

Morfološke karakteristike klijanaca soje ovisno o veličini sjemena i temperaturi

Tot, Adél

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:442001>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-10**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Adel Tót

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

**Morfološke karakteristike klijanaca soje ovisno o veličini
sjemena i temperaturi**

Završni rad

Osijek, 2021.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Adel Tót

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Bilinogojstvo

**Morfološke karakteristike klijanaca soje ovisno o veličini
sjemena i temperaturi**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

- 1.dr. sc. Ivana Varga, mentorica
2. prof. dr. sc. Manda Antunović, članica
3. izv. prof. dr. sc. Miroslav Lisjak, član

Osijek, 2021.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer Bilinogojstvo

Završni rad

Adel Tót

Morfološke karakteristike klijanaca soje ovisno o veličini sjemena i temperaturi

Sažetak

U ovom radu je objašnjeno princip rada ispitivanja klijavosti soje sorta Ika na različitim temperaturama (5, 10, 15, 20, i 30 °C). Opisana je metoda naklijavanja sjemena s narolanim filter papirom. U radu je opisan cijeli proces naklijavanja i mjerenja dužine korjenčića te mase sjemna soje. Ispitivana svojstva klijanaca bila pod značajnim utjecajem temperature ($p < 0,05$). Najveća klijavost nakon 8 dana utvrđena je na temperaturi od 15 °C (95%), a najmanju na temperaturi od 10 °C (7%). Dužina klijanaca na temperaturi od 5 °C i 10 °C nije bila moguće izmjeriti jer se oni nisu razvili. Prosječna dužina klijanaca soje na temperaturama od 15 °C 20 °C i 30 °C iznosila je 3,0 cm. Najveći klijanci su se razvili na temperaturi od 20 °C te je iznosilo oko 10,0 cm. Podjednaku dužinu su imali klijanci na temperaturi od 15 °C i 30 °C iznosilo je 2,2 i 2,4 cm. Na svim istraživanim temperaturama promjer i masa sjemenke su bili u pozitivnoj korelaciji s masom sjemenke 8. dan i morfološkim pokazateljima.

Ključne riječi: sjeme, soja, klijanje, temperatura

35 stranica, 15 tablica, 7 grafikona, 6 slika, 53 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
Undergraduate university study Agriculture, course Plant production

BSc Thesis

Adel Tót

Morphological characteristic of soybean seedlings regard to seed size and temperature

Summary

This paper explains the working principle of testing the germination of soybean cultivar Ika at different temperatures (5, 10, 15, 20, i 30 °C). The method of seed germination with rolled filter paper is described. Seedlings length and root and stem development were significantly influenced by temperature ($p < 0.05$). The highest germination on the 8th day was found at a temperature of 15 °C (95%), and the lowest at a temperature of 10 °C (7%). The length of seedlings at 5 °C and 10 °C could not be measured because they did not develop. The average length of soybean seedlings at 15 °C 20 °C and 30 °C was 3.0 cm. The largest seedlings were developed at a temperature of 20 °C and is about 10.0 cm. Seedlings had the quite similar length at a temperature of 15 °C and 30 °C was 2.2 and 2.4 cm. On every temperature of this study there was positive correlation between soybean seed diameter and seed mass and mass on 8th day and morphological characteristics of seedlings.

Key words: seed, soybean, germination, temperature

35 pages, 15 tables, 7 figures, 6 photos, 53 references

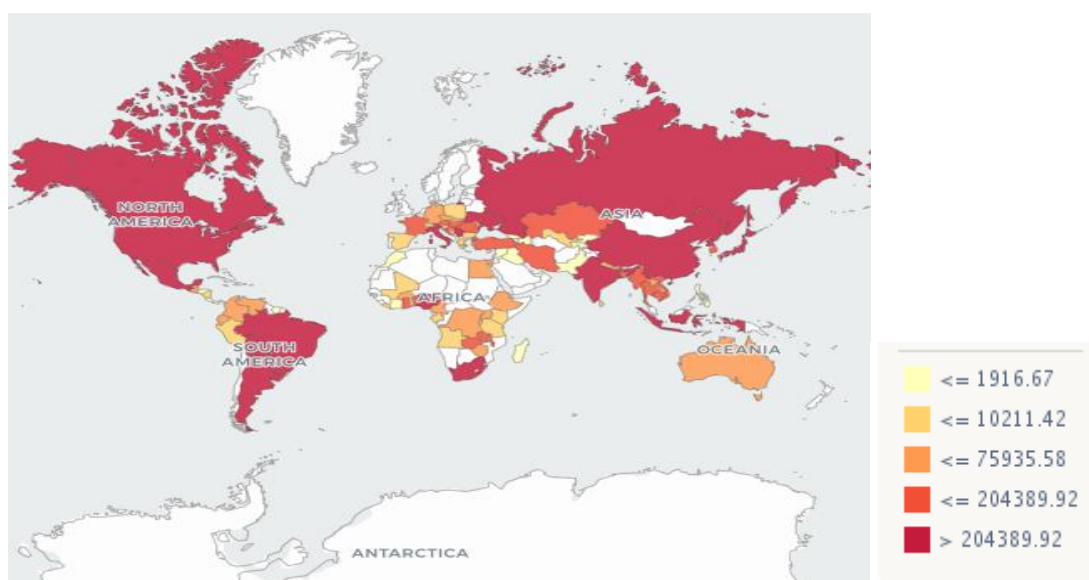
Final work is archived in Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1. 1. Cilj istraživanja.....	4
2. PREGLED LITERATURE	5
2. 1. Značaj klijanaca soje u ljudskoj prehrani	5
2. 2. Utjecaj temperature na klijavost soje.....	9
2. 3. Negativni čimbenici klijavosti soje	10
3. MATERIJAL I METODE	14
3. 1. Ispitivanje klijavosti	14
3. 2. Određivanje veličine sjemena i morfoloških pokazatelja klijanaca	16
3. 3. Statistička obrada podataka	18
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	19
4. 1. Utjecaj temperature i veličine sjemena na klijavost sjemena soje.....	19
4. 2. Utjecaj temperature i veličine sjemena na morfološke karakteristike klijanaca	22
4.2.1. Masa sjemena i masa klijanca	22
4.2.2. Dužina klijanca	25
4.3. Korelacije između istraživanih parametara sjemena i klijanaca soje	27
5. ZAKLJUČAK.....	30
6. POPIS LITERATURE.....	31

1. UVOD

Soja (*Glycine max* L. Merrill) jednogodišnja je mahunarka koja se danas na globalnoj razini ubraja među glavne izvore biljnih ulja i bjelančevina, a koristi se u prehrani ljudi i stoke, ali i za razne potrebe u farmaceutskoj, tekstilnoj, kemijskoj ili primjerice tiskarskoj industriji. Kroz povijest, kao uostalom i danas, soja se upotrebljava za pripremu raznih vrsta jela, a najpopularnija među njima su tofu, edamame, miso, natto, tempeh, soja sos, pasta od soje i sojine klice. Među najznačajnija svojstva kvalitete zrna soje ubrajaju se količina i kvaliteta bjelančevina, ulja te količina izoflavona. Sojina biljka, u usporedbi s drugim jednogodišnjim ratarskim kulturama, najveći je proizvođač jestivih bjelančevina po jedinici površine. Ovisno o sorti i uvjetima uzgoja, količina bjelančevina u zrnu soje varira od 30% do 50% na osnovi suhe tvari zrna, a komercijalne sorte soje općenito imaju oko 40% bjelančevina u zrnu. Sojina sačma je najkvalitetnije biljno bjelančevinasto hranivo koje može poslužiti kao osnovni i jedini izvor bjelančevina za ishranu stoke, posebno svinja i peradi, ali i riba, tovnih goveda, visokomuznih krava i sportskih konja. Soja je danas na globalnoj razini rangirana kao najznačajnija uljarica (Slika 1.).



Slika 1. Proizvodnja soje u svijetu u tonama od 2007. – 2018. godine (FAOSTAT, 2020., <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>)

Najveći proizvođači soje u svijetu (Tablica 1. i) su Brazil, Argentina i SAD (FAOSTAT, 2020.). Kina, SAD, Europska unija, Argentina, Japan i Čile, su glavni otkupljivači brazilske soje (Empinotti, 2015.).

Tablica 1. Prinos (t/ha) od 2012. godine pa do 2018. (FAOSTAT, 2020.)

Zemlja	Godina						
	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.
Brazil	2,90	3,22	3,15	3,33	3,20	3,72	3,72
Argentina	2,51	2,79	3,0	3,5	3,32	3,49	2,55
SAD	2,96	3,26	3,52	3,55	3,85	3,65	3,82

Tablica 2. Površine pod sojom od 2012. godine do 2018. u ha

Zemlja	Godina						
	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.
Brazil	24975258	27906675	30273763	32181243	33183119	33959879	34771690
Argentina	17577320	19418824	19252552	19352115	19504648	17335102	16318060
SAD	30814720	30858830	33423750	33123470	33470290	36236750	35657240

Sojino ulje nalazi sve veću primjenu u prehrambenoj industriji, a koristi se za kuhanje, kao stolno ulje za salate, pripremu gotovih jela, za izradu majoneza, margarina i želatina. Količina ulja u zrnu soje iznosi od 12% do 24% na osnovi suhe tvari zrna, ovisno o sorti i okolini, dok komercijalne sorte imaju u prosjeku od 19% do 23% ulja.

U razdoblju od 2015. do 2019. godine soja se u Hrvatskoj uzgajala na prosječno 83 806 ha, a prinos sjemena iznosio je prosječno 3,2 t ha⁻¹ (Tablica 3.). Najveći prinos sjemena bio je u 2018. godini (3,2 t ha⁻¹), dok je najviše sjemena proizvedeno u 2018. godini (245 279 tona).

Tablica 3. Proizvodnja soje u Hrvatskoj u razdoblju od 2015. – 2019. godine (Statistički ljetopis Republike Hrvatske, 2018.; PC-Axis baze podataka – Poljoprivreda, lov, šumarstvo i ribarstvo, 2020.)

Godina	Površina (ha)	Prinos (t/ha)	Proizvodnja (t)
2015.	88 867	2,2	196 431
2016.	78 614	3,1	244 075
2017.	85 133	2,4	207 765
2018.	88 087	3,2	245 188
2019.	78 332	3,1	244 279
Prosjek	83 806	3,2	227 548

Konsumacija sojinog zrna pomaže u smanjenju kolesterola, sudjeluje u prevenciji dijabetesa, prekomjerne težine, bolesti crijeva, bolesti bubrega, srčanih bolesti, osteoporoze pa i čak karcinoma. Za prehranu ljudi koristi se cijelo sojino zrno priređeno na razne načine, a jedan od najstarijih je kao varivo. Od sojinog brašna dobivaju se kruh, kolači, biskvit i druge slastice. Kruh od soje posebno je preporučljiv za ljude koji boluju od šećerne bolesti. Klijanje soje snižava razinu fitinske kiseline koja je antinutrijent koji se veže za minerale poput željeza, smanjujući njihovu apsorpciju. Na primjer, sojino mlijeko i tofu napravljeni od klica imaju do 59% i 56% manje fitinske kiseline u odnosu na proizvode koji ne proklivaju (Murugkar, 2011.).

Klijanci su vrlo hranjivi, te mogu ponuditi razne zdravstvene koristi, uključujući lakšu probavu, poboljšanu razinu šećera u krvi i manji rizik od srčanih bolesti (ISGA, 2020.). Najčešće se promjenjuju kao dekoracija na kanapeima i sendvičima ili se prave kao salata. Premda se mogu koristiti i u jelima od riže, pomfrita, omletima, juhi, zatim u smjesi za palačinke ili mljeveni u namazu za kruh ili sl. Klice se mogu uzgajati tijekom cijele godine što im daje prednost.

1. 1. Cilj istraživanja

Cilj ovog završnog rada je utvrditi utjecaj veličine pojedinačnih sjemenki soje (promjer i masa sjemena) na masu klijanaca te morfološke paramtere (dužina korijena, stabljike i ukupna dužina klijanca) pri različitim temperaturama (5 °C, 10 °C, 15 °C, 20 °C i 30 °C) naklijavanja.

2. PREGLED LITERATURE

2. 1. Značaj klijanaca soje u ljudskoj prehrani

Klijanci se razvijaju iz sjemena tijekom procesa klijanja. Velik su izvor bjelančevina, vitamina, minerala budući da se koriste u početnoj fazi rasta biljke, dok je njihova koncentracija vrlo visoka. Tijekom procesa klijanja količina antitnutritivnih tvari (tripsin inhibitor, fitinska kiselina, tanin) se smanjuje čime se popravljaju fitokemijska svojstva (Márton i sur., 2010). Zbog toga upravo klijanci kao funkcionalna namirnica imaju pozitivan utjecaj na ljudski organizam i održavanje zdravlja.

Prema USDA (2020.) 100 grama klijanaca zlatnog graha (*Vigna radiata*) ili soje (*Glycine max*) ima nutritivnu vrijednost 30 kcal i sadrže 90,4 g vode. Osim toga, kao i druga hrana biljnog podrijetla, klijanci ne sadrže kolesterol, koji s vremenom može uzrokovati prvenstveno aterosklerozu, a potom i ostale bolesti srca i krvožilja i time povećava rizik od kardiovaskularnih bolesti (Zempelas i Magriplis, 2019.).

Prema USDA (2020.), 100 g klijanaca soje sadrži 0,046 g zasićenih masnih kiselina (16:0 = 0,032 g i 18:0 = 0,008 g), zatim 0,022 g mononezasićenih masnih kiselina (18:1) i polinezasićenih masnih kiselina 0,058 g (18:2 = 0,042 g i 18:3 = 0,016 g).

Zanimljivo je istaknuti kako su folati u klijancima važni vitamini B skupine. Folat je oblik koji se nalazi prvenstveno u hrani i u ljudskom organizmu, i to u 90% slučajeva u formi 5-methyltetrahydrofolata (5-MTHF), a folna kiselina je osnovni sastojak dodataka prehrani koji služe kao nadopuna unosa vitamina B9. Preporuča se da su prosječne potrebe odrasle osobe 400 µg na dan, a kod trudnica i dojilja 600 µg/dan i 500 µg/dan, dok unos ovog vitamina hranom ne dostiže ni polovicu tih vrijednosti (Babić Božović i Vraneković, 2014.; Kaur, 2015.).

Treba istaknuti kako 100 g klijanaca soje sadrži 14,4 mg kolina (Tablica 4.). Povećan unos kolina prehranom utječe na rad nadbubrežne žlijezde (HPA osovina), koja kontrolira doslovno sve hormonske aktivnosti u organizmu. Pa tako utječe i na razinu kortizola koji predstavlja odgovor na stres te regulira metabolizam. Više kolina u majčinoj prehrani dovodi do manje koncentracije kortizola u fetusu što je važno kod razvoja mozga i leđne moždine kod fetusa (Zeisel i da Costa, 2009.; Wallace et al., 2018.). Najbogatiji izvor kolina je lecitin.

Drugi bogati izvori kolina jesu: žumanjak, jetra, pekarski kvasac, pšenične klice (Katalinić, 2011.).

Osim navedenog 100 g klijanaca soje ili zlatnog graha imaju 6 µg alfa karotena i 6 µg beta karotena (USDA, 2020.).

Tablica 4. Nutritivni sastav 100 g klijanaca soje ili zlatnog graha (USDA, 2020.)

Skupina	Sadržaj	Minerali	Sadržaj	Vitamini	Sadržaj
Proteini	3,04 g	Kalcij, Ca	13,0 mg	Askorbinska kiselina (C)	13,2 mg
Masti	5,94 g	Željezo, Fe	0,91 mg	Piridoksin (B6)	0,088 mg
Vlakna	1,80 g	Magnezij, Mg	21,0 mg	E	0,1 mg
Ugljikohidrati	5,94 g	Fosfor, P	54,0 mg	K	33 µg
		Kalij, K	149 mg	Tiamin (B1)	0,084 mg
		Natrij, Na	6 mg	Riboflavin (B2)	0,124 mg
		Cink, Zn	0,41 mg	Niacin (B3)	0,749 mg
		Bakar, Cu	0,164 mg	Folati	61 µg
		Selen, Se	0,6 µg	Kolin (B4)	14,4 mg

Bubrežni grah (*Phaseolus vulgaris* L.) je vrsta uobičajenog graha koji je dobio ime po obliku bubrega. Njihove klice su bogate bjelančevinama i malo kalorija i ugljikohidrata. Prema USD (100 grama) klice bubrežnog graha sadrži : 90,7 g vode, 29 kcal energije, 4,2 g proteina, 0,5 g masti, 38,7 mg vitamin C, 59 ug folat. Ove klice također su bogate melatoninom, molekulom koju naše tijelo također proizvodi za regulaciju ciklusa spavanja. Melatonin također ima antioksidacijska svojstva koja štite naše tijelo od slobodnih radikala, štetnih spojeva koji mogu dovesti do oštećenja stanica (Aguilera i sur., 2014.). Brojna istraživanja povezuju unos melatonina sa smanjenim rizikom od kroničnih bolesti, poput dijabetesa tipa 2 i srčanih bolesti .Prokljali bubrežni grah najbolje je konzumirati kuhanog. Možete ih kuhati, dinstati ili miješati, a zatim ih dodavati jelima poput gulaša i rezancaca.

Klice leće (*Lens culinaris*) prema USDA (2020.), u 100 grama sadrže: 67,34 g vode, 106 kcal energije, 8,96 g protein, 0,55 g masti, 16,5 mg vitamin C, 100 ug folata. Proces klijanja leće povećava fenolni sadržaj za čak 122%. Fenolni spojevi su skupina biljnih antioksidansa koji mogu pružiti antikancerogena, protuupalna i antialergijska svojstva (Singh i sur., 2017.).

Zbog povećane antioksidacijske sposobnosti, klice leće mogu smanjiti LDL (loši) kolesterol, čija visoka razina može povećati rizik od razvoja srčanih bolesti, dijabetesa tipa 2 i pretilosti (Huang i sur., 2008.). Za razliku od klica bubrežnog graha, klice leće mogu se uživati i kuhane ili sirove.

Klice graška (*Pisum sativum* subsp. *arvense*) karakteristične su po pomalo slatkom okusu. I zeleni i žuti grašak mogu proklijati. Prema USDA (2020.), 100 grama kloca graška sadrži: 62,27 g vode, 124 kcal energije, 8,8 g proteina, 0,68 g masti, 10,4 mg vitamina C, 144 ug folata. Klice graška sadrže gotovo dvostruko veću količinu folata (B9) kao sirovi grašak. Manjak ovog vitamina može rezultirati urođenim oštećenjima (Czeizel i sur., 2013.). Klice graška su nježnije od većine klica. Dobro se kombiniraju s lisnatim zelenilom u salatama, ali mogu se i pržiti.

Klice slanutka (*Cicer arietinum*) lako se prave i potrebno im je oko 2 dana da prokliju, što je relativno brzo. Sadrže više proteina od ostalih klica i puni su hranjivih sastojaka. Prema USDA (2020.), 100 grama klica slanutka sadrži: 7,68 g vode, 378 kcal energije, 20,47 g proteina, 6,04 g masti, 4 mg vitamina C, 557 ug folata. Zanimljivo je da je pokazano da klijanje drastično povećava ukupni sadržaj izoflavona u slanutaku za više od 100 puta. Izoflavoni su fitoestrogen – biljni spoj koji oponaša ulogu hormona estrogena (Wu i sur., 2012.). Proklijali slanutak može se jesti sirov kao brz i hranjiv međuobrok ili ga pomiješati kako bi se stvorio sirovi hummus.

Klice Mung graha ili zelene soja (*Vigna radiata*) potječu iz graha mung, koji se uglavnom uzgajaju u istočnoj Aziji, ali su također popularni u mnogim zapadnim restoranima i trgovinama. Imaju izuzetno nizak broj kalorija, prema USDA (2020.), 100 grama klica mung graha sadrži: 90,4 g vode, 30 kcal energije, 3,04 g proteina, 0,18 g masti, 13,2 mg vitamina C, 61 ug folata. Proklijavanje povećava sadržaj flavonoida i muškog zrna graha do 7 i 24 puta. Zauzvrat, to pojačava njihova antioksidacijska svojstva (Guo i sur., 2012.). Štoviše, neka istraživanja povezuju ove klice s potencijalnim antikancerogenim koristima boreći se protiv štetnih slobodnih radikala (Sawa i sur., 1999.). Slično tome, studija na ljudskim stanicama tretiranim ovim ekstraktom otkrila je toksičan učinak na stanice raka - bez oštećenja zdravih stanica (Hafidh i sur., 2012.). Mung grah je osnovni sastojak azijske kuhinje i stoga su savršeni za jela poput pržene riže i proljetnih peciva.

Klice Adsuki graha (*Vigna angularis*) je mali crveni grah koji se uzgaja u istočnoj Aziji i vrlo je sličan mung grahu. Prema USDA (2020.), klijanci adsukog graha u 100 grama sadrže: 13,4 g vode, 329 kcal energije, 19,9 g proteina, 0,53 g masti, 622 ug folata. Kao i kod većine proklijalog graha, grah adzuki koji raste i povećava udio fenolnih antioksidanata za 25%. Najistaknutiji fenolni spoj u tim klicama je sinapinska kiselina (Khang i sur., 2016.). Sinapinska kiselina ima mnoga svojstva koja promiču zdravlje, uključujući poboljšani nadzor šećera u krvi i protuupalne, antibakterijske i antikancerogene učinke. Klice Adzuki graha imaju orašasti okus i mogu se dodavati sirovima u salate, obloge i smoothieje. Možete ih kuhati i u juhi.

Klice lucerne (*Medicago sativa*) u 100 grama sadrže (USDA, 2020.): 30,6 g vode, 7,59 kcal energije, 1,23 g proteina, 2.71 mg vitamina C, 11.9 ug folata, 10.1 ug vitamina K (filokinon). Klice lucerne sadrže visoke vitamine K. Iako to koristi većini ljudi, može biti opasno za druge. Visoke doze vitamina K mogu uzrokovati da su lijekovi za razrjeđivanje krvi, poput varfarina, manje učinkoviti. Stoga je važno da ljudi koji uzimaju ove lijekove izbjegavaju velike promjene u njihovom unosu vitamina K (Mousa i sur., 2010.).

Prema USDA (2020.), 100 g klica brokule (*Brassica oleracea* var. *italica*) sadrži: 36 kcal energije, 3,57 g proteina, 107 mg kalcija, Ca, 1,43 mg željeza, Fe. Blagotvorna svojstva klica brokule se uglavnom pripisuju tome da smanjuje oksidativni stres aktivacijom antioksidansa (Wu i sur., 2004.). Unosom klijanaca brokule kod bolesnika s dijabetesom tipa 2, smanjena je peroksidacija lipida i povećan antioksidacijski kapacitet (Bahadoran i sur., 2011.; 2012.). Klice brokule imaju jak, ljut okus i odličan su dodatak salatama, sendvičima i jelima s rižom. Sadrže čak 50 puta više sulforafana nego brokula kao povrće. Terapijski potencijal sulforafana danas je predmet brojnih kliničkih ispitivanja, a osobito se istražuje njegov antikancerogeni učinak. Prema jednoj studiji japanskih znanstvenika konzumiranje 70 grama klica brokule tijekom 2 mjeseca štiti od niza želučanih tegoba povezanih s *Helicobacter pylori*.

Pšenične klice (*Triticum*) nam daju dvostruko više vlakana nego komad pšeničnog kruha, a klijanjem se u njima količina vitamina povećava, kao i razni probavni enzimi i nutrijenti. Proklijana zrna pšenice izrazito su zdrava jer su bogata vitaminima E, C, B, aminokiselinama, bjelančevinama, vlaknima, mineralima poput fosfora, kalija, magnezija. Radi toga štite i jačaju naš imunitet i srčani mišić, snižavaju štetni LDL-kolesterol i trigliceride, pozitivno djeluju na živčani sustav, štite nas od stresa, blagotvorno djeluju na

probavu, probavnu mikrofloru i stimulaciju crijeva. Duža upotreba pšeničnih klica poboljšava vid, pozitivno djeluje na zube, kosu, nokte i kožu.

2. 2. Utjecaj temperature na klijavost soje

Optimalna temperatura za ispitivanje klijanje sjemena soje prema ISTA (2006.) pravilniku je 25 °C ili izmjena dnevnih i noćnih temperatura tako da 16 h treba držati nižu temperaturu, tj. 20 °C, a 8 h višu temperaturu od 30 °C.

Sjeme mora biti klijavo kako bi proces klijanja započeo te se ekološki čimbenici i dormantnost moraju biti zadovoljeni. U ekološke čimbenike potrebne za klijanje ubrajamo: vodu, temperatura, kisik, svjetlost, pH tla te stupanj zaslanjenosti tla. Prema ISTA, 2006 proces klijanja odvija se u 4 stadija : usvajanje vode ,formiranje enzimskih sustava, početak razvoja klijanaca i daljnji rast i razvoj klijanaca. Sve faze tijekom klijanja pod utjecajem su temperature koji ima i indirektan utjecaj na klijanje, pošto je kod nekih vrsta odgovarajuća temperatura potrebna za prekid dormantnosti. Važna su nam 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). Klijanje sjemena soje u Hrvatskoj odvija se pri različitim temperaturama (Tablica 5.) jer se sjetva može obavljati u redovitim rokovima u travnju i kao prostrni usjev (u lipnju ili početkom srpnja).

Tablica 5. Minimalne i optimalne temperature potrebne za klijanje soje

Kultura	Minimalna temperatura (°C)	Optimalana temperatura (°C)	Izvor
Soja, soybean (<i>Glycine max</i> L. Merr.)	8-10	25	Lešić i sur., 2004

Minimalna temperatura za klijanje sjemena crvene djeteline, kao i drugih sitnozrnih leguminoza te trava kreće se između 0 i 1 °C a optimalna između 15 i 25 °C Istraživanja Moot i sur. (2000.) pokazala su da klijavost sjemena sitnozrnih leguminoza i trava raste linearno prema optimalnim temperaturama. Međutim, Klos i Brummer (2000.) utvrdili su

razlike u energiji klijanja i klijavosti sjemena između kultivara iste vrste na istim temperaturama. Utjecaj promjene temperatura na rast i klijanje biljke ima jako veliki značaj u sadašnjem dobu globalnog zagrijavanja i klimatskih promjena, ove promjene mogu narušiti stabilnost ekosustava. Prema *The Intergovernmental Panel on Climate Change* IPCC (<https://www.ipcc.ch/>), temperature će se povećati za 2,5-4,5 °C zbog oslobađanja ugljičnog dioksida i stakleničkih plinova. Temperature će znatno utjecati na budući opstanak pojedinih vrsta biljaka zbog izdržljivosti na vike temperature. Soja najbolje uspjeva pri dnevnoj temperaturi od 29 °C.

Temperature veće od 29 °C mogu smanjiti broj mahuna, dok temperature iznad 37 °C ozbiljno ograničavaju stvaranje mahuna. Tijekom razdoblja punjenja sjemena, dnevne temperature od 32–35 °C smanjuju broj sjemena po biljci

Temperatura također ima veliki utjecaj na nodulaciju soje. Na temperaturi tla većoj od 30 °C smanjuje se stvaranje i stvaranje nodula. Pokrovnost tla soje može smanjiti temperaturu tla. Međutim, na poljima bez gdje troliske ne pokrivaju tlo, visoke temperature tla mogu rezultirati smanjenom nodulacijom i fiksacijom dušika. Primjena dušičnog gnojiva može povećati prinos soje pod stresom; međutim, to može imati neke ekološke i ekonomske posljedice. Primjenom uree na topla i vlažna tla dolazi do gubitka dušika kao plina. Osim toga, u suhim vremenskim uvjetima, dušik se možda neće spustiti u tlo i biti pristupačan korijenu soje. Chennupati i sur. (2011.) izvijestili su da soja ima niz spojeva, uključujući tokoferole i izoflavone, s mogućim zdravstvenim koristima. Na koncentracije izoflavona i tokoferola, kada su biljke soje izložene visokim temperaturama, negativno utječu.

2. 3. Negativni čimbenici klijavosti soje

Soja je osjetljiva biljka pod stresom, njen rast i razvoj te prinos opadaju u nepovoljnim uvjetima. Raspodjela ugljika spada među najvažnije učinke stresa kod ove biljke. Kada dodje do negativnog učinka te je biljka pod stresom proces fotosinteze smanjuje dodjelu ugljika. Aktivnosti enzima koji reguliraju raspodjelu ugljika u različitim dijelovima biljke također su od značaja za stres. Pokazalo se da su pod stresom aktivnosti enzima, kao što je invertaza, koji su u stanju mobilizirati saharozu u vakuolu i povećati ju (Roitsch, 1999.), razina ugljikohidrata je također pod utjecajem primjerice zaslanjenosti (Gilbert i sur., 1997).

Chiera i sur. 2002. istraživali su učinke nedostatka fosfora (P) na rast i razvoj mladih biljaka soje. Procijenili su apikalni meristem i strukturu lišća. Istraživali su abiotški i biotski stres u proizvodnji soje kako bi se utvrdila uloga stanične diobe i širenja u regulaciji veličine i broja lista. Sjeme je klijalo u klima komorama, a zatim je podvrgnuto manjku P tijekom 32 dana. Brzina inicijacije u rast listova značajno su se smanjile iako su veličina apikalne kupole i broj stanica bili slični onima u kontrolnim biljkama. Autori su u ovim istraživanjem zaključili da pod P stresom ograničen je broj dijeljenja stanica te je ograničen je rast soje.

Zaslanjenost tala je globalni problem u poljoprivredi, procjenjuje se da je oko 900 milijuna ha tala zaslanjeno. Zaslanjenost je glavni abiotški stres koji narušava ekološku održivost poljoprivrede, utječe negativno na rast i reproduktivnost biljaka. Pretjerana gnojidba i navodnjavanje pogoršavaju salinitet tla. Prema FAO ako se ne poduzmu potrebne metode zaslanjenost tala do 2050. godine biće 50 % čitavog obradivog zemljišta.

Soja je biljka koje je umjereno tolerantna na solni stres. Solni stres negativno utječe na različite osobine, kao što su klijanje sjemena, rast i razvoj biljke, kloroza listova, smanjenje broja internodija, konačni prinos i sastav te kvalitetu sjemena. Osim toga solni stres može dovesti i do odumiranja cijele biljke. NaCl, to je sol koja se najčešće nalazi u prirodi, ima dva glavna učinka na biljke soje zbog svog osmotskog potencijala i ionske toksičnosti. U normalnim uvjetima osmotski potencijal u biljnim stanicama je veći nego u otopini tla. Biljne stanice koriste taj veći osmotski potencijal da u korijenske stanice iz otopine tla preuzmu vodu i esencijalne minerale. Međutim, pod utjecajem soli, veći osmotski potencijal u otopini tla povezan je s osmotskim potencijalom biljnih stanica (veća koncentracija soli) uskraćuje sposobnost biljke da apsorbira vodu i druge potrebne hranjive tvari (Munns, 1993.). Provedena su različita istraživanja kako bi se istražilo djelovanje saliniteta na sposobnost rasta i N-fiksacije soje.

Miransari i Smith (2007. i 2009.), proveli su poljski pokus i pokus u kontroliranim uvjetima kako bi ocijenili reakciju soje . U poljskim uvjetima uz pomoć natrijevog klorida utvrđena je povoljan utjecaj na rast u početnim fazama. Sjeme soje inokulirano je *Bradirhizobium japonicum* zasijano u zaslanjeno tlo uz primjenu genisteina. U različitim fazama rasta uzorkovanje biljaka i određeni su različiti parametri uključujući razvijenost listova i nodulacija (težina i broj).

Suša negativno utječe na usjeve i poljoprivredu usporava metaboličku aktivnost. Utjecaj suše mijenja morfološke osobine soje, kao i smanjenu količinu i kvalitetu sjemena te broj mahuna i suhu masu. Prinos soje drastično opada pod utjecajem suše čak i do 24-50%.

Eck i sur. (1987.) proveli su poljski pokus u uvjetima stresa protiv suše. Rezultati su pokazali smanjenje prinosa sjemena za 45% i 88%.

Voda je važan faktor kod proizvodnje soje, količina oborina tijekom vegetacijske sezone iznosi 600 mm. Smanjenje prinosa sjemena soje zbog suše je 40%; s obzirom na svojstva genotipa. Soja se smatra tolerantna prema nedostatku vlage, ali je bitan faktor kod klijanja, cvatnje i formiranje mahuna. Vodeni stres tijekom rasta i razvoja negativno utječe na cvatnju i zametanje plodova nakon cvatnje te na prinos. Prekomjerne kiše mogu odgoditi sjetvu i klijanje sjemena te povećava aktivnost patogena i anaerobne uvjete. Svojstva soje uključujući površinu lista, osjetljivost fotoperioda, tolerancija na toplinski stres, podešavanje osmotskog potencijala, dubina i gustoća korijena, stomatalne aktivnosti određuju toleranciju na stres. Stanley i sur., 1980 pokazuju u poljskom pokusu i laboratorijskim ispitivanjima da je soja koja se odnosi na ostale mahunarke relativno tolerantna na neprekidno isušivanje. U nedostatku bolesti, ona se brzo odnavlja.

Desclaux i sur. (2000.) usmjerili su sveobuhvatnu analizu sastojaka prinosa kada su genotipovi soje bili izloženi sušnom stresu u različitim razvojnim fazama. U ovom eksperimentu, stanje stresa uspostavljeno je povremenim zadržavanjem zalijevanja 4–5 dana, sve dok raspoloživa voda biljke nije smanjena na 50% ili 30% od one u normalnim uvjetima. Zanimljivo je da više od 30% svjetskog stanovništva boravi u mjestima s nedostatkom vode. S obzirom na povišene koncentracije CO₂ i klimatske promjene u budućnosti, sušni stres postaje još jači i učestaliji.

Pawłowska i Charvat (2004.) istraživali su učinak teških metala na aktivnosti različitih mikoriznih vrsta. Proizvodnja spora bila je osjetljivija na stres teškim metalima.

Procjenom različitih faza rasta gljivice *G. etunicatum* pokazalo je da gljive mogu preživjeti stres teških metala koristeći strategiju izbjegavanja metala. Takvi rezultati mogu biti korisni za uzgoj soje u blizini teških metala. Sjeme soje posijano u hranjivoj otopini tretiranoj kadmijem i niklom imalo je manji porast, a najveća koncentracija teških metala pronađena

je u korijenu. Najveće koncentracije kadmija bile su u kotiledonu i testu. Sadržaj metala u sjemenu povećavao se s dobi biljke. Sadržaj nikla u sjemenima bio je veći nego u mahunama, iako za kadmij razlika nije bila značajna. Zbog smanjene razine lipida, proteina i ugljikohidrata, kadmij je smanjio prinos sjemena. Iako je nikal smanjio broj sjemena, na prinos sjemena nije utjecao. Prema istraživanjima, teški metali mogu odgoditi proces fiksacije N u soji. Na primjer, prisutnost arsena u hranjivoj otopini odgodila je vrijeme neophodno za nodulaciju korijena soje i smanjila broj nodula po biljci. Stres je također smanjio korijen i smanjio rast korijena i nadzemnih dijelova soje

Jedan vanjski faktor koji može negativno utjecati na nodulaciju u usjevima soje je nepovoljan pH tla. Na soju negativno utječe kiselost kada pH padne ispod 4,7 pH tla opada kako se povećava kiselost, a pH je stopa kiselosti kao negativni logaritam koncentracije H⁺ iona. Soja većinom raste u tlu pri pH 5,5–7, dok je optimalni pH 6,8. Do smanjenja proizvodnje dolazi zbog kemijskih svojstava kiselog tla s visokim udjelom aluminija, željeza i mangana. Procijenjena površina u svijeta koja ima potencijalno kisela tla (pH <5,5) iznosi oko 30%, što uključuje 40% obradivog zemljišta (Von Uexkull i Mutert, 1995.) Nizak pH tla smanjuje dostupnost hranjivih tvari, povećava toksičnost Al³⁺ i općenito je nepovoljan za prinose usjeva. Procijenjeno je da je toksičnost Al³⁺ među ograničavajućim čimbenicima produktivnosti biljaka u 67% kiselih regija tla na svijetu.

Dušična gnojiva koja se koriste za proizvodnju soje (75% od 3,6 milijuna tona), posebno u kiselim uvjetima, ukazuje na važnost nodulacije i fiksacije dušika zbog niskog pH tla. Smanjena nodulacija koja se primjećuje u kiselom tlu jedan je od razloga za ometanje rasta i razvoja biljaka. Budući da kisela tla imaju i nedostatak minerala i toksičnost, potrebno je razviti genotipove soje tolerantne na kiselost kako bi se prevladalo ograničenje smanjenog prinosa.

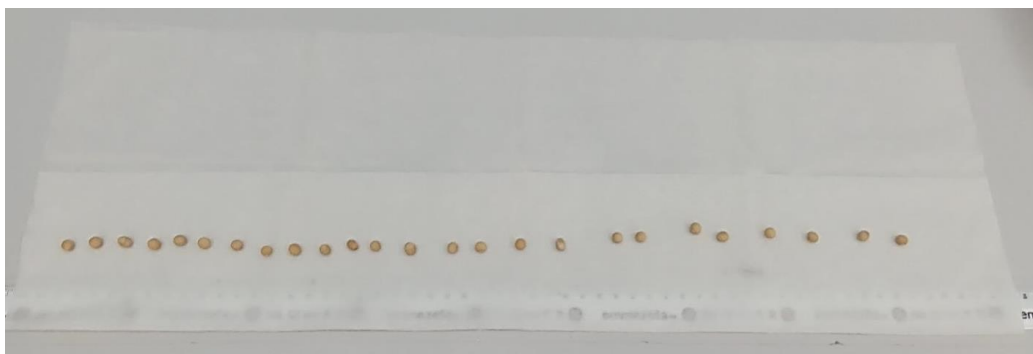
3. MATERIJAL I METODE

3. 1. Ispitivanje klijavosti

Ispitivanje klijavosti sjemena soje sorte Ika (Poljoprivredni institut Osijek) provedeno je u kontroliranim uvjetima u klima komori (Fitoclima, Aralab), Laboratorija za analizu ratarskih usjeva, Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek. Ispitivanje klijavosti provedeno je u skladu s pravilnikom ISTA - *International Seed Testing Association* (2016.).

Prije sjetve soje u 12 ponavljanja određena je masa 1000 sjemenki soje, koja je iznosila 206,95 g. Osim toga, pomoću digitalne hektolitarske vage (Aquamatic 5200-A, Perten), također u 12 ponavljanja određena je hektolitarska masa (masa 100 litara sjemena izražena u kg) sjemena koja je iznosila 75,69 kg hl⁻¹.

Kako bi se utvrdio utjecaj temperature na klijavost i morfološke karakteristike klijanaca soje sorte Ika, ispitivanje klijavosti je provedeno na 5 različitih temperatura: 5 °C, 10 °C, 15 °C, 20 °C i 30 °C. Za svaku temperaturu sjeme soje posijano je u 8 ponavljanja po 25 sjemenki te naklijavano metodom rolanog filter papira.



Slika 2. Posijane sjemenke soje jednog ponavljanja na filter papir 580 mm × 290 mm (Tót, 2020.)

Filter papir (Munktell, 80g/qm), prilagođenih dimenzija 580 mm × 290 mm. Filter papir je navlažen s 25 ml vodovodne vode. Kako bi se precizno mogla odrediti veličina i masa svakog klijanca, ovisno o temperaturi naklijavanja i masi i promjeru sjemena, nakon vlaženja filter

papira, posijano je po 25 sjemenki na filter papir (Slika 2.) koji je nakon toga zarolan i pohranjen u PVC vrećicu s pripadajućom oznakom (Slika 3.).

Ukupno je za svaku temperaturu posijano 400 sjemenki, odnosno za cijeli pokus posijano je 2 000 sjemenki soje.



Slika 3. Uzorci sjemena soje s oznakom postavljeni na naklijavanje na rolanom filter papiru i pohranjeni u PVC vrećicu (Tót, 2020.)

3. 2. Određivanje veličine sjemena i morfoloških pokazatelja klijanaca

Prije postavljanja na naklijavanje svakoj sjemenki soje određena je masa (g sjeme^{-1}) pomoću precizne vage (Kern) (Slika 3.).



Slika 3. Određivanje mase pojedinačnih sjemenki soje (Tót, 2020.)

Osim mase pojedinačnog sjemena, svakoj sjemenki soje je pomoću ručnog kljunastog pomičnog mjerila (Šubler) određen promjer (mm) svake sjemenke (Slika 4.).



Slika 4. Određivanje promjera pojedinačnih sjemenki soje pomoću ručnog kljunastog pomičnog mjerila (Tót, 2020.)

Nakon 8 dana, po završetku ispitivanja klijavosti, određeni su masa klijanaca (g klijanac^{-1}) (Slika 5.) te su određeni morfološki parametri (Slika 6.): dužina korijena (cm), stabljike (cm) i ukupna dužina klijanca (cm).



Slika 5. Određivanje mase klijanca soje nakon 8 dana na temperaturi 15°C (Tót, 2020.)



Slika 6. Određivanje dužine klijanca soje nakon 8 dana na temperaturi 15°C (Tót, 2020.)

3. 3. Statistička obrada podataka

Svi podaci obrađeni su u pomoću Microsoft Excel programa, a dobiveni podaci su obrađeni statistički obrađeni u SAS Enterprise Guide 7.1. (SAS Institute Inc., 2003.). Statistička obrada podataka o istraživanim svojstvima je provedena pojedinačnom analizom varijance uz korištenje F testa. Značajnost razlika između prosječnih vrijednosti ispitivanih faktora i tretmana je ocjenjena LSD-om na razini $p < 0,05$, odnosno 95%.

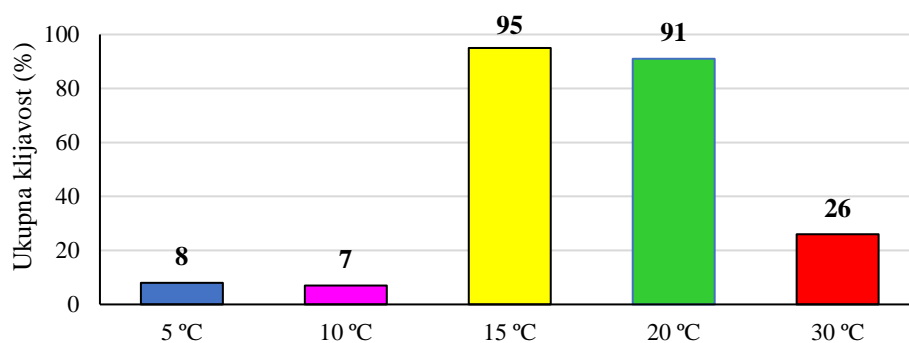
Korelacijska analiza također je izračunata u statističkom programu SAS Enterprise Guide 7.1. Za opisivanje korelacija korišten je Pearsonov koeficijent korelacije između ispitivanih parametara sjemena i klijanaca soje na svakoj istraživanoj temperaturi.

4. REZULTATI I RASPRAVA

U ovom istraživanju praćen je utjecaj temperature naklijavanja, mase i promjera sjemena soje na ukupnu klijavost sjemena soje te dužinu razvijenuh klijanaca soje nakon 8 dana naklijavanja.

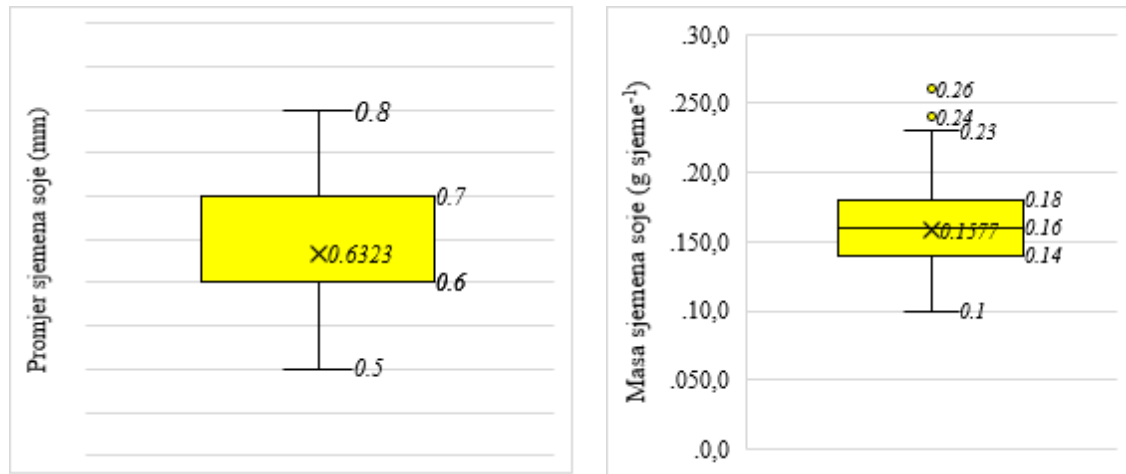
4. 1. Utjecaj temperature i veličine sjemena na klijavost sjemena soje

Ukupna klijavost (Grafikon 1.) sjemena soje sorte Ika je ovisno o temperaturi nakon 8 dana najveću klijavost imala na temperaturi 15°C (95%), a najmanju na temperaturi 10°C (7%). Prema Vratarić i Sudarić (2008.) minimalne temperature za klijanje soje su od 6 do 7 °C, ali samo za neke sorte. U ovo istraživanje je pri 5°C i 10 °C ukupna klijavost sjemena sorte Ika bila niska (8, odnosno 7%), što upućuje na to da je taj kultivar osjetljiv na niske temperature. Vratarić i Sudarić (2008.) nadalje navode kako su temperature od 12 do 14 °C dovoljne za klijanje soje, a da su najoptimalnije temperature između 15 i 25 °C. Autorice nadalje navode kako pri visokim temperaturama od 33°C, sjeme brzo proklija, ali su klice tanke.



Grafikon 1. Ukupna klijavost sjemena soje ovisno o temperaturi klijavosti nakon 8 dana

Promjer sjemenke i masa pojedinačnog sjemena određena je na ukupno 2000 sjemenki. Promjer sjemena soje iznosio je prosječno 0,6 cm, s tim da je najmanji izmjeren promjer bio 0,5 cm, a najveći 0,8 cm (Grafikon 2. - lijevo). Prosječna masa sjemena je iznosila približno 0,16 g sjeme⁻¹ (Grafikon 2. – desno). Masa sjemena kretala se od 0,10 g sjeme⁻¹ do 0,26 g sjeme⁻¹.



Grafikon 2. Kutijasti dijagram promjera sjemena soje (lijevo) i mase sjemena (desno) sorte Ika prije naklijavanja (N=2000)

Koo i sur. 2(015.), izvršili su jedan pokus pri kojem su pratili dužinu razvoja klice soje kultivara Pungsannamulkong i Pungwon pri različitim temperaturama od 20° C i 25° C (Tablica 6.).

Tablica 6. Morfološke karakteristike klijanaca soje prema istraživanju Koo i sur. (2015.)

Varijetet	Temperatura	Dužina klijanca (cm)	Dužina hipokotila (cm)	Debljina hipokotila (cm)
Pungsannamulkong	20 °C	14,46	6,93	2,08
	25 °C	30,38	16,34	2,25
Pungwon	20 °C	13,94	6,96	2,06
	25 °C	27,99	15,83	1,94

Tim istraživača Koo i sur. (2015.) su odabrali 20 g sjemena oba kultivara te su ih postavili u plastične boce na kojima su predhodno napravili nekoliko sitnih rupa na dnu. Boce su 8 sati bile natopljene u vodenoj kupelji a zatim premještene u klima komore u kojima se svakih 4 sata prskala voda na klice pomoću automatskih prskalica svake 4 minute. Sjeme je postavljeno na klijanje u mraku na 5 dana. Nakon 5 dana pokus s različitim temperaturama doveo je do značajnih razlika u ukupnoj vrijednosti duljine, duljine hipokotila i prinosa klice. Debljina hipokotila bila je slična na obje temperature, međutim ukupna vrijednost duljine, duljina hipokotila nakon 25 °C 2 puta je bio duži nego na 20 °C. Klijanje na 25° C je puno

učinkovitije nego na 20 °C. Usporedba pokusa Koo i sur. (2015.), s našim pokusom metodom filter papira u kojem su klijanci sorta Ika na 20 °C iznosili 10,00 cm. Utvrđeno je da različite sorte daju različite rezultate na istoj temperaturi .

Bukvić i sur. (2006.) godine proveli su pokus u kojem su istraživali utjecaj temperature na svojstvo sjemena i klijanaca kultivara crvene djeteline Croatia, Diana i Viola .U laboratorijskim uvjetima metodom rolanog papira istraživali su utjecaj temperature od 10°C i 20 °C. Na namočeni filter papir postavili su 100 sjemenki, zarolani filter papir su stavili u PVC vrećice te su ih stavili u klima komore na 10 dana . Iz rezultata očitavamo da dužina korjenčića klijanaca crvene djeteline značajno je ovisila o temperaturi. Prosječna dužina korijenčića kretala se oko 0,818 cm. Najkraći korijenčić imala je sorta Croatia na 10 °C je iznosilo 1,008 a najduži korijenčić je imala sorta Diana na 20 °C iznosilo je 2,166 cm. Klijanci kultivara Dijane bili su u prosjeku najduži, dok između Viole i Croatie nije bilo razlika. Najveće razlike u dužini klijanaca u zavisnosti od temperature dobivene su kod kultivara Dijana (4,417 cm), a najmanje kod Viole (3,604 cm). Za klijanje sjemena i rast klijanaca kultivara Diana pogodne više, a za kultivar Viola niže temperature.

4. 2. Utjecaj temperature i veličine sjemena na morfološke karakteristike klijanaca

U ovom istraživanju utvrđen je utjecaj temperature naklijavanja i veličine sjemena na masu sjemena ili masu klijanaca. Osim mase sjemena i/ili klijanaca pri temperaturama 15, 20 i 30 °C izmjerena je ukupna dužina klijanaca i dužina posebno korijena i stabljike (cm). Na nižim temperaturama (5 i 10 °C) nije bilo moguće izmjeriti dužinu klijanaca jer se oni nakon 8 dana nisu razvili. Tako da je u tim tretmanima određena samo masa nabubrenog sjemena soje 8. dan.

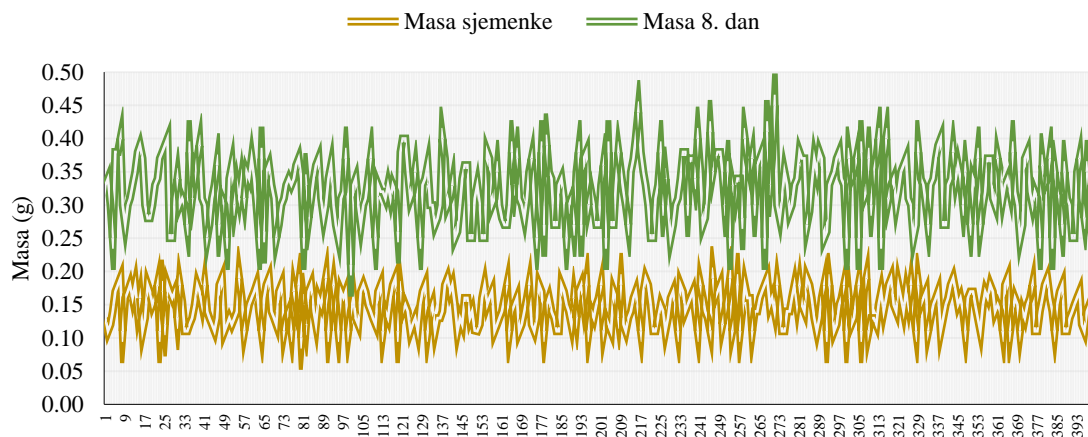
4.2.1. Masa sjemena i masa klijanca

Sjeme da bi proklijalo treba upiti više od 50% svoje mase (Pospišil i sur., 2014.). Prosječna masa klijanca u ovom istraživanju iznosila je 0.46 g klijanac⁻¹ (Tablica 7.). Prema prosjeku mase sjemenke (0.16 g sjeme⁻¹) masa klijanca je uvećana za 65%.

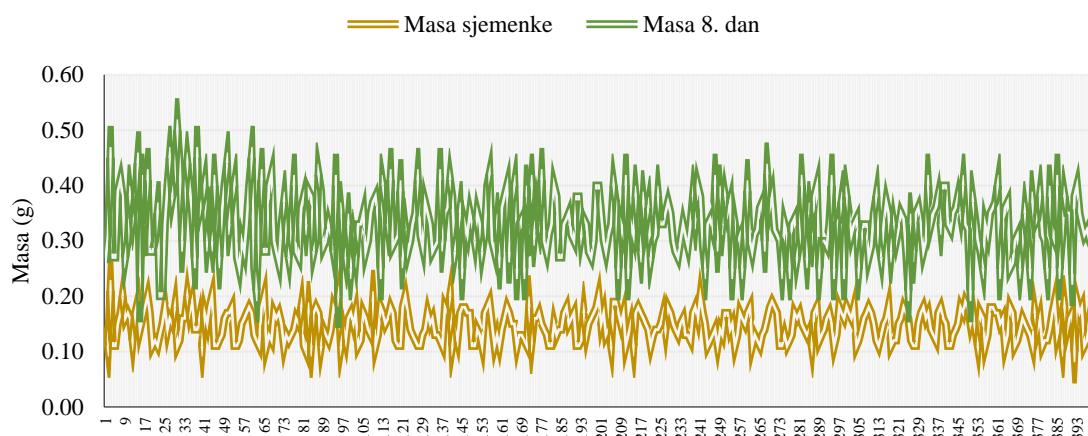
Tablica 7. Svježa masa nabubrenog sjemena soje ili klijanaca nakon 8 dana (značajnost na razini 95% označena je različitim slovima unutar kolone)

Temperatura	Masa sjemenke (g)	Masa klijanca ili nabubrenog sjemena (g)
5 °C		0,32 ^d
10 °C		0,33 ^d
15 °C	0,16	0,45 ^c
20 °C		0,73 ^a
30 °C		0,49 ^b
Prosjek		0, 46

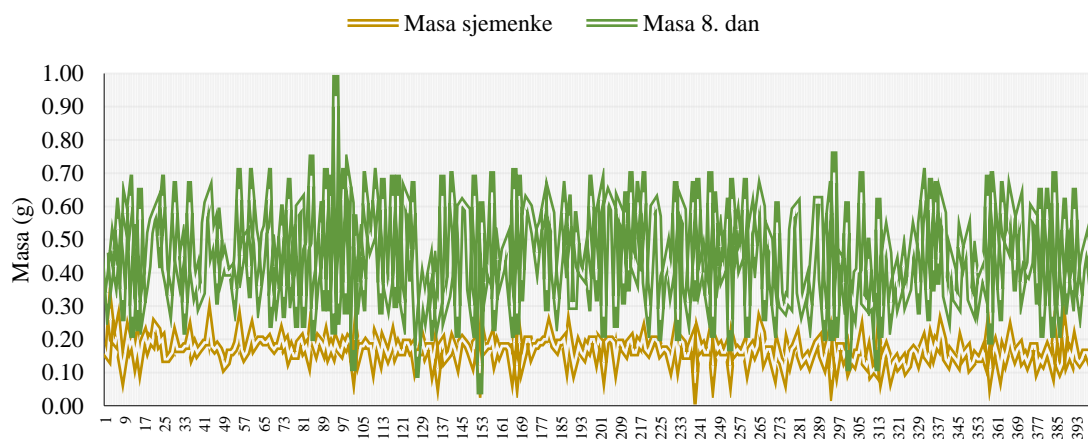
Prema mjerenju 400 sjemenki i mase sklijanaca 8. dan, utvrđeno je kako se masa kljanaca pri 5 °C kretala od 0,22 do 0,45 g po klijanacu (Grafikon 3.). Na tako niskoj temperaturi klijanci su bili prilično mali u odnosu na klijance drugih temperatura. Na temperaturi od 10 °C se masa klijanaca kretala od 0,20 do 0,50 g po klijanacu (Grafikon 4.).



Grafikon 3. Kretanje mase sjemena prije naklijavanja i masa nabubrene sjemenke ili klijanca soje 8. dan na 5°C (N=400)

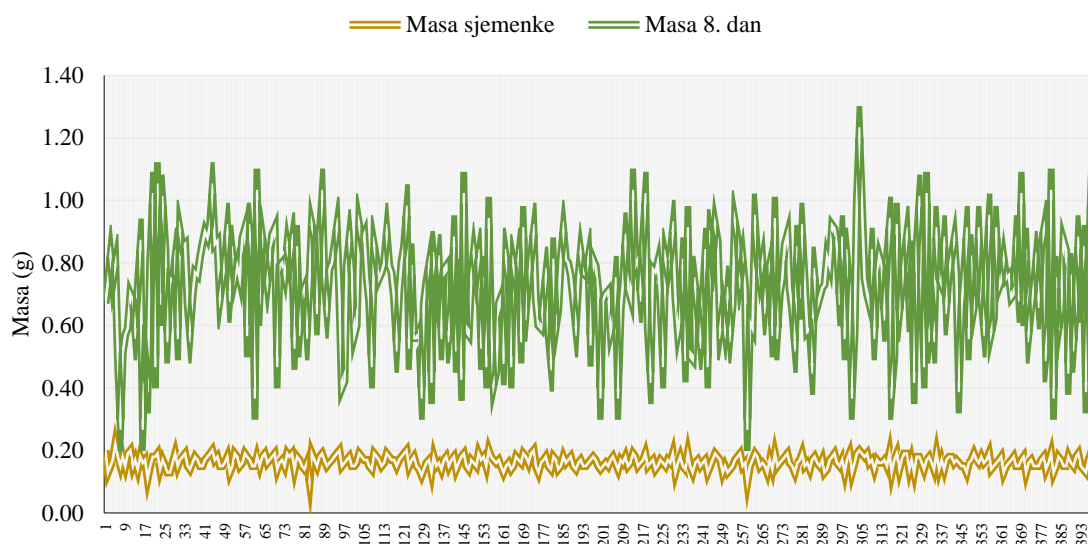


Grafikon 4. Kretanje mase sjemena prije naklijavanja i masa nabubrene sjemenke ili klijanca soje 8. dan na 10°C (N=400)

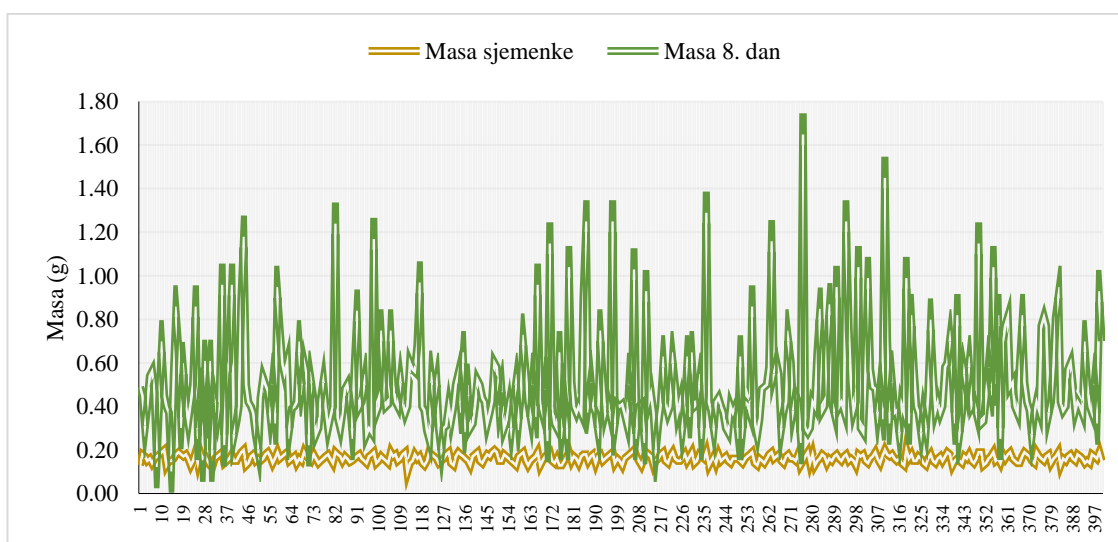


Grafikon 5. Kretanje mase sjemena prije naklijavanja i masa nabubrene sjemenke ili klijanca soje 8. dan na 15°C (N=400)

Veća temperatura, od 15 °C je pozitivno utjecala na razvoj klijanaca, čija se masa na tom tretmanu kretala od 0,13 g po klijancu do 0,90 g po klijancu (Grafikon 5.). Pri optimalnoj temperaturi za ispitivanje klijavosti, od 20 °C masa klijanaca soje kretala se od 0,30 do 1,20 g po klijancu (Grafikon 6.). Na najvišoj temperaturi od 30 °C, masa klijanaca se kretala od 0,15 do 1,60 g po klijancu (Grafikon 7.).



Grafikon 6. Kretanje mase sjemena prije naklijavanja i masa nabubrene sjemenke ili klijanca soje 8. dan na 20°C (N=400)



Grafikon 7. Kretanje mase sjemena prije naklijavanja i masa nabubrene sjemenke ili klijanca soje 8. dan na 30°C (N=400)

4.2.2. Dužina klijanca

Prosječna dužina klijanaca soje u ovom istraživanju iznosila je 3,0 cm (Tablica 8.). Treba istaknuti kako je između ukupne dužine klijanaca utvrđena statistički značajna razlika ovisno o temperaturi naklijavanja na razini 95% ($p < 0,05$). Najveći klijanci razvili su se pri 20 °C i iznosili su prosječno 10,0 cm. Podjednaku dužinu imali su klijanci na 15°C i 30 °C (2,2, odnosno 2,4 cm), između kojih nije utvrđena statistički značajna razlika. Pri nižim temperaturama, dužina klijanaca je bila najmanja i iznosila je 0,4 cm na 5°C i 0,3 cm na 10 °C, pri čemu razlike u dužini klijanaca nisu bile statistički značajne.

Tablica 8. Ukupna dužina (cm) klijanaca soje nakon 8 dana (značajnost na razini 95% označena je različitim slovima unutar kolone)

Temperatura	Ukupna dužina klijanaca (cm)
5 °C	0,4 ^c
10 °C	0,3 ^c
15 °C	2,2 ^b
20 °C	10,0 ^a
30 °C	2,4 ^b
Prosjek	3,0

Tablica 9. Dužina stabljike (cm) klijanaca soje nakon 8 dana (značajnost na razini 95% označena je različitim slovima unutar kolone)

Temperatura	Dužina stabljike (cm)
15 °C	1,4 ^b
20 °C	3,2 ^a
30 °C	0,8 ^c
Prosjek	1,8

Prosječna dužina klijanaca soje u ovom istraživanju iznosila je 1,8 cm (Tablica 9.). Treba istaknuti kako je između ukupne dužine klijanaca utvrđena statistički značajna razlika ovisno o temperaturi naklijavanja na razini 95% ($p < 0,05$). Najveći klijanci razvili su se pri 20° C i iznosili su prosječno 3,2 cm. Klijanci na 15°C i 30° C imali su različite dužine (1,4 na 15° C odnosno 0,8 cm na 30°C), između kojih je utvrđena statistički značajna razlika. Pri većoj

temperaturi, dužina klijanaca je bila najmanja i iznosila je 0,8 cm pri čemu su razlike u dužini klijanaca bile statistički značajne.

Prosječna dužina klijanaca soje u ovom istraživanju iznosila je 3,0 cm (Tablica 10.). Treba istaknuti kako je između ukupne dužine klijanaca utvrđena statistički značajna razlika ovisno o temperaturi naklijavanja na razini 95% ($p < 0,05$). Najveći klijanci razvili su se pri 20 °C i iznosili su prosječno 6,8 cm. Klijanci na 15 °C i 30 °C imali su različite dužine (0,7 na 15 °C odnosno 1,6 cm na 30 °C), između kojih je utvrđena statistički značajna razlika. Pri nižoj temperaturi, dužina klijanaca je bila najmanja i iznosila je 0,7 cm na 15 °C, pri čemu razlike u dužini klijanaca bile statistički značajne.

Tablica 10. Dužina korijena (cm) klijanaca soje nakon 8 dana (značajnost na razini 95% označena je različitim slovima unutar kolone)

Temperatura	Dužina korijena (cm)
15 °C	0,7 ^c
20 °C	6,8 ^a
30 °C	1,6 ^b
Prosjek	3,0

4.3. Korelacije između istraživanih parametara sjemena i klijanaca soje

Kako bi se utvrdila korelacija između ispitivanih parametara provedena je korelacijska analiza zasebno za svaku temperaturu. Na temperaturi od 5 °C (Tablica 11.) statistički vrlo značajna pozitivna korelacija utvrđena je samo između promjera sjemena i mase sjemena soje prije naklijavanja ($r=0,407$ ***).

Tablica 11. Korelacija između istraživanih parametara sjemena i klijanaca soje na 5 °C (N = 400)

	Promjer	Masa sjemenke	Masa 8. dan	Dužina klijanaca
Promjer	1			
Masa sjemenke	0,407 ***	1		
Masa 8. dan	0,039 ns	0,082 ns	1	
Dužina klijanaca	0,001 ns	0,002 ns	0,097 ns	1

ns – nije značajno, * $p<0,05$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$

Na temperaturi od 10 °C (Tablica 12.) statistički vrlo značajna pozitivna korelacija utvrđena je samo između promjera sjemena i mase sjemena soje prije naklijavanja ($r=0,293$ ***). Između mase sjemena i mase sjemena 8. dan također je korelacija bila statistički značajna ($r=0,163$ **), kao i mase klijanaca 8. dan i dužine klijanaca ($r=0,450$ **).

Tablica 12. Korelacija između istraživanih parametara sjemena i klijanaca soje na 10 °C (N = 400)

	Promjer	Masa sjemenke	Masa 8. dan	Dužina klijanaca
Promjer	1			
Masa sjemenke	0,293 ***	1		
Masa 8. dan	0,077 ns	0,163 **	1	
Dužina klijanaca	0,110 ns	0,263 ns	0,450 **	1

ns – nije značajno, * $p<0,05$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$

Na temperaturi od 15 °C (Tablica 13.) statistički značajna pozitivna korelacija utvrđena je između svih istraživanih parametara, a najveći koeficijent korelacije utvrđen je između dužine stabljike i dužine klijanaca soje ($r=0,936$ ***). Na temperaturi od 20 °C (Tablica 14.) statistički značajna pozitivna korelacija utvrđena je između svih istraživanih parametara, a najveći koeficijent korelacije utvrđen je između dužine klijanaca i dužine korijena klijanaca soje ($r=0,903$ ***).

Tablica 13. Korelacija između istraživanih parametara sjemena i klijanaca soje na 15 °C (N = 400)

	Promjer	Masa sjemenke	Masa 8. dan	Dužina klijanaca	Dužina korijena	Dužina stabljike
Promjer	1					
Masa sjemenke	0,392 ***	1				
Masa 8. dan	0,404 ***	0,691 ***	1			
Dužina klijanaca	0,160 **	0,347 ***	0,382 ***	1		
Dužina korijena	0,200 ***	0,276 ***	0,375 ***	0,654 ***	1	
Dužina stabljike	0,106 *	0,302 ***	0,299 ***	0,936 ***	0,348 ***	1

ns – nije značajno, * $p<0,05$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$

Tablica 14. Korelacija između istraživanih parametara sjemena i klijanaca soje na 20°C (N = 400)

	Promjer	Masa sjemenke	Masa 8. dan	Dužina klijanaca	Dužina korijena	Dužina stabljike
Promjer	1					
Masa sjemenke	0,425 ***	1				
Masa 8. dan	0,262 ***	0,528 ***	1			
Dužina klijanaca	0,215 ***	0,345 ***	0,636 ***	1		
Dužina korijena	0,203 ***	0,288 ***	0,555 ***	0,903 ***	1	
Dužina stabljike	0,106 ***	0,250 ***	0,420 ***	0,605 ***	0,213 ***	1

ns – nije značajno, * $p<0,05$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$

Kao i na 20 °C, na temperaturi od 30 °C (Tablica 15.) statistički značajna pozitivna korelacija utvrđena je između svih istraživanih parametara, a najveći koeficijent korelacije utvrđen je između ukupne dužine klijanaca i dužine korijena klijanaca soje ($r=0,968$ ***).

Tablica 15. Korelacija između istraživanih parametara sjemena i klijanaca soje na 30°C (N = 400)

	Promjer	Masa sjemenke	Masa 8. dan	Dužina klijanaca	Dužina korijena	Dužina stabljike
Promjer	1					
Masa sjemenke	0,607 ***	1				
Masa 8. dan	0,227 ***	0,393 ***	1			
Dužina klijanaca	0,225 ***	0,377 ***	0,805 ***	1		
Dužina korijena	0,243 ***	0,390 ***	0,795 ***	0,968 ***	1	
Dužina stabljike	0,154 ***	0,291 ***	0,687 ***	0,887 ***	0,744 ***	1

ns – nije značajno, * $p<0,05$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$

5. ZAKLJUČAK

Nakon provedenog istraživanja za klijavost sjemena soje sorte Ika na različitim temperaturama (5, 10, 15, 20 i 30 °C), možemo zaključiti ispitivana svojstva klijanaca bili pod značajnim utjecajem temperature ($p < 0,05$).

Najveću klijavost nakon 8 dana imala je na temperaturi od 15 °C 95%, a najmanju na temperaturi od 10 °C. Ukupna klijavost ove sorte je bila niska oko 7%, te ova sorta je osjetljiva na niske temperature. Dužina klijanaca na temperaturi od 5 °C i 10 °C nije bila moguće izmjeriti jer se oni nisu razvili. Prosječna dužina klijanaca soje na temperaturama od 15 °C 20 °C 30 °C iznosila je 3,0 cm. Najveći klijanci su se razvili na temperaturi od 20 °C te je iznosilo oko 10,0 cm. Podjednaku dužinu su imali klijanci na temperaturi od 15 °C i 30 °C iznosilo je 2,2 i 2,4 cm.

Prema korelacijskoj analizi pozitivna korelacija utvrđena je između svih istraživanih parametara, a najveći koeficijent korelacije utvrđen je između dužine klijanaca i dužine korijena klijanaca soje na svim temperaturama.

6. POPIS LITERATURE

1. Aguilera, Y., Liébana, R., Herrera, T., Rebollo-Hernanz, M., Sanchez-Puelles, C., Benítez, V., & Martín-Cabrejas, M. A. (2014.): Effect of illumination on the content of melatonin, phenolic compounds, and antioxidant activity during germination of lentils (*Lens culinaris* L.) and kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(44), 10736-10743.
2. Arakeri, H.R., Schmd, A.R. (1949.): Cold resistance of various legumes and grasses in early stages of growth. *Agronomy Journal*.
3. Babić Božović, I., Vraneković, J. (2014.): Folati i folna kiselina: dosadašnje spoznaje. *Medicina fluminensis*, 50 (2): 169-175.
4. Bahadoran, Z., Mirmiran, P., Hosseinpanah, F., Hedayati, M., Hosseinpour-Niazi, S., Azizi, F. (2011.): Broccoli sprouts reduce oxidative stress in type 2 diabetes: a randomized double-blind clinical trial. *Eur J Clin Nutr*, 65(8):972–977.
5. Bahadoran, Z., Tohidi, M., Nazeri, P., Mehran, M., Azizi, F., & Mirmiran, P. (2012.): Effect of broccoli sprouts on insulin resistance in type 2 diabetic patients: a randomized double-blind clinical trial. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(7), 767–771. doi:10.3109/09637486.2012.665043
6. Bukvić, G., Grljušić, S., Rozman, V., Liška A., Eđed, A., Križan L. (2009.): Utjecaj temperature na svojstva sjemena i klijanaca kultivara crvene djeteline. *Proceedings 44th Croatian & 4th International Symposium on Agriculture*. (Lončarić, Z, Marić, S., Ur.). Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. 294-297.
7. Chennupati, P., Seguin, P., Liu, W. (2011.): Effects of high temperature stress at different development stages on soybean isoflavone and tocopherol concentrations. *J. Agric. Food Chem.* 59, 13081–13088.
8. Chiera, J., Thomas, J., Rufty, T. (2002.): Leaf initiation and development in soybean under phosphorus stress. *J. Exp. Bot.* 53, 473–481.
9. Czeizel, A., Dudás, I., Vereczkey, A., & Bánhidy, F. (2013.): Folate Deficiency and Folic Acid Supplementation: The Prevention of Neural-Tube Defects and Congenital Heart Defects. *Nutrients*.
10. Desclaux, D., Huynh, T.T., Roumet, P. (2000.): Identification of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress. *Crop Sci.* 40, 716–722.

11. Eck, H.V., Mathers, A.C., Musick, J.T. (1987.): Plant water stress at various growth stages and growth and yield of soybeans. *Field Crops Res.* 17, 1–16.
12. Eswaran, H., Reich, P., Beinroth, F. (1997.): Global distribution of soils with acidity. In: Moniz, A.C. et al. (Eds.), *Plant-Soil Interactions at Low pH*. Brazil. Soil Sci. Soc., pp. 159–164.
13. Empinotti, V. Beyond the dualities: a nuanced understanding of Brazilian soybean producers. *Food Sec.*, 7, 1165–1174 (2015). <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0504-3>
14. FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations (2020.): FAOSTAT data base, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (datum pristupa: 31. 4. 2020.).
15. Gilbert, G.A., Wilson, C., Madore, M.A. (1997.): Root-zone salinity alters raffinose oligosaccharide metabolism and transport in coleus. *Plant Physiol.*, 115: 1267–1276.
16. Guo, X., Li, T., Tang, K., & Liu, R. H. (2012.): Effect of Germination on Phytochemical Profiles and Antioxidant Activity of Mung Bean Sprouts (*Vigna radiata*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(44), 11050–11055. doi:10.1021/jf304443
17. Hafidh, R. R., Abdulmir, A. S., Bakar, F. A., Jalilian, F. A., Abas, F., & Sekawi, Z. (2012.): Novel molecular, cytotoxic, and immunological study on promising and selective anticancer activity of Mung bean sprouts. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 12(1). doi:10.1186/1472-6882-12-208
18. Huang, H., Mai, W., Liu, D., Hao, Y., Tao, J., & Dong, Y. (2008.): The oxidation ratio of LDL: A Predictor for Coronary Artery Disease. *Disease Markers*, 24(6), 341-349.
19. ISGA – International Sprout growers Association, <https://isga-sprouts.org/>; <https://isga-sprouts.org/wp-content/uploads/2013/01/HealthBenefitsofSproutsISGAFlyer.pdf> (pristupljeno 9. ožujka 2020.).
20. Katalinić, V. (2011.): Temeljno znanje o prehrani. http://tkojetko.irb.hr/documents/13794_1687.pdf (pristupljeno 10. ožujka 2020.)
21. Kaur, A. (2015.): Biological Functions of Vitamin B complex and effects on human health in both excess and deficiency levels; *PharmaTutor*; 3(11): 40-47.

22. Khang, D., Dung, T., Elzaawely, A., & Xuan, T. (2016.). Phenolic Profiles and Antioxidant Activity of Germinated Legumes. *Foods*, 5(4), 27. doi:10.3390/foods5020027
23. Klos, K.L.E., Brummer, E.C. (2000.): Response of six alfalfa populations to selection under laboratory conditions for germination and seedling vigor at low temperatures. *Crop Science*, 40(4), 959-964.
24. Koo, S. C., Kim, S. G., Bae, D. W., Kim, H. Y., Kim, H. T., Lee, Y. H., ... Choi, M. S. (2015.): Biochemical and proteomic analysis of soybean sprouts at different germination temperatures. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 58(3), 397-407.
25. Márton, M., Mándoki Zs., Csapó-Kiss, Zs, Csapó, J. (2010.): The role of sprouts in human nutrition. A review. *Acta Univ.Sapientiae, Alimentaria*, 3: 81-117.
26. Miransari, M., Smith, D.L. (2007.): Overcoming the stressful effects of salinity and acidity on soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] nodulation and yields using signal molecule genistein under field conditions. *J. Plant Nutr.*, 30, 1967–1992.
27. Miransari, M., Smith, D.L. (2009.): Alleviating salt stress on soybean (*Glycine max* (L.) Merr.)- *Bradyrhizobium japonicum* symbiosis, using signal molecule genistein. *Eur. J. Soil Biol.* 45, 146–152.
28. Moot, D.J., Scott, W.R., Roy, A.M., Nicholls, A.C. (2000.): Base temperature and thermal time requirements for germination and emergence of temperate pasture species. *New Zealand Journal of Agricultural Research*.
29. Mousa, S.A. (2010.): Antithrombotic Effects of Naturally Derived Products on Coagulation and Platelet Function. In *Anticoagulants, Antiplatelets, and Thrombolytics* (pp. 229-240). Humana Press, Totowa, NJ.
30. Munns, R. (1993.): Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. *Plant Cell Environ.* 16, 15–24.
31. Murugkar, D.A. (2011.): Effect of sprouting of soybean on the chemical composition and quality of soymilk and tofu. *Journal of Food Science and Technology*, 51(5), 915–921. doi:10.1007/s13197-011-0576-9
32. PC-Axis baze podataka – Poljoprivreda, lov, šumarstvo i ribarstvo, 2020. (pristupljeno 21. 6. 2020.)
33. Pawlowska, T.E., Charvat, I. (2004.): Heavy-metal stress and developmental patterns of arbuscular mycorrhizal fungi. *Appl. Environ. Microbiol.* 70, 6643–6649.

34. Pospišil, A., Pospišil, M., Gvozdić, D. (2014.): Specijalno ratastvo. Udžbenik za srednje poljoprivredne škole. Zrinski d.d. Čakovec.
35. Roitsch, T. (1999.): Source-sink regulation by sugar and stress. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2, 198–206.
36. Sawa, T., Nakao, M., Akaike, T., Ono, K., & Maeda, H. (1999.): Alkylperoxyl Radical-Scavenging Activity of Various Flavonoids and Other Phenolic Compounds: Implications for the Anti-Tumor-Promoter Effect of Vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(2), 397–402. doi:10.1021/jf980765e
37. Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A., & Singh, N. (2017.): Phenolic composition and antioxidant potential of grain legume seeds: A review. *Food Research International*, 101, 1–16.
38. USDA – United States Department of Agriculture, Agricultural service, <https://www.usda.gov/> (pristupljeno 9. ožujka 2020.).
39. Von Uexkull, H.R., Mutert, E. (1995.): Global extent, development and economic impact of acid soils. *Plant Soil*, 171, 1–15.
40. Vratarić, M., Sudarić, A. (2008.): Soja *Glycine Max* (L.) Merr. Poljoprivredni institut Osijek. IBL Osijek.
41. Wallace, T.C., Blusztajn, J.K., Caudill, M.A., Klatt, K.C., Natker, E., Zeisel, S.H., Zelman, K.M. (2018.): Choline The Underconsumed and Underappreciated Essential Nutrient, *Nutrition Today*, 53 (6): 540-253.
42. Wu, L., Noyan, M.H., Facci, M. (2004.): Dietary approach to attenuate oxidative stress, hypertension, and inflammation in the cardiovascular system. *Proc Natl Acad Sci*, 101 (18): 7094–7099.
43. Wu, Z., Song, L., Feng, S., Liu, Y., He, G., Yioe, Y., ... Huang, D. (2012.): Germination Dramatically Increases Isoflavonoid Content and Diversity in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(35), 8606–8615. doi:10.1021/jf3021514
44. Zeisel, S.H., da Costa, K.A. (2009): Choline: an essential nutrient for public health. *Nutrition reviews*, 67 (11): 615–623. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2009.00246.x>
45. Zempelas, A., Magriplis, E. (2019.): New Insights into Cholesterol Functions: A Friend or an Enemy? *Nutrients*, 11 (7), 1645. doi: 10.3390/nu11071645

46. *** <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169213/nutrients> (datum pristupa: 25. 4. 2020.).
47. *** <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24803698> (datum pristupa: 25. 4. 2020.).
48. *** <https://www.jatrgovac.com/soja-zamjena-za-meso-i-borac-protiv-mnogih-bolesti/> (datum pristupa: 25. 4. 2020.).
49. *** <https://www.healthline.com/nutrition/bean-sprouts-nutrition#1.-Kidney-bean-sprouts> (datum pristupa: 25. 4. 2020.).
50. *** <https://www.healthline.com/nutrition/bean-sprouts-nutrition#3.-Pea-sprouts> (datum pristupa: 25. 4. 2020.).
51. *** <https://gospodarski.hr/uncategorized/klice-malo-sjeme-velike-moci/> (datum pristupa: 25. 4. 2020.).
52. *** <http://ordinacija.vecernji.hr/zdravi-tanjur/hrana-kao-lijek/psenicne-klice-jacaju-imunitet-i-srcani-misic-a-poboljsavaju-i-vid/> (datum pristupa: 25. 4. 2020.).
53. The Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. United Nations body for assessing the science related climate change (<https://www.ipcc.ch/>, datum pristupa: 1. 9. 2020.)