

Utjecaj svjetla na mineralni sastav te sadržaj klorofila i karotenoida kod mladih izdanaka heljde

Habuš Jerčić, Ivanka; Kereša, Snježana; Bošnjak Mihovilović, Anita; Slunjski, Sanja; Tomaz, Ivana; Bunoza, Katarina

Source / Izvornik: **Zbornik radova 57. hrvatskog i 17. međunarodnog simpozija agronoma, 2022, 210 - 214**

Conference paper / Rad u zborniku

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:307969>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

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



Utjecaj svjetla na mineralni sastav te sadržaj klorofila i karotenoida kod mladih izdanaka heljde

Ivanka Habuš Jerčić, Snježana Kereša, Anita Bošnjak Mihovilović, Sanja Slunjski, Ivana Tomaz, Katarina Bunoza

Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska
(ihabus@agr.hr)

Sažetak

Posljednjih godina sve više raste interes za konzumacijom mladih izdanaka. Mladi izdanci izuzetno su bogati mineralnim tvarima, klorofilom te vitaminima. Način proizvodnje značajno utječe na njihov nutritivni sastav. Vrsta svjetla smatra se vrlo važnim okolinskim čimbenikom koji utječe na fotokemijske procese kod biljaka, koji utječu na koncentraciju mineralnih tvari, klorofila i karotenoida. Cilj istraživanja bio je utvrditi mineralni sastav te sadržaj klorofila i karotenoida kod mladih izdanaka heljde uzgojenih pod FLUO i LED osvjetljenjem. Mladi izdanci uzgajani pod FLUO osvjetljenjem imali su veći sadržaj P, K, Mg i klorofila *b*, dok je kod mladih izdanaka uzgajanih pod LED osvjetljenjem utvrđen veći sadržaj Fe i klorofila *a*.

Ključne riječi: heljda, mladi izdanci, osvjetljenje, minerali, biljni pigmenti

Uvod

U posljednje vrijeme klijanci, mladi izdanci i "baby leaf" povrće predstavljaju rastući segment u sektoru poljoprivredne proizvodnje (Di Gioia i sur., 2017.). Zbog visokog sadržaja klorofila i bioaktivnih spojeva (minerala, vitamina, fenola, karotenoida) ubrajaju se u funkcionalnu hranu. Mladi izdanci konzumiraju se svježi, bez termičke obrade stoga ne dolazi do gubitka nutrijenata kojima su vrlo bogati. Osim hranjivih sastojaka, sadrže bioaktivne spojeve koji mogu pozitivno utjecati na fiziološke procese u organizmu i/ili smanjiti rizik od bolesti (Di Gioia i Santamaria, 2015.).

Način proizvodnje mladih izdanaka značajno utječe na njihov nutritivni sastav. Vrlo važan okolinski čimbenik kod proizvodnje mladih izdanaka je vrsta svjetla. Naime, svjetlost utječe na fotokemijske procese, a time i na sadržaj mineralnih tvari, klorofila i karotenoida u mladim izdancima. Svjetlost na različite načine djeluje na fiziološke reakcije u biljci, a ovisno o vrsti, spektralni sastav i jačina svjetlosti mogu izazvati stresne ili pozitivne reakcije biljke u prirodi ili u proizvodnim uvjetima (Ouzounis i sur., 2015.).

Crveni spektar je osnovni dio vidljive svjetlosti kojeg biljka apsorbira te omogućuje normalan rast biljke i odvijanje fotosinteze. Međutim, dokazani su pozitivni učinci korištenja samo plavog LED spektra svjetlosti (440 – 476 nm) ili u kombinaciji s crvenim LED osvjetljenjem na veći udio klorofila u kineskom kupusu (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*) (Olle i Viršilè 2013.). Rajan i sur. (2019.) također su utvrdili veći sadržaj klorofila i antocijana kod mladih izdanaka crvenog i zelenog bosiljka (*Ocimum basilicum*) uzgajanih pod plavim i crvenim LED svjetlom. Korištenje kombinacije plavog (20 %) i crvenog LED svjetla (80 %) doprinjelo je povećanju sadržaja ukupnog klorofila te klorofila *a* i *b* u mladim izdancima brokule (Zhang i sur., 2020.). Istraživanje koje su proveli Vaštakaitė i sur. (2017.) pokazalo je da „microgreens“ uzgojeni pod utjecajem LED osvjetljenja različitih valnih duljina akumuliraju više makro- i mikroelemenata u odnosu na biljke uzgojene pod

osvjetljenjem *High pressure sodium* (HPS) svjetiljki. Nam i sur. (2018.) analizirali su sadržaj klorofila u kotiledonama kod heljdinih klijanaca koji su bili izloženi raznim izvorima svjetlosti. Utvrđen je veći sadržaj klorofila kod mladih izdanaka izloženih crvenom (RL) i fluorescentom (FL) svjetlu u odnosu na plavo svjetlo (BL). Spektri svijetla FL i RL inducirali su veliko povećanje u akumulaciji klorofila od prvog do devetog dana nakon proklijavanja koje je doseglo razinu od 14,88 odnosno 14,74 mg g⁻¹ svježe tvari, što je bilo znatno više u odnosu na heljdine klijanice uzgajane pod BL svijetlom (6,51 i 1,09 mg g⁻¹ svježe tvari). Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi mineralni sastav te sadržaj klorofila i karotenoida kod mladih izdanaka heljde uzgojenih pod FLUO i LED osvjetljenjem.

Materijal i metode

Uzgoj i evaluacija mladih izdanaka heljde *Fagopirum Esculentom Moench* ('Varaždinska heljda') pod LED i FLUO osvjetljenjem provedena je u komorama rasta i laboratoriju Zavoda za oplemenjivanje bilja, genetiku i biometriku te u Laboratoriju za ishranu bilja Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta. Sjeme heljde prije sjetve močeno je 4 sata u destiliranoj vodi. Zatim je po 400 sjemenki posijano u posudice dimenzija 10 x 11 cm napunjenih supstratom (prirodni treset). Svakih dva dana posudice su zalijevane s 50 ml vode. U komorama rasta gdje su se uzgajali mladi izdanci fotoperiod je iznosio 16/8 sati (svjetlo/tama), pri konstantnoj temperaturi od 22 °C i konstantnoj vlažnosti zraka od 48 %. Izvori umjetnog osvjetljenja bile su fluorescentne lampe Osram L 36W/77 FLUORA ili LED diode proizvođača Philips, model GP LED DR/B 120 HB LO s omjerom crvenog i plavog svjetla 52 % : 48 %. Kod oba tipa osvjetljenja intenzitet je bio jednak, 40 μE m⁻²s⁻¹.

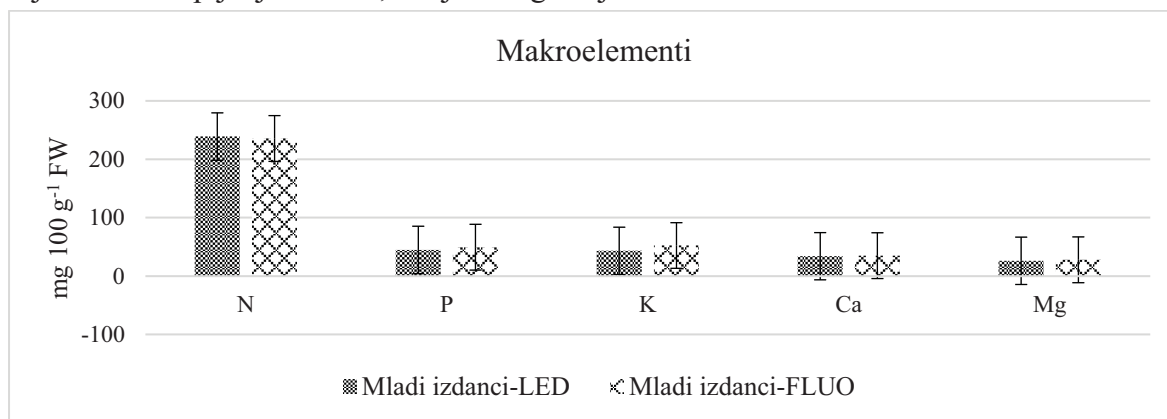
Pokus je postavljen prema slučajnom bloknom rasporedu u tri ponavljanja. Uzgoj mladih izdanaka trajao je 11 dana. Uzorci su nakon toga osušeni na 105°C do konstantne mase i analizirani s ciljem utvrđivanja sastava mikro- i makroelemenata te klorofila i karotenoida. Analiza makro- i mikroelemenata osušenih uzoraka provedena je u analitičkom laboratoriju Zavoda za ishranu bilja sljedećim metodama: ukupni dušik (% N/ST) - Kjeldahlova metoda nakon razgradnje uzoraka (digestije) koncentriranom HNO₃ i HClO₄ (ETHOS 1 MICROWAVE), ukupni fosfor (% P/ST) - spektrofotometrija (EVOLUTION 60S UV-VISIBLE), ukupni kalij (% K/ST) - plamenfotometrija (JANWEY PFP 7), ukupni kalcij i magnezij (% Ca/ST, % Mg/ST) - atomska apsorpcijska spektrometrija (AAS SOLAR THERMO SCIENTIFIC), ukupni mikroelementi (mg kg⁻¹ na ST) - atomska apsorpcijska spektrometrija (AAS SOLAR THERMO SCIENTIFIC), AOAC (2015.). Određivanje klorofila i karotenoida provedeno je prema protokolu opisanom u radu Niroula i sur. (2019.) te izračunato na temelju sljedećih formula: Chl a = 12.21 * A 663 – 2.81 * A 646; Chl b = 20.13 * A 646 – 5.03 * A 663; Car = 4.69 * A 440.5 – 0.268 * (Chl a + Chl b).

Vrijednosti prikazane u rezultatima preračunate su na svježu tvar. Za statističku analizu korištena je jednofaktorijalna analiza varijance i Bonferroni test razine značajnosti 5 % . Analize su provedne pomoću SAS verzije 9.1. (SAS/STAT, 2010.).

Rezultati i rasprava

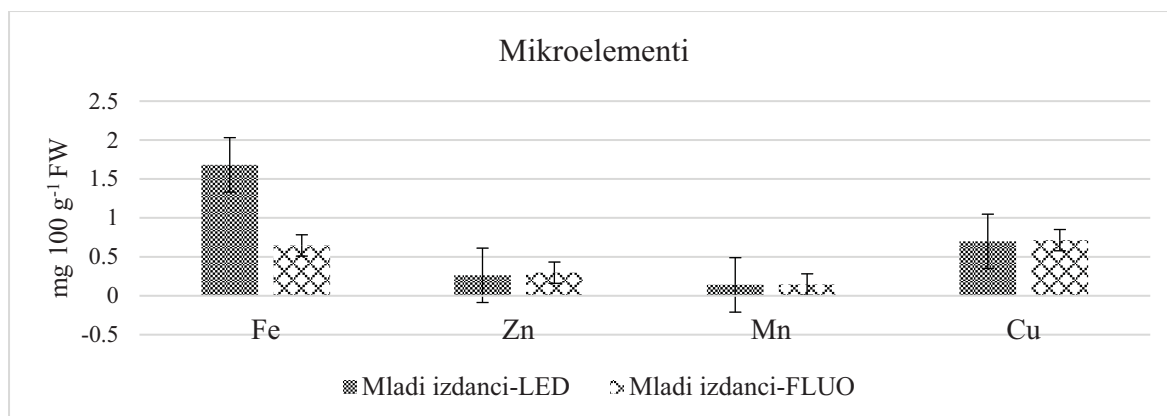
Tip osvjetljenja značajno je utjecao na sadržaj fosfora, kalija i magnezija u mladim izdancima heljde (Grafikon 1). Značajno veći sadržaj prethodno navedenih makroelemenata utvrđen je kod mladih izdanaka uzgajanih pod FLUO osvjetljenjem. Iako je najzastupljeniji makroelement kod mladih izdanaka heljde bio dušik (239 mg 100 g⁻¹ svježe tvari (LED) i 236 mg 100 g⁻¹ svježe tvari (FLUO)), značajne razlike u sadržaju dušika, kao i u sadržaju kalcija, s obzirom na tip osvjetljenja nije bilo. Najmanje zastupljen makroelement u mladim izdancima pod utjecajem obiju vrsta osvjetljenja je bio magnezij, čiji je sadržaj pri LED osvjetljenju iznosio 26 mg 100 g⁻¹ svježe tvari i bio je značajno manji u odnosu na sadržaj pri FLUO osvjetljenju od 28 mg 100 g⁻¹ svježe tvari. Dobiveni rezultati u suprotnosti su s

rezultatima Kopsell i sur. (2014.) koji su utvrdili kod mladih izdanaka brokule značajno povećanje svih makroelemenata pod LED osvjetljenjem kod omjera crvenog i plavog svjetla 80 % : 20 % u odnosu na FLUO osvjetljenje. Međutim Toscano i sur. (2021.) utvrdili su da različite biljne vrste različito reagiraju na nakupljanje mikro- i makroelemenata s obzirom na tip osvjetljenja, što je potvrđeno i ovim istraživanjem. Dobiveni rezultati navode nas na zaključak da kod mladih izdanaka heljde spektralni sastav FLUO osvjetljenja povoljnije utječe na nakupljanje fosfora, kalija i magnezija.



Grafikon 1. Vrijednosti makroelemenata izmjerene u mladim izdancima heljde pod LED i FLUO osvjetljenjem. Vrijednosti označene istim slovom ne razlikuju se pri $P < 0,01$

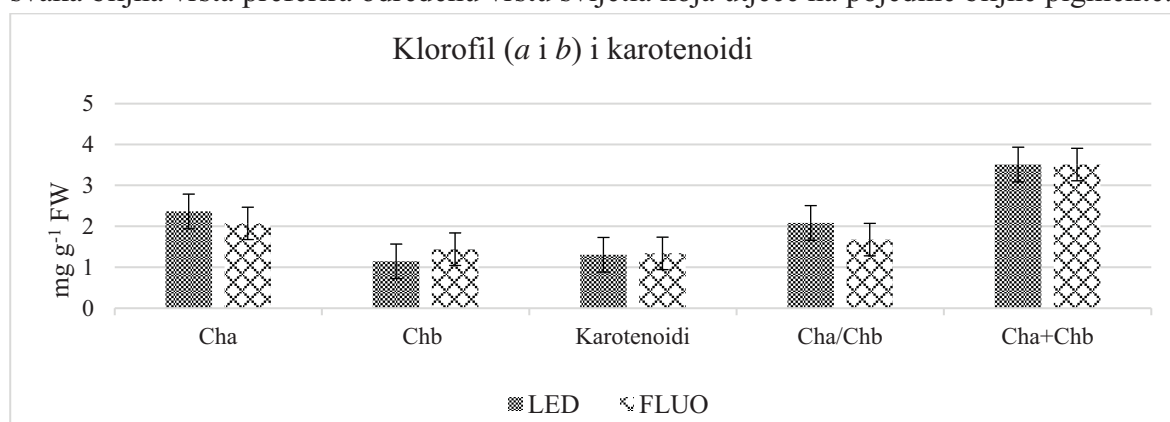
Tip osvjetljenja značajno je utjecao na sadržaj željeza i cinka u mladim izdancima heljde, a nije utjecao na sadržaj mangana i bakra (Grafikon 2). Sadržaj željeza pri LED osvjetljenju iznosio je 1,68 mg 100 g⁻¹ svježe tvari i značajno se razlikovao od sadržaja željeza kod mladih izdanaka uzgojenih pod FLUO osvjetljenjem (0,65 mg Fe 100 g⁻¹ svježe tvari). Značajno povećanje željeza pod LED osvjetljenjem utvrdili su i Kopsell i sur. (2014.) u mladim izdancima brokule. Za razliku od željeza, na povećan sadržaj cinka značajno je utjecalo FLUO osvjetljenje. Brazaityte i sur. (2019.) su utvrdili pozitivan utjecaj UV-a svjetla od 402 nm valne dužine na povećan sadržaj fosfora, magnezija, mangana, cinka i bakra u odnosu na LED osvjetljenje.



Grafikon 2. Vrijednosti mikroelemenata izmjerene kod mladih izdanaka heljde pod LED i FLUO osvjetljenjem. Vrijednosti označene istim slovom ne razlikuju se pri $P < 0,001$.

U Grafikonu 3. prikazan je sadržaj klorofila (*a* i *b*) te karotenoida u mladim izdancima heljde uzgajanim pod LED i FLUO osvjetljenjem. Značajno veći sadržaj klorofila *a* te veći udio klorofila *a* u odnosu na klorofil *b* utvrđen je u mladim izdancima uzgajanim pod LED osvjetljenjem te je iznosio 2,36 mg g⁻¹ svježe tvari. Sadržaj klorofila *b* bio je veći pri FLUO

osvjetljenju te je iznosio 1,44 mg g⁻¹ svježje tvari. Ukupni sadržaj klorofila *a+b* se nije razlikovao s obzirom na tip osvjetljenja. Brojni autori utvrdili su povećan sadržaj klorofila kod mladih izdanaka uzgojenih pod LED osvjetljenjem (Lobiuc i sur., 2017.; Kopsell i sur., 2014.; Vaštakaitė i sur., 2017.; Rajan i sur., 2019.), iako se povećanje odnosilo na obje vrste klorofila, a ne samo na klorofil *a* kao u ovom istraživanju. Sadržaj karotenoida kod mladih izdanaka kod obje vrste osvjetljenja bio je gotovo jednak te je iznosi oko 1,3 mg g⁻¹ svježje tvari. Rezultati drugih istraživanja vezanih uz varijaciju sadržaja karotenoida s obzirom na tip osvjetljenja oprečni su. Lobiuc i sur. (2017.) utvrdili su gotovo jednak sadržaj karotenoida pod LED i FLUO osvjetljenjem kod mladih izdanaka crvenog i zelenog bosiljka što je u suglasnosti s rezultatima ovog istraživanja. Nasuprot tome Kapsell i sur. (2014.) utvrdili su značajno veći sadržaj karotenoida pod LED osvjetljenjem kod mladih izdanaka brokule pri kombinaciji crvenog i plavog svjetla u omjeru 80 % : 20 %. Stoga možemo zaključiti da svaka biljna vrsta preferira određenu vrstu svjetla koja utječe na pojedine biljne pigmente.



Grafikon 3. Sadržaj klorofila (*a* i *b*) i karotenoida kod mladih izdanaka heljde pod LED i FLUO osvjetljenjem. Vrijednosti označene istim slovom ne razlikuju se pri $P < 0,05$.

Zaključak

Tip osvjetljenja kod uzgoja mladih izdanaka ima značajan utjecaj na sadržaj pojedinih makro- i mikroelemenata kao i na sadržaj biljnih pigmenata. Značajan utjecaj na povećanje sadržaja fosfora, kalija, magnezija i cinka imalo je FLUO osvjetljenje. LED osvjetljenje je imalo značajan utjecaj na povećanje željeza. Ovim istraživanjem nisu potvrđeni rezultati drugih autora, koji su utvrdili značajan utjecaj LED osvjetljenja na povećanje sadržaja makro- i mikroelemenata kod mladih izdanaka. Stoga bi u sljedećim istraživanjima trebalo testirati veći broj LED svjetala s različitim spektrom kako bi se mogao donjeti precizniji zaključak o utjecaju LED svjetala na sadržaj nutrijenata kod mladih izdanaka heljde. Na koncentraciju ukupnog klorofila kao niti karotenoida nije značajno utjecao tip osvjetljenja.

Literatura

- AOAC (2015). *Official Method of Analysis of AOAC International*, Gaithersburg, Maryland, USA.
- Brazaityte A., Viršile A., Samuoliene G., Vaštakaite-Kairiene V., Jankauskiene J., Miliauskiene J., Novičkovas A., Duchovskis P. (2019). Response of Mustard Microgreens to Different Wavelengths and Durations of UV-A LEDs. *Frontier in Plant Science*. Volumen (10):1153.
- Di Gioia, F., Renna, M., Santamaria, P. (2017). Sprouts, Microgreens and “Baby Leaf” Vegetables. *Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables*. 403–432.

- Di Gioia, F., Santamaria, P. (2015). The nutritional properties of microgreens. In book: *Microgreens: Novel, fresh and functional food to explore all the value of biodiversity*. 41-50.
- Kopsell D. A., Sams C. E., Casey T. (2014). Barickman Sprouting Broccoli Accumulate Higher Concentrations of Nutritionally Important Metabolites under Narrow-band Light-emitting Diode Lighting. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. Volumen (139): 469–477.
- Lobiuc A., Vasilache V., Pintilie O., Stoleru T., Burducea M., Oroian M., Zamfirache M.M. (2017). Blue and Red LED Illumination Improves Growth and Bioactive Compounds Contents in Acyanic and Cyanic *Ocimum basilicum* L. *Microgreens*. *Molecules*. Volumen (22): 2111.
- Nam T.G., Nam T., Lim Y. J., Lim J., Hyun Eom S. (2018). Flavonoid accumulation in common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) sprout tissues in response to light. *Horticulture, environment and biotechnology*. Volumen (59): 19-27.
- Niroula A., Khatri S., Timilsina R., Khadka D., Khadka A., Ojha, P. (2019). Profile of chlorophylls and carotenoids of wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) microgreens. *Journal of Food Science and Technology*. Volumen (56): 2758–2763.
- Ouzounis T., Rosenqvist E., Ottosen C.-O. (2015). Spectral Effects of Artificial Light on Plant Physiology and Secondary Metabolism: A Review. *Department of Food Science*. Volumen 50: 1128-1135.
- Olle M., Viršilė A. (2013). The effects of light-emitting diode lighting on greenhouse plant growth and quality. *Agricultural and Food Science*. Volumen (22): 223–234.
- Rajan P., Lada R.R., MacDonald M.T. (2019). Advancement in Indoor Vertical Farming for Microgreen Production. *American Journal of Plant Sciences*. Volumen (10): 1397 – 1408.
- SAS/STAT (2010). SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Toscano S., Cavallaro V., Ferrante A., Romano D., Patané C. (2021). Effects of Different Light Spectra on Final Biomass Production and Nutritional Quality of Two Microgreens. *Plants*. Volumen (10): 1584.
- Vastakaite V., Viršile A., Brazaityte A., Samuoliene G., Jankauskiene J., Novickovas A., Duchovskis P. (2017). Pulsed Light-Emitting Diodes for a Higher Phytochemical Level in Microgreens. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. Volumen 65(31): 6529–6534.
- Zhang X., Bian Z., Yuan X., Chen X., Lu C. (2020). A review on the effects of light-emitting diode (LED) light on the nutrients of sprouts and microgreens. *Trends in Food Science & Technology*. Volumen (99): 203-216.

Influence of light on mineral composition, chlorophyll and carotenoid content in buckwheat microgreens

Abstract

In recent years, there is a growing interest in consuming microgreens. Microgreens are extremely rich in minerals, chlorophyll and vitamins. Production method significantly affects their nutritional composition. The type of light is considered a very important environmental factor influencing the photochemical processes in plants, which affect the composition of minerals, chlorophyll and carotenoids. The aim of the study was to determine the mineral composition and content of chlorophyll and carotenoids in young shoots of buckwheat grown under FLUO and LED lighting. Young shoots grown under FLUO lighting had a higher content of P, K, Mg and chlorophyll *b*, while young shoots grown under LED lighting had a higher content of Fe and chlorophyll *a*.

Key words: buckwheat, microgreens, light, minerals, plant pigments