

## Uticaj laserskog zračenja na početni porast pšenice (*Triticum vulgare*)

---

*Razmatran je uticaj laserskog zračenja na klijanje semena pšenice. Seme je tretirano laserskim zračenjem talasne duine 632.8 nm. Varirani su intenzitet zračenja, broj tretiranja i vremenski intervali između pojedinih tretmana. Nakon tretiranja seme je u petri-kutijama stavljeno na isključavanje u termostatu na konstantnoj temperaturi od 28°C, a potom su određivani parametri: energija klijanja, klijavost, indeks klijanja, dužina klijanaca i biomase nadzemnog dela i korena. Pokušano je da se pronađe tretman za pšenicu koji će dati najpovoljnije rezultate.*

*Na energiju klijavosti, klijavost i indeks klijanja lasersko zračenje pokazuje pozitivno dejstvo sa porastom redom od 18, 19 i 21 procenata. Na dužinu klijanaca, masu korena i nadzemnog dela stimulatívno dejstvo se pokazalo samo kod nekih tretmana.*

---

### Uvod

Ranu fazu klijanja karakteriše aktivacija već postojećih enzima i razgradnja rezervnih materija, a kasniju translacija asimilata i intezivna deoba ćelija. Potrebno je istaći da određeni mehanizmi koji učestvuju u regulaciji klijanja semena još nisu dovoljno proučeni i da se tumačenje određenih procesa bazira na radnim hipotezama, koje tek treba da dobiju svoju eksperimentalnu potvrdu (Kastori 1995). Pored brojnih fizičkih činitelaca koji stimulatívno deluju na seme, kao što su ultrazvuk, električna energija ili  $\alpha$ -zračenje, u poslednje vreme se proučava lasersko zračenje.

Svetlost u nekim slučajima može da inhibira, a u drugim da stimuliše klijanje. Pretpostavlja se da u semenima kod kojih svetlost stimuliše klijanje, pod uticajem crvene svetlosti fitohrom P<sub>660</sub> prelazi u aktivan oblik P<sub>730</sub> koji stimuliše formiranje specifične supstance za klijanje. Kod semena gde svetlost inhibira klijanje, takvo seme može da klija u mraku jer ima dovoljnu količinu fitohroma P<sub>730</sub>. Uočeno je pozitivno dejstvo svetlosti većih talasnih dužina, crvene (650 nm) i narandžaste (750 nm) na seme. Svetlost kao izvor energije značajno deluje na seme i biljku sa sledećih

---

*Barbara Cokić  
(1980), Negotin,  
Veljka Vlahovića  
A2/5, učenica 4.  
razreda Gimnazije u  
Negotinu*

#### *MENTORI:*

*mr Ivana Dragičević,  
Biološki fakultet  
Beograd*

*Nebojša Bogdanović,  
Istraživačka stanica  
Petnica*

aspekata: toplotni, fotosintetski, fotomorfogenetski i to različito u zavisnosti od inteziteta, spektralnog sastava i ritmičnosti osvetljavanja (Sarić 1991).

Primena lasera u semenarstvu zasniva se na sposobnosti semena i biljaka da apsorbuju svetlost, transformišu je i dalje koriste u procesu formiranja biomase. Sam mehanizam dejstva laserske monohromatske, koherentne, crvene svetlosti bazira se na mogućnosti fotonskog “pumpanja” biljnih ćelija. Fotonskim “pumpanjem” semena povećava se bioenergetski nivo ćelija tj. povećavaju se rezerve neophodne slobodne energije u semenu.

Metoda laserske stimulacije semena ima prednost nad već poznatim metodama iz sledećih razloga:

- primena ne zavisi od vremenskih uslova (rad u zatvorenim prostorijama)
- metod nije škodljiv za seme
- efekti su uočljivi nakon relativno kratkog vremenskog perioda
- uređaj koji se koristi je portabilan, pa se može koristiti za tretiranje useva i u vreme vegetacije

Pšenica (*Triticum vulgare*) se smatra za jednu od najstarijih kultura. Danas je, pored kukuruza, najznačajnije žito sa prosečnom godišnjom proizvodnjom od 315 miliona tona (Danon 1989). Povećanje prinosa pšenice je od velikog značaja za poljoprivrednu proizvodnju i čovečanstvo uopšte. Zbog toga su neophodna brojna biofizička delovanja na seme kako bi se stimulisalo njegovo klijanje, skratio period mirovanja itd. Laserska obrada semena je samo jedna od metoda koja može naći svoju primenu u budućnosti. Od velike je važnosti naći odgovarajući tretman za svaku biljnu vrstu za šta su potrebna brojna istraživanja.

U ovom radu ispitivan je uticaj laserskog zračenja na seme pšenice. Varirani su intezitet zračenja, vremenski intervali između pojedinih tretiranja i broj tretiranja. Pokušano je da se pronađe tretman za pšenicu koji će dati najpovoljnije rezultate na klijavost i biomasu klijanca.

## Materijal i metode

Seme, sorte Pobeda, je tretirano u papirnatim kesama u grupama od po 30 semena na taj način što je kesa sa semenima izložena snopu laserske svetlosti u trajanju od 2-3 sekunde. Ispitivane su varijante sa jednim, dva ili tri propuštanja kroz snop svetlosti. Svaka od ove tri varijante realizovana za vrednosti intenziteta zračenja od 1.4 i 1.0 mW, tako da je ukupno bilo 6 različitih varijanti. Pri tome je je drugo propuštanje izvedeno 3 časa nakon prvog, a treće 24 časa posle prvog. Za svaku varijantu su određeni sledeći parametri: energija klijavosti, klijavost, indeks klijavosti, dužina klijanca, masa nadzemnog dela i masa korena. Svih 6 varijanti je ponovljeno na po tri grupe semena. Za vrednost svakog parametara uzeta je

odgovarajuća aritmetička sredina, a greška je procenjena najvećim odstupanjem od nje.

Seme je tretirano He-Ne (gasnim) laserom, talasne dužine zračenja 632.8 nm i maksimalne izlazne snage 10 mW. Korišćen je proširivač snopa da bi se povećala aktivna površina zračenja, mada je na taj način smanjena snaga zračenja po jedinici površine, odnosno po zrnu. Inteziteti zračenja su mereni meračem snage. Nakon tretiranja seme je 24 časa odležalo na suvom i tamnom mestu, s tim što su pojedini tretmani bili u različitim prostorijama, da bi se izbegao eventualni međusobni uticaj.

Istretirano seme je postavljeno u petri-kutije. Kao podloga poslužio je filter-papir i u svaku petri-kutiju stavljen je po jedan tretman (tj. 30 semena) i po 5 ml destilovane vode. Zatim su semena postavljena u termostat na konstantnoj temperaturi od 28°C. Za vreme naklijavanja semena u termostatu vršeno je povremeno dodavanje destilovane vode (2×3 ml).

Klijavost semena praćena je prvih 5 dana i na osnovu dobijenih podataka određen je indeks klijavosti po standardnoj metodi (Marinković, usmeno saopštenje). Broj iskljajalih semena nakon tri dana uzeta je za energiju klijavosti, a rezultati petog dana za klijavost.

Nakon 6 dana biljke su izvađene iz termostata, odvojene od filter-papira i postavljene na suv papir da bi se uklonila slobodna voda sa površine korena, te na taj način izbegle greške pri merenju. Zatim je odvajan nadzemni deo biljke od korena, a koren od ostatka zrna, nakon čega je izvršeno merenje dužine klijanca, kao i mase nadzemnog dela i korena.

## Rezultati i diskusija

Uticaj laserske stimulacije semena pokazuje izuzetno pozitivan uticaj na energiju klijanja pšenice (tabele 1 i slika 1A). Najbolji rezultati ostvareni su kod semena koje je dva puta tretirano laserskim zracima, gde je porast u odnosu na kontrolu 18%. U slučaju oba inteziteta, (1.4 i 1.0 mW) nešto slabiji rezultati su ostvareni kod varijanti sa tri tretiranja, a potom sa jednim tretiranjem. Bolji rezultati ostvareni su kod semena tretiranih intezitetom zračenja 1.0 mW. Porast u odnosu na kontrolu je ostvaren kod svih varijanti tretiranja i on se kretao od 9% (tretman A) do 18% (tretmani B i E).

Laserska stimulacija pokazuje pozitivan uticaj na klijavost semena (tabela 2 i slika 1B). Sve varijante tretiranja pokazale su se kao bolje od kontrolne grupe. Najbolja klijavost ostvarena je kod semena dva puta tretiranog laserskom svetlošću pri intezitetu od 1.4 mW i iznosi 96%. Porast klijavosti tretiranih semena u odnosu na kontrolu se kretao od 10% kod tretmana D do 19% kod tretmana B.

Tabela 1. Energija klijavosti

Tretman	Broj ozračivanja	Intenzitet zračenja (mW)	Energija klijavosti	Porast (%)
A	1	1.4	81 ± 4	109 ± 8
B	2	1.4	88 ± 2	118 ± 5
C	3	1.4	83	112
D	1	1.0	84 ± 4	114 ± 8
E	2	1.0	88 ± 5	118 ± 9
F	3	1.0	87 ± 7	117 ± 11
O	Kontrola		74 ± 2	

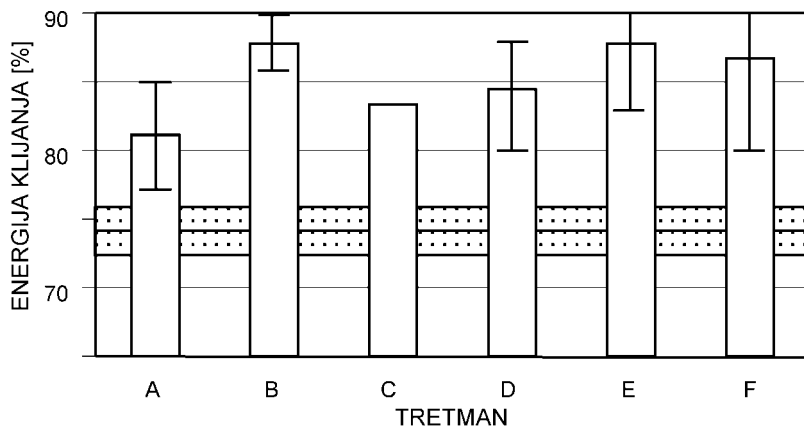
Tabela 2. Klijavost (%)

Tretman	Broj ozračivanja	Intezitet (mW)	Klijavost	Porast (%)
A	1	1.4	92 ± 4	115 ± 13
B	2	1.4	96 ± 4	119 ± 13
C	3	1.4	89 ± 6	111 ± 16
D	1	1.0	88 ± 2	110 ± 11
E	2	1.0	89 ± 6	111 ± 15
F	3	1.0	91 ± 6	114 ± 15
O	Kontrola	80 ± 7		

Najbolji indeks klijavosti se pokazao kod semena dva puta tretiranog laserskim zracima (tabela 3 i slika 1C).U odnosu na kontrolnu grupu, indeks klijavosti tretiranih semena veći je za 13 % (tretman D) do 21% (tretman B).

Tabela 3. Indeks klijavosti

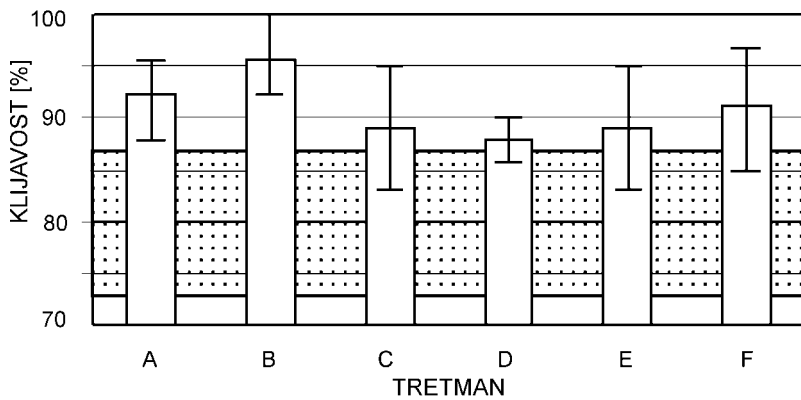
Tretman	Broj ozračivanja	Intezitet (mW)	Indeks	Porast (%)
A	1	1.4	12.4 ± 0.4	115 ± 4
B	2	1.4	13.1 ± 0.3	121 ± 3
C	3	1.4	12.4 ± 0.6	114 ± 4
D	1	1.0	12.2 ± 0.4	113 ± 3
E	2	1.0	12.8 ± 0.7	118 ± 5
F	3	1.0	12.8 ± 0.9	118 ± 7
O	Kontrola	–	10.8 ± 0.9	



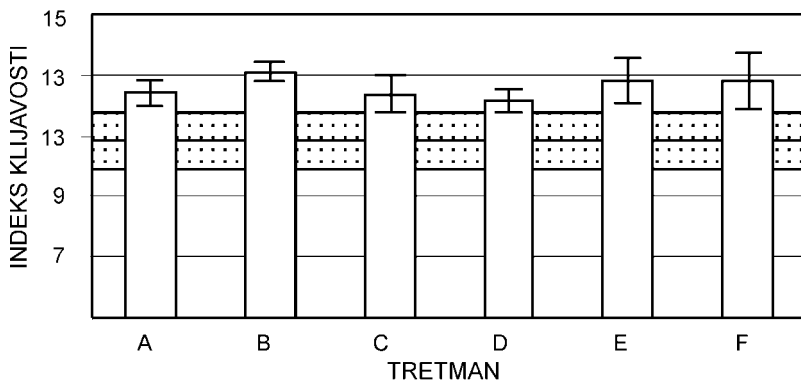
Slika 1.  
 A – energija klijavosti  
 B – klijavost  
 C – indeks klijavosti

Figure 1.  
 A – energy of germination  
 B – germination  
 C – index of germination

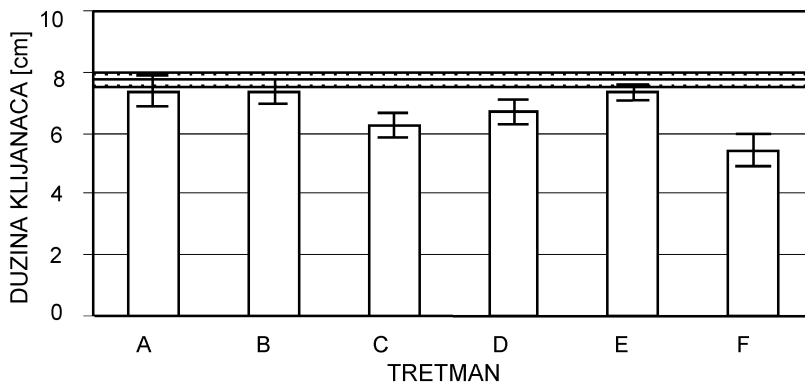
**A**



**B**

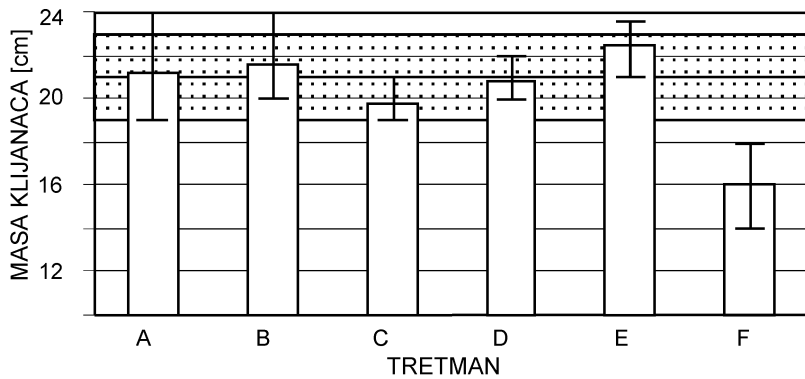


**C**

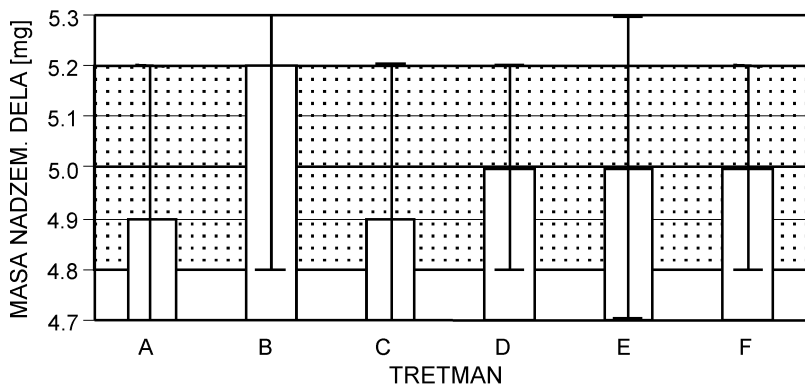


Slika 2.  
 A – dužina klijanca  
 B – masa nadzemnog dela  
 C – masa korena

Figure 2.  
 A – length of the germs  
 B – weight of the germs  
 C – weight of the roots



**B**



**C**

Uticaj laserskog zračenja na dužinu klijanaca nije se pokazao stimulativnim (tabela 4 i slika 2A). Dužina kontrolnih klijanaca bila je veća od svih varijanti tretiranih. Razlog tome može biti višestruk. Stimulativno dejstvo laserske svetlosti može posle izvesnog vremena nestati, tj. seme može istrošiti apsorbovane rezerve svetlosne energije koje potiču od laserskog zračenja. Moguće je takođe da se jedan deo svetlosti konzervira u zračenom materijalu i ispolji svoj biološki efekat tek u kasnijem razvoju biljke. Jedna od mogućnosti je i da laserska svetlost inhibira izduživanje biljke, a stimuliše samo klijanje semena. Razlog slabom rastu klijanaca može biti i druge prirode: različit raspored semena u termostatu, pojava plesni u pojedinim petri-kutijama tretiranih semena, isušenje, neke vrste zagađenja, itd.

Tabela 4. Dužina klijanaca

Tretman	Broj ozračivanja	inteziteti ( mW)	Dužina (cm)
A	1	1.4	7.3 ± 0.5
B	2	1.4	7.3 ± 0.4
C	3	1.4	6.2 ± 0.4
D	1	1.0	6.7 ± 0.4
E	2	1.0	7.3 ± 0.2
F	3	1.0	5.4 ± 0.6
O	Kontrola	7.7 ± 0.3	

Na masu nadzemnog dela lasersko zračenje ne pokazuje pozitivan uticaj (tabela 5 i slika 2B). Iako su dužine klijanaca tretiranih semena bile manje od kontrolnih, ipak su mase klijanaca približnih vrednosti. Laserska svetlost ne podstiče izduživanje klijanaca, ali pospešuje njihovu masu, tj. klijanci tretiranih semena bili su snažni i masivni.

Tabela 5. Masa nadzemnog dela

Tretman	Broj ozračivanja	inteziteti (mW)	Masa (mg)	Porast (%)
A	1	1.4	21 ± 3	–
B	2	1.4	22 ± 2	105 ± 19
C	3	1.4	20 ± 1	–
D	1	1.0	21 ± 1	–
E	2	1.0	22 ± 1	105 ± 14
F	3	1.0	16 ± 2	–
O	Kontrola	21 ± 2		

Ponovo su najbolji rezultati ostvareni kod semena dva puta tretiranog laserskim zračenjem. Najveći porast u odnosu na kontrolu dobijen je kod semena dva puta tretiranog intezitetom od 1.0 mW i on iznosi 5%. Porast je zapažen i kod semena dva puta tretiranog intezitetom 1.5 mW. U svim drugim slučajevima, kod kontrole su ostvareni bolji rezultati.

Mase korena kontrolnih i tretiranih semena su takođe ujednačene (tabela 6 i slika 2C). Najveću masu korena imala su semena dva puta tretirana intezitetom od 1.4 mW, pojedini tretmani su bili isti kao kontrola, a negde se pokazalo depresivno dejstvo laserske svetlosti.

Tabela 6. Masa korena

Tretman	Broj ozračivanja	Intezitet (mW)	Masa (mg)	Porast (%)
A	1	1.4	4.9 ± 0.3	–
B	2	1.4	5.2 ± 0.4	104 ± 11
C	3	1.4	4.9 ± 0.3	–
D	1	1.0	5.0 ± 0.2	–
E	2	1.0	5.0 ± 0.2	–
F	3	1.0	5.0 ± 0.3	–
O	Kontrola	5.0 ± 0.2		

## Zaključak

Na osnovu iznetih rezultata mogu se doneti sledeći zaključci:

- Na energiju klijavosti laserska stimulacija semena je uticala pozitivno. Najbolji rezultati ostvareni su kod semena dva puta tretiranog laserskim zračenjem i porast u odnosu na kontrolu iznosi 18%
- Na klijavost semena laserska svetlost je ostvarila pozitivan uticaj kod svih tretmana. Najbolji efekat ostvaren je kod semena dva puta tretiranog intezitetom zračenja 1.4 mW, gde porast u odnosu na kontrolu iznosi 19%
- U skladu sa rezultatima dobijenih za energiju klijavosti i klijavost semena, indeks klijavosti je takođe bolji kod tretiranih semena. Maksimalni porast je zabeležen kod dva puta tretiranog semena intezitetom 1.4 mW i on iznosi 21%
- Na dužinu klijanaca laserska svetlost nema pozitivan uticaj. Kontrola je bila bolja od svih tretmana
- Na masu nadzemnog dela i korena lasersko zračenje pokazuje pozitivne rezultate samo kod semena dva puta tretiranog laserskim zracima



Cilj rada bio je da ispita uticaj delovanja laserskog zračenja na seme. Ukoliko bi se pokazalo pozitivno dejstvo, cilj je da se pronađe optimalan tretman za pšenicu tj. tretman koji će dovesti do boljeg porasta klijanaca, a kasnije i do većih prinosa pšenice. U ispitivanju uticaja laserskog zračenja na energiju klijavosti, klijavost i indeks klijavosti semena ostvareni su statistički značajni rezultati. Rezultati svih ostalih ispitivanih parametara se nalaze u granicama ostvarene greške. Najuspešnijim se pokazao tretman koji podrazumeva izlaganje semena laserskim zracima dva puta, ali se ne može sa sigurnošću zaključiti da je to optimalan tretman za pšenicu. Dakle, u radu je pokazano dejstvo laserskog zračenja na seme pšenice i delimično pokazano da je to dejstvo pozitivno što otvara mogućnost primene ove metode u pretsetvenoj obradi semena. Za dalje razumevanje mehanizma dejstva laserskog zračenja na seme neophodna su dalja istraživanja.

---

## Literatura

- Danon J. 1989. *Hranljivo, lekovito, otrovno i začinsko bilje*. Beograd: Naučna Knjiga
- Jeremić M. 1987. *Savremena biofizika*. Beograd: Naučna Knjiga
- Kastori R. 1984. *Fiziologija biljaka*. Novi Sad: Matica srpska
- Vučelić D. 1987. *Savremena biofizika*. Beograd: Naučna Knjiga
- Vučić V. 1984. *Fizika II*. Beograd: Naučna Knjiga

---

*Barbara Cokić*

### Impact of laser radiation seed treatment on initial growth stage of wheat (*Triticum vulgare*)

In the last time, studying of biophysical phenomenon and processes of living beings is a science field which the scientists are very interested in. Beside many physical factors that stimulate processes in seed, like ultrasound, electric energy or  $\gamma$ -radiation, in the last time, laser radiation has been studied.

The impact of laser radiation on germination of wheat was established in this work. During the searching there were more kinds of treatments: seeds were treated different times, with different intensities and with different interval between treatments. The final aim is to find optimal treatment for wheat, that will give positive results.

The seeds were treated by gas He-Ne laser with wavelength of 632.8 nm. During the treating, the seeds were in paper bags, that were permeated through beam of laser's radiation. After that, the seeds were placed into petri-boxes and put into thermostat on constant temperature of 28°C to germinate.

Laser's radiation shows positive purchase on energy of germination, germination and index of germination with a growth of 18, 19 and 21 percent, respectively. On length and weigth of germ, laser's radiation shows stimulate effection only in the cases of some treatments.

