

Utjecaj led osvjetljenja na prinos i parametre rasta rajčice

Influence of led lighting on yield and growth parameters of tomato

**Vinković, T., Parađiković, N., Tkalec, M., Lisjak, M., Teklić, T., Zmaić, K.,
Vidaković, M.**

Poljoprivreda/Agriculture

ISSN: 1848-8080 (Online)

ISSN: 1330-7142 (Print)

<http://dx.doi.org/10.18047/poljo.22.1.1>



Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Poljoprivredni institut Osijek
Faculty of Agriculture in Osijek, Agricultural Institute Osijek

UTJECAJ LED OSVJETLJENJA NA PRINOS I PARAMETRE RASTA RAJČICE

Vinković, T., Parađiković, N., Tkalec, M., Lisjak, M., Teklić, T., Zmaić, K., Vidaković, M.

Izvorni znanstveni članak

Original scientific paper

SAŽETAK

Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj dodatnoga LED (Light Emitting Diode) osvjetljenja na promjer i visinu stabljike te prinos i masu ploda rajčice u hidroponskom uzgoju na kokosovim vlaknima. LED lampe opremljene s plavim i crvenim diodama postavljene su iznad redova. Biljke su bile dodatno osvjetljene prosječno 5 sati dnevno tijekom 112 dana, tj. do kraja treće berbe. Dodatno LED osvjetljenje značajno je utjecalo na povećanje prinosa i mase ploda te na promjer stabljike. Također, dodatno osvjetljene biljke imale su nižu stabljiku, što upućuje na uravnotežen rast i razvoj. Međutim, ekonomska je analiza pokazala da, iako su vrlo mali potrošači električne energije, LED lampe nisu dovoljno energetski učinkovite, s obzirom na ukupno povećanje prinosa rajčice i ostvarenu dobit. Prema tome, upotreba LED lampi preporučuje se samo tijekom proizvodnje presadnica rajčice i srodnih vrsta.

Ključne riječi: rajčica, prinos, LED osvjetljenje, ekonomska analiza

UVOD

Rajčica (*Lycopersicon esculentum* Mill.) je vrlo popularna povrćarska vrsta te se među povrćarskim vrstama u Republici Hrvatskoj nalazi na drugome mjestu po proizvedenim količinama (DZS, 2015.). Potražnja je za kvalitetnim plodom rajčice značajna te se velike količine rajčice izvoze u EU, a potražnja je svake godine sve veća, pogotovo u rano proljeće, kada je i cijena visoka. Za postizanje visokih prinosa rajčice tijekom ranoga proljeća nužno je osigurati optimalne agroekološke uvjete. Proizvođači, najčešće, imaju uvjete za osiguranje optimalne topline, dok je vrlo mali broj proizvođača koji mogu osigurati dodatno osvjetljenje, kako bi se produžio dan koji u tome periodu traje maksimalno od 8 do 10 sati. Rajčici je tijekom plodonošenja potrebno osigurati minimalno od 12 do 16 sati trajanja osvjetljenja, kako bi se osigurali maksimalni prinosi tijekom ranoga proljeća (Fierro i sur., 1994.). Produljenje fotoperioda bila je tema mnogih istraživanja, a rajčica je odlična model biljka za takva istraživanja jer brzo reagira na bilo kakve promjene okolišnih čimbenika. Međutim, svojstva tolerantnosti i otpornosti rajčice na abiotički stres iznimno su kompleksne prirode (Guberac i sur.,

2015.). 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 povećala se 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, a rast i prinos naglo su pali. Brazaityt i sur. (2010.) u svom istraživanju utvrđuju utjecaj primjene LED (Light Emitting Diode) rasvjete s različitim valnim duljinama na presadnice rajčice. U ovom istraživanju dodatno je osvjetljenje imalo produženi efekt kod presadnica rajčice nakon njihovoga presađivanja u plastenik. Naime, određena valna duljina u zelenome području čak je inhibirala rast presadnica rajčice. U istraživanju Stutte i sur. (2009.) utvrđeno je značajno povećanje ukupne biomase i elongacije

Doc. dr. sc. Tomislav Vinković (tvinkovic@pfos.hr), prof. dr. sc. Nada Parađiković, Monika Tkalec, mag. ing., znanstveni novak, doc. dr. sc. Miroslav Lisjak, prof. dr. sc. Tihana Teklić, prof. dr. sc. Krunoslav Zmaić, Matej Vidaković, mag. ing., student - Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d, 31000 Osijek, Hrvatska

lista crvenolisne salate pod utjecajem LED dioda dalekocrvenoga spektra svjetlosti. Istovremeno, došlo je do smanjene koncentracije antocijanina i ukupne antioksidativne aktivnosti.

Kod primjene LED dioda crvenoga i plavoga spektra svjetlosti i HPS (High Pressure Sodium) 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.) ispitivali su utjecaj plavih LED dioda na presadnice kupusa dviju sorti, „Kinshun“ i „Red Rookie“. Utvrdili su značajan utjecaj na elongaciju peteljki kod obje sorte te povećan sadržaj klorofila kod zelenolisne sorte „Kinshun“. Nadalje, Samuoliene i sur. (2012.) pratili su utjecaj određenih LED dioda emitiranja svjetlosti različitih valnih duljina na rast i razvoj presadnica krastavaca, rajčice i paprike. LED diode koje su emitirale svjetlost valne duljine 505 nm značajno su povećale lisnu površinu, svježiu i suhu masu listova te koncentraciju klorofila kod svih ispitivanih vrsta. Basoccu i Nicola (1995.) utvrdili su da dodatno osvjetljenje, u trajanju 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 ne utječe značajno na prinos rajčice. Prema tome, cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj LED lampi s kombinacijom plavih i crvenih dioda na promjer i visinu stabljike te na masu i prinos ploda rajčice.

MATERIJAL I METODE

U ovom istraživanju testiran je hibrid rajčice Amaneta F1 sjemenske kuće Enza Zaden. Presadnice su proizvedene u Bosni i Hercegovini, u rasadniku *Adria Hishtil*, pod kontroliranim uvjetima. Pokus je postavljen u suvremenome plasteniku za hidroponski uzgoj rajčice na OPG-u Vidaković Krasanka u Valpovu, Hrvatska. Presadnice rajčice uvezene su 12. siječnja 2015. godine te su istoga dana postavljene pored sadnoga mjesta na blokove kokosovih vlakana. Istovremeno, postavljene su LED lampe s plavim i crvenim diodama iznad redova rajčice. Presadnice rajčice bile su cijepljene na podlogu Maxifort te su imale dvije glavne grane po biljci (V uzgoj). Biljke su nakon aklimatizacije posađene na blokove kokosovih vlakana, a sklop je bio 3 biljke/m². Pokus je bio postavljen kao jednofaktorijski u dvije varijante, po slučajnome blokom rasporedu. Varijanta SA LED sastojala se od 40 biljaka (4 ponavljanja x 10 biljaka), koje su bile dodatno osvjetljene LED lampama u periodu od 12. siječnja 2015. do 4. svibnja 2015. Uz prirodnu dužinu dana, isti je bio produljen na maksimalno 16 sati (16 sati dan, 8 sati noć), tako da je dodatno osvjetljenje bilo aktivno prosječno 5 sati dnevno tijekom cijelog istraživanja. Varijanta BEZ LED također se sastojala od 40 biljaka (4 ponavljanja x 10 biljaka) koje nisu bile dodatno osvjetljene. Kod obje varijante broj plodova

prva tri grozda pri bazi stabljike bio je reduciran na pet plodova po cvjetnoj grani. Korištene LED lampe proizvode 120.000 lumena svjetlosne energije pri maksimalnoj snazi, a bile su opremljene plavim (440-460 nm) i crvenim diodama (650-670 nm) u omjeru 3:1. Prosječna je potrošnja električne energije iznosila 0,4 kW/h po jednoj lampi, a za pokus su postavljene dvije lampe. Svaka je lampa dugačka 3 m te je osvjetljavala 20 biljaka rajčice. Za utvrđivanje utjecaja dodatne LED rasvjete na rast i razvoj te prinos rajčice na prva tri grozda periodički su svakih 30 dana (4 mjerenja svakih 30 dana; od 12. siječnja do 12. travnja) mjereni parametri vegetativnoga porasta (promjer pomoću pomičnoga mjerila pri bazi stabljike i visina stabljike pomoću običnoga metra) te prinos ploda po biljci i prosječna masa ploda na prva tri grozda tijekom 3 berbe (20. travnja, 27. travnja i 4. svibnja). Dobiveni podatci statistički su obrađeni analizom varijance, koristeći programski paket SAS 9.1. (NY, Cary, SAD) i Microsoft Excel.

REZULTATI I RASPRAVA

Dodatno osvjetljenje LED lampama u ovom istraživanju značajno ($P < 0,0001$) je utjecalo na morfološke pokazatelje rasta i razvoja, kao i na masu i prinos ploda rajčice (Tablica 1.). Utvrđeno je da tretman s LED lampama značajno povećava promjer stabljike rajčice, a smanjuje ukupnu visinu (Tablica 1.). Promjer stabljike kod SA LED varijante iznosio je 15,02 mm, što je značajno više ($p = 0,05$) nego kod BEZ LED varijante (13,82 mm). Za razliku od promjera stabljike, prosječna visina stabljike bila je značajno manja ($p = 0,05$) kod SA LED varijante te je iznosila 128,75 cm, u usporedbi s neosvijetljenim biljkama, gdje je izmjereno 141,50 cm (Tablica 1.). Kod SA LED varijante utvrđena je značajno veća ($p = 0,05$) prosječna masa ploda 308,50 g, u usporedbi s BEZ LED varijantom, gdje je masa plodova iznosila prosječno 292,83 g. Iste razlike utvrđene su za prosječan prinos po grozdu te je kod SA LED varijante utvrđen značajno veći ($p = 0,05$) prosječni prinos (1,54 kg/biljci) u usporedbi s prosječnim prinosom od 1,46 kg/biljci, koliko je zabilježeno kod BEZ LED varijante (Tablica 1.). Tijekom istraživanja, morfološki su parametri mjereni 4 puta te je utvrđen značajan utjecaj ($P < 0,0001$) LED osvjetljenja tijekom drugoga, trećega i četvrtoga mjerenja. Tijekom prvoga mjerenja nije bilo statistički značajne razlike između tretmana, što je očekivano, jer je to mjerenje obavljeno na dan postavljanja LED lampi (Grafikoni 1. i 2.). Najznačajnije razlike u promjeru i visini stabljike izmjerene su tijekom četvrtoga mjerenja. Prema tome, promjer stabljike bio je značajno veći ($p = 0,05$) kod SA LED varijante (17,4 mm) u usporedbi s BEZ LED varijantom, gdje je izmjereno 16,0 mm (Grafikon 1.). Suprotno, tijekom četvrtoga mjerenja kod BEZ LED varijante izmjerena je značajno viša stabljika (253,0 cm) u usporedbi sa SA LED varijantom, gdje je bila visoka 224,0 cm (Grafikon 2.).

Tablica 1. Utjecaj LED osvjetljenja na prosječni promjer i visinu stabljike te masu i prinost ploda rajčice. Vrijednosti obilježene s različitim slovima ^{a,b} značajno se razlikuju prema LSD testu; $p=0,05$

Table 1. Influence of LED lighting on the average stem diameter and height as well as fruit weight and tomato yield. Values marked with different letters ^{a,b} significantly differ by LSD test; $p=0.05$

Varijanta Variant	Promjer stabljike (mm) Stem diameter (mm)	Visina stabljike (cm) Stem height (cm)	Masa ploda (g) Fruit weight (g)	Prinos (kg/biljci) Yield (kg/plant)
SA LED	15,02 ^a	128,75 ^b	308,50 ^a	1,54 ^a
BEZ LED	13,82 ^b	141,50 ^a	292,83 ^b	1,46 ^b
F test	61,46	31,56	61,22	61,21
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

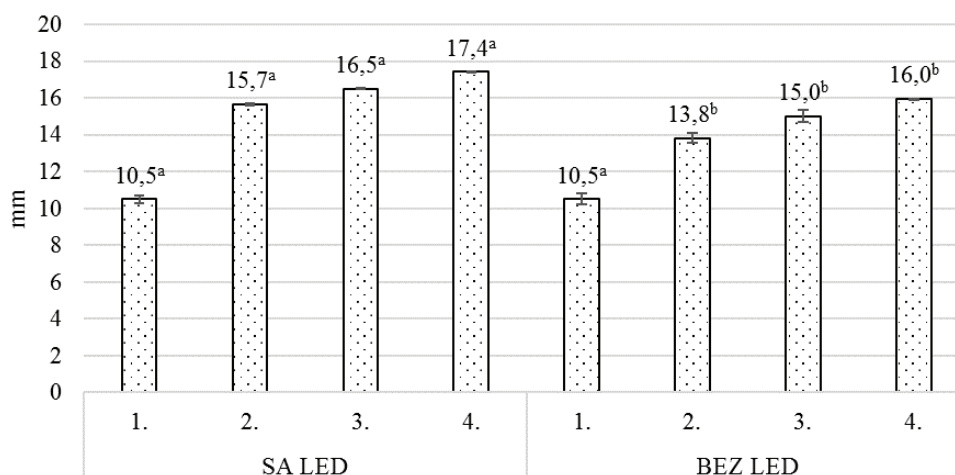
**Grafikon 1. Utjecaj LED osvjetljenja na promjer stabljike rajčice tijekom četiri uzorkovanja (1.-4.). Vrijednosti obilježene različitim slovima ^{a,b} značajno se razlikuju (LSD test; $p=0,05$) između tretmana tijekom istog uzorkovanja**

Figure 1. Influence of LED lighting on tomato stem diameter during four samplings (1-4). Values marked with different letters ^{a,b} significantly differ (LSD test; $p=0.05$) between the treatments during the same sampling

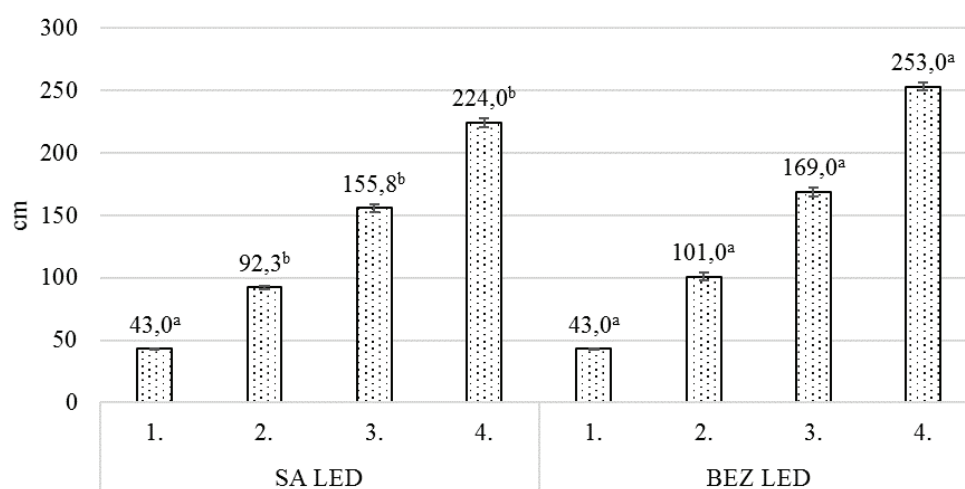
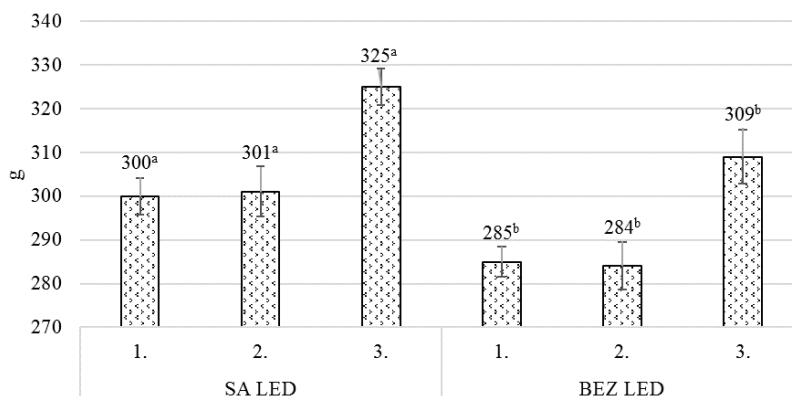
**Grafikon 2. Utjecaj LED osvjetljenja na visinu stabljike rajčice tijekom četiri uzorkovanja (1.-4.). Vrijednosti obilježene različitim slovima ^{a,b} značajno se razlikuju (LSD test; $p=0,05$) između tretmana osvjetljenja istoga vremena uzorkovanja**

Figure 1. Influence of LED lighting on tomato stem height during four samplings (1-4). Values marked with different letters ^{a,b} significantly differ (LSD test; $p=0.05$) between the lighting treatments during the same sampling period

Prva berba plodova obavljena je 20. travnja 2015., a iz prosječne mase ploda vidljivo je da hibridna sorta Amaneta F1 ima krupne plodove. Masa ploda bila je pod značajnim utjecajem ($P < 0,0001$) dodatnog osvjetljenja tijekom sve tri berbe. Tijekom prve berbe utvrđena je značajno veća ($p = 0,05$) masa ploda od 300 g kod SA LED varijante, dok je kod BEZ LED varijante utvrđena masa ploda od 285 g. Kod treće berbe pojavila se najveća razlika u masi ploda između varijanata. Tako je kod SA LED varijante masa ploda iznosila 325 g u usporedbi sa značajno manjom ($p = 0,05$) masom ploda kod BEZ LED varijante u iznosu 309 g (Grafikon 3.). Prinos je, također, bio pod utjecajem LED osvjetljenja tijekom sve tri berbe. Prosječan prinos tijekom prve berbe od 1,49 kg/biljci kod SA LED varijante bio je značajno veći ($p = 0,05$) od utvrđenoga prinosa od 1,43 kg/biljci kod BEZ LED varijante. Isto kao kod mase ploda, najveći prinos te razlika između varijanata utvrđena je tijekom treće berbe. Naime, u toj je berbi prinos kod SA LED

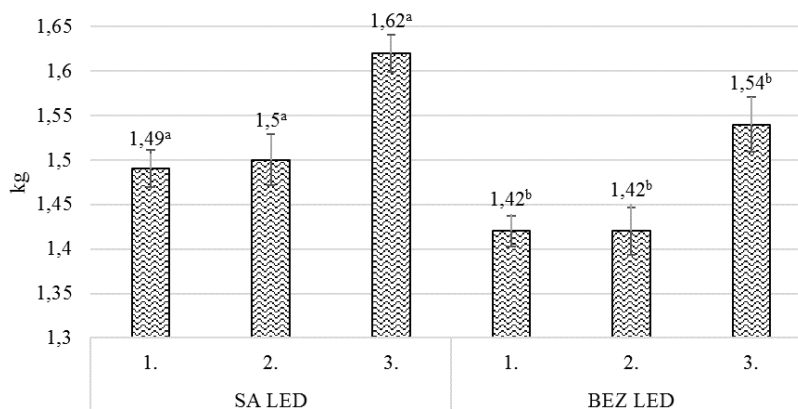
varijante iznosio prosječnih 1,63 kg/biljci u usporedbi sa značajno manjim ($p = 0,05$) prinostom kod BEZ LED varijante u iznosu od 1,54 kg/biljci (Grafikon 4.).

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. Slične rezultate dobili su 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 LED i HPS lampama. Također, Xiaoying i sur. (2012.) su u svom istraživanju utvrdili značajan utjecaj crvene i plave svjetlosti na cherry rajčicu primjenom LED lampi. U tom istraživanju utvrđeno je da se pod utjecajem takvog osvjetljenja značajno povećava svježja i suha masa presadnica te su presadnice istovremeno značajno niže. Ti se podatci slažu s rezultatima ovog istraživanja, gdje je utvrđeno da su biljke rajčice bile značajno niže kod primjene dodatnog osvjetljenja.



Grafikon 3. Utjecaj LED osvjetljenja na masu ploda rajčice tijekom tri berbe (1.-3.). Vrijednosti obilježene različitim slovima ^{a,b} značajno se razlikuju (LSD test; $p = 0,05$) između tretmana po svakoj od berbi

Figure 3. Influence of LED lighting on tomato fruit weight during three harvests. Values marked with different letters ^{a,b} significantly differ (LSD test; $p = 0,05$) between the treatments of each harvest



Grafikon 4. Utjecaj LED osvjetljenja na prinos ploda po biljci tijekom tri berbe (1.-3.). Vrijednosti obilježene različitim slovima ^{a,b} značajno se razlikuju (LSD test; $p = 0,05$) između tretmana po svakoj od berbi

Figure 4. Influence of LED lighting on tomato fruit weight per plant during three harvests. Values marked with different letters ^{a,b} significantly differ (LSD test; $p = 0,05$) between the treatments of each harvest

Nadalje, u istraživanju Muneer i sur. (2014.) utvrđeno je da LED diode plavoga 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 lisnatoga povrća (Yanagi i sur., 1996.). Plave diode ili korištene u kombinaciji s crvenim diodama utjecale su na povećan omjer klorofila A i B u biljkama kineskoga kupusa (Mizuno i sur., 2011.; Li i sur., 2012.). Također, plave diode utječu i na povećanje biomase salate, što je potvrđeno istraživanjem Johkan i sur. (2012.). Slično rezultatima dobivenim u ovom istraživanju, prethodno je utvrđeno da plava LED svjetlost (450, 455, 470 nm) ili HPS lampe značajno utječu na povećanje fotosintetskoga kapaciteta i biomase rajčice (Liu i sur., 2011.; Samouliene i sur., 2012.). Međutim, Hernandez i Kubota (2012.) utvrdili su da lampe s različitim omjerima plavih i crvenih dioda ne utječu značajno na morfološke pokazatelje rasta i razvoja rajčice do faze razvoja drugoga lista. Gómez i sur. (2013.) utvrdili su 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 ovog istraživanja, utvrđena je razlika u promjeru stabljike između biljaka sa i bez LED osvjetljenja u iznosu do 1,7 mm, iz čega se može zaključiti da dodatno osvjetljenje ima utjecaj na promjer stabljike, što je potvrđeno u istraživanjima Demers i sur. (1998.) i Dorais (2003.). Nadalje, visina stabljike je kod dodatno osvjetljenih biljaka bila manja za ukupno

29 cm, što potvrđuje činjenicu da biljke pri slabijem osvjetljenju produžuju internodije, odnosno izdužuju se (Dorais, 2003.). U Grafikonima 3. i 4. uočava se značajno povećanje mase ploda, tj. prinosa rajčice kod LED varijante, a slične rezultate dobili su Gajc-Wolska i sur. (2013.) u svom istraživanju, gdje je utvrđen značajno veći prinos i broj plodova kod rajčice koja je bila pod LED osvjetljenjem, u usporedbi s kontrolnom varijantom, koja nije dodatno osvjetljena. Dodatno LED osvjetljenje ne utječe samo na povećanje prinosa plodovitoga povrća, nego i na povećanje komercijalnoga prinosa lisnatoga povrća. Wojciechowska i sur. (2015.) utvrdili su značajno veći prinos matovilca koji je bio dodatno osvjetljen tijekom 60 dana s različitim kombinacijama LED dioda različitoga spektralnoga sastava. U njihovom istraživanju utvrđeno je da na povećanje prinosa, suhe tvari, topivih šećera, ukupnih fenola i antioksidativne aktivnosti najpovoljnije utječe dodatno osvjetljenje s LED lampama koje su bile opremljene plavim i crvenim diodama, što je u skladu s rezultatima dobivenim u ovom istraživanju.

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 u RH iznosi prosječno oko 1,22 kn/kWh. U Tablici 2. slijedi kratka ekonomska analiza upotrebe LED rasvjete u ovom istraživanju, iz koje je vidljivo da je primijenjena LED rasvjeta nedovoljno energetski učinkovita u proizvodnji biomase i prinosa na rajčici u hidroponskom uzgoju.

Tablica 2. Ekonomska analiza isplativosti upotrebe LED rasvjete

Table 2. Economic analysis of LED lighting usage

A	Trajanje osvjetljenja po danu (h) x broj dana osvjetljenja <i>Lighting duration per day (h) x number of days</i>	5 x 112 = 560
B	Cijena i utrošak električne energije (kn) <i>Price and consumption of electrical energy (kn)</i>	1,22*0,8 = 0,97
C	Ukupno utrošeno električne energije (AxB) (kn) <i>Total consumption of el. energy (AxB) (kn)</i>	543,2
D	Potrošnja električne energije po satu (kWh) <i>Consumption of el. energy per hour (kWh)</i>	0,8
E	Ukupan prinos BEZ LED (kg) <i>Total yield NO LED (kg)</i>	175,68
F	Ukupan prinos SA LED (kg) <i>Total yield WITH LED (kg)</i>	185,08
G	Povećanje prinosa (kg) (F-E) <i>Yield increase (kg) (F-E)</i>	9,4
H	Cijena rajčice (kn/kg) <i>Tomato price (kn/kg)</i>	11
I	Bruto dobit <i>Gross profit</i>	103,4
J	Neto dobit (I-C) <i>Net profit (I-C)</i>	-439,80 kn

ZAKLJUČAK

Rajčica je termofilna i fotofilna biljka te ima visoke potrebe za toplinom i svjetlošću. Primjena LED rasvjete u ovom istraživanju značajno je utjecala na morfološke pokazatelje rasta i razvoja stabljike te na prinos i masu ploda rajčice. Tijekom istraživanja utvrđeno je da primjena kombinirane LED rasvjete (plave i crvene diode u omjeru 3:1) značajno utječe na povećanje promjera stabljike te istovremeno ne dolazi do izduživanja vegetativnoga vrha. Prema tome, osvijetljene biljke imale su značajno kraću stabljiku širega promjera, što je pokazatelj uravnoteženoga rasta i razvoja. Prinos i masa ploda bili su pod značajnim utjecajem dodatnoga LED osvjetljenja te je ostvaren značajno veći prinos kod osvijetljenih biljaka, kao i masa ploda u odnosu na biljke uzgajane bez dodatnog osvjetljenja. Ekonomskom analizom utvrđeno je 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 samo u proizvodnji presadnica povrćarskih kultura, jer njihova primjena utječe na uravnotežen rast i razvoj istih, što je preduvjet buduće uspješne proizvodnje.

ZAHVALA

Zahvaljujemo se gospodinu Draganu Cerovcu iz tvrtke Elektronik Cerovac e.K. iz Brettene, Njemačka, na donaciji LED lampi koje su korištene tijekom ovoga istraživanja.

LITERATURA

- Basoccu, L., Nicola, S. (1995): Supplementary Light and Pretransplant Nitrogen Effects on Tomato Seedling Growth and Yield. *Acta Horticulturae*, 396: 313-320. doi: <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.1995.396.37>
- Brazaitytė, 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.
- Demers, D.A., Dorais, M., Wien, C.H., Gosselin, A. (1998): Effect of supplemental light duration on greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plants and fruit yields. *Scientia Horticulturae*, 74(4): 295-306. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-4238\(98\)00097-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00097-1)
- Dorais, M. (2003): The use of supplemental lighting for vegetable crop production: light intensity, crop response, nutrition, crop management, cultural practices. Proceedings of Canadian Greenhouse Conference, Niagara Falls, Ontario, Canada, 1-8.
- Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske (DZS) (2015.): Biljna proizvodnja u 2014. godini. Priopćenje 1.1.14.
- 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.
- 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. doi: <http://dx.doi.org/10.2478/fhort-2013-0017>
- 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.
- Guberac, S., Petrović, S., Guberac, V., Marić, S. (2015.): Molekularni markeri u oplemenjivanju rajčice. *Poljoprivreda/Agriculture*, 21(2): 55-60. doi: <http://dx.doi.org/10.18047/poljo.21.2.9>
- 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. doi: <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.956.19>
- 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. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.08.010>
- 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. doi: <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v4n4p262>
- Liu, X.Y., Chang, T.T., Guo, S.R., Xu, Z.G., Li, J. (2011): Effect of Different Light Quality of LED on Growth and Photosynthetic Character in Cherry Tomato Seedling. *Acta Horticulturae*, 907: 325-330. doi: <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.907.53>
- 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. doi: <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.907.25>
- 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. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/ijms15034657>
- Samouliene, G., Brazaitytė, A., Duchovskis, P., Viršilė, A., Jankauskienė, J., Sirtautas, R., Novičkovas, A., Sakalauskiene, S. and Sakalauskaite, J. (2012): Cultivation of vegetable transplants using solid-state lamps for the short-wavelength supplementary lighting in greenhouses. *Acta Horticulturae*, 952: 885-892. doi: <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.952.112>
- Stutte, G.W., Edney, S., Skeritt, T. (2009): Photoregulation of bioprotectant content of red leaves lettuce with light-emitting diodes. *HortScience*, 94: 79-92.

18. 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.
doi: <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.956.17>
19. Wojciechowska, R., Dlugosz-Grochowska, O., Kolton, A., Żupnik, M. (2015): Effects of LED supplemental lighting on yield and some quality parameters of lamb's lettuce grown in two winter cycles. *Scientia Horticulturae*, 187: 80-86.
doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.03.006>
20. 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.
doi: <http://dx.doi.org/10.5897/AJB11.1191>
21. 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. *Acta Horticulturae*, 440: 117-122.
doi: <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.1996.440.21>

INFLUENCE OF LED LIGHTING ON YIELD AND GROWTH PARAMETERS OF TOMATO

SUMMARY

The aim of this investigation was to determine the influence of additional LED (Light Emitting Diode) lighting on stem diameter and height as well as yield and fruit weight of tomato grown hydroponically in coco peat. The trial was conducted in a greenhouse using hydroponic technology production in cocoa peat. LED lamps equipped with blue and red diodes were placed above rows. Plants received additional light averagely 5 hours per day during 112 days until the third harvest was finished. Additional LED lighting significantly influence tomato by increasing the yield, fruit weight and stem diameter. In addition, plants treated with LED lighting had significantly shorter stem, indicating balanced growth and development. However, economic analysis showed that, even being low energy consumers, LED lamps used in this investigation are not efficient enough in energy considering realized yield and net profit. Therefore, LED lamps usage is recommended only during tomato transplants and similar species production.

Key-words: tomato, yield, LED lighting, economic analysis

(Primljeno 11. travnja 2016.; prihvaćeno 19. svibnja 2015. - Received on 11 April 2016; accepted on 19 May 2016)