

Utjecaj primjene biostimulatora tijekom vegetacije na klijavost sjemena paprike

Čeh, Dijana

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:376788>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



UTJECAJ PRIMJENE BIOSTIMULATORA TIJEKOM VEGETACIJE NA KLIJAVOST SJEMENA PAPRIKE

DIPLOMSKI RAD

Dijana Čeh

Zagreb, srpanj, 2020.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



Diplomski studij:

Biljne znanosti

UTJECAJ PRIMJENE BIOSTIMULATORA TIJEKOM VEGETACIJE NA KLIJAVOST SJEMENA PAPRIKE

DIPLOMSKI RAD

Dijana Čeh

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Klaudija Carović-Stanko

Zagreb, srpanj, 2020.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Dijana Čeh**, JMBAG 1003115201, rođena 02.07.1995. u Čakovcu, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

UTJECAJ PRIMJENE BIOSTIMULATORA TIJEKOM VEGETACIJE NA KLIJAVOST SJEMENA PAPRIKE

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studentice



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IZVJEŠĆE O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Dijane Čeh**, JMBAG 1003115201, naslova

UTJECAJ PRIMJENE BIOSTIMULATORA TIJEKOM VEGETACIJE NA KLIJAVOST SJEMENA PAPRIKE

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

- | | | |
|---|-----------|-------|
| 1. izv. prof. dr. sc. Klaudija Carović-Stanko | mentorica | _____ |
| 2. doc. dr. sc. Marko Petek | član | _____ |
| 3. doc. dr. sc. Martina Grdiša | članica | _____ |

Zahvala

Zahvaljujem svojoj mentorici, izv. prof. dr. sc. Klaudiji Carović-Stanko, na uloženom vremenu, susretljivosti, stručnoj pomoći i vodstvu pri izradi ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem svim djelatnicima Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta koji su svojim radom, iznimnim znanjem i stručnošću pomogli u stjecanju moga znanja te djelatnicima Zavoda za sjemenarstvo, a posebice dr. sc. Moniki Vidak, na svakom savjetu i pomoći prilikom provedbe istraživanja.

Također zahvaljujem svojoj obitelji, životnom partneru te prijateljima koji su mi bili velika potpora na putu do diplome. Na kraju, zahvaljujem kolegama koji su mi uljepšali vrijeme provedeno na fakultetu.

Sadržaj

Sažetak.....	
Summary	
1. Uvod	1
1.1. Cilj rada	1
2. Pregled literature	2
2.1. Podrijetlo i povijesni razvoj.....	2
2.2. Taksonomija i citologija	2
2.3. Morfološka svojstva	3
2.4. Biološka svojstva.....	5
2.5. Hranidbeno-zdravstvena vrijednost i upotreba.....	6
2.6. Biostimulatori	7
2.6.1. Pregled dosadašnjih istraživanja	8
2.7. Fluorescencija klorofila	9
2.7.1. Svojstva fluorescencije klorofila.....	11
3. Materijali i metode	13
3.1. Biljni materijal.....	13
3.2. Pokus	14
3.3. Statistička obrada podataka	16
3.3.1. Svojstva klijavosti	16
4. Rezultati i rasprava.....	19
4.1. Utjecaj tretmana na svojstva klijavosti.....	21
4.2. Utjecaj kultivara na svojstva klijavosti.....	24
4.3. Utjecaj tretmana na parametre klorofilne fluorescencije.....	25
4.4. Utjecaj kultivara na parametre klorofilne fluorescencije	29
5. Zaključci.....	30
6. Popis literature.....	31
Životopis.....	36

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Dijane Čeh**, naslova

UTJECAJ PRIMJENE BIOSTIMULATORA TIJEKOM VEGETACIJE NA KLIJAVOST SJEMENA PAPRIKE

U svrhu utvrđivanja potencijala primjene biostimulatora tijekom vegetacije na klijavost sjemena paprike (*Capsicum annuum* L.), u ovom istraživanju prikupljeno je sjeme s biljaka dva kultivara paprike (babura - Šorokšari i rog - Kurtovska kapija) koje su tijekom vegetacije 2019. godine tretirane biostimulatorima Eco Green i Zeogreen. Uređajem CropReporter određeni su parametri klorofilne fluorescencije, a potom je provedena analiza klijavosti po standardnoj metodi za laboratorijsko ispitivanje klijavosti sjemena. U pokusu je sveukupno korišteno 300 sjemenki od svakog kultivara; po 100 sjemenki s biljaka tretiranih sa svakim od dva biostimulatora + 100 sjemenki s biljaka koje tijekom vegetacije nisu bile tretirane (kontrola). Utvrđeno je da primjena biostimulatora Eco Green ima pozitivan učinak na sljedeća svojstva klijavosti: klijavost (G ; %), prosječno vrijeme klijanja (MGT ; dan), indeks klijavosti (GI), pouzdanost procesa klijanja (U) i prosječnu stopu klijavosti (MR), dok tretman biostimulatorom Zeogreen nije dao statistički opravdane pozitivne rezultate. Tretmani biostimulatorima nisu imali utjecaj na parametar Chl (fluorescenciju sjemena).

Ključne riječi: biostimulatori, fluorescencija, klijavost, kultivar, paprika

Summary

Of the master's thesis – student **Dijana Čeh**, entitled

INFLUENCE OF BIOSTIMULANT APPLICATION DURING VEGETATION ON GERMINATION OF PEPPER SEED

In order to determine the potential of biostimulant application during vegetation on germination of pepper seeds (*Capsicum annuum* L.), in this study the seeds were collected from plants of two pepper cultivars (bell pepper - Šorokšari and horn pepper - Kurtovska kapija) which were treated with Eco Green and Zeogreen biostimulants during the vegetation of 2019. With the use of CropReporter, chlorophyll fluorescence parameters were determined, and germination analysis was performed according to the standard method for laboratory testing of seed germination. In the experiment, 300 seeds from each cultivar were used, 100 seeds from plants treated with each of the two biostimulants + 100 seeds from plants that were not treated during the growing season (control). The use of Eco Green biostimulant was found to have positive effects on the following germination properties: germinability (G ; %), mean germination time (MGT ; day), germination index (GI), uncertainty of the germination process (U) and mean germination rate (MR), while treatment with the biostimulant Zeogreen did not give statistically justified positive results. Biostimulant application did not effect on the Chl parameter (seed fluorescence).

Keywords: biostimulant, cultivar, fluorescence, germination, pepper

1. Uvod

Paprika (*Capsicum annuum* L.) je jednogodišnja zeljasta biljka iz porodice *Solanaceae* (Minguez-Mosquera i sur., 1994). Zbog iznimnog gospodarskog značaja, hranjivih vrijednosti svojih plodova te potvrđenog antioksidativnog djelovanja jedna je od najvažnijih poljoprivrednih kultura (Parađiković i sur., 2011). Izvrstan je izvor esencijalnih vitamina i minerala, fitokemikalija poput karotenoida, kapsaicinoida, flavonoida, askorbinske kiseline i tokoferola te ima veliku važnost za ljudsko zdravlje (Kim i sur., 2019). Prema epidemiološkim podacima antioksidativni spojevi iz paprike pokazali su se korisnim u prevenciji brojnih kroničnih bolesti, uključujući određene vrste raka, kardiovaskularne bolesti, moždani udar, aterosklerozu i kataraktu (Parađiković i sur., 2011).

Paprika je povrtna kultura izuzetno visokih zahtjeva prema toplini (Palfi i sur., 2017). Optimalna temperatura za klijanje paprike iznosi oko 30 °C, a stopa klijanja i nicanja znatno je smanjena kod temperatura u rasponu 15 – 20 °C. Neujednačeno klijanje i nicanje naročito je izraženo kod izravne sjetve paprike jer su temperature tla često ispod optimalne vrijednosti. S obzirom na produljeno razdoblje klijanja i nicanja paprike, ubrzavanje procesa klijanja ima značajnu važnost za proizvodnju (O'Sullivan i Bouw, 1984).

Jedan od načina stimulacije bržeg klijanja i nicanja sjemena je primjena biostimulatora. Biostimulatori su tvari koje pozitivno utječu na imunološki sustav biljaka i njihov metabolizam, rast i razvoj, mogu im pomoći u prevladavanju stresnih situacija, povećanju prinosa i smanjenju upotrebe gnojiva. Utvrđeno je da biostimulatori pozitivno utječu na klijanje sjemena te mogu imati pozitivan učinak na fiziološku kvalitetu sjemena proizvedenog u sljedećoj generaciji (Palfi i sur., 2017).

Visoki standardi u proizvodnji sjemena postali su neophodni za uštedu troškova i vremena, a visokokvalitetno sjeme, s obzirom na svoje karakteristike, pokazalo se pouzdanijim u postizanju ciljeva uzgoja. Varijabilnost u stupnju dozrelosti sjemena također utječe na proces klijanja sjemena, pa će tako manje zrelo sjeme sporije klijati i dati manje presadnice slabije ujednačenosti. Sa strane fiziologije, takvo će sjeme brže stariti tijekom razdoblja skladištenja nakon berbe, stoga bi odvajanje manje zrelog sjemena iz partije moglo povećati njegovu kvalitetu, a to se može postići korištenjem nerazorne tehnike klorofilne fluorescencije koja na temelju većeg sadržaja klorofila u sjemenu može odvojiti manje zrelo sjeme iz partije (Demir i sur., 2013).

1.1. Cilj rada

Cilj ovog diplomskog rada je utvrditi utjecaj primjene biostimulatora tijekom vegetacije na klijavost sjemena paprike.

2. Pregled literature

2.1. Podrijetlo i povijesni razvoj

Smatra se da je paprika (*Capsicum annum* L.) podrijetlom iz Meksika, Srednje Amerike i sjevernog dijela Južne Amerike (Ozbay, 2018). Još u prapovijesti došlo je do udomaćenja ove povrtne kulture, a glavna razlika između kultiviranih i divljih vrsta je u tome što se plodovi kultiviranih vrsta ne raspucavaju lako. Meksiko se smatra centrom podrijetla ljute i slatke paprike (*C. annum* u užem smislu), dok aromatična ljuta habanero paprika (*Capsicum chinense* Jacq.) potječe iz amazonske regije, a kajenska paprika (*Capsicum frutescens* L.) iz obalnih regija tropske Južne Amerike. Intenzivnim križanjem ovih triju vrsta pojavljuju se mnogi međuoblici (Grubben i El Tahir, 2004). Većina današnjih kultivara paprike pripada *C. annum*, dok sitnoplodni začinski i ukrasni kultivari pripadaju *C. frutescens* (Lešić i sur., 2004).

Sve do Kolumbovog otkrića Amerike paprika je bila nepoznata u Europi i ostalom dijelu svijeta. Nakon što su španjolski i portugalski istraživači trgovačkim putevima donijeli ljutu i slatku papriku u Europu i Aziju, ona se ubrzano počinje širiti po svim tropskim i suptropskim područjima svijeta (Grubben i El Tahir, 2004). Vrste *C. annum* i *C. frutescens* raširile su se po svim kontinentima, dok su ostale vrste rijetke izvan Južne Amerike (CABI, 2019). Od početka 16. stoljeća paprika se brzo širi po južnoj Europi i postaje popularan začim. Kada su je Europljani upoznali, već je dostigla visok stupanj kultivacije, što se može zaključiti iz najstarijih zapisa iz 17. stoljeća koji spominju gotovo sve danas poznate tipove (Lešić i sur., 2004). U Hrvatsku su papriku donijeli Španjolci u Dalmaciju početkom 17. stoljeća, dok je u kontinentalne predjele unesena iz Mađarske (Matotan, 2004).

Danas je slatka paprika jedna od najvažnijih stakleničkih povrtnih kultura i ljetnog povrća zapadnih industrijaliziranih zemalja te je više prilagođena umjerenom klimi od ljute paprike (Grubben i El Tahir, 2004).

2.2. Taksonomija i citologija

Rod *Capsicum* sastoji se od oko 25 divljih i 5 udomaćenih vrsta. Pet udomaćenih vrsta su *C. annum*, *C. frutescens*, *C. chinense*, *C. baccatum* i *C. pubescens*. Vrste *Capsicum* su diploidi, a većina ima 24 kromosoma ($n = x = 12$), međutim postoji nekoliko divljih vrsta s 26 kromosoma ($n = x = 13$). Vrsta *C. annum* ima 24 kromosoma (OECD, 2006). Klasifikacija paprike prikazana je u Tablici 1.

Tablica 1. Klasifikacija paprike (*Capsicum annuum* L.)

Carstvo	<i>Plantae</i>
Koljeno	<i>Magnoliophyta</i>
Razred	<i>Magnoliopsida</i>
Red	<i>Solanales</i>
Porodica	<i>Solanaceae</i>
Rod	<i>Capsicum</i>
Vrsta	<i>annuum</i>
Botanički varijeteti	var. <i>glabriusculum</i> (sin. var. <i>aviculare</i>) var. <i>annuum</i>

Izvor: OECD (2006)

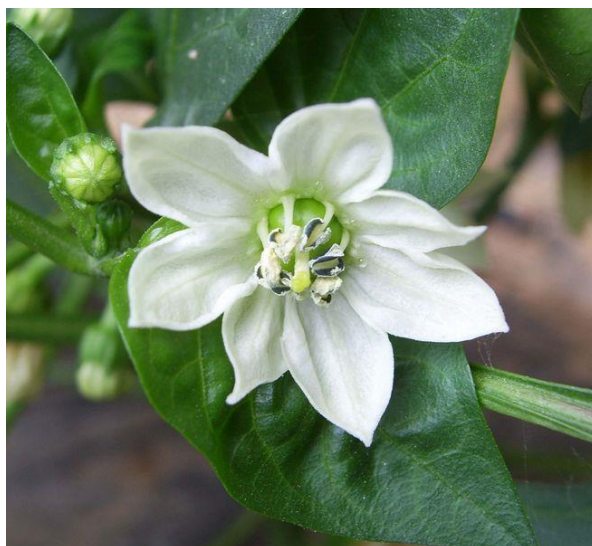
2.3. Morfološka svojstva

Paprika je jednogodišnja uspravna i razgranata zeljasta biljka visine 0,5 – 1,5 m (CABI, 2019). Korijen joj je vretenast i brzo započinje njegovo grananje; glavni korijen je dobro razvijen, s brojnim bočnim korijenjem (Lešić i sur., 2004; CABI, 2019). Prodire do 60 cm dubine, no glavnina korijena nalazi se u gornjih 30 cm tla, a širi se u promjeru do 60 cm (Lešić i sur., 2004).

Stabljika je u početku rasta zeljasta, a kasnije na bazi odrveni (Lešić i sur., 2004). Nepravilno je uglata do okrugla, promjera do 1 cm te jako razgranata, zelene do smeđe-zelene boje, često s ljubičastim mrljama u blizini nodija (CABI, 2019). Obično je glatka ili prekrivena finim dlačicama (Petelinc, 2006). Razlikuju se indeterminantni i determinantni tip rasta (Lešić i sur., 2004).

Listovi su jednostavni, cijeli, naizmjenični i veliki, svijetlo su do tamnozeleno boje na duljoj ili kraćoj peteljci (Lešić i sur., 2004; Petelinc, 2006). Plojka lista je ovalnog, eliptičnog ili lancetastog oblika cijelog ruba (Lešić i sur., 2004). Postoji korelacija između boje i veličine lišća s plodovima, biljke s velikim listovima davati će velike plodove; ako su listovi žuto-zeleni, plodovi će u tehnološkoj zrelosti biti mliječno bijele, žute ili žuto-zelene boje, dok će biljke s tamnozelenim listovima dati plodove tamnozeleno boje (Petelinc, 2006).

Cvjetovi (Slika 1.) su bijele, žućkaste ili svijetlozelene boje, smješteni su u pazušcima listova, a veličine su 1 – 3 cm (Lešić i sur., 2004; Kočevan, 2008). Obično su pojedinačni i terminalni, a rjeđe ih ima po dva ili više na jednom koljencu (Lešić i sur., 2004; CABI, 2019). Sastavljeni su od 5 ili više lapova, 5 – 7 latica sraslih na bazi i jednakog broja prašnika žutih, blijedo plavih do purpurnih antera, koje su svojim filamentima srasle za latice (Lešić i sur., 2004; Dolinar, 2008; CABI, 2019). Cvjetna peteljka je duljine do 3 cm, a peteljka ploda do 8 cm (CABI, 2019). Tučak može biti jednake duljine kao i prašnici, ali i viši i niži, o čemu ovisi stupanj samooplodnje (Lešić i sur., 2004).



Slika 1. Cvijet paprike

Autor: Shizhao (2006)

Plod je šuplja boba vrlo promjenjive veličine, oblika, boje i stupnja oporosti. Obično je više ili manje konična, do 30 cm duljine (CABI, 2019). Perikarp (meso) ploda može biti vrlo tanak (0,5 – 1 mm) ili debeo (do 6 i više mm). Prema obliku plodovi mogu biti okruglo-spljošteni, okrugli, zvonoliki, s jednim do četiri vrha, stožasti ili oblika roga. Boja ploda u tehnološkoj zriobi varira od svijetlozelene do tamnozeleno, žute, svijetložute, gotovo mliječne boje, rjeđe ljubičaste ili prošarane ljubičastim prugama, dok je plod u fiziološkoj zrelosti intenzivno crvene, narančasto-žute ili tamnoljubičaste, gotovo crne boje. Plodovi se prema veličini dijele na: vrlo krupne > 150 g, krupne 70 – 150 g, srednje 40 – 70 g i sitne < 10 g. Položaj ploda na stabljici može biti viseći ili stršeći (Lešić i sur., 2004).

Sjeme (Slika 2.) je bubrežasto-spljoštenog oblika, zaobljeno, promjera 3 – 6 mm, debljine otprilike 1 mm, blijedožute boje. U jednom plodu može biti 70 – 600 sjemenki (Lešić i sur., 2004; CABI, 2019).



Slika 2. Sjeme paprike

Autor: Čeh (2019)

2.4. Biološka svojstva

Paprika je toploljubiva biljka neutralna na duljinu dana, iako određeni kultivari mogu pokazivati fotoperiodičnu reakciju (CABI, 2019).

Minimalna temperatura za klijanje paprike iznosi 11 °C (iako je za normalno klijanje potrebna temperatura viša od 14 °C), a optimalna 20 – 30 °C (Lešić i sur., 2004). Pri optimalnim temperaturama sjeme nikne za 7 – 8 dana (Jeglič, 2010).

Paprika zahtijeva relativno visoke temperature zraka za rast i razvoj (Osvald i Kogoj-Osvald, 1999). Osjetljiva je na kasne proljetne mrazeve, a stradava već pri temperaturi od 0 °C (Lešić i sur., 2004). Rast mladih biljaka brži je pri višim temperaturama, no biljke postižu veću kvalitetu (veći sadržaj suhe tvari) pri temperaturama 20 – 25 °C. Daljnjim smanjenjem temperatura usporava se rast i razvoj biljaka (Lešić i sur., 2004). Dulje razdoblje niskih temperatura loše utječe na razvoj korijenovog sustava što predstavlja stres za biljku, ali i previsoke temperature zraka također loše utječu na rast i razvoj biljke, a temperature više od 30 °C mogu zaustaviti rast korijena (Osvald i Kogoj-Osvald, 1999; Lešić i sur., 2004). Optimalna temperatura zraka za cvatnju iznosi 25 °C danju i 16 – 21 °C noću, dok je pri noćnim temperaturama nižim od 16 °C bolje zamaćanje plodova (Lešić i sur., 2004).

Potrebna suma srednjih dnevnih temperatura za uspješan uzgoj paprike ovisi o intenzitetu svjetlosti i duljini dana. Pri dobrom intenzitetu svjetlosti većem od 10 000 luksa i duljini dana većoj od 12 sati, suma srednjih dnevnih temperatura iznosi oko 3 000 °C. Intenzitet svjetlosti više utječe na prijelaz iz vegetativne u generativnu fazu nego duljina dana (Lešić i sur., 2004).

Za normalan rast i razvoj, paprika tijekom čitavog perioda zahtijeva puno svjetlosti. Najviše svjetlosti zahtijeva u fazi kotiledona i prvih pravih listova. Prilikom nedovoljnog osvjetljenja biljke se izdužuju, a cvjetovi i zametnuti plodovi opadaju. Također se usporava prelazak pojedinih razvojnih faza, oplodnja je loša, a plodovi ostaju sitni (Petelinc, 2006).

Zbog relativno slabo razvijenog korijena u odnosu na nadzemnu vegetativnu masu i relativno visokog transpiracijskog koeficijenta, paprika za rast i razvoj treba mnogo vode (Blanarik, 2002). Pri dobroj opskrbljenosti vodom bolje se razvija korijenov sustav i nadzemna masa biljke, plodovi su brojniji, krupniji i debljeg perikarpa (Lešić i sur. 2004). Nakon presađivanja paprici je potrebno više vode nego u kasnijim fazama vegetativnog rasta, a najveća potreba se javlja tijekom ljetnih mjeseci u vrijeme plodonošenja (Blanarik, 2002). Optimalni uvjeti razvoja paprike su zasićenost tla vodom 60 – 80 % poljskog vodnog kapaciteta i relativna vlaga zraka 60 – 70 %. Pri niskoj vlazi zraka i visokim temperaturama dolazi do opadanja cvjetova i pupova, a plodovi su sitni i deformirani (Vidic, 1999).

2.5. Hranidbeno-zdravstvena vrijednost i upotreba

Paprika je izuzetno vrijedna namirnica, a nutritivno je najvrjednija u svježem obliku (Lešić i sur., 2004). Izvrstan je izvor vitamina, minerala i drugih nutrijenata od velike važnosti za ljudsko zdravlje (Kim i sur., 2019). Hranidbena vrijednost svježe paprike prikazana je u Tablici 2.

Tablica 2. Hranidbena vrijednost svježe paprike izražena u postotku (%)

Hranidbeni sastojci	Količina u %
Voda	85,0 – 93,0
Sirove bjelancevine	0,5 – 1,96
Sirove masti	0,2 – 0,95
Ugljikohidrati	3,33 – 8,0
- od toga šećeri	3,1 – 4,8
Vlakna	1,8 – 2,2
Minerali	0,5 – 0,7

Izvor: Lešić i sur. (2004)

Važniji minerali koji se nalaze u svježem jestivom dijelu ploda paprike su: natrij, kalij, magnezij, kalcij, fosfor, željezo i sumpor, dok od važnijih vitamina prevladavaju karoten, vitamin E, vitamin B1, B2 i B3, folna kiselina i vitamin C (Lešić i sur., 2004). Paprika također sadrži isparljiva i neisparljiva ulja, a neki kultivari sadrže kapsaicin (iz skupine kapsaicinoida), tvar o čijoj koncentraciji najviše ovisi izraženost ljutine kod paprike (Simon i sur., 1984).

Zahvaljujući prisustvu fitokemikalija poput karotenoida (pigmenti paprike), kapsaicinoida, flavonoida, askorbinske kiseline i tokoferola, paprika ima funkciju sprječavanja upalnih bolesti povezanih s oksidacijskim oštećenjima te održavanja optimalnog zdravlja. Kemijski sastav različitih kultivara paprika se razlikuje, pa čak i unutar istog kultivara varira ovisno o razvojnoj fazi, području uzgoja i poljoprivrednim praksama (Kim i sur., 2019).

Paprika je jedna od najstarijih udomaćenih kultura zapadne hemisfere. Osim što je začim koji se najviše uzgaja u svijetu i svoju glavnu primjenu nalazi u kulinarstvu kao glavni sastojak većine svjetskih kuhinja, koristi se i u farmaceutskoj i kozmetičkoj industriji, kao prirodno sredstvo za bojenje, aktivni sastojak u repelentima te kao ukrasna biljka (Kim i sur., 2014). Može se koristiti svježa ili osušena, cijela ili mljevena, a također se može naći u kuhanom, pečenom i konzerviranom obliku. Kao ljekovita biljna vrsta paprika djeluje kao karminativ, digestiv, stomahik, stimulans, rubefacijens i tonik (Simon i sur., 1984). Niz bioaktivnih spojeva u paprici, posebno antioksidansa, čine ju idealnim izborom za sprečavanje oštećenja stanica, raka, dijabetesa, kardiovaskularnih bolesti, katarakte, Alzheimerove i Parkinsonove bolesti (Imran i sur., 2018). Također se koristi u tradicionalnoj medicini protiv zadržavanja vode u tijelu, kolika, proljeva, astme, artritisa, mišićnih grčeva i zubobolje (Simon i sur., 1984).

2.6. Biostimulatori

Sveobuhvatni pregled znanstvene literature o biljnim biostimulatorima (250 znanstvenih članaka koji u nazivima i/ili sažecima koriste izraz „biostimulator“) napravio je Patrick du Jardin 2012. godine u okviru ugovora potpisanog s Europskom komisijom. Njegova tada široko prihvaćena definicija biostimulatora glasila je: „Biljni biostimulatori su tvari i materijali, s izuzetkom hraniva i pesticida, koje kada se primjenjuju na biljke, sjeme ili uzgojni supstrat u posebnim formulacijama, imaju sposobnost izmjene fizioloških procesa biljaka na način koji će imati potencijalne koristi za rast, razvoj i/ili reakciju na stres“. Tri godine kasnije, du Jardin predlaže novu definiciju, pa biljnim biostimulatorom naziva „svaku tvar ili mikroorganizam koja se primjenjuje na biljke s ciljem poboljšanja usvajanja hraniva, tolerantnosti na abiotičke stresove i/ili svojstva kvalitete usjeva, bez obzira na sadržaj hranjivih sastojaka u proizvodu“ kao i komercijalne proizvode koji sadrže mješavine takvih tvari i/ili mikroorganizama.

Biostimulatori se razlikuju s obzirom na kemijski sastav, ali najčešće sadrže mješavinu organskih i anorganskih komponenti uključujući esencijalne makro i mikroelemente, humate, citrate i aminokiseline (Ghonomie i sur., 2009). Prema du Jardin (2015) postoji sedam kategorija tvari koje djeluju kao biostimulatori: (1) huminske i fulvokiseline, (2) proteinski hidrolizati i ostali spojevi koji sadrže dušik, (3) ekstrakti morskih algi i ostalih biljaka, (4) kitozan i ostali biopolimeri, (5) anorganski spojevi, (6) korisne gljive i (7) korisne bakterije. Budući da su biostimulatori izvedeni iz nevjerojatno raznolikog skupa organskih i anorganskih materijala, ne postoji jedinstveni način njihovog djelovanja (Brown i Saa, 2015).

Biostimulatori su prepoznati kao sredstva prihvatljiva za okoliš s blagotvornim djelovanjem na biljke, a zabilježeni su njihovi brojni pozitivni učinci (Ertani i sur., 2015). Uglavnom se primjenjuju folijarno u obliku maglice ili dodatkom u standardni tretman gnojidbe (Tarantino i sur., 2015), a mogu se primijeniti u raznim stadijima rasta i razvoja biljaka (Tkalec i sur., 2010).

Višestruke funkcije biostimulatora, poput nutritivnog i općeg biostimulativnog učinka, specifično antistresnog djelovanja i regulacije rasta biljaka, navele su mnoge istraživače da istražuju takve učinke na usjeve (Parađiković i sur., 2011). Na temelju Uredbe Europske Unije (2019) funkcija biljnog biostimulatora je poticanje procesa biljne ishrane neovisno o sadržaju hraniva u proizvodu s ciljem poboljšanja jedne ili više sljedećih karakteristika biljke ili biljne rizosfere: 1. učinkovitosti usvajanja hraniva, 2. tolerantnosti na abiotički stres, 3. osobina kvalitete ili 4. dostupnosti ograničenih hraniva u tlu ili rizosferi. Učinkovitost usvajanja hraniva obuhvaća pozitivan utjecaj na morfologiju korijena, mobilizaciju i unos hranjivih tvari iz tla, transport, asimilaciju (tj. pretvorbu anorganskih u organske oblike) i skladištenje hranjivih tvari u biljci (du Jardin, 2012; Ertani i sur., 2015). Biostimulatori nisu gnojiva, odnosno ne sadrže hranjive tvari koje će biljka direktno usvojiti, međutim mogu olakšati njihovo usvajanje poticanjem metaboličkih procesa u tlu i biljkama (Madende i Hayes, 2020). Abiotički stres odnosi se na bilo koji fizikalni ili kemijski stres koji nije biološkog porijekla (suša, salinitet, hladnoća itd.). Poticanjem rasta biljaka i optimiziranjem njihova zdravlja biostimulatori doprinose lakšem podnošenju abiotičkih, ali i biotičkih stresova (du Jardin, 2012; Madeiras i Lanier, 2019). U mnogim proizvodnim područjima tretmani sa sredstvima poput biostimulatora postaju sve češći u svrhu poboljšanja količine i kvalitete proizvodnje, odnosno poljoprivredne

funkcije mogu se konačno pretvoriti u ekonomske i ekološke koristi: veći prinos usjeva, uštedu gnojiva, povećanu kvalitetu biljnih proizvoda itd. (Richardson i sur., 2004; du Jardin, 2012).

Biostimulator Eco Green tvrtke Agroledina j.d.o.o. je prirodni mineralni prah koji se dobiva iz minerala kalcita tribomehaničkom aktivacijom (TMA), novim i zaštićenim procesom iz domene nanotehnologije patentiranim u Europskoj Uniji. Usitnjeni prah lako se otapa u vodi, a otopina se u više navrata raspršuje na lisnu biomasu biljaka, gdje se onda odvijaju kompleksni biološki procesi koji kod biljaka povećavaju otpornost na bolesti i štetnike te na ekološke stresove. Eco Green djeluje preko lisnog aparata (i preko površine drugih organa) tako da se odmah nakon tretiranja biljke uključuje u izgradnju stanice, staničnih membrana, jezgre i drugih staničnih dijelova. Sudjeluje u svim fiziološkim procesima, počevši od fotosinteze i primarnog metabolizma pa do složenih metaboličkih i citoloških procesa koji se odvijaju u biljci, od klijanja do sazrijevanja ploda, čime utječe na povećanje prinosa i kvalitete plodova (http://www.agroledina.hr/eco_green.php).

Biostimulator Zeogreen tvrtke Velebit Agro d.o.o. je ekološko sredstvo za folijarnu prihranu koje poboljšava cvatnju, podiže imunitet i povećava urod biljaka. Posebno je aktivirana mješavina kalcita i zeolita (<http://velebitagro.hr/poljoprivreda/folijarna-prihrana/zeogreenp/>).

2.6.1. Pregled dosadašnjih istraživanja

Poincelot (2010) je proveo staklenička ispitivanja komercijalnog biostimulatora rasta Roots na brojnim kultivarima povrća. Tretmani biostimulatorom provedeni su u vrijeme sjetve, u vrijeme kada su dobro razvijeni prvi pravi listovi i 14 dana nakon toga. Biostimulator je potaknuo ranije klijanje te doveo do razvoja presadnica veće duljine korijena i izdanka.

Drăghici i sur. (2012) su istražili utjecaj biostimulatora BioSeed na klijavost sjemena paprike. Rezultati su pokazali da vlaženje sjemena paprike 60 minuta prije sjetve u otopinama različitih koncentracija BioSeed biostimulatora skraćuje vrijeme klijanja u usporedbi s kontrolom te utječe na ranije formiranje kvalitetnih klijanaca.

Palfi i sur. (2017) su ispitali utjecaj tretiranja sjemena stimulatorom klijanja Ekobooster 1 na početni rast i razvoj paprike. Sjeme paprike kultivara Podravka je tretirano 1%-tnom otopinom biostimulatora Ekobooster 1 u trajanju od 20 minuta, nakon čega je uslijedilo naklijavanje sjemena u laboratorijskim uvjetima pri temperaturama od 20 °C i izmjeničnim temperaturama 20 – 30 °C kroz 14 dana. Tretman je povećao klijavost sjemena na obje razine temperatura te smanjio postotak nenormalnih klijanaca i neklijavog sjemena u odnosu na netretirano sjeme, a također je povećao masu svježih i zdravih klijanaca kod obje razine temperatura. Temeljem istraživanja autori su zaključili da tretman sjemena biostimulatorom Ekobooster 1 može pomoći u početnim fazama razvoja paprike, naročito u uvjetima nepovoljnih temperatura.

Vieira i sur. (2018) su proveli istraživanje sa svrhom procjene utjecaja humusnih tvari i huminske kiseline (biostimulativnih tvari) ekstrahiranih iz uzoraka treseta na klijavost i kvalitetu sjemena te razvoj klice vrste *Capsicum frutescens* L. Upotreba različitih doza humusnih tvari i huminskih kiselina u klijanju *C. frutescens* L. pokazala se učinkovitom u pospješivanju indeksa klijavosti i razvoja klice.

Poštić i sur. (2019) su tijekom 2017. i 2018. godine proveli istraživanje na tri domaća kultivara začinske paprike s ciljem ocjene utjecaja godine, populacije sjemena i tretmana sjemena biostimulatorom Coveron na dva najznačajnija pokazatelja kvalitete sjemena, klijavost i energiju klijanja. Tretman sjemena biostimulatorom doveo je do povećanja energije klijanja i ukupne klijavosti u obje godine u odnosu na kontrolu. Autori su naglasili da je efekt tretmana sjemena paprike biostimulatorima posebno značajan u slučajevima opadanja energije klijanja i ukupne klijavost porastom starosti sjemena jer utječe na parametre kvalitete sjemena.

Baroud i sur. (2019) su testirali biostimulativni učinak triju vrsta smeđih algi (*Cystoseira gibraltaria*, *Bifurcaria bifurcata* i *Fucus spiralis*) na klijavost sjemena paprike te rast *in vitro* i u plasteniku. Izdvojili su ekstrakte algi te su ih razrijedili vodom kako bi dobili pripravke različitih koncentracija (0.5, 1 i 2%) kojima su tretirali sjeme te tretmane usporedili s kontrolom tretiranom destiliranom vodom. Kod sjemena tretiranog s 0.5%-tnim vodenim ekstraktom *C. gibraltaria* i *B. bifurcata* primjećena je blago veća duljina hipokotila i klicinog korjenčića. Tretman vodenim ekstraktom *F. spiralis* povećao je postotak klijavosti, duljinu klicinog korjenčića, hipokotila i klijanca te biomasu klice u sve tri testirane koncentracije. Utvrđen je pozitivan utjecaj algi na klijavost, parametre rasta i biokemijski sastav paprike, a vrste *B. bifurcata* i *F. spiralis* pokazale su mnogo bolje rezultate u odnosu na *C. gibraltaria*. Prema autorima, te se dvije vrste algi mogu smatrati dobrim biostimulatorima za poboljšanje rasta paprike.

Fagioli i sur. (2019) su proveli istraživanje s ciljem procjene učinkovitosti primjene biostimulatora Radifarm® (RF) i Stimulate® (ST) na klijavost, vigor i razvoj presadnica paprike i krastavca. Njihovo su sjeme kroz 24 sata tretirali navedenim biostimulatorima u različitim koncentracijama (0, 1, 5, i 15 mL za RF te 0, 5, 15, i 30 mL za ST). Zaključili su da su tretmani povećali broj nekljavog sjemena te smanjili brzinu klijanja sjemena.

Akgül F. i R. (2019) su istraživali učinak ekstrakta cijanobakterije *Spirulina platensis* različitih koncentracija na klijanje sjemena paprike. Autori su utvrdili da je primjena 25 %-tnog i 50 %-tnog staničnog ekstrakta pozitivno utjecala na klijavost i razvoj klijanaca paprike te da bi se daljnjim istraživanjem mogao proizvesti komercijalni i ekološki biostimulator na bazi te cijanobakterije.

2.7. Fluorescencija klorofila

Fluorescencija klorofila (*CF* - *Chlorophyll fluorescence*) je brza, neinvazivna i jeftina tehnika koja se uspješno koristi u procjeni fotosintetske aktivnosti biljaka i tehnika je sortiranja sjemena koja se oslanja na mjerenje amplitude *CF* signala sjemena (Gorbe i Calatayud, 2012; Kenanoğlu i sur., 2016) te služi za određivanje zrelosti i kvalitete sjemena (Jalink i sur., 1998).

Korištena je u istraživanjima provedenim na lišću graha zaraženim hrđom (*Uromyces appendiculatus*) kao alat za proučavanje razvoja bolesti i praćenje promjena u fluorescenciji s pojavom lezija (Peterson i Aylon, 1995), kao nerazorni biljeg zrelosti, kvalitete i potencijala sjemena kupusnjača (Jalink i sur., 1998), u terenskom pregledu kultivara graha tolerantnih na visoke temperature (Petkova i sur., 2007), kao metoda sortiranja sjemena za poboljšanje potencijala nicanja i vigora komercijalnih partija sjemena rajčice i krastavaca (Demir i sur., 2013), kao metoda za poboljšanje kvalitete partija sjemena paprike iz plodova različite zrelosti (Kenanoğlu i sur., 2013), za poboljšanje kvalitete starog sjemena kupusa na temelju signala

klorofilne fluorescencije (Yadav i sur., 2015), za provjeru uspješnosti klijanja uskladištenog sjemena paprike (Kenanoğlu i sur., 2016) te kao metoda za određivanje klijavosti sjemena graha (Vidak i sur., 2020).

Važno svojstvo kvalitete sjemena je upravo njegova zrelost, a sjeme koje je nezrelo ili nije u potpunosti zrelo uglavnom je lošije kvalitete (Jalink i sur., 1998). Tehnikom fluorescencije klorofila utvrđuje se sadržaj klorofila u omotaču sjemena, mjeri fluorescencija klorofila i povezuje s kvalitetom sjemena (stupnjem zrelosti) (Kenanoğlu i sur., 2016). Kod većine vrsta količina klorofila u omotaču sjemena smanjuje se sazrijevanjem, a istovremeno se boja sjemena mijenja iz zelene u boju specifičnu za vrstu i kultivar. S obzirom da je kakvoća sjemena u negativnoj korelaciji s količinom klorofila u sjemenskom omotaču, tehnika fluorescencije klorofila može se koristiti kao marker za fiziološku zrelost sjemena i identifikaciju manje zrelog sjemena. Klorofil pokazuje brzu fluorescenciju kada je molekula pobuđena na odgovarajućoj valnoj duljini. Na temelju magnitude signala klorofilne fluorescencije sjeme se može sortirati u različite razrede zrelosti, a klorofilni signal može se povezati s potencijalom sjemena (Jalink i sur., 1998).

Prema Kenanoğlu i sur. (2013) tehnika klorofilne fluorescencije prikladna je metoda za sortiranje sjemena povrtlarskih kultura kod kojih je sazrijevanje sjemena na matičnoj biljci postepeno zbog kontinuiranog cvjetanja i gnojidbe. Primjenom ove tehnike u svrhu sortiranja sjemena paprike iz plodova različite zrelosti značajno se povećala klijavost, vigoroznost i stopa nicanja sjemena. Isti su autori 2016. godine ispitali navedenu tehniku kao metodu za sortiranje uskladištenog sjemena paprike sa svrhom poboljšanja parametara klijavosti sjemena. Na uskladištenom CF sortiranom sjemenu te uskladištenom nesortiranom kontrolnom sjemenu četiriju različitih kultivara paprike određena je laboratorijska klijavost i prosječno vrijeme klijanja. Rezultati su pokazali da je CF sortiranje značajno povećalo laboratorijsku klijavost i smanjilo prosječno vrijeme klijanja te da bi se ono moglo uspješno primjenjivati za poboljšanje kvalitete uskladištenog sjemena paprike.

Postoji mnogo dostupnih komercijalnih, ali i samostalno napravljenih *Chl* fluorometra, a neki od najčešće korištenih *CF* parametara posljednjih desetljeća su F_0 (minimalna razina fluorescencije), F_m (maksimalna razina fluorescencije), F_v/F_m (maksimalni kvantni prinos fotosustava II) i dr. (Vidak i sur., 2020). Ti se parametri mogu pratiti pomoću CropReporter-a (Slika 3.) koji omogućuje prikaz cijele biljke u megapikselskoj razlučivosti dajući informaciju o 0-, I- i P razini Kautsky indukcijske krivulje fotosustava II, a također ga je moguće koristiti za snimanje sjemena različitih vrsta. Parametri fluorescencije izračunavaju se po pikselu i prikazuju kao slike. CropReporter omogućuje adaptaciju biljke na tamne uvjete te snimanje u svjetlosnim uvjetima kako bi se dobila informacija o pokazateljima fluorescencije klorofila: maksimalnoj učinkovitost fotosustava II, stopi prijenosa elektrona, ne-fotokemijskom gašenju itd. (<https://www.phenovation.com/>).



Slika 3. CropReporter

Autor: Čeh (2019)

2.7.1. Svojstva fluorescencije klorofila

1. Minimalna razina fluorescencije (*Minimal fluorescence, F_0*)

Razina fluorescencije uzorka prilagođenog tami u nedostatku fotosintetskog svjetla kada su otvoreni svi reakcijski centri fotosustava II i nije prisutno ne-fotokemijsko gašenje. U mraku se uključuje „mjerno svjetlo“, svjetlo premalog intenziteta da bi izazvalo transport elektrona putem fotosustava II, ali dovoljno jako da se dobije minimalna vrijednost za fluorescenciju klorofila, F_0 (Murchie i Lawson, 2013).

2. Maksimalna razina fluorescencije (*Maximal fluorescence, F_m*)

Razina fluorescencije uzorka prilagođenog tami na kojeg se primjeni kratki bljesak svjetlosti visokog intenziteta kako bi se fotokemijsko gašenje smanjilo na zanemarivu razinu. Time se privremeno zatvaraju svi reakcijski centri fotosustava II, što sprečava da se energija fotosustava II prenosi na nosače elektrona. Ne-fotokemijsko gašenje se neće pojaviti ako je bljesak kratak. Tijekom bljeska fluorescencija doseže razinu postignutu bez fotokemijskog gašenja, odnosno maksimalnu razinu fluorescencije, F_m (Maxwell i Johnson, 2000).

3. Varijabilna fluorescencija (*Variable fluorescence, F_v*)

Razlika između maksimalne (F_m) i minimalne (F_0) razine fluorescencije naziva se varijabilnom fluorescencijom (F_v) (Maxwell i Johnson, 2000).

$$F_v = F_m - F_0$$

4. Maksimalni kvantni prinos fotosustava II (*Maximum quantum yield of photosystem II, F_v/F_m*)

$$\frac{F_v}{F_m} = \frac{(F_m - F_0)}{F_m}$$

Omjer varijabilne i maksimalne razine fluorescencije u uzorku prilagođenom na uvjete tame je mjera maksimalnog kvantnog prinosa fotosustava II, tj. njegove učinkovitosti u uvjetima kada su svi reakcijski centri oksidirani. Vrijednosti F_v/F_m (očitanje na uzorku prilagođenom tami) odražavaju potencijalnu kvantnu učinkovitost fotosustava II i koriste se kao osjetljiv pokazatelj biljnog fotosintetskog performansa, s optimalnim vrijednostima od oko 0,83 izmjerenim za većinu biljnih vrsta. Vrijednosti niže od ove uočavaju se kada je biljka izložena stresu te upućuju na fenomen fotoinhibicije (Maxwell i Johnson, 2000).

5. Fluorescencija sjemena (*Seed fluorescence, Chl*)

Klorofil se u sjemenom omotaču pobuđuje zračenjem određene valne duljine, a rezultirajuća fluorescencija izmjeri se trenutno i nerazorno (Jalink i sur., 1999).

3. Materijali i metode

3.1. Biljni materijal

U ovom istraživanju korišteno je sjeme paprike prikupljeno s biljaka dva kultivara paprike (babura - Šorokšari i rog - Kurtovska kapija) (Slike 4. i 5.) uzgajanih na Pokušalištu Maksimir Zavoda za sjemenarstvo Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta. Biljke su tijekom vegetacije 2019. godine tretirane biostimulatorima Eco Green i Zeogreen. Prikupljanje sjemena obavljeno je 16. rujna 2019. godine, a pokus u svrhu ispitivanja utjecaja primjene biostimulatora tijekom vegetacije na klijavost sjemena paprike postavljen je na Zavodu za sjemenarstvo Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta i proveden tijekom studenog i prosinca 2019. godine. U pokusu je sveukupno korišteno po 300 sjemenki od svakog kultivara, po 100 sjemenki s biljaka tretiranih sa svakim od dva biostimulatora te 100 sjemenki s biljaka koje tijekom vegetacije nisu bile tretirane (kontrola).



Slika 4. Plodovi i sjeme paprike babure (Šorokšari)

Autor: Čeh (2019)



Slika 5. Plodovi i sjeme paprike rog (Kurtovska kapija)

Autor: Čeh (2019)

3.2. Pokus

Ispitivanje klijavosti sjemeni: 300 sjemenki paprike (po 100 sjemenki s biljaka tretiranih sa svakim od dva biostimulatora te 100 sjemenki s biljaka koje tijekom vegetacije nisu bile tretirane - kontrola) je stavljeno u sterilizirane plastične kutijice na filter papir koji je služio kao podloga za naklijavanje te je navlažen destiliranom vodom (dH_2O) (Slika 6.). Sjeme je potom stavljeno na naklijavanje u komoru za ispitivanje klijavosti pod kontroliranim uvjetima prema uputama Međunarodnog udruženja za ispitivanje sjemeni (ISTA, 1993). Analiza klijavosti provodila se po standardnoj metodi za laboratorijsko ispitivanje klijavosti sjemeni pri stalnoj temperaturi od 25°C i svjetlosnom režimu postavljenom po principu 16 h dan i 8 h noć. Svakih 48 sati te 7. i 14. dan (kroz ukupno 14 dana) utvrđivan je broj proklijalih sjemenki, a proklijalom sjemenkom smatrala se ona kod koje je korjenčić veličine $\geq 2\text{ mm}$. Na 14. dan utvrđen je broj proklijalih i neklijavih sjemenki. Analiza klijavosti služila je za određivanje sljedećih parametara:

G - klijavost (%)

MGT - prosječno vrijeme klijanja (dan)

GI - indeks klijavosti

U - pouzdanost procesa klijanja

Z - sinkronizacija procesa klijanja

CVt - koeficijent varijabilnosti vremena klijanja

MR - prosječna stopa klijavosti

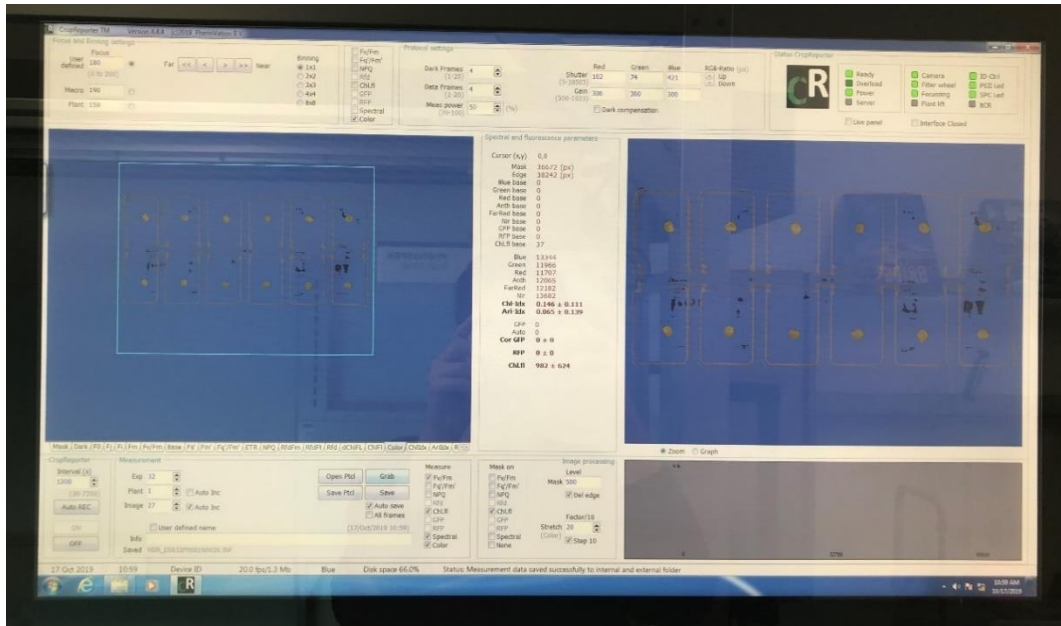


Slika 6. Sjeme prije stavljanja u komoru za naklijavanje
Autor: Čeh (2019)

Parametri fluorescencije klorofila sjemena (F_0 (minimalna razina fluorescencije), F_m (maksimalna razina fluorescencije), F_v (varijabilna fluorescencija), F_v/F_m (maksimalni kvantni prinos fotosustava II) i Chl signal (fluorescencija sjemena)) određeni su pomoću CropReportera (PhenoVation, Wageningen, Nizozemska). Podaci koji su dobiveni pomoću CropReportera su analizirani programom Data Analysis (PhenoVation, Wageningen, Nizozemska). Slika 7. prikazuje postavljanje sjemena paprike u plastične kutijice prije snimanja CropReporterom, a Slika 8. samo snimanje sjemena.



Slika 7. Postavljanje sjemena paprike u plastične kutijice
prije snimanja CropReporterom
Autor: Čeh (2019)



Slika 8. Snimanje sjemena paprike CropReporterom

Autor: Čeh (2019)

Nakon provođenja pokusa uslijedila je analiza prikupljenih podataka.

3.3. Statistička obrada podataka

3.3.1. Svojstva klijavosti

Na kraju pokusnog razdoblja izračunati su parametri klijavosti sjemena prema formulama za izračunavanje koje slijede u daljnjem tekstu.

1. Klijavost (*Germinability, G; %*) je broj klijavih sjemenki izražen u postotku (Ranal i sur., 2009).

$$G = \frac{\text{broj iskljicalih sjemenki}}{\text{ukupan broj sjemenki}} \times 100$$

Klijavost sjemena je postotak sjemena u kojem proces klijanja dolazi do svog kraja, u eksperimentalnim uvjetima, a koji rezultira pojavom izbočine, odnosno živog zametka (Ranal i Santana, 2006).

2. Prosječno vrijeme klijanja (*Mean germination time, MGT; dan*).

$$MGT = \frac{\sum_{i=1}^k n_i t_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

pri čemu t_i označava vrijeme od početka pokusa do vremena opservacije (t^{th}), faktor n_i je broj iskljicalih sjemenki u t^{th} vremenu, a k označava zadnji dan klijanja (Ranal i sur., 2009).

3. Indeks klijavosti (*Germination index, GI*)

Indeks klijavosti izražen je preko formule (Farooq i sur. 2005):

$$GI = \frac{\text{broj proklijalih sjemenki}}{\text{broj dana od prvog prebrojavanja}} + \dots + \frac{\text{broj proklijalih sjemenki}}{\text{broj dana od konačnog prebrojavanja}}$$

Indeks klijavosti najbolje opisuje odnos postotka i brzine klijanja (Kader, 2005).

4. Pouzdanost procesa klijanja (*Uncertainty of the germination process, U*)

$$U = - \sum_{i=1}^k f_i \log_2 f_i$$

pri čemu

$$f_i = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

Pri čemu je faktor n_i broj proklijalih sjemenki u vremenu t^{th} . Zadnji dan opservacije označen je s k (Ranal i sur., 2009).

Pouzdanost procesa klijanja služi za mjerenje stupnja nesigurnosti povezanog s raspodjelom relativne učestalosti klijanja. Niske vrijednosti ukazuju na bolju ujednačenost klijanja (Ranal i Santana, 2006).

5. Sinkronizacija procesa klijanja (*Synchrony of the germination process, Z*)

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^k C_{n_i 2}}{C_{\sum n_i 2}}$$

pri čemu Z predstavlja kvocijent između sume parcijalne kombinacije proklijalih sjemenki u vremenu t_i i konačnog broja proklijalih sjemenki na kraju pokusa, pretpostavljajući da se klijanje sjemenki koje su klijale u određenom vremenu događalo simultano (Ranal i Santana, 2006).

6. Koeficijent varijabilnosti vremena klijanja (*Coefficient of variation of the germination time, CVt*)

$$CVt = \frac{St}{t} \times 100$$

pri čemu je St standardna devijacija, a t prosječno vrijeme klijanja (Ranal i sur., 2009).

7. Prosječna stopa klijavosti (*Mean germination rate, MR*)

$$MR = \frac{CV}{100} = \frac{1}{T}$$

gdje je T prosječno vrijeme klijanja, a CV koeficijent brzine (Al-Ansari i Ksiksi, 2016).

Jednosmjerna analiza varijance (One-way ANOVA) je provedena u svrhu utvrđivanja značajnih razlika između tretmana. Izračun je proveden pomoću naredbe PROC GLM u programu SAS (SAS Institute, 2004). Razlike između prosječnih vrijednosti kvantitativnih svojstava između tretmana utvrđene su pomoću post hoc Tukeyjevog testa. Značajnost je utvrđena na razini $P < 0,05$. Izvorne vrijednosti svojstava G i CVt izraženih u postotku su prije analize transformirane pomoću formule $y = \arcsin (x/100)$ (SAS Institute 2004. SAS SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC, USA).

4. Rezultati i rasprava

U ovom istraživanju ispitan je utjecaj primjene biostimulatora Eco Green i Zeogreen tijekom vegetacije na klijavost sjemena dvaju kultivara paprike (babura – Šorokšari i rog – Kurtovska kapija). Pretpostavka je da će primjena biostimulatora tijekom vegetacije pozitivno utjecati na klijavost sjemena paprike te da bi se navedeni tretman mogao koristiti u svrhu postizanja bržeg i ujednačenijeg klijanja i nicanja, posebice u slučaju nižih temperatura i kod izravne sjetve te u svrhu povećanja količine i kvalitete proizvodnje. Tablica 3. prikazuje analizu varijance (ANOVA) za svojstva klijavosti sjemena paprike.

Tablica 3. Analiza varijance (ANOVA) za svojstva klijavosti sjemena paprike

Izvor varijabilnosti	<i>G</i> (%)	<i>MGT</i> (dan)	<i>GI</i>	<i>U</i>	<i>Z</i>	<i>CVt</i>	<i>MR</i>
Kultivar (K)	**	ns	**	ns	ns	ns	ns
Tretman (T)	*	**	***	*	ns	ns	**
Interakcija Kultivara i Tretmana (K × T)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

G - klijavost; *MGT* - Prosječno vrijeme klijanja; *GI* - Indeks klijavosti; *U* - Pouzdanost procesa klijanja; *Z* - Sinkronizacija procesa klijanja; *CVt* - Koeficijent varijabilnosti vremena klijanja; *MR* - Prosječna stopa klijavosti
P(F) - značajnosti F-testa: ^{ns}P > 0.05, *0.05 > P > 0.01, **0.01 > P > 0.001, ***P < 0.001

Utvrđena je značajna razlika između kultivara u svojstvima: klijavost (*G*; %) i indeks klijavosti (*GI*), dok kod ostalih svojstava razlika između kultivara nije statistički značajna.

Između tretmana je utvrđena visoko značajna razlika za svojstvo indeks klijavosti (*GI*). Značajna razlika između tretmana utvrđena je za svojstva: prosječno vrijeme klijanja (*MGT*; dan) i prosječna stopa klijavosti (*MR*). Nisko značajna razlika između tretmana utvrđena je za svojstva: klijavost (*G*; %) i pouzdanost procesa klijanja (*U*). Sinkronizacija procesa klijanja (*Z*) i koeficijent varijabilnosti vremena klijanja (*CVt*) ne pokazuju statistički značajne razlike između tretmana.

U interakciji kultivara i tretmana nije utvrđena statistički značajna razlika ni za jedno svojstvo.

Analiza varijance (ANOVA) za parametre klorofilne fluorescencije sjemena paprike prikazana je u Tablici 4.

Tablica 4. Analiza varijance (ANOVA) za parametre klorofilne fluorescencije sjemena paprike

Izvor varijabilnosti	F_0	F_m	F_v/F_m	Chl
Kultivar (K)	***	***	***	***
Tretman (T)	ns	ns	*	ns
Interakcija Kultivara i Tretmana (K × T)	ns	ns	**	ns

F_0 - minimalna razina fluorescencije; F_m - maksimalna razina fluorescencije; F_v - varijabilna fluorescencija; F_v/F_m - maksimalni kvantni prinos fotosustava II; Chl - fluorescencija sjemena

P(F) - značajnosti F-testa: ^{ns}P > 0.05, *0.05 > P > 0.01, **0.01 > P > 0.001, ***P < 0.001

Visoko značajna razlika utvrđena je između kultivara u svojstvima: minimalna razina fluorescencije (F_0), maksimalna razina fluorescencije (F_m), maksimalni kvantni prinos fotosustava II (F_v/F_m) i fluorescencija sjemena (Chl).

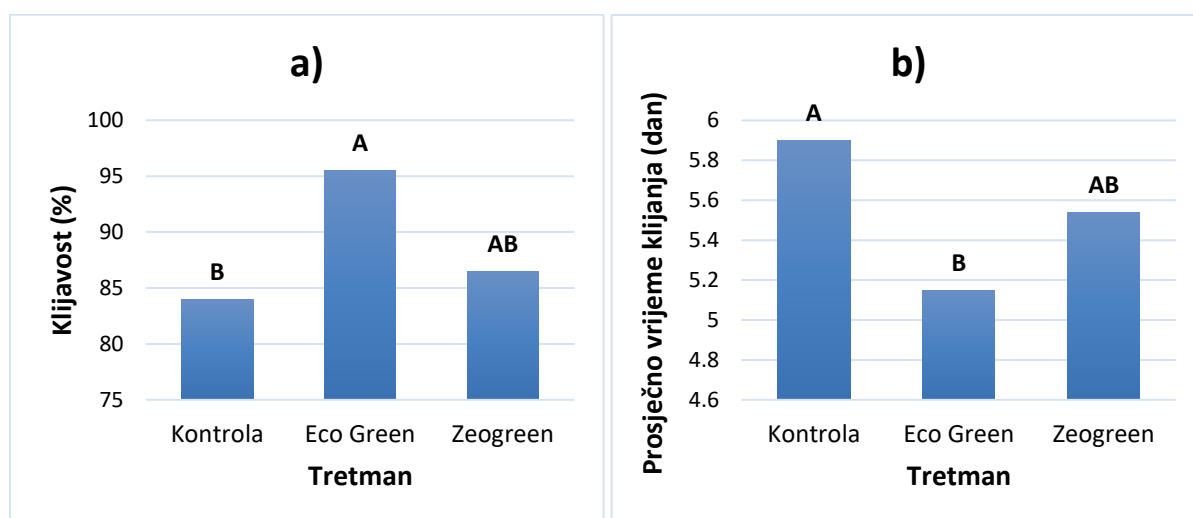
Između tretmana je utvrđena nisko značajna razlika za svojstvo maksimalni kvantni prinos fotosustava II (F_v/F_m), dok kod ostalih svojstava razlika između tretmana nije statistički značajna.

U interakciji kultivara i tretmana utvrđena je statistički značajna razlika za maksimalni kvantni prinos fotosustava II (F_v/F_m), dok za ostala svojstva interakcija između kultivara i tretmana nije statistički značajna.

4.1. Utjecaj tretmana na svojstva klijavosti

U Grafikonu 1.a je vidljivo da je sjeme biljaka koje su tijekom vegetacije tretirane biostimulatorom Eco Green postiglo statistički značajno veću klijavost ($G = 95,5\%$) u odnosu na kontrolu ($G = 84\%$). Ne postoje statistički značajne razlike u klijavosti sjemeni biljaka koje su tijekom vegetacije tretirane biostimulatorom Zeogreen ($G = 86,5\%$) u odnosu na klijavost sjemeni biljaka tretiranih biostimulatorom Eco Green i onih u kontroli. Biostimulator Eco Green ubrzao je proces klijanja sjemeni paprike, naročito u početku. Klijanje sjemeni započelo je drugog dana od stavljanja na naklijavanje, kada su zabilježene dvije proklijale sjemenke u kontroli. Četvrti dan primijećeno je duplo brže klijanje sjemeni biljaka prethodno tretiranih biostimulatorom Eco Green ($47,5\%$ proklijalih sjemenki) u odnosu na kontrolu ($22,5\%$ proklijalih sjemenki). Također, na kraju ispitivanja klijavosti (14. dan), utvrđen je značajno manji postotak neklijavih sjemenki biljaka prethodno tretiranih biostimulatorom Eco Green ($4,5\%$) u odnosu na kontrolu (16%). Slične rezultate dobili su Palfi i sur. (2017) u ispitivanju utjecaja tretiranja sjemeni stimulatorom klijanja Ekobooster 1 na početni rast i razvoj paprike, gdje je tretman povećao klijavost sjemeni te smanjio postotak nenormalnih klijanaca i neklijavog sjemeni u odnosu na netretirano sjeme.

U Grafikonu 1.b je vidljivo da je sjeme biljaka koje su tijekom vegetacije tretirane biostimulatorom Eco Green postiglo statistički značajno kraće prosječno vrijeme klijanja ($MGT = 5,15$ dana) u odnosu na kontrolu ($MGT = 5,9$ dana). Ne postoje statistički značajne razlike u prosječnom vremenu klijanja sjemeni biljaka koje su tijekom vegetacije tretirane biostimulatorom Zeogreen ($MGT = 5,54$ dana) u odnosu na prosječno vrijeme klijanja sjemeni biljaka tretiranih biostimulatorom Eco Green i onih u kontroli. Prema Demir i sur. (2008) na temelju prosječnog vremena klijanja (MGT) partija sjemeni paprike može se predvidjeti veličina i uniformnost klijanaca u testovima klijanja. Utvrđeno kraće prosječno vrijeme klijanja sjemeni nakon tretmana biostimulatorom Eco Green moglo bi utjecati na pojavu većih i uniformnijih klijanaca (s većom duljinom korijena i hipokotila) te skratiti prosječno vrijeme nicanja.

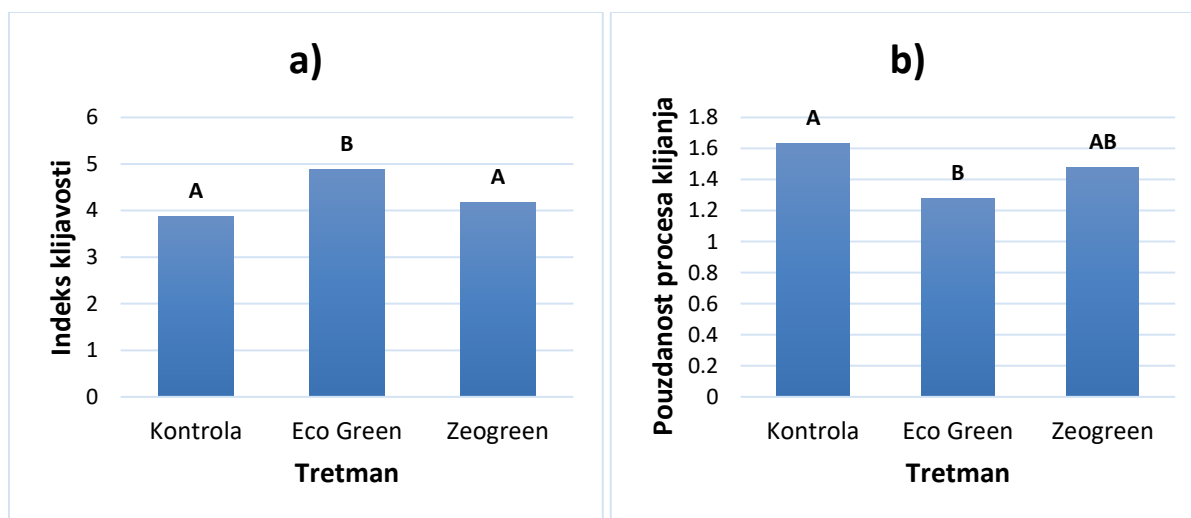


Grafikon 1. Razlike između tretmana za svojstva: a) klijavost (G ; %) i b) prosječno vrijeme klijanja (MGT ; dan)

Vrijednosti u stupcima označene istim slovom značajno se ne razlikuju na temelju Tukeyjevog testa.

Sjeme biljaka koje su tijekom vegetacije tretirane biostimulatorom Eco Green postiglo je statistički značajno veći indeks klijavosti ($GI = 4,89$) u odnosu na indeks klijavosti sjemena biljaka koje su tijekom vegetacije tretirane biostimulatorom Zeogreen ($GI = 4,17$) i onih u kontroli ($GI = 3,87$). Ne postoje statistički značajne razlike u indeksu klijavosti sjemena biljaka koje su tijekom vegetacije tretirane biostimulatorom Zeogreen u odnosu na kontrolu (Grafikon 2.a). Slične rezultate dobili su Vieira i sur. (2018) koji su utvrdili da se upotreba biostimulativnih tvari (humusnih tvari i huminskih kiselina) u klijanju sjemena *C. frutescens* L. pokazala učinkovitom u pospješivanju indeksa klijavosti i razvoja klice.

Sjeme biljaka koje su tijekom vegetacije tretirane biostimulatorom Eco Green postiglo je statistički značajno veću pouzdanost procesa klijanja ($U = 1,28$) u odnosu na kontrolu ($U = 1,63$) s obzirom da niža vrijednost ukazuje na bolju ujednačenost klijanja. Ne postoje statistički značajne razlike u pouzdanosti procesa klijanja sjemena biljaka koje su tijekom vegetacije tretirane biostimulatorom Zeogreen ($U = 1,48$) u odnosu na pouzdanost procesa klijanja sjemena biljaka tretiranih biostimulatorom Eco Green i onih u kontroli (Grafikon 2.b).

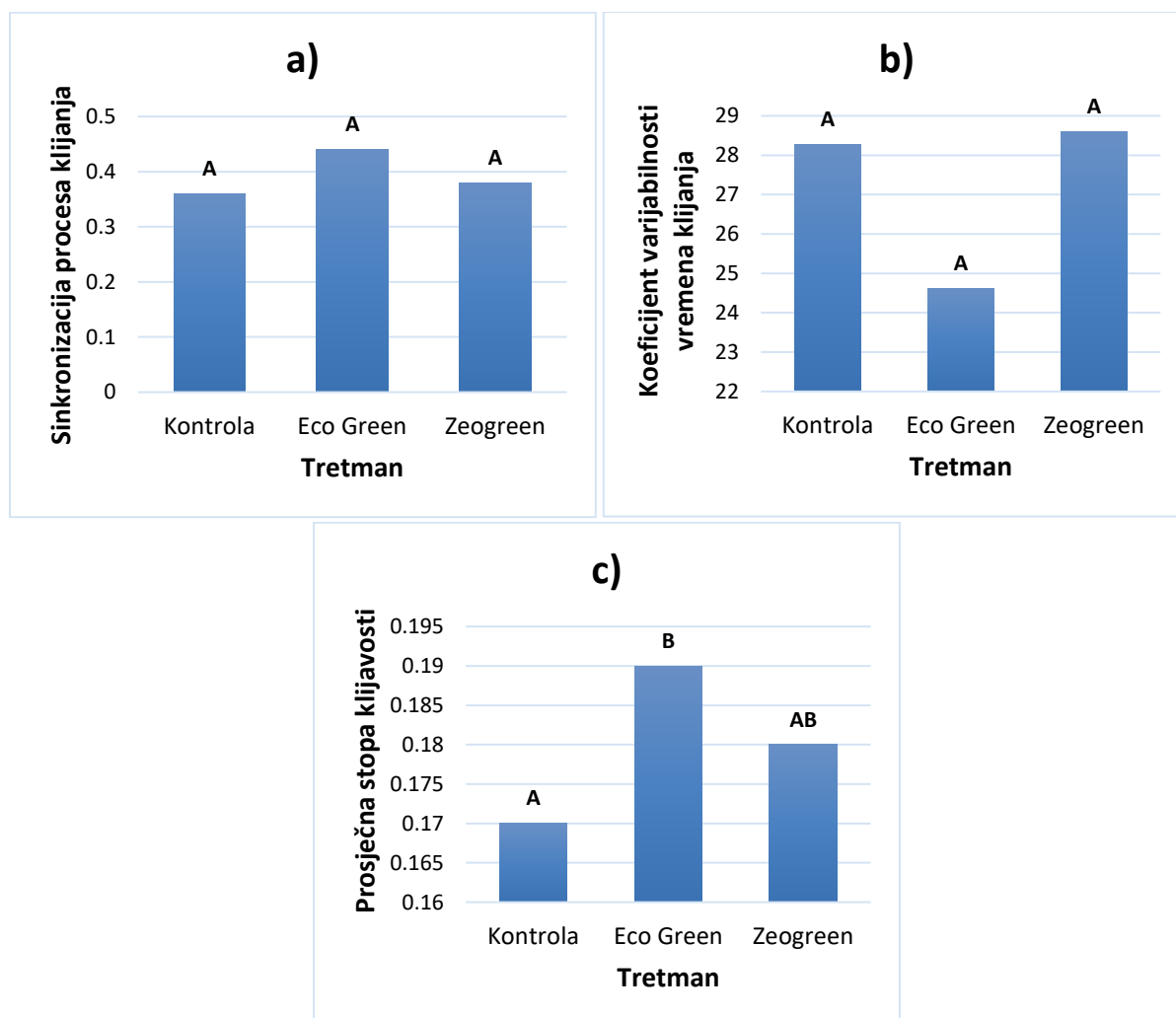


Grafikon 2. Razlike između tretmana za svojstva: a) indeks klijavosti (GI) i b) pouzdanost procesa klijanja (U)

Vrijednosti u stupcima označene istim slovom značajno se ne razlikuju na temelju Tukeyjevog testa.

Ne postoje statistički značajne razlike u sinkronizaciji procesa klijanja (Z) (Grafikon 3.a) i koeficijentu varijabilnosti vremena klijanja (CVt) (Grafikon 3.b) između tretmana.

Sjeme biljaka koje su tijekom vegetacije tretirane biostimulatorom Eco Green postiglo je statistički značajno veću prosječnu stopu klijavosti ($MR = 0,19$) u odnosu na kontrolu ($MR = 0,17$). Ne postoje statistički značajne razlike u prosječnoj stopi klijavosti sjemena biljaka koje su tijekom vegetacije tretirane biostimulatorom Zeogreen ($MR = 0,18$) u odnosu na prosječnu stopu klijavosti sjemena biljaka tretiranih biostimulatorom Eco Green i onih u kontroli (Grafikon 3.c).



Grafikon 3. Razlike između tretmana za svojstva: a) sinkronizacija procesa klijanja (Z), b) koeficijent varijabilnosti vremena klijanja (CVt) i c) prosječna stopa klijavosti (MR)
Vrijednosti u stupcima označene istim slovom značajno se ne razlikuju na temelju Tukeyjevog testa.

Primjena biostimulatora Eco Green tijekom vegetacije pokazala se uspješnom u pospješivanju klijavosti sjemena paprike u usporedbi sa kontrolom. Tretman biostimulatorom Eco Green imao je pozitivan učinak na klijavost (G ; %), prosječno vrijeme klijanja (MGT ; dan), indeks klijavosti (GI), pouzdanost procesa klijanja (U) i prosječnu stopu klijavosti (MR). Moguće je da su kultivari Kurtovska kapija i Šorokšari bolje reagirali na formulaciju kalcita (Eco Green) nego na formulaciju kalcita i zeolita (Zeogreen), no to se ne može potvrditi sa sigurnošću te su potrebna daljnja istraživanja. Tretman biostimulatorom Eco Green tijekom

vegetacije mogao bi se koristiti u svrhu postizanja bržeg i ujednačenijeg klijanja i nicanja sjemena paprike u idućoj uzgojnoj sezoni, naročito u uvjetima nepovoljnih temperatura i kod izravne sjetve te u svrhu povećanja količine i kvalitete proizvodnje, što je od važnosti posebice u sjemenskoj proizvodnji koja za cilj ima osigurati zadovoljavajuću kvalitetu te visoku klijavost sjemena poljoprivrednog bilja.

4.2. Utjecaj kultivara na svojstva klijavosti

Razlike između kultivara za svojstva klijavosti sjemena prikazane su u Tablici 5.

Tablica 5. Razlike između kultivara za svojstva klijavosti sjemena

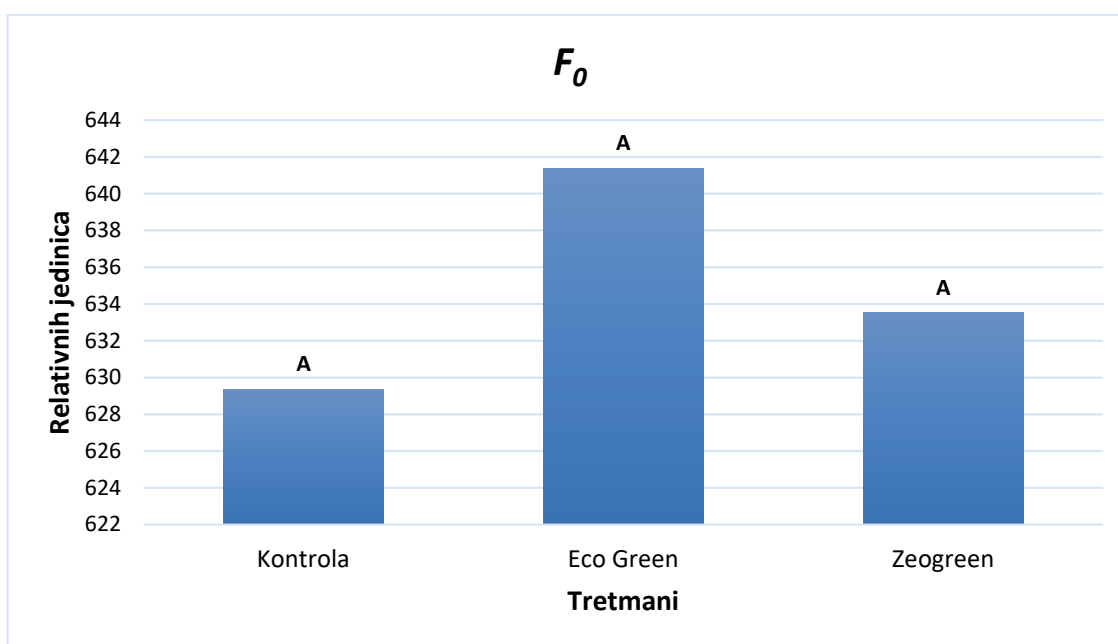
Kultivar	<i>G</i> (%)	<i>MGT</i> (dan)	<i>GI</i>	<i>U</i>	<i>Z</i>	<i>CVt</i>	<i>MR</i>
Šorokšari	83.3 A	5.65 A	4 A	1.39 A	0.41 A	29.63 A	0.17 A
Kurtovska kapija	94 B	5.41 A	4.62 B	1.53 A	0.37 A	24.69 A	0.18 A

G - klijavost; *MGT* - Prosječno vrijeme klijanja; *GI* - Indeks klijavosti; *U* - Pouzdanost procesa klijanja; *Z* - Sinkronizacija procesa klijanja; *CVt* - Koeficijent varijabilnosti vremena klijanja; *MR* - Prosječna stopa klijavosti Vrijednosti u stupcima označene istim slovom značajno se ne razlikuju na temelju Tukeyjevog testa.

Post hoc testom višestruke usporedbe u parovima (Tukey) utvrđeno je da je kultivar Kurtovska kapija postigao statistički značajno veću klijavost (*G* = 94 %) i indeks klijavosti (*GI* = 4,62) u odnosu na kultivar Šorokšari, dok za ostala svojstva klijavosti ne postoje statistički značajne razlike između kultivara.

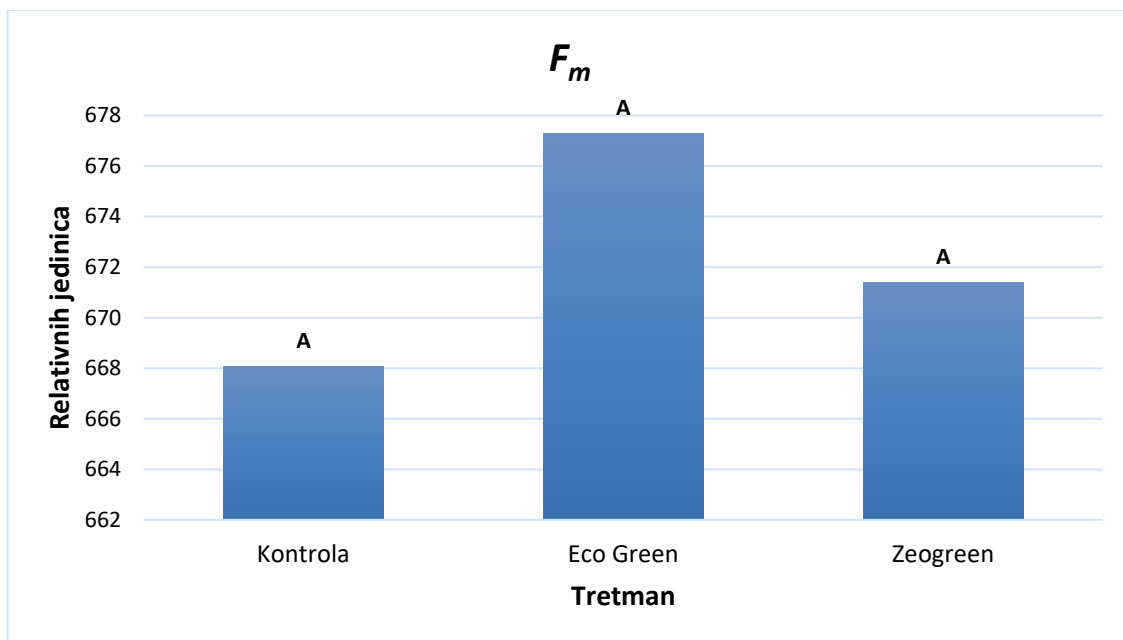
4.3. Utjecaj tretmana na parametre klorofilne fluorescencije

Vrijednosti minimalne razine fluorescencije (F_0), izražene u relativnim jedinicama (Grafikon 4.), kretale su se u vrijednosti od 629,34 (izmjerena na sjemenu kontrolne skupine biljaka) do 641,36 (izmjerena na sjemenu biljaka koje su tijekom vegetacije tretirane biostimulatorom Eco Green). *Post hoc* testom višestruke usporedbe u parovima (Tukey) utvrđeno je da ne postoji statistički značajna razlika između tretmana.



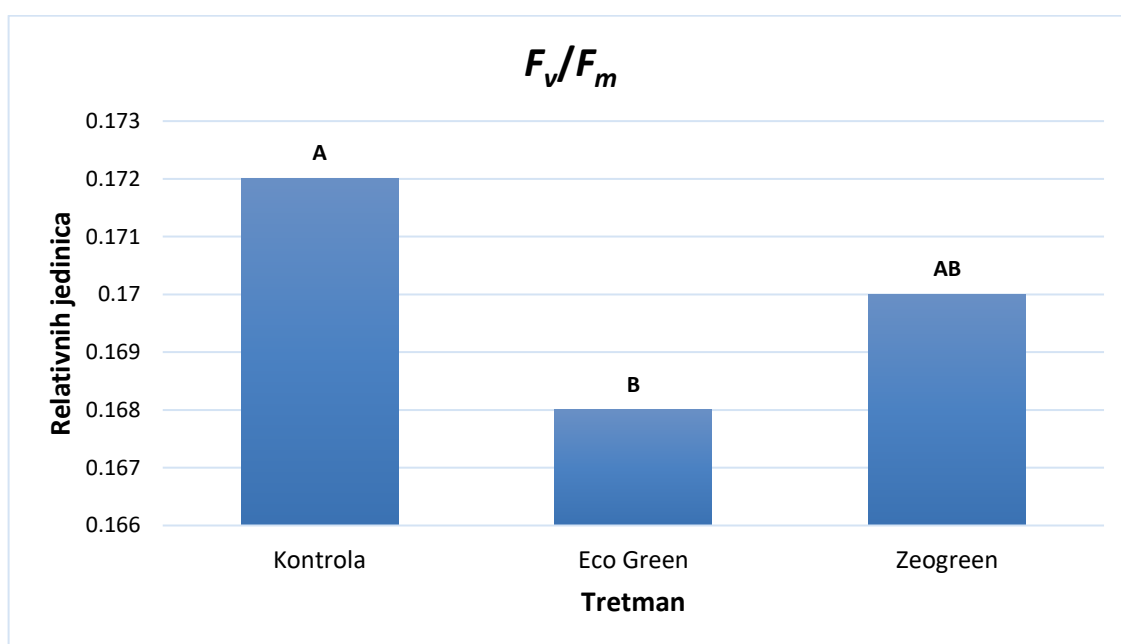
Grafikon 4. Razlike između tretmana za vrijednosti minimalne razine fluorescencije (F_0)
Vrijednosti u stupcima označene istim slovom značajno se ne razlikuju na temelju Tukeyjevog testa.
Vrijednosti parametra prikazane su u relativnim jedinicama.

Vrijednosti maksimalne razine fluorescencije (F_m), izražene u relativnim jedinicama (Grafikon 5.), kretale su se u vrijednosti od 668,07 (izmjerena na sjemenu kontrolne skupine biljaka) do 677,27 (izmjerena na sjemenu biljaka koje su tijekom vegetacije tretirane biostimulatorom Eco Green). *Post hoc* testom višestruke usporedbe u parovima (Tukey) utvrđeno je da ne postoji statistički značajna razlika između tretmana.



Grafikon 5. Razlike između tretmana za vrijednosti maksimalne razine fluorescencije (F_m)
Vrijednosti u stupcima označene istim slovom značajno se ne razlikuju na temelju Tukeyjevog testa. Vrijednosti parametra prikazane su u relativnim jedinicama.

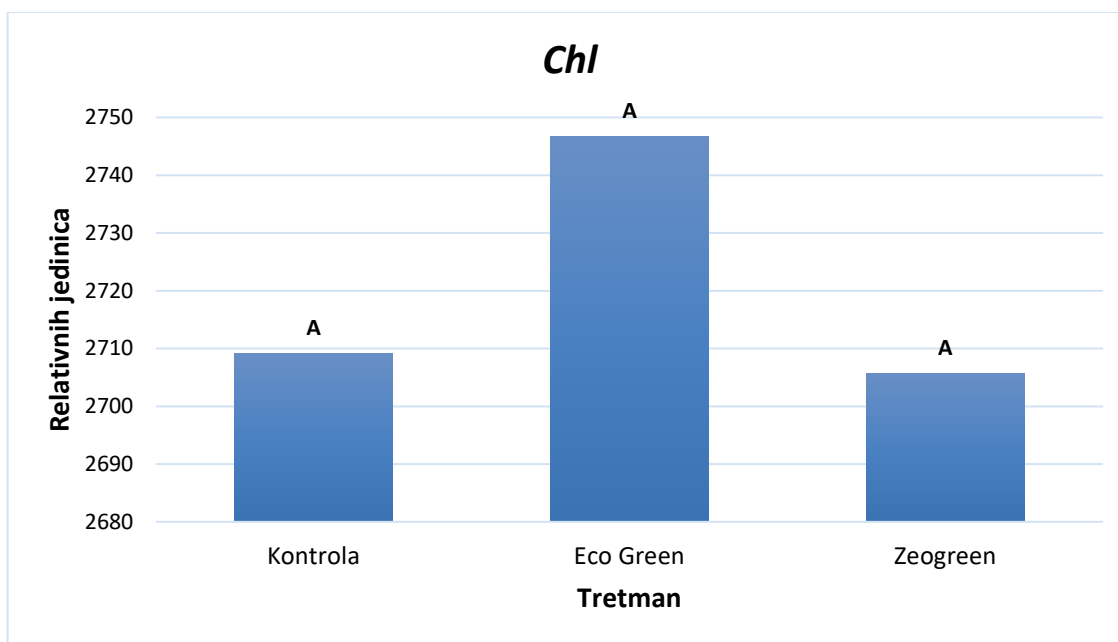
Vrijednosti maksimalnog kvantnog prinosa fotosustava II (F_v/F_m), izražene u relativnim jedinicama (Grafikon 6.) kretale su se u vrijednosti od 0,168 (izmjerena na sjemenu biljaka koje su tijekom vegetacije tretirane biostimulatorom Eco Green) do 0,172 (izmjerena na sjemenu kontrolne skupine biljaka). Post hoc testom višestruke usporedbe u parovima (Tukey) utvrđeno je da je sjeme kontrolnih biljaka postiglo statistički značajno veći maksimalni kvantni prinos fotosustava II ($F_v/F_m = 0,172$) u odnosu na sjeme biljaka koje su tijekom vegetacije tretirane biostimulatorom Eco Green ($F_v/F_m = 0,168$). Ne postoje statistički značajne razlike u maksimalnom kvantnom prinosu fotosustava II sjemena biljaka koje su tijekom vegetacije tretirane biostimulatorom Zeogreen ($F_v/F_m = 0,17$) u odnosu na sjeme biljaka tretiranih biostimulatorom Eco Green i kontrolu.



Grafikon 6. Razlike između tretmana za vrijednosti maksimalnog kvantnog prinosa fotosustava II (F_v/F_m)

Vrijednosti u stupcima označene istim slovom značajno se ne razlikuju na temelju Tukeyjevog testa. Vrijednosti parametra prikazane su u relativnim jedinicama.

Vrijednosti fluorescencije sjemena (*Chl*) izražene u relativnim jedinicama (Grafikon 7.), kretale su se u vrijednosti od 2705,76 (izmjerena na sjemenu biljaka koje su tijekom vegetacije tretirane biostimulatorom Zeogreen) do 2746,77 (izmjerena na sjemenu biljaka koje su tijekom vegetacije tretirane biostimulatorom Eco Green). *Post hoc* testom višestruke usporedbe u parovima (Tukey) utvrđeno je da ne postoji statistički značajna razlika između tretmana.



Grafikon 7. Razlike između tretmana za vrijednosti fluorescencije sjemena (*Chl*)
Vrijednosti u stupcima označene istim slovom značajno se ne razlikuju na temelju Tukeyjevog testa. Vrijednosti parametra prikazane su u relativnim jedinicama.

Slične rezultate dobili su Vidak i sur. (2020) u istraživanju korisnosti klorofilne fluorescencije kao alata za predviđanje klijavosti sjemena triju hrvatskih tradicijskih kultivara graha (*Phaseolus vulgaris* L.). Na temelju dobivenih rezultata zaključili su da je korisnost parametra F_v/F_m kao alata za predviđanje klijanja ograničena, posebno u slučajevima kada drugi čimbenici imaju utjecaj na vrijeme klijanja.

S obzirom da se parametar *Chl* pokazao statistički neznačajnim, potrebna su daljnja istraživanja.

4.4. Utjecaj kultivara na parametre klorofilne fluorescencije

Razlike između kultivara za parametre klorofilne fluorescencije prikazane su u Tablici 6.

Tablica 6. Razlike između kultivara za parametre klorofilne fluorescencije

Kultivar	F_0	F_m	F_v/F_m	Chl
Šorokšari	511.22 A	542.15 A	0.19 A	2225.99 A
Kurtovska kapija	758.26 B	802.35 B	0.14 B	3215.16 B

F_0 - minimalna razina fluorescencije; F_m - maksimalna razina fluorescencije; F_v - varijabilna fluorescencija; F_v/F_m - maksimalni kvantni prinos fotosustava II; Chl - fluorescencija sjemena
Vrijednosti u stupcima označene istim slovom značajno se ne razlikuju na temelju Tukeyjevog testa.

Post hoc testom višestruke usporedbe u parovima (Tukey) utvrđeno je da je kultivar Šorokšari postigao statistički značajno manju minimalnu ($F_0 = 511,22$) i maksimalnu ($F_m = 542,15$) razinu fluorescencije, značajno veći maksimalni kvantni prinos fotosustava II ($F_v/F_m = 0,19$) te značajno manju fluorescenciju sjemena ($Chl = 2225,99$) od kultivara Kurtovska kapija.

5. Zaključci

- Temeljem rezultata istraživanja utjecaja primjene biostimulatora Eco Green i Zeogreen tijekom vegetacije na klijavost sjemena kod dva kultivara paprike (babura – Šorokšari i rog – Kurtovska kapija) utvrđeno je da primjena biostimulatora Eco Green daje pozitivne učinke na sljedeća svojstva klijavosti: klijavost (G ; %), prosječno vrijeme klijanja (MGT ; dan), indeks klijavosti (GI), pouzdanost procesa klijanja (U) i prosječnu stopu klijavosti (MR).
- Tretmani biostimulatorima nisu imali statistički značajan utjecaj na parametar Chl (fluorescenciju sjemena). Potrebna su daljnja istraživanja kako bi se utvrdilo zašto parametar Chl nije statistički značajan.
- Na temelju istraživanja može se zaključiti da bi se tretman biostimulatorom Eco Green tijekom vegetacije mogao koristiti u sjemenskoj proizvodnji paprike u svrhu postizanja bržeg i ujednačenijeg klijanja i nicanja sjemena paprike, naročito u uvjetima nepovoljnih temperatura i kod izravne sjetve te u svrhu povećanja količine i kvalitete proizvodnje.

6. Popis literature

1. Agroledina j.d.o.o. (2014). Dostupno na: <http://www.agroledina.hr/> - pristup 03.05.2020.
2. Akgül F., Akgül R. (2019). The effect of *Spirulina platensis* (Gomont) Geitler extracts on seed germination of *Capsicum annuum* L.. In: 3rd International Conference on Food and Agricultural Economics (Uçak H., ed), Alanya, Turkey, pp. 256-262
3. Al-Ansari F., Ksiksi T. (2016). A quantitative assessment of germination parameters: the case of *Crotalaria persica* and *Tephrosia apollinea*. The Open Ecology Journal 9(1): 13-21. doi: 10.2174/1874213001609010013
4. Baroud S., Tahrouch S., Sadqi I., Ait Hammou R., Hatimi A. (2019). Effect of brown algae on germination, growth and biochemical composition of pepper leaves (*Capsicum annuum* L.). Atlas Journal of Biology 611-618. doi: 10.5147/ajb.v0i0.209
5. Blanarik P. (2002). Manuals of hydroponics cultivation of plants on mineral wool Agroban. IZOMAT, JSC, Nova Bana, Slovačka
6. Brown P., Saa, S. (2015). Biostimulants in agriculture. Frontiers in Plant Science 6: 671. doi: 10.3389/fpls.2015.00671
7. Centre for Agriculture and Bioscience International (CABI) (2019). Invasive Species Compendium. Wallingford, UK. Dostupno na: www.cabi.org/isc - pristup 27.03.2020.
8. Demir I., Ermis S., Mavi K., Matthews S. (2008). Mean germination time of pepper seed lots (*Capsicum annuum* L.) predicts size and uniformity of seedlings in germination tests and transplant modules. Seed Science and Technology 36(1): 21-30. doi: 10.15258/sst.2008.36.1.02
9. Demir I., Kenanoglu B. B., Jalink H., Mavi K. (2013). Chlorophyll fluorescence sorting method to improve seedling emergence potential and vigour of commercial tomato and cucumber seed lots. International Journal of Agriculture and Forestry 3(7): 333-338
10. Dolinar K. (2008). Analiza rasti, razvoja ter pridelka paprike (*Capsicum annuum* L.) glede na vzgojno obliko. Diplomski rad. Sveučilište u Ljubljani, Biotehnološki fakultet, Ljubljana.
11. Drăghici E. M., Bratosin A., Dobrin E., Pele M. (2012). Study regarding the influence of the biostimulator BioSeed on bell pepper seed germination. Scientific Papers, Series B, Horticulture 56: 97-101
12. du Jardin P. (2012). The science of plant biostimulants - a bibliographic analysis. Ad hoc Study Report to the European Commission, DG Enterprise and Industry. Dostupno na: https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/169257/1/Plant_Biostimulants_final_report_bio_2012_en.pdf - pristup 20.04.2020.
13. du Jardin P. (2015). Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulturae 196: 3-14. doi: 10.1016/j.scienta.2015.09.021

14. Ertani A., Sambo P., Nicoletto C., Santagata S., Schiavon M., Nardi S. (2015). The use of organic biostimulants in hot pepper plants to help low input sustainable agriculture. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 2(11). doi: 10.1186/s40538-015-0039-z
15. EU (2019). Regulation of the European Parliament and of the Council laying down rules on the making available on the market of EU fertilising products and amending Regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009 and repealing Regulation (EC) No 2003/2003. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L:2019:170:TOC>
16. Fagioli M., Barreto M. L. A., Andrade E. R., Souza N. O. S. (2019). Influence of biostimulants on the physiological quality of pepper and cucumber seeds. *Acta Horticulturae* 1249: 83-90. doi: 10.17660
17. Farooq M., Basra S. M. A., Saleem B. A., Nafees M., Chishti S. A. (2005). Enhancement of tomato seed germination and seedling vigor by osmopriming. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 42(3-4): 36-41
18. Ghoname A. A., Dawood M. G., Riad G. S., El-Tohamy W. A. (2009). Effect of nitrogen forms and biostimulants foliar application on the growth, yield and chemical composition of hot pepper grown under sandy soil conditions. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 5(5): 840-852
19. Gorbe E., Calatayud A. (2012). Applications of chlorophyll fluorescence imaging technique in horticultural research: A review. *Scientia Horticulturae* 138: 24-35
20. Grubben G. J. H., El Tahir I. M. (2004). *Capsicum annum* L. Record from PROTA4U. (Grubben G. J. H., Denton O. A., eds). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands. Dostupno na: [https://uses.plantnet-project.org/en/Capsicum annum \(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Capsicum_annuum_(PROTA)) – pristup 25.03.2020.
21. Imran M., Butt M. S., Suleria H. A. R. (2018). *Capsicum annum* bioactive compounds: health promotion perspectives. In: *Bioactive Molecules in Food* (Mérillon J. M., Ramawat K., eds). Reference Series in Phytochemistry. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-319-54528-8_47-1
22. International Seed Testing Association (ISTA) (1993). International rules for seed testing. Zürich, Switzerland.
23. Jalink H., van der Schoor R., Frandas A., van Pijlen J. G., Bino R. J. (1998). Chlorophyll fluorescence of *Brassica oleracea* seeds as a non-destructive marker for seed maturity and seed performance. *Seed Science Research* 8: 437-443
24. Jalink H., van der Schoor R., Birnbaum Y. E., Bino R. J. (1999). Seed chlorophyll content as an indicator for seed maturity and seed quality. *Acta Horticulturae* 504: 219-228. doi: 10.17660/ActaHortic.1999.504.23
25. Jeglič K. (2010). Gojenje cepljenih paprik (*Capsicum annum* L.) v rastlinjaku. Diplomski rad. Sveučilište u Ljubljani, Biotehniški fakultet, Ljubljana

26. Kader M. A. (2005). A comparison of seed germination calculation formulae and the associated interpretation of resulting data. *Journal & Proceedings of the Royal Society of New South Wales* 138: 65–75
27. Kenanoğlu B., Demir I., Jalink H. (2013). Chlorophyll fluorescence sorting method to improve quality of *Capsicum* pepper seed lots produced from different maturity fruits. *Horticultural Science* 48(8): 965-968. doi: 10.21273/HORTSCI.48.8.965
28. Kenanoğlu B., Demir I., Jalink H. (2016). Improvement of seed germination performance of stored commercial pepper seed lots with chlorophyll fluorescence sorting method. *American Journal of Experimental Agriculture* 10(4): 1-6. doi: 10.9734/AJEA/2016/20467
29. Kim S., Park M., Yeom S. I. *et al.* (2014). Genome sequence of the hot pepper provides insights into the evolution of pungency in *Capsicum* species. *Nature Genetics* 46(3): 270-278. doi: 10.1038/ng.2877
30. Kim E., Lee S., Baek D. *et al.* (2019). A comparison of the nutrient composition and statistical profile in red pepper fruits (*Capsicum annuum* L.) based on genetic and environmental factors. *Applied Biological Chemistry* 62(48). doi: 10.1186/s13765-019-0456-y
31. Kočevár T. (2008). Rast, razvoj in pridelek paprike (*Capsicum annuum* L.) gojene na kamelni voni, glede na gojitveno obliko. Diplomski rad. Sveučilište u Ljubljani, Biotehnoški fakultet, Ljubljana
32. Lešić R., Borošić J., Buturac I., Herak Ćustić M., Poljak M., Romić D. (2004). Povrčarstvo. Zrinski d.d., Čakovec, Hrvatska
33. Madeiras A., Lanieri J. (2019). What are Biostimulants?. Dostupno na: <https://ag.umass.edu/greenhouse-floriculture/fact-sheets/what-are-biostimulants> - pristup 28.05.2020.
34. Madende M., Hayes M. (2020). Fish by-product use as biostimulants: An overview of the current state of the art, including relevant legislation and regulations within the EU and USA. *Molecules* 25(5): 1122. doi: 10.3390/molecules25051122
35. Matotan Z. (2004). Suvremena proizvodnja povrća. Nakladni zavod Globus, Zagreb, Hrvatska
36. Maxwell K., Johnson G. N. (2000). Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany* 51(345): 659-668. doi: 10.1093/jxb/51.345.659
37. Minguez-Mosquera M. I., Jaren-Galan M., Garrido-Fernandez J. (1994). Influence of the industrial drying processes of pepper fruits (*Capsicum annuum* Cv. *Bola*) for paprika on the carotenoid content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 42(5): 1190-1193. doi: 10.1021/jf00041a026
38. Murchie E. H., Lawson T. (2013). Chlorophyll fluorescence analysis: a guide to good practice and understanding some new applications. *Journal of Experimental Botany* 64(13): 3983-3998. doi: 10.1093/jxb/ert208

39. O'Sullivan J., Bouw W. J. (1984). Pepper seed treatment for low-temperature germination. *Canadian Journal of Plant Science* 64(2): 387-393. doi: 10.4141/cjps84-054
40. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2006). Consensus document on the biology of the *Capsicum annuum* complex (Chili peppers, Hot peppers and Sweet peppers). Paris, France. Dostupno na: <https://www.oecd.org/env/ehs/biotrack/46794879.pdf> - pristup 15.03.2020.
41. Osvald J., Kogoj-Osvald M. (1999). Gojenje paprike. Oswald d.o.o., Šempeter pri Gorici, Slovenija
42. Ozbay N. (2018). Studies on seed priming in pepper (*Capsicum annuum* L.). In: *Advances in Seed Priming* (Rakshit A., Singh H. B., eds), Springer Nature Singapore Pte Ltd, Singapore, pp. 209-239
43. Palfi M., Matotan Z., Matotan S. (2017). Utjecaj tretiranja sjemena stimulatorom klijanja Ekobooster 1 na početni rast i razvoj paprike. *Sjemenarstvo* 30(1-2): 45-53. doi: 10.33128/s1.30.1-2.5.
44. Parađiković N., Vinković T., Vinković Vrček I., Žuntar I., Bojić M., Medić-Šarić M. (2011). Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: an example of sweet yellow pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91(12): 2146-2152. doi: 10.1002/jsfa.4431
45. Petelinc B. (2006). Vsebnost sladkorjev in kislin v plodu paprike (*Capsicum annuum* L.) gojene na hidroponski način s kontroliranim dodajanjem hranil. Diplomski rad. Sveučilište u Ljubljani, Biotehnoški fakultet, Ljubljana
46. Peterson R. B., Aylor D. E. (1995). Chlorophyll fluorescence induction in leaves of *Phaseolus vulgaris* infected with bean rust (*Uromyces appendiculatus*). *Plant Physiology* 108: 163-171
47. Petkova V., Denev I. D., Cholakov D., Porjazov I. (2007). Field screening for heat tolerant common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) by measuring of chlorophyll fluorescence induction parameters. *Scientia Horticulturae* 111: 101-106
48. PhenoVation Systems (2018). Wageningen, The Netherlands. Dostupno na: <https://www.phenovation.com> - pristup 01.04.2020.
49. Poincelot R. P. (2010). The use of a commercial organic biostimulant for bedding plant production. *Journal of Sustainable Agriculture* 3(2): 99-110. doi: 10.1300/J064v03n02_09
50. Pošćić D., Štrbanović R., Stanojković-Sebić A., Tabaković M., Milivojević M., Jovanović S., Stanisavljević R. (2019). Povećanje kvaliteta semena paprike primenom mikorize. *Journal on Processing and Energy in Agriculture* 23(2): 66-68. doi: 10.5937/jpea1902066P
51. Ranal M. A., Santana D. (2006). How and why to measure the germination process?. *Brazilian Journal of Botany* 29(1): 1-11. doi: 10.1590/S0100-84042006000100002

52. Ranal M. A., Santana D., Ferreira W. R., Mendes-Rodrigues C. (2009). Calculating germination measurements and organizing spreadsheets. *Brazilian Journal of Botany* 32(4). doi: 10.1590/S0100-84042009000400022
53. Richardson A. D., Aikens M., Berlyn G. P., Marsh P. (2004). Drought stress and paper birch (*Betula papyrifera*) seedlings: effects of an organic biostimulant on plant health and stress tolerance, and detection of stress effects with instrument-based, noninvasive methods. *Journal of Arboriculture* 30(1): 52-60
54. SAS Institute (2004). SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC, USA.
55. Simon J. E., Chadwick A. F., Craker L. E. (1984). Herbs: an indexed bibliography. 1971-1980. The Scientific Literature on Selected Herbs, and Aromatic and Medicinal Plants of the Temperate Zone. Archon Books, Hamden, CT, pp. 770
56. Tarantino E., Disciglio G., Frabboni L., Libutti A., Gatta G., Gagliaridi A., Tarantino A. (2015). Effects of biostimulant application on quali-quantitative characteristics of cauliflower, pepper and fennel crops under organic and conventional fertilization. *Agricultural and Biosystems Engineering* 9(7): 734-738
57. Tkalec M., Vinković T., Baličević R., Parađiković N. (2010). Influence of biostimulants on growth and development of bell pepper (*Capsicum annuum* L.). *Acta Agriculturae Serbica* 15(29): 83-88
58. Velebit Agro d.o.o. (2017). Dostupno na: <http://velebitagro.hr> – pristup 03.05.2020.
59. Vidak M., Nimac A., Šatović Z., Gunjača J., Lazarević B., Carović-Stanko K. (2020). Chlorophyll fluorescence as a method for the prediction of germination success in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: 55th Croatian & 15th International Symposium on Agriculture Proceedings (Mioč B., Širić I., eds), University of Zagreb, Faculty of Agriculture, pp. 187-191
60. Vidic I. (1999). Pridelovanje paprike. *Sodobno kmetijstvo* 32(5): 232-234
61. Vieira J. H., dos Santos Silva L. K., de Oliveira L. C., do Carmo J. B., Rosa L. M. T., Botero W. G. (2018). Evaluation of germination of chilli pepper using humic substances and humic acids. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology* 12(2): 33-39
62. Yadav S. K., Jalink H., Groot S. P. C., Van Der Schoor R., Dadlani M., Kodde J. (2015). Quality improvement of aged cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) seeds using chlorophyll fluorescence sensor. *Scientia Horticulturae* 189: 81-85. doi: 10.1016/j.scienta.2015.03.043

Životopis

Dijana Čeh rođena je 07. srpnja 1995. godine u Čakovcu. Pohađala je Osnovnu školu „Vladimir Nazor“ Križevci te Gimnaziju Ivana Zakmardija Dijankovečkoga Križevci – opći smjer. Nakon završenog srednjoškolskog obrazovanja, 2015. godine upisuje preddiplomski Stručni studij Poljoprivreda na Visokom gospodarskom učilištu u Križevcima. Zbog iznimnog zalaganja tijekom studija dobitnica je stipendije za izvrsnost i STEM stipendije te Dekanove nagrade za akademske godine 2015./2016., 2016./2017. te 2017./2018.. Od 2017. do 2018. godine bila je članica Odbora za praćenje i unapređenje studiranja na Visokom gospodarskom učilištu u Križevcima. Kao članica Odbora sudjelovala je na 2. sastanku Mreže jedinica sustava osiguranja kvalitete na visokim učilištima u Republici Hrvatskoj (CroQAnet) u organizaciji Agencije za znanost i visoko obrazovanje. Također, pohađala je Model CQAF (Common Quality Assurance Framework in Vocational education and training) obuku za studente u sklopu Jean Monnet Projekta „Širenje EU pristupa u pružanju osiguranja kvalitete visokog obrazovanja za partnerske zemlje kroz širenje osiguranja kvalitete“. Godine 2017. sudjelovala je na Interreg projektu ECOTOP2 u sklopu programa IPA Cross-border Co-operation Hungary-Croatia. Obranom završnog rada na temu „Određivanje biogenih elemenata u različitim genotipovima pšenice u 2017.“ stječe zvanje stručne prvostupnice inženjerke poljoprivrede. Godine 2018. upisuje diplomski studij Biljne znanosti na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Uz srednjoškolske i fakultetske obaveze, još od 2014. godine aktivno sudjeluje u projektnim i programskim aktivnostima Udruge K.V.A.R.K. (Kreativni veznik alternativnog razvoja kulture), nevladine i neprofitne organizacije civilnoga društva osnovane 2000. godine u Križevcima. Godine 2016. postaje članicom Udruge, a 2017. godine članicom Upravnog odbora Udruge. Od 2017. godine voditeljica je projekta „Svih 5 za 5“ (organizacija programa za studente i srednjoškolce) te članica projektnog tima na projektu „Klub kulture – multimedijalni centar“. Te iste godine zapošljava se na radnom mjestu PR-a i voditeljice projekta „Klub mladih“. Također, postaje članicom projektnog tima Križevačkog uličnog festivala edukacije i razbibrige (KUFER) koji za cilj ima razvoj suvremene cirkuske scene na području Koprivničko-križevačke županije. Radom u Udruzi K.V.A.R.K. stječe iskustvo u provedbi projekata, pisanju izvještaja o radu, održavanju odnosa s medijima, pripremanju i plasiranju priopćenja za javnost te osmišljavanju i provođenju raznovrsnih kulturnih i umjetničkih programa.

Najrecentnije radno iskustvo vezano uz struku stekla je u Hrvatskoj agenciji za poljoprivredu i hranu, gdje je kao student obavljala poslove kontrole kvalitete meda.

Aktivno se koristi engleskim jezikom (razina B2 - tečan govor, čitanje i pisanje), a pasivno njemačkim jezikom (razina A1 - slabiji govor, tečno čitanje i pisanje). Također, aktivno koristi i odlično poznaje Internet, društvene mreže (Facebook, Instagram, Google+) i uredske alate (MS Office).