UTJECAJ LED OSVJETLJENJA NA RAST I RAZVOJ RAJČICE (Lycopersicon esculentum Mill.)

Vidaković, Matej

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josip Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:493574

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

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

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Matej Vidaković, apsolvent
Diplomski studij Povrćarstvo i cvjećarstvo

UTJECAJ LED OSVJETLJENJA NA RAST I RAZVOJ RAJČICE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Diplomski rad

Osijek, 2015.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Matej Vidaković, apsolvent
Diplomski studij Povrćarstvo i cvjećarstvo

UTJECAJ LED OSVJETLJENJA NA RAST I RAZVOJ RAJČICE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof. dr. sc. Nada Parađiković, predsjednik
2. doc. dr. sc. Tomislav Vinković, mentor
3. doc. dr. sc. Miroslav Lisjak, član

Osijek, 2015.

SADRŽAJ

1. UVOD ... 1
1.1 Povijest rajčice ... 1
1.2 Morfološka svojstva rajčice ... 2
1.3 Energetska i nutritivna vrijednost rajčice ... 4
1.4 Proizvodnja rajčice ... 6
1.4.1 Uzgoj rajčice na otvorenom ... 6
1.4.2 Uzgoj rajčice u tlu u zaštićenom prostoru ... 6
1.4.3 Hidroponski uzgoj rajčice ... 7
1.5 Štetnici na rajčici ... 9
1.5.1 Cvjetni štitasti moljac (*Trialeurodes vaporariorum*) ... 9
1.5.2 Lisne uši (*Aphidoidae*) ... 10
1.5.3 Lisni miner rajčice (*Tuta absoluta*) ... 11
1.6 Bolesti rajčice ... 12
1.6.1 Pepelnica rajčice (*Leveillula taurica*) ... 12
1.6.2 Baršunasta plijesan (*Fulvia fulva*) ... 13
1.6.3 *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* ... 14
1.6.4 *Fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici* ... 15
1.7 Svjetlost ... 16
1.8 Svjetlost u plasteniku ... 17
2. PREGLED LITERATURE ... 20
3. MATERIJAL I METODE ... 24
4. REZULTATI ... 27
5. RASPRAVA ... 32
6. ZAKLJUČAK ... 35
7. POPIS LITERATURE ... 36
8.SAŽETAK ... 40
9. SUMMARY ... 41
10. POPIS TABLICA ... 42
11. POPIS SLIKA ... 43
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA ... 44
BASIC DOCUMENTATION CARD ... 45

1. UVOD

1.1 Povijest rajčice

Rod *Lycopersicon* je dio porodice *Solanaceae* i obuhvaća oko 80 vrsta. Latinsko ime rajčice kod različitih autora se pojavljuje različito a do danas se najviše upotrebljava upravo naziv *Lycopersicon esculentum* koje je predložio Miller 1768. Podrijetlo ovog roda je u Južnoj Americi, u Peruu, a uzgoj je vjerojatno započeo u Meksiku od divlje rajčice *L. esculentum* var. *Cerasiforme* (Slika 1), koja je i sada rasprostranjena kao korov uz kanale za navodnjavanje i na vlažnim terenima (Lešić i sur., 2002). Od aztečkog naziva „tomathe“, u prijevodu „nabubrili plodovi“, rajčica je dobila ime u mnogim svjetskim jezicima. U Europu ju donosi Kristofor Kolumbo a kao povrće počinje se uzgajati tek početkom dvadesetog stoljeća.



Slika 1. Predak rajčice *L. esculentum var. cerasiforme*
(*Izvor : http://luirig.altervista.org/schedenam/fnam.*
=Solanum+lycopersicum+var.+cerasiforme)

1.2 Morfološka svojstva rajčice

Rajčica je jednogodišnja zeljasta biljka, a u povoljnim uvjetima može biti i dvogodišnja. Glavni korijen prodire do dubine 1 m, ali grananje počinje vrlo rano, pa korjenov sustav može dosegnuti promjer od 1,5 m, međutim glavnina korjenovog sustava je u površinskom sloju do 30 cm. Rajčica ima sposobnost formiranja adventivnog korijenja pogotovo ako stabljika dodiruje tlo tada će se na tim mjestima najprije razviti adventivno korijenje.

Stabljika je zeljasta, promjera do 2 cm, pokrivena dlačicama. Postoje dva tipa stabljika: indeterminantan i determinantan. Prvi tip se često naziva visoki a kultivari drugog tipa niski ili grmasti. Indeterminantna stabljika može narasti nekoliko metara. Vegetacijski vrh je aktivan dokle god ima povoljne uvjete. Nakon prvog cvata razvije najčešće tri lista , zatim drugi cvat, zatim tri lista pa treći cvat i tako redom. Iz pazuha listova razvijaju se zaperci koje treba odstranjivati. Determinantna stabljika naraste 0,5 do 1 m, zatim prestaje rasti. Na vrhu se nalazi cvat a iz pazuha listova razvijaju se sekundarne grane koje imaju isti raspored listova kao i glavna grana.

List rajčice neparno je perast na dugoj peteljci. U odgovarajućim uvjetima može dosegnuti do 50 cm. Liske su nejednake veličine, a pojedine na postranoj peteljci mogu imati do 3 liske. Liske su naborane i dlakave.

Cvat je jednostavni ili sastavljeni grozd. Jednostavni grozd ima 7 – 12 cvjetova a sastavljeni i višestruko više. Cvjetovi se na cvatu razvijaju sukcesivno, akropetalno (od dna prema vrhu cvata), pa tako na jednom cvatu može biti već razvijenih plodova i tek otvorenih cvjetova.

Plod rajčice je boba (Slika 3), a sastoji se od mesa (perikarp i pokožica) i pulpe (placenta,sjeme i želatinozno tkivo oko sjemenki). Plod može biti različitog oblika i boje (Lešić i sur, 2002).



Slika 2. Rajčica Amaneta na OPG Vidaković Krasanka d.o.o.

(*foto original*)



Slika 3. Plod rajčice

(*foto original*)

1.3 Energetska i nutritivna vrijednost rajčice

Rajčica ima malu energetsku vrijednost (samo 18 kcal na 100 g), s obzirom na to da sadrži 94 % vode, 2,63% ugljikohidrata, 0,88 % bjelančevina, 0,2 % masti i 1,2 % dijetalnih vlakana.

Ona je jedan od najbogatijih prirodnih izvora vitamina C. Sadrži i znatne količine vitamina B te vitamin E i K. Bogata je kalijem, natrijem, magnezijem, kalcijem i željezom te elementima u tragovima. Rajčica je najbogatija bakrom, a željeza sadrži više nego pileće meso, riba i mlijeko.

Rajčica i proizvodi od rajčice važan su izvor karotenoida u svakodnevnoj prehrani (600 μg/100 g). Od oko 600 različitih karotenoida posebno se ističu: alfa-karoten, beta-karoten, lutein, zeaksantin i likopen kao jedan od najznačajnijih predstavnika. Likopen je biljni pigment koji daje crvenu boju rajčici, lubenici, crvenom grejpu. Najmanje 85% likopena iz hrane dolazi iz rajčice i proizvoda na bazi rajčice.

Rajčica ne sadrži oksalnu kiselinu, pa u njoj mogu uživati i oboljeli od reume i upale zglobova. Ona povećava i izlučivanje vode iz organizma, dobro djeluje na srce i krvotok, regulira probavu i snizuje krvni tlak. Bogata je pektinima i mnogim organskim kiselinama koje potiču tek, aktiviraju probavne procese i sprječavaju negativno djelovanje bakterija.

Likopen ima najjače antioksidativno djelovanje od svih karotenoida prisutnih u namirnicama, dvostruko snažnije od beta-karotena i deset puta snažnije od alfa-tokoferola u neutraliziranju slobodnih radikala.

Nekoliko objavljenih epidemioloških studija pokazuje vezu između prehrane bogate rajčicom i pojave nekih oblika karcinoma i kardiovaskularnih oboljenja. Smanjenje rizika oboljenja od karcinoma od 35% povezano je s konzumiranjem 10 ili više serviranja proizvoda rajčice tjedno. Likopen u proizvodima rajčice ima mnogo veću iskoristivost nego u svježoj rajčici uz prisustvo masti, primjenu topline te količinu i prisustvo drugih karotenoida poput beta -karotena.

Tablica 1. Energetska i nutritivna vrijednost na 100 g svježeg ploda

(Izvor podataka: USDA National Nutrient Database for standard Reference, 2003)

Nutrijent	Mjerna jedinica jed.	Količina
Energetska vrijednost	kcal / kJ	18 / 75
Masti	g	0,20
- zasićene masne kiseline	g	0,05
- jednostruko nezasićene masne kiseline	g	0,05
- višestruko nezasićene masne kiseline	g	0,14
Ugljikohidrati	g	3,92
Vlakna	g	1,20
Bjelančevine	g	0,88
Sol	g	0,01
Vitamin A	µg	833,00
Vitamin D	µg	0,00
Vitamin E	mg	0,54
Vitamin K	µg	7,90
Vitamin C	mg	12,70
Tiamin	mg	0,04
Riboflavin	mg	0,02
Niacin	mg	0,59
Pantotenska kiselina	mg	0,09
Kalij	mg	237,00
Kalcij	mg	10,00
Fosfor	mg	24,00
Magnezij	mg	11,00

1.4 Proizvodnja rajčice

1.4.1 Uzgoj rajčice na otvorenom

Rajčica na donjem djelu stabljike stvara adventivno korijenje pa je i poželjno saditi što dublje. Sadnja do prvih listova pokazala je dobre rezultate u smislu vegetativnog rasta te prinosa. Razmak sadnje ovisi o kultivaru te namjeni proizvodnje. Zbog njege usjeva i višekratne berbe razmak između redova mora omogućiti prohode pa se međuredni razmak za indeterminantne kultivare stavlja na 80-10cm. Razmak u redu varira: za rani uzgoj je 30 -40cm, a za uzgoj u glavnoj sezoni 50 -70cm. Determinantni kultivari sade se na isti međuredni razmak a razmak između redova je 30 - 40cm. Za indeterminantne kultivare nakon sadnje postavlja se potpora. Za to može poslužiti kolac koji se postavlja uz svaku pojedinu biljku, te se ona veže uz njega ili pak koristimo žicu kao potporu. Kod vezanja rajčice treba imati na umu da stabljika raste u širinu do 2,5cm, treba ostaviti dovoljno mjesta kako se vezivo porastom stabljike ne bi urezalo i na taj način spriječilo normalan protok vode i hraniva (Lešić i sur 2002.).

1.4.2 Uzgoj rajčice u tlu u zaštićenom prostoru

Kod primjene uzgoja u tlu, prije podizanja plastenika, potrebno je obaviti detaljnu kemijsku analizu tla i postaviti drenažu ako je potrebno. Rajčica se proizvodi iz presadnica i direktnom sjetvom. Rokovima sadnje prilagođuje se dospijevanje na tržište tako da ono bude prije ili nakon što za berbu dospijeva rajčica iz uzgoja na otvorenom. Prilikom uzgoja u tlu vrlo je važan plodored jer tako osiguravamo zdrav nasad. Kod uzgoja u tlu koristimo malč folije, crne ili bijele ispod kojih se nalaze cijevi za navodnjavanje (aqua tracks). Folija sprječava evaporaciju vode unijete u tlo cijevima s kapaljkama a samo kretanje kroz zaštićeni prostor je lakše. Rajčica se u zaštićene prostore presađuje uglavnom u dvoredne trake razmaka redova 50 cm i razmaka između traka 100 cm , s razmakom biljaka u redu 40-50 cm. Takvim se načinom osigurava sklop od 2.5-3.5 biljaka/m^2. Za rajčicu u tlu vrlo bitna je pravilna gnojidba, kako prije sadnje tako i prihrane u različitim fazama rasta.

Iznad redova presađene rajčice postave se žice s kojih se na svaku biljku spušta vezivo (Parađiković, 2008).

1.4.3 Hidroponski uzgoj rajčice

Dugogodišnja eksploatacija tla nepoštivanjem plodoreda u plastenicima dovelo je do gubitka kvalitete tla, loše strukture, stvaranja nepropusnog sloja, visokog sadržaja hraniva i soli, pojava štetnika i bolesti te smanjenja prinosa. Iskustva razvijenih zemalja govore da je najbolje rješenje uvođenje hidroponskog načina uzgoja povrća. Riječ hidropon dolazi od grč. *Hydor* - voda i *ponos* – rad, a predstavlja uzgoj biljaka na inertnim supstratima ili bez njih u hranjivoj otopini (Slika 4) (Parađiković, 2008). Hidroponska tehnologija uzima zamah sredinom 20. stoljeća. Trenutačni lider u hidroponiji je Nizozemska koja je prije 15 g imala čak 40% zaštićenih prostora s takvom proizvodnjom. Hrvatska je još uvijek na početku te su površine pod hidroponskom proizvodnjom zanemarive.



Slika 4. Hidroponski uzgoj rajčice na OPG Vidaković Krasanka d.o.o.
(*foto original*)

Glavni oblik proizvodnje povrća u hidroponu jest uzgoj u inertnom supstratu. Supstrat predstavlja medij čija je uloga učvršćivanje korijena te mora imati dobra vodozračna svojstva.. Vrste inertnih supstrata su kocke ili ploče kamene vune, drvena piljevina, perlit, vlakna kokosova oraha, zobene ili rižine pljevice ili njihove kombinacije. Presadnice se proizvedu u čepovima kamene vune te se u fazi dva prava lista presađuju u kontejnere sa supstratom. Opskrba hranjivom otopinom odgovarajućeg sadržaja mikro- i

makroelemenata periodički se tijekom dana 12-24 puta dozira ovisno o radijaciji putem kapaljki i mikroprocesora odnosno kompjuterski (Slika 5).



Slika 5. Kompjuterska jedinica za navodnjavanje

(*foto original*)

1.5 Štetnici na rajčici

1.5.1 Cvjetni štitasti moljac (*Trialeurodes vaporariorum*)

Cvjetni štitasti moljac mali je, bijeli, vrlo živahni "leptirić", dug oko 2 mm (Slika 6). Zbog toga se uobičajeno naziva i bijela mušica. Tipičan simptom zaraze biljaka tim štetnikom u početku je medna rosa po plodovima i listovima, a kasnije se na ljepljivim naslagama razviju gljive čađavice. Svi razvojni stadiji štetnika nalaze se na naličju listova. Odrasli oblici "leptirići" i jaja nalaze se masovno uvijek na vršnim listovima, a ličinke i kukuljice nalaze se na listovima donjih etaža. Početne zaraze odraslim oblicima teško se uočavaju jer se nalaze na naličju listova. Za pravovremeno izvođenje zaštitnih mjera od velike je važnosti uočavanje tih ranih zaraza. Od plodovitog povrća najviše strada rajčica. Njezin prirod može biti smanjen do 40 %. To je vrlo visok postotak za vrlo skupu stakleničku proizvodnju (Maceljski, 2002).



Slika 6. Napad cvjetnog štitastog moljca
(Izvor http://www.google.hr/search?q=bijela+mušica&hl=hr&rlz=1C2CHRG)

1.5.2 Lisne uši (*Aphidoidae*)

Lisne uši su polifagni štetnici te napadaju veliki broj različitih biljaka između ostalog i rajčicu. Uši su žutozelene do maslinastozelene boje, duljine 1,2-2,3 mm (Slika 7.) (Maceljski, 2002). Nalaze se na listu gdje sišu biljne sokove. Lisne uši su vektori brojnih virusa te kao takve mogu pričiniti velike štete. U zatvorenim prostorima preporučuje se biološko suzbijanje predatorima i parazitima, te bioinsekticidima.



Slika 7. Lisna uš

(Izvor http://en.wikipedia.org/wiki/File:My)

1.5.3 Lisni miner rajčice (*Tuta absoluta*)

Novi štetnik rajčice koji prijeti Hrvatskoj kao i okolnim zemljama lisni je miner rajčice (*Tuta absoluta*) (Slika 8). Danas je prisutan u gotovo svim zemljama mediteranskog područja i u Velikoj Britaniji, a podrijetlom je iz Južne Amerike. Štetnik se nalazi na EPPO-voj A2 listi karantenskih štetnika. Štete koje čini na rajčici kreću se u rasponu od 50 do 100 %. Lisni miner rajčice štetnik je rajčice u zaštićenim prostorima i na otvorenom, a štete može činiti i na krumpiru, patlidanu i grahu. Gusjenice se ubušuju u list, plod, stapku ploda i stabljiku, gdje nepravilno izgrizaju tkivo. Listovi na kojima se nalazi veći broj mina mogu se potpuno osušiti. Rajčica može biti napadnuta u bilo kojem razvojnom stadiju, kao presadnica ili kasnije kao već razvijena biljka.



Slika 8. Imago lisnog minera rajčice
(Izvor http://pinova.hr/hr_HR/baza-znanja/povrcarstvo/rajcica/zastita-rajcice-od-stetocinja)

Stoga u suzbijanju ovog štetnika moramo provesti sve preventivne mjere zaštite bilja, a tek nakon toga primijeniti kemijske mjere. Preventivne mjere koje je potrebno provoditi su plodored, uništavanje napadnutih biljnih dijelova, kvalitetna obrada tla prije sadnje. Na otvore zaštićenih prostora mogu se stavljati mreže protiv insekata (9 rupa/cm2), a ulaz u zaštićene prostore treba biti zatvoren dvostrukim vratima. Oko zaštićenih prostora ne preporuča se sadnja biljaka domaćina lisnog minera rajčice. Na presadnicama koje sadimo ne smije biti niti jedna jedinka lisnog minera rajčice (www.savjetodavna služba.hr)

1.6 Bolesti rajčice

1.6.1 Pepelnica rajčice (*Leveillula taurica*)

Prvi simptomi zaraze javljaju se u obliku žućkastih pjega na gornjoj strani listova. Na mjestu pjega mogu se pojaviti prljavo bijele prevlake – konidije (Slika 9). Kod jačeg napada lišće žuti i uvija se, nakon čega se suši, kod paprike otpada, a kod rajčice ostaje visjeti na biljci. Jak napad negativno utječe na razvoj plodova, pojavu sunčanih pržotina i značajno umanjuje prinos. Razvoju bolesti pogoduje visoka temperatura (25 - 26˚C) i visoka vlaga zraka (52-72 %). Bolest je najopasnija krajem ljeta i početkom jeseni posebno u plasteničkoj proizvodnji, ali se može javiti i na otvorenom polju (Maceljski, 2004).



Slika 9. Simptomi pepelnice na listu rajčice

(*foto original*)

1.6.2 Baršunasta plijesan (*Fulvia fulva*)

Ova bolest javlja se u zaštićenim prostorima na osjetljivim sortama rajčice. Obično se javi u niskim plastenicima za vrijeme kišnog vremena, kada je teško regulirati vlagu, a temperatura u objektu bude 20-22˚C. Napad bolesti počinje od donjih najstarijih listova i širi se prema vrhu biljke. Na licu lista javljaju se nekroze, a sa donje strane maslinasto zelene baršunaste prevlake (Slika 10). Ako gljiva napadne čitav list on se deformira i osuši. Zaraza se može proširiti na cvjetove koji otpadaju, a rjeđe zahvaća i plod. Bolest preživljava u tlu na zaraženim biljnim ostatcima ili na armaturi plastenika. Izvor zaraze može biti zaraženo sjeme. Za razvoj gljive potrebna je temperatura 10-32˚C (optimalna 22˚C). Bolest se razvija samo pri visokoj relativnoj vlazi zraka (>85%) (Maceljski, 2004).



Slika 10. Baršunasta plijesan (foto original)

1.6.3 *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*

Uzročnik bakterijskog venuća rajčice. Gubitci mogu biti i veći od 70%. Simptomi se pojavljuju na listovima, peteljkama listova i cvjetova, stabljikama i plodovima. Pjege su na listovima koji žute, venu, suše se. Na stabljikama i peteljkama nastaju dublje ranice u obliku malih pukotina, može biti zaražen dio biljke ili cijela biljka. Za vlažnog i toplog vremena stvara se iscjedak (eksudat), na plodovima nastaju žutobijele pjege s bradavičastom smeđom sredinom. Ako je plod zaražen kroz peteljku nema vanjskih simptoma, ali je unutrašnjost razmekšana i žućkaste boje. Izvor zaraze su sjeme (presadnice) i zaraženi biljni ostatci (bakterija u njima preživi do 3 godine). Zaraze nastaju kroz oštećenja na biljci, eksudat je također izvor novih zaraza.



Slika 11. Presjek zaražene biljke (*Clavibacter michiganensis subsp. Michiganensis*)

(Izvor:

https://www.google.hr/search?q=clavibacter+michiganensis+subsp+michiganensis)

1.6.4 *Fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici*

Mlade biljke dobivene iz zaraženog sjemena brzo propadaju bez nekih vidljivih vanjskih simptoma. Biljke zaražene iz tla svijetle između glavnih žila, lišće žuti - za toplih dana napadnute biljke gube turgor, a obično i venu nakon zametanja prvih plodova. Ako stabljiku takve biljke presiječemo vidjet će se provodni snopovi tamne boje, parazit zatvara provodne snopove te na taj način onemogućuje normalan protok vode zbog čega biljka vene.

Gljiva može preživjeti dugi niz godina u tlu u obliku hlamidospora. Može preživjeti u tlu i na 90 cm dubine. Za razvoj zahtjeva visoke temperature tla (optimalne 26 do 28 C). U zoni korjenovog vrata se razvijaju konidije i hlamidospore odakle se vodom za navodnjavanje šire od biljke do biljke.

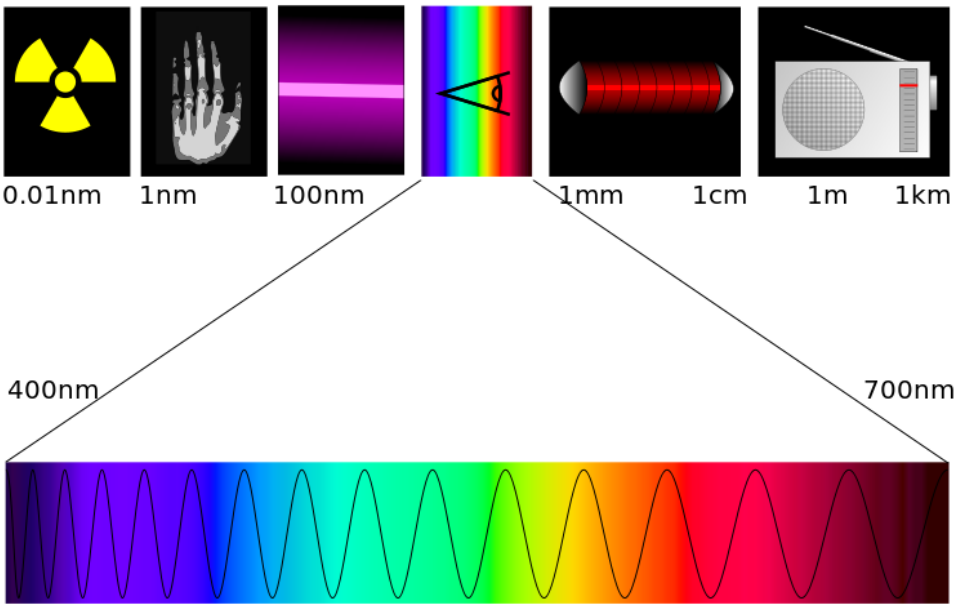


Slika 12. Simptomi fuzarioze na listu rajčice (foto original)

1.7 Svjetlost

Život na Zemlji u cjelini, ne samo biljaka, u potpunosti je ovisan o sadašnjoj i/ili bivšoj fotosintetskoj produkciji organske tvari. U cijelom biosustavu, biljke imaju ključnu ulogu apsorpcije svjetlosne energije i njene transformacije u kemijski oblik, organske spojeve, koji se troše procesima staničnog disanja u svim živim organizmima, pri čemu se uskladištena energija oslobađa i koristi u svim fiziološkim procesima. Biljka je dakle, univerzalni akceptor Sunčevog zračenja i polazna karika u hranidbenom lancu.

Svjetlost, bez obzira da li je porijeklom sa Sunca ili nekog umjetnog izvora (npr. ksenonske fito lampe u u staklenicima), djeluje na biljke svojim intezitetom i spektralnim sastavom, tj, rasponom valnih duljina. Sastoji se od energetskih čestica koje je Einstein nazvao fotoni, koji se kreću u obliku vala različite valne duljine, ovisno o energiji koju sadrže. Fotoni s većom energijom imaju manju valnu duljinu i obrnuto. Djelovanje pojedinih dijelova spektra na biljke pa i druge organizme je različito. Za fotosintezu u biljkama, kao jedinstveni biokemijski proces akumulacije svjetlosne energije, djelotvoran je raspon 400 – 700 nm (Slika 13.), što znači da fotoni koji imaju nižu ili višu frekvenciju (veće ili manje valne duljine), ne mogu biti iskorišteni u fotosintezi (Teklić 2012).



Slika 13. Dio spektra koji biljke koriste

(Izvor: https://www.google.hr/search?q=valna+duljina&rlz)

Monokromatska LED svjetlost

Svjetlost je najvažniji ekološki čimbenik u rastu i razvoju biljaka. Ima utjecaj na biljke kroz fotosintezu i svjetlosne odgovore biljaka. Mnogo je odgovora biljaka na svjetlost kao klijanje, deetiolacija, fototropizam i fotoperiodizam. Fotosinteza je kvantitativna reakcija koja se događa u klorofilu biljaka i ovisna je o količini svjetlosti. Nasuprot tome, svjetlosni odgovor biljaka je kvalitativna reakcija te ovisna od valnoj duljini u kojoj stimulacija fotoreceptora u i na citoplazmi djeluje kao okidač mnogih transdukcijskih signala iza kojih slijedi ekspresija karakteristika kao što su klijanje, širenje lista, elongacija internodija i cvjetanje. Na temelju našeg razumijevanja fotosinteze i svjetlosnih odgovora biljaka, kontrola rasta biljaka postala je jedna od glavnih problema poljoprivrede (Ieperen, 2012.). Općenito, postoje dva načina osvjetljavanja biljaka, SL-tip (sunčevo svjetlo) i FAL-tip (potpuno umjetno svjetlo). FAL- tip može precizno kontrolirati uvjete rasta biljaka zbog čega se može imati stabilna proizvodnja u bilo kojem sezonskom dobu i bilo kojoj klimatskoj zoni. U zadnje vrijeme se u FAL-tipu koriste svjetleće diode (LED) kao izvor svjetlosti jer troše manje električne energije, a veće su izdržljivosti. Valne duljine crvene i plave svjetlosti dosljedne su maksimalnoj apsorpciji klorofila, a LED lampe mogu ih lako proizvesti. Crvene i plave LED lampe mogu se učinkovito koristiti za fotosintezu i svjetlosne odgovore biljaka kao i za brži rast visokoakumulativnih biljaka.

1.8 Svjetlost u plasteniku

Svjetlo u zaštićenom objektu je nužan uvjet za razvoj biljaka. Za sve biljke su potrebni određeni intenzitet i kvaliteta svjetla i određena duljina dana. Veća količina svjetla je nužna za biljke podrijetlom iz toplih, južnih krajeva, kao što su paprika, lubenica, rajčica (minimalni intenzitet svjetlosti je oko 5,000-6,000 luksa). Biljke koje trebaju manje svjetla (3000-5000 luksa) bolje podnosi sjenčanje i gusti sklop. Za biljke je najvažniji dio vidljivog spektra tzv. fotosintetski aktivna radijacija (FAR), pri kojoj se normalno odvija fotosinteza kao osnovni proces biljnog života. Po potrebi za svjetlosti ističu se rajčica, paprika, lubenica, dinja, krastavac, rotkvice, salata, kupus. Razlike su izražene, a ovise o sorti. Previsok intenzitet svjetla (60.000 do 70.000 luksa) je štetan. Vrlo su nepovoljne nagle promjene u intenzitetu svjetlosti (snijeg, oblačni dani)Odnos biljaka prema duljini dana utvrđuje mogućnost uzgoja povrća na različitim geografskim širinama odnosno u određenom razdoblju godine.

Biljke dugog dana (crveni luk, salata, kupus) razvijaju cvijet, sjeme, plod (generativne organe) kada je duljina dana 14 i više sati, što je u našim uvjetima od svibnja do sredine kolovoza. Biljke kratkog dana cvjetaju kada je dan kraći od četnaest sati. To su neke vrste rajčica, paprika, krastavci, grah, patlidžan.

Biljke koriste svjetlo, ovisno o veličini i obliku vegetacijskog područja, smjeru sadnji i broju biljaka po jedinici površine. Za ujednačeniju i raniju berbu je bolje gušći sklop (broj biljaka ovisi o visini i položaju listova), ali su jestivi biljni organi (korijeni, lukovice, plodovi) onda manji. Biljke sijane ili sađene u redove, čiji je smjer sjever-jug imaju ujednačenu osvjetljenost tijekom dana i daju veći prinos. Iz tog razloga se zaštićeni prostori postavljaju u smjeru sjever-jug te je poželjno da su kvadratnog oblika zbog uštede topline.

Promjene u uvjetima osvjetljenja u stakleniku se odnose na trajanje dnevnog svjetla, volumenu i spektralnom sastavu svjetla. Sve ove promjene ovise o zemljopisnom položaju područja, klimi, dobu godine i dana, sastavu zraka, položaju terena i zaštićenog objekta, tipu gradnje i građevinskih materijala koji se koriste za izgradnju staklenika i slično. Prirodni izvor svjetlosti je Sunce. Ako je Sunce iznad horizonta, veći je postotak izravnog svjetla, ali to u velikoj mjeri ovisi o čistoći zraka (čišći zrak više izravnijeg svjetla), nadmorskoj visini i geografskoj širini. Za optimalno osvjetljenje staklenika bitno je da maksimalna količina sunčevih zraka pada pod kutom od 90 °.

Za fotosintezu, najvažniji dio sunčevog spektra su zrake valne duljine od 360 do 760 um, a oni čine oko 50% sunčeve insolacije. Na intenzitet svjetla posebno su osjetljive heliofilne biljke rajčice i paprike, kojima su optimalni uvjeti za rast i razvoj intenzitet svjetla od 20.000 - 30.000 luksa, a za nornnalni rast od oko 15.000 luksa.

Pri utvrđivanju proizvodne tehnike treba početi od činjenice da je, na primjer, na 44-45 ° sjeverne geografske širine prosječan intenzitet svjetlosti u prosincu oko 5000 luxa, u siječnju oko 7.000, 10.000 u veljači te u ožujku 17.500 (od čega se pri prolasku kroz plastiku gubi 30 do 50%). Zbog takvih uvjeta tijekom zimskih mjeseci često se uzgajaju vrste manje osjetljive na nedostatak svjetla: salata, luk, krastavac, ili se provodi dodatno osvjetljenje sadnica heliofilnih vrsta.

Uvjeti osvjetljenja u tunelima i staklenicima ovise o svojstvima folije. Najmanje vidljivog djela spektra propušta polietilenska folija. Količina svjetlosti koju propušta plastika najviša je oko podneva a nešto niža u jutarnjim i popodnevnim satima, a za 1-3,5 puta je veća za sunčanih dana nego oblačnih. Korištenje dvoslojne folije smanjuje količinu svjetla u objektu za 10% zbog kondenzacije vodene pare između dva filma.

Količina svjetla u stakleniku ovisi o građevinskim elementima samog staklenika. Ako su tanji, zakrivljeni, uz veći razmak, manje zasjenjuju površinu. Dnevne oscilacije zasjenjenosti plastenika su beznačajne ako se koriste folije s difuznim karakteristikama, jer one daju difuzno svjetlo koje ravnomjerno osvjetljava cijelu površinu. U hidroponskoj proizvodnji se postavlja bijela, reflektirajuća folija na pod kako bi se što više svjetla odbilo nazad do biljaka (Slika 14).



Slika 14. Bijela folija na podu plastenika u hidroponskoj proizvodnji (foto original)

2. PREGLED LITERATURE

Potaknut napretkom tehnologije (Morrow, 2008) je istražio prednosti i nedostatke te mogućnost upotrebe LED osvjetljenja u hortikulturi, odnosno proizvodnji povrća i cvijeća u zaštićenim prostorima. Ugradnja LED rasvjete u svrhu dodatnog osvjetljenja predstavlja prelazak na potpuno drugačiju tehnologiju osvjetljenja u odnosu na dotada korištene lampe. Mogućnosti poput mijenjanja spektra svjetlosti i reguliranja intenziteta u kombinaciji s niskim intenzitetom zračenja topline (Morrow, 2008) predstavljaju najveće prednosti za upotrebu u hortikulturi. Uvođenje LED lampi je najnovije postignuće u dodatnom osvjetljenju još od razvoja HID (High intensity discharge) lampi. LED lampe se počinju istraživati 1990-ih (Barta 1991; Bula 1991), a prva istraživanja su provedena na salati, špinatu i rajčici.



Slika 15. LED osvjetljenje u proizvodnji presadnica (Izvor: https://www.google.hr/search?q=led+lamps+for+growing&rlz)

Zbog previsoke cijene takvih lampi one su se u početku isključivo koristile laboratorijima za istraživanje nicanja, rasta i razvoja biljaka. Zanimljivo je da je Američka svemirska agencija „NASA“ jedna od prvih započela istraživanja vezana uz LED rasvjetu te njenu aplikaciju u budućnosti na svemirskim stanicama na Mjesecu i Marsu (Goins 1997). Prednosti LED osvjetljenja su velike, od promjenjivog spektra, velikog intenziteta, malog zračenja topline, mogućnosti postavljanja uz samu biljku do vrlo dugog životnog vijeka te manjeg utroška električne energije u odnosu na druge oblike rasvjete.

Produljenje fotoperioda je bila tema mnogih istraživanja, a rajčica je odlična model biljka za takva istraživanja jer brzo reagira na bilo kakve promjene okolišnih čimbenika. U istraživanju Demers i sur. (1998) utvrđeno je da produljenje fotoperioda u trajanju od 14, 16, 20 i 24 sata značajno utječe na pojavu i masu izboja te ukupan prinos ploda rajčice. Svježa masa izboja se povećala za 40-57%, a prinos rajčice za 15-20%. Međutim, fotoperiod dulji od 14 sati nije više značajno povećavao istraživane parametre te se kod biljaka koje su bile osvjetljene tijekom 24 sata nakon 7 tjedana pojavila kloroza lišća te je rast i prinos naglo opao.

S produljenjem fotoperioda poželjno je biljkama osigurati i ostale faktore bitne za sintezu organske tvari. Tako su Fierro i sur. (1994) utvrdili da dodatno osvjetljenje s HPS lampama (natrijeve žarulje) u kombinaciji s dodatkom CO_2 povoljno utječe na rast i razvoj presadnica rajčice i paprike. Fotoperiod je trajao 16 sati te je utvrđeno značajno povećanje suhe tvari kod presadnica rajčice za 32% te 44% kod presadnica paprike. Ukupno povećanje ranog prinosa iznosilo je oko 10% za obje kulture.

Brazaitytė i sur. (2010) u svom istraživanju utvrđuju utjecaj primjene LED rasvjete s različitim valnim duljinama na presadnice rajčice. U ovom istraživanju dodatno osvjetljenje je imalo produženi efekt kod presadnica rajčice nakon njihovog presađivanja u plastenik. Naime, određena valna duljina u zelenom području je čak inhibirala rast presadnica rajčice.

U istraživanju Stutte i sur. (2009) je utvrđeno značajno povećanje ukupne biomase i elongacije lista crvenolisne salate pod utjecajem LED dioda daleko crvenog spektra

svjetlosti. Istovremeno, došlo je do smanjene koncentracije antocijanina i ukupne antioksidativne aktivnosti.

Kod primjene LED dioda crvenog i plavog spektra svjetlosti i HPS lampi utvrđeno je da crvene LED lampe značajno utječu na kašnjenje cvatnje kod indijske gorušice i bosiljka u usporedbi s plavim LED i HPS lampama (Tarakanov i sur., 2012).

Mizuno i sur. (2011) su ispitivali utjecaj plavih LED dioda na presadnice kupusa dvije sorte „Kinshun" i „Red Rookie". Utvrdili su značajan utjecaj na elongaciju peteljki kod obje sorte te povećan sadržaj klorofila kod zelenolisne sorte „Kinshun". Nadalje, Samouliene i sur. (2012) su pratili utjecaj različitih valnih duljina LED dioda na rast i razvoj presadnica krastavaca, rajčice i paprike. LED diode valne duljine 505 nm značajno su povećale lisnu površinu, svježu i suhu masu listova te koncentraciju klorofila kod svih ispitivanih vrsta.

Basoccu i Nicola (1995) su utvrdili da dodatno osvjetljenje u trajanju od 4 i 8 sati značajno utječe na povećanje prinosa samo u ranim fazama rasta i razvoja kada su nepovoljni svjetlosni uvjeti, a kasnije tijekom lipnja i srpnja dodatno osvjetljenje nije značajno utjecalo na prinos rajčice.

U istraživanju utjecaja mješovitog spektra svjetlećih dioda (LED) na rast i razvoj presadnica ageratuma (*Ageratum houstonianum*), nevena (*Calendula officinalis*) i kadulje (*Salvia pratensis*) plava, crvena, i daleko-crvena svjetla su primijenjena u kontroliranim uvjetima u periodu od 28 dana. Obje kombinacije, plavo-crveno osvjetljenje, kao i tretman fluorescentnim osvjetljenjem (kontrola) uzrokovali su povećanje mase suhe tvari. Broj cvjetnih pupova, kao i otvaranje cvjetova ageratuma i kadulje također su poboljšani u kombinaciji plave i crvene svjetlosti. Isto tako, stimulirana je sinteza ugljikohidrata u usporedbi s drugim osvjetljenjem (Heo i sur., 2002.).

Važno pitanje za LED osvjetljenje u hortikulturi se tiče njegove ekonomske održivosti. Kao i sa bilo kojim razvojem tehnologije, povećanjem potražnje i rezultati istraživanja će vremenom učiniti da se trošak proizvodnje LED rasvjete za rast biljaka smanji (Bourget, 2008; Morrow, 2008). Uz napredovanje tehnologije, LED rasvjeta će postati izvor svjetla s najvišim omjerom pretvorbe električne energije u svjetlosnu. Iako

mnogi LED proizvodi nemaju kapacitet za proizvodnju svjetlosne razine dostatne kao jedini izvor osvjetljenja usjeva, mnogi proizvođači povrća u hidroponu već instaliraju takve sustave. Također, manje intenzivni izvori koji su već dostupni na tržištu mogu se koristiti u staklenicima za dopunsko osvjetljenje s odabranim valnim duljinama. Ipak treba obaviti preciznije izračune kako bi se utvrdila točka isplativosti za ugradnju LED osvjetljenja za razne vrste usjeva.

3. MATERIJAL I METODE

Kao materijal u ovom istraživanju korišten je hibrid rajčice Amaneta F1 sjemenske kuće Enza Zaden. Presadnice su proizvedene u Bosni i Hercegovini u rasadniku Adria Hishtil te su na lokaciju OPG Vidaković Krasanka d.o.o. dovezene i postavljene pored sadnog mjesta 12. siječnja 2015. godine. Istog dana su postavljene LED lampe s plavim i crvenim diodama. Hibrid Amaneta ima otpornost na fuzarijsko venuće (*Fusarium oxysporum*), na venuće (*Verticilium dahliae*), na viruse pjegavosti i mozaika te na nematode korijena (*Meloidogyne arenaria*, *M.incognita* i *M.javanica*).

Presadnice su cijepljene na podlogu Maxifort te imaju dvije glavne provodne grane po jednoj biljci (V uzgoj). Pošto se radi o hidroponskoj proizvodnji, analiza vode i receptura za fertilizaciju su izrađene u Austriji te ovdje neće biti prikazana. Biljke su posađene u supstrat od kokosovih vlakana a sklop je bio 3 biljke/$m^{2.}$



Slika 16. Sadnice rajčice za hidroponski uzgoj (foto original)



Slika 17. Sadnice rajčice u kockama kamene vune (foto original)

Pokus je bio postavljen u plasteniku za hidroponski uzgoj na OPG Vidaković u dvije varijante. Varijanta LED se sastojala od 40 biljaka (4 ponavljanja x 10 biljaka) koje su bile dodatno osvjetljene LED lampama u periodu od 12.1.2015. do 4.5.2015. Uz prirodnu dužinu dana, isti je bio produljen na maksimalno ukupno 16 sati tijekom cijelog istraživanja (16 sati dan, 8 sati noć). Varijanta NO LED se sastojala od 40 biljaka (4 ponavljanja x 10 biljaka) koje nisu bile dodatno osvjetljene. Kod obje varijante broj plodova na prve tri etaže je reduciran na pet plodova po cvjetnoj grani. Lampe proizvode 120 000 lumena svjetlosne energijepri maksimalnoj snazi. Opremljene su plavim i crvenim diodama a spektar im je 440 - 460 nm (plavo), i 650- 670 nm (crveno). Prosječna potrošnja im je 0,4 kW/h električne energije.

Za utvrđivanje utjecaja LED rasvjete na rast i razvoj te prinos rajčice na prve tri etaže ploda mjereni su sljedeći parametri:

1. Promjer stabljike
2. Dužina stabljike
3. Prinos plodova na prve tri etaže
4. Prosječna masa ploda po etaži

Dobiveni podatci su statistički obrađeni analizom varijance koristeći programski paket SAS 9.1. (NY, Cary, SAD) i Microsoft Excel.



Slika 18. Biljke uz dodatno osvjetljenje (foto original)



Slika 19. Reducirane cvjetne grane na pet plodova (foto original)

4. REZULTATI

Dodatno osvjetljenje s LED lampama u ovom istraživanju značajno (*P*<0,0001) je utjecalo na morfološke pokazatelje rasta i razvoja rajčice. Utvrđeno je da tretman s LED lampama značajno povećava promjer stabljike kod rajčice, a smanjuje ukupnu dužinu stabljike (Tablica 2). Promjer stabljike kod LED varijante je iznosio 15,02 mm te značajno manje (*p*=0,05) kod NO LED varijante u iznosu od 13,82 mm. Za razliku od promjera stabljike, prosječna dužina stabljike je bila značajno manja (*p*=0,05) kod LED varijante te je iznosila 128,75 cm u usporedbi s neosvijetljenim biljkama gdje je izmjereno 141,50 cm (Tablica 2).

Tablica 2. Utjecaj LED osvjetljenja na promjer i dužinu stabljike kod rajčice tijekom cijelog istraživanja. Vrijednosti obilježene s različitim slovima [a,b] se značajno razlikuju prema LSD testu; *p*=0,05.

Varijanta	**Promjer stabljike (mm)**	**Dužina stabljike (cm)**
LED	15,0	128,
NO LED	13,8	141,
F test	61,4	31,5
P	<0,0	<0,0

Tijekom istraživanja, morfološki parametri su mjereni 4 puta te je utvrđen značajan utjecaj (*P*<0,0001) LED osvjetljenja tijekom drugog, trećeg i četvrtog mjerenja. Tijekom prvog mjerenja nije bilo statistički značajne razlike između tretmana što je očekivano jer je ovo mjerenje obavljeno na dan postavljanja LED lampi (Tablica 3). Najznačajnije razlike u promjeru i dužini stabljike su izmjerene tijekom četvrtog mjerenja. Prema tome, promjer stabljike je bio značajno veći (p=0,05) kod LED varijante (17,41 mm) u usporedbi s NO LED varijantom gdje je izmjereno 15,95 mm. Najmanja razlika između osvijetljenih i neosvijetljenih biljaka utvrđena je tijekom trećeg mjerenja. Kao i kod četvrtog mjerenja, promjer stabljike je bio značajno veći kod LED varijante tj. dužina stabljike je bila značajno veća kod NO LED varijante (Tablica 3).

Tablica 3. Utjecaj LED osvjetljenja na promjer i dužinu stabljike kod rajčice tijekom prvog, drugog, trećeg i četvrtog mjerenja. Vrijednosti obilježene s različitim slovima [a,b] se značajno razlikuju prema LSD testu; p=0,05.

Mjerenje	Varijanta	Promjer stabljike (mm)	Dužina stabljike (cm)
PRVO	LED	10,50[a]	43[a]
	NO LED	10,49[a]	43[a]
	F test	0,00	0,00
	P	0,9570	1,0000
DRUGO	LED	15,66[a]	92[b]
	NO LED	13,82[b]	101[a]
	F test	204,06	28,05
	P	0,0007	0,0131
TREĆE	LED	16,50[a]	156[b]
	NO LED	15,02[b]	169[a]
	F test	95,03	26,75
	P	0,0023	0,0140
ČETVRTO	LED	17,41[a]	224[b]
	NO LED	15,95[b]	253[a]
	F test	15149,8	186,89
	P	<0,0001	0,0008

U tablici 4. se vidi da je LED osvjetljenje značajno utjecalo (*P*<0,0001) na prosječnu masu ploda i prinos rajčice tijekom istraživanja u prve tri etaže ploda. Kod LED varijante su izmjereni značajno veći (p=0,05) plodovi prosječne mase 308,50 g u usporedbi s NO LED varijantom gdje je izmjerena masa plodova iznosila prosječno 292,38 g. Iste razlike su utvrđene za prosječan prinos po etaži te je kod LED varijante utvrđen značajno veći (p=0,05) prosječni prinos po etaži od 15,42 kg u usporedbi s prosječnim prinosom od 14,64 kg koliko je zabilježeno kod NO LED varijante (Tablica 4).

Tablica 4. Utjecaj LED osvjetljenja na prosječnu masu ploda i prosječan prinos kod rajčice tijekom cijelog istraživanja u sve tri berbe. Vrijednosti obilježene s različitim slovima [a,b] se značajno razlikuju prema LSD testu; p=0,05.

Varijanta	Masa ploda (g)	Prinos (kg)
LED	308,50[a]	15,42[a]
NO LED	292,83[b]	14,64[b]
F test	61,22	61,21
P	<0,0001	<0,0001

Prva berba plodova je obavljena 20.04.2015., a iz prosječne mase ploda je vidljivo da hibridna sorta Amaneta F1 ima krupne plodove. Masa ploda je bila pod značajnim utjecajem (*P*<0,0001) LED lampi tijekom sve tri berbe. Tijekom prve berbe utvrđena je značajno veća (p=0,05) masa ploda od 299,00 g kod LED varijante, dok je kod NO LED varijante utvrđena masa ploda od 285,50 g. Kod treće berbe se pojavila najveća razlika u masi ploda između LED i NO LED varijanata. Tako je kod LED varijante masa ploda iznosila 325,00 g u usporedbi sa značajno manjom (p=0,05) masom ploda kod NO LED varijante u iznosu od 309,00 g (Tablica 5).

Prinos je također bio pod utjecajem LED osvjetljenja tijekom sve tri berbe. Prosječan prinos tijekom prve berbe od 14,95 kg kod LED varijante je bio značajno veći (p=0,05) od utvrđenog prinosa od 14,27 kg kod NO LED varijante. Isto kao kod mase ploda, najveći prinos te razlika između varijanata je utvrđena tijekom treće berbe. Naime, u toj berbi je prinos kod LED varijante iznosio prosječnih 16,25 kg u usporedbi sa značajno manjim (p=0,05) prinosom kod NO LED varijante u iznosu od 15,45 kg (Tablica 5).

Tablica 5. Utjecaj LED osvjetljenja na prosječnu masu ploda i prosječan prinos kod rajčice tijekom prve, druge i treće berbe. Vrijednosti obilježene s različitim slovima [a,b] se značajno razlikuju prema LSD testu; p=0,05.

Berba	Varijanta	Masa ploda (g)	Prinos (kg)
PRVA	LED	299,00[a]	14,95[a]
	NO LED	285,50[b]	14,27[b]
	F test	26,35	26,35
	P	0,0143	0,0143
DRUGA	LED	301,50[a]	15,07[a]
	NO LED	284,00[b]	14,20[b]
	F test	12,63	12,63
	P	0,0380	0,0380
TREĆA	LED	325,00[a]	16,25[a]
	NO LED	309,00[b]	15,45[b]
	F test	48,00	48,00
	P	0,0062	0,0062

Komponente prinosa odnosno ukupna masa i prosječna masa ploda kod LED varijante na sve tri etaže su značajno veće nego kod varijante B. Razlika na prvoj etaži iznosi 2,7 kg (ukupan prinos na 40 biljaka) odnosno prinos kod LED varijante je za 4,73% veći u usporedbi s NO LED varijantom. Izračunavanjem ukupnog prinosa na drugoj etaži utvrđena je razlika od 3,5 kg što znači da je prinos kod LED varijante veći za 6,17%. Na trećoj etaži kod LED varijante ostvaren je prinos od 65 kg što je za 3,2 kg odnosno za 5,18 % više nego kod NO LED varijante. Prema tome, ukupan prinos na prve tri etaže kod LED varijante iznosio je 185,1 kg, dok je kod NO LED varijante ukupan prinos iznosio 175,7 kg što je razlika od 9,4 kg odnosno 5.35%.



Slika 20. Mjerenje visine stabljike (foto original)



Slika 21. Vaganje plodova (foto original)

5. RASPRAVA

Dodatno LED osvjetljenje je u ovom istraživanju značajno povećalo promjer stabljike, masu ploda i prinos te je stabljika bila kraća u usporedbi s biljkama koje nisu bile dodatno osvjetljene (Tablica 2, 3, 4 i 5.). Slične rezultate su dobili Gajc-Wolska i sur. (2013.) u svom istraživanju gdje su utvrdili značajno veće prinose i mase ploda kod rajčice kod biljaka koje su bile dodatno osvjetljene s LED i HPS lampama. Treba naglasiti da su bolje rezultate postigli s HPS lampama. Međutim, HPS lampe su značajno veći potrošači električne energije te emitiraju i značajnu količinu toplinske energije što u pojedinim fazama vegetacije više nije poželjno.

Xiaoying (2012) je u svom istraživanju utvrdio značajan utjecaj crvene i plave LED svjetlosti na cherry rajčicu, a lampe s istim diodama su korištene i u ovom istraživanju. On je utvrdio da se pod utjecajem ovakvih LED lampi značajno povećava svježa i suha masa presadnica te su presadnice istovremeno značajno niže. Ovi podatci se slažu s podatcima iz provedenog istraživanja gdje je utvrđeno da su biljke rajčice bile značajno niže kod LED varijante (Tablica 2 i 3).

Utjecaj LED lampi s plavim i crvenim diodama utvrđen je u istraživanju Matsuda i sur. (2004.) gdje se pokazalo da dodatno osvjetljenje povoljno i značajno utječe na koncentraciju klorofila, neto fotosintezu i ukupnu koncentraciju dušika u listovima riže.

Iako u ovom istraživanju nije analizirano, na biljkama su se mogle uočiti promjene na listu koji je bio intenzivnije zelene boje što može upućivati na veći sadržaj klorofila i bolje usvajanje hraniva što je utvrđeno u prethodnom spomenutom istraživanju. Također, u istraživanju Muneer i sur. (2014.) je utvrđeno da LED diode plavog spektra pozitivno utječu na fotosintezu i ukupnu biomasu salate.

Pozitivan učinak plave svjetlosti, aktivirajući citokrom sustav i poklapajući se sa spektrom apsorpcije klorofila i karotenoida utvrđen je kod morfoloških osobina, rasta i fotosinteze pojedinih vrsta lisnatog povrća (Yanagi i sur., 1996.).

Plave diode ili korištene u kombinaciji s crvenim diodama utjecale su povećan omjer klorofila A i B kod biljaka kineskog kupusa (Mizuno i sur., 2011; Li i sur., 2012.).

Također, plave diode utječu i na povećanje biomase kod salate što je potvrđeno istraživanjem Johkan i sur. (2010).

Slično rezultatima dobivenim u ovom istraživanju, prethodno je utvrđeno da plava LED svjetlost (450, 455, 470 nm) ili HPS lampe značajno utječu na povećanje fotosintetskog kapaciteta i biomase kod rajčice (Liu i sur., 2011, Samouliene i sur., 2012). Međutim, Hernandez i Kubota (2012.) su utvrdili da lampe s različitim omjerima plavih i crvenih dioda ne utječu značajno na morfološke pokazatelje rasta i razvoja rajčice do faze razvoja drugog lista.

Gomez i sur. (2013.) su utvrdili da nema značajne razlike u prinosu i biomasi rajčice između dodatnog osvjetljenja u obliku LED ili HPS lampi što je različito u odnosu na rezultate dobivene istraživanjem Gajc-Wolska i sur. (2013.).

Prema rezultatima u ovom istraživanju utvrđena je razlika u promjeru stabljike između osvjetljenih i neosvijetljenih biljaka u iznosu od 1,58 mm što dovodi do zaključka da dodatno osvjetljenje ima utjecaj na promjer stabljike što je potvrđeno u istraživanjima Demers i sur. (1998.) i Dorais (2003.). Nadalje, dužina stabljike je kod dodatno osvjetljenih biljaka bila kraća za ukupno 29 cm što potvrđuje činjenicu da biljke pri slabijem osvjetljenju produžuju internodije odnosno izdužuju se (Dorais, 2003).

Najvažniji parametar kod ovog istraživanja koji je bio praćen bio je ukupan prinos i prosječna masa pojedinog ploda. Utvrđeno je povećanje prinosa od 5.35 % ukupno na prve tri etaže kod dodatno osvjetljenih biljaka odnosno razlika po etažama od 4.73 % na prvoj, 6.17 % na drugoj i 5.18 % na trećoj etaži. Prosječna masa ploda kod dodatno osvjetljenih biljaka je prosječno za 0.0157 kg veća nego kod onih bez dodatnog osvjetljenja.

Važan pokazatelj kod uvođenja bilo kakve tehnologije u proizvodnju je i njena energetska učinkovitost ili ukupna potrošnja energije s obzirom na ukupno povećanje biomase i prinosa. Cijena električne energije na OPG-ima i RH se kreće prosječno oko 1,22 kn/kWh. U tablici 6. slijedi kratka ekonomska analiza upotrebe LED rasvjete u ovom istraživanju.

Tablica 6. Ekonomska analiza isplativosti upotrebe LED rasvjete u ovom istraživanju

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Trajanje osvjetljenja po danu (h) x broj dana osvjetljenja	Cijena električne energije (kn)	Ukupno utrošeno el. Energije (AxB) (kn)	Potrošnja električne energije (kWh)	Prinos NO LED (kg)	Prinos LED (kg)	Povećanje prinosa (kg)	Cijena rajčice (kn/kg)	Bruto dobit
5 x 112 = 560	1,22	683,20	0,8	175,68	185,08	9,4	11	103,4
Neto dobit (I-C)	**-579,80 kn**							

Iz tablice je vidljivo da je primijenjena LED rasvjeta nedovoljno učinkovita u produkciji biomase i prinosa na rajčici u hidroponskom uzgoju. Prema dosada provedenim istraživanjima, može se zaključiti da je primjena LED rasvjete isplativa u sjevernim krajevima Europe i na području kratkoga dana širom svijeta te naravno tijekom proizvodnje presadnica koja se odvija tijekom prosinca i siječnja kada su dani vrlo kratki te bi došlo do izduživanja biljaka što bi utjecalo na njihovu produktivnost tijekom cijele vegetacije.

6. ZAKLJUČAK

1. Rajčica je termofilna i fotofilna biljka te ima visoke potrebe za oba abiotska faktora. Primjena LED rasvjete u ovom istraživanju je značajno utjecala na morfološke pokazatelje rasta i razvoja te na njen prinos i masu plodova.

2. Tijekom istraživanja je utvrđeno da primjena kombinirane LED rasvjete (plave i crvene diode) značajno utječu na povećanje promjera stabljike te istovremeno ne dolazi do izduživanja vegetativnog vrha. Na ovaj način, osvijetljene biljke su imale značajno kraću stabljiku šireg promjera, a to je pokazatelj uravnoteženog rasta i razvoja.

3. Prinos i masa ploda su bili pod značajnim utjecajem LED osvjetljenja te je ostvaren značajno veći prinos kod osvijetljenih biljaka što je bio i slučaj kod mase ploda koja je bila veća kod LED varijante.

4. Ekonomskom analizom je utvrđeno da primjena LED rasvjete ne ostvaruje očekivanu neto dobit nego gubitak što je uvjetovano visokom cijenom električne energije te se u našim krajevima preporučuje LED rasvjetu koristiti u proizvodnji presadnica povrćarskih kultura jer njihova primjena utječe na uravnotežen rast i razvoj što je preduvjet buduće uspješne proizvodnje.

7. POPIS LITERATURE

1. Lešić, R., Borović, J., Buturac, I., Ćustić, M., Poljak, M., Romić, D. (2002): Povrćarstvo, Zrinski d.d., Čakovec.
2. Parađiković, N. (2009): Opće i specijalno povrćarstvo, Poljoprivredni fakultet Osijek.
3. Maceljski, M. (2002): Poljoprivredna entomologija, Zrinski d.d., Čakovec
4. Robert C. Morrow (2008): LED Lighting in Horticulture. HortScience 43(7): 1947-1950.
5. Basoccu, L., Nicola, S. (1995): SUPPLEMENTARY LIGHT AND PRETRANSPLANT NITROGEN EFFECTS ON TOMATO SEEDLING GROWTH AND YIELD. Acta Horticulturae 396: 313-320.
6. Barta, D.J., T.W. Tibbitts, R.J. Bula, and R.C. Morrow. (1992): Evaluation of light emitting diode characteristics for a space-based plant irradiation source. Adv. Space Res. 12:141– 149.
7. Bourget, C.M. (2008): An introduction to light-emitting diodes. Horticultural science 43: 1944-1946.
8. Brazaityte, A., Duchovskis, P., Urbanovičiute, A., Samouliene, G., Jankauskiene, J., Sakalauskaite, J., Šabajeviene, G., Sirtautas, R., Novičkovas, A. (2010): The effect of light-emitting diodes lighting on the growth of tomato transplants. Zemdirbyste-Agriculture 97(2): 89-98.
9. Bula, R.J., Morrow R.C., Tibbitts T.W., Barta D.J., Ignatius R.W. and Martin T.S. (1991): Light emitting diodes as a radiation source for plants. HortScience 26: 203–205.
10. Dominique-André Demers, Martine Dorais,Chris H Wien, André Gosselin (1998); Effects of supplemental light duration on greenhouse tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) plants and fruit yields. Scientia Horticulturae 74(4): 295–306.
11. Dorais Martine (2003): The use of supplemental lighting for vegetable crop production: light intensity, crop response, nutrition, crop management, cultural practices. In: *Canadial Greenhouse Conference*. 2003. str. 1-8.
12. Fierro, A., Tremblay, N., Gosselin A. (1994): Supplemental Carbon Dioxide and Light Improved Tomato and Pepper Seedling Growth and Yield. HortScience 29(3): 152-154.

13. Gajc-Wolska, J., Kowalczyk, K., Metera, A., Mazur, K., Bujalski, D., Hemka, L. (2013): Effect of supplementary lighting on selected physiological parameters and yielding of tomato plants. Folia Horticulturae 25(2): 153-159.

14. Goins, G.D., N.C. Yorio, M.M. Sanwo, and C.S. Brown. (1997): Photomorphogenesis, photosynthesis, and seed yield of wheat plants grown under red light-emitting diodes (LEDs) with and without supplemental blue lighting. J. Expt. Bot. 48:1407–1413.
15. Gómez, C., Morrow, R.C., Bourget, C.M., Massa, G.D., Mitchell, C.A. (2013): Comparison of Intracanopy Light-emitting Diode Towers and Overhead High-pressure Sodium Lamps for Supplemental Lighting of Greenhouse-grown Tomatoes. Horttechnology 23: 93-98.

16. Heo, J., C. Lee, D. Chakrabarty, and K. Paek. (2002): Growth responses of marigold and salvia bedding plants as affected by monochromic or mixture radiation provided by a light-emitting diode (LED). Plant Growth Regulation 38: 225–230.
17. Hernandez R., Kubota C. (2012): Tomato seedlings growth and morphological responses to supplemental LED lighting Red:Blue ratios under varied daily solar light intervals. Acta Horticulturae 956: 187-193.

18. Johkan M., Shoji K., Goto F., Hahida S., Yoshihara T. (2012): Effect of green light wavelength and intensity on photomorphogenesis and photosynthesis in *Lactuca sativa*. Environmental and Experimental Botany 75: 128-1313
19. Ieperen, W. van (2012.): Plant morphological and developmental responses to light quality in a horticultural context. Acta Horticulturae. 956, 131-139.
20. Li, H., Tang, C., Xu, Z., Liu, X., Han, X. (2012): Effect of different light sources on growth of non-heading Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.). Journal of Agricultural Sciences 4: 262-273.

21. Liu, X.Y., Chang, T.T., Guo, S.R., Xu, Z.G. and Li, J. (2011): EFFECT OF DIFFERENT LIGHT QUALITY OF LED ON GROWTH AND PHOTOSYNTHETIC CHARACTER IN CHERRY TOMATO SEEDLING. Acta Horticulturae 907: 325-330.

22. Matsuda R., Ohashi-Kaneko K., Fujiwara K., Goto E., Kurata K. (2004): Photosynthetic characteristic of rice leaves grown under red light with or without supplemental blue light. Plant Cell Physiology 45: 1870-1874.
23. Muneer, S., Kim, E.J., Park, J.S., Lee, J.H. (2014): Influence of Green, Red and Blue Light Emitting Diodes on Multiprotein Complex Proteins and Photosynthetic Activity under Different Light Intensities in Lettuce Leaves (*Lactuca sativa* L.). International Journal of Molecular Sciences 15: 4657-4670.
24. Mizuno, T., Amaki, W., Watanabe, H. (2011): Effect of monochromatic light irradiation on the growth and anthocyanin contents in leaves of cabbage seedlings. Acta Horticulturae 907: 179-184.
25. Stutte, G.W., Edney, S., Skeritt, T. (2009): Photoregulation of bioprotectant content of red leaves lettuce with light-emitting diodes. HortScience 94: 79-92.
26. Shimokawa, A., Tonooka, Y., Matsumoto, M., Ara, H., Suzuki, H., Yamauchi, N., Shigyo, M. (2014.): Effect of alternating red and blue light irradiation generated by light emitting diodes on the growth of leaf lettuce. Doi: http://dx.doi.org/10.1101/003103. 4.06.2015

27. Stutte, G.W., Edney, S., Skeritt, T. (2009): Photoregulation of bioprotectant content of red leaves lettuce with light-emitting diodes. HortScience 94: 79-92.
28. Tarakanov, I, Yakovleva, O., Konovalova, I., Paliutina, G., Anisimov, A. (2012): Light-emitting diodes: on the way to combinatorial lighting technologies for basic research and crop production. Acta Horticulturae 956: 171-178.
29. Samuolienė, G., Brazaitytė, A., Duchovskis, P., Viršilė, A., Jankauskienė, J., Sirtautas, R., Novičkovas, A., Sakalauskienė , S. and Sakalauskaitė, J. (2012): CULTIVATION OF VEGETABLE TRANSPLANTS USING SOLID-STATE LAMPS FOR THE SHORT-WAVELENGTH SUPPLEMENTARY LIGHTING IN GREENHOUSES. Acta Horticulturae 952: 885-892.
30. Xiaoying L., Shirong G., Taotao C. Zhigang X., Tezuka T. (2012): Regulation of the growth and photosynthesis of cherry tomato seedlings by different light irradiations of light emitting diodes (LED). African Journal of Biotechnology 11(22): 6169-6177.

31. Yanagi, T., Okamoto, K., Takita, S. (1996): Effects of blue, red and blue-red lights of two different PPF levels on growth and morphogenesis of lettuce plants. ActaHorticulturae 440: 117-122.

INTERNET

http://pinova.hr/hr_HR/pocetna/ (Datum pristupa 27.6.2015)

http://www.syngenta.com/country/hr/cr/Pages/home.aspx (Datum pristupa 27.6.2015)

http://www.zeleni-hit.hr/ (Datum pristupa 27.6.2015)

8.SAŽETAK

Rajčica se uzgaja radi ploda. Ima vrlo visoku hranidbenu vrijednost a zbog visokog sadržaja likopena njena konzumacija u svježem ili prerađenom obliku može pomoći u prevenciji različitih bolesti. Uzgaja se na otvorenom ili u zaštićenom prostoru u tlu ili hidroponu. Cilj istraživanja je bio utvrditi rast i razvoj te komponente prinosa rajčice pod utjecajem dodatnog LED osvjetljenja. U pokusu je korišten hibrid rajčice Amaneta F1 u dvije varijante po 40 biljaka. Jedna varijanta je bila dodatno osvjetljena dok druga nije. Istraživanjem su bile obuhvaćene sljedeće komponente: promjer stabljike, dužina stabljike, prinos na prve tri etaže i prosječna masa ploda. Rezultatima pokusa utvrđen je bolji razvoj i veći prinos kod biljaka koje su bile pod utjecajem dodatnog LED osvjetljenja.

9. SUMMARY

Tomatoes are grown for fruit. It has a very high nutritional value due to its high content of lycopene, consumption in fresh or processed form can help prevent various diseases. It is grown outdoors or in greenhouses in soil or hydroponics. The objective of this research was to determine the growth and development and yield components of tomatoes affected by additional LED lighting. In the experiment was used hybrid tomatoes Amaneta F1 in two variants per 40 plants. One variant was further illuminated while the other is not. The survey covered the following components: stem diameter, stem length, yield on the first three floral branches and the average fruit weight. The results of the experiment determined the development of better and higher yield in plants that were affected by the additional LED lighting.

10. POPIS TABLICA

Tablica 1. Energetska i nutritivna vrijednost na 100 g svježeg ploda (Izvor podataka: USDA National Nutrient Database for standard Reference, 2003) (stranica 5)

Tablica 2. Utjecaj LED osvjetljenja na promjer i dužinu stabljike kod rajčice tijekom cijelog istraživanja. Vrijednosti obilježene s različitim slovima [a,b] se značajno razlikuju prema LSD testu; *p*=0,05.(stranica 27)

Tablica 3. Utjecaj LED osvjetljenja na promjer i dužinu stabljike kod rajčice tijekom prvog, drugog, trećeg i četvrtog mjerenja. Vrijednosti obilježene s različitim slovima [a,b] se značajno razlikuju prema LSD testu; p=0,05.(stranica 28)

Tablica 4. Utjecaj LED osvjetljenja na prosječnu masu ploda i prosječan prinos kod rajčice tijekom cijelog istraživanja u sve tri berbe. Vrijednosti obilježene s različitim slovima [a,b] se značajno razlikuju prema LSD testu; p=0,05. (stranica 29)

Tablica 5. Utjecaj LED osvjetljenja na prosječnu masu ploda i prosječan prinos kod rajčice tijekom prve, druge i treće berbe. Vrijednosti obilježene s različitim slovima [a,b] se značajno razlikuju prema LSD testu; p=0,05. (stranica 30)

11. POPIS SLIKA

Slika 1. Predak rajčice *L. esculentum var. Cerasiforme* (stranica 1)
Slika 2. Rajčica Amaneta na OPG Vidaković Krasanka d.o.o.(stranica 3)
Slika 3. Plod rajčice (stranica 3)
Slika 4. Hidroponski uzgoj rajčice na OPG Vidaković Krasanka d.o.o.(stranica 7)
Slika 5. Kompjuterska jedinica za navodnjavanje (stranica 8)
Slika 6. Napad cvjetnog štitastog moljca (stranica 9)
Slika 7. Lisna uš (stranica 10)
Slika 8. Imago lisnog minera rajčice (stranica 11)
Slika 9. Simptomi pepelnice na listu rajčice (stranica 12)
Slika 10. Baršunasta plijesan (stranica 13)
Slika 11. Presjek zaražene biljke (*Clavibacter michiganensis subsp. Michiganensis*)(str.14)
Slika 12. Simptomi fuzarioze na listu rajčice (stranica 15)
Slika 13. Dio spektra koji biljke koriste (stranica 16)
Slika 14. Bijela folija na podu plastenika u hidroponskoj proizvodnji (stranica 19)
Slika 15. LED osvjetljenje u proizvodnji presadnica (stranica 20)
Slika 16. Sadnice rajčice za hidroponski uzgoj (stranica 22)
Slika 17. Sadnice rajčice u kockama kamene vune (stranica 23)
Slika 18. Biljke uz dodatno osvjetljenje (stranica 24)
Slika 19. Reducirane cvjetne grane na pet plodova (stranica 24)
Slika 20. Mjerenje visine stabljike (stranica 28)
Slika 21. Vaganje plodova (stranica 28)

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku **Diplomski rad**

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Sveučilišni diplomski studij, smjer Povrćarstvo i cvjećarstvo

UTJECAJ LED OSVJETLJENJA NA RAST I RAZVOJ RAJČICE

(Lycopersicon esculentum Mill.*)*

Matej Vidaković

Sažetak

Rajčica se uzgaja radi ploda. Ima vrlo visoku hranidbenu vrijednost a zbog visokog sadržaja likopena njena konzumacija u svježem ili prerađenom obliku može pomoći u prevenciji različitih bolesti. Uzgaja se na otvorenom ili u zaštićenom prostoru u tlu ili hidroponu. Cilj istraživanja je bio utvrditi rast i razvoj te komponente prinosa rajčice pod utjecajem dodatnog LED osvjetljenja. U pokusu je korišten hibrid rajčice Amaneta F1 u dvije varijante po 40 biljaka. Jedna varijanta je bila dodatno osvjetljena dok druga nije. Istraživanjem su bile obuhvaćene sljedeće komponente: promjer stabljike, dužina stabljike, prinos na prve tri etaže i prosječna masa ploda. Rezultatima pokusa utvrđen je bolji razvoj i veći prinos kod biljaka koje su bile pod utjecajem dodatnog LED osvjetljenja.

Rad je izrađen pri: Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Mentor: doc.dr.sc. Tomislav Vinković

Broj stranica: 45

Broj grafikona i slika: 21

Broj tablica: 5

Broj literaturnih navoda: 31

Broj priloga: 0

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: rajčica, hidroponija, osvjetljenje, LED lampe, prinos

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. prof. dr. sc. Nada Parađiković, predsjednik
2. doc. dr. sc. Tomislav Vinković, mentor
3. doc. dr. sc. Miroslav Lisjak, član

Rad je pohranjen u: Knjižnica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek **Graduate thesis**

Faculty of Agriculture

University Graduate Studies, Vegetable production and floriculture

INFLUENCE OF LED LIGHTING ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF TOMATO *(Lycopersicon esculentum* Mill.*)*

Matej Vidaković

Abstract:

Tomatoes are grown for fruit. It has a very high nutritional value due to its high content of lycopene, consumption in fresh or processed form can help prevent various diseases. It is grown outdoors or in greenhouses in soil or hydroponics. The objective of this research was to determine the growth and development and yield components of tomatoes affected by additional LED lighting. In the experiment was used hybrid tomatoes Amaneta F1 in two variants per 40 plants. One variant was further illuminated while the other is not. The survey covered the following components: stem diameter, stem length, yield on the first three floral branches and the average fruit weight. The results of the experiment determined the development of better and higher yield in plants that were affected by the additional LED lighting.

Thesis performed at: Faculty of agriculture in Osijek

Mentor: doc. dr. sc. Tomislav Vinković

Number of pages: 45
Number of figures: 21
Number of tables: 5
Number of references: 31
Number of appendices: 0
Original in: Croatian

Key words: tomato, hidroponics, lighting, LED lighting, yield

Thesis defended on day:

Reviewers:

1. prof. dr. sc. Nada Parađiković, predsjednik
2. doc. dr. sc. Tomislav Vinković, mentor
3. doc. dr. sc. Miroslav Lisjak, član

Thesis deposited at: Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmaye University of Osijek, Kralja Petra Svačića 1d.