

## Efekat vodenog ekstrakta dima na klijanje semena salate (*Lactuca sativa*) i dve sorte endivije (*Cichorium endivia*)

---

*Cilj ovog rada je bio da se ispita efekat vodenog ekstrakta dima na klijanje salate (Lactuca sativa, sorta majska kraljica) i dve sorte endivije (Cichorium endivia, sorta žuta i zelena). Vodeni ekstrakt dima menja dinamiku klijanja semena salate i dve sorte endivije tako što pomera vreme dostizanja maksimuma. Najizraženija promena dinamike klijanja je zabeležena kod endivije žute. Vodeni ekstrakt dima ima inhibitorno dejstvo na klijanje semena sve tri ispitivane sorte. Najniži stepen inhibicije kod sve tri ispitivane sorte zabeležen je prilikom primene 0.03% vodenog ekstrakta dima. Tamnocrvena svetlost potpuno inhibira klijanje semena sve tri ispitivane vrste. Fuzikokcin prevazilazi efekat tamnocrvene svetlosti na klijanje semena i snažno stimuliše klijanje semena kod sve tri ispitivane sorte. Takođe, giberelini stimulišu klijanje semena kod sve tri ispitivane sorte, ali upola efektivnije od fuzikokcina. Koncentracije vodenog ekstrakta dima od 0.03% i 0.1% prevazilaze efekat tamnocrvene svetlosti na klijanje semena i stimulišu klijanje semena.*

---

### Uvod

Klijanje je deo kompleksnog procesa rasta klice semena. Klijanje je veoma osetljiv proces i na njega utiču različiti unutrašnji i spoljašnji faktori. Od unutrašnjih faktora značajno je pomenuti endogenu ritmičnost, fazu razvića, mirovanje semena, dok se spoljašnji činioci mogu podeliti na neophodne uslove za klijanje kao što su vlaga, temperatura i kiseonik, i na dodatne faktore koji su uslov klijanja onih semena koja ne kličaju kada im se obezbede

neophodni uslovi (dormantna semena). U dodatne faktore, između ostalih, spadaju i svetlost i niska temperatura (Sarić i sar. 1991).

Semena kojima je neophodna svetlost za klijanje nazivaju se pozitivno-fotoblastična semena. Pojava fotoblastičnosti objašnjava se prisustvom fitohroma koji apsorbuje svetlost kao signal promene i preko lanca prenosa signala dovodi do različitih fizioloških odgovora koji određuju morfogenezu kod biljaka. Fitohrom je pigment koji ima dve forme. To su inaktivna forma fitohroma (R<sub>660</sub>), koja ima maksimum apsorpcije na 660 nm, i aktivna forma fitohroma (R<sub>730</sub>), koji ima maksimum apsorpcije na 730 nm. Dve navedene forme fitohroma su interkonvertibilne, tj. u zavisnosti od toga koju talasnu dužinu svetlosti apsorbuju mogu da prelaze iz aktivne u neaktivnu formu i obrnuto. Kada R<sub>660</sub> apsorbuje svetlost talasne dužine 660 nm (svetlocrvena svetlost), prelazi u aktivnu formu i posle toga sledi fiziološki odgovor, a kada R<sub>730</sub> apsorbuje svetlost talasne dužine 730 nm (tamnocrvena svetlost), prelazi u neaktivnu formu R<sub>660</sub> i fiziološki odgovor izostaje (Sarić i sar. 1991).

Biljni hormoni giberelini mogu da zamene zahtev pozitivno-fotoblastičnih semena za svetlošću. Lona je još pre četrdeset godina pokazao da egzogeni giberelini stimulišu klijanje salate, što ukazuje na to da je u prirodnim uslovima klijanja sinteza endogenih giberelina jedan od koraka u lancu prenosa signala koji predstavlja svetlost. U semenu salate giberelini stimulišu rast embriona, prevazilaze inhibiciju izazvanu abscisinskom kiselinom iz perikarpa i indukuju biohemijske i strukturne promene u endospermu. Pored giberelina, fuzikokcin je jedan od stimulatora klijanja i agenasa koji prekidaju dormanciju semena. Fuzikokcin podstiče klijanje tako što imitira efekat giberelina, ali je mnogo efikasniji od njih. Pretpostavlja se da fuzikokcin u klijanju podstiče rad protonskih ATP-aza (Simonović i sar. 2000).

---

*Nemanja Marjanović (1987), Indija, Karadžorđeva 35a/5, učenik 4. razreda Gimnazije u Indiji*

**MENTOR:**  
*dr Ivana Dragičević, Institut za biološka istraživanja "Siniša Stanković", Beograd*

Primećeno je da klijanje semena nekih vrsta zavisi od dima nastalog u prirodnim požarima. U ekosistemima Afrike i Australije požari su indukovali naglo bujanje i rast vegetacije u kratkom periodu. De Lang (De Lange) i Boher (Boucher) su 1990. godine prvi ukazali na uticaj dima na klijanje semena. Posle toga je pokazan uticaj dima na klijanje semena kod mnogih biljnih vrsta za čije se klijanje nije znalo da je potreban dim (Todorović i sar. 2005). Sporo sagorevanje suvih ili svežih biljnih materijala proizvodi jedinjenja rastvorna u vodi koja stimulišu klijanje kod velikog broja različitih semena. Dim je sam po sebi smeša velikog broja jedinjenja. Ne zna se tačno koja jedinjenja iz dima imaju stimulatorni efekat, a koja imaju inhibitorni efekat i kakvi su količinski odnosi tih jedinjenja u dimu.

**Cilj** ovog rada je bio da se ispita efekat vodenog ekstrakta dima na klijanje salate (*Lactuca sativa* sorta majska kraljica) i dve sorte endivije (*Cichorium endivia* sorta, sorta žuta i zelena).

## Materijal i metode

U ovom radu su korišćena semena salate i endivije (Agrokop, berba 2005). Za prvi eksperiment odbrojano je po 50 semena svake sorte u Petri kutije prečnika 6 cm i dodato po 2 mL destilovane vode (kontrola) ili vodenog ekstrakta dima u opsegu koncentracija od 0.03% do 3%. Rađena su tri ponavljanja za svaku koncentraciju i kontrolu. Semena su držana na sobnoj temperaturi od 24°C do 28°C, na dnevnoj svetlosti. Broj proklijalih semena je određivan na svaka 3 sata, a ceo eksperiment je trajao 96 sati. Nakon 96 sati izračunat je kumulativni efekat vodenog ekstrakta dima na klijanje semena.

Za drugi eksperiment takođe je odbrojavano po 50 semena svake sorte u Petri kutije prečnika 6 cm i dodavano je po 2 mL destilovane vode (kontrola), 3  $\mu$ M fuzikokcina, 1 mM giberelina ( $GA_3$ ) ili rastvora vodenog ekstrakta dima koncentracije 0.03% ili 0.1%. Postavljena su po 3 ponavljanja za svaku koncentraciju i kontrolu. Sve postavke bile su osvetljavane tokom 96 sati kontinualnom tamnocrvenom svetlošću. Kao izvor tamnocrvene svetlosti korišćena je sijalica sa užarenim vlaknom (60 W), koja emituje sve talasne dužine vidljive svetlosti pa i svetlost talasne dužine iznad 700 nm, i kombinacija crvenog i plavog filtra koji propuštaju samo svetlost talasne dužine veće od 660 nm (uglavnom tamnocrvena svetlost). Po isteku 96 sati

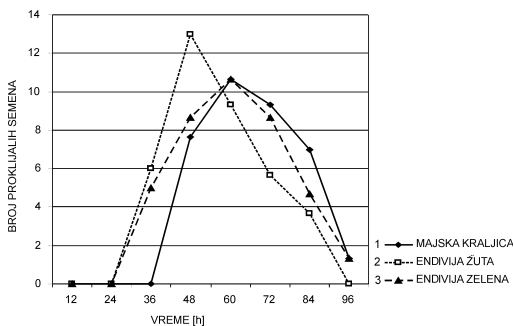
određivan je broj proklijalih semena u svim postavkama.

Rezultati dobijeni u eksperimentima su statistički obrađeni i predstavljeni grafički i tabelarno.

## Rezultati i diskusija

Sa slike 1 može se videti da krive dinamike klijanja semena u kontrolama za sve tri sorte izgledaju slično (krive sa maksimumom). Endivija zelena i salata imaju sličnu dinamiku klijanja, tj. nakon 48 sati dostižu maksimum klijanja. Endivija žuta ranije dostiže maksimum klijanja (nakon 36 sati), njen maksimum ima veću vrednost nego maksimum za endiviju zelenu i salatu. Semena obe sorte endivije počinju da klijaju nakon 24 sata, dok semena salate počinju da klijaju posle 36 sati. Takođe, nakon 84 sata semena endivije žute više ne klijaju, dok semena endivije zelene i salate i nakon 84 sata klijaju u malom broju. Verovatno da endivija žuta dostiže maksimum pre druge dve sorte, pa onda i pre završava sa klijanjem.

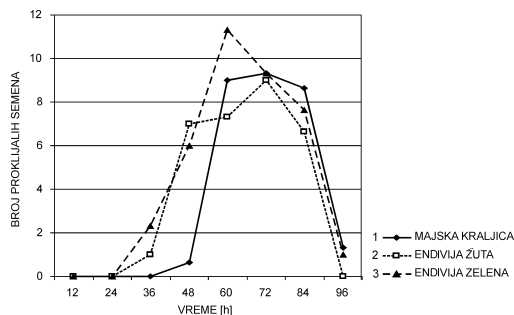
Rezultati sa slike 2 ukazuju na to da primena 0.03% vodenog ekstrakta dima menja dinamiku klijanja i semena salate i semena dve sorte endivije. Se-



Slika 1. Dinamika klijanja kontrolnih grupa semena salate i semena dve sorte endivije

Figure 1. Germination dynamics for control groups of lettuce seeds (1), yellow endivia seeds (2), and green endivia seeds (3)

mena endivije počinju da klijaju posle 24 sata, a semena salate posle 36 sati kao i u kontrolu. Primena niske koncentracije vodenog ekstrakta dima odlaže dostizanje maksimuma klijanja semena kod svih sorti. Majska kraljica i endivija žuta imaju sličnu di-



Slika 2.

Dinamika klijanja semena salate i semena dve sorte endivije tretiranih 0.03% vodenim ekstraktom dima

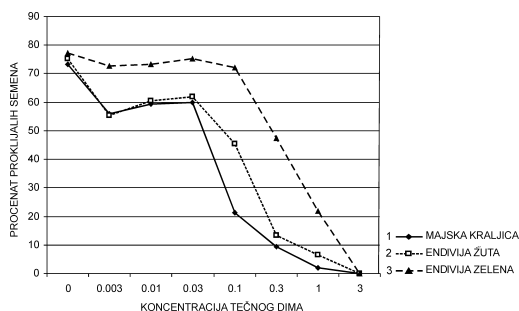
Figure 2.

Germination dynamics for seeds of lettuce (1), yellow endivia (2), and green endivia (3) treated with a 0.03% liquid smoke extract

namiku klijanja, tj. posle 60 sati dostižu maksimum klijanja, dok endivija zelena dostiže maksimum posle 48 sati. Odlaganje dostizanja maksimuma klijanja kao i smanjenje vrednosti maksimuma najuočljiviji su kod endivije žute, dok se maksimum klijanja semena endivije zelene nije bitno pomerio u odnosu na kontrolu, niti je bitno promenio vrednost pod uticajem vodenog ekstrakta dima. Semena endivije žute posle 84 sata više ne klijavu, dok semena endivije zelene i salate i posle 84 sati klijavu u malom broju kao u kontroli.

Na slici 3 je prikazan kumulativni efekat različitih koncentracija vodenog ekstrakta dima na klijanje semena salate i dve sorte endivije nakon 96 sati. Rezultati pokazuju da salata i endivija žuta slično reaguju na tretman vodenim ekstraktom dima.

Kod salate i endivije žute je već na najnižoj primenjenoj koncentraciji vodenog ekstrakta dime zabeležen značajan pad procenta proklijalih semena u odnosu na kontrolu, dok je kod endivije zelene ovaj pad mnogo manjeg intenziteta. Kod sve tri ispitivane sorte zabeležen je skoro linearan pad procenta proklijalih semena, ali se on uočava pri višim koncentracijama vodenog ekstrakta dima (0.1%) kod semena endivije zelene, nego što je slučaj kod semena endivije žute i salate (0.03%). Ovo ukazuje na to da su semena endivije zelene manje osetljiva na vodeni ekstrakt dima, nego semena endivije žute i salate. U troprocentnom rastvoru vodenog ekstrakta dima nije uočeno klijanje semena ni kod jedne sorte,



Slika 3.

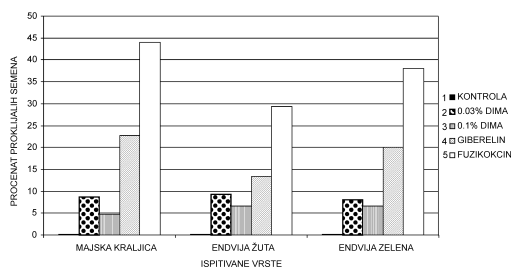
Efekat vodenog ekstrakta dima na klijanje semena salate i semena dve sorte endivije posle 96 sati

Figure 3.

Effect of liquid smoke extract on seed germination for lettuce (1), yellow endivia (2), and green endivia (3) after 96 hours

tj. ta koncentracija u potpunosti zaustavlja klijanje ispitivanih semena. Generalno kod svih vrsta primena vodenog ekstrakta dima snižava procenat proklijalih semena. Takođe, može se videti da su salata i endivija žuta osetljivije na vodeni ekstrakt dima nego endivija zelena, jer je kod njih u svim koncentracijama vodenog ekstrakta dima procenat proklijalih semena mnogo manji nego kod endivije zelene. Prema rezultatima Brauna (Brown 1999) vodeni ekstrakt dima ima stimulatorno dejstvo na mnogo vrste iz familije Asteraceae, kojoj pripadaju i ispitivane vrste u ovom radu. Inhibitorni efekat vodenog ekstrakta dima, koji je dobijen u ovom radu, može se objasniti time da je vodeni ekstrakt dima smeša i stimulatornih i inhibitornih jedinjenja i da se ne znaju tačni količinski odnosi tih jedinjenja, takođe da li dim na klijanje semena ima stimulatorni ili inhibitorni efekat zavisi od biljne vrste.

Rezultati prikazani na slici 4 ukazuju na to da tamnocrvena svetlost u kontroli kod sve tri ispitivane sorte potpuno inhibira klijanje. Kod sve tri sorte tretirane fuzikokcinom zabeleženo je prevazilaženje efekta tamnocrvene svetlosti i velika stimulacija klijanja semena. Fuzikokcin je bio najjači stimulator klijanja kod sve tri ispitivane sorte, što se slaže sa rezultatima drugih istraživača koji pokazuju da fuzikokcin prevazilazi inhibiciju klijanja izazvanu tamnocrvenom svetlošću (Simonović i sar. 2000). Posle fuzikokcina najveće dejstvo na klijanje semena tretiranih tamnocrvenom svetlošću je imao giberelin (GA<sub>3</sub>). On je imao upola efektnije dejstvo od fuzi-



Slika 4. Efekat fuzikokcina, giberelina i dve koncentracije vodenog ekstrakta dima na klijanje semena salate i endivije tretiranih kontinualnom tamnocrvenom svetlošću tokom 96 sati

Figure 4. Effect of two concentrations of liquid smoke extract (2, 3), fusicoccin (5), and gibberellin (4) on seed germination for lettuce, yellow endivia and green endivia, respectively (1 marks the control group)

kokcina kod sve tri ispitivane sorte. Ovi rezultati, koji pokazuju da giberelini imaju slabije dejstvo na klijanje semena od fuzikokcina, takođe potvrđuju rezultate drugih istraživača (Simonović i sar. 2000). Obe koncentracije vodenog ekstrakta dima (0.03% i 0.1%) su imale stimulatorno dejstvo na klijanje semena osvetljavanih kontinualnom tamnocrvenom svetlošću i prevazilazile su efekat te svetlosti. Njihovo dejstvo je bilo manje izraženo od dejstva giberelina. Koncentracija vodenog ekstrakta dima od 0.03% je imala veći efekat na prevazilaženje efekta tamnocrvene svetlosti i stimulaciju klijanja od koncentracije vodenog ekstrakta dima od 0.1%. Prevazilaženje efekta tamnocrvene svetlosti i stimulacija klijanja dobijeni tretiranjem semena vodenim ekstraktom dima ukazuju na to da dim najverovatnije ne interaguje sa bilo kojim članom iz transdukcionog lanca fitohroma i da neki sastojci vodenog ekstrakta dima imaju efekte slične efektima giberelina i fuzikokcina, ali da je način na koji deluju drugačiji od načina delovanja giberelina.

## Zaključak

Vodeni ekstrakt dima menja dinamiku klijanja semena salate i dve sorte endivije tako što pomera vreme dostizanja maksimuma. Najizraženija promena dinamike klijanja je zabeležena kod endivije žute.

Vodeni ekstrakt dima ima inhibitorno dejstvo na klijanje semena sve tri ispitivane sorte. Najniži stepen inhibicije kod sve tri sorte zabeležen je prilikom primene 0.03% vodenog ekstrakta dima

Tamnocrvena svetlost potpuno inhibira klijanje semena sve tri ispitivane vrste. Fuzikokcin prevazilazi efekat tamnocrvene svetlosti na klijanje semena i snažno stimuliše klijanje semena kod sve tri ispitivane sorte. Giberelini, takođe, stimulišu klijanje semena kod sve tri ispitivane sorte, ali upola manje efikasno od fuzikokcina. Koncentracije vodenog ekstrakta dima 0.03% i 0.1% prevazilaze efekat tamnocrvene svetlosti na klijanje semena i stimulišu klijanje semena.

## Literatura

- Brown N. A. C. 1999. The role of fire in enhancing regeneration: The cape foral region. *Plant propagation and conservation*, pp. 157-167.
- Brown N. A. C. and van Staden J. 1997. Smoke as a germination cue: a review. *Plant Growth Regulation*, **22**: 115
- Van Staden J., Brown N. A. C., Jäger A., Johnson T. A. 2000. Smoke as a germination cue. *Plant Species Biology*, **15**: 167.
- De Lange J. H. and Boucher C. 1990. Autoecological studies on *Audobia capitata* (Bruniaceae) I. Plant derived smoke as a seed germination cue. *South African Journal of Botany*, **56**: 700.
- Kastori R. 1989. *Fiziologija biljaka*. Beograd: Naučna knjiga.
- Light M. E., Van Standen J. 2004. The potential of smoke in seed technology. *South African Journal of Botany*, **70** (1): 97-101.
- Lona F. 1956. L'acido gibberellico determina la germinazione dei semi di *Lactuca scariola* in fase di scotoinibizione. *Ateno Parmense*, **27**: 641.
- Simonović A., Grubišić D., Giba Z. and Konjević R. 2000. Interaction of gibberellins and fusicoccin in growth retardant and far red light-inhibited germination in lettuce seeds. *Plant Growth Regulation*, **32**: 91.
- Sarić M., Krstić B., Stanković Ž. 1991. *Fiziologija biljaka*. Beograd: Nauka.
- Todorović S., Giba Z., Živković S. and Grubišić D. 2005. Stimulation of empress tree seed germination by liquid smoke. *Plant Growth Regulation*, **47**: 141.

Crosti R., Ladd P.G., Dixon K.W. and Piotto B. 2006. Post-fire germination: The effect of smoke on seeds of selected species from the central Mediterranean basin. *Forest Ecology and Management*, 221 (2006): 306.

---

*Nemanja Marjanović*

## The Effect of Liquid Smoke on the Germination of Lettuce (*Lactuca sativa*) and Endivia (*Cichorium intybus*) seeds

The aim of this research was to determine the effect of liquid smoke on germination of *Lactuca sativa* (lettuce) and *Cichorium endivia* (yellow and green endivia) seeds. Liquid smoke changes germination dynamics in a way of moving the time of obtaining the maximum. The greatest change occurred in yellow endivia seeds. Liquid smoke has an inhibitory effect on the germination of seeds of all investigated species. The minimal inhibition occurred with 0.03% liquid smoke treatment. The dark red light completely inhibits germination of investigated seeds. Fusicoccin and gibberellins stimulate the germination in spite of dark red light treatment, as do the 0.03% and 0.1% liquid smoke treatments. 