

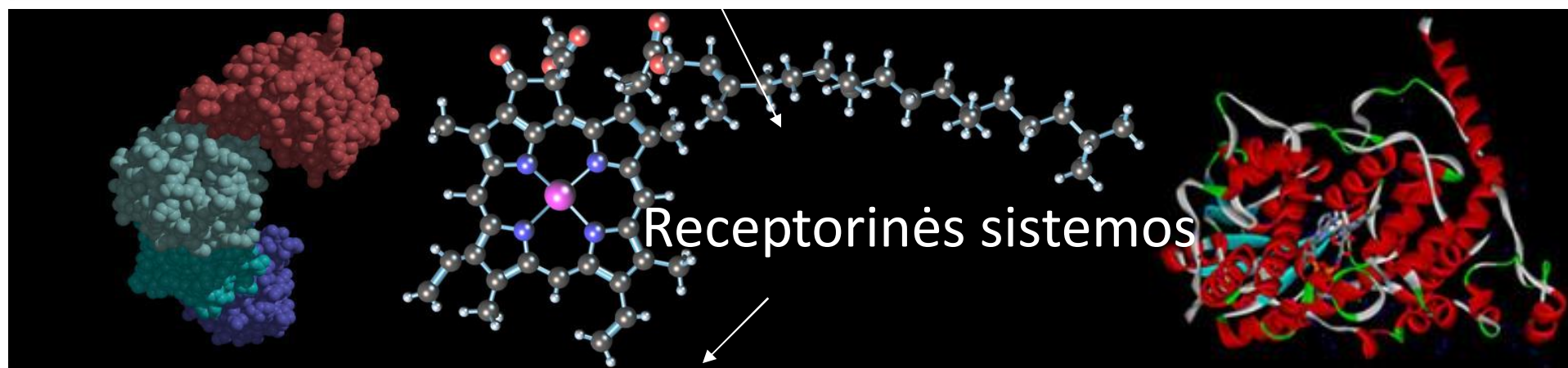


Šviesa – įrankis augalų morfogenezei, produktyvumui ir kokybei valdyti (2 dalis)

Pavelas Duchovskis, Aušra Brazaitytė, Giedrė Samuolienė,
Akvilė Viršilė

2014 m. Lietuvos mokslo premija skirta už darbų ciklą „Augalų fiziologijos tyrimai:
raidos, streso, produktyvumo ir kokybės valdymas“.







Pasaulinės šiltnamių daržininkystės vystymosi kryptys

Nuo „Low tech“
Prie „High tech“

Subalansuota
plėtra

Didesnis produktyvumas
su mažesnėmis energijos
sąnaudomis

- Didėja izoliacija nuo kintančios aplinkos
- Didėja investicijos į ploto vienetą
- Didėja derliaus indeksai



Nuo maksimalaus natūralios šviesos panaudojimo šiltnamyje
link hyperlokalijų “augalų gamyklų”



Kodėl ir Kam?

Fotobiologinės žinios, progresyvumas, ekonomiškumas ir nauda žmogaus mitybai



*LED – ekonomišką, draugišką aplinkai šaltinį – progresyvus, lengvai integruojamas į skaitmenines valdymo sistemas – tiksliai parenkamų parametru, atitinkančių augalų poreikius.





LED – mada ar vienas didžiausių pasiekimų šiltnamių apšvietimo srityje?

Ekonomiškas,
Aplinkai ir vartotojui draugiškas,
Lengvai inkorporuojamas į skaitmenines valdymo sistemas;
Tiksliai reguliuojamų valdomų parametru, kurie atitinka augalo poreikius.

Uždaros klimato kameros–
erdvė fundamentiniams ir
taikomiesiems tyrimams



Šiltnamyje–

Natūralaus apšvietimo fonas ir
sezoniškumo efektai



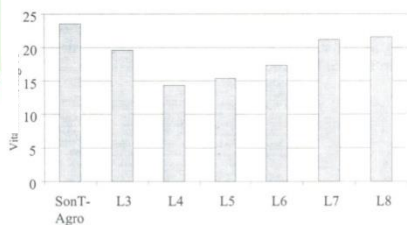


Fig. 6. Amount of vitamin C in onion leaves measured after 29 days of growth under illumination by high-pressure sodium lamp and LED-based illumination
6 p a v. Vitamino C kiekis svogūnų lapuose po 29 dienų augimo aukšto slėgio natrio lempų (SonT-Agro) ir diodinių šviestukų šviesoje (L3-L8)

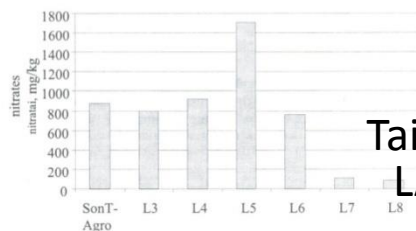
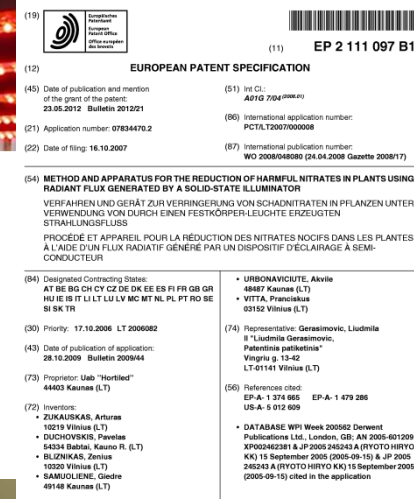


Fig. 7. Amount of nitrates in onion leaves measured after 29 days of growth under illumination by high-pressure sodium lamp and LED-based illumination
7 p a v. Nitratų kiekis svogūnų lapuose po 29 dienų augimo aukšto slėgio natrio lempų (SonT-Agro) ir diodinių šviestukų šviesoje (L3-L8)

Ulinskaitė et al., 2004

Nuo pirmųjų eksperimentų ik išmaniųjų technologijų



Taikomųjų mokslų institutas, Vilniaus universitetas
LAMMC Sodininkystės ir daržiinkystės institutas



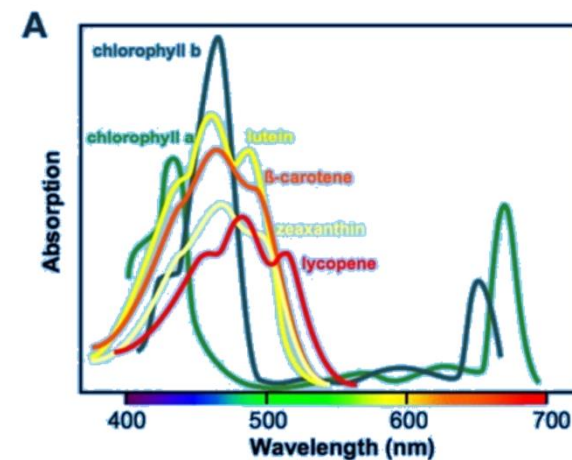
HORTILED

2003

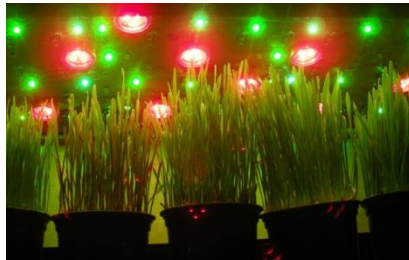


Šviesa	Fotosintezės pigmentai	Morfogenetiniai fotoreceptoriai	Efektai augalams
Tolimoji raudona 700–740 nm		Fitochromas (350–800 nm) F_{TR} maks. 730 nm	Lemia morfogenetinius procesus
Raudona 620–700 nm	Chlorofilas a (662; 430 nm) Chlorofilas b (642; 453 nm)	F_R maks. 660 nm	- Pagrindinė energija fotosintezei; - Dalyvauja morfogenezės procesuose; - Paskatina nitratų redukciją; - Lemia antioksidacinių junginių kaupimąsi – askorbo rūgšties, fenolinių junginių, antocianų, tokoferolių.
Oranžinė 585–620 nm			Skatina karotinoidų kaupimąsi.
Geltona 550–585 nm			- Gali stabdyti kai kurių rūšių augalų augimą; - Kvantų našumas fotosintezei mažesnis, tačiau patekus į lapijos vidų, efektyviai panaudojama fotosintezei.
Žalia 490–550 nm			Kvantų našumas fotosintezei mažas, tačiau efektyviau nei kitų bangos ilgių spinduliuotė patenka į lapijos vidų, kur panaudojama fotosintezei.
Mėlyna 425–490 nm	Karotinoidai (450; 480 nm)	Kriptochromas (350–520 nm) (maks. 365, 445 nm) Fototropinai ir ZEITLUPE šeimos baltymai (apie 450 nm).	- Efektyviai panaudojama fotosintezei; - Skatina chloroplastų suformavimą, antocianų kaupimą; - Paskatina fotosintezės produktų transportą iš lapų į kaupiamuosius organus; - Slopina augalų tiesimą, skatina šaknų suformavimą, todėl naudinga auginant daržovių daigus.
Violetinė 400–425 nm			Mažiau efektyvi fotosintezei nei raudona šviesa.
UV 200–400 nm		UV-B fotosensorius (280–380 nm)	- UV-A (~380–315 nm) skatina antocianų, fenolinių junginių sintezę; - Paskatina pomidorų daigų augimą, vystymąsi.

O ką regi augalai?



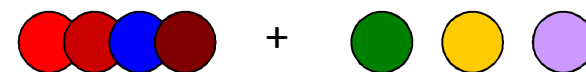
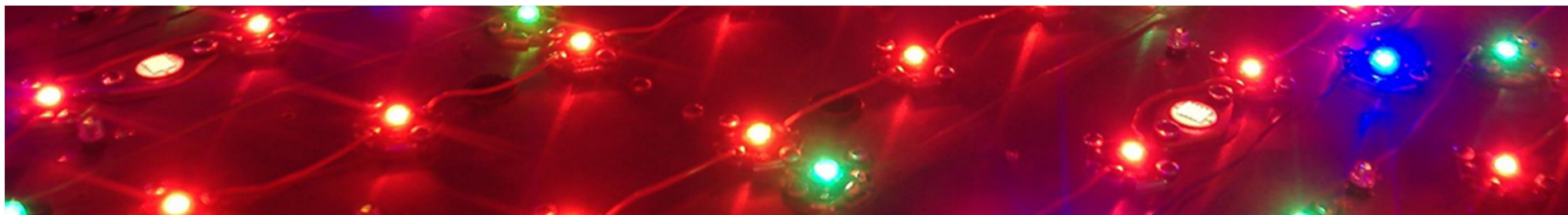
Šviesos spektro įtaka augalų metabolitų kiekiui



	Saccharides	Nitrates	Antioxidant potential	Phenols	Anthocyanins	Carotenoids	Ascorbic acid	α tocopherol
Red	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Yellow/Orange				↑		↑		
Green		↓		↑		↑	↑	↑
Blue	↑							
UV-A			↑	↑				
UV-B			↑	↑	↑			



Šviesos spektro efektai



Skirtingi genotipai – skirtingi augimo tarpsniai – skirtingi efektai



Daigintos ridikėlių sėklos



Ridikėlių mikrožalumynai

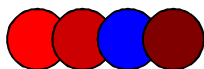


Mažosios salotos

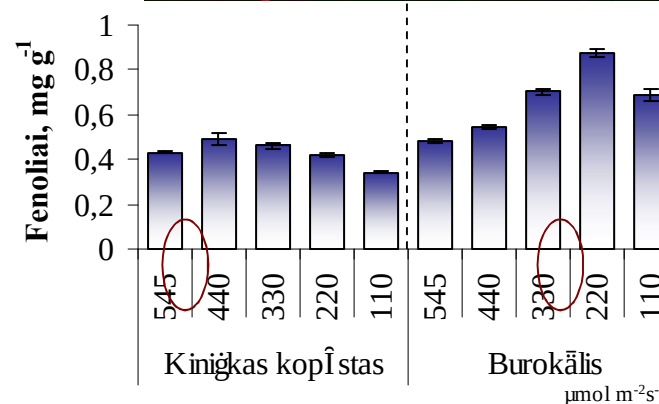
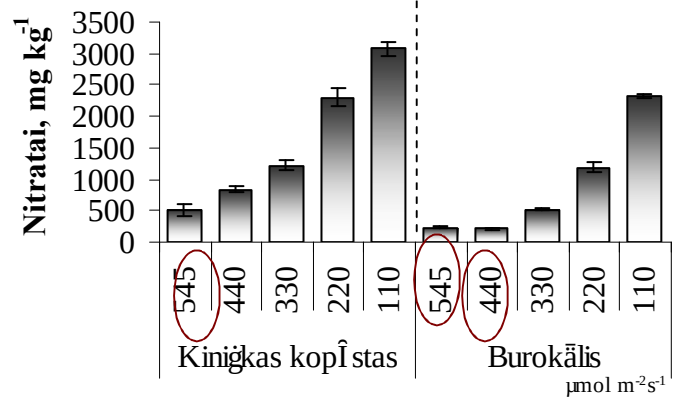
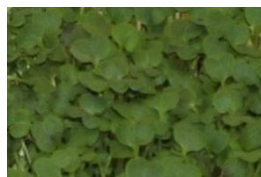
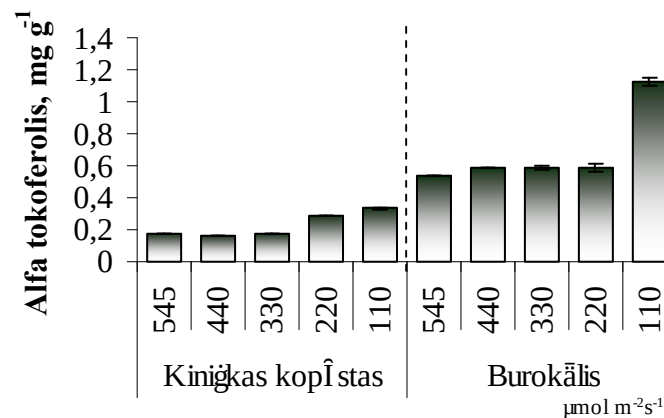
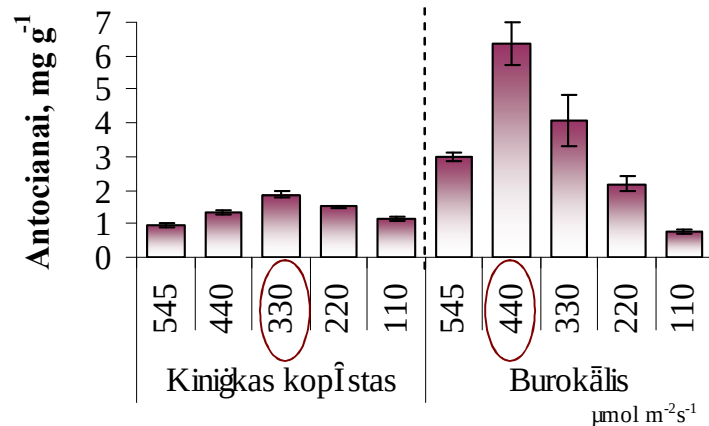


Techninė branda





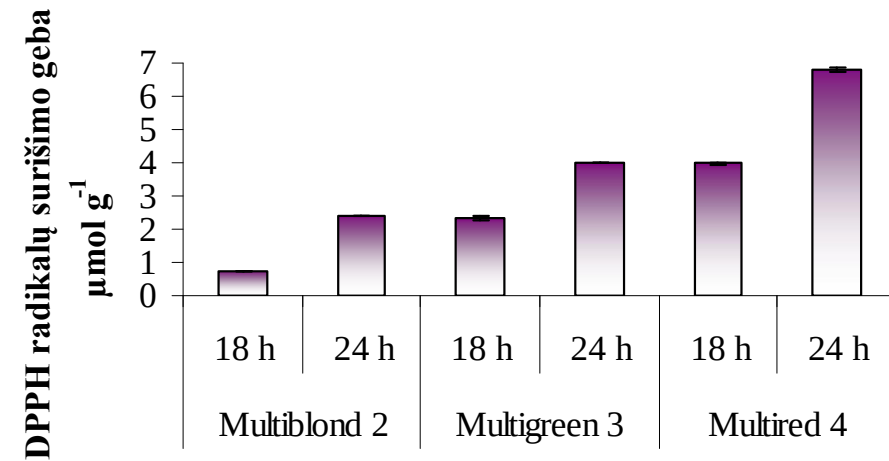
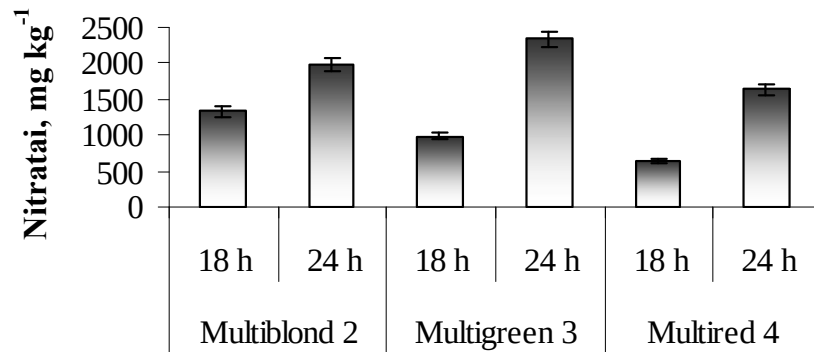
Daiginiai. Apšvietimo srauto efektai ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)





Mažosios salotos. Fotoperiodo efektai

- Skirtingos mažųjų salotų veislės išaugintos po 640 nm ~160 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PPFD šviesa, 18 and 24 h fotoperiodu.



Optimizuotas apšvietimas ar nedidelės stresinės įtampos sąlygos?



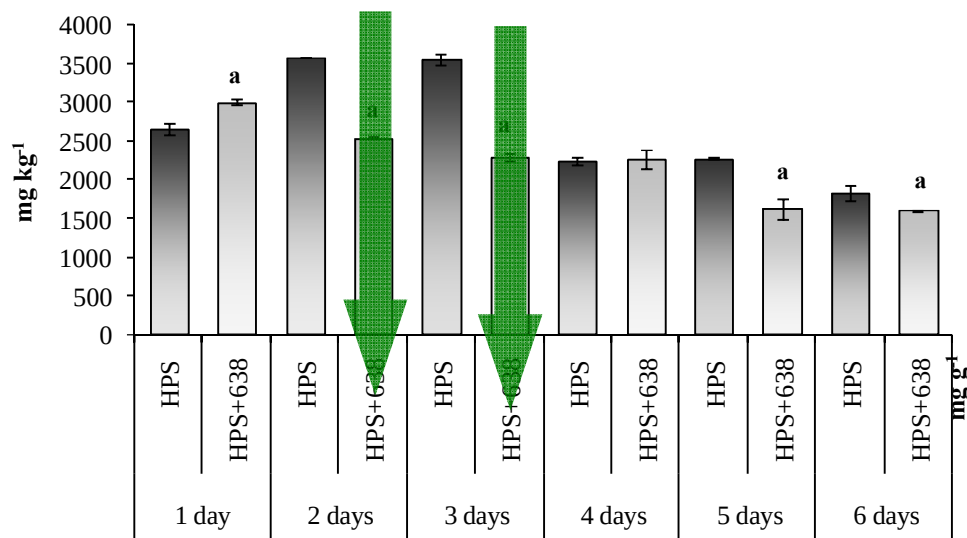


Apšvietimo prieš derliaus nuėmimą efektai

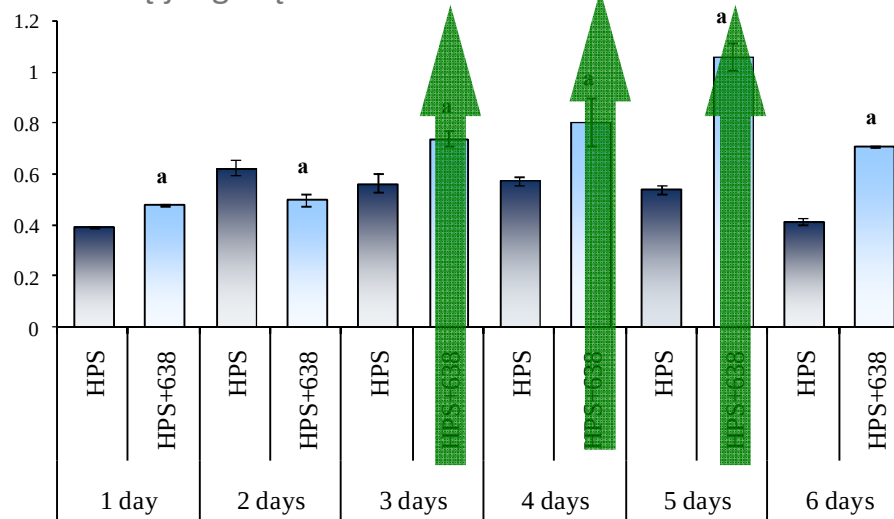
Žalumyninės daržovės, išaugintos po įprastiniu apšvietimu, 3 dienas prieš derliaus nuėmimą apdorotos didelio srauto tankio 640 nm šviesa.



Nitratų kiekis 'Grand rapids' salotose



Fenolinių junginių kiekis



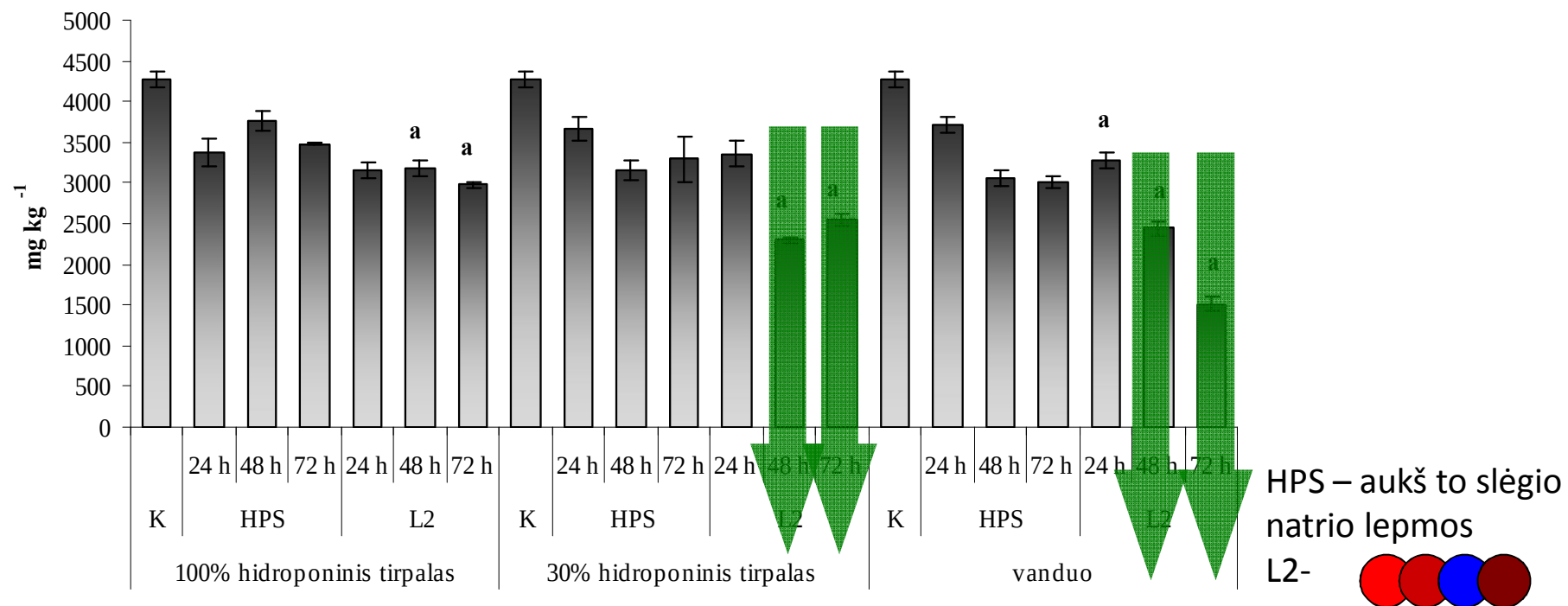
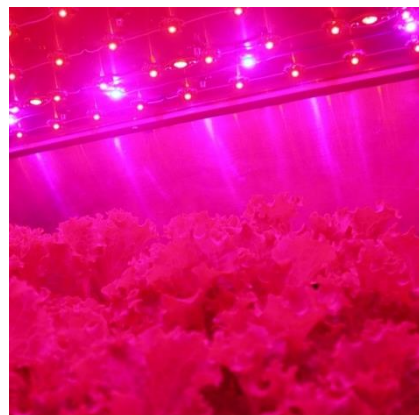
Ar švitinti augalus ilgiau nei 3 dienas?





Šviesos ir kitų aplinkos faktorių sąveika

Nitratų kiekis 'Grand rapids' salotose, apšviestose LED 3 dienas prieš derliaus nuėmimą.

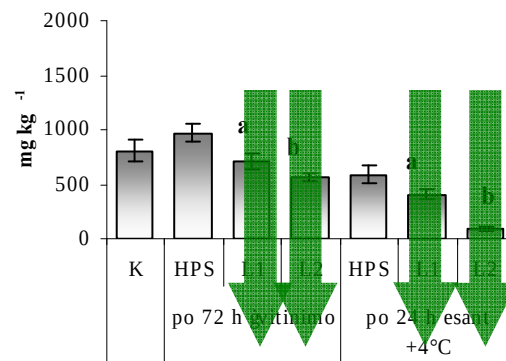


Išliekamieji efektai?

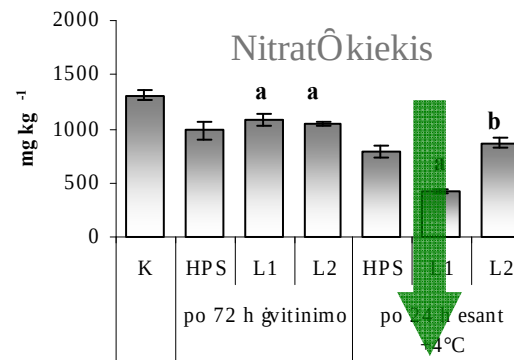
K	Kontrolinis matavimas prieš ėvotinimą			
HPS	Aukšto slėgio natrio lempos			
L1	638 nm			
L2	447 nm	638 nm	669 nm	731 nm



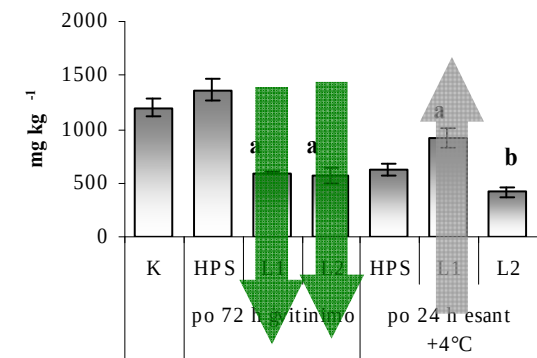
Salotų lapai



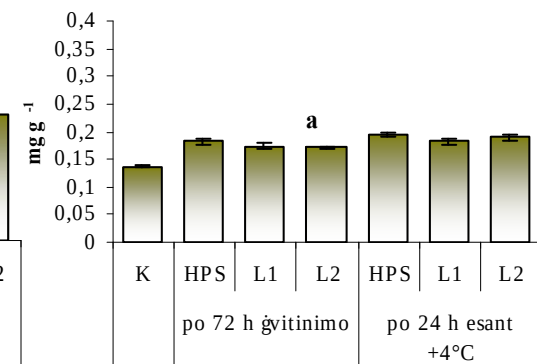
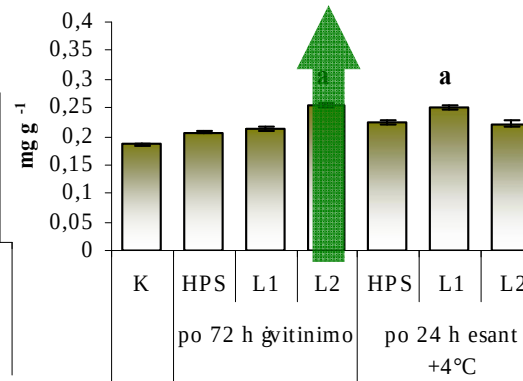
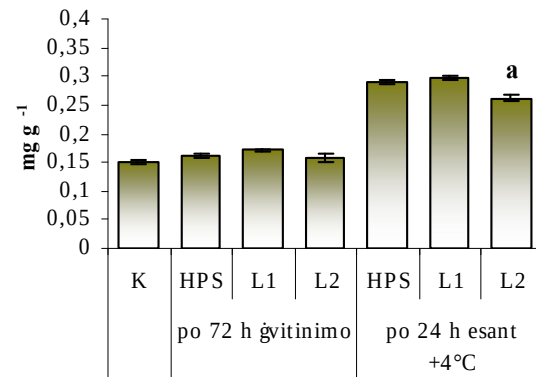
Svogūnų laiškai



Mairūnų ūgliai

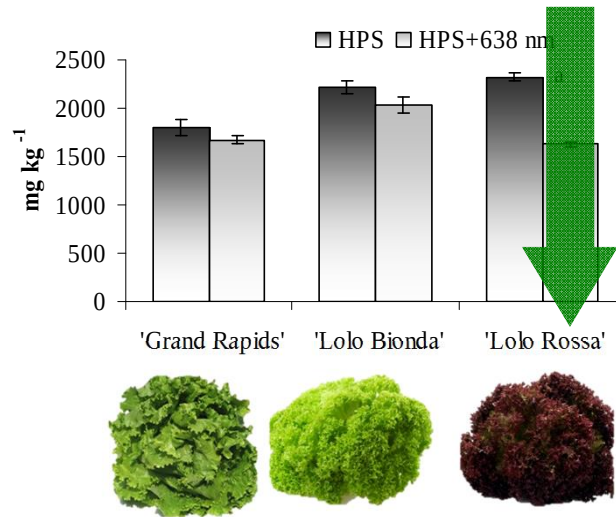


Askorbo rūgšties kiekis

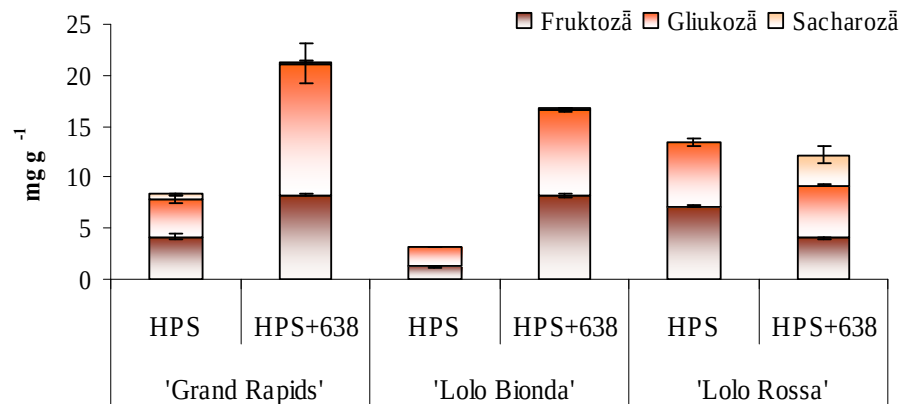
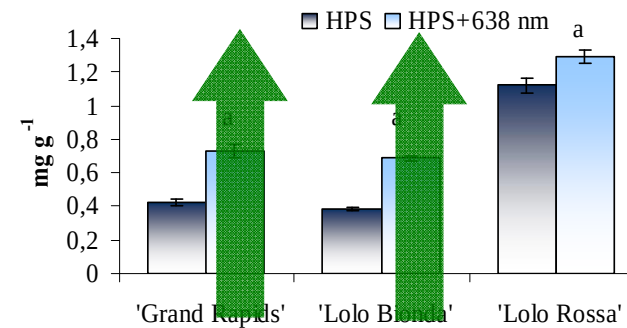


Kiekvienai augalo rūšiai (net veislei!) – savitas optimalus šviesos bangų ilgių derinys

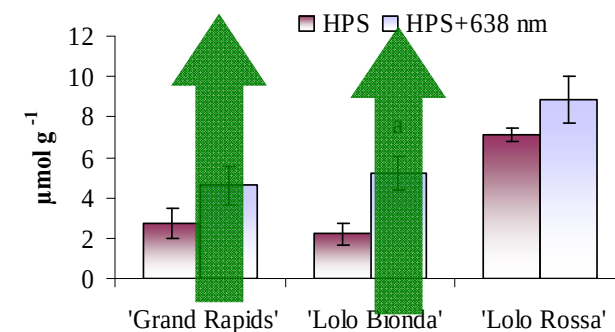
Nitratų kiekis salotose



Fenolinių junginių kiekis



DPPH radikalų imobilizavimo geba





Sezoniškumo efektai šiltnamyje

Apšvietimo receptūros perkėlus iš uždaro klimato kameros į šiltnamį ne visuomet pasiteisina.

Fotofiziologiniai efektai jautriai kinta priklausomai nuo aplinkos sąlygų kaitos šiltnamyje

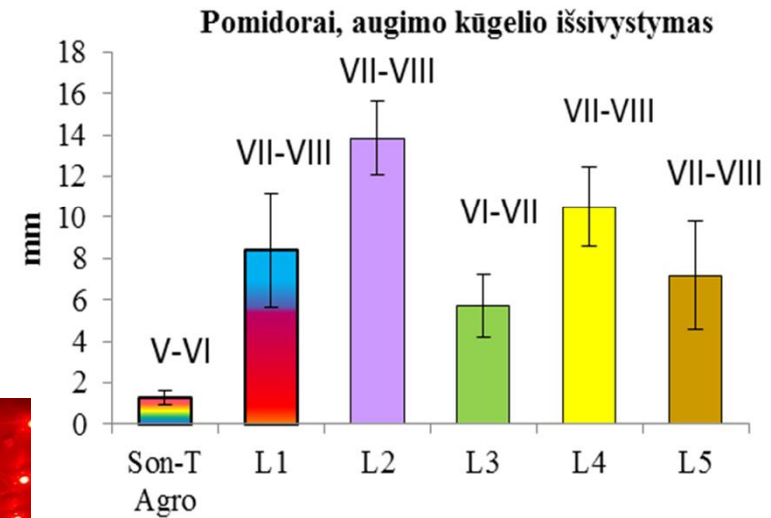
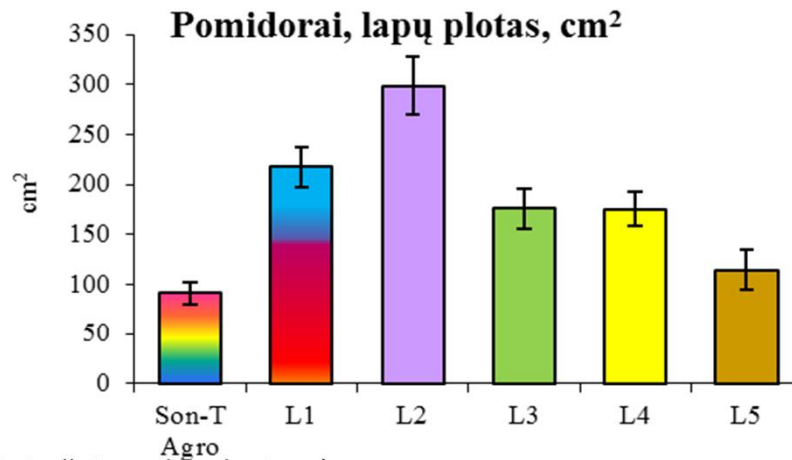
Mėlyna šviesa – efektyviai fotosintezės veiklai
Žalia šviesa – neefektyvi, nes augalai ją atspindi?

Samuolienė ir kt., 2012

Variety	Treatment	Total phenols, mg g ⁻¹ , FW							
<i>November</i>			<i>January</i>			<i>March</i>			
Light green 'Multi blond 2'	HPS	0.63	Light green 'Multi blond 2'	HPS	0.64	Light green 'Multi blond 2'	HPS	1.21	
	HPS + 455 nm	0.66		HPS + 455 nm	0.79 ^a		HPS + 455 nm	1.24	
	HPS + 470 nm	0.60 ^b		HPS + 470 nm	0.70 ^a		HPS + 470 nm	1.03 ^b	
	HPS + 505 nm	0.85 ^a		HPS + 505 nm	0.65		HPS + 505 nm	1.26 ^a	
	HPS + 535 nm	0.62		HPS + 535 nm	0.86 ^a		HPS + 535 nm	1.27 ^a	
	LSD ₀₅	0.019		LSD ₀₅	0.031		LSD ₀₅	0.048	
Green 'Multi green 3'	HPS	0.86	Green 'Multi green 3'	HPS	1.12	Green 'Multi green 3'	HPS	0.80	
	HPS + 455 nm	1.16 ^a		HPS + 455 nm	1.11		HPS + 455 nm	0.61 ^b	
	HPS + 470 nm	0.93 ^a		HPS + 470 nm	1.17		HPS + 470 nm	0.88 ^a	
	HPS + 505 nm	1.00 ^a		HPS + 505 nm	1.23 ^a		HPS + 505 nm	0.94 ^a	
	HPS + 535 nm	1.15 ^a		HPS + 535 nm	0.92 ^b		HPS + 535 nm	0.61 ^b	
	LSD ₀₅	0.034		LSD ₀₅	0.114		LSD ₀₅	0.055	
Red 'Multired 4'	HPS	1.23	Red 'Multired 4'	HPS	0.87	Red 'Multired 4'	HPS	1.35	
	HPS + 455 nm	1.14 ^b		HPS + 455 nm	1.03 ^a		HPS + 455 nm	0.85 ^b	
	HPS + 470 nm	1.27		HPS + 470 nm	1.06 ^a		HPS + 470 nm	1.21 ^b	
	HPS + 505 nm	0.99 ^b		HPS + 505 nm	0.76 ^b		HPS + 505 nm	1.33	
	HPS + 535 nm	1.15 ^b		HPS + 535 nm	1.12 ^a		HPS + 535 nm	1.35	
	LSD ₀₅	0.033		LSD ₀₅	0.051		LSD ₀₅	0.05	



Pomidorų daigai. UV spinduliuotės nauda



L1 – (pagrindinis šviestukų derinys) –

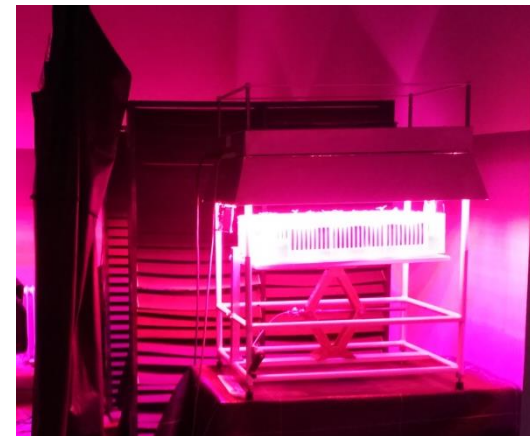
445, 638, 669, 731 nm

L2 – pagrindinis + 380 nm

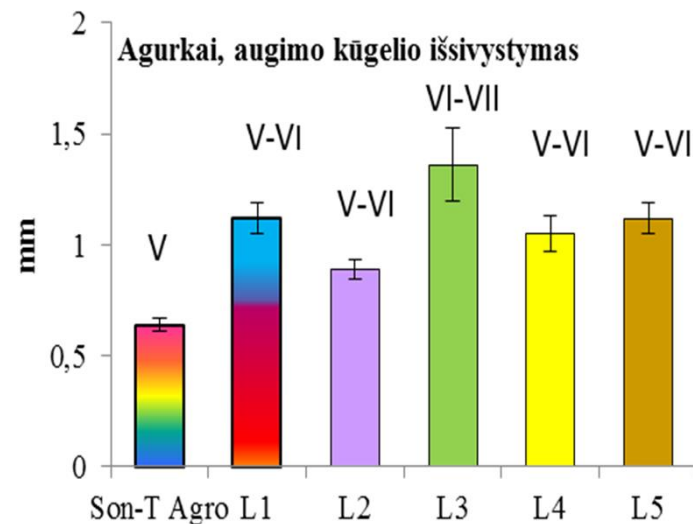
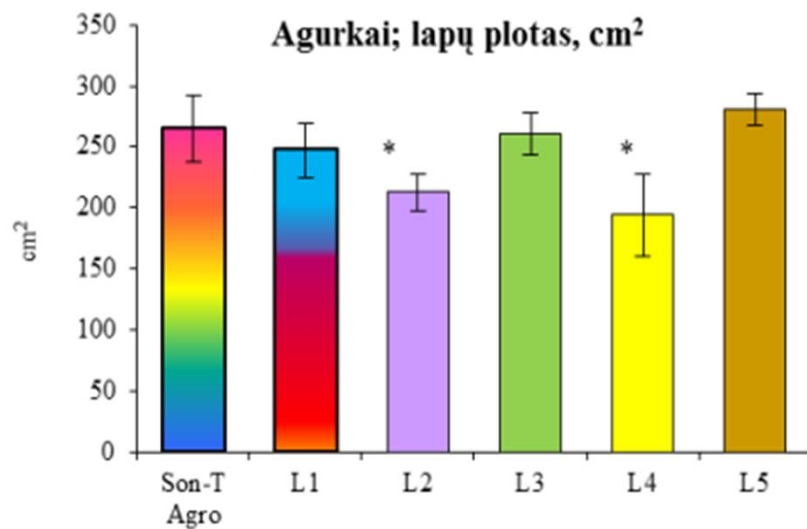
L3 – pagrindinis + 520 nm

L4 – pagrindinis + 595 nm

L5 – pagrindinis + 622 nm



Agurkų daigai. Žalios šviesos nauda



L1 – (pagrindinis šviestukų derinys) –

445, 638, 669, 731 nm

L2 – pagrindinis + 380 nm

L3 – pagrindinis + 520 nm

L4 – pagrindinis + 595 nm

L5 – pagrindinis + 622 nm



Pramoniniu būdu pagamintų šviestuvų srauto parinkimas.

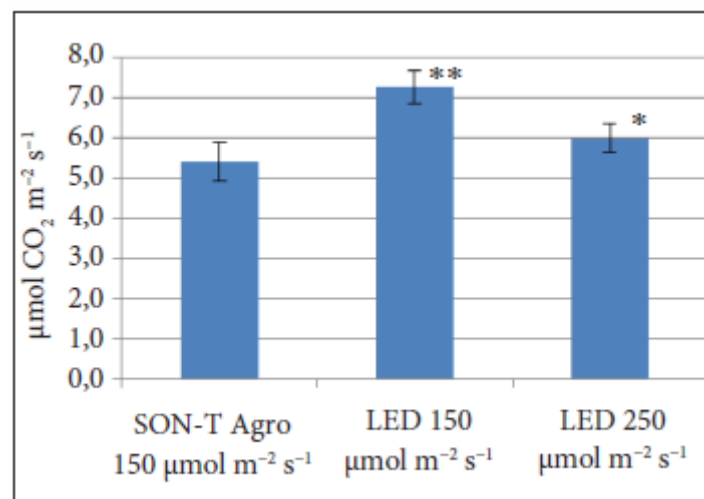
UAB Hortiled



Energijos sąnaudos,
lyginant su HPS lempomis
– 2,5 karto mažesnės

Apšvietimo derinys šiltnamyje <i>Combination of light- ing in greenhouse</i>	Organogenezės etapas <i>Stage</i>	Žiedyno aukštis mm <i>Height of inflores- cence, mm</i>
SON-T Agro $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	VI-VII	$0,81 \pm 0,050$
LED $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	VI	$0,75 \pm 0,006^*$
LED $250 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	VI	$0,73 \pm 0,040^{**}$

Agurkų daigų fotosintezės
intensyvumas ir žiedynų
išsivystymas

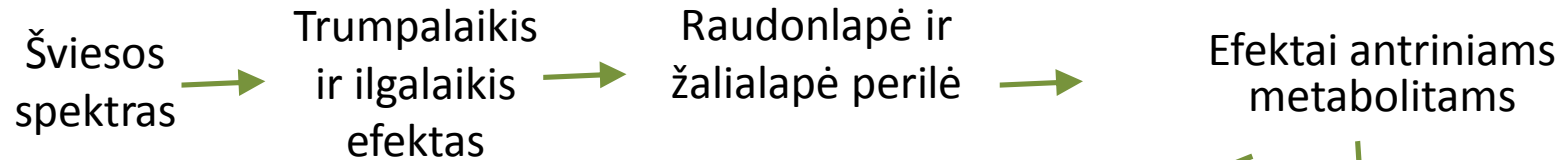


Geresnis mineralinių
elementų įsisavinimas.



Antrinių metabolitų valdymas

Sudėtinga pasiekti visapusiškai teigiamo šviesos efekto augalo metaboliniams procesams, tačiau galima pasitelkti šviesą kaip įrankį padidinti savitų fitocheminių medžiagų kiekį augalinėje žaliavoje.

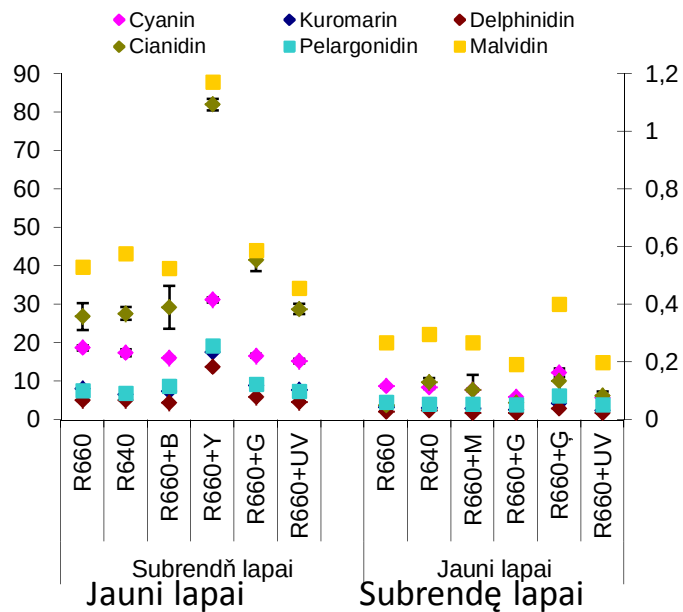


Junginiai, kurie tiesiogiai absorbuoja šviesą (pvz. Fenoliai, karotinoidai)



Junginiai, kurių kiekis mažojamas netiesiogiai per metabolinius procesus (pvz. Askorbo rūgštis, tokoferoliai ir kt.)





Antrinio metabolizmo valdymas

Trumpalaikis šviesos efektas antocianinų kiekiui raudonlapėse krūminėse perilėse.



	Trumpalaikis šviesos efektas	Ilgalaikis šviesos efektas
Raudona	Alfa tokoferolis Fenoliniai junginiai DPPH imobilizavimo aktyvumas	Alfa tokoferolis Fenoliniai junginiai DPPH imobilizavimo aktyvumas Karotinoidas violaksantinas Epikatechinas raudonlapėse perilėse Ursolinė rūgštis žalia lapėse perilėse
Mėlyna	Fenoliniai junginiai DPPH imobilizavimo aktyvumas	Fenoliniai junginiai DPPH imobilizavimo aktyvumas Antocianinų kiekis žalia lapėse perilėse
Geltona	Antocianinai raudonlapėse perilėse Violaksantinas žalia lapėse perilėse	Violaksantinas žalia lapėse perilėse
Žalia	Alfa tokoferolis Antocianinai raudonlapėse perilėse	Antocianinai raudonlapėse perilėse
UV-A		Ursolinė rūgštis raudonlapėse perilėse





Ačiū už dėmesį!

