

BODOVÉ SVĚTELNÉ ZDROJE TYPU LED PRO KULTIVACI OVOCNÝCH DRUHŮ *IN VITRO*

LED POINT LIGHT SOURCES FOR *IN VITRO* CULTIVATION OF FRUIT SPECIES

Alexandra Slámová, Matěj Semerák

VÝZKUMNÝ A ŠLECHTITELSKÝ ÚSTAV OVOCNÁŘSKÝ HOLOVOUSY s.r.o., Holovousy
129, Holovousy 508 01

e-mail: alexandra.slamova@vsuo.cz, ORCID ID: 0009-0007-5431-1102

ABSTRAKT

Různé barvy světla prostřednictvím fotoreceptorů významně ovlivňují morfogenezi rostlin, proto je při kultivaci pod umělým osvětlením třeba dbát vhodného spektrálního složení. Sledovali jsme růst *in vitro* kultur důležitých ovocných druhů a stanovili též obsah listových barviv po 5týdenní kultivaci při bílém, modročerveném a proměnlivém světle pod LED bodovými svítidly v teplejší a chladnější místnosti. Zkoumané jádroviny vykazovaly nejvyšší obsah barviv v chladnější variantě s modročerveným (průměrně 0,214 mg/g chlorofylů a 0,044 mg/g karotenoidů) a proměnlivým (průměrně 0,219 mg/g chlorofylů a 0,045 mg/g karotenoidů) světlem. Hodnoty zaznamenané u třešně byly v porovnání s ostatními druhy dvojnásobné u většiny variant. Jedinou výjimkou byly hodnoty v chladnější místnosti při proměnlivém osvětlení, kde naopak se obsah chlorofylů (0,237 mg/g) a karotenoidů (0,049 mg/g) přibližoval průměru u ostatních druhů.

Klíčová slova: mikropropagace, světlo, spektrum, chlorofyl, karotenoidy

ABSTRACT

Various light colours influence plant morphogenesis through photoreceptors; therefore, it is necessary to pay attention to the spectral composition when cultivating under artificial light. We observed the growth of *in vitro* cultures of important fruit species and determined the content of leaf pigments after 5-week cultivation under white, blue-red and changing light using LED point sources in a warmer and colder room. Pome fruits showed the highest content of pigments in the colder room with blue-red (in average 0.214 mg/g chlorophylls and 0.044 mg/g carotenoids) and changing (in average 0.219 mg/l chlorophylls and 0.045 mg/g carotenoids) light. The most values noticed in cherry were twofold in comparison with other species. The only exception was reached in colder room with changing light where the content of chlorophylls (0.237 mg/g) and carotenoids (0.049 mg/g) got close to the average of other species.

Keywords: micropropagation, light, spectrum, chlorophyll, carotenoids

ÚVOD

Světlo představuje pro rostliny esenciální faktor. Tento faktor není možné v přirozeném prostředí ovlivnit nebo pouze v omezeném rozsahu. Nicméně v prostředí *in vitro* lze pracovat s různým umělým osvětlením z hlediska teploty světla, barevného spektra a dalších parametrů. Tyto parametry jsou pro rostlinu důležité nejen pro správný růst a její fyziologické procesy, ale také umožňují zvolit přesný typ osvětlení dle daného účelu v rámci *in vitro* kultury (multiplikace, kořenění, komerční množení atd.). K tomuto účelu se nám nabízí výběr hned z několika typů osvětlení. V současné době se zdá být dříve hojně používané fluorescenční světlo překonáno LED osvětlením. LED svítidla umožňují přesnou přeměnu elektrické energie na fotony specifických vlnových délek při požadované hustotě toku fotosynteticky aktivních fotonů (PPFD). Díky tomu je LED zdroj účinnější a vznikají pouze zanedbatelné tepelné ztráty v porovnání s ostatními umělými zdroji světla (Gupta a Agarwal 2017). Navíc vzhledem k energetické krizi se LED svítidla stávají stále vyhledávanějším zdrojem osvětlení díky své nízké spotřebě energie a cenové dostupnosti oproti fluorescenčnímu osvětlení.

Mezi hlavní nedostatky fluorescenčního osvětlení patří omezený rozsah viditelného spektra, relativně vysoké tepelné ztráty a nižší efektivita a životnost. Kromě toho obsahuje toxické látky, např. rtuť (Barceló-Muñoz *et al.* 2022). Ze studie Gupta a Jatothu (2013) vyplývá, že aplikace LED osvětlení v *in vitro* podmínkách byla úspěšná jak z hlediska morfogeneze, tak i v podpoře růstu u mnoha druhů rostlin. V současnosti se jeví technologie LED osvětlení jako nejlepší a nejdostupnější varianta pro kultivaci nebo komerční množení rostlin v *in vitro* podmínkách.

Z hlediska využití světelného spektra je pro rostliny důležitá oblast fotosynteticky aktivního záření, která se pohybuje od 400 do 700 nm (Barceló-Muñoz *et al.* 2022). Ve slunečním spektru se nacházejí 2 vrcholy absorpce chlorofylu na vlnových délkách 430–450 nm a 640–660 nm (Sarropoulou *et al.* 2023).

Fytochrom je fotoreceptor pro červenou (600–700 nm) a tzv. dalekou červenou – barvu viditelnou okem, která končí těsně před infračerveným světlem (700–750 nm). Vyskytují se v aktivní a pasivní formě. Fytochromy vyvolávají širokou škálu reakcí, např. klíčení semen, stimulace růstu stonku a řapíku, deetiolace (přeměna etioplastů na chloroplasty), indukce kvetení aj. (Iacona a Muleo 2010, Naznin *et al.* 2019).

Fotoreceptory modré barvy, kryptochromy a fototropiny, zprostředkovávají rychlost růstu a utváření kořene a jeho fototropismus, také podporují akumulaci pigmentu (Iacona a Muleo 2010, Naznin *et al.* 2019). Rodrigues *et al.* (2022) se domnívají, že modré světlo přímo či nepřímo inhibuje oxidaci taninů a polyfenolů z kořenů. Působení modrého světla (420–500 nm) vyvolává větší produkci výhonků v porovnání s červeným světlem, ale vytvářejí se při něm menší lístky (Lotfi 2022). Bylo také několikrát prokázáno, že modročervené LED světlo způsobuje lepší růst a morfogenezi oproti jednotlivým LED diodám (Gupta a Jatothu 2013).

UVR8 (UV Resistance Locus 8) je fotoreceptor zachycující ultrafialové světlo (280–315 nm). Podílí se na regulaci růstu a vývoje rostlin a poskytuje rostlině ochranu před UV zářením (Cavallaro *et al.* 2022). Bylo zjištěno, že fialové LED světlo (380–420 nm) podporuje tvorbu výhonků a olistění a významně ovlivňuje vegetativní růst zázvoru lékařského (Gnasekaran *et al.* 2021).

Zelené světlo (520–565 nm) může být pro růst rostlin také účinné. Dle Folta *et al.* (2005) podporuje prodlužování stonku v rané fázi. Naopak Folta a Maruhnich (2007) tvrdí, že absorpce zeleného světla fytochromy a kryptochromy vedla ke zpomalení vegetativního vývoje. Kombinace zeleného a červeného LED světla způsobila zrychlený růst rostlin s delšími

výhonky než u monochromatického LED světla (Lupo *et al.* 2022). Podle Chung *et al.* (2020) probíhala při zeleném monochromatickém světle nejnižší rychlost fotosyntézy. Naproti tomu u polychromatických LED diod obsahujících červené, zelené a modré spektrum (R:G:B) se prokázala vysoká rychlost fotosyntézy.

Žluté světlo (565–590 nm) pozitivně ovlivňuje vývoj listů a prodlužování výhonků (Glowacka 2004). Dle Nacheva *et al.* (2021) je často využívané bílé světlo nejméně účinné při tvorbě nových listů. Zato obsah fotosyntetických pigmentů (chlorofyl A a B, karotenoidy) byl pod bílým světlem vyšší než pod modrým nebo červeným. Nejlepších výsledků z hlediska stimulace růstu a intenzity fotosyntézy bylo dosaženo kombinací modrého, červeného, dlouhovlnného červeného (tzv. far red) a bílého světla (Nacheva *et al.* 2021).

Působení světla je rozsáhle popsáno u bylinných druhů, zatímco v případě dřevin existuje pouze minimální množství údajů zabývajících se spektrem a kvalitou světla (Batista *et al.* 2018). Důvodů existuje hned několik. Morini a Muleo (2003) poukazují na snížený vliv kvality světla na dřeviny v porovnání s bylinnými druhy. Dalším důvodem může být široké uplatnění studeného bílého světla, které se nejčastěji používá v kultivačních místnostech pro všechny druhy. Nicméně studie zaměřující se na kvalitu světla odhalily, že použití spekter s výraznými složkami vybraných barev místo bílého světla zvýšilo účinnost mikropropagace (Gupta a Jatohu 2013).

MATERIÁL A METODY

Výchozí explantátové kultury byly získány z *in vitro* genofondové banky ovocných druhů ve VŠÚO. Jednalo se o odrůdy jabloně 'Košíkové' a 'Golden Delicious', hrušně 'Erika' a 'Lucasova', slivoně 'Švestka domácí' a 'Durancie', třešně 'Tamara' a višně 'Vítova'. Materiál byl před začátkem experimentu i během jeho trvání kultivován ve 100 mL Erlenmeyerových baňkách s 30 mL živného média (MS) dle Murashige & Skoog (1962). Médium obsahovalo 30 g/L sacharózy, 4 mg/L kyseliny askorbové, 1,5 mg/L 6-benzylaminopurinu (BAP) a 0,1 mg/L kyseliny indol-3-másečné (IBA). Hodnota pH byla upravena na 5,7. Do média bylo přidáno 8,5 g/L agaru Difco Bacto.

Experiment probíhal ve dvou kultivačních místnostech. V obou byla nastavena 12hodinová fotoperioda, lišily se však teplotou. V jedné se v úrovni pěstebních baněk pohybovala teplota kolem 26 °C ve dne a 22 °C v noci, ve druhé to bylo 23 °C ve dne a 17 °C v noci. V obou kultivačních místnostech byly na pěstebních policích vytvořeny 3 odstíněné oddíly (Obr. 1). Všechny byly osazeny LED bodovými zdroji RGB+3000K 5W (T-LED, s.r.o.), které obsahují 4 druhy diod: první vyzařují spojité spektrum s teplotou chromatičnosti 3000 K, druhé modré světlo s maximem při 455 nm, třetí světlo červené s maximem kolem 630 nm, poslední mají maximum při 515 nm, čili v zelené oblasti. Svítidla umožňují též kombinaci jednotlivých barev v různé intenzitě a rovněž střídání všech dostupných spekter v krátkých intervalech.

V prvním oddílu bylo nastaveno teplé bílé světlo (Graf 1), ve druhém kombinované modročervené (Graf 2). Ve třetím bylo využito funkce střídání, složení světla se zde v dvousekundových intervalech měnilo. Během každých 30 sekund se vystřídal 15 spekter. U 5 barev dominovala červená, přičemž postupně narůstalo podružné maximum v zelené oblasti. Následující 4 barvy měly společnou právě zelenou složku, tu však postupně převýšil vrchol v modré. U zbylých 6 barev převažovala modrá, přičemž zelená složka postupně vymizela a naopak opět narůstalo zastoupení červené (Grafy 3, 4 a 5). Intenzita záření se v úrovni pěstebních baněk ve všech oddílech pohybovala mezi 5 a 10 W/m².

Do každé z 6 variant bylo umístěno po 3 baňkách s explantáty od všech 8 zmíněných odrůd. V každé baňce byly nasazeny 2 až 3 explantáty. Experiment byl vyhodnocen po 34 dnech. Byla provedena fotodokumentace a porovnání vzhledu výhonů v jednotlivých variantách a rovněž byl spektrofotometricky stanoven obsah chlorofylu A, chlorofylu B a karotenoidů v materiálu z jednotlivých variant.

V každé variantě byly pro měření barviv vybrány 2 baňky, z každé byl odebrán směsný vzorek ze všech explantátů. Vzorky, zmrazené kapalným dusíkem, byly rozetřeny s malým množstvím $MgCO_3$ a písku. Do mikrozkuvek bylo odváženo 90 až 110 mg rozetřeného materiálu a ke každé navážce přidáno 1,5 mL methanolu. Po krátkém protřepání byly mikrozkuvky centrifugovány po dobu 5 minut při 16000 g. Stanovení obsahu chlorofylu A, chlorofylu B a karotenoidů v supernatantech proběhlo dle Wellburna (1994) pomocí spektrofotometru Genesys 180 (Fisher Scientific, s.r.o.). Výsledné hodnoty pro sestrojení grafů byly pro jednotlivé varianty získány jako průměr z měření příslušných 2 směsných vzorků.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Vzhled explantátů v různých variantách se pronikavě nelišil, rozdíly mezi jednotlivými výhony v baňkách téže varianty (Obrázek 2) sejevily výraznějšími než rozdíly mezi variantami.

Výsledky spektrofotometrických stanovení listových barviv jsou vyneseny v grafech 6 a 7. Celkově nejvyšší obsah barviv byl zjištěn u třešně odrůdy 'Tamara', a to zejména pod bílým světlem (průměrně 0,548 mg/g chlorofylů a 0,096 mg/g karotenoidů). Jedině v chladnější místnosti ve variantě se světlem proměnlivým vykazovala třešeň hodnoty výrazně nižší (průměrně 0,237 mg/g chlorofylů a 0,049 mg/g karotenoidů), srovnatelné s ostatními druhy. Podobná tendence se projevila i u višně s průměrnými hodnotami 0,248 mg/g chlorofylů a 0,053 mg/g karotenoidů pod bílým osvětlením. U jádrovin nastal zcela jiný trend. Nejvyšší obsah všech barviv byl zaznamenán právě v chladnější kultivační místnosti ve variantách s modročerveným (průměrně 0,214 mg/g chlorofylů a 0,044 mg/g karotenoidů) a proměnlivým (průměrně 0,219 mg/g chlorofylů a 0,045 mg/g karotenoidů) světlem. U slivoní bylo vyšších průměrných hodnot dosaženo u odrůdy 'Durancie', a to zejména pod modročerveným osvětlením (průměrně 0,256 mg/g chlorofylů a 0,049 mg/g karotenoidů).

Chung *et al.* (2020) doporučují pro explantátové kultury slabě rostoucí jabloňové podnože M9 při osvětlení modrým a červeným světlem v poměru 1:9, případně kombinací modrého, zeleného a červeného v poměru 1:1:8. Při experimentech s různými podnožemi pod bílým, modrým a červeným spektrem však byly zjištěny rozdíly mezi genotypy (Geng *et al.* 2015). Výsledky pro jabloně odrůdy 'Košíkové' a 'Golden Delicious' v našem experimentu se výrazně nelišily, avšak lze očekávat, že podobně jako u podnoží bude i mezi odrůdami panovat variabilita.

Studie Dimitrova *et al.* (2021) popisuje, že hrušně pěstované pod smíšeným LED světlem dosáhly větší velikosti listů a lepšího fotosyntetického výkonu. Nicméně také poznamenává, že nejvyšší obsah chlorofylů A a B i karotenoidů byl zjištěn u rostlin pěstovaných pod bílým světlem. V obsahu barviv se výsledky našeho experimentu odlišovaly (ovšem záleželo i na teplotě), rozdíl mohl být způsoben kultivačními podmínkami – fotoperioda činila při zmíněném výzkumu 16 hodin oproti našim 12.

Třešňová podnož 'Colt' vykazovala pod modročerveným spektrem vyšší obsah chlorofylů než pod světlem bílým (Iacona a Muleo 2010). U námi sledované odrůdy třešně 'Tamara' tomu

bylo naopak, což může opět ukazovat na variabilitu mezi genotypy. I zde však jistě hraje roli rozdílně nastavená fotoperioda (16 hodin) a možná také fakt, že studie lacona a Muleo proběhla s použitím fluorescenčních svítidel.

Proměnlivého spektra se při kultivaci rostlinného materiálu zpravidla neužívá. Námi použité LED zdroje však nenabízejí směs modré, zelené i červené v rámci jednoho spektra, a tudíž byla do našeho experimentu zahrnuta právě i proměnlivá varianta, aby tuto kombinaci umožnila. Soudě podle obsahu listových barviv se toto kombinované spektrum osvědčilo zejména u jaderovin.

ZÁVĚR

LED svítidla skýtají bohatý výběr volitelných spekter pro pěstování rostlinných explantátů. Kromě klasické bílé a dnes již také hojně využívané modré a červené jsme v prostředí *in vitro* vyzkoušeli pro kultivaci jaderovin a peckovin i variantu se střídající se barvou, která umožnila přidat zelenou část spektra.

Vzhledově se od sebe explantáty v jednotlivých variantách výrazněji nelišily, avšak pozorovali jsme rozdíly v obsahu listových barviv. Patrně nejprůkaznější byl výsledek u jaderovin – zde byl nejvyšší obsah chlorofylů a karotenoidů zaznamenán při modročerveném a proměnlivém světle (ovšem jen v chladnější kultivační místnosti), a u třešně, kde jsme při proměnlivém osvětlení zjistili naopak pokles obsahu barviv.

Materiál byl pod zkoumanými zdroji kultivován poměrně krátce (5 týdnů), spolehlivější výsledky by v budoucnu přineslo prodloužení experimentu. Rovněž počet vzorků pro měření barviv by se v zájmu statistické zpracovatelnosti měl zvýšit. Dle dostupných literárních zdrojů lze předpokládat, že výsledky budou vykazovat nejen mezidruhové, nýbrž i mezidruhové rozdíly.

PODĚKOVÁNÍ

Výsledek byl vytvořen za podpory projektu institucionální podpory RO1523 (MZe) a projektu NAZV QK21020395. Za pomoc při výběru vhodných svítidel pro rekonstrukci kultivační místnosti, zaškolení v oblasti indoor pěstování a kompletní realizaci bodových LED zdrojů děkujeme p. Emanuelu Valovi (<http://www.vyzkumnastanice.cz>).

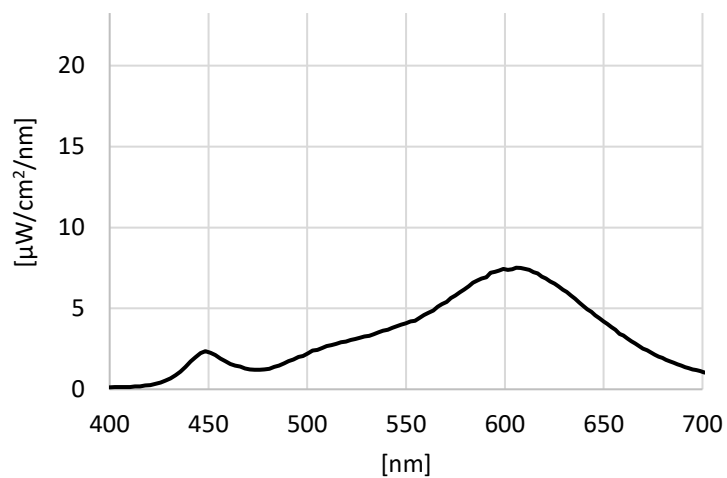
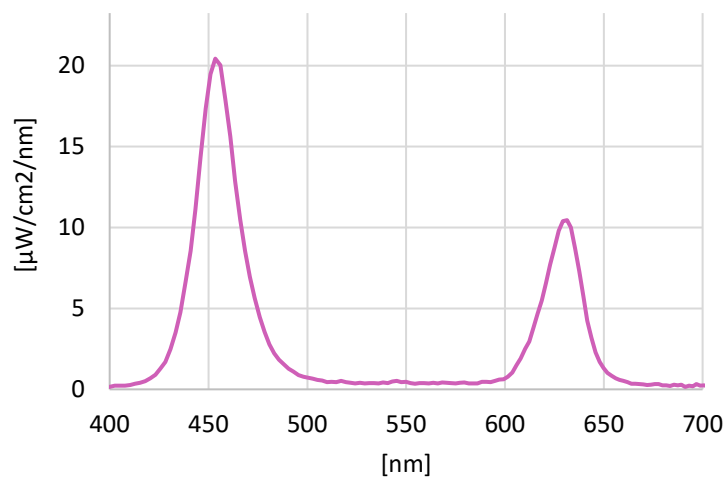
LITERATURA

- BATISTA, D.S. *et al.* Light quality in plant tissue culture: does it matter? *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*. 2018, 54(3): 195–215. DOI: 10.1007/s11627-018-9902-5.
- BARCELÓ-MUÑOZ, A., M. BARCELÓ-MUÑOZ a A. GAGO-CALDERON. Effect of LED Lighting on Physical Environment and Microenvironment on In Vitro Plant Growth and Morphogenesis: The Need to Standardize Lighting Conditions and Their Description. *Plants*. 2022, 11(1). DOI: 10.3390/plants11010060.
- CAVALLARO, V. *et al.* Light and Plant Growth Regulators on In Vitro Proliferation. *Plants*. 2022, 11(7): 844. DOI: 10.3390/plants11070844.
- DIMITROVA, N. *et al.* Preliminary Study on the Effect of LED Light and Cytokinin on the Growth of Pear Plants In Vitro. In: *Proceedings of the 5th Balkan Scientific Conference on Biology*,

- Institute of Biodiversity and Ecosystem Research, Bulgarian Academy of Sciences. 2021.. DOI: 10.5281/zenodo.4651621.
- FOLTA, K.M. *et al.* Design and fabrication of adjustable red-green-blue LED light arrays for plant research. *BMC Plant Biology*. 2005, 5(1): 1–11. DOI: 10.1186/1471-2229-5-17.
- FOLTA, K.M. a S.A. MARUHNICH. Green light: a signal to slow down or stop. *Journal of Experimental Botany*. 2007, 58(12): 3099–3111. DOI: 10.1093/jxb/erm130.
- GENG, F. *et al.* In Vitro Shoot Proliferation of Apple Rootstocks 'B.9', 'G.30', and 'G.41' Grown under Red and Blue Light. *HortScience*. 2015, 50(3): 430–433. DOI: 10.21273/HORTSCI.50.3.430.
- GLOWACKA, B. Influence of light colour on micropropagation of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Biotechnology*. 2004, 65(2): 168–175.
- GNASEKARAN, P. *et al.* Development of micropropagation system of *Zingiber officinale* var. *rubrum* Theilade using different spectrum light-emitting diode (LED) irradiation. *Industrial Crops and Products*. 2021, 170. DOI: 10.1016/j.indcrop.2021.113748.
- GUPTA, D.S. a B. JATOTHU. Fundamentals and applications of light-emitting diodes (LEDs) in in vitro plant growth and morphogenesis. *Plant Biotechnology Reports*. 2013, 7(3): 211–220. DOI: 10.1007/s11816-013-0277-0.
- GUPTA, D.S. a A. AGARWAL. Influence of LED Lighting on In Vitro Plant Regeneration and Associated Cellular Redox Balance. In: DUTTA GUPTA, S., ed. *Light Emitting Diodes for Agriculture*. Singapore: Springer Singapore, 2017: 273–303. ISBN 978-981-10-5806-6. DOI: 10.1007/978-981-10-5807-3_12.
- CHUNG, G.-J., J.-H. LEE a M.-M. OH. Growth and Acclimation of In Vitro-Propagated M9 Apple Rootstock Plantlets under Various Visible Light Spectrums. *Agronomy*. 2020, 10(7). DOI: 10.3390/agronomy10071017.
- IACONA, C. a R. MULEO. Light quality affects in vitro adventitious rooting and ex vitro performance of cherry rootstock Colt. *Scientia Horticulturae*. 2010, 125(4): 630–636. DOI: 10.1016/j.scienta.2010.05.018.
- LOTFI, M. Effects of monochromatic red and blue light-emitting diodes and phenyl acetic acid on in vitro mass production of *Pyrus communis* 'Arbi'. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*. 2022, 5(2): 119 – 128. DOI: 10.22077/jhpr.2021.4517.1229.
- LUPO, M. *et al.* LED Lighting Effects on Plant Growth and Quality of *Pyrus communis* L. Propagated In Vitro. *Agronomy*. 2022, 12(10). DOI: 10.3390/agronomy12102531.
- MORINI, S. a R. MULEO. Effects of Light Quality on Micropropagation of Woody Species. In: JAIN, S. Mohan a Katsuaki ISHII, ed. *Micropropagation of Woody Trees and Fruits*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2003: 3–35. ISBN 978-94-010-3964-2. DOI: 10.1007/978-94-010-0125-0_1.
- MURASHIGE, T. a F. SKOOG. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*. 1962, 15(3): 473–497. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.
- NACHEVA, L. *et al.* Effect of led lighting on the growth of raspberry (*Rubus idaeus* L.) plants in vitro. *Agricultural Sciences*. 2021, 13(29): 126–140. DOI: 10.22620/agricisci.2021.29.015.
- NAZNIN, M. *et al.* Blue Light added with Red LEDs Enhance Growth Characteristics, Pigments Content, and Antioxidant Capacity in Lettuce, Spinach, Kale, Basil, and Sweet Pepper in a Controlled Environment. *Plants*. 2019, 8(4). DOI: 10.3390/plants8040093.

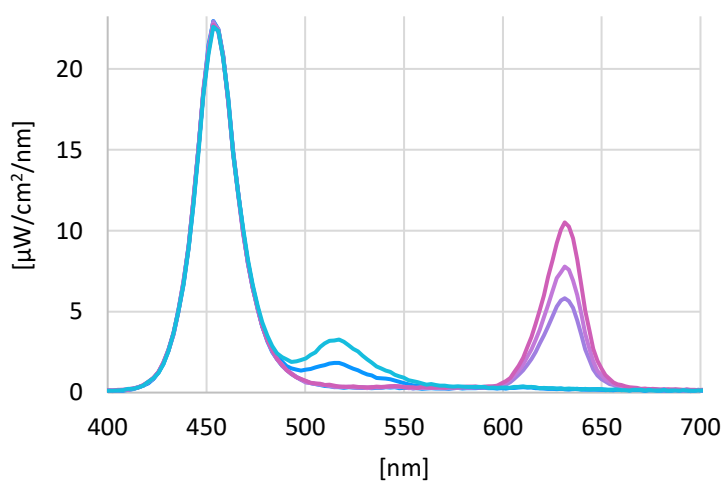
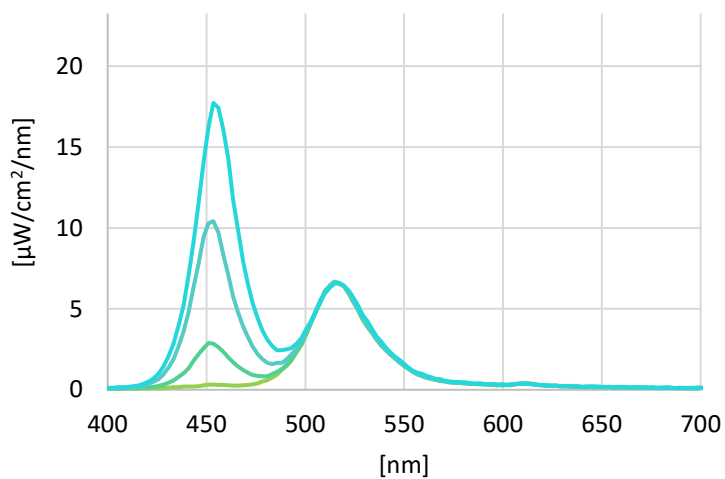
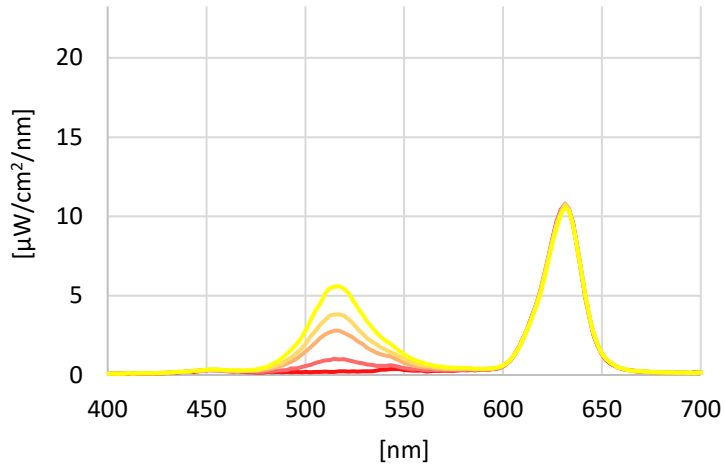
- RODRIGUES, P.H.V. *et al.* Effects of different light spectra on the slow-grown in vitro storage and quality of banana plantlets cv. Prata Catarina (AAB). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2022, 150(2): 479–485. DOI: 10.1007/s11240-022-02280-x.
- SARROPOULOU, V. *et al.* The use of different LEDs wavelength and light intensities for in vitro proliferation of cherry rootstock: influence on photosynthesis and photomorphogenesis. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2023, 152(2): 317–330: DOI: 10.1007/s11240-022-02408-z.
- WELLBURN, A.R. The Spectral Determination of Chlorophylls *a* and *b*, as well as Total Carotenoids, Using Various Solvents with Spectrophotometers of Different Resolution. *Journal of Plant Physiology*. 1994, 144(3): 307–313. DOI: 10.1016/S0176-1617(11)81192-2.

GRAFY

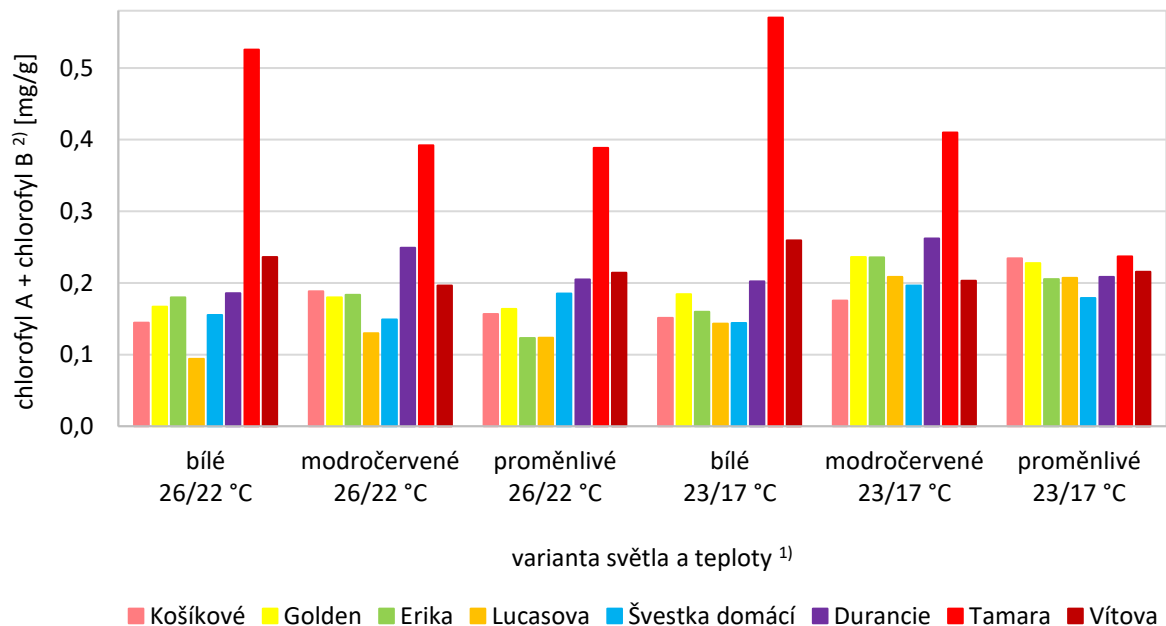
Graf 1. Spektrum světla v bílé variantě**Graph 1.** Light spectrum in the white variant**Graf 2.** Spektrum světla v modročervené variantě**Graph 2.** Light spectrum in the blue-red variant

Graf 3, 4 a 5. Spektra světla v proměnlivé variantě – 5 s pevnou červenou, 4 s pevnou zelenou a 6 s pevnou modrou složkou

Graphs 3, 4 and 5. Light spectrum in the changing variant – 5 with the fixed red, 4 with the fixed green and 6 with the fixed blue peak

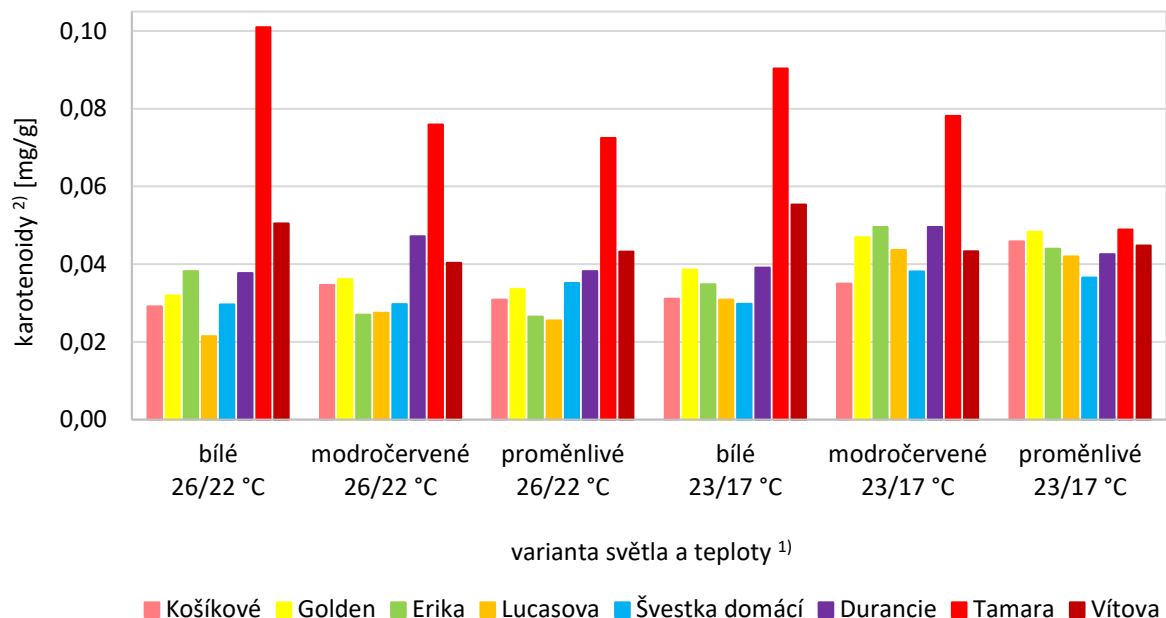


Graf 6. Obsah chlorofylů při kultivaci za různých světelných a teplotních podmínek
Graph 6. Chlorophyll content after cultivation under various light and temperature conditions



1) Light and temperature variant (bílé = white, modročervené = blue-red, proměnlivé = changing),
 2) Chlorophyll A + chlorophyll B

Graf 7. Obsah karotenoidů po kultivaci za různých světelných a teplotních podmínek
Graph 7. Carotenoid content after cultivation under various light and temperature conditions



1) Light and temperature variant (bílé = white, modročervené = blue-red, proměnlivé = changing),
 2) Carotenoids

FOTOGRAFIE

Obrázek 1. Odstíněné oddíly pro kultivaci pod různým osvětlením

Picture 1. Separated compartments for cultivation under various light



(autor fotografie: Alexandra Slámová)

Obrázek 2. Kultury třešně odrůdy 'Tamara' pod bílým světlem v chladnější kultivační místnosti

Picture 2. Cultures of 'Tamara' cherry under white light in the colder cultivation room



(autor fotografie: Alexandra Slámová)