktura, temperatura, vlažnost, kiselost, sadržaj pojedinih mineralnih i organskih materija, aeracija, mikrobiološka aktivnost i sve što direktno ili indirektno utiče na klijanje semena (Janjić i Kojić, 2003).

Jedan od ključnih aspekata zemljišta, kao faktora koji utiče na klijavost, je i njegov hemijski sastav dok povećan sadržaj organskih komponenti može delovati pozitivno na klijanje (Fenner i Thompson, 2005). Isti autori navode slučajeve da žetveni ostaci inhibiraju klijanje semena usled alelopatskih odnosa biljnih ekstrakta na seme gajenih biljaka, kao i da semena nekih parazitskih biljaka (*Striga hermonthica* (Delile) Benth.) mogu klijati usled stimulativnog delovanja korena njihovog domaćina (žitarice).

Takođe, zaslanjenost zemljišta je jedan od čestih faktora koji ograničava klijanje semena. Imajući u vidu da je voda presudan faktor za započinjanje procesa klijanja semena, može se reći da je glavni negativni efekat povećane zaslanjenosti na klijanje otežano usvajanje vode (Jovičić i sar., 2011). Kod halofita (biljke slanih staništa), kao i kod biljaka koje ne podnose povećane koncentracije soli, salanitet smanjuje apsolutni broj iskljicalih semena i odlaže inicijaciju klijanja. Đukić i sar. (2010) su ispitivali uticaj različitih koncentracija NaCl na klijanje semena bagremca (*Amorpha fruticosa* L.). Koncentracija od 3000 ppm NaCl inhibira klijanje bagremca, tj. u tim uslovima nije došlo do klijanja, dok koncentracije od 700 i 400 ppm NaCl su redukovale nivoe svih ispitivanih parametara klijanja.

Nitrati (NO_3^-) su najvažniji neorganski joni prisutni u zemljištu i zajedno sa amonijumovim jonima (NH_4^+) predstavljaju glavni izvor azota za biljke. Dugo je poznato da nitrati stimulišu klijanje, pogotovo kod korovskih vrsta. Odgovor na nitrate može se tumačiti kroz prekidanje mirovanja, odnosno izazivanje klijanja (Fenner i Thompson, 2005). Klijanje nekih vrsta semena, posebno trava, je brže i potpunije ako se supstrat navlaži rastvorom nitrata (0,1-0,2% KNO_3), odstrane plevice i ako je ceo proces izložen delovanju svetlosti (Ujević i Kovačević, 1972). Ovo je veoma važno kod kompetitivne interakcije između gajenih i korovskih biljaka kada u uslovima dobre bezbednosti zemljišta nitratima korovske biljke imaju brži inicijalni razvoj i time potiskuju gajenu biljku tokom rasta i razvika.

Koncentracija kiseonika i ugljen-dioksida u zemljištu se može znatno razlikovati od one u atmosferi. To zavisi od biloške aktivnosti u zemljištu, naročito od mikroorganizama i korena biljaka. Kretanje gasova kroz zemljište se vrši difuzijom (Fenner i Thompson, 2005). Seme diše i u fazi mirovanja, dok se u fazi klijanja disanje ubrzava jer se kiseonik troši za ovaj proces. Smanjen nivo kiseonika može da indukuje mirovanje kod nekih vrsta (*Veronica persica* Poir.) (Ujević i Kovačević, 1972). Sadržaj ugljendioksida varira sa dubinom i često je u zavisnosti od mikrobiološke aktivnosti, vlažnosti, temperature i organske materije u zemljištu (Fenner i Thompson, 2005). Koncentracija ugljendoksida između 2-5% stimulise klijanje semena nekih vrsta, dok iznad 5% kod mnogih vrsta inhibira klijanje (Baskin i Baskin, 1998; cit. Fenner i Thompson, 2005).

Od velikog značaja je i uticaj mikroorganizama (PGPR- Planth Growth Promoting Rhizobacteria) na klijanje semena i rast klijanaca korovskih biljaka (Vrbničanin i sar., 2008a). Sarić i Božić (2009) su ispitivali efekat različitih bakterijskih kultura na klijanje semena viline kosice (*C. campestris* Yunck.) i lucerke (*Medicago sativa* L.) koja je najčešći domaćin ove parazitske cvetnice. Bakterijske kulture roda *Bacillus* (*B. licheniformis*, *B. pumilus*, *B. amyloliquefaciens*, *B. megatherium*) su ispoljile različit inhibitoryni efekat na klijanje semena dok nasuprot tome, bakterijska kultura *A. chroococcum* je stimulatивно delovala na klijanje semena obe vrste. Prilikom isitivanja uticaja PGPR (dve populacije *Bacillus licheniformis*, *B. subtilis*, *B. megatherium*) na klijanje semena korovskih vrsta, najveći procenat klijanja (100%) u svim tretmanima zabeleženo

no je kod semena *Verbascum thapsus* L. (Božić i sar., 2014), dok su različite varijante delovanja bakterija pokazale različite rezultate (stimulativne ili inhibitorne) na klijanje semena *Datura stramonium* L., *Abutilon theophrasti* L., i *Onopordon acanthium* L., ovisno o vrsti medija i korova (Vrbničanin i sar., 2008a). Vrbničanin i sar. (2011a) su takođe radili ispraživanje sa nekoliko PGPR mikroorganizama, i zaključili da na vrstu *Amrbsia artemisiifolia* L. inhibitorni efekat na klijanje imaju *Pseudomonas fluorescens* i *Bacillus licheniformis*, dok su stimulativni efekat pokazali *Azotobacter chroococcum* i *Bacillus pumilus*, dok je vrsta *Iva xanthifolia* L., pokazala visoku klijavosti u svim tretmanima bakterijskih kultura (Vrbničanin i sar., 2011b). Na klijanje *C. campestris* bakterije roda *Bacillus* su pokazale inhibitorni efekat (22,8%-100% inhibicija) (Sarić i sar., 2009). Korovske vrste imaju različiti nivo klijavosti pri uticaju različitih tretmana zemljišnih bakterija, što je i dokazano na vrstama *Amaranthus retroflexus* L., *Iva xanthifolia* L. i *Sorghum halepense* L. gde je *A. retroflexus* L. generalno ispoljio najbolju klijavost u svim varijantama (Vrbničanin i sar., 2008b). Primenom zemljišnih mikroorganizama koji deluju stimulativno na klijanje semena korovskih biljaka može se pospešiti uniformnije klijanje i nicanje korova gde bi narednom agrotehničkom ili hemijskom merom isti mogli biti uništeni. S druge strane, PGPR koje deluju inhibitorno na klijanje semena korovskih biljaka mogu da se iskoriste kao direktna mera u smanjenju zakorovljenosti određenog useva.

Takođe, dokazano je da etarska ulja mogu imati inhibitorni efekat na klijanje semena korovskih vrsta. Matković i saradnici (2014) su ispitivali uticaj etarskih ulja vrsta *Origanum vulgare* L., *Anethum graveolens* L., *Juniperus communis* L., *Salvia officinalis* L. i *Satureja montana* L. na klijanje ambrozije. Ovim istraživanjem je dokazano da etarska ulja svih vrsta osim *Satureja montana* L. su inhibitorno delovala na klijanje semena ambrozije. Uticaj klimatskih i zemljišnih činilaca može se razmatrati pojedinačno, ali pošto oni ne deluju sami za sebe već u kombinaciji jedni sa drugima, tj. u vrlo uskoj interakciji logično je da se prilikom istraživanja uzmu u obzir više faktora i posmatra njihovo zajedničko dejstvo na klijanje semena korovskih kao i drugih biljaka

Dakle, za prognozu pojave korova pored poznavanja fenologije vrste veoma važno je i poznavati interakciju faktora koji mogu dovesti do masovnijeg klijanje i nicanje korova ili obrnuto, do stopiranja pojave vrsta u određenim agroekološkim uslovima a sve u cilju preduzimanja pravovremenih mera za njihovo suzbijanje.

LITERATURA

- Baskin, C.C., Baskin, J.M.:** Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press, San Diego, 666 pp., 2001.
- Baskin, J.M., Baskin, C.C.:** A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 14, 1–16, 2004.
- Baskin, C.C., Baskin, J.M.:** Role of temperature and light in the germination ecology of buried seeds of *Potentilla recta*. *Ann. Appl. Biol.*, 117, 611–616, 2010.
- Batlla, D., Benech-Arnold, R.:** Predicting changes in dormancy level in natural seed soil banks. *Plant Mol Biol.*, 73, 3–13, 2010.
- Bewley, J.D.:** Seed Germination and Dormancy. *The Plant Cell*, 9, 1055–1066, 1997.
- Bewley, J. D., Black, M.:** Physiology and Biochemistry of seeds in relation to germination. Viability, Dormancy and Environmental control, Springer-Verlag, New York, 2, 375, 1982.
- Božić, D., Vrbničanin, S.:** Uticaj temperature na klijanje semena *Abutilon theophrasti* Medik. i *Datura stramonium* L. IX Savetovanje o zaštiti bilja, Zbornik rezimea, 47–48, 2008.
- Božić, D., Vrbničanin, S., Pavlović, D., Anđelković, A., Sarić-Krsmanović, M.:** Uticaj različitih temperature na klijanje semena *Avena fatua* L. i *Ambrosia artemisiifolia* L. *Zaštita bilja*, 64 (3), No 285, 154–161, 2013.
- Božić, D., Jovanović, Lj., Raičević, V., Pavlović, D., Sarić-Krsmanović, M., Vrbničanin, S.:** The effect of plant growth promoting rhizobacteria on *Datura stramonium* L., *Abutilon theophrasti* Med., *Onopordon acanthium* L. and *Verbascum thapsus* L. seed germination. *Pestic. Phytomed.*, 29(3), 205–212, 2014.
- Đukić, M., Đunisijević Bojović, D., Grbić, M., Skočajić, D., Lalićević, M.: Uticaj NaCl i skarifikacije na klijanje semena bagremca. *Acta herbologica*, 19, No.2. 71–80, 2010.
- Egley, G. H., Duke, S. O.:** Physiology of weed seed and germination. In Duke, S.O. (Ed.), *Weed Physiology*, Volume 1, Reproduction and Ecophysiology. Boca Raton, Florida, Chapter 2, 27–64, 1985.
- Fenner, M., Thompson, K.:** The ecology of seeds. Cambridge University Press, 260 pp, 2005.
- Finch-Savage, W.E., Leubner-Metzger, G.:** Seed dormancy and the control of germination. *Journal compilation*, *New Phytologist*, 171, 501–523, 2006.
- Janjić, V., Vrbničanin, S., Jovanović, Lj., Jovanović, V.:** Osnovne karakteristike semena korovskih biljaka. *Acta herbologica*, 12, No. 1–2, 1–16, 2003.
- Janjić, V., Kojić, M.:** Atlas travnih korova. Beograd, 2003.
- Jovanović, V., Janjić, V., Nikolić, B.:** Seme ambrozije, *Ambrozija* (ed. Janjić, V., Vrbničanin, S.), *Herbološko društvo*, Beograd, 95–102, 2007.
- Jovičić, D., Nikolić, Z., Petrović, D., Ignjatov, M., Tački-Ajduković, K., Tatić, M.:** Uticaj abiotičkih faktora na klijanje i klijavost semena. *Zbornik referata sa 45. Savetovanja agronoma Srbije*, 2011.
- Kastori, R.:** Fiziologija semena. Matica srpska. Odeljenje za prirodne nauke, 1984.
- Matković, A., Božić, D., Vrbničanin, S., Marković, T.:** Effect of Essential Oils on Germinated Seeds of Ragweed. 8th International Conference on Biological Invasions“ NEOBOTA. Antalya (Turkey), Book of Abstracts, 182–183, 2014.
- Murdoch, A. J., Ellis, R. H.:** Dorancy, viability and longevity. In: Fenner, m. (Ed.), *Seeds: The Ecology of Regeneration and Plant Communities*. (2ed), pp. 183–214. CAB International, Wallingford, Oxon UK.

- Olivieri, A. M., Jain, S. K.:** Effects of Temperature and Light Variations on Seed Germination in Sunflower (*Helianthus*) Species. *Weed Science*, 26, No. 3, 277-280, 1978.
- Probert, R. J.:** The Role of Temperature in the Regulation of Seed Dormancy and Germination. In: Fenner, M. (Ed.), *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*, Seed Conservation Department, Royal Botanic Gardens, Kew, Wakehurst Place, Ardingly, West Sussex, (2 ed), 261-292, 2000.
- Ristić, B., Božić, D., Pavlović, D., Vrbničanin, S.:** Klijavost semena ambrozije pri različitim uslovima svetlosti i temperature. *Acta biologica Jugoslavica: Serija G: Acta herbologica*, 17(1), 175-181, 2008.
- Sarić, M., Vrbničanin, S., Božić, D., Raičević, V.:** Effect of plant growth-promoting rhizobacteria on the germination of *Cuscuta campestris* Yunck. 10th World Congress on Parasitic Plants. Proceedings. Kusadasi-Turkey, pp. 73, 2009.
- Sarić, M. i Božić, D.:** Uticaj zemljišnih bakterija na klijanje semena viline kosice (*Cuscuta campestris* Yunck.) i lucerke. *Zaštita bilja*, 60, 227-236, 2009.
- Sarić, M., Božić, D., Elezović, I., Vrbničanin, S. :** Klijanje semena viline kosice (*Cuscuta campestris* Yunk.) na različitim temperaturama. XI savetovanje o zaštiti bilja. Zbornik rezimea radova, 119-120, 2011.
- Sarić, M., Božić, D., Pavlović, D., Elezović, I., Vrbničanin, S.:** Temperature effects on common cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) seed germination. *Romanian Agricultural Research*, 29, 389-39, 2012.
- Sarić-Krsmanović, M., Božić, D., Pavlović, D., Rađivojević, Lj., Vrbničanin, S.:** Uticaj temperature na klijanje semena *Cuscuta campestris* Yunk. *Pesticidi i fitomedicina*, 28, br. 3, 187-193, 2013.
- Saulić, M., Stojićević, D., Božić, D., Vrbničanin S.:** The influence of temperature on germination of ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.), wild oat (*Avena fatua* L.), common cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) and weedy sunflower (*Helianthus annuus* L.). VII congress on plant protection, Book of abstracts, 287-288, 2014.
- Taiz, L., Zeiger, E.:** *Plant physiology*. 2nd edition. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 1998.
- Ujević, A., Kovačević, J.:** Ispitivanje sjemena. Zavod za ispitivanje sjemena, Zagreb, 1972.
- Vleeshouwers, L.M., Bouwmeester, H.J., Karssen, C.M.:** Redefining seed dormancy: an attempt to integrate physiology and ecology. *Journal of Ecology*, 83, 1031-103, 1995.
- Vrbničanin, S., Jovanovic, Lj., Božić, D., Pavlović, D., Raicevic, V.:** Effect growth-promoting bacteria on germination of *Datura stramonium* L., *Abutilon theophrasti* Medik., *Onopordon acanthium* L. and *Verbascum thapsus* L. 5th IWSC, CD Abstracts, Vancouver, Canada, p 127, 2008a.
- Vrbničanin, S., Jovanović, J., Božić, D., Raičević, V., Pavlović, D.:** Germination of *Iva xanthifolia*, *Amaranthus retroflexus* and *Sorghum halepense* under media with microorganisms. *Journal of Plant Diseases and Protection*, Eugen Ulmer KG, Stuttgart, Special Issue XXI, 297-302, 2008b.
- Vrbničanin, S., Božić, D., Sarić, M., Pavlović, D., Raičević, V.:** Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on *Ambrosia artemisiifolia* L. Seed Germination. *Pestic. Phytomed.*, 26(2), 141-146, 2011a.
- Vrbničanin, S., Božić, D., Sarić, M., Pavlović, D., Raicevic, V., Jovanovic, Lj.:** Effect of plant growth promoting rhizobacteria on *Iva xanthifolia* and *Ambrosia artemisiifolia* seed germination. 3th International Symposium on Weeds and invasion plants. Ascona, Switzerland, p.117, 2011b.

Influence of environmental factors on dormancy and germination of weed species

SUMMARY

This work presents two basic biological processes of seed dormancy and germination. Seed dormancy can be characterized as a basic for survival maintenance and expansion in agroecosystem, while, germination is the initial stage of plant development. Based on the research results of a large number of researchers, the work especially shows the behavior of weed seeds in the influence of the most important environmental factors (water, temperature, light, soil), as well as the laws that govern these processes. Knowing reserves of weed seeds in the soil and their biological and ecological characteristics it is possible to predict when and how many seeds will germinate under certain climatic and soil conditions. A model for the evaluation of the appearance of weed plants and their effectiveness in suppression of a given crop can be made, as well as an assessment on the potential invasiveness of certain weed species.

Keywords: weed seeds, dormancy, germination, environmental factors