

# Utjecaj LED osvjetljenja na klijavost salate

---

Jurčević, Josipa

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 Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:296275>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-04**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Josipa Jurčević, absolvent

Diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer: Biljna proizvodnja

**UTJECAJ LED OSVJETLJENJA NA KLIJAVOST SALATE**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2015.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Josipa Jurčević, absolvent  
Diplomski studij Bilinogojstvo  
Smjer: Biljna proizvodnja

**UTJECAJ LED OSVJETLJENJA NA KLIJAVOST SALATE**  
**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

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

**Osijek, 2015.**

## SADRŽAJ

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD .....   | 1  |
| 1.1. Proizvodnja salate u Hrvatskoj i svijetu.....                | 2  |
| 1.2. Biološke osobine salate.....                                 | 3  |
| 1.3. Sorte salate .....   | 4  |
| 1.3.1. Sorte salate u tipu maslenke ili puterice .....            | 4  |
| 1.3.2. Sorte salate u tipu kristalke .....                        | 6  |
| 1.3.3. Sorte salate u tipu polukristalki .....                    | 7  |
| 1.4. Hranidbena i nutritivna vrijednost salate .....              | 8  |
| 1.5. Agroekološki uvjeti za proizvodnju salate .....              | 10 |
| 1.5.1. Temperatura.....   | 10 |
| 1.5.2. Voda.....  | 10 |
| 1.5.3. Tlo.....   | 10 |
| 1.6. Agrotehnika u proizvodnji salate .....                       | 11 |
| 1.6.1. Obrada tla i gnojidba.....                                 | 11 |
| 1.6.2. Sjetva presadnica .....                                    | 12 |
| 1.6.3. Uzgoj salate u polju .....                                 | 12 |
| 1.6.4. Kontejnerski uzgoj presadnica u zaštićenim prostorima..... | 13 |
| 1.6.5. Mikroklimatski uvjeti pri uzgoju presadnica.....           | 13 |
| 1.6.6. Berba i prinosi salate.....                                | 14 |
| 1.6.7. Pakiranje i skladištenje salate .....                      | 14 |
| 2. PREGLED LITERATURE .....                                       | 15 |
| 2.1. Cilj istraživanja.....                                       | 17 |
| 3. MATERIJALI I METODE .....                                      | 18 |
| 4. REZULTATI .....  | 21 |
| 5. RASPRAVA.....  | 26 |
| 6. ZAKLJUČAK.....   | 29 |
| 7. POPIS LITERATURE .....   | 30 |
| 8. SAŽETAK.....   | 34 |
| 9. SUMMARY .....  | 35 |
| 10. POPIS TABLICA .....   | 36 |
| 11. POPIS SLIKA .....   | 37 |
| 12. POPIS GRAFIKONA .....   | 38 |
| TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA.....                             | 39 |
| BASIC DOCUMENTATION CARD .....                                    | 40 |

## 1. UVOD

Salata (*Lactuca sativa* L.) pripada porodici glavočika (*Asteraceae*). Vrlo je rasprostranjena vrsta lisnatog povrća. Podrijetlo salate nije poznato, ali se smatra da salata potječe iz zapadne Azije, Istočne Afrike i Egipta, gdje se uzgajala i prije 2500 godina. Divlji oblik salate nije poznat i smatra se da je kulturna forma nastala mutacijom iz divlje vrste *Lactuca serriola* Torner (Slika 1.). Prema pisanim izvorima već 500 godina prije nove ere koristi se kao namirnica. Iz Egipta se salata dalje proširuje na Grčku, zatim na Rimsko Carstvo, a preko njega na srednju Europu gdje se počela uzgajati već u 8. stoljeću. Salata glavatica je opisana prvi put u 16. stoljeću, a uzgajala se u samostanskim vrtovima. Dok je kristalka opisana nešto kasnije u 19. stoljeću. U drevnom Egiptu pripisivali su joj afrodisijajčka svojstva. Grčki liječnik Hipokrat (460. – 377. godine pr. Kr.) preporučivao je zelenu salatu kao lijek. Stari Perzijanci znali su da salata utječe na dobar san, a to je, na samom sebi, potvrdio i rimski liječnik Galen (Matotan, 2004; Parađiković, 2009.).

Salata je prva kultura koja je uzgajana u improviziranim zaštićenim uvjetima. Glavičasta salata sadrži prosječno 94 % vode, 2 % šećera, 0,6 % sirove celuloze, 0,6 % mineralnih tvari i 1,2 % sirovih proteina. Salata je bogata vitaminom C, B1, B2, karotinom i dr. Od mineralnih tvari bogata je solima kalija, željeza i fosfora. U vanjskom lišću nalazi se oko trideset puta više vitamina A i tri puta više vitamina C nego u unutrašnjem lišću glavice (Parađiković, 2009.).



**Slika 1.** Divlji izvornik salate *Lactuca serriola* Torner  
(Izvor: [https://en.wikipedia.org/wiki/Lactuca\\_serriola](https://en.wikipedia.org/wiki/Lactuca_serriola))

## 1.1. Proizvodnja salate u Hrvatskoj i svijetu

Salata se u svijetu uzgaja na oko 800.000 ha, a na toj se površini proizvede oko 17,5 milijuna tona uz prosječan prinos od oko 22 t/ha. Najveći svjetski proizvođači salate su Kina, SAD i Indija. U Europi se salata najviše proizvodi u Italiji, Španjolskoj i Francuskoj.

Prema podacima statističkog ljetopisa od 2005.-2013. godine najveća ukupna proizvodnja salate (Tablica 1.) u Hrvatskoj ostvarena je 2007. godine kada je proizvedeno 13117 tona salate, a najmanja proizvodnja u 2012. godini kada je proizvedeno 5217 tona.

**Tablica 1.** Ukupna proizvodnja salate u Hrvatskoj (statistički ljetopis 2014.)

| Godina     | 2005. | 2006. | 2007. | 2008. | 2009. | 2010. | 2011. | 2012. | 2013. |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ukupno (t) | 7089  | 8167  | 13117 | 7640  | 7854  | 8252  | 9115  | 5217  | 5974  |

Proizvodnja salate u povrtnjacima (Tablica 2.) je nešto drugačija i najveća je proizvodnja zabilježena 2007. godine kada je proizvedeno 6581 tona, dok je najmanja proizvodnja zabilježena 2013. kada je proizvedeno samo 2001 tona.

**Tablica 2.** Proizvodnja salate u povrtnjacima (statistički ljetopis 2014.)

| Godina     | 2005. | 2006. | 2007. | 2008. | 2009. | 2010. | 2011. | 2012. | 2013. |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ukupno (t) | 4429  | 4307  | 6581  | 4404  | 4462  | 4505  | 4233  | 2017  | 2001  |

U Hrvatskoj površine pod salatama za proizvodnju za tržište (Tablica 3.) variraju kroz godine, a najveće površine su bile zasnovane 2007. godine kada se salata uzgajala na 428 ha, a najmanje površine 2005. godine kada je ta površina iznosila samo 161 ha.

**Tablica 3.** Proizvodnja salate za tržište prema površini u ha (statistički ljetopis 2014.)

| Godina   | 2005. | 2006. | 2007. | 2008. | 2009. | 2010. | 2011. | 2012. | 2013. |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Površina | 161   | 184   | 428   | 170   | 229   | 193   | 270   | 143   | 199   |

Kod proizvodnje za tržište (Tablica 4.), najveća je proizvodnja ostvarena u 2007. godini kada je proizvedeno 6536 tona, a najmanje u 2005. godini kada je proizvedeno 2669 tona.

**Tablica 4.** Proizvodnja salate za tržište (statistički ljetopis 2014.)

| Godina     | 2005. | 2006. | 2007. | 2008. | 2009. | 2010. | 2011. | 2012. | 2013. |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ukupno (t) | 2669  | 3860  | 6536  | 3236  | 3392  | 3747  | 4882  | 3200  | 3973  |

Prirodi salate (Tablica 5.) variraju po godinama i kreću se od 14,8 t/ha koji je i najmanji prirod u promatranom periodu i ostvaren je 2009. godine, a najveći prinos je iznosio 22,4 t/ha, a ostvaren je 2012. godine.

**Tablica 5.** Prirodi salate (statistički ljetopis 2014.)

| Godina        | 2005. | 2006. | 2007. | 2008. | 2009. | 2010. | 2011. | 2012. | 2013. |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Prirod (t/ha) | 16,6  | 21,0  | 15,3  | 19,0  | 14,8  | 19,4  | 18,1  | 22,4  | 20,0  |

## 1.2. Biološke osobine salate

Salata je jednogodišnja povrtna kultura. Glavni korijen joj je razgranat, vretenast i mesnat, a veći dio korijena nalazi se u površinskom sloju od 35 cm dubine. U promjeru odgovara promjeru rozete s listovima.

Stabljika se sastoji od nodija i internodija. U vegetativnoj fazi stabljika je kratka, a u generativnoj može dosegnuti i do 1,5 m visine. Na početku vegetativne faze lišće tvori rozetu, a prema obliku i strukturi razvilo se više tipova:

- Salata glavatica (*L. sativa* var. *capitata*)
- Lisnata salata (*L. sativa* var. *crispa*)
- Salata romana (*L. sativa* var. *romana*)
- Salata stablašica (*L. sativa* var. *angustana*)
- Dugolisna salata (*L. sativa* var. *longifolia*)

Listovi su sjedeći i zbog kratkih internodija stabljike i aktivnog centralnog pupa koji kontinuirano producira novo lišće koje kod najčešće uzgajanih formi čine glavicu. Vanjsko lišće rozete je položenije i tamnije, dok je lišće glavice uspravnije i svjetlije boje.

Cvijet je skupljen u cvat koja se naziva glavica, a obavijena je pricvjetnim listovima. Cvjetovi su izvana obavijeni sterilnim ovojem, koje se sastoji od ljusaka. U svakom se cvatu nalazi oko 15 dvospolnih jezičastih žutih cvjetova koji su samooplodni, ali je moguća i stranooplodnja kukcima.

Jednosjemeni plod je roška. Sjeme je sive, smeđe ili crne boje, dužine 3 – 4 mm i širine 0,3 – 0,5 mm. Masa 1000 sjemenki je 1,0 – 1,5 g, a u jednom gramu ima 800 – 1000 sjemenki. Sjeme može zadržati klijavost i do 4 godine ako se pravilno čuva (Lešić i sur., 2002; Parađiković, 2009.).

### **1.3.Sorte salate**

Najveći ekonomski značaj u proizvodnji imaju salate koje formiraju glavice, dok su tipovi lisnatih sorata malo zastupljeni. Salate koje formiraju glavicu, s obzirom na strukturu lišća mogu biti u tipu:

- Maslenki ili puterica
- Kristalki
- Polukristalki

Sorte salate koje pripadaju tipu maslenki imaju lišće glatke površine, nježne strukture i cjelovitog ruba. Glavice maslenki su svjetlije zelene boje i prekrivene su ovojnim listovima. One se uzgajaju uglavnom tijekom proljeća i jeseni na otvorenom, a tijekom zime u zaštićenom prostoru. Otporna je na bolesti, prvenstveno plamenjaču. Kod sorata namijenjenih za proljetni uzgoj posebno je cijenjeno svojstvo sporog razvoja cvjetne stabljike, a kod onih za uzgoj u zaštićenim prostorima sposobnost formiranja glavica u uvjetima kraćeg trajanja i slabijeg intenziteta svjetla.

Sorte salate koje su tipa kristalki imaju bolje razvijenu lisnu rozetu naboranog lišća. Listovi su im krhkiji s nazubljenim rubom i najčešće mjehuraste površine. Boje su od tamnozeleno, srednje zelene do žutozelene. Glavica je okrugla ili ovalna, više ili manje zbijena. Kristalki se uzgajaju uglavnom tijekom kasnoproletnog, ljetnog i rano jesenskog perioda na otvorenom. Imaju veći prag tolerancije prema visokim temperaturama u odnosu na maslenke (Matotan, 2004.).

Sorte u tipu polukristalki su po morfološkim karakteristikama sličnije kristalkama. Kod njih su glavice rahlije, lisna rozeta manja, a listovi mjehurasti i manje nazubljeni.

#### ***1.3.1. Sorte salate u tipu maslenke ili puterice***

EXPRESSE - vrlo rana sorta tipa maslenke, žutozelenih listova prošireno okruglog oblika, glatke površine i cjelovitog ruba (Slika 2.). Listovi su bez izraženog sjaja i pigmenta. Poluuspravnog su položaja u rozeti. Glavica je zbijena i manje od polovice prekrivena ovojnim listovima. Sjeme je bijele boje. Namijenjena je za ranoproletni uzgoj na otvorenom. Na sortnu je listu upisana 2000. godine (Matotan, 2004.).





**Slika 2.** Sorta salate EXPRESSE

(Izvor : <http://www.povrce.com/?P=win&IDSORTE=10446&IDP=029>)

TATIANA - rana sorta tipa maslenke, zbijenih glavica, svijetlozelenih prošireno okruglih listova mjehuraste površine i cjelovitog ruba (Slika 3.). Lisna rozeta je vrlo bujna s ovojnim listovima koji prekrivaju više od polovice glavice. Glavice su izuzetno krupne i čvrste. Namijenjena je za proljetnu i jesensku proizvodnju na otvorenom. Dobro podnosi niske temperature. Na sortnu je listu upisana 1997. godine (Matotan, 2004.).



**Slika 3.** Sorta salate TATIANA

(Izvor : <http://www.povrce.com/?P=win&IDSORTE=10447&IDP=029>)

LIBUSA - srednje kasna sorta tipa maslenke. Listovi su prošireno okruglog oblika, glatke površine i cjelovitog ruba. Srednje zelene su boje, bez izraženog sjaja i pigmenta (Slika 4.). Glavice su krupne, zbijene i više od polovice prekrivene ovojnim listovima. Namijenjena je za ljetnu proizvodnju na otvorenom. Na sortnu je listu upisana 1995. godine (Matotan, 2004.).



**Slika 4.** Sorta salate LIBUSA

(Izvor : <http://www.povrce.com/?P=win&IDSORTE=10447&IDP=029>)

### ***1.3.2. Sorte salate u tipu kristalke***

SANTIS - vrlo rana sorta u tipu kristalki, osrednje bujne lisne rozete. Listovi su mjehuraste površine i nazubljenog ruba. Otvoreno zelene su boje. Glavice su krupne, zbijene i ujednačene te dobro obavijene ovojnim listovima (Slika 5.). Namijenjena je za proljetni uzgoj na otvorenom. Na sortnu je listu upisana 1995. godine (Matotan, 2004.).



**Slika 5.** Sorta salate SANTIS

(Izvor :

<http://www.povrce.com/?IDP=029&P=pro&GRUPA=tp&PODGRUPA=vrem&L=H>)

CRISPINO - rana sorte u tipu kristalki, blago naboranih zelenih listova , glatke površine i nazubljenih valovitih rubova (Slika 6.). Lisna rozeta je osrednje veličine, a glavice su krupne i čvrste. Okruglog su oblika s malo ovojnih listova što olakšava berbu. Namijenjena je za uzgoj na otvorenom tijekom ljeta i rane jeseni. Na sortnu je listu upisana 1995. godine.



**Slika 6.** Sorta salate CRISPINO

(Izvor : <http://www.matenhjem.no/produkt/fruktgronnsaker/gronnsaker/crispi-salat-150-gr>)

MASAJDA - srednje rana sorta u tipu kristalki, žutozelenih listova nazubljenog ruba, sjajne mjehuraste površine. Lisna rozeta je osrednje veličine s listovima poluuspravnog položaja. Glavice su zbijene i čvrste (Slika 7.). Namijenjena je za uzgoj tijekom cijele godine. Na sortnu je listu upisana 1997. godine (Matotan, 2004.).



**Slika 7.** Sorta salate MASAJDA

(Izvor:

[http://www3.syngenta.com/country/hr/cr/Syngentin\\_program/Sjemenski\\_program/Hibridi\\_sjemena\\_povrca/Kupusnjace\\_i\\_lisnato\\_povrce/Pages/Masajda.aspx](http://www3.syngenta.com/country/hr/cr/Syngentin_program/Sjemenski_program/Hibridi_sjemena_povrca/Kupusnjace_i_lisnato_povrce/Pages/Masajda.aspx))

### ***1.3.3. Sorte salate u tipu polukristalki***

FLOREAL - srednje rana sorta u tipu polukristalki. Odlikuje se osrednje velikim glavicama i osrednje bujnom lisnom rozetom (Slika 8.). Listovi su mjehuraste, sjajne površine i nazubljenog ruba. Srednje zelene su boje. Namijenjena je za uzgoj na otvorenom tijekom proljeća i ranog ljeta. Na sortnu je listu upisana 1999. godine (Matotan, 2004.).



**Slika 8.** Sorta salate FLOREAL

(Izvor : <http://www.povrce.com/?P=win&IDSORTE=10458&IDP=029>)

VANITY - srednje kasna sorta u tipu polukristalki, žutozelenih naboranih do blago mjehurastih listova nazubljenog ruba. Lisna je rozeta osrednje bujnosti (Slika 9.). Namijenjena je za uzgoj na otvorenom u kasnoproletnom, ljetnom i ranojesenskom periodu. Na sortnu je listu upisana 1995. godine (Matotan, 2004.).



**Slika 9.** Sorta salate VANITY

(Izvor : <http://www.povrce.com/?P=win&IDSORTE=10459&IDP=029>)

#### **1.4. Hranidbena i nutritivna vrijednost salate**

Salata se u prehrani najviše koristi u svježem stanju, a tako se najbolje iskorištava njezina hranidbena vrijednost. Najčešće se koristi kao prilog gdje se začini octom i uljem ili nekim drugim preljevom na bazi majoneze sa začinima, vrhnjem i sl. U svijetu se servira na različite načine: prije glavnog jela u Americi, uz glavno jelo kod nas ili kao u Francuskoj poslije glavnog jela. Ako se jede kao predjelo, otvara apetit i pospješuju probavu. Salatu je najbolje pripremati kada je svježije ubrana iz vrta, a pere se pod tekućom vodom. Zeleni listovi salate bogatiji su vitaminima od listova unutar glavice dok lisne žile imaju više kalijeva i natrijeva

citrata i vlakana. Po kemijskom sastavu (Tablica 6.) ima znatno veći sadržaj vode u odnosu na druge povrtnarske kulture. Sadržaj vode kreće se od 91 – 95% (Tablica 6.). Salata sadrži oko 48 mg/100 g limunske kiseline i 65 mg/100 g jabučne kiseline koji joj daju prijatan okus. Gorak okus koji salata daje dolazi od laktopikrina, laktucinske kiseline, laktocerola i neolaktucina (Parađiković 2009). Sadrži još vitamine B skupine, vitamine C i E, folnu kiselinu i karoten (Tablica 7.). Od minerala najzastupljeniji su kalij, kalcij i fosfor (Tablica 8.).

Salata je naročito korisna za rad srca i bubrega, a pomoću nje se snižava krvni tlak. Pomaže kod prenapetih živaca, smiruje kašalj, pomaže kod astme, nesanicice i pospješuje probavu. Pozitivno utječe na srčane i bubrežne bolesti i preporučuje se šećernim bolesnicima.

**Tablica 6.** Kemijski sastav salate (Lešić i sur. 2002.)

|                     |             |
|---------------------|-------------|
| Voda                | 91,2 - 95,9 |
| Sirove bjelančevine | 0,8 – 2,25  |
| Sirove masti        | 0,1 – 0,4   |
| Ugljikohidrati      | 0,1 – 2,9   |
| Od toga šećeri      | 0,1         |
| Vlakna              | 0, 54 – 1,5 |
| Minerali            | 0,43 – 1,4  |

**Tablica 7.** Količina vitamina u mg/100 g svježe tvari (Lešić i sur. 2002.)

|                        |               |
|------------------------|---------------|
| Karoten                | 0,16 – 1,6    |
| Vitamin E              | 0,5           |
| Vitamin B <sub>1</sub> | 0,04 – 0,09   |
| Vitamin B <sub>2</sub> | 0,08 – 0,25   |
| Vitamin B <sub>3</sub> | 0,2 – 0,5     |
| Vitamin B <sub>6</sub> | 0,036 – 0,075 |
| Folna kiselina         | 0,004 – 0,054 |
| Vitamin C              | 6 – 55        |

**Tablica 8.** Najzastupljeniji minerali u mg/100 g svježe tvari (Lešić i sur. 2002.)

|          |           |
|----------|-----------|
| Natrij   | 5 – 20    |
| Kalij    | 133 – 530 |
| Magnezij | 7,2 – 23  |
| Kalcij   | 13 – 60   |
| Fosfor   | 21 – 68   |
| Željezo  | 0,3 - 6,2 |
| Sumpor   | 15        |

## **1.5. Agroekološki uvjeti za proizvodnju salate**

### **1.5.1. Temperatura**

Salata je kultura koja se rijetko sije direktnom sjetvom u tlo jer kod uzgoja zahtjeva primjenu naturalnog sjemena koje može imati dobru klijavost, ali često sjeme strada zbog nepovoljnih agroekoloških uvjeta. Stoga se salata pretežno uzgaja iz presadnica. Biljka je blage klime. Najpogodnije vrijeme uzgoja na otvorenom je proljeće i jesen, kada temperatura nije visoka. Sjeme salate niče na temperaturi 15-20 °C i tada sjeme iznikne za 2-4 dana. Minimalna temperatura za klijanje sjemena je od 2-5 °C. Za otprilike 45-55 dana (što ovisi o sorti) salata dostiže svoj maksimum rasta. Kod temperature više od 20 °C, ako je suho tlo i zrak, nepovoljno će se odraziti na količinu i kakvoću prinosa. Mlada biljka salate može podnijeti temperature do -5°C, a biljke s dobro razvijenim korijenom i 5-7 listova mogu podnijeti kontinentalnu zimu (Lešić i sur., 2002; Parađiković, 2009.).

### **1.5.2. Voda**

Za salatu je potrebno rahlo humusno tlo koje dobro zadržava vlagu. Tijekom uzgoja salate, biljke trebaju dovoljno vlage, što znači do zatvaranja sklopa, a to je početak glavičanja. Potrebno je 15 L vode/m<sup>2</sup> dva puta tjedno ako nije intenzivno sunčani period. Zalijevanje treba primijeniti kada nisu jako oblačni dani (Lešić i sur., 2002; Parađiković, 2009.).

### **1.5.3. Tlo**

Salata najbolje uspijeva na plodnom i rastresitom tlu koje je bogato organskim tvarima. Staklenička zemljišta uglavnom su pripremljena tako da se na njima salata veoma uspješno

uzgaja i razvija. Treba imati na umu da je ova biljka veoma osjetljiva na visoku koncentraciju soli u tlu. Optimalne vrijednosti pH tla za salatu su 6,0-6,5-7.

## **1.6. Agrotehnika u proizvodnji salate**

Prije početka uzgoja i pripreme tla za sadnju, potrebna je kemijska analiza tla. Na osnovu analize obavlja se preporuka za gnojidbu. Salata je biljka dugog dana, stoga su zahtjevi prema svjetlosti veliki. Za uzgoj povrća najbolja su srednje teška tla dobrih vodozračnih odnosa. Nagib terena ne bi trebao biti veći od 3 %, kako bi navodnjavanje moglo učinkovito djelovati. U Hrvatskoj, najbolja kvaliteta salate se postiže u brdsko planinskom području, u Lici i Gorskom kotaru, gdje su ljetne temperature niže nego u ostalim predjelima. Kako bi ostvarili planirani prinos salate, potrebno ju je uzgajati u plodoredu. Najbolji su predusjevi povrtne kulture koje su obilno gnojene stajskim gnojem kao što su rajčica, paprika ili krastavci, a od ratarskih kultura strne žitarice i zrnate mahunarke. Povrtne kulture iste botaničke porodice, kao što su endivija ili radič potrebno je izbjegavati kao predkulture.

### **1.6.1. Obrada tla i gnojidba**

Gnojidba poljoprivrednim usjevima osigurava ishranu biogenim elementima, kojih u tlu nema dovoljno za postizanje visokih i stabilnih priroda. Stoga je gnojidba najvažnija agrotehnička mjera koja povećava produktivnost tla. Kako bi gnojidba salate bila pravilna, potrebno je znati koliko se s jedinice površine iznese osnovnih hraniva (Tablica 9.). Ovisno o vremenu proizvodnje dodaju se različite količine hraniva (Tablica 10.). Za jesensku proizvodnju te za uzgoj zimskih sorata potrebno je tlo, nakon skidanja predkulture, prvo plitko preorati pred sadnju. Na osrednje plodnom tlu treba pognojiti sa 600 kg/ha NPK gnojiva 8:26:26 i tlo izorati na dubinu 25-30 cm te sjetveni sloj fino pripremiti sjetvospremačem. Za uzgoj ljetnih sorata koje se u rano proljeće presađuju potrebno je u jesen pognojiti sa stajskim gnojem u količini od 30 t/ha koji se zaore na 30 cm. Neposredno pred predsjetvenu pripremu tlo se pognoji s 500 kg/ha NPK 8:26:26. Prihrana se obavlja u proljeće kada počne vegetacija s oko 150 kg/ha KAN-a. Istom količinom prihranjuje se na početku uvijanja glavica pazeći da granule gnojiva ne padnu na lišće jer mogu izazvati ožegotine (Lešić i sur., 2002; Parađiković, 2009.).

**Tablica 9.** Iznošenje hraniva prinosom salate (Haifa)

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| N                             | 42 kg/ha  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 27 kg/ha  |
| K <sub>2</sub> O              | 126 kg/ha |
| CaO                           | 33 kg/ha  |
| MgO                           | 9 kg/ha   |

**Tablica 10.** Količina mineralnog gnojiva potrebna za gnojidbu salate (Haifa)

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| N                             | 60 kg/ha  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 122 kg/ha |
| K <sub>2</sub> O              | 179 kg/ha |
| CaO                           | 19 kg/ha  |
| MgO                           | 13 kg/ha  |

### ***1.6.2. Sjetva presadnica***

Salata se uzgaja iz presadnica. Za ranu ljetnu proizvodnju presadnice se proizvode u zaštićenim prostorima: kljalištima, tunelima, plastenicima ili staklenicima, a za kasnu ljetnu i zimsku proizvodnju presadnice se uzgajaju na gredicama. Sjetva se obavlja 4-5 tjedana prije presađivanja, a to je za rane ljetne sorte u kontinentalnom području tijekom veljače i ožujka, a za kasne ljetne sorte tijekom travnja i svibnja. Sjetva za zimske sorte obavlja se krajem kolovoza i početkom rujna, dok se u mediteranskim područjima zimske sorte siju od sredine rujna do početka listopada. Za proizvodnju presadnica, sjetva se obavlja u redove razmaka 3-4 cm a na dubinu 0,5-1 cm. Za proizvodnju 500-700 presadnica koristi se 1,0-1,5 g sjemena. Najkvalitetnije se presadnice dobivaju uzgojem u kontejnerima ili prešanim tresnim blokovima u kojima je znatno veća ujednačenost biljaka zbog pravilnog rasporeda. Presađivanje sa supstratom na korijenu omogućuje bolje primanje u polju i kada uvjeti za presađivanje nisu najpovoljniji (Lešić i sur., 2002; Parađiković, 2009.).

### ***1.6.3. Uzgoj salate u polju***

Za sjetvu ili sadnju salate na otvorenom bitno je da površinski sloj bude fine mrvičaste strukture. Salata se u polje presađuje najčešće u pripremljene gredice širine 100-120 cm sadnjom po četiri reda razmaka 25-30 cm. Razmak presađenih biljaka u redu je 20-30 cm što ovisi o bujnosti biljaka i veličini rozete. Presađivanje ranih ljetnih sorata obavlja se



tijekom travnja, a kasnih ljetnih sorata krajem rujna i tijekom listopada na razmak u redu 15-20 cm. Presađivanje je najbolje obavljati predvečer kada je tlo vlažno, a biljke se sade na istu dubinu na kojoj su i rasle. Presadnice koje imaju goli korijen, presađuju se kada imaju 5-6 razvijenih listova, a one koje se presađuju sa supstratom, kada imaju 4 razvijena lista. Nakon presađivanja potrebno je izvršiti natapanje posebno kod presadnica golog korijena zbog boljeg i lakšeg ukorjenjivanja. Salata se može uzgajati i na tlu koje je prekriveno folijom. Za rani proljetni uzgoj koristi se crna folija kako bi se potaknuo rast i razvoj, dok se za ljetni uzgoj koristi bijela folija koja reflektiranjem svjetla smanjuje temperaturu tla i time osigurava povoljne uvjete za razvoj salate. U proizvodnji salate može se primjenjivati i izravna sjetva koja se obavlja preciznim sijačicama za povrće na razmak 35-45 cm između redova i na dubinu 1,5-2 cm. Za zimske salate, sjetva se obavlja tijekom rujna s 1,0-1,5 kg sjemena po hektaru, dok se ljetna salata sije krajem ožujka ili početkom travnja s 0,8-1,2 kg/ha. Za sjetvu se koristi pilirano sjeme jer ima veću klijavost i moguće je ostvariti bolji sklop nego s naturalnim sjemenom (Matotan, 2004.).

#### ***1.6.4. Kontejnerski uzgoj presadnica u zaštićenim prostorima***

Uzgoj salate iz presadnica ima prednost pred izravnom sjetvom jer se na taj način omogućava planiranje slijeda berbi, a i samo razdoblje berbe se produžuje. Presadnice se uzgajaju u zaštićenim prostorima. Uzgajaju se presadnice golog korijena ili one s grudom supstrata. Prednost se dakako daje presadnicama s grudom supstrata. Presadnice uzgojene u kontejnerima imaju potpuno pravilan i jednak vegetacijski prostor što omogućuje ujednačen porast biljaka i visoku ujednačenost presadnica. Za uzgoj presadnica koriste se gotovi supstrati dobrih vodozračnih odnosa, visoke vododržnosti i sadržaja hranjivih tvari u pravilu dostatnih za potpun razvoj presadnica. Supstrati za uzgoj presadnica su sterilizirani i ne sadrže uzročnike bolesti, štetnike i klijavne sjemenke korova kojih zasigurno ima u svakom tlu. Za uzgoj presadnica koriste se kontejneri od polistirena ili plastike. Presadnice uzgojene u kontejnerima dopijevaju ranije za berbu i u pravilu daju veće prinose u odnosu na presadnice golog korijena uzgojene na gredicama (Lešić i sur., 2002; Parađiković, 2009.).

#### ***1.6.5. Mikroklimatski uvjeti pri uzgoju presadnica***

Temperatura zraka u plastenicima se do nicanja održava na 20°C (u razdoblju od 3-5 dana). Nakon nicanja temperatura se smanjuje na 10-15°C. U ljetnom periodu kad su temperature visoke, kontejneri se do nicanja drže u hladnijim prostorijama (oko 15 °C) kako bi se izbjegla termodormantnost sjemena. Ako temperature nisu previsoke, dovoljno je

kontejnere samo natopiti hladnijom vodom, a nakon sjetve pokriti ih stiroporom do nicanja te ih držati na sjevernoj strani objekta. Ako za to postoji mogućnost, posijani kontejneri se do nicanja drže u hladnjači na temperaturi od 3-5°C (2-3 dana). Kvalitetno razvijena presadnica spremna za sadnju teži oko 2 g te ima 4 potpuno razvijena lista a takva će se presadnica razviti u razdoblju od 3-5 tjedana ovisno o vremenu uzgoja tj. o temperaturi, intenzitetu svjetla i dužini dana (Lešić i sur., 2002; Parađiković, 2009.).

#### ***1.6.6. Berba i prinosi salate***

Salata se bere jednokratno, kada glavica postigne odgovarajuću veličinu i čvrstoću, te još nije počela razvijati cvjetnu stabljiku. Bere se rezanjem nožem ispod površine tla, s 3 do 4 lista rozete. Salata se bere u 2-3 navrata. Osim ručne berbe, može se brati i mehanizirano kada se salata uzgaja na foliji. Prinosi salate na otvorenom mogu biti od 30-40 t/ha, a u zaštićenim prostorima i do 48 t/ha.

#### ***1.6.7. Pakiranje i skladištenje salate***

Salata se za tržište pakira u letvarice ili u kartonske kutije. Slaže se u jedan ili dva reda tako da se vrhovi glavica dodiruju. Na presjeku stabljike se pojavljuje mlijeko koje oksidira i postane smeđe, pa taj dio stabljike ne smije doći u dodir s drugom salatom. Glavice kristalki bez ovojnih listova mogu se pakirati u perforiranim polietilenskim folijama koje im produžuju svježinu. Bez hlađenja salata je kratkog roka svježine, a u hladnjači pri temperaturi 0-1°C i relativnoj vlazi zraka od 95% može se održati do dva tjedna (Parađiković, 2009.).

## 2. PREGLED LITERATURE

Svjetlost igra vrlo važnu ulogu u rastu i razvoju biljaka jer njenu kvalitetu, količinu i smjer biljka registrira fotosustavima koji pak zajedno reguliraju rast istovremeno održavajući učinkovitost fotosinteze (Hangarter, 1997.). Različiti fotokemijski sustavi u biljkama mogu osjetiti ili zabilježiti promjene u trajanju, smjeru i spektralnom sastavu svjetlosti. Prema tome, svjetlost utječe na djelovanje citokroma, fotoperiodizam, prekid dormantnosti, cvatnju te mnoge druge fiziološki uvjetovane procese (Ologundudu i sur., 2013.). Iz ovih razloga su mnogi znanstvenici davno započeli istraživanja o utjecaju različitih tipova dodatnog osvjetljenja u smjeru poboljšanja stope rasta i razvoja te povećanja prinosa pojedinih biljnih vrsta.

Proizvodnja presadnica je posebno osjetljiva upravo zbog toga jer se mnoge presadnice fotofilnih vrsta proizvode u doba godine koje nije optimalno s agroekološkog aspekta. Prema tome, u ovom periodu rasta i razvoja biljaka, koja se u većini slučajeva odvija u zaštićenim prostorima, nužno je regulirati temperaturu i svjetlost kako bi se uravnotežio rast i razvoj pojedinih biljnih organa. Basoccu i Nicola (1995.) su istraživali utjecaj dodatnog osvjetljenja na presadnice rajčice. Presadnice su bile izložene dodatnom osvjetljenju u trajanju od 4 i 8 sati. Utvrdili su dodatno osvjetljenje ima pozitivan učinak na rast i razvoj presadnica te da da ono nije neophodno i gubi svoj učinak u kasnijim fazama rasta.

U zaštićenim prostorima se koriste različiti izvori dodatnog osvjetljenja. Najčešći izvor dopunske svjetlosti su HPS lampe (High Pressure Sodium) koje posjeduju žarulju s natrijevom žarnom niti, FLUO lampe te u novije vrijeme LED lampe s diodama različitih valnih duljina. Prednosti, nedostatke i mogućnosti upotrebe LED osvjetljenja u proizvodnji povrća je istražio Morrow (2008.) koji navodi kako je LED rasvjeta kao dodatno osvjetljenje nešto potpuno drugačije i novo od do tada korištenih HPS (High intensity discharge) lampi te da postoji izvjesna ekonomska opravdanost korištenja LED rasvjete u zaštićenim prostorima. Nadalje, pomoću LED rasvjete je moguće optimizirati spektralni sastav u smjeru bolje učinkovitosti fotosinteze uz istovremeno povećanje energetske učinkovitosti cijele proizvodnje.

Bula i sur. (1991.) su prvi istražili utjecaj LED rasvjete na rast i razvoj biljaka. U svom istraživanju su koristili salatu te su utvrdili da su crvene LED diode jednako dobar izvor svjetlosti kao fluorescentne lampe. Kasnija istraživanja su dokazala da se presadnice salate izdužuju pod takvom vrstom svjetlosti te da je potrebno dodati i plave LED diode kako bi se spriječilo izduživanje salate (Hoenecke i sur. 1992.).

Američka svemirska agencija „NASA“ jedna od prvih započela istraživanja vezana uz LED rasvjetu te njenu aplikaciju na svemirskim postajama (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.

Brazaityte i sur. (2010.) započinju istraživanje o utjecaju LED dioda na rast i razvoj rajčice. Rezultati istraživanja su pokazali da plavo i crveno svjetlo pozitivno djeluje na rast rajčice, dok su narančasto, žuto i zeleno svjetlo imali negativan utjecaj na rast rajčice.

U istraživanjima koje su proveli Stutte i sur. (2009.) došlo je do značajnog povećanja ukupne biomase i elongacije lista crvenolisne salate pod utjecajem LED dioda daleko crvenog spektra svjetlosti. U istom istraživanju je utvrđeno da primjena LED dioda plavog spektra djeluje na povećanje koncentracije bioprotektivnih komponenata te je istovremeno došlo do značajnog porasta prinosa.

Mizuno i sur. (2011.) su se bavili ispitivanjem utjecaja plavih LED dioda na presadnice kupusa dvije različite sorte „Kinshun“ i „Red Rookie“. Utvrdili su značajan utjecaj LED dioda na elongaciju peteljki kod obje sorte te je došlo do povećanja sadržaja klorofila kod zelenolisne sorte „Kinshun“.

Yanagi i sur. (1996.) istražuju učinak crvenog i plavog monokromatskog osvjetljenja uz pomoć plavih i crvenih LED dioda na morfogenezu i rast salate. Salata je uzgajana u hidroponu pod 3 različite vrste osvjetljenja (crvena, plava, crvena/plava), a istraživanje je trajalo 20 dana. Primjena crvenih dioda rezultirala je povećanjem broja listova. Biljke salate su pod crvenim svjetlom razvile značajno više lišća za razliku od onih pod plavim svjetlom, ali je vegetativni rast i razvoj bio najoptimalniji kada je salata bila osvjetljena s kombinacijom crvenih i plavih LED dioda.

Yorio i sur. (1998.) su u svom istraživanju utvrdili da je prinos salate, špinata i rotkvice bio značajno manji kada su izvor svjetlosti bile crvene diode u usporedbi s plavim diodama.

Klamkowski i sur. (2014.) su usporedili učinak HSP i LED lampi na transpiraciju i rast presadnica rajčice. Presadnice su uzgajane pod HSP lampama te plavim, crvenim i daleko crvenim LED diodama. Rezultati koje su dobili pokazali su da je dodatno osvjetljenje pozitivno utjecalo na sve parametre koji su praćeni u pokusu te da nije bilo značajne razlike između biljaka koje su uzgajane pod HPS i LED lampama. Međutim, preporučili su zamjenu HPS lampi LED lampama zbog energetske učinkovitosti.

Ispitivanje utjecaja LED lampi različitog intenziteta i različitih valni duljina 522 nm i 639 nm (crvena) te 470 nm (plava) na rast i razvoj salate ispitivali su Muneer i sur. (2014.).

Utvrđili su da odgovor kompleksa proteina u kloroplastima, uključujući one koji su odgovorni za otvaranje i zatvaranje puči te za fiziološke odgovore lista na različit intenzitet svjetlosti upućuje na induciranje pojačanja rasta i razvoja pod utjecajem osvjetljenja s plavim LED diodama visokog intenziteta svjetlosti.

Fierro i sur. (1994.) istražuju utjecaj LED rasvjete u kombinaciji s dodatkom CO<sub>2</sub> na presadnice rajčice i paprike. U svom istraživanju prvo su pratili utjecaj na presadnice u plasteniku, a nakon toga i na prinos rajčice i paprike. Dodatno osvjetljenje korišteno je približno tri tjedna prije presađivanja presadnica, a utvrđili su da se suha tvar nadzemne mase povećala za 50%, a suha tvar korijena za 49%, dok su prinosi na prvim etažama rajčice i paprike bili veći za prosječno 11%.

Učinak LED rasvjete je ispitivan i u vrlo ranim fazama rasta i razvoja biljaka. Tako su Behzadi i sur. (2012.) istražili utjecaj LED rasvjete na klijavost i rast klijanaca bosiljka. U tom istraživanju je utvrđeno pozitivno djelovanje tretmana sjemena bosiljka s crvenim LED diodama povećavajući ukupnu klijavost sjemena kao i uravnotežen rast i razvoj klijanaca. Također, utvrđeno je da primjena crvenih te crvenih i plavih LED dioda u kombinaciji pozitivno utječe na rast klijanaca i klijavost sjemena maslačka. Istovremeno, biljke osvjetljene s crvenim LED diodama (660 nm) su imale značajno veću koncentraciju antocijanina u lišću (Ryu i sur., 2012.).

## **2.1. Cilj istraživanja**

Cilj ovog istraživanja je bio utvrditi utjecaj LED osvjetljenja kao kombinaciju plavih i crvenih dioda u usporedbi s fluorescentnim lampama na klijavost, energiju klijanja te parametre rasta klijanaca salate.

### 3. MATERIJALI I METODE

Istraživanje je provedeno tijekom 2015. godine u laboratoriju za Povrčarstvo, cvjećarstvo, ljekovito i začinsko bilje Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku. Za utvrđivanje utjecaja različitih tipova osvjetljenja u komori na klijavost, energiju klijanja te masu i visinu klijanaca salate korišteno je sjeme tri različite sorte salate. Sorta Posavka (Impex Sementi, Italija) i sorta Ljubljanska ledenka (Mladen Commerce, Hrvatska) spadaju u salate glavatice u tipu kristalke, a sorta Nansen (Impex Sementi, Italija) spada u salate glavatice u tipu maslenki (Slika 10.).



**Slika 10.** Pakiranje sjemena korištenog u pokusu (foto original)

Sve sorte salate su kupljene u specijaliziranoj poljoprivrednoj trgovini te su imale važeći rok valjanosti.

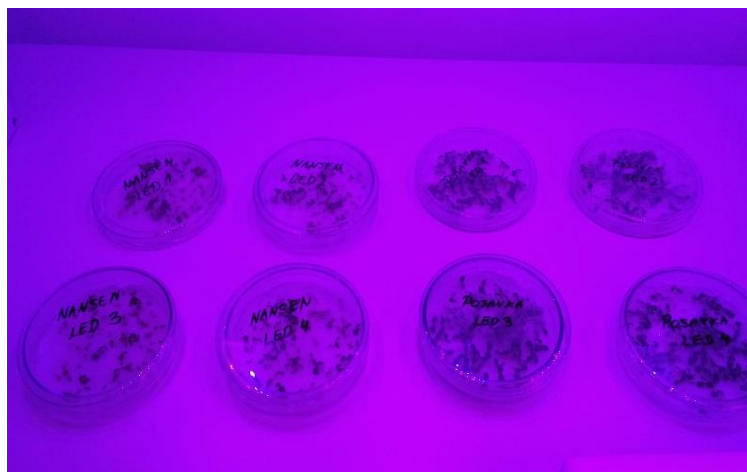
Ispitivanje klijavosti sjemena vršeno je standardnom laboratorijskom metodom za ispitivanje klijavosti prema važećem Pravilniku o temeljnim zahtjevima kakvoće, načinu ispitivanja, pakiranju i deklariranju sjemena poljoprivrednog bilja (NN 04/05, 2005.). Sjeme salate Ljubljanske ledenke (dalje u tekstu Ledenka) je postavljeno na naklijavanje 10. veljače 2015. Prilikom postavljanja pokusa sjeme je posijano u Petrijeve zdjelice u 4 ponavljanja sa 100 sjemenki po ponavljanju tj. u svakoj Petrijevoj zdjelici je bilo postavljeno po 100 sjemenki. Sjeme je posijano na filter papir i postavljeno ispod LED osvjetljenja te FLUO osvjetljenja istovremeno. Tijekom ispitivanja klijavosti, temperatura u komori je bila oko 25°C što je optimalna temperatura ispitivanja klijavosti za salatu, a osvjetljenje je bilo podešeno na dnevno-noćni režim rada u omjeru 16:8 sati.

U pokusu je sveukupno zasijano 24 Petrijeve zdjelice u dva termina ispitivanja. Dvanaest Petrijevih zdjelica sa sjemenom salate bile su postavljene ispod LED lampi (Slika

12.), a preostalih 12 zdjelica su bile smještene ispod FLUO lampi (Slika 11.). LED lampe su bile opremljene plavim (valna duljina 440-460 nm) i crvenim diodama (valna duljina 650-670 nm) u omjeru 2:1.



**Slika 11.** Sjeme pod FLUO lampom (foto original)



**Slika 12.** Sjeme pod LED lampom (foto original)

Tijekom istraživanja redovito je provođena kontrola pokusa te je po potrebi dodana voda kako bi se spriječilo isušivanje filter papira i sjemenki tj. klijanaca. Dana 18. veljače je izmjerena energija klijanja (Slika 13.), a dana 25. veljače ukupna klijavost sjemena. Također, nakon mjerenja klijavosti izmjerena je visina te masa klijanaca salate. Kod sorata Posavka i Nansen sve je obavljeno na isti način osim što je sjetva obavljena 6.11.2015. godine te je vremenski raspored testiranja i mjerenja bio identičan kao kod ispitivanja klijavosti Ledenke.



**Slika 13.** Mjerenje energije klijanja (foto original)

Masa klijanaca je utvrđena pomoću precizne laboratorijske vage (Kern & Sohn) te je potom izračunata prosječna masa klijanca (Slika 14.).

Pokus je bio postavljen kao dvofaktorijalni (faktori = sorta x izvor svjetlosti), ali su podatci obrađeni i za monofaktorijalni model (faktor = izvor svjetlost).

Podatci dobiveni mjerenjem energije klijanja, klijavosti, mase i visine klijanaca su statistički obrađeni statističkim softverom SAS 9.1 (Cary, NY) te u programu Microsoft Excel 2013.



**Slika 14.** Mjerenje mase klijanaca salate (foto original)



#### 4. REZULTATI

Statističkom obradom podataka (ANOVA, dvofaktorijalni model) je utvrđen značajan utjecaj osvjetljenja ( $P=0,0001$ ) i sorte ( $P\leq 0,0001$ ) na klijavost. Prema tome, značajno veća ( $p=0,05$ ) klijavost u iznosu od 63 % je utvrđena kod LED osvjetljenja u usporedbi s prosječnom klijavošću od 46 % koliko je zabilježeno kod FLUO osvjetljenja. Najveća klijavost je zabilježena kod sorte Ledenka u iznosu od 89 % te značajno manja ( $p=0,05$ ) kod sorata Posavka (54 %) i Nansen (21 %) (Tablica 11.).

Energija klijanja je također bila pod značajnim utjecajem osvjetljenja ( $P\leq 0,0001$ ) i sorte ( $P\leq 0,0001$ ). Slično kao i kod klijavosti, značajno veća ( $p=0,05$ ) energija klijanja u iznosu od 66 % je zabilježena kod LED osvjetljenja u usporedbi s FLUO osvjetljenjem gdje je prosječna energija klijanja iznosila 51 % (Tablica 11.).

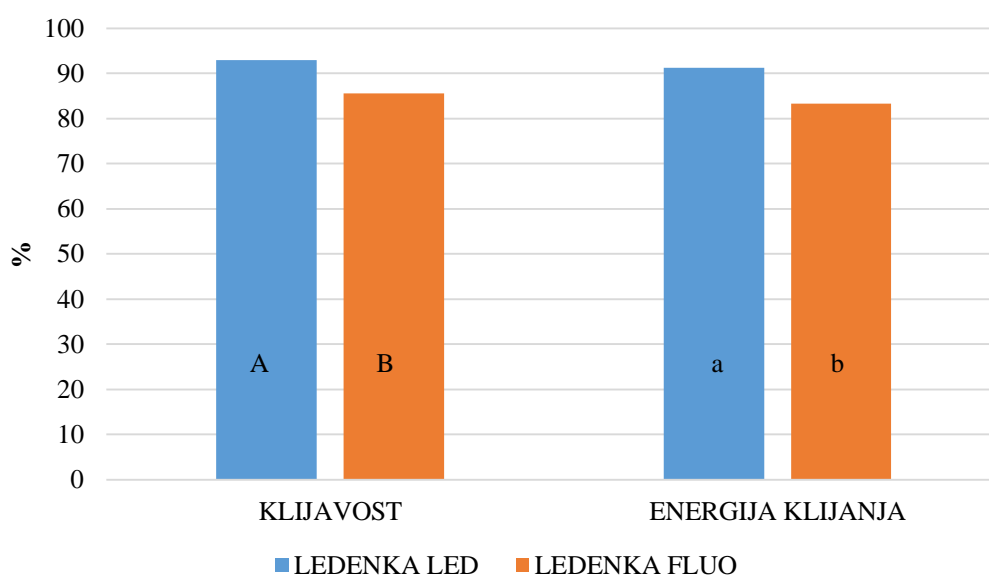
Za razliku od klijavosti i energije klijanja, masa klijanaca je također bila pod značajnim utjecajem osvjetljenja ( $P=0,0100$ ) i sorte ( $P=0,0004$ ), ali je značajno veća masa klijanaca (2,01 g) izmjerena kod FLUO osvjetljenja. Najveću masu klijanaca je imala sorta Posavka (2,15 g), a najmanju sorta Ledenka prosječne mase 1,72 g (Tablica 11.).

**Tablica 11.** Utjecaj sorte te LED i FLUO osvjetljenja na klijavost, energiju klijanja te masu i visinu klijanaca salate. Vrijednosti obilježene s različitim slovima <sup>a,b,c</sup> se značajno razlikuju prema LSD testu;  $p=0,05$ .

| Svojstvo            | Klijavost (%)   | Energija klijanja (%) | Masa (g)          | Visina (cm)       |
|---------------------|-----------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Osvjetljenje</b> |                 |                       |                   |                   |
| LED                 | 63 <sup>a</sup> | 66 <sup>a</sup>       | 1,92 <sup>b</sup> | 0,50 <sup>b</sup> |
| FLUO                | 46 <sup>b</sup> | 51 <sup>b</sup>       | 2,01 <sup>a</sup> | 0,96 <sup>a</sup> |
| F test              | 743,14          | 2160,27               | 34,08             | 376,28            |
| <i>P</i>            | 0,0001          | <0,0001               | 0,0100            | 0,0003            |
| <b>Sorta</b>        |                 |                       |                   |                   |
| Ledenka             | 89 <sup>a</sup> | 87 <sup>a</sup>       | 1,72 <sup>c</sup> | 1,09 <sup>a</sup> |
| Nansen              | 21 <sup>c</sup> | 22 <sup>c</sup>       | 2,03 <sup>b</sup> | 0,55 <sup>b</sup> |
| Posavka             | 54 <sup>b</sup> | 65 <sup>b</sup>       | 2,15 <sup>a</sup> | 0,57 <sup>b</sup> |
| F test              | 4051,79         | 14238,2               | 272,94            | 224,68            |
| <i>P</i>            | <0,0001         | <0,0001               | 0,0004            | 0,0005            |

Visina klijanaca nije bila pod značajnim utjecajem ( $P=0,8710$ ) osvjetljenja, ali je sorta značajno utjecala ( $P=0,0005$ ) na visinu klijanaca. Najveća visina klijanaca od 1,09 cm je izmjerena kod sorte Ledenka te je bila značajno veća od izmjerene visine kod sorata Nansen (0,55 cm) i Posavka (0,57 cm) (Tablica 11.).

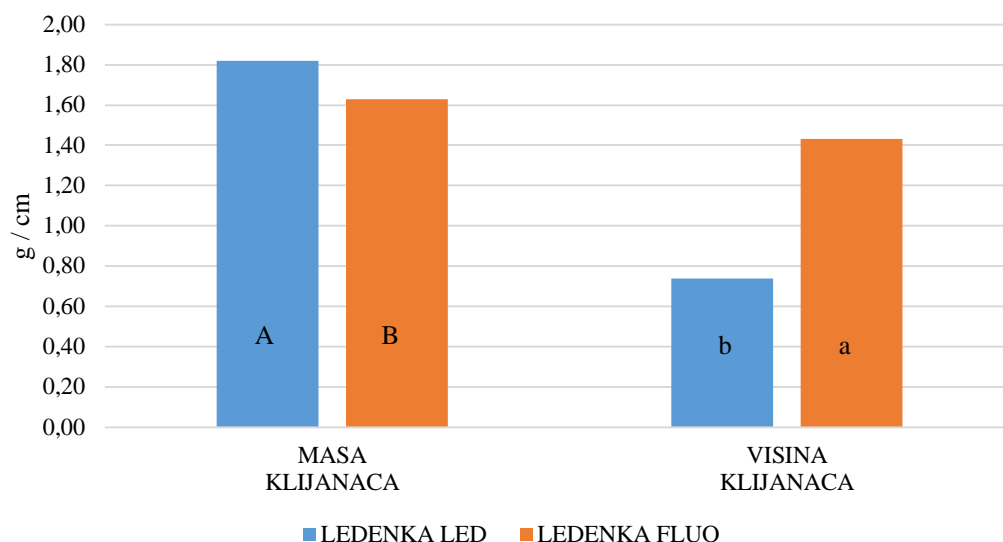
Statističkom obradom podataka (ANOVA, monofaktorijalni model) utvrđeno je da je značajno veća ( $p=0,05$ ) klijavost i energija klijanja zabilježena kod Ledenke pod LED osvjetljenjem (Grafikon 1.).



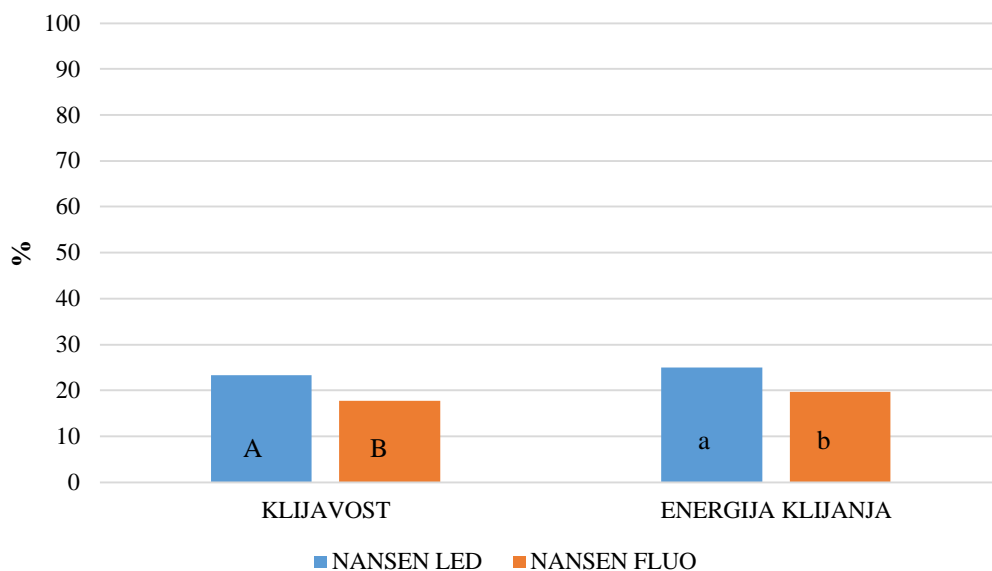
**Grafikon 1.** Utjecaj LED i FLUO osvjetljenja na klijavost i energiju klijanja sjemena salate Ljubljanske ledenke. Vrijednosti obilježene s različitim slovima <sup>a,b</sup>; A,B se značajno razlikuju prema LSD testu;  $p=0,05$ .

Masa i visina klijanaca salate Ledenka su također bile pod značajnim utjecajem osvjetljenja. Značajno veća masa ( $p=0,05$ ) klijanaca je izmjerena kod LED osvjetljenja u usporedbi s FLUO osvjetljenjem. Međutim, prosječna visina klijanaca je bila značajno manja ( $p=0,05$ ) kod LED osvjetljenja (Grafikon 2.).

Klijavost i energija klijanja salate Nansen su bile pod značajnim utjecajem osvjetljenja, iako su mjerenja oba pokazatelja pokazala nedostatne vrijednosti u usporedbi s minimalnom klijavošću navedenoj na deklaraciji. Značajno veća klijavost i energija klijanja ( $p=0,05$ ) izmjerene su kod LED osvjetljenja (Grafikon 3.).

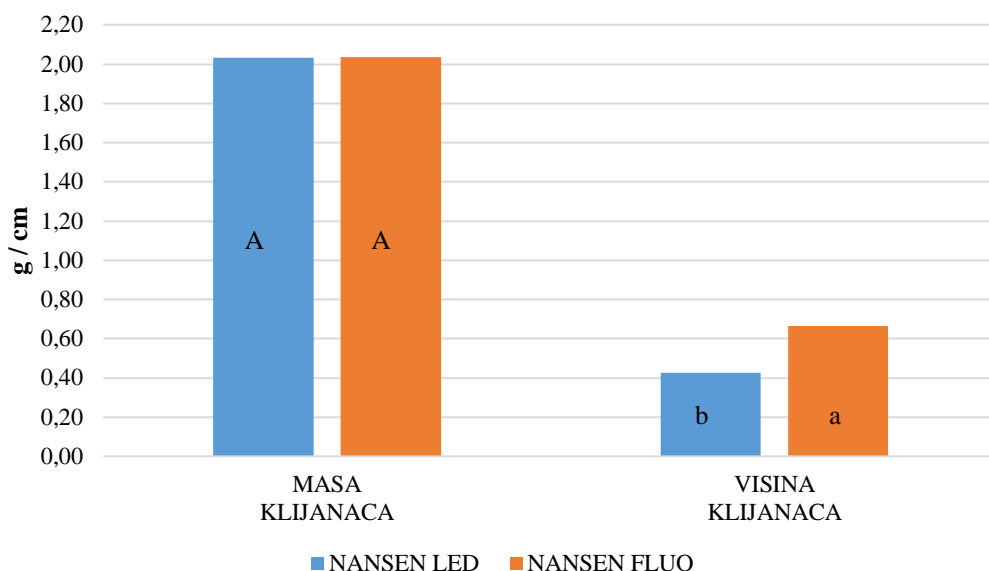


**Grafikon 2.** Utjecaj LED i FLUO osvjetljenja na masu i visinu klijanaca salate Ledenke. Vrijednosti obilježene s različitim slovima <sup>a,b ; A,B</sup> se značajno razlikuju prema LSD testu;  $p=0,05$ .



**Grafikon 3.** Utjecaj LED i FLUO osvjetljenja na klijavost i energiju klijanja sjemena salate Nansen. Vrijednosti obilježene s različitim slovima <sup>a,b ; A,B</sup> se značajno razlikuju prema LSD testu;  $p=0,05$ .

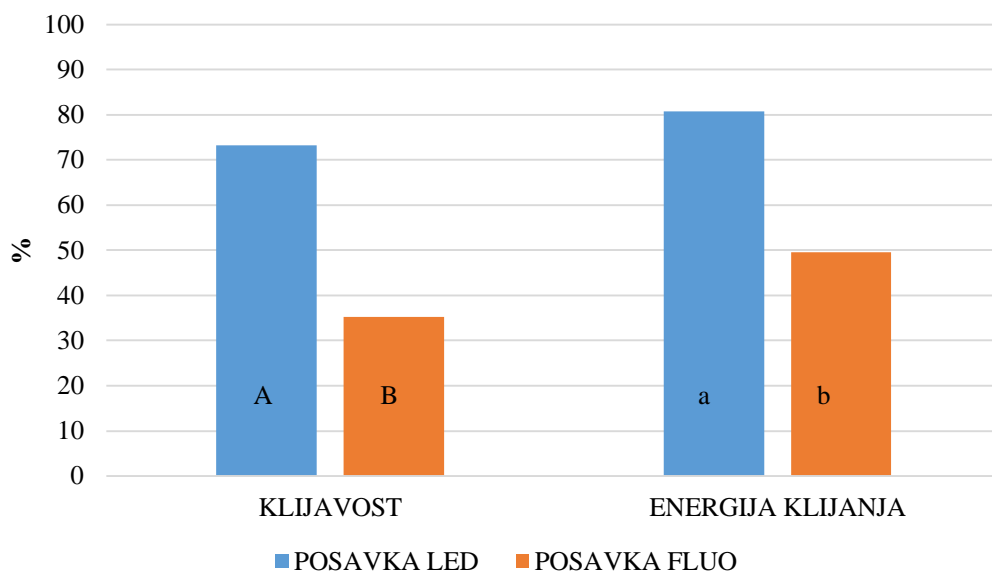
Masa klijanaca salate Nansen nije bila pod značajnim utjecajem osvjetljenja, dok je značajno veća ( $p=0,05$ ) visina utvrđena kod FLUO osvjetljenja u usporedbi s LED osvjetljenjem (Grafikon 4.).



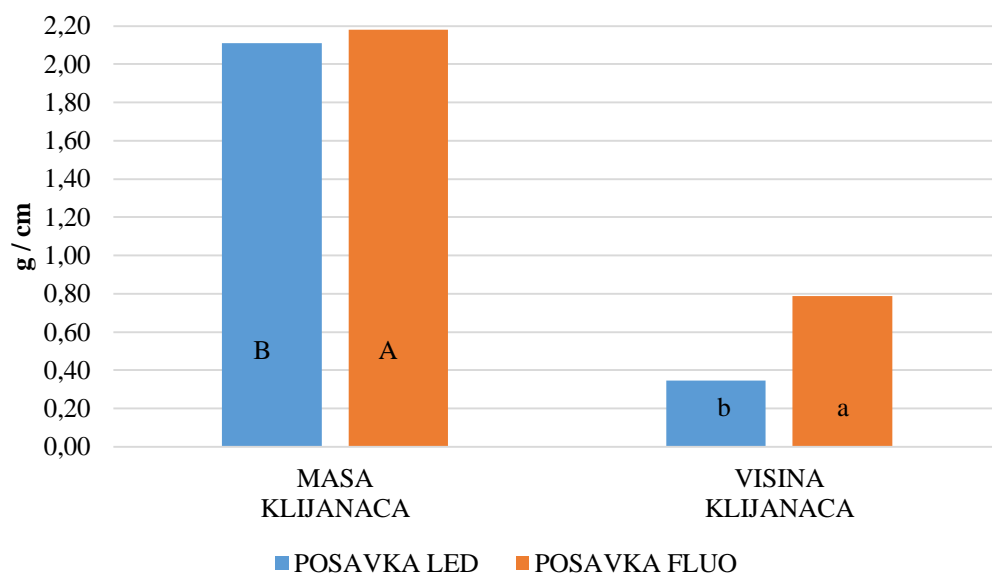
**Grafikon 4.** Utjecaj LED i FLUO osvjetljenja na masu i visinu klijanaca salate Nansen. Vrijednosti obilježene s različitim slovima <sup>a,b; A,B</sup> se značajno razlikuju prema LSD testu;  $p=0,05$ .

Kao i kod prethodne dvije sorte, klijavost i energija klijanja salate Posavke je bila pod značajnim utjecajem osvjetljenja. Značajno veća klijavost i energija klijanja ( $p=0,05$ ) je utvrđena kod LED osvjetljenja (Grafikon 5.).

Masa i visina klijanaca kod iste sorte su također bile pod značajnim utjecajem tipa osvjetljenja. Prema tome, značajno veće mase ( $p=0,05$ ) klijanaca su zabilježene kod FLUO osvjetljenja za razliku od prethodne dvije sorte. Međutim, visina klijanaca je i kod salate Posavke bila značajno veća ( $p=0,05$ ) kod FLUO osvjetljenja (Grafikon 6.).



**Grafikon 5.** Utjecaj LED i FLUO osvjetljenja na klijavost i energiju klijanja sjemena salate Posavke. Vrijednosti obilježene s različitim slovima <sup>a,b; A,B</sup> se značajno razlikuju prema LSD testu;  $p=0,05$ .



**Grafikon 6.** Utjecaj LED i FLUO osvjetljenja na masu i visinu klijanaca salate Posavke. Vrijednosti obilježene s različitim slovima <sup>a,b; A,B</sup> se značajno razlikuju prema LSD testu;  $p=0,05$ .

## 5. RASPRAVA

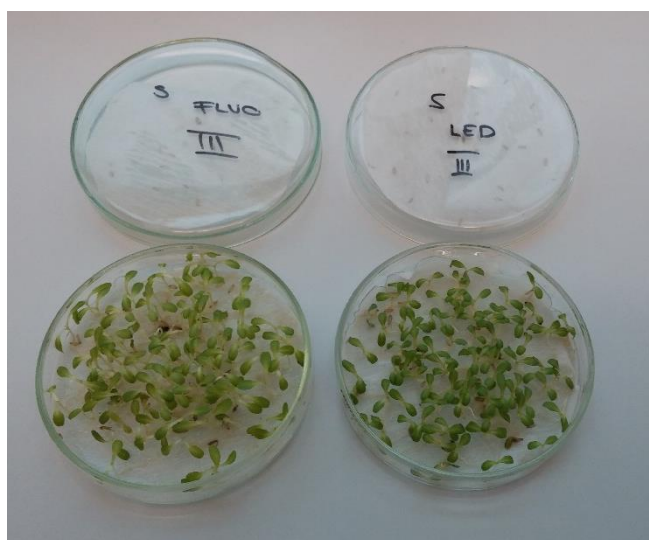
U ovom istraživanju je utvrđeno da sjeme svih ispitivanih sorata salate imaju bolju klijavost i energiju klijanja pod LED osvjetljenjem u usporedbi s FLUO osvjetljenjem. Prva istraživanja koja su provedena kako bi se utvrdio utjecaj i primjenjivost LED rasvjete u hortikulturi obavili su Barta i sur. (1992.) i Bula i sur., (1991.). Njihova istraživanja su pokazala da je LED rasvjeta vrlo dobra zamjena za konvencionalnu rasvjetu, a proveli su istraživanja o utjecaju LED rasvjete na klijavost i parametre rasta i razvoja salate, špinata i rajčice gdje je utvrđeno da je LED rasvjeta povoljniji tip osvjetljenja kod ispitivanja klijavosti ovih vrsta.

Ryu i sur. (2012.) su proveli istraživanje u kojem su ispitivali utjecaj LED osvjetljenja na klijavost, rast i sadržaj antocijanina u maslačku. U pokusu su koristili tri tipa LED lampi koje su bile opremljene samo plavim diodama valne duljine 460 nm, samo crvenim diodama valne duljine 660 nm te lampe koje su bile opremljene plavim i crvenim diodama u omjeru 60:40 te su ih usporedili s FLUO lampama što je vrlo slično kao u našem istraživanju. Međutim, u njihovom istraživanju je utvrđeno da je klijavost i energija klijanja sjemena maslačka značajno veća kod FLUO osvjetljenja. Ipak, stopa rasta odraslih biljaka je bila veća kod LED osvjetljenja. Također, sadržaj antocijanina u listu maslačka je bio značajno veći kod LED osvjetljenja. Rezultati ovog istraživanja u usporedbi s našim pokazuju da je odgovor biljke na različiti izvor svjetlosti strogo ovisan o vrsti pa i sorti.

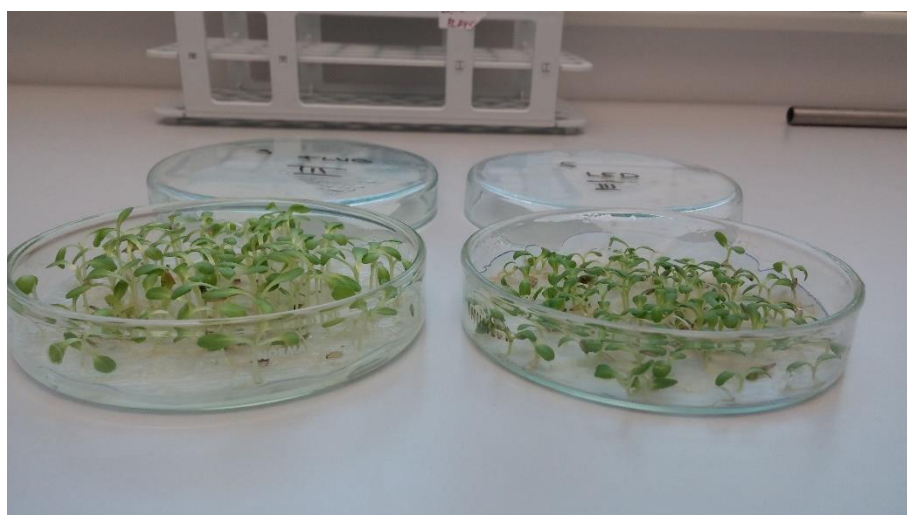
Barnes (2007.) je istražio utjecaj različitih boja svjetlosti koristeći polipropilenske folije različitih boja kao filtere izvora svjetlosti. U njegovom istraživanju je utvrđeno da različite boje također utječu na klijavost i energiju klijanja kod cvjetne vrste kokotić (*Delphinium*). Plavi polipropilenski film je utjecao na najveću klijavost i energiju klijanja, dok je tretman sa zelenom svjetlošću utjecao na najslabiju klijavost i energiju klijanja kod kokotića. Ovi rezultati idu u prilog našem istraživanju gdje je utvrđeno da LED osvjetljenje opremljeno s plavim i crvenim LED diodama značajno povećava klijavost i energiju klijanja salate.

Da je odgovor na tip osvjetljenja uvjetovan biljnom vrstom potvrđuju i istraživanja Astolfi i sur. (2012.) gdje je ispitan utjecaj LED i FLUO osvjetljenja na rast sadnica bukve, trešnje i hrasta. U njihovom istraživanju su LED lampe bile opremljene kombinacijom plavih, zelenih, crvenih i daleko crvenih dioda. Utvrdili su da su sadnice spomenutih

drvenastih vrsta, pogotovo kod bukve, imale značajno veću svježiu i suhu masu, visinu izboja te lisnu površinu pod LED osvjetljenjem u usporedbi s FLUO osvjetljenjem. Također, kod istih vrsta je zabilježena niža koncentracija klorofila kod LED rasvjete. Ovi rezultati visine izboja i koncentracije klorofila se ne poklapaju s rezultatima dobivenim u našem istraživanju jer su značajno manje visine klijanaca zabilježene kod LED osvjetljenja te iako nije mjerena koncentracija klorofila, bilo je vidljivo da su kotiledoni salate kod svih sorata bili intenzivnije zelene boje što upućuje na vjerojatno veću koncentraciju klorofila (Slika 15.) te su klijanci istovremeno bili značajno niži (Slika 16; Grafikon 2.).



**Slika 15.** Klijanci salate Ledenke – prikaz razlike u boji



**Slika 16.** Klijanci salate Ledenke – prikaz razlike visine

Pozitivan učinak primjene LED osvjetljenja na koncentraciju klorofila, fotosintezu i koncentraciju dušika u listovima riže utvrdili su Matsuda i sur. (2004.) u svom istraživanju gdje su koristili kombinaciju plavih i crvenih dioda kao u našem istraživanju.

Pozitivan učinak crvenog LED osvjetljenja utvrdili su Behzadi i sur. (2012.). U njihovom istraživanju sjeme bosiljka je tretirano sa crvenim diodama valne duljine 620-625 nakon čega je sijano na podlogu za ispitivanje. Tretman sjemena prije sjetve je rezultirao kasnijom značajno većom stopom rasta i razvoja što samo potvrđuje pozitivno djelovanje LED osvjetljenja na rast i razvoj biljaka, ali je uvjetovan biljnom vrstom. Naprotiv, u svojim istraživanjima O'Quinn i sur. (2003.) su ispitivali utjecaj LED i FLUO osvjetljenja na klijavost i rast korijena uročnjaka. Svojim istraživanjem su utvrdili da tip osvjetljenja ne djeluje značajno na praćene parametre što se ne podudara s našim rezultatima klijavosti salate koja je kod sve tri sorte bila značajno veća kod LED osvjetljenja (Grafikon 1; 3; i 5.).

Značajno veća klijavost pod utjecajem istog tipa LED osvjetljenja u usporedbi s FLUO osvjetljenjem utvrđena je kod sjemena špinata (Vrdoljak, 2015.). U tom istraživanju je također utvrđeno da su klijanci špinata bili značajno viši pod LED osvjetljenjem što je suprotno našim rezultatima klijavosti salate koje je bila značajno veća kod svih sorata pod LED osvjetljenjem.

Pozitivan učinak LED osvjetljenja kao kombinacije plavih i crvenih dioda se očituje i kod proizvodnje salate u hidroponu. Tako su Lin i sur. (2013.) utvrdili pozitivan učinak LED osvjetljenja na rast i razvoj salate koja je uzgajana hidroponski te predložili da se ovaj tip osvjetljenja može koristiti i kao sredstvo za povećanje nutritivne vrijednosti i rasta salate u ovakvim kontroliranim uvjetima.

U našem istraživanju je utvrđeno da LED osvjetljenje utječe na značajno povećanje mase klijanaca kod salate Ledenka, a suprotno kod salate Posavka te nema utjecaja na masu klijanaca kod salate Nansen te je očito da je utjecaj tipa osvjetljenja na masu klijanaca, vjerojatno putem manje ili više učinkovitijeg usvajanja vode, genetski uvjetovan. U istraživanju Muneer i sur. (2014.) potvrđeno je da LED osvjetljenje značajno povećava ukupnu biomasu salate što je potvrđeno kod sorte Ledenka. Također, da primjena plavih LED dioda pozitivno utječe na povećanje biomase salate utvrdili su i Johkan i sur. (2012.).



## 6. ZAKLJUČAK

1. Klijavost salate sve tri sorte je bila pod utjecajem tipa osvjetljenja i sorte. Značajno veća klijavost je utvrđena kod LED osvjetljenja u usporedbi s FLUO osvjetljenjem. Najveću klijavost je imala sorta Ledenka, a najmanja klijavost je utvrđena kod sorte Nansen.
2. Energija klijanja je također bila pod značajnim utjecajem osvjetljenja i sorte. LED osvjetljenje je značajno povećalo energiju klijanja u usporedbi s FLUO osvjetljenjem. Kao i kod klijavosti, najveću energiju klijanja je imala sorta Ledenka, a najmanju sorta Nansen.
3. Masa klijanaca je također bila značajno različita u ovisnosti o osvjetljenju i sorti salate. Prosječno, značajno veća masa klijanaca je utvrđena kod FLUO osvjetljenja kada su podatci obrađeni prema dvofaktorijalnom modelu ANOVA. Međutim, kod sorte Ledenka je zabilježena značajno veća masa klijanaca kod LED osvjetljenja u usporedbi s FLUO osvjetljenjem. Nadalje, značajno veća masa klijanaca je utvrđena kod sorte Posavka u usporedbi sa sortama Nansen i Ledenka koje su se također značajno razlikovale u masi klijanaca.
4. Kod visine klijanaca također su uočene značajne razlike u ovisnosti o osvjetljenju i sorti salate. Značajno viši klijanci su utvrđeni kod FLUO osvjetljenja što može upućivati na izduživanje zbog nedostatka svjetlosti. Što se tiče sorte, značajno veća visina je izmjerena kod sorte Ledenka u usporedbi sa sortama Nansen i Posavka. Također, prema monofaktorijalnoj analizi varijance je utvrđeno da osvjetljenje značajno utječe na visinu klijanaca te je najveća razlika između visine klijanaca utvrđena kod sorte Ledenka gdje je značajno manja visina izmjerena kod LED osvjetljenja.
5. Iz svih navedenih rezultata se može zaključiti da je LED osvjetljenje prikladno za testiranje klijavosti kao i za rast i razvoj mladih biljaka salate. LED osvjetljenje je, osim što utječe na povećanje klijavosti, energetski učinkovita rasvjeta te se preporučuje ugradnja u komore za rast i razvoj biljaka kao i u zaštićene prostore jer su LED lampe istovremeno i puno lakše, malog volumena i izražene dugovječnosti.

## 7. POPIS LITERATURE

1. Astolfi, S., Marianello, C., Grego, S., Bellarosa, R. (2012.): Preliminary Investigation of LED Lighting as Growth Light for Seedlings from Different Tree Species in Growth Chambers. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici* 40(2): 31-38.
2. Barnes, H.W. (2007.): Effects of Colored Light on Seed Germination. *Combined Proceedings International Plant Propagators' Society* 57: 364-370.
3. Barta, D.J., T.W. Tibbitts, R.J. Bula, Morrow. R.C. (1992.): Evaluation of light emitting diode characteristics for a space based plant irradiation source. *Advances in Space Research* 12:141– 149.
4. Basoccu, L., Nicola, S. (1995.): Supplementary light and pretransplant nitrogen effects on tomato seeding growth and yield. *Acta Horticulturae* 396:313-320.
5. Behzadi, H.R., Qaryan, M., Shahi, S. (2012.): The Influence of LED Light on Basil Seeds before Sowing and its Effects on Growing and Germination. *International Journal of Plant Research* 2(4): 108-110.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Goins, G.D., Yorio, N.C., Sanwo, M.M., Brown, C.S. (1997.): Photomorphogenesis, photosynthesis, and seed yield of wheat plants grown under red light-emitting diodes (LEDs) with and without supplemental blue lighting. *Journal of Experimental Botany* 48: 1407–1413.

11. Hangarter, R.P. (1997.): Gravity, light and plant form. *Plant, cell and environment* 20:796-800.
12. Hoenecke, M.E., Bula, R.J., Tibbitts, T.W. (1992.): Importance of blue photon levels for lettuce seedlings grown under red-light-emitting diodes. *HortScience* 27:427–430.
13. 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
14. Klamkowski, K., Treder, W., Wójcik, K., Puternicki, A., Lisak, E. (2014.): Influence of supplementary lighting on growth and photosynthetic activity of tomato transplants. DOI: <http://dx.medra.org/10.14597/infraeco.2014.4.3.103>
15. Lin, K.H., Huang, M.Y., Huang, W.D., Hsu, M.H., Yang, Z.W., Yang, C.M. (2013.): The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*). *Scientia Horticulturae* 150: 86-91.
16. Lešić, R., Borović, J., Buturac, I., Čustić, M., Poljak, M., Romić, D. (2002.): Povrčarstvo, Zrinski d.d., Čakovec.
17. Maceljiski, M. (2002.): Poljoprivredna entomologija, Zrinski d.d., Čakovec
18. Matotan, Z. (2004.): Suvremena proizvodnja povrća, Globus, Zagreb
19. 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.
20. 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.
21. Morrow, R.C. (2008.): LED lighting in horticulture. *HortScience* 43:1947–1950.
22. 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.
23. Ologundudu, A.F., Adelusi, A.A., Adekoya, K.P. (2013.): Effect of Light Stress on Germination and Growth Parametres of *Corchorus olitorius*, *Celosia argentea*, *Amaranthus cruentus*, *Abelmoschus esculentus* and *Delonix regia*. *Notulae Scientia Biologicae* 5(4): 468-475.

24. O'Quinn, K., Arant, M., Ball, J., White, T.J. (2003.): Effects of LED and Fluorescent Lights on Root Growth of Arabidopsis. Wofford College, Spartanburg, SC 29303.
25. Parađiković, N. (2009.): Opće i specijalno povrćarstvo, Poljoprivredni fakultet Osijek.
26. Ryu, J.H., Seo, K.S., Choi, G.L., Rha, E.S., Lee, S.C., Choi, S.K., Kang, S.Y., Bae, C.H. (2012.): Effects of LED Light Illumination on Germination, Growth and Anthocyanin Content of Dandelion (*Taraxacum officinale*). *Korean Journal of Plant Research* 25(6): 731-738.
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. 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.
29. 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.
30. Yorio, N.C., Wheeler, R.M., Goins, G.D., Sanwo-Lewandowski, M.M., Mackowiak, C.L., Brown, C.S., Sager, J.C., Stutte, G.W. (1998.): Blue light requirements for crop plants used in bioregenerative life support systems. *Life Support and Biosphere Science* 5: 119-128.
31. Vrdoljak, M. (2015.): Utjecaj LED osvjetljenja na klijavost mrkve i špinata. Diplomski rad. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.

Internet (datum pristupa 15.11.2015.):

1. [https://en.wikipedia.org/wiki/Lactuca\\_serriola](https://en.wikipedia.org/wiki/Lactuca_serriola)
2. <http://www.povrce.com/?P=win&IDSORTE=10446&IDP=029>
3. <http://www.povrce.com/?P=win&IDSORTE=10447&IDP=029>
4. <http://www.povrce.com/?P=win&IDSORTE=10447&IDP=029>
5. <http://www.povrce.com/?IDP=029&P=pro&GRUPA=tp&PODGRUPA=vrem&L=H>
6. <http://www.matenhjem.no/produnkt/fruktgronnsaker/gronnsaker/crispi-salat-150-gr>

7. [http://www3.syngenta.com/country/hr/cr/Syngentin\\_program/Sjemenski\\_program/Hibridi\\_sjemena\\_povrca/Kupusnjace\\_i\\_lisnato\\_povrce/Pages/Masaida.aspx](http://www3.syngenta.com/country/hr/cr/Syngentin_program/Sjemenski_program/Hibridi_sjemena_povrca/Kupusnjace_i_lisnato_povrce/Pages/Masaida.aspx)
8. <http://www.povrce.com/?P=win&IDSORTE=10458&IDP=029>
9. <http://www.povrce.com/?P=win&IDSORTE=10459&IDP=029>

## 8. SAŽETAK

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj LED i FLUO osvjetljenja te sorte salate na klijavost, energiju klijanja te masu i visinu klijanaca. Klijavost i energija klijanja su određene standardnom laboratorijskom metodom, a kao materijal je korišteno sjeme tri sorte salate Ledenka, Nansen i Posavka. Sjeme sve tri sorte je postavljeno na naklijavanje istovremeno u komoru opremljenu s LED i FLUO osvjetljenjem. LED lampe su bile opremljene plavim (440-460 nm) i crvenim (650-670 nm) LED diodama. Tijekom istraživanja je utvrđeno da osvjetljenje i sorta značajno utječu na sve ispitivane parametre. Najveći postotak klijavosti i energije klijanja je utvrđen kod LED osvjetljenja. Međutim, značajno veća masa klijanaca i visina su utvrđene kod FLUO osvjetljenja, ali je primijećeno da su klijaneci pod FLUO osvjetljenjem bili svijetlije zelene boje u usporedbi s klijanecima salate pod LED osvjetljenjem koji su bili intenzivno zelene boje što upućuje na veću koncentraciju klorofila iako ista nije mjerena u ovom istraživanju. Iz svih navedenih rezultata se može zaključiti da je LED osvjetljenje prikladno za testiranje klijavosti kao i za rast i razvoj mladih biljaka salate. LED osvjetljenje je, osim što utječe na povećanje klijavosti, energetski učinkovita rasvjeta te se preporučuje ugradnja iste u komore za rast i razvoj biljaka kao i u zaštićene prostore jer su LED lampe istovremeno i puno lakše, malog volumena i izražene dugovječnosti.

Ključne riječi: salata, LED osvjetljenje, FLUO osvjetljenje, klijavost, energija klijanja, masa klijanaca, visina klijanaca

## 9. SUMMARY

The aim of this investigation was to determine the influence of LED and FLUO lighting as well as cultivar on germination, germination energy, seedlings fresh weight and height of lettuce. Germination and germination energy were evaluated by standard laboratory procedure where seeds of three lettuce cultivars Ledenka, Nansen i Posavka were used as material. Seeds of all three cultivars were sown and at the same time placed in growth chamber equipped with LED and FLUO lamps. LED lamps were equipped with blue (440-460 nm) and red (650-670 nm) diodes. During this investigation, it was determined that lighting and cultivar significantly effects on all investigated parameters. Highest germination percentage and germination energy was determined when using LED lighting. However, significantly higher fresh weight and height of seedlings was observed in FLUO lighting. At the same time, seedlings placed under FLUO lighting had less pronounced green coloration of their cotyledons compared to that placed under LED lighting which were intensively green suggesting that they had higher chlorophyll concentration even though chlorophyll concentration was not measured during this investigation. It can be concluded that LED lighting is appropriate for testing seed germination as well as for growth and development of young lettuce plants. LED lighting is, except for increasing germination, energy efficient light source and is recommended to be installed in plant growth chambers and greenhouses because of their lightweight, small volume and long life.

**Keywords:** lettuce, LED lighting, FLUO lighting, germination, germination energy, seedlings fresh weight, seedlings height

## 10. POPIS TABLICA

| <b>Naziv tablice</b>   | <b>Stranica</b> |
|--|-----------------|
| Tablica 1. Ukupna proizvodnja salate u Hrvatskoj (statistički ljetopis 2014.)  | 2               |
| Tablica 2. Proizvodnja salate u povrtnjacima (statistički ljetopis 2014.)  | 2               |
| Tablica 3. Proizvodnja salate za tržište (statistički ljetopis 2014.)  | 2               |
| Tablica 4. Proizvodnja salate za tržište (statistički ljetopis 2014.)  | 2               |
| Tablica 5. Priroda salate (statistički ljetopis 2014.)   | 3               |
| Tablica 6. Kemijski sastav salate (Lešić i sur. 2002.)   | 9               |
| Tablica 7. Količina vitamina u mg/100 g svježe tvari (Lešić i sur. 2002.)  | 9               |
| Tablica 8. Najzastupljeniji minerali u mg/100 g svježe tvari (Lešić i sur. 2002.)  | 10              |
| Tablica 9. Iznošenje hraniva prinosom salate (Haifa)   | 12              |
| Tablica 10. Količina mineralnog gnojiva potrebna za gnojidbu salate (Haifa)  | 12              |
| Tablica 11. Utjecaj sorte te LED i FLUO osvjetljenja na klijavost, energiju klijanja te masu i visinu klijanaca salate. Vrijednosti obilježene s različitim slovima <sup>a,b,c</sup> se značajno razlikuju prema LSD testu; $p=0,05$ . | 21              |



## 11. POPIS SLIKA

| <b>Naziv slike</b>  | <b>Stranica</b> |
|---|-----------------|
| Slika 1. Divlji izvornik salate <i>Lactuca serriola</i> Torner            | 1               |
| Slika 2. Sorta salate EXPRESSE  | 5               |
| Slika 3. Sorta salate TATIANA   | 5               |
| Slika 4. Sorta salate LIBUSA  | 6               |
| Slika 5. Sorta salate SANTIS  | 6               |
| Slika 6. Sorta salate CRISPINO  | 7               |
| Slika 7. Sorta salate MASAIDA   | 7               |
| Slika 8. Sorta salate FLOREAL   | 8               |
| Slika 9. Sorta salate VANITY  | 8               |
| Slika 10. Sjeme korišteno u pokusu (foto original)                        | 18              |
| Slika 11. Sjeme pod FLUO lampom (foto original)                           | 19              |
| Slika 12. Sjeme pod LED lampom (foto original)                            | 19              |
| Slika 13. Mjerenje energije klijanja (foto original)                      | 20              |
| Slika 14. Mjerenje mase klijanaca (foto original)                         | 20              |
| Slika 15. Klijanci salate Ledenke – prikaz razlike u boji (foto original) | 27              |
| Slika 16. Klijanci salate Ledenke – prikaz razlike visine (foto original) | 27              |

## 12. POPIS GRAFIKONA

| <b>Naziv grafikona</b>   | <b>Stranica</b> |
|--|-----------------|
| Grafikon 1. Utjecaj LED i FLUO osvjetljenja na klijavost i energiju klijanja sjemena salate Ljubljanske ledenke. Vrijednosti obilježene s različitim slovima <sup>a,b</sup> ; <sup>A,B</sup> se značajno razlikuju prema LSD testu; $p=0,05$ . | 22              |
| Grafikon 2. Utjecaj LED i FLUO osvjetljenja na masu i visinu klijanaca salate Ljubljanske ledenke. Vrijednosti obilježene s različitim slovima <sup>a,b</sup> ; <sup>A,B</sup> se značajno razlikuju prema LSD testu; $p=0,05$ .               | 23              |
| Grafikon 3. Utjecaj LED i FLUO osvjetljenja na klijavost i energiju klijanja sjemena salate Nansen. Vrijednosti obilježene s različitim slovima <sup>a,b</sup> ; <sup>A,B</sup> se značajno razlikuju prema LSD testu; $p=0,05$ .              | 23              |
| Grafikon 4. Utjecaj LED i FLUO osvjetljenja na masu i visinu klijanaca salate Nansen. Vrijednosti obilježene s različitim slovima <sup>a,b</sup> ; <sup>A,B</sup> se značajno razlikuju prema LSD testu; $p=0,05$ .                            | 24              |
| Grafikon 5. Utjecaj LED i FLUO osvjetljenja na klijavost i energiju klijanja sjemena salate Posavke. Vrijednosti obilježene s različitim slovima <sup>a,b</sup> ; <sup>A,B</sup> se značajno razlikuju prema LSD testu; $p=0,05$ .             | 25              |
| Grafikon 6. Utjecaj LED i FLUO osvjetljenja na masu i visinu klijanaca salate Posavke. Vrijednosti obilježene s različitim slovima <sup>a,b</sup> ; <sup>A,B</sup> se značajno razlikuju prema LSD testu; $p=0,05$ .                           | 25              |

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Sveučilišni diplomski studij, smjer biljna proizvodnja

Utjecaj LED osvjetljenja na klijavost salate

Josipa Jurčević

**Sažetak:** Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj LED i FLUO osvjetljenja te sorte salate na klijavost, energiju klijanja te masu i visinu klijanaca. Klijavost i energija klijanja su određene standardnom laboratorijskom metodom, a kao materijal je korišteno sjeme tri sorte salate Ledenka, Nansen i Posavka. Sjeme sve tri sorte je postavljeno na naklijavanje istovremeno u komoru opremljenu s LED i FLUO osvjetljenjem. LED lampe su bile opremljene plavim (440-460 nm) i crvenim (650-670 nm) LED diodama. Tijekom istraživanja je utvrđeno da osvjetljenje i sorta značajno utječu na sve ispitivane parametre. Najveći postotak klijavosti i energije klijanja je utvrđen kod LED osvjetljenja. Međutim, značajno veća masa klijanaca i visina su utvrđene kod FLUO osvjetljenja, ali je primijećeno da su klijaneci pod FLUO osvjetljenjem bili svijetlije zelene boje u usporedbi s klijanecima salate pod LED osvjetljenjem koji su bili intenzivno zelene boje što upućuje na veću koncentraciju klorofila iako ista nije mjerena u ovom istraživanju. Iz svih navedenih rezultata se može zaključiti da je LED osvjetljenje prikladno za testiranje klijavosti kao i za rast i razvoj mladih biljaka salate. LED osvjetljenje je, osim što utječe na povećanje klijavosti, energetski učinkovita rasvjeta te se preporučuje ugradnja iste u komore za rast i razvoj biljaka kao i u zaštićene prostore jer su LED lampe istovremeno i puno lakše, malog volumena i izražene dugovječnosti.

Ključne riječi: salata, LED osvjetljenje, FLUO osvjetljenje, klijavost, energija klijanja, masa klijanaca, visina klijanaca

**Rad je izrađen pri:** Poljoprivredni fakultet u Osijeku

**Mentor:** doc.dr.sc. Tomislav Vinković

**Broj stranica:** 40

**Broj grafikona i slika:** 22

**Broj tablica:** 11

**Broj literaturnih navoda:** 31 referenca i 9 internet izvora

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** salata, LED osvjetljenje, FLUO osvjetljenje, klijavost, energija klijanja, masa klijanaca, visina klijanaca

**Datum obrane:** 17.12.2015. godine

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

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

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d, 31000 Osijek

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek**

**Graduate thesis**

**Faculty of Agriculture**

**University Graduate Studies, Plant Production**

### **INFLUENCE OF LED LIGHTING ON GERMINATION OF LETTUCE**

Josipa Jurčević

**Summary:** The aim of this investigation was to determine the influence of LED and FLUO lighting as well as cultivar on germination, germination energy, seedlings fresh weight and height of lettuce. Germination and germination energy were evaluated by standard laboratory procedure where seeds of three lettuce cultivars Ledenka, Nansen i Posavka were used as material. Seeds of all three cultivars were sown and at the same time placed in growth chamber equipped with LED and FLUO lamps. LED lamps were equipped with blue (440-460 nm) and red (650-670 nm) diodes. During this investigation, it was determined that lighting and cultivar significantly effects on all investigated parameters. Highest germination percentage and germination energy was determined when using LED lighting. However, significantly higher fresh weight and height of seedlings was observed in FLUO lighting. At the same time, seedlings placed under FLUO lighting had less pronounced green coloration of their cotyledons compared to that placed under LED lighting which were intensively green suggesting that they had higher chlorophyll concentration even though chlorophyll concentration was not measured during this investigation. It can be concluded that LED lighting is appropriate for testing seed germination as well as for growth and development of young lettuce plants. LED lighting is, except for increasing germination, energy efficient light source and is recommended to be installed in plant growth chambers and greenhouses because of their lightweight, small volume and long life.

**Keywords:** salad, seed, germination, seedling weight, height of seedlings, fluorescent lighting, LED lighting

**Thesis performed at:** Faculty of agriculture in Osijek

**Mentor:** doc. dr. sc. Tomislav Vinković

**Number of pages:** 40

**Number of figures and graphs:** 22

**Number of tables:** 11

**Number of references:** 31 reference and 9 internet sources

**Number of appendices:** 0

**Original in:** Croatian

**Keywords:** lettuce, LED lighting, FLUO lighting, germination, germination energy, seedlings fresh weight, seedlings height

**Thesis defended on day:** 17.12.2015.

**Reviewers:**

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

**Thesis deposited at:** Library of Faculty of Agriculture in Osijek, Kralja Petra Svačića 1, 31000 Osijek