

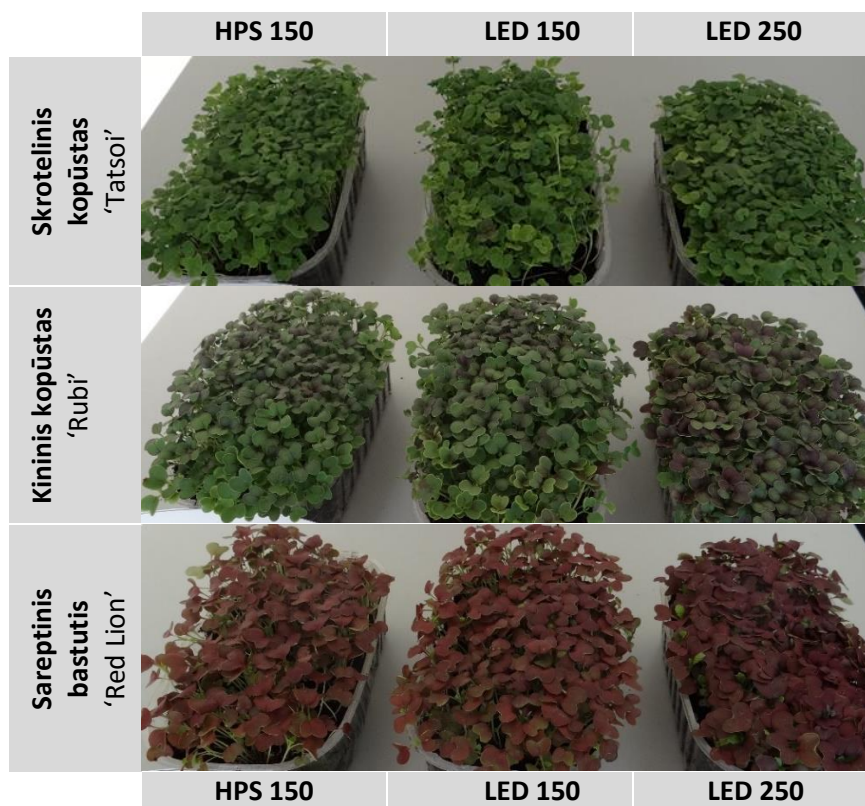
Daiginiai, mikrožalumynai (angl. Microgreens) - naujas, savitas žalumyninių daržovių tipas, priskiriamas funkcionaliajam maistui. Tai jauni įvairių daržovių daigai, vartojami maistui tik susiformavus skilčialapiams ar besiformuojant pirmajam tikrajam lapeliui. Kaip *mikrožalumynai* auginamos kopūstinės daržovės, burokėliai, garstyčios, ridikėliai, bazilikai, burnočiai ir kiti skirtingomis skonio ir tekstūros savybėmis pasižymintys augalai.

Fitocheminių medžiagų koncentracijos daiginiuose, teigiama, yra didesnės nei suaugusiuose augaluose¹. Tačiau jautri daiginių prigimtis lemia, kad auginimo sąlygos, o ypač tinkamas apšvietimas, keičia jų augimo parametrus ir fitocheminių medžiagų sintezę ar degradaciją, kas įtakoja jų maistinę vertę ir skonio savybes. *Mikrožalumynai* neretai auginami šiltnamiuose žiemos sezonu, kai natūralus apšvietimas yra nepakankamas ar uždaroje auginimo patalpose, lentynose, kur dirbtinio apšvietimo srautas ir spektras tampa kritiniu faktoriumi aukštai jų vidinei ir išorinei kokybei. Dar daugiau – esant ribotam atstumui tarp šviesos šaltinio ir augalų, šviesą emituojančių diodų (LED) apšvietimas yra pagrindinis pasirinkimas, nes jie beveik neskleidžia šilumos link augalų, todėl jų neperkaitina.

HLFC serijos apšvietimas daiginiams auginimo kameroje

LAMMC Sodininkystės ir daržininkystės institute, fitotrono auginimo kameroje atlikti bandymai su HLFC serijos LED šviestuvais ir iki šiol plačiausiai daržininkystėje paplitusiomis didžiaslėgėmis natrio lempomis (angl. High pressure sodium, HPS).

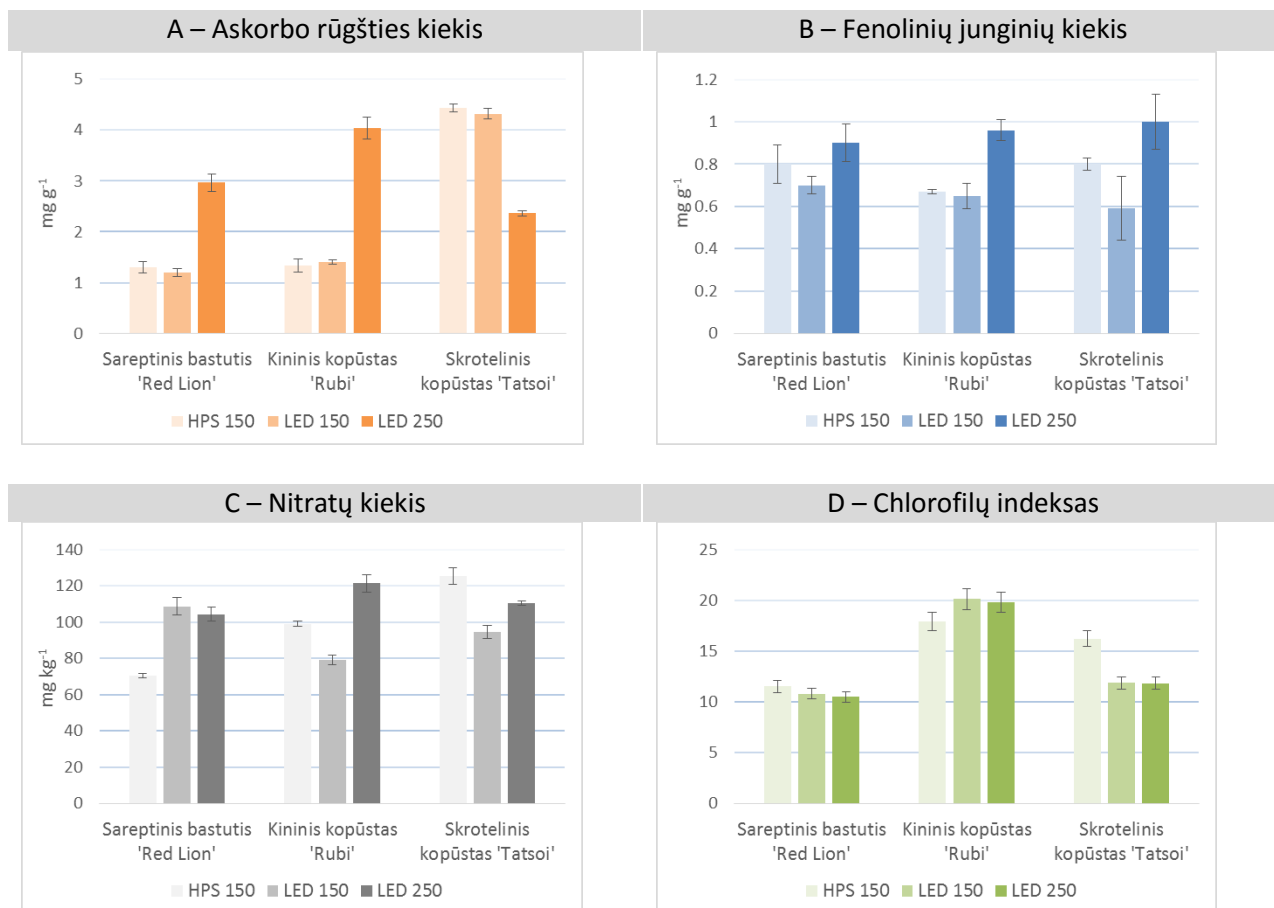
1 pav. Skirtingų rūšių daiginiai, išauginti po HLFC serijos LED arba aukšto slėgio natrio (HPS) šviestuvais, kai fotosintetiškai aktyvios spinduliuotės srautas 150 ir 250 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$



¹ Xiao et al. 2015. Evaluation and correlation of sensory attributes and chemical compositions of emerging fresh produce: Microgreens. *Postharvest Biology and Technology* 110: 140–148.

Nustatyta, kad LED padeda išauginti kokybiškus *mikrožalumynus*, pasižyminčius kompaktiška morfologija (1 pav., 1 lent.) – net tankiai pasėjus sėklas, mikrožalumynų stiebai neištįsta, neišvirsta – LED apšvietimas eliminuoja jaunų daiginių konkurenciją dėl šviesos. Aukštą daiginių vidinę ir išorinę kokybę taip pat nulemia po HLFC serijos LED apšvietimu išaugintuose augaluose sukauptos didesnės koncentracijos žmogaus mitybai naudingos askorbo rūgšties, fenolinių junginių ir pigmentų, lemiančių skilčialapių nusispalvinimą, kiekis (1,2 pav). Po LED išauginti daiginiai pasižymi sodresne skilčialapių spalva, ryškesnėmis skonio savybėmis.

2 pav. Biocheminiai daiginių, išaugintų po HPS ir HLFC serijos LED šviestuvais, rodikliai. Fotosintetiškai aktyvios spinduliuotės srautas 150 ir 250 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Rezultatai pateikiami žaliojoje augalų masėje.



1 lent. Biometriniai daiginių, išaugintų po HPS ir HLFC serijos LED šviestuvais auginimo kameroje, rodikliai. Fotosintetiškai aktyvios spinduliuotės srautas 150 ir 250 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Biometriniai rodikliai	HPS 150	LED 150	LED 250
Sareptinis bastutis 'Red Lion'			
Aukštis, cm	5,6±0,5	5,6±0,2	5,1±0,4
Lapų plotas, cm ²	2,4±0,6	2,5±0,6	2,7±0,8
Žalia augalo masė, g	0,75±0,07	0,78±0,09	0,80±0,20
Sausa augalo masė, g	0,04±0,01	0,04±0,01	0,04±0,01



HORTILED

Kininis kopūstas 'Rubi'			
Aukštis, cm	6,2±0,3	5,9±0,7	6,2±0,5
Lapų plotas, cm ²	1,5±0,3	2,6±0,6	2,4±0,6
Žalia masė, g	0,82±0,13	0,86±0,16	0,97±0,09
Sausa masė, g	0,05±0,01	0,04±0,01	0,07±0,01^a
Skrotelinis kopūstas 'Tatsoi'			
Aukštis, cm	5,3±0,4	5,6±0,5	4,9±0,2
Lapų plotas, cm ²	1,9±0,4	1,7±0,5	1,6±0,3
Žalia masė, g	0,63±0,06	0,48±0,12	0,50±0,15
Sausa masė, g	0,04±0,01	0,03±0,01	0,04±0,01

a - patikimai daugiau, b - patikimai mažiau nei HPS 150; kai $p \leq 0,05$.

Mikrožalumynai nėra linkę kaupti nitratus, todėl ir skirtingomis apšvietimo sąlygomis nustatytas nitratus kiekio sumažėjimas ar padidėjimas jų audiniuose nėra reikšmingas žmogaus mitybai (2 pav. C).

Visgi, šviesos efektai yra saviti daiginių rūšiai, todėl kiekvienu atveju, siekiant išskirtinės kokybės svarbu yra tinkamai parinkti LED apšvietimo spektrą, srautą ir fotoperiodą.

HLFC serijos apšvietimas daiginiams šiltnamyje

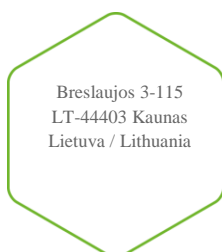
Įprastai, dėl esamo natūralaus foninio apšvietimo, daiginiai šiltnamyje yra mažiau jautrūs dirbtinio apšvietimo spektrui, nei uždaroje auginimo kameroje. Tačiau rudens-žiemos laikotarpiu, kai natūralus apšvietimas šiltnamyje yra nepakankamas, dėl jauno daiginių amžiaus, gležnų audinių, dirbtinio šviesos šaltinio parinkimas turi lemiamos įtakos jų augimo parametrams, vidinei ir išorinei kokybei.

Kokybiški *mikrožalumynai* – kompaktiškos morfologijos, neištįsę, pasižymintys ryškiais skonio savybėmis, puikia išorine kokybe ir išsilaikymo trukme. Tinkamai parinktas LED apšvietimas užtikrina ne tik šiuos rodiklius, bet ir aukštesnes biologiškai aktyvių medžiagų bei mineralinių elementų koncentracijas jų audiniuose. Tai patvirtino LAMMC Sodininkystės ir daržininkystės institute, gamybiniuose šiltnamiuose atlikti bandymai su HLFC serijos LED šviestuvais ir iki šiol plačiausiai daržininkystėje paplitusiomis didžiaslėgėmis natrio lempomis (ang. High pressure sodium, HPS).

2 lent. Biometriniai daiginių, išaugintų po HPS ir HLFC serijos LED šviestuvais auginimo kameroje, rodikliai. Fotosintetiškai aktyvios spinduliuotės srautas 150 ir 250 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Biometriniai rodikliai	HPS 150	LED 150	LED 250
Sareptinis bastutis 'Red Lion'			
Aukštis, cm	4,7±0,2	3,8±0,2^b	3,5±0,1^b
Lapų plotas, cm ²	0,9±0,1	0,8±0,1	0,9±0,1
Kininis kopūstas 'Rubi'			
Aukštis, cm	4,9±0,5	4,0±0,3^b	4,0±0,3^b
Lapų plotas, cm ²	0,9±0,1	0,9±0,1	1,00±0,10
Skrotelinis kopūstas 'Tatsoi'			
Aukštis, cm	5,6±0,4	3,5±0,3^b	3,9±0,3^b
Lapų plotas, cm ²	0,7±0,2	0,6±0,1	0,57±0,07

a - patikimai daugiau, b - patikimai mažiau nei HPS 150; kai $p \leq 0,05$.



Breslaujos 3-115
LT-44403 Kaunas
Lietuva / Lithuania

phone +370 37 401978
cell +370 698 87770

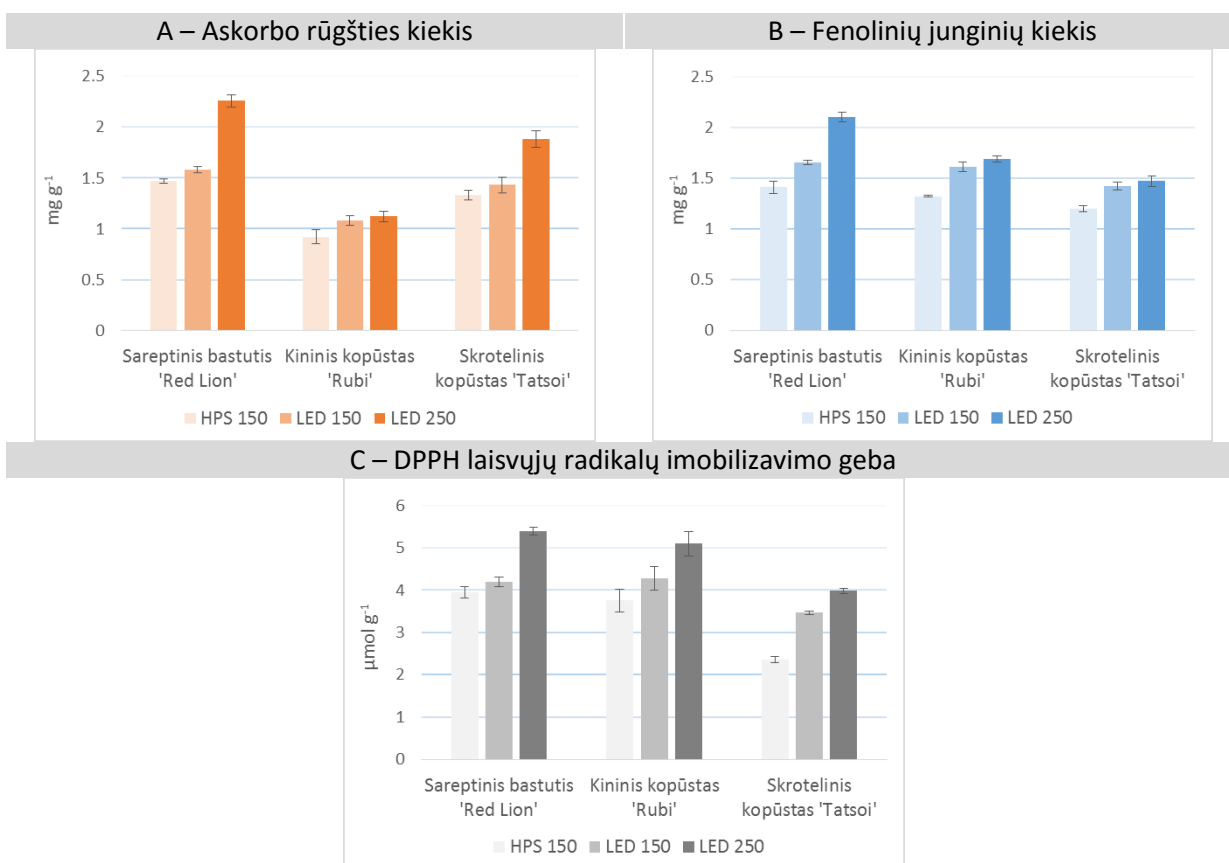
info@hortiled.lt
www.hortiled.lt

Daiginiai, išauginti apšviečiant LED, pasižymi kompaktiškesne morfologija (2 lent.) – jų hipokotilis mažiau ištįsęs net itin tankiai pasėjus sėklas; taip pat aukštesnėmis antioksidacinėmis savybėmis pasižyminčių askorbo rūgšties, fenolinių junginių koncentracijomis (3 pav. A,B) ir antiradikalinėmis savybėmis (3 pav. C), lemiančiomis itin aukštą maistinę jų vertę.

LED apšvietimas lemia ir geresnį mineralinių elementų (3 lent.) (Ca, K, Mg, Na, P, Fe, Zn), o ypač geležies ir cinko įsisavinimą, lyginant su aukšto slėgio natrio lempomis. Didesnis LED srautas ($250 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) šį efektą dar sustiprina.

Ryškesnio teigiamo šviesos efekto pasiekta apšviečiant aplinkos sąlygoms atsparesnių augalų daiginius (kaip sareptinis bastutis), tačiau HLFC LED apšvietimas yra tinkamas ir aplinkai itin jautriems skrotelinio kopūsto daiginiams.

3 pav. Biocheminiai daiginių, išaugintų po HPS ir HLFC serijos LED šviestuvais, rodikliai. Fotosintetiškai aktyvios spinduliuotės srautas 150 ir 250 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Rezultatai pateikiami žaliojoje augalų masėje.



3 lent. Mineralinių elementų kiekiai daiginių, išaugintų po HPS ir HLFC serijos LED šviestuvais šiltnamyje, audiniuose (žalioje masėje).



HORTILED

Mineraliniai elementai mg g ⁻¹	Kalcis Ca	Kalis K	Magnis Mg	Natris Na	Fosforas P	Geležis Fe	Cinkas Zn
Sareptinis bastutis 'Red Lion'							
HPS 150	0,4±0,0	0,9±0,0	0,1±0,0	0,3±0,0	0,2±0,0	3,4±0,1	1,5±0,1
LED 150	1,6±0,0^a	3,6±0,0^a	0,5±0,0^a	0,9±0,0^a	1,0±0,0^a	24,0±0,2^a	13,8±0,1^a
LED 250	1,4±0,0^a	2,6±0,0^a	0,4±0,0^a	0,7±0,0^a	0,8±0,0^a	30,6±0,3^a	10,1±0,1^a
Kininis kopūstas 'Rubi'							
HPS 150	1,3±0,2	2,8±0,0	0,4±0,0	0,6±0,0	0,6±0,0	14,5±0,1	13,2±0,1
LED 150	1,3±0,0	3,8±0,0 ^a	0,4±0,0	1,2±0,0^a	0,8±0,1 ^a	17,7±0,3 ^a	15,3±0,1 ^a
LED 250	3,7±0,0^a	7,9±0,0^a	1,1±0,0^a	1,8±0,0^a	1,8±0,0^a	59,9±0,2^a	36,7±0,1^a
Skrotelinis kopūstas 'Tatsoi'							
HPS 150	1,2±0,0	2,7±0,0	0,3±0,0	0,6±0,0	0,6±0,0	13,3±0,1	13,6±0,3
LED 150	1,2±0,0	3,1±0,0 ^a	0,4±0,0 ^a	0,8±0,0^a	0,7±0,0 ^a	21,6±0,2^a	17,6±0,2^a
LED 250	1,5±0,0 ^a	3,0±0,0 ^a	0,4±0,0 ^a	0,8±0,0 ^a	0,7±0,0 ^a	16,8±0,1 ^a	15,2±0,1 ^a

a - patikimai daugiau, b - patikimai mažiau nei HPS 150; kai p≤0,05.

Išvados

- Esant vienodam (150 μmol m⁻²s⁻¹) fotosintetiškai aktyvios spinduliuotės srautui, po HLFC serijos LED lempomis išauginti lygiavertės ar aukštesnės vidinės ir išorinės kokybės daiginiai, lyginant su HPS lempomis: mažiau ištįsę, kaupiantys daugiau askorbo rūgšties, fenolinių junginių, pasižymintys aukštesnėmis antioksidacinėmis savybėmis.
- Padidinus LED srautą iki 250 μmol m⁻² s⁻¹, dar labiau sumažėja nepageidaujamas daiginių hipokotilio tįsimas, padidėja antioksidacinėmis savybėmis pasižyminčių ir žmogaus mitybai naudingų askorbo rūgšties ir fenolinių junginių kiekis, antocianai lemia ryškesnį skilčialapių nusispalvinimą.
- HLFC serijos LED apšvietimas lėmė 2-3 kartus geresnį mineralinių elementų, o ypač Fe, Zn įsisavinimą iš dirvos.
- Siekiant optimalios naudos, kietakūnio apšvietimo spektras ir srautas turi būti tinkamai parinktas atsižvelgiant į augalo rūšį.

Tyrimų metodika

Sareptinis bastutis 'Red Lion', kininis kopūstas 'Rubi' ir skrotelinis kopūstas 'Tatsoi' auginti plastikiniame V-tipo šiltnamyje ar uždaroje fitotrono auginimo kameroje žiemos sezonu. Plastikiniuose padėkluose, neutralizuotame durpių substrate PG mix, 11 dienų nuo sėjos. Dienos/nakties temperatūra ~21/17±2°C. Laistyta vandeniu pagal poreikį.

Papildomam apšvietimui nuo sėjos naudoti HLFC serijos LED šviestuvai (Hortiled), fotosintetiškai aktyvios spinduliuotės srautas 150 ir 250 μmol m⁻² s⁻¹. Palyginimui – didžiaslėgės natrio lempos (HPS; Son-T Agro, Philips), 150 μmol m⁻² s⁻¹ srautas.

Biometriniais matavimams atsitiktinai pasirinkta dešimt tinkančių reprezentuoti tiriamą variantą augalų. Biocheminėms analizėms naudotas konjuguotas bandinys, paruoštas iš eksperimento variantą galinčių reprezentuoti augalų. Askorbo rūgšties, fenolinių junginių kiekis ir DPPH laisvųjų radikalų imobilizavimo geba



HORTILED

nustatyti spektrofotometriniais metodais. Nitratų kiekis – potenciometrinio metodu, naudojant nitratams atrankų elektrodą, chlorofilų indeksas – Dualex matuokliu (Force-A). Mineralinių elementų koncentracijos matuotos ICP-OES spektrometru (Thermo). Rezultatai pateikiami kaip matavimų vidurkis \pm standartinis nuokrypis.

Breslaujos 3-115
LT-44403 Kaunas
Lietuva / Lithuania

phone +370 37 401978
cell +370 698 87770

info@hortiled.lt
www.hortiled.lt



HORTILED

Šaltiniai:

PRAMONINIŲ ŠILTNAMIŲ ŠVIESOKULTŪROS OPTIMIZAVIMAS KIETAKŪNIU APŠVIETIMU AUGINANT DAIGUS BEI SALOTINES DARŽOVES. 2014. Tyrimai atlikti Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Sodininkystės ir daržininkystės institute, Augalų fiziologijos laboratorijoje. Vadovas Prof.habil.dr. P.Duchovskis.

Vaštakaitė V., Viršilė A. 2015. Light-emitting diodes (LEDs) for higher nutritional quality of *Brassicaceae* microgreens. Research for rural development 2015 (Jelgava, Latvia), Proceedings, 1: 111-117. Tyrimai atlikti Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Sodininkystės ir daržininkystės institute, Augalų fiziologijos laboratorijoje.

https://www.researchgate.net/publication/286446959_Light-emitting_diodes_LEDs_for_higher_nutritional_quality_of_Brassicaceae_microgreens

Breslaujos 3-115
LT-44403 Kaunas
Lietuva / Lithuania

phone +370 37 401978
cell +370 698 87770

info@hortiled.lt
www.hortiled.lt