

## **Kekerinio puvinio įtaka daržinės braškės ‘Deluxe’ veislės augalų fotosintezėi skirtingomis apšvietimo sąlygomis**

**Mantas Kačiušis<sup>1,2</sup>, Viktorija Vaštakaitė-Kairienė<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Lietuvos agrarinių miškų ir mokslų centro filialas Sodininkystės ir daržininkystės institutas, Kauno g. 30, LT-54333 Babtai, Kauno r.,

el. paštas: v.vastakaite@lsdi.lt

<sup>2</sup>Kauno technologijos universitetas, Donelaičio g. 73, LT-44249 Kaunas

Dėl patogeninių grybų sukeliamų ligų kinta optimalios augalų augimo sąlygos ir mažėja gaunamos produkcijos kiekis. Kekerinis (pilkasis) puvinys (*Botrytis cinerea* Pers.) greitai plinta ir daro daug žalos daržo augalų kokybei. Šiuo tyrimu siekta nustatyti kekerinio puvinio įtaką daržinės braškės (*Fragaria x ananassa* Duch., ‘Deluxe’) fotosintetinės sistemos pokyčiams skirtingo apšvietimo – aukšto slėgio natrio (angl. HPS) lempų ir šviesą emituojančių diodų (angl. LED) – sąlygomis. Kekeriniu puvinio dirbtinai užkrėstų ir sveikų (kontrolė) daržinės braškės lapų momentinio fotosintezės intensyvumo, chlorofilų ir flavonolių indeksų matavimai atlikti praėjus 1, 3 ir 5 dienoms nuo užkrėtimo. Nustatytas iš esmės mažesnis momentinis fotosintezės intensyvumas ‘Deluxe’ veislės braškių augaluose, laikytuose po HPS, praėjus 1 ir 3 dienoms nuo užkrėtimo kekeriniu puvinio, o laikytuose po LED – praėjus 3 dienoms nuo užkrėtimo, palyginti su sveikais augalais. Iš esmės didesnis chlorofilų indeksas nustatytas daržinės braškės augaluose, laikytuose po HPS lempomis, praėjus 1 dienai nuo užkrėtimo, tačiau praėjus 3 ir 5 dienoms skirtumai buvo ne esminiai. Nenustatyta chlorofilų indekso esminių skirtumų užkrėstuose daržinių braškių, laikytų po LED, lapuose, palyginti su sveikais augalais. Užkrėtimas kekeriniu puvinio neturėjo esminės įtakos flavonolių indeksui ‘Deluxe’ veislės augalų lapuose, nepriklausomai nuo apšvietimo.

**Reikšminiai žodžiai:** daržinė braškė (*Fragaria x ananassa*), fotosintezė, HPS, kekerinis puvinys, LED.

**Įvadas.** Daržinės braškės (*Fragaria x ananassa* Duch.) išsiskiria ypatingai dideliu natūralių biologiškai aktyvių junginių – polifenolių (Erkan et al., 2008; Nowicka et al., 2019), taninų ir vitamino C (Pinto et al., 2008) kiekiu. Dėl didelio antioksidantų kiekio braškių uogų vartojimas gali būti alternatyvi apsaugos nuo onkologinių, širdies ir kraujagyslių bei kvėpavimo sistemos ligų priemonė. Nuo kekerinio puvinio nukenčia daug kultūrinių žemės ūkio augalų, taip pat ir daržinės braškės (Elad et al., 2007). Šio patogeninio grybo sukelti nuostoliai gali sudaryti iki 50 % produkcijos kiekio (Blanco, 2006). Augalų apsaugai nuo ligų naudojami cheminiai preparatai. Tačiau dėl patogeno įgyto atsparumo fungicidams

ieškoma alternatyvių, aplinką saugančių apsaugos priemonių, ypač naudojamų pusiau uždaroje ar uždaroje daržininkystės sistemoje (šiltnamiuose, auginimo kameroje).

Augalų apšvietimui plačiai naudojamos aukšto slėgio natrio (angl. *High pressure sodium*, toliau – HPS) lempos bei šviesą emituojančių diodų (angl. *Light-emitting diode*, toliau – LED) šviestuvai. LED technologija leidžia parinkti šviesos kiekybinę ir kokybinę sudėtį, kad būtų užtikrintas pagrindinių fiziologinių procesų – fotosintezės ir metabolizmo – vyksmas. HPS lempų šviesos spektras, priešingai, yra platus (400–700 nm) ir nekintantis (Davis, Burns, 2016; Cocetta et al., 2017). HPS lempos skleidžia daugiausia geltonos ir raudonos šviesos, o mėlyna šviesa sudaro mažą viso spektro dalį. Fotosintezės pigmentai – chlorofilas *a* ir *b* bei karotenoidai sugeria mėlyną (420–480 nm) ir raudoną (620–680 nm) šviesas, kurių energija per tarpines grandis panaudojama angliavandenių gamybai (Li et al., 2014). Šviesa svarbi ne tik augalams augti, vystytis ir maistinei vertei užtikrinti (Samuolienė ir kt., 2010), bet ir saugo nuo grybinių ligų (Khanam et al., 2005). Pasak K. K. Tan (1976), mėlyna šviesa slopina kekerinio puvinio konidijų vystymąsi. Taip pat ilgų bangų šviesa, tokia kaip geltona ar raudona, turėjo teigiamos įtakos pupelių atsparumui pilkajam puvinui (Islam et al., 1998; Khanam et al., 2005). S. H. Kook ir kt. (2013) duomenimis, mėlyna LED šviesa didino salotų antigrybinį aktyvumą, o tam įtakos turėjo ląstelių morfologiniai pokyčiai ir intensyvesnė antioksidacinių fermentų sintezė. Dėl patogeno infekcijos augalai suserga chloroze, atsiranda nekrotinių zonų, o tai turi įtakos fotosintezės procesui (Berger et al., 2007). Šviesa tiesiogiai veikia braškių fotosintezės procesą ir turi įtakos derliaus kiekiui ir kokybei (Hidaka et al., 2012). Manoma, kad panaudojant šviesą galima palaikyti tinkamą fotosintezės proceso vyksmą kekerinio puvinio pažeistuose daržinės braškės augaluose.

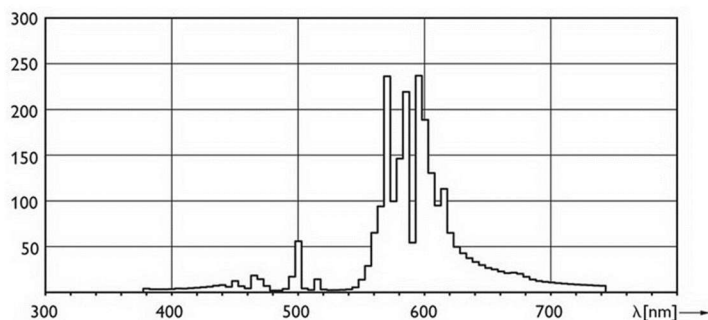
Darbo tikslas – nustatyti kekerinio puvinio įtaką ‘Deluxe’ veislės daržinės braškės augalų fotosintetinės sistemos parametrų (momentinio fotosintezės intensyvumo, chlorofilų ir flavonolių) pokyčiams.

**Tyrimo objektas, sąlygos ir metodai.** Tyrimas atliktas Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro filialo Sodininkystės ir daržininkystės instituto Augalų fiziologijos laboratorijoje.

Tyrimo objektas – daržinė braškė (*Fragaria x ananassa* Duch., ‘Deluxe’). Iki tyrimo pradžios augalai auginti šiltnamyje po aukšto slėgio natrio (angl. *High pressure sodium*, toliau – HPS) lempomis SON-T AGRO („Philips“) (1 pav.). Daržinės braškės sodintos į dirvą, kurioje NPK buvo 14-16-18 (pH 5–7) („Durpeta“, Lietuva). Vazonai išdėstyti randomizuotai. Šiltnamyje palaikyta 20/16 ± 2 °C dienos/nakties

temperatūra ir 16 valandų HPS lempų fotoperiodas. Daržinės braškės augalai laistyti pagal poreikį ir kas 7 dienas tręšti tirpiomis N<sub>34</sub> ir NPK 14-10-25 mineralinėmis trąšomis.

Pasiekus 15–20 BBCH augimo tarpsnį, augalai iš šiltnamio perkelti į kontroliuojamo klimato kameras ir palikti dviem dienoms adaptuotis po tyrimams skirtomis HPS lempomis SON-T AGRO („Philips“) ir šviesą emituojančių diodų (angl. *Light-emitting diode*, toliau – LED) šviestuvais (RX-30, „Heliospectra“, Švedija). LED šviestuvo skleidžiamos šviesos spektrą sudarė raudona – 620 nm ir 660 nm, mėlyna – 450 nm, žalia – 530 nm, tolima raudona – 735 nm ir UV-A – 400 nm šviesa (1 lentelė). HPS lempų ir LED šviestuvo skleidžiamos šviesos fotosintetinis fotonų srauto tankis (angl. *Photosynthetic photon flux density*, PPF) – 200  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , fotoperiodas – 16 valandų. Auginimo kameroje palaikyta 23 °C dienos ir 19 °C nakties temperatūra, santykinis oro drėgnis – 85–90 %.



**1 pav.** Augalų apšvietimui naudotų HPS lempų SON-T AGRO („Philips“) šviesos spektro sudėtis

**Fig. 1.** The spectral composition of HPS Son-T Agro (Philips) lamps used for plant lighting

Augalams dirbtinai užkrėsti naudotas kekerinio puvinio izoliatas iš LAMMC Sodininkystės ir daržininkystės instituto Augalų apsaugos laboratorijos kolekcijos. Kekerinio puvinio izoliatas 7 dienas kultivuotas Petri lėkštelėse 22 °C temperatūroje termostate (Memmert, Vokietija) ant bulvių dekstrozės agarą (angl. *Potato dextrose agar*, PDA) terpės („Liofilchem“, Italija). Daržinės braškės augalai užkrėsti kekeriniu puvinium ant trijų lapų uždėjus 5 mm skersmens izoliato diskus.

**Momentinis fotosintezės intensyvumas** (n = 5) matuotas nešiojamąja fotosintezės sistema LI-6400XT („Li-cor“, JAV). Fotosintezės sistemos kameroje nustatyti tokie parametrai: 1 000  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PPF,  $\sim 400 \mu\text{mol} \pm 4 \mu\text{mol s}^{-1}$  CO<sub>2</sub> kiekis ir  $\sim 80\text{--}90\%$  santykinis drėgnis.

**Lapų pigmentų chlorofilų ir flavonolių indeksai** (n = 10) nustatyti DUALEX 4 matuokliu („Force-A“, Prancūzija).

Šviesos **fotosintetinio fotonų srauto tankio (PPFD)** matavimams atlikti naudotas fotometras RF-100 su G. PAR-100 jutikliu („Sonopan“, Lenkija).

**Statistinė duomenų analizė.** Duomenų statistinė analizė atlikta naudojant XLSTAT programinį paketą (Addinstoft, 240, JAV) pagal dispersinės analizės vieno veiksnio (ANOVA) testą ( $p < 0,05$ ).

**1 lentelė.** Augalų apšvietimui naudoto LED šviestuvo RX-30 („Heliospectra“) šviesos spektro sudėtis

**Table 1.** The spectral composition of LED light module RX-30 (Heliospectra) used for plant lighting

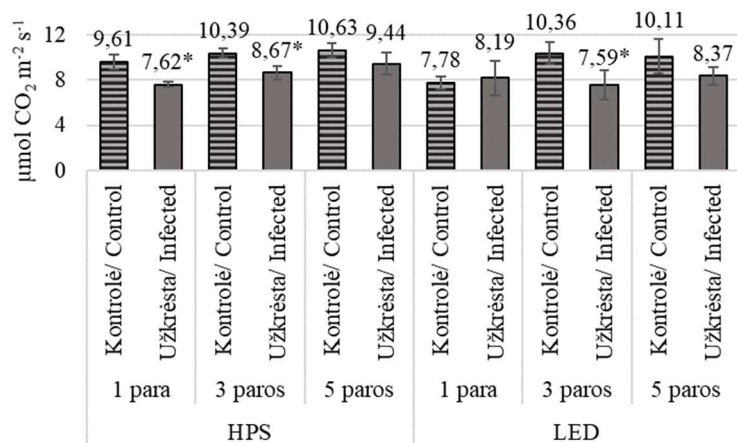
PPFD, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$					
UV-A, 400 nm	mėlyna / Blue, 450 nm	žalia / Green, 530 nm	raudona / Red, 620 nm	raudona / Red, 660 nm	tolima raudona / Far-red, 735 nm
2	40	14	24	108	12
Suminis PPFD / Total PPFD, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$					200

Pastaba / Note:

PPFD – fotosintetinis fotonų srauto tankis / photosynthetic photon flux density.

**Rezultatai ir jų aptarimas.** Praėjus 1, 3 ir 5 dienoms nuo užkrėtimo kekeriniu puvinium, matuotas ‘Deluxe’ veislės daržinės braškės lapų momentinis fotosintezės intensyvumas, o gauti rezultatai palyginti su sveikais augalais (2 pav.).

Praėjus 1 ir 3 paroms nuo užkrėtimo, nustatytas apie 20 % iš esmės mažesnis momentinis fotosintezės intensyvumas kekeriniu puvinium užkrėstuose daržinės braškės augaluose, laikytuose po HPS lempomis, palyginti su sveikais augalais. Po 5 parų momentinio fotosintezės intensyvumo braškių lapuose esminio skirtumo nenustatyta. Panaši tendencija nustatyta augaluose, laikytuose po LED lempų šviesa. Tačiau esminis skirtumas (apie 27 % mažesnis) nustatytas tik praėjus 3 paroms nuo užkrėtimo.



**2 pav.** Daržinės braškės ‘Deluxe’ veislės sveikų (kontrolė) ir kekeriniu puvinio užkrėstų augalų lapų momentinis fotosintezės intensyvumas

**Fig. 2.** Rate of photosynthesis of healthy (control) and treated with grey mould ‘Deluxe’ strawberries

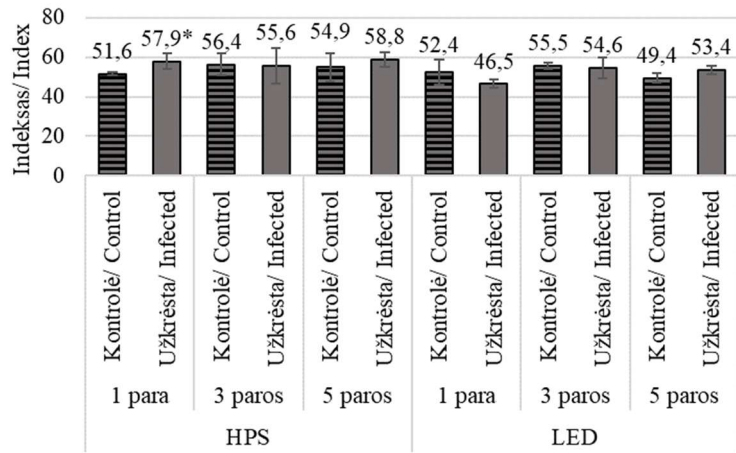
Pastaba / Note:

\*– reikšmė iš esmės skiriasi nuo kontrolės ( $p < 0,05$ ) / value is significantly different from control ( $p < 0,05$ ).

Po 1 paros nustatytas iš esmės didesnis (apie 12 %) chlorofilų indeksas kekeriniu puvinio užkrėstų ‘Deluxe’ veislės daržinės braškės augalų, laikytų po HPS lempomis, lapuose, palyginti su sveikais augalais (kontrolė) (3 pav.). Kekeriniu puvinio užkrėstų daržinės braškės augalų, laikytų po HPS ar LED lempomis, lapų chlorofilų indekso, kitaip nei momentinio fotosintezės intensyvumo, esminių skirtumų nenustatyta praėjus 3 paroms nuo užkrėtimo.

Nustatytas ‘Deluxe’ veislės daržinės braškės lapų flavonolių indekso kitimas kekeriniu puvinio užkrėstuose ir sveikuose augaluose, laikytuose po HPS ir LED lempomis, tačiau skirtumai ne esminiai (4 pav.).

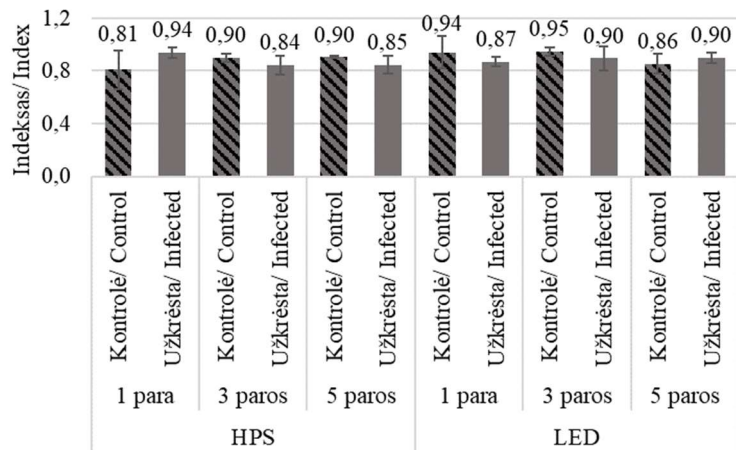
Mokslinėje literatūroje duomenų, kaip šviesos spektras, sklaidžiamas skirtingų šviesos šaltinių, veikia kekerinio puvinio pažeistų daržinės braškės augalų fotosintezės procesą, nėra. Žinoma, kad dėl patogeno infekcijos fotosintetinės šviesos reakcijos ir anglies asimiliacija kinta per kvėpavimo, metabolitų bei maistinių medžiagų translokacijos procesus. Patogeninio grybo pažeistuose augaluose fotosintezės procesui įtakos turi dėl ligos sumažėjęs sveikų lapų plotas bei chlorofilų kiekis (Mandal et al., 2009).



**3 pav.** Daržinės braškės ‘Deluxe’ veislės sveikų (kontrolė) ir kekerinių puvinių užkrėstų augalų lapų chlorofilų indeksas  
**Fig. 3.** Chlorophyll index of healthy (control) and treated with grey mould ‘Deluxe’ strawberries

Pastaba / Note:

\*– reikšmė iš esmės skiriasi nuo kontrolės ( $p < 0,05$ ) / value is significantly different from control ( $p < 0,05$ ).



**4 pav.** Daržinės braškės ‘Deluxe’ veislės sveikų (kontrolė) ir kekerinių puvinių užkrėstų augalų lapų flavonolių indeksas  
**Fig. 4.** Flavonol index of healthy (control) and treated with grey mould ‘Deluxe’ strawberries

Mūsų tyrimo duomenimis, didesnis chlorofilų indeksas nustatytas ‘Deluxe’ veislės daržinės braškės augalų, laikytų po HPS lempomis, lapuose, palyginti su LED apšvietimu. Galbūt tam įtakos turėjo

intensyvesnė HPS lempų nei LED raudona šviesa, reikalinga chlorofilų sintezei vykti (Heraut-Bron et al., 1999). Literatūroje nurodoma, kad sumažėjęs chlorofilų kiekis turi įtakos mažesniam momentiniam fotosintezės intensyvumui (Nagaraj et al., 2012). Tačiau mūsų tyrimo duomenimis, nuo chlorofilų kiekio momentinis fotosintezės intensyvumas nepriklausė. Priešingai, praėjus 1 parai nuo užkrėtimo, iš esmės padidėjo daržinės braškės lapų chlorofilo indeksas, o momentinis fotosintezės intensyvumas sumažėjo.

**Išvados.** ‘Deluxe’ veislės daržinės braškės lapų, pažeistų kekerinio puvinio, momentinis fotosintezės intensyvumas kinta priklausomai nuo apšvietimo: mažėja praėjus 1 ir 3 paroms laikant po HPS lempomis, ir 3 paroms – laikant po LED šviestuvais. HPS lempų šviesa lemia didesnę patogeno pažeistų ‘Deluxe’ veislės daržinės braškės lapų chlorofilų indeksą nei LED šviesa. Kekerinis puvinys neturi esminės įtakos ‘Deluxe’ veislės daržinės braškės lapų pigmentų flavonolių indeksui, nepriklausomai nuo apšvietimo sąlygų.

**Padėka.** Tyrimas finansuotas Europos Sąjungos fondų investicijų veiksmų programos 9 prioriteto „Visuomenės švietimas ir žmogiškųjų išteklių potencialo didinimas“ 09.3.3-LMT-K-712 priemonės „Mokslininkų, kitų tyrėjų, studentų mokslinės kompetencijos ugdymas per praktinę mokslinę veiklą“ (09.3.3-LMT-K-712-10-0216).

*Gauta 2019-04-30  
Parengta 2019-05-29*

## **Literatūra**

1. Berger S., Sinha A. K., Roitsch T. 2007. Plant physiology meets phytopathology: plant primary metabolism and plant–pathogen interactions. *Journal of Experimental Botany*, 58(15/16): 4019–4026.
2. Blanco C., Santos B. de los, Romero F. 2006. Relationship between concentrations of *Botrytis cinerea* conidia in air, environmental conditions, and the incidence of grey mould in strawberry flowers and fruits. *European Journal of Plant Pathology*, 114: 415–425.
3. Cocetta G., Casciani D., Bulgaril R., Musante F., Kolton A., Rossi M., Ferrante A. 2017. Light use efficiency for vegetables production in protected and indoor environments. *European Physics Journal Plus*, 132(43): 1–15.

4. Davis A. P., Burns C. 2016. Photobiology in protected horticulture. *Food and Energy Security*, 5(4): 223–238.
5. Elad Y., Williamson B., Tudzynski P., Delen N. 2007. *Botrytis* spp. and diseases they cause in agricultural systems – an introduction. In: Y. Elad, B. Williamson, P. Tudzynski, and N. Delen (eds.), *Botrytis: biology, pathology and control*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1–8.
6. Erkan M., Wang S. Y., Wang C. Y. 2008. Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 48: 163–171.
7. Heraut-Bron V., Robin C., Varlet-Grancher C., Afif D., Guckert A. 1999. Light quality (red: far-red ratio): does it affect photosynthetic activity, net CO<sub>2</sub> assimilation, and morphology of young white clover leaves? *Canadian Journal of Botany*, 77: 1425–1431.
8. Hidaka K., Ito E., Sago Y., Yasutake D., Miyoshi Y., Kitano M., Miyauchi K., Okimura M., Imai S. 2012. High yields of strawberry by applying vertically-moving beds on the basis of leaf photosynthesis. *Environmental Control in Biology*, 50: 143–152.
9. Islam S. Z., Honda Y., Arase S. 1998. Light-induced resistance of broad bean against *Botrytis cinerea*. *Journal of Phytopathology*, 146: 479–485.
10. Khanam N. N., Kihara J., Honda Y., Tsukamoto T., Arase S. 2005. Studies on red light-induced resistance of broad bean to *Botrytis cinerea*, I. Possible production of suppressor and elicitor by germinating spores of pathogen. *Journal of General Plant Pathology*, 71: 285–288.
11. Kook S. H., Park S. H., Jang Y. J., Lee G. W., Kim J. S., Kim H. M. 2013. Blue LED (light-emitting diodes)-mediated growth promotion and control of *Botrytis* disease in lettuce. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 63(3): 271–277.
12. Li T., Liu L. N., Jiang C. D., Liu Y. J., Shi L. 2014. Effects of mutual shading on the regulation of photosynthesis in field-grown sorghum. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 137: 31–38.
13. Mandal K., Saravanan R., Maiti S., Kothari I. L. 2009. Effect of downy mildew disease on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in *Plantago ovata* Forsk. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 116(4): 164–168.
14. Nagaraj N., Reese J. C., Kirkham M. B., Kofoid K., Campbell L. R., Loughin M. 2002. Relationship Between Chlorophyll Loss and Photosynthetic Rate in Greenbug (Homoptera: Aphididae) Damaged



- Sorghum. *Journal of The Kansas Entomological Society*, 75(2): 101–109.
15. Nowicka A., Kucharska A. Z., Sokol-Letowska A., Fecka I. 2019. Comparison of polyphenol content and antioxidant capacity of strawberry fruit from 90 cultivars of *Fragaria x ananassa* Duch. *Food Chemistry*, 270: 32–46.
  16. Pinto M. da Silva, Lajolo F. M., Genovese M. I. 2008. Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Food Chemistry*, 107(4): 1629–1635.
  17. Samuoliene G., Brazaityte A., Urbonaviciute A., Sabajeviene G., Duchovskis P. 2010. The effect of red and blue light component on the growth and development of frigo strawberries. *Zemdirbyste-Agriculture*, 97: 99–104.
  18. Tan K. K. 1976. Light-induced synchronous conidiation in the fungus *Botrytis cinerea*. *Journal of General Microbiology*, 93: 278–282.

**The changes of photosynthetic system parameters of strawberry ‘Deluxe’ caused by gray mould under different lighting conditions**

**M. Kačiūsis, V. Vaštakaitė-Kairienė**

*Summary*

Pathogenic fungi disease changes optimal plant growing conditions and reduce the production. Grey mould (*Botrytis cinerea* Pers.) characterized by rapid dissemination and high harmfulness to horticulture plants’ quality. In this study we evaluated the influence of grey mould on photosynthesis system changes of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch., ‘Deluxe’) under high-pressure sodium (HPS) lamps and light emitting diodes (LEDs) lighting. The photosynthesis intensity and indexes of chlorophyll and flavonol in leaves were measured of strawberries infected by grey mould and healthy plants (control) after 1, 3 and 5 days. The significantly reduced rate of photosynthesis in strawberries ‘Deluxe’ under HPS lighting was determined after 1 and 3 days, and under LED lighting after 3 days, in comparison to healthy plants. The significantly higher chlorophyll index was measured in strawberries’ leaves under the HPS lamps after the first day of artificial infection, but no differences after 3 and 5 days were determined. In addition, there were no significant differences on chlorophyll index in strawberries ‘Deluxe’ under LED lighting. The grey mould did not affect the flavonol index of strawberries leaves regardless to lighting conditions.

**Key words:** Gray mould, HPS, LED, photosynthesis, strawberry (*Fragaria x ananassa*).