

## UTJECAJ TEMPERATURE NA KLIJAVOST SJEMENA ZRNATIH MAHUNARKI

Iva ROJNICA<sup>1</sup>, Dijana HORVAT<sup>1</sup>, J. HARAMIJA<sup>2</sup>, Monika KRIŽ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Visoko gospodarsko učilište u Križevcima  
*Križevci College of Agriculture*

<sup>2</sup>Hrvatsko agronomsko društvo  
*Croatian Society of Agronomists*

### SAŽETAK

Kvaliteta sjemena od presudnog je značaja za poljoprivrednu proizvodnju. Osnovni pokazatelji kvalitete sjemena su vlaga, masa 1000 sjemenki, čistoća, energija klijanja, klijavost i zdravstveno stanje. Energija klijanja i klijavost sjemena ispituju se prema točno propisanoj metodici ovisno o biljnoj vrsti. Za svaku biljnu vrstu propisana je podloga za naklijavanje, temperatura u procesu klijanja, broj dana potrebnih za očitavanje energije i klijavosti sjemena, te predtretman ako se radi o sjemenu koje ima izraženo svojstvo dormantnosti. Temperature ispitivanja klijavosti prilagođene su optimalnim temperaturama u vrijeme sjetve određene biljne vrste, no posljednjih godina zbog klimatskih prilika često se dogodi da su temperature u vrijeme sjetve zrnatih mahunarki osjetno niže u odnosu na višegodišnji prosjek.

Cilj istraživanja je utvrditi utjecaj različitih temperatura na energiju klijanja i klijavost sjemena zrnatih mahunarki. Ispitivanje energije klijanja i klijavosti sjemena graška (*Pisum sativum* L.), stočnog graška jarog i ozimog (*Pisum arvense* L.), graha zrnaša visokog i niskog (*Phaseolus vulgaris* L.), graha mahunara visokog i niskog (*Phaseolus vulgaris* L.), boba (*Vicia faba* L.) i soje (*Glycine max* L.) provedeno je standardnom metodom u pijesku na tri temperature 15 °C, 20 °C i 25 °C. Propisana temperatura ispitivanja klijavosti kod svih vrsta je 25 °C, osim kod boba i graška 20 °C. Rezultati istraživanja pokazuju da je klijavost sjemena na temperaturi od 15 °C niska kod svih ispitivanih vrsta, osim kod boba i ozimog stočnog graška, dok je energija klijanja sjemena graha zrnaša, graha mahunara i soje 0 %. Temperatura od 20 °C negativno je utjecala na energiju klijanja i klijavost sjemena graha zrnaša, graha mahunara i jarog stočnog graška, dok je kod boba, ozimog stočnog graška i soje utjecaj temperature bio pozitivan na oba pokazatelja kvalitete sjemena. Sjeme graška, jarog stočnog graška, graha zrnaša i graha mahunara imalo je najvišu energiju klijanja i klijavost na temperaturi od 25 °C.

Niske temperature u vrijeme nicanja mogu izazvati značajne štete na usjevima zrnatih mahunarki jer je kod većine vrsta energija klijanja 0 %, a klijavost sjemena vrlo niska.

Ključne riječi: klijavost, zrnate mahunarke, temperatura

## UVOD

Mahunarke (*fam. Fabaceae*) su glavni izvor biljnih bjelančevina u ljudskoj i životinjskoj prehrani i imaju važnu ulogu u poljoprivrednoj proizvodnji (DeRon, 2015.). Smatra ih se funkcionalnom hranom jer sadrže sporo razgradive ugljikohidrate, vlakna, minerale, vitamine te osim energetske vrijednosti imaju i ulogu u očuvanju zdravlja (Boye i sur., 2010.). Posebno značajnu ulogu imaju u vegetarijanskoj prehrani jer nadopunjuju aminokiselinski sastav bjelančevina potrebnih za normalnu funkciju metabolizma (Lešić i sur., 2002.). Zbog mogućnosti vezanja atmosferskog dušika važan su čimbenik u prirodnom ciklusu dušika te su značajne u poljoprivredi jer djeluju na poboljšanje plodnosti tla (De Ron, 2015). U ukupnoj svjetskoj proizvodnji ova porodica zauzima drugo mjesto (Morel i sur., 2012.), što rezultira i povećanom potražnjom za sjemenom tih vrsta. U Hrvatskoj je proizvodnja sjemena mahunarki bazirana na soji koja je u 2021. godini uzgajana na 6230 ha (Šunjić i sur., 2021.) što nas svrstava na treće mjesto u Europskoj uniji po certificiranim količinama sjemena soje (Jukić i sur., 2021.). Proizvedene količine sjemena ostalih mahunarki nisu dostatne za tržište Hrvatske na što ukazuju podaci da je u 2021. godini sjeme graška uzgajano je na 14 ha, stočnog graška na 190 ha i graha na svega 4 ha (Šunjić i sur., 2021.). Ponuda sjemena bazirana je na sjemenu iz uvoza koje je često upitne kvalitete. Poznato je da kvaliteta sjemena utječe na klijanje, a time i na održivost i profitabilnost uzgoja usjeva (Finch – Savage i Bassel, 2015.). Klijavost sjemena jedan je od najvažnijih pokazatelja kvalitete sjemena (Van Gastel i sur., 2007.), a utvrđuje se standardnom metodom ispitivanja klijavosti propisanom pravilima ISTA - e (International Seed Testing Association.). Test ispitivanja klijavosti je standardiziran, ponovljiv i vrijedan pokazatelj kvalitete sjemena (I S T A, 2009.). Klijavost sjemena ovisi o velikom broju čimbenika kao što su temperatura prilikom klijanja, temperatura i vlaga zraka tijekom skladištenja sjemena, vlaga zrna, dužina skladištenja, starost sjemena te njegova veličina (Bukvić i sur., 2009.).

Cilj istraživanja je utvrditi utjecaj različitih temperatura (15 °C, 20 °C i 25 °C) na energiju klijanja i klijavost sjemena vrtnog graška, stočnog graška, graha zrnaša, graha mahunara, boba i soje.

## PREGLED LITERATURE

Osnovni preduvjet uspješne poljoprivredne proizvodnje je kvaliteta sjemena. Na kvalitetu sjemena utječu agroekološki uvjeti tijekom vegetacije, proces dorade te uvjeti skladištenja sjemena, a čine je genetska, fizikalna, fiziološka i zdravstvena svojstva te uniformnost partije sjemena (Van Gastel i sur., 2007.). Osnovni pokazatelji kvalitete

sjemena su vlaga, masa 1000 sjemenki, čistoća sjemena, zdravstvena ispravnost, energija klijanja i klijavost sjemena. Klijanje sjemena je složen proces pri čemu sjeme upija vodu koja prodire u embrij, hidratizira proteine i druge koloidne pri čemu se aktiviraju enzimi koji povećavaju aktivnost metabolizma te dolazi do produžavanja stanica klicinog korjenčića koji probija sjemenu ljusku (Lešić i sur., 1993.). Sve reakcije i faze u procesu klijanja pod utjecajem su temperature (Shaban, 2013.) koja je najistaknutiji čimbenik okoliša koji regulira rast i razvoj biljaka (Koger i sur., 2004.). Temperatura uvjetuje intenzitet kemijskih reakcija, apsorpciju vode i korištenje kisika od strane sjemena. Osim na sjeme u klijanju temperatura utječe i na dostupnost vode koja je optimalna pri temperaturama u rasponu od 15 - 25 °C (Parađiković i sur., 2007.). Za proces klijanja sjemena važna su tri osnovna temperaturna praga: temperaturni minimum (ispod kojeg ne dolazi do procesa klijanja), temperaturni optimum (najveći postotak klijanja u najkraćem vremenu) i temperaturni maksimum (iznad kojeg se klijanje prekida) (Ramin, 1997.; Shaban, 2013.; Alvarado i Bradford, 2002.), a ovisi o vrsti i dormantnosti sjemena (Machado Neto i sur., 2006.). Učinci temperature na razvoj biljaka osnova su za predviđanje vremena klijanja (Bewley i Black, 1994.). Klijanje sjemena bilo koje biljke odvija se u određenom rasponu temperatura koje se nazivaju kardinalne temperature (Bewley, 1997.). Kardinalne temperature su one temperature ispod ili iznad kojih prestaju životne funkcije, ali se eventualno mogu povratiti ako se uvjeti poboljšaju. Korištenje kardinalnih temperatura omogućuje odabir prikladnog vremena za sjetvu ili sadnju sjemena (Ramin, 1997.). Kardinalne temperature klijanja obično ovisi o prilagodljivosti srodnih vrsta rasponu temperatura i osiguravaju podudarnost klijanja s poželjnim uvjetima za sljedeće faze razvoja (Brodford, 2002.). Brzina klijanja raste s rastom temperature do optimalne, a opada na temperaturama iznad nje (Kebreab i Murdoch, 2000.). Temperatura je okolišni čimbenik koji značajno utječe na klijanje, no ne postoji optimalna i ujednačena temperatura za sve vrste. Temperatura utječe na brzinu i postotak klijanja, prvenstveno na biokemijske reakcije i fiziološke procese koji određuju klijanje (Carvalho i Nakagawa, 2000.; Taiz i Zeiger, 2009.). Klijanje se događa unutar definiranog temperaturnog raspona i neće se dogoditi iznad ili ispod ovih granica. Optimalna temperatura omogućit će najučinkovitiju kombinaciju postotka i brzine klijanja (Marcos Filho, 2005.) i maksimalno klijanje u najkraćem vremenu (Carvalho i Nakagawa, 2000.).

## MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je provedeno u laboratoriju za kontrolu kvalitete poljoprivrednog reproduksijskog materijala Visokog gospodarskog učilišta u Križevcima. U istraživanju je korišteno certificirano sjeme svih istraživanih biljnih vrsta, osim visokog i niskog graha zbog nedostupnosti certificiranog sjemena na tržištu (Tablica 1.).

**Tablica 1. Vrste, sorte i kategorije sjemena korištenog u istraživanju***Table 1 Species, varieties and categories of seeds used in the research*

Biljna vrsta / <i>Species</i>	Sorta / <i>Variety</i>	Kategorija / <i>Category</i>
Grašak / Pea ( <i>Pisum sativum</i> L.)	Progres	standardno sjeme
Ozimi stočni grašak / Field pea ( <i>Pisum sativum ssp. arvense</i> L.)	Picar	certificirano sjeme druge generacije
Jari stočni grašak Spring field pea ( <i>Pisum sativum ssp. arvense</i> L.)	Dora	certificirano sjeme druge generacije
Visoki grah zrnaš / Shell bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Trešnjar	nije certificirano
Niski grah zrnaš / Bush bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Slavonski zeleni	nije certificirano
Visoki grah mahunar Climbing French bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Jeruzalemski	standardno sjeme
Niski grah mahunar Warf French bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Top crop	standardno sjeme
Bob / Broad bean ( <i>Vicia faba</i> L.)	Aquadulce	standardno sjeme
Soja / Soybean ( <i>Glycine max</i> L.)	Gala	certificirano sjeme druge generacije

Ispitivanje energije klijanja i klijavosti sjemena provedeno je metodom u pijesku koja je propisana Pravilnikom o metodama uzorkovanja i ispitivanja kvalitete sjemena (NN 99/08.). Prije samog postupka stavljanja na klijanje pijesak je dezinficiran žarenjem u sušioniku proizvođača Memmert model 100 - 800 na temperaturi 105 °C, nakon čega je vlažen destiliranom vodom. Vlažni pijesak raspoređen je plastične posude ispunjavajući 2/3 visine posude. Na pijesak je pravilno raspoređeno sjeme i pokriveno vlažnim slojem pijeska do ruba posude. Posude s pijeskom stavljene su u prozirne vrećice koje su zatvorene gumicom, da se spriječi isušivanje podloge. Ispitivanje je provedeno u komori za naklijavanje (Termo - medicinski aparati) na temperaturi 15 °C, 20 °C i 25 °C uz svjetlosni režim 12 sati svjetlo i 12 sati mrak. Pokus se sastojao od 24 varijante (biljna vrsta - temperatura), za svaku varijantu provedeno je ispitivanje u četiri ponavljanja po 50 sjemenki. Kod sjemena boba proveden je predtretman hlađenja sjemena na podlozi za klijanje na temperaturi od 5 °C pet dana nakon čega je nastavljen daljnji postupak naklijavanja u komori za ispitivanje klijavost. Energija klijanja (1. ocjenjivanje) utvrđena je kod boba četvrti dan, kod graška, graha i soje peti dan naklijavanja. Klijavost sjemena (završno ocjenjivanje) određivana je kod boba 14. dan, graška i soje osmi dan, a graha deveti dan. Energija klijanja i klijavost sjemena izraženi su kao postotak normalnih klijanaca prema ukupnom broju sjemenki stavljenih na klijanje.

Podaci su obrađeni statistički analizom varijance. Srednje vrijednosti testirane su LSD testom za višestruke usporedbe. Za statističku obradu podataka korišten je program Tibco Statistica 2018.

## REZULTATI I RASPRAVA

### *Energija klijanja i klijavost sjemena graška (Pisum sativum L.)*

Rezultati provedenog istraživanja pokazuju da temperatura ima značajan utjecaj na energiju klijanja i klijavost sjemena graška. Najviša energija klijanja postignuta je na temperaturi od 25 °C, dok je na temperaturi od 20 °C bila nešto niža, ali nije bilo statistički značajne razlike u energiji klijanja između ove dvije temperature. Najniža energija klijanja postignuta je na temperaturi od 15 °C. Najviša klijavost sjemena postignuta je na temperaturi od 25 °C nešto niža na temperaturi od 20 °C, ali razlika u klijavosti nije značajna. Najniža klijavost postignuta je na temperaturi od 15 °C (Tablica 2.).

**Tablica 2. Utjecaj temperature na energiju klijanja i klijavost sjemena graška sorte Progres (Pisum sativum L.)**

*Table 2 Influence of temperature on germination energy and germination of pea seed variety Progres (Pisum sativum L.)*

Temperatura (°C) <i>Temperature (°C)</i>	Energija klijanja (%) <i>Energy of seed germination (%)</i>	Klijavost (%) <i>Seed germination (%)</i>
15	34,25 <sup>b</sup>	68,25 <sup>b</sup>
20	94,00 <sup>a</sup>	94,25 <sup>a</sup>
25	95,20 <sup>a</sup>	95,25 <sup>a</sup>

\*vrijednosti označene različitim slovima značajno se razlikuju ( $p < 0,05$ )

\*values marked with different letters differ significantly ( $p < 0,05$ )

Dobiveni rezultati potvrđuju navode da je optimalna temperatura klijanja i nicanja graška 20 °C (Lešić i sur., 2002), ali je iz podataka razvidno da i pri višim temperaturama (25 °C) ne dolazi do pada klijavosti već je klijavost nešto viša. Sorta Progres je grašak naboranog zrna čija minimalna temperatura nicanja i klijanja je 4 - 5 °C (Lešić i sur., 2002). Rezultati dobiveni ovim istraživanjem pokazuju da niske temperature nepovoljno djeluju na energiju klijanja i klijavost, energija klijanja manja je za 60 %, dok je klijavost manja za 22 % (Tablica 2.). Minimalna klijavost sjemena graška prema Pravilniku o izmjenama i dopunama Pravilnika o stavljanju na tržište sjemena povrća je 80 % što je u ovom istraživanju postignuto na temperaturama od 20 °C i 25 °C, dok na temperaturi od 15 °C nije postignuta minimalna klijavost. Prema standardnoj metodi ispitivanja klijavosti (Pravilnik o metodama uzorkovanja i ispitivanja kvalitete sjemena NN 88/09) propisana temperatura ispitivanja energije i klijavosti sjemena graška je 20 °C, što se slaže rezultatima ovog istraživanja jer je najviša klijavost postignuta na temperaturama 20 °C i 25 °C. Podaci dobiveni ovim istraživanjem slažu se s istraživanjem Skoufogiann i i sur. (201.9) prema kojem je najoptimalnija temperatura za klijanje graška 24 °C, a smanjenjem temperature smanjuje se klijavost sjemena i brzina klijanja.

*Energija klijanja i klijavost sjemena ozimog i jarog stočnog graška  
(Pisum sativum ssp. Arvense)*

Energija klijanja ozimog stočnog graška bila je najviša na temperaturi od 15 °C, dok je na temperaturi od 20 °C i 25 °C postignuta značajno niža energija klijanja, a s povećanjem temperature značajno je smanjena energija klijanja. Najviša klijavost sjemena postignuta je na temperaturama 15 °C i 20 °C, dok je značajno niža klijavost postignuta na temperaturi 25 °C (Tablica 3.).

**Tablica 3. Utjecaj temperature na energiju klijanja i klijavost sjemena ozimog stočnog graška sorte Picar (Pisum sativum ssp. Arvense L.)**

*Table 3 Influence of temperature on germination energy and germination of seeds of winter field pea of Picar variety (Pisum sativum ssp. Arvense L.)*

Temperatura (°C) Temperature (°C)	Energija klijanja (%) Energy of seed germination (%)	Klijavost (%) Seed germination (%)
15	66,25 <sup>a</sup>	66,25 <sup>a</sup>
20	62,00 <sup>b</sup>	66,25 <sup>a</sup>
25	51,25 <sup>c</sup>	61,50 <sup>b</sup>

\*vrijednosti označene različitim slovima značajno se razlikuju ( $p < 0,05$ )

\*values marked with different letters differ significantly ( $p < 0,05$ )

Prema Štafa i Stjepanović (2015.) stočni grašak najbrže klije na temperaturi od 18 - 25 °C, dok je ovom istraživanju na temperaturi od 15 °C postignuta je energija klijanja koja je jednaka klijavosti odnosno 66 % sjemena isključalo je nakon 5 dana (Tablica 3.). Kod sjemena ozimog stočnog graška nije postignuta minimalna klijavost od 80 % (Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o stavljanju na tržište sjemena krmnog bilja) ni na jednoj temperaturi, ali je najviša klijavost postignuta na temperaturi od 15 °C i 20 °C što se slaže s propisanom temperaturom za ispitivanja klijavosti sjemena graška koja je 20 °C (Pravilnik o metodama uzorkovanja i ispitivanja kvalitete sjemena).

Energija klijanja i klijavost sjemena jarog stočnog graška značajno rastu s porastom temperature. Najviša energija klijanja postignuta je na temperaturi od 25 °C, a sa smanjenjem temperature statistički značajno se smanjuje i energija klijanja koja je najniža na temperaturi od 15 °C. Isti rezultati dobiveni su i kod klijavosti sjemena, značajno najviša klijavost postignuta je na temperaturi 25 °C, a najniža na temperaturi 15 °C (Tablica 4.).

**Tablica 4. Utjecaj temperature na energiju klijanja i klijavost sjemena jarog stočnog graška sorte Dora (Pisum sativum ssp. arvenese L.)**

*Table 4 Influence of temperature on germination energy and seed germination of spring field pea of Dora variety (Pisum sativum ssp. arvenese L.)*

Temperatura (°C) Temperature (°C)	Energija klijanja (%) Energy of seed germination (%)	Klijavost (%) Seed germination (%)
15	90,00 <sup>c</sup>	90,00 <sup>c</sup>
20	93,25 <sup>b</sup>	93,25 <sup>b</sup>
25	97,25 <sup>a</sup>	97,25 <sup>a</sup>

\*vrijednosti označene različitim slovima značajno se razlikuju ( $p < 0,05$ )

\*values marked with different letters differ significantly ( $p < 0,05$ )

Kod sjemena jarog stočnog graška minimalna klijavost od 80 % (Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o stavljanju na tržište sjemena krmnog bilja) postignuta je na svim ispitivanim temperaturama, ali je značajno najviša klijavost postignuta na temperaturi 25 °C što se ne slaže s propisanom temperaturom za ispitivanja klijavosti sjemena graška koja je 20 °C (Pravilnik o metodama uzorkovanja i ispitivanja kvalitete sjemena) jer je klijavost dobivena na temperaturi 25 °C bila statistički značajno viša (Tablica 4.).

Raveneau i sur. (2011.) navode da ispod temperature 20 °C ozimi grašak klije brže od jarog što se slaže s rezultatima dobivenim ovim istraživanjem. Brzina klijanja odnosno vrijeme za postizanje 50 % klijavosti znatno je kraća kod ozimog nego kod jarog graška na optimalnoj temperaturi od 20 °C. U ovom istraživanju kod ozimog graška smanjuje se brzina klijanja na temperaturi od 25 °C što je vidljivo iz podatka o energiji klijanja (Tablica 3.). Kod jarog graška nije vidljiv utjecaj istraživanih temperatura na brzinu klijanja jer je energija klijanja jednaka klijavosti na svim ispitivanim temperaturama (Tablica 4.).

*Energija klijanja i klijavost sjemena visokog i niskog graha zrnaša (Phaseolus vulgaris L.)*

Visoki grah zrnaš osjetljiv je na niske temperature u fazi klijanja što pokazuju rezultati prikazani u Tablici 5. Energija klijanja na temperaturi 15 °C bila je 0 %, a povišenjem temperature rasla je i energija klijanja koja je značajno najviša na 25 °C. Najviša klijavost postignuta je na temperaturi 25 °C, dok je na temperaturi 15 °C najniža svega 9,5 % (Tablica 5.).

**Tablica 5. Utjecaj temperature na energiju klijanja i klijavost sjemena visokog graha zrnaša sorte Trešnjak (*Phaseolus vulgaris* L.)**

Table 5 Influence of temperature on germination energy and germination of seeds of shell beans of the variety Trešnjak (*Phaseolus vulgaris* L.)

Temperatura (°C) <i>Temperature (°C)</i>	Energija klijanja (%) <i>Energy of seed germination (%)</i>	Klijavost (%) <i>Seed germination (%)</i>
15	0,00 <sup>c</sup>	9,50 <sup>c</sup>
20	72,25 <sup>b</sup>	83,00 <sup>b</sup>
25	78,75 <sup>a</sup>	87,75 <sup>a</sup>

\*vrijednosti označene različitim slovima značajno se razlikuju ( $p < 0,05$ )

\*values marked with different letters differ significantly ( $p < 0,05$ )

Minimalna temperatura klijanja i nicanja graha zrnaša je 8 - 10 °C, ali je kod tih temperatura nicanje neujednačeno i sporo (Lešić i sur. 2002.). U ovom istraživanju na temperaturi od 15 °C klijanje je bilo sporo, nakon devet dana iskljalo je svega 9,5 % sjemena. Rezultati dobiveni ovim istraživanjem djelomično se slažu sa navodima da je optimalna temperatura klijanja i nicanja graha 18 - 25 °C (Milošević i Kobiljski, 2011.), jer je najviša energija klijanja i klijavost sjemena postignuta na 25 °C. Standardni test ispitivanja klijavosti sjemena graha (Pravilnik o metodama uzorkovanja i ispitivanja kvalitete sjemena NN 99/08) propisuje nekoliko temperatura ispitivanja

klijavosti; promjenjivu temperaturu 20 - 30 °C, konstantnu temperaturu od 20 °C ili 25 °C. U ovom istraživanju najviše vrijednosti energije klijanja i klijavosti sjemena postignute su na konstantnoj temperaturi od 25 °C (Tablica 5.). Minimalna propisana klijavost sjemena od 75 % postignuta je na temperaturi 20 °C i 25 °C (Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o stavljanju na tržište sjemena povrća).

Laboratorijsko ispitivanje potvrđuje osjetljivost na niske temperature tijekom klijanja i kod niskog graha zrnaša. Najviša energija klijanja postignuta je na temperaturi od 25 °C, a najniža na temperaturi od 15 °C, razlike u energiji klijanja na sve tri temperature statistički su značajne. Statistički značajne razlike postignute su i u klijavosti sjemena na sve tri temperature, a najviša klijavost postignuta je kod najviše temperature ispitivanja (Tablica 6.).

**Tablica 6. Utjecaj temperature na energiju klijanja i klijavost sjemena niskog graha zrnaša sorte Slavonski zeleni (*Phaseolus vulgaris* L.)**

*Table 6 Influence of temperature on germination energy and germination of bush bean seeds of the variety Slavonski zeleni (*Phaseolus vulgaris* L.)*

Temperatura (°C) <i>Temperature (°C)</i>	Energija klijanja (%) <i>Energy of seed germination (%)</i>	Klijavost (%) <i>Seed germination (%)</i>
15	0,00 <sup>c</sup>	60,00 <sup>c</sup>
20	72,25 <sup>b</sup>	80,00 <sup>b</sup>
25	80,75 <sup>a</sup>	89,00 <sup>a</sup>

\*vrijednosti označene različitim slovima značajno se razlikuju ( $p < 0,05$ )

\*values marked with different letters differ significantly ( $p < 0,05$ )

Za razliku od visokog graha zrnaša prema rezultatima prikazanim u Tablici 6. razvidno je da niski grah zrnaš manje osjetljiv na niske temperature jer je klijanje na temperaturi 15 °C bilo brže i isključivo je 60 % sjemenki. Najviše vrijednosti energije i klijavosti sjemena postignute su na temperaturi propisanoj standardnim testom ispitivanja klijavosti (Pravilnik o metodama uzorkovanja i ispitivanja kvalitete sjemena), a minimalna klijavost 75 % (Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o stavljanju na tržište sjemena povrća) postignuta je na temperaturi od 20 °C i 25 °C.

*Energija klijanja i klijavost sjemena visokog i niskog graha mahunara (*Phaseolus vulgaris* L.)*

Laboratorijskim ispitivanjem dobiveni su rezultati koji potvrđuju osjetljivost visokog graha mahunara na niske temperature tijekom klijanja. Na 15 °C kroz period ispitivanja od devet dana nije nikla ni jedna sjemenka. Na 25 °C postignuta je značajno najviša energija klijanja i klijavost sjemena, dok su vrijednosti postignute na temperaturi od 20 °C statistički značajno niže (Tablica 7.).

Standardnim testom ispitivanja klijavosti (Pravilnik o metodama uzorkovanja i ispitivanja kvalitete sjemena) na temperaturi 25 °C postignuta je minimalna klijavost 75 % (Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o stavljanju na tržište sjemena povrća), dok je na temperaturi od 20 °C klijavost sjemena bila niža od minimalne propisane (Tablica 7.).



**Tablica 7. Utjecaj temperature na energiju klijanja i klijavost sjemena visokog graha mahunara sorte Jeruzalemski (*Phaseolus vulgaris* L.)**

*Table 7 Influence of temperature on germination energy and germination of seeds of climbing French bean of the Jerusalem variety (*Phaseolus vulgaris* L.)*

Temperatura (°C) <i>Temperature (°C)</i>	Energija klijanja (%) <i>Energy of seed germination (%)</i>	Klijavost (%) <i>Seed germination (%)</i>
15	0,00 <sup>c</sup>	0,00 <sup>c</sup>
20	74,00 <sup>b</sup>	74,00 <sup>b</sup>
25	77,00 <sup>a</sup>	80,25 <sup>a</sup>

\*vrijednosti označene različitim slovima značajno se razlikuju ( $p < 0,05$ )

\*values marked with different letters differ significantly ( $p < 0,05$ )

Na energiju klijanja niskog graha mahunara temperatura od 15 °C ima negativno djelovanje dok rastom temperature raste i energija klijanja, no nema značajne razlike u energiji klijanja na temperaturi od 20 °C i 25 °C. Rastom temperature raste i klijavost sjemena pa su postignute statistički značajne razlike u klijavosti sjemena na sve tri temperature ispitivanja. Najviša klijavost postignuta je na temperaturi od 25 °C, dok je najniža postignuta na 15 °C (Tablica 8.).

Niski grah mahunar brže klije na niskim temperaturama u usporedbi s visokim grahom mahunarom, u devet dana isključivo je 46 % sjemena. Na obje propisane temperature ispitivanja klijavosti (Pravilnik o metodama uzorkovanja i ispitivanja kvalitete sjemena) 20 °C i 25 °C postignuta je minimalna klijavost od 75 % (Pravilnik o izmjenama i dopunama stavljanju na tržište sjemena povrća NN 55/20), ali je klijavost na temperaturi 25 °C bila značajno viša od klijavosti na temperaturi od 20 °C (Tablica 8.). Dosadašnja istraživanja pokazuju da su za klijanje graha potrebne više temperature nego za klijanje graška (Raveneau i sur. 2011.) što je potvrđeno ovim istraživanjem.

**Tablica 8. Utjecaj temperature na energiju klijanja i klijavost sjemena niskog graha mahunara sorte Top crop (*Phaseolus vulgaris* L.)**

*Table 8 Influence of temperature on germination energy and germination of dwarf French bean of Top crop variety (*Phaseolus vulgaris* L.)*

Temperatura (°C) <i>Temperature (°C)</i>	Energija klijanja (%) <i>Energy of seed germination (%)</i>	Klijavost (%) <i>Seed germination (%)</i>
15	0,00 <sup>b</sup>	46,00 <sup>c</sup>
20	86,25 <sup>a</sup>	88,75 <sup>b</sup>
25	89,00 <sup>a</sup>	92,00 <sup>a</sup>

\*vrijednosti označene različitim slovima značajno se razlikuju ( $p < 0,05$ )

\*values marked with different letters differ significantly ( $p < 0,05$ )

*Energija klijanja i klijavost sjemena boba (Vicia faba L.)*

Energija klijanja sjemena boba najviša na 20 °C, a najniža na temperaturi od 15 °C. Povišenjem temperature smanjuje se energija klijanja, ali razlike nisu statistički značajne. Klijavost sjemena najviša na temperaturi od 20 °C, a najniža je na temperaturi od 15 °C. Između postignute klijavosti na temperaturi od 20 °C i 25 °C nema statistički značajne razlike (Tablica 9.).

**Tablica 9. Utjecaj temperature na energiju klijanja i klijavost sjemena boba sorte Aquadulce (Vicia faba L.)**

Table 9 Influence of temperature on germination energy and seed germination of broad bean varieties of Aquadulce variety (Vicia faba L.)

Temperatura (°C) Temperature (°C)	Energija klijanja (%) Energy of seed germination (%)	Klijavost (%) Seed germination (%)
15	80,25 <sup>b</sup>	84,00 <sup>b</sup>
20	96,25 <sup>a</sup>	96,25 <sup>a</sup>
25	95,00 <sup>a</sup>	95,00 <sup>a</sup>

\*vrijednosti označene različitim slovima značajno se razlikuju ( $p < 0,05$ )

\*values marked with different letters differ significantly ( $p < 0,05$ )

Ovo istraživanje potvrđuje da je optimalna temperatura klijanja boba je 20 °C (Lešić i sur., 2002.), jer su na toj temperaturi postignute najviše vrijednosti energije klijanja i klijavosti sjemena, a slaže se i sa propisanom temperaturom ispitivanja klijavosti (Pravilnik o metodama uzorkovanja i ispitivanja kvalitete sjemena NN 99/08). Minimalna klijavost od 80 % (Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o stavljanju na tržište sjemena povrća) postignuta je na svim ispitivanim temperaturama (Tablica 9.). Rezultati klijavosti pokazuju da je kod sjemena boba postignuta visoka klijavost i na nižoj temperaturi (15 °C) što se slaže s istraživanjima

Skoufogiann i sur. (2019.) prema kojem bob može klijati i u hladnijim uvjetima te se sjetva može provesti u kasnu jesen ili rano proljeće, što nije slučaj kod ostalih mahunarki.

*Energija klijanja i klijavost sjemena soje (Glycine max L.)*

Laboratorijskim ispitivanjem utvrđene su velike razlike u energiji klijanja i klijavosti sjemena soje na različitim temperaturama. Na 15 °C energija klijanja bila je najlošija (0 %), povišenjem temperature na 20 °C došlo je do značajnog rasta energije klijanja, a daljnjim povišenjem temperature na 25 °C došlo je do značajnog pada energije klijanja sjemena (Tablica 10.). Klijavost sjemena bila je najviša na temperaturi od 20 °C, dok su vrijednosti postignute na temperaturi od 15 °C i 25 °C značajno manje.

Optimalna temperatura za klijanje soje je 15 - 25 °C, dok kod temperature > 33 °C soja najbrže klije, ali su biljke tanke (Vratarić i Sudarić, 2008.). Ovo istraživanje potvrđuje da je optimalna temperatura za klijanje soje 20 °C, a povišenjem temperature dolazi do povećanja postotka nenormalnih (anomalnih) klijanaca. Pravilnikom o metodama uzorkovanja i ispitivanja kvalitete sjemena (NN 99/08) popisna je promjenjiva temperatura 20 - 30 °C i konstantan 25 °C, prema rezultatima ovog

istraživanja najoptimalnija temperatura ispitivanja je 20 °C jer kod temperature 25 °C nije postignuta minimalna klijavost soje 80 % (Pravilnik o stavljanju na tržište uljarica i predivog bilja (NN 126/07.).

**Tablica 10. Utjecaj temperature na energiju klijanja i klijavost sjemena soje sorte Gala (*Glycine max* L.)**

*Table 10 Influence of temperature on germination energy and germination of Gala variety of soybean seeds (*Glycine max* L.)*

Temperatura (°C) <i>Temperature (°C)</i>	Energija klijanja (%) <i>Energy of seed germination (%)</i>	Klijavost (%) <i>Seed germination (%)</i>
15	0,00 <sup>c</sup>	36,25 <sup>c</sup>
20	80,00 <sup>a</sup>	94,25 <sup>a</sup>
25	66,00 <sup>b</sup>	77,75 <sup>b</sup>

\*vrijednosti označene različitim slovima značajno se razlikuju ( $p < 0,05$ )

\*values marked with different letters differ significantly ( $p < 0,05$ )

## ZAKLJUČAK

Klijavost sjemena složen je proces koji se odvija pod utjecajem mnogih čimbenika od kojih je temperatura jedan od najvažnijih. Temperatura klijanja na kojoj se bilježi maksimalan broj normalno razvijenih klijanaca smatra se optimalnom temperaturom, a razlikuje se ovisno o biljnoj vrsti. Optimalna temperatura klijanja većine ispitivanih zrnatih mahunarki je između 20 – 25 °C, osim kod soje kod koje bi trebalo provesti dodatna ispitivanja i uključiti razne sorte ovisno o grupi zrenja. Rezultati istraživanja pokazuju da niske temperature u vrijeme klijanja i nicanja mogu izazvati značajne štete na usjevima, energija klijanja je 0 % kod većine ispitivanih mahunarki, osim kod graška (konzumnog i stočnog) i boba. Posljedice klimatskih promjena su hladnija proljeća s vrlo niskim temperaturama u vrijeme sjetve zrnatih mahunarki, te bi za uspješan uzgoj trebalo uskladiti datume sjetve s temperaturama, a ne s optimalnim rokovima sjetve. Za određivanje optimalnih temperatura nicanja u poljskim uvjetima ovo istraživanje trebalo bi ponoviti u poljskim uvjetima.

## INFLUENCE OF TEMPERATURE ON GERMINATION OF SEED OF GRAIN LEGUMES

### SUMMARY

Seed quality is crucial for agricultural production. The basic indicators of seed quality are moisture, weight of 1000 seeds, purity, germination energy, germination and health. Germination energy and seed germination are tested according to a precisely prescribed methodology depending on the plant species. For each plant species, the substrate for germination is prescribed, the temperature in the process of germination, the number of days required to read the energy and germination of seeds, and pre-treatment if the seed has a pronounced dormant property. Germination testing

temperatures are adjusted to optimal temperatures at the time of sowing a particular plant species, but in recent years due to climatic conditions it often happens that temperatures at the time when grain legumes are sown are significantly lower than the multi-year average. The aim of the research is to determine the influence of different temperatures on germination energy and germination of grain legume seeds. Testing of germination energy and germination of seeds of peas, fodder peas (spring and winter), grain beans (high and low), green beans (high and low), broad beans and soybeans was performed by the standard method in sand at three temperatures 15 °C, 20 °C and 25 °C. The prescribed germination testing temperature for all species is 25 °C, except for broad beans which is 20 °C. Research results show that seed germination at a temperature of 15 °C is low in all tested species, except for spring peas and broad beans, while the germination energy of grain bean seeds, green beans and soybeans is 0%. The temperature of 20 °C had a negative effect on the germination energy and germination of seeds of grain beans, green beans and spring fodder peas, while in broad beans, winter fodder peas and soybeans the effect of temperature was positive on both seed quality indicators. Seeds of peas, grain beans and green beans had the highest germination energy and germination at a temperature of 25 °C. Low temperatures at the time of germination can cause significant damage to grain legume crops because in most species the germination energy is 0% and the germination of seeds is very low.

Keywords: germination, grain legumes, temperature

## LITERATURA

1. Alvarado, V., Bradford, K.J. (2002.): A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. *Plant Cell Environ.*, 25(8): 1061–1069.
2. Bewley, J.D., Black, M. (1994.): *Seeds: physiology of Development and Germination*. 2<sup>nd</sup> ed. New York, USA: Plenum press.
3. Bewley, J.D. (1997.): Seed germination and dormancy. *Plant Cell.*, 9(7): 1055–1066.
4. Boye, J., Zare, F., Pletch, A. (2010.): Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Res Int.*, 43: 414–431.
5. Brodford, K.J. (2002.): Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Sci.*, 50(2): 248– 260.
6. Bukvić, G., Grljušić, S., Josipović, A., Greger, Ž., Marijanović, M., Bilušić, Lj. (2009.): Klijanje sjemena crvene djeteline (cv. Viola) u zavisnosti o pH vrijednosti vodene otopine i starosti sjemena. *Poljoprivreda (Osijek)*, 15 (1): 23-27.

7. Carvalho, N. M. i Nakagawa, J. (2000.): Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4. ed. Jaboticabal: Funep.
8. De Ron, A.M. (2015.): Grain legumes. Springer Science+Business Media, New York.
9. Finch-Savage, W.E., Bassel, G.W. (2015.): Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. *J Exp Bot.*, 67 (3): 567-591.
10. ISTA, (2009): International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Switzerland
11. Jukić, G. (2002.): Proizvodnja i certificirane količine sjemena u Republici Hrvatskoj. Zbornik sažetaka 14. međunarodni kongres „Oplemenjivanje bilja, sjemenarstvo i rasadničarstvo“ i 8. Regionalni dani sjemenara, Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb.
12. Kebreab, E., Murdoch, A. J. (2000.): The effect of water stress on the temperature range for germination of *Orobanches aegyptiaca* seeds. *Seed Sci Res.*, 10(2): 127–133.
13. Koger, C.H., Reddy, K.N., Poston, D.H., (2004.): Factors affecting seed germination, seedling emergence, and survival of texasweed (*Capersonia palustris*). *Weed Science* 52, 989–995.
14. Lešić, R., Pavlek, P., Cvjetković, B. (1993.): Proizvodnja povrtnog sjemena. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 49.
15. Lešić, R., Borošić, J., Butorac, I., Čustić, M., Poljak, M., Romić, D. (2002.): Površarstvo, Agronomski fakultet, Zrinski d.d., Čakovec, 519 – 566.
16. Machado Neto, N.B., Prioli, M.R., Gatti, A.B., Mendes Cardoso, V.J. (2006.): Temperature effects on seed germination in races of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Acta Sci Agron.*, 28 (2): 155-164.
17. Marcos Filho, J. (2005.): Fisiologia de sementes de plantas cultivadas Piracicaba: Fealq.
18. Milošević, M., Kobiljski, B. (2011.): Semearstvo Vol. 3, Instituit za ratarstvo i površarstvo, Novi Sad.
19. Morel, M.A., Braña V., Castro-Sowinski S. (2012.): Legume Crops, Importance and Use of Bacterial Inoculation to Increase Production. U: *Crop Plant* (Goyal A, ur.). InTech, Rijeka, Croatia, 217-240.
20. Parađiković, N., Teklić, T., Guberac, V., Vinković, T. (2007.): Utjecaj temperature na klijavosti i nicanje salate (*Lactuca sativa* L.) i mrkve (*Daucus carota* L.). *Sjemenarstvo*, 24 (2).
21. Pravilnik o metodama uzorkovanja i ispitivanja kvalitete sjemena (NN 99/08).
22. Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o stavljanju na tržište sjemena povrća (NN 55/20).
23. Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o stavljanju na tržište sjemena krmnog bilja (NN 23/17).
24. Ramin, A.A. (1997.): The influence of temperature on germination taree irani. *Seed Sci Technol.*, 25(3): 419–426.

25. Raveneau, M. P., Coste, F., Moreau-Valancogne, P., Lejeune-Henaut, I., i Durr, C. (2011): Pea and bean germination and seedling responses to temperature and water potential. *Seed Science Research*, 21(3): 205-213.
26. Shaban, M. (2013.): Effect of water and temperature on seed germination and emergence as a seed. *IJABBR* 1(12): 1686-1691.
27. Skoufogianni, E., Giannoulis, K. D., Bartzialis, D., Lavdi, F., i Danalatos, N. G. (2019.): Temperature effect on seed germination rates of different winter legumes and spring cereals. In X International Agriculture Symposium, Agrosym 2019, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 3-6 October 2019. Proceedings 64-69. University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture.
28. Štafa, Z., Stjepanović, M. (2015.): Ozime i fakultativne krmne kulture – proizvodnja i korištenje. Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb.
29. Šunjić, K., Jukić, G., Hrsan Ruskaj, B. (2021.): Sjemenska proizvodnja u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2019. do 2021. godine. Zbornik sažetaka 14. međunarodni kongres „Oplemenjivanje bilja, sjemenarstvo i rasadničarstvo“ i 8. Regionalni dani sjemenara, Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb.
30. Taiz, L. i Zeiger E. (2009.): *Fisiologia vegetal* 4. ed. Porto Alegre: Artmed.
31. Van Gastel, A.G.J., Bishaw, Z., Niane, A.A., Gregg, B.R., Gan, Y. (2007.): Chickpea Seed Production. U: Chickpea breeding and management (Yadav SS, Redden R, Chen W, Sharma B, ur.), CABI Publishing 417-444.
32. Vratarić, M. i Sudarić, A. (2008.): Soja, Poljoprivredni institut Osijek, Osijek (Sveučilišni udžbenik).

**Adrese autora – Author's address:**

Iva Rojnica, mag. ing. agr., e-mail: irojnica@vguk.hr  
Dr. sc. Dijana Horvat,  
Monika Križ,  
Visoko gospodarsko učilište u Križevcima,  
Milislava Demerca 1, 48260 Križevci

**Primljeno – Received:**

19.04.2022.

Doc. dr. sc. Josip Haramija,  
Hrvatsko agronomsko društvo,  
Berislavićeva 6, 10000 Zagreb