

Šviesos spektro sudėties įtaka bulvių (*Solanum tuberosum* L.) stiebagumbių apikalinio dominavimo slopinimui

Živilė Juknevičienė¹,

Giedrė Samuolienė²,

Akvilė Viršilė²,

Pavelas Duchovskis^{1,2},

Egidija Venskutonienė¹

¹ Lietuvos žemės ūkio universitetas,
Studentų g. 11,
LT-53361 Akademija, Kauno r.
El. paštas: Zivile.Juknevicienne@lzuu.lt

² Augalų fiziologijos laboratorija,
Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų
centro Sodininkystės ir daržininkystės
institutas, Kauno g. 30,
LT-54333 Babtai, Kauno r.

Eksperimentai vykdyti Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Sodininkystės ir daržininkystės instituto Augalų fiziologijos laboratorijos fitotroniniame komplekse. Tirtas šviesos spektro sudėties poveikis sėklinių bulvių stiebagumbių dygimui bei apikalinio dominavimo slopinimui. Bulvių stiebagumbiai tris savaites iki sodinimo švitinti kieta-kūnio apšvietimo komplekse, kurio moduliai sudaryti iš raudonos 638, papildytos mėlyna 445, raudona 660, raudona 669, tolimąja raudona 731 bei UV 385 nm šviesa, taip pat po fluorescencine lempa. Palyginamieji stiebagumbiai laikyti fitotrono kameroje be apšvietimo. Skirtinguose apšvietimo deriniuose bendras fotonų srauto tankis buvo palaikomas vienodame lygyje ($50 \mu\text{mol cm}^{-2} \text{s}^{-1}$). Eksperimento pabaigoje buvo vertinamas bendras bei skirtingose stiebagumbio dalyse sudygusių pumpurų skaičius, pumpurų spalva, stiebagumbio masė, sukauptų sacharidų kiekis apikaliniuose pumpuruose, apikalinų pumpurų zonose ir šoninėse zonose.

Nustatyta teigiama šviesos spektro sudėties įtaka bulvių stiebagumbių dygimui. Švitinti stiebagumbiai formavo trumpus, kompaktiškus pumpurus, tamsoje laikytų bulvių stiebagumbių pumpurai buvo šviesiai geltoni, ištįsę. Daugiausiai sudygusių pumpurų (94,40 %) rasta, kai daiginimui naudotos raudonos 638, mėlynos 445 ir tolimosios raudonos 731 nm spalvų komponentės. Sudygusių pumpurų skaičius nustatytas 37,31 % didesnis nei tamsoje laikytų (palyginamųjų) stiebagumbių. Dėl pagrindinių raudonų 638 ir 669 su mėlyna 445 nm komponentių įtakos buvo nustatytas didžiausias stiebagumbių apikalinio vyravimo slopinimas.

Neigiamas poveikis stiebagumbių dygimui nustatytas, kai apšvietimo derinys raudonos 638 nm, raudonos 669 nm, tolimosios raudonos 731 nm bei mėlynos 445 nm papildytas UV 385 nm (L7). Sudygusių pumpurų skaičius buvo 10 % mažesnis nei tamsoje laikytų stiebagumbių.

Didesni sacharidų kiekiai apikaliniuose pumpuruose nustatyti tų stiebagumbių, kurie buvo laikyti tamsoje, kadangi į juos asimiliatų transportas buvo intensyvesnis nei į šoninius. Nustatyta, kad sacharidų kiekis pumpuruose bei pumpurų zonose didėjo dėl dygimo intensyvumo.

Raktažodžiai: bulvės, stiebagumbiai, apšvietimo deriniai, apikalinis dominavimas, pumpurai, sacharidai

ĮVADAS

Nepaisant to, kad bulvės yra tradicinis augalas Lietuvoje, bulvininkystė nėra intensyvi žemės ūkio šaka. Bulvės dažniausiai auginamos mažai paisant jų biologijos, dėl to bulvių derliai nėra dideli (2008–2009 m. vidutinis derlius $14,4 \text{ t ha}^{-1}$) (Rodiklių..., 2010). Viena mažo derlingumo priežasčių – netinkama arba prasta sėklinių bulvių stiebagumbių kokybė. Bulvių – sudėtingo pagal fiziologiją augalo – augimo, vystymosi bei laikymo sąlygos turi įtakos

jų dygimui. Bulvės stiebagumbyje akelės išsidėsiusios spiralės forma, kurių didžiausias kiekis sutelktas viršūninėje stiebagumbio dalyje (Allen, O'Brien, Firman, 1992). Kiekvienoje akelėje natūraliai yra trys pumpurų užuomazgos, iš kurių pirmiausia dygsta tik labiausiai išsivystęs. Kiti pumpurai dygsta tik pašalinus (pvz., nulaužus) vyraujančią pumpurą (Shpaar, Bykin, Dreger i dr., 2004).

Baigiantis ramybės būsenai, stiebagumbių akelėse pasirodo pumpurai. Pirmiausia dygsta viršūninė akelė – tai apikalinio dominavimo pasekmė. Šio reiškinio esmė tai,

kad viršūninio pumpuro gaminami auksiniai juda žemyn (bazipetaliai) ir kitų stiebagumbio pumpurų dygimas blokuojamas. Pasodinus stiebagumbius apikalinio dominavimo periodu tikėtina, kad bulvės kerai išaugins tik vieną stiebą. Daugelis autorių nurodo tiesioginį kero stiebų skaičiaus ir derliaus ryšį (O'Brien, Allen, 1992). Apikalinio dominavimo periodo trukmė labai priklauso nuo bulvių veislės savybių, laikymo sąlygų (Grigoriadou, Leventakis, 1999).

Dygstant bulvių stiebagumbiams, asimiliatai intensyviai juda iš stiebagumbio į pumpurus. Sacharidai, atsakingos už signalo perdavimą molekulės, turi įtakos augalams visuose vystymosi tarpsniuose – nuo dygimo iki brandos (Samuolienė, Šikšnianienė, Duchovskis ir kt., 2004). Tirpūs angliavandeniai, ypač gliukozė ir fruktozė, turi didelę įtaką augalo generatyvinių struktūrų formavimuisi ir ląstelių bei viso augalo organizmo metabolizmui. Aplinkos sąlygos veikia asimiliatų judėjimą ir pasiskirstymą augale (Hare, Cress, Van Staden, 1999).

Sėklinių bulvių stiebagumbių dygimas – vienas svarbiausių veiksnių, nulemiančių skaičių stiebų, kurie yra derlių limituojantis faktorius (Allen, O'Brien, Firman, 1992). Literatūros duomenimis (Lazauskas, Ražukas, 2001), geriausia bulves daiginti natūraliomis šviesos sąlygomis, ne aukštesnėje nei 17 °C temperatūroje, 35–45 dienas iki sodinimo, tuomet jų daigai būna trumpi ir stiprūs.

Šviesa – vienas svarbiausių veiksnių augalų augimui ir vystymuisi (Schuerger, Brown, Stryjewski, 1997; Lin, 2002; Urbonavičiūtė, Pinho, Samuolienė ir kt., 2007; Samuolienė, Šabajevienė, Urbonavičiūtė ir kt., 2007; Brazaitytė, Duchovskis, Urbonavičiūtė ir kt., 2009). Tyrimais nustatyta, kad raudona šviesa yra svarbiausia augalų augimui, vystymuisi, fotosintezės aparato veiklai, morfogenezei (Furuya, 1993). Mėlyna šviesa daro didelį poveikį žiotelių atsidarymui ir fotomorfogenezei (Schuerger, Brown, Stryjewski, 1997; Dougher, Bugbee, 1998; Heo, Lee, Chakrabarty, 2002). Teigiama, kad fotofiziologiniai procesai vyksta normaliai, kai apšvitoje mėlynoji spektro dalis (nuo 440 iki 460 nm) sudaro 10 % energijos, o raudonoji dalis (nuo 600 iki 800 nm) – 90 %. Pastarojoje dalyje apie 75 % energijos

turi tekti spinduliuotei, kurios bangų ilgiai yra nuo 600 iki 700 nm, ir apie 25 % energijos turi tekti spinduliuotei, kurios bangų ilgiai yra nuo 700 iki 800 nm. Taip pat žinoma, kad trumpesnių už 400 nm bangų ilgių spinduliuotė nepalankiai veikia augalų morfogenezei procesus, o ilgesnių už 800 nm bangų ilgių spinduliuotė kelia augalų temperatūrą ir kenkia jų produktyvumui (Bliznikas, Breivė, Tamulaitis, 2004). Derinant šviesos spektrą galima sėkmingai valdyti fitohormonų sintezę (Samuolienė, Šikšnianienė, Duchovskis ir kt., 2004). Tai sudaro prielaidas ir augalų apikalinio dominavimo valdymui.

Darbo hipotezė – derinant šviesos spektro sudėties kombinacijas, slopinti apikalinį dominavimą bei paskatinti bulvių stiebagumbių dygimą.

Darbo tikslas – nustatyti šviesos spektro sudėties įtaką bulvių stiebagumbių dygimui, apikalinio dominavimo slopinimui, sacharidų kiekiui bulvių stiebagumbių pumpuruose bei pumpurų zonose.

TYRIMŲ METODAI IR SĄLYGOS

Tyrimai atlikti 2008 m. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Sodininkystės ir daržininkystės instituto Augalų fiziologijos laboratorijos fitotroniniame komplekse.

Bulvių stiebagumbiai tris savaites iki sodinimo daiginti fitotrono kameroje, naudojant skirtingų bangos ilgių kieta-kūnį apšvietimą bei fluorescencines lempas (F). Palyginamieji stiebagumbiai laikyti fitotrono kameroje be apšvietimo (K0) (1 lentelė).

Visuose apšvietimo deriniuose pagrindinė raudona spektro komponentė, bangos ilgis – 638 nm (AlGaInP LED (LUXEON® III Star, LXHL-LDE3C, Philips Lumileds Lighting Company) papildyta mėlyna 445 nm (LUXEON® III Star, LXHL-LB3C, Philips Lumileds Lighting Company), raudona 669 nm, raudona 660 nm, tolimąja raudona 731 nm bei UV 385 nm (i-LED, NCCU033T, Nichia Corporation, Japan).

Fotoperiodas – 12 h, bendras apšvietimo srautas – 50 μmol m⁻² s⁻¹. Palaikoma temperatūra (D/N) apie 17 °C. Spektro srautas matuotas radiometru (HR4000, Ocean Optics Inc., JAV). Tyrimai atlikti pagal schemą (1 lentelė).

1 lentelė. Apšvietimo deriniai ir fotonų srauto tankiai

Table 1. Lighting combinations and photon flux densities

Eilės Nr. Serial number	Apšvietimo derinys Combination of lighting	Fotonų tankio srautas % / Flux density, %						
		fluorescencinė lempa fluorescent lamp	mėlyna blue 445 nm	raudona red 638 nm	raudona red 669 nm	raudona red 660 nm	tolimoji raudona far red 731 nm	UV 385 nm
1.	K0	–	–	–	–	–	–	–
2.	L0	100	–	–	–	–	–	–
3.	L1	–	–	100	–	–	–	–
4.	L2	–	16	84	–	–	–	–
5.	L3	–	16	81	–	–	3	–
6.	L4	–	16,4	80	3,6	–	–	–
7.	L5	–	16,4	78	3,6	–	2	–
8.	L6	–	16	78	–	3,6	2,4	–
9.	L7	–	16	73,6	3,6	–	2,4	4,4

Tyrimams pasirinkta maistinės paskirties, vidutinio ankstyvumo bulvių veislė 'Solara'. Sėklinė medžiaga gauta iš Kauno augalų veislių tyrimo stoties.

Stiebagumbiai suskirstyti frakcijomis: <40 g; 40–80 g; >80 g. Stiebagumbių skaičius visuose poveikio deriniuose buvo vienodas – po 106 vnt. Eksperimentas atliktas trimis pakartojimais. Stiebagumbiai sunumeruoti, pasverti, suskaičiuotos akelės viršutinėje, vidurinėje bei apatinėje dalyse. Nustatoma: sudygusių pumpurų skaičius (vnt. ir %) viršutinėje, vidurinėje bei apatinėje stiebagumbio dalyse, masė (g ir %, tikslumas $\pm 0,001$ g). Monosacharidų ir disacharidų ekstrakcija atlikta sutrinant ~1 g augalinės žaliavos keraminėje grūstuvėlėje, užpilant 4 ml karšto bidistiliuoto vandens ir po 24 h nufiltruojant celiulioziniu ir membraniniu filtrais. Analizė atlikta efektyviosios skysčių chromatografijos metodu su refrakcijos indekso detektoriumi (Shimadzu, Japonija), Adsorbosil NH₂ (150 x 4,6 mm) kolonėle (Alltech, Vokietija). Judrioji fazė: 75/25 acetonitrilas / bidistiliuotas vanduo.

Tyrimų duomenų vidurkio standartinis nuokrypis apskaičiuotas pagal programą „MS Excel“. Tyrimų duomenys įvertinti dispersinės analizės metodu taikant Dunkano testą. Eksperimento duomenų statistiniam įvertinimui naudotas statistinis programų paketas „Selekcija“, jo programos ANOVA (Tarakanovas, Raudonius, 2003). Straipsnyje vartoti simboliai: R_{05} – mažiausia esminio skirtumo riba esant 95 tikimybės lygiui. $S\bar{x}$ – vidurkio vidutinė kvadratinė paklaida. Sudygimas skaičiuojamas nuo pirminio akelių skaičiaus ir išreiškiamas procentais.

REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Stiebagumbiai, daiginti po kietakūnio apšvietimo bei fluorescencinės lempos moduliais, formavo trumpus, kompaktiškus pumpurus. Bulvių stiebagumbių, laikytų tamsoje, pumpurai buvo ištįsę bei šviesiai geltoni (K0), pumpurų sudygo vos 57,59 % pirminio akelių skaičiaus (2 lentelė). Daugiausia sudygusių pumpurų nuo pirminio akelių skaičiaus – 94,40 % (L3) nustatyta, kai daiginimui buvo naudoti trijų bangos ilgių šviesos diodai: 81 % sudarė raudona 638 nm, 16 % mėlyna 445 nm, 3 % tolimoji raudona 731 nm komponentės, atitinkamai palyginus su fluorescencinės lempos poveikiu (L0) ir su tamsoje laikytais stiebagumbiais (K0). Nežymiai mažesnis (sudygo 91,25–92,21 % akelių) poveikis nustatytas, kai stiebagumbių daiginimo apšvietimui naudotos dvi pagrindinės komponentės: raudona 638 nm bei raudona su mėlyna 445 nm (L1, L2).

Nepalankiai bulvių stiebagumbių dygimą paveikė spektrinę sudėtį papildžius trumpaisiais 385 nm UV spinduliais (L7). Nustatyta, kad sudygo vos daugiau negu pusė pumpurų nuo pirminio akelių skaičiaus (51,61 %), t. y. 10 % mažiau, nei tamsoje daigintuose stiebagumbiuose (K0) (2 lentelė).

Pagal akelių išsidėstymą, bulvės stiebagumbiai suskirstyti į tris dalis. Viršutinė stiebagumbio dalis, kurioje sutelktas didžiausias akelių skaičius, vidurinė ir apatinė, kurioje yra stolonų prisegimo vieta (Šlapakauskas, Duchovskis, 2008).

2 lentelė. Šviesos spektro sudėties poveikis bulvių stiebagumbių dygimui 2008 m.

Table 2. Effect of light spectral composition on potato tuber germination, 2008

Apšvietimo derinys Combination of lighting*	Vidutinis akelių skaičius gumbė prieš daiginimą vnt. Average eye number per tuber before sprouting, units	Vidutinis pumpurų skaičius gumbė po daiginimo vnt. Average bud number per tuber after sprouting, units	Pumpurų skaičius % Bud number, %
K0	9,03	5,20	57,59
L0	7,10	6,47	90,13
L1	7,20	6,57	91,25
L2	8,60	7,93	92,21
L3	6,67	6,33	94,90
L4	7,07	5,53	78,22
L5	8,07	5,83	72,24
L6	7,70	6,23	80,91
L7	9,30	4,80	51,61
R_{05}			1,55
$S\bar{x}$			$\pm 0,53$

* K0 – kontrolė, laikyta tamsoje; L0 – fluorescencinė lempa; L1 – raudona 638 nm; L2 – mėlyna 445 nm + raudona 638 nm; L3 – mėlyna 445 nm + raudona 638 nm + tolimoji raudona 731 nm; L4 – mėlyna 445 nm + raudona 638 nm + raudona 669 nm; L5 – mėlyna 445 nm + raudona 638 nm + raudona 669 nm + tolimoji raudona 731 nm; L6 – mėlyna 445 nm + raudona 638 nm + raudona 660 nm + tolimoji raudona 731 nm; L7 – mėlyna 445 nm + raudona 638 nm + raudona 669 nm + tolimoji raudona 731 nm + UV 385 nm

* K0 – control, without lighting; L0 – fluorescent lamp; L1 – red 638 nm; L2 – blue 445 nm + red 638 nm; L3 – blue 445 nm + red 638 nm + far red 731 nm; L4 – blue 445 nm + red 638 nm + red 669 nm; L5 – blue 445 nm + red 638 nm + red 669 nm + far red 731 nm; L6 – blue 445 nm + red 638 nm + red 660 nm + far red 731 nm; L7 – blue 445 nm + red 638 nm + red 669 nm + far red 731 nm + UV 385 nm

Didžiausias teigiamas poveikis bulvių stiebagumbių apikalinio dominavimo slopinimui – sudygsių pumpurų skaičius: 45 % viršutinėje, 43 % vidurinėje bei 11 % apatinėje stiebagumbių dalyse, kur panaudotas raudonų 638 nm ir 669 nm bei mėlynos 445 nm spalvų apšvietimo derinys (L4). Kai kurios šviesos spektrinės sudėties deriniai (L3, L6, L7) slopino bulvių stiebagumbių apikalinį dominavimą, apatinėje gumbo dalyje sudygsių pumpurų skaičius siekė 8–11 % (1 pav.). Apšvietimo deriniai, papildyti raudonų 669 nm, 660 nm, tolimosios raudonos 731 nm ir UV 385 nm (L7), inicijavo tolygesnį stiebagumbių pumpurų dygimą. Vidurinėje ir apatinėje stiebagumbių dalyse sudygo apie 50 % pumpurų nuo bendro akelių skaičiaus.

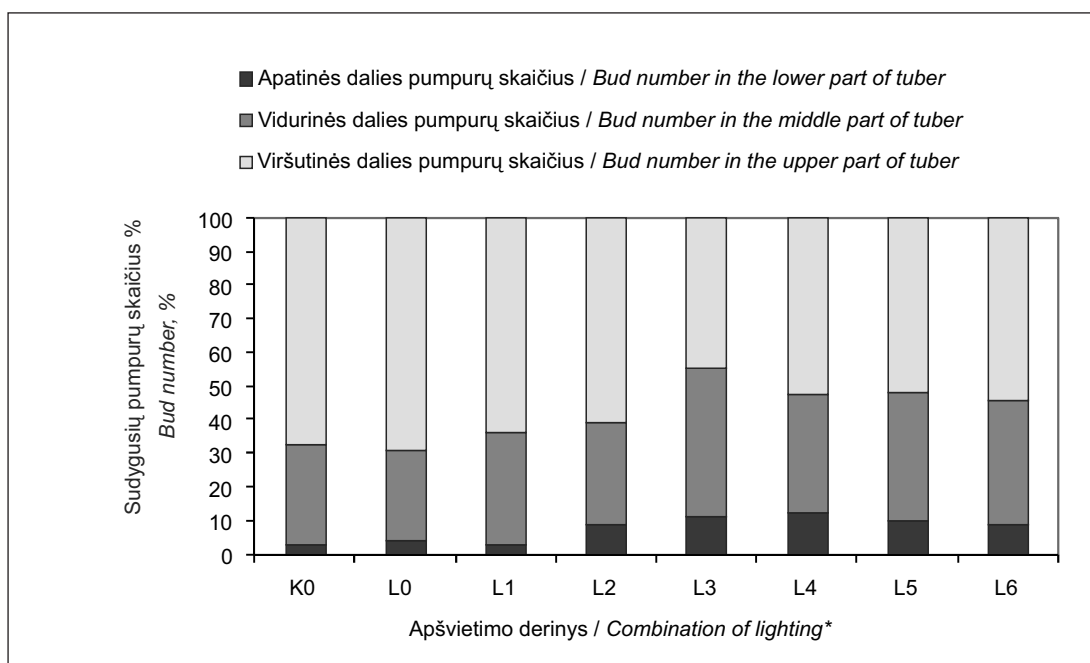
Pradėjus dygti pumpurams, stiebagumbio energija išekvojama: stiebagumbis vysta, mažėja jo masė (Shpaar, Bykin, Dreger i dr., 2004). Įvertinus stiebagumbių masę prieš daiginimą ir po jo, nustatyta, kad daugiausiai pumpurų išaugusių stiebagumbių (L3) masė sumažėjo labiausiai (2 pav.).

Dygstant pumpurams, cukrūs intensyviau persiskirsto iš stiebagumbio pumpuro zonos audinių į patį pumpurą (Ferne, Willmitzer, 2001). Siekiant įvertinti cukrų pasiskirstymą esant apikalinį pumpurų dominavimui ir jį slopinant, tirtas sacharidų kiekis daigintų stiebagumbių apikaliniuose pumpuruose, pumpurų zonos ir šoninių pumpurų zonose.

Bulvių stiebagumbius veikiant skirtingo apšvietimo deriniais, sacharidų kiekis pumpuruose bei pumpurų zonos priklausė nuo dygimo intensyvumo. Daugiausia sacharidų (30 mg g⁻¹) (ypač gliukozės) apikaliniuose pumpuruose sukauptė tamsoje laikyti (K0) stiebagumbiai bei L7 poveikio derinyje, kur pagrindinės mėlyna 445 nm, raudona 638 nm, raudona 669 nm, tolimoji raudona 731 nm komponentės papildytos UV 385 nm spinduliais (3 lentelė). Šio poveikio metu bendras sacharidų kiekis apikaliniuose pumpuruose nustatytas 20 mg g⁻¹. Nustatyta, kad raudonų 638 ir 669 nm, mėlynos 445 nm (L4), taip pat mėlynos 445 nm, raudonos 638 nm ir tolimosios raudonos 731 nm šviesos (L3) spektro sudėtis, inicijavo tolygų stiebagumbių pumpurų dygimą (3 lentelė) bei sacharidų pasiskirstymą tarp apikalinį ir šoninių zonų.

Esant ryškiam apikalinį pumpurų dominavimui, apikalinį pumpurų zonoje nustatyta reikšmingai daugiau (10,05 ir 14,61 mg g⁻¹) cukrų (L2, L5) nei dygstant šoniniams pumpurams. Visgi šviesos spektro sudėčiai veikiant fitochromo veiklą (Samuolienė, Šikšnianienė, Duchovskis ir kt., 2004), apikalinis dominavimas tirtomis sąlygomis nebuvo visiškai eliminuotas – į apikalinius pumpurus asimiliatų transportas buvo intensyvesnis nei į šoninius.

Šviesos spektro sudėties poveikis tirtas daugelio augalų augimui, fotosintezės aparato veiklai, sausųjų me-

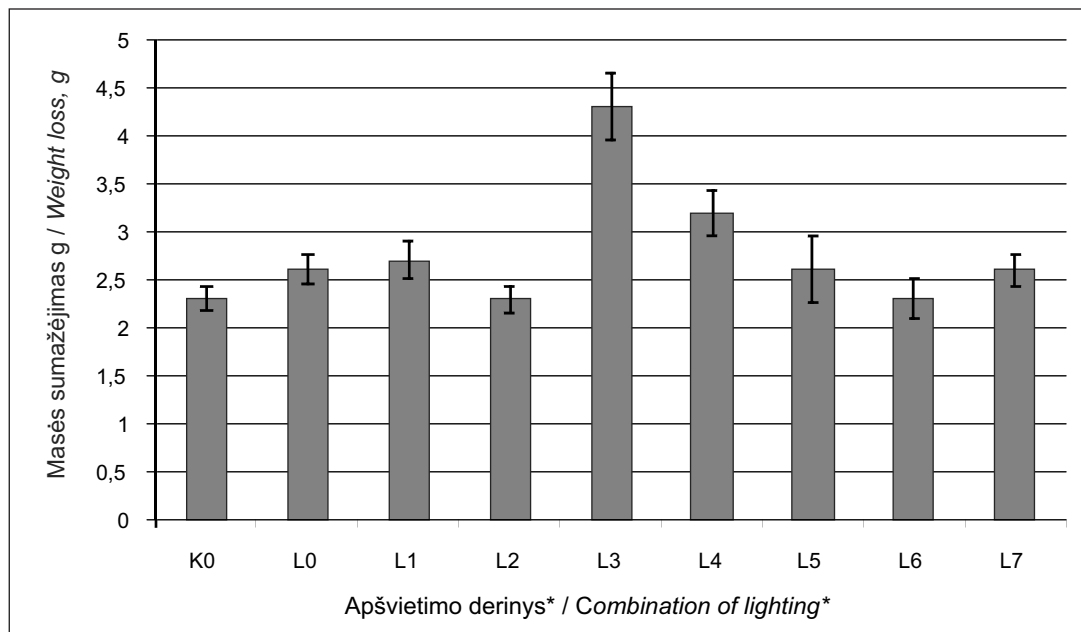


* K0 – kontrolė, laikyta tamsoje; L0 – fluorescencinė lempa; L1 – raudona 638 nm; L2 – mėlyna 445 nm + raudona 638 nm; L3 – mėlyna 445 nm + raudona 638 nm + tolimoji raudona 731 nm; L4 – mėlyna 445 nm + raudona 638 nm + raudona 669 nm; L5 – mėlyna 445 nm + raudona 638 nm + raudona 669 nm + tolimoji raudona 731 nm; L6 – mėlyna 445 nm + raudona 638 nm + raudona 660 nm + tolimoji raudona 731 nm; L7 – mėlyna 445 nm + raudona 638 nm + raudona 669 nm + tolimoji raudona 731 nm + UV 385 nm

* K0 – control, without lighting; L0 – fluorescent lamp; L1 – red 638 nm; L2 – blue 445 nm + red 638 nm; L3 – blue 445 nm + red 638 nm + far red 731 nm; L4 – blue 445 nm + red 638 nm + red 669 nm; L5 – blue 445 nm + red 638 nm + red 669 nm + far red 731 nm; L6 – blue 445 nm + red 638 nm + red 660 nm + far red 731 nm; L7 – blue 445 nm + red 638 nm + red 669 nm + far red 731 nm + UV 385 nm

1 pav. Šviesos spektro sudėties poveikis bulvių stiebagumbių pumpurų dygimui skirtingose stiebagumbio dalyse 2008 m.

Fig. 1. Effect of light spectral composition on potato tuber sprout germination in different parts of tuber, 2008



* K0 – kontrolė, laikyta tamsoje; L0 – fluorescencinė lempa; L1 – raudona 638 nm; L2 – mėlyna 445 nm + raudona 638 nm; L3 – mėlyna 445 nm + raudona 638 nm + tolimoji raudona 731 nm; L4 – mėlyna 445 nm + raudona 638 nm + raudona 669 nm; L5 – mėlyna 445 nm + raudona 638 nm + raudona 669 nm + tolimoji raudona 731 nm; L6 – mėlyna 445 nm + raudona 638 nm + raudona 660 nm + tolimoji raudona 731 nm; L7 – mėlyna 445 nm + raudona 638 nm + raudona 669 nm + tolimoji raudona 731 nm + UV 385 nm

* K0 – control, without lighting; L0 – fluorescent lamp; L1 – red 638 nm; L2 – blue 445 nm + red 638 nm; L3 – blue 445 nm + red 638 nm + far red 731 nm; L4 – blue 445 nm + red 638 nm + red 669 nm; L5 – blue 445 nm + red 638 nm + red 669 nm + far red 731 nm; L6 – blue 445 nm + red 638 nm + red 660 nm + far red 731 nm; L7 – blue 445 nm + red 638 nm + red 669 nm + far red 731 nm + UV 385 nm

2 pav. Šviesos spektro sudėties poveikis bulvių stiebagumbių masės kitimui 2008 m.

Fig. 2. Effect of light spectral composition on potato tuber weight loss, 2008

džiagų kaupimuisi, produktyvumui (agurkų daigams – Brazaitytė, Duchovskis, Urbonavičiūtė, 2009, salotų augimui – Urbonavičiūtė, Pinho, Samuolienė, 2007, morkų žydėjimo iniciacijai – Samuolienė, Šabajevienė, Urbonavičiūtė, 2007). Gauti tyrimų rezultatai, kurie nusako skirtingų apšvietimo derinių poveikį. Pavyzdžiui, optimaliam salotų augimui pasiekti nustatytas raudonos ir mėlynos spalvų derinys (Urbonavičiūtė, Pinho, Samuolienė, 2007), tačiau bulvių daiginimas, naudojant kietakūnį apšvietimą, tirtas pirmą kartą.

Bulvės stiebagumbis yra modifikuotas stiebas, turintis tą pačią struktūrą, kaip ir antžeminis stiebas (Shpaar, Bykin, Dreger i dr., 2004). Šviesa teigiamai paveikė bulvių stiebagumbius, todėl susiformavo trumpi, tvirti pumpurai. Iš gautų tyrimo rezultatų matyti, kad kietakūnio apšvietimo deriniai skirtingai veikė bulvių stiebagumbių dygimą. Apšvietimui panaudojus UV 385 nm spindulius nustatytas mažiausias bendras sudygusių pumpurų skaičius. Tamsoje laikytų bulvių stiebagumbių pumpurai buvo ištįsę, trapūs, daugiausia sudygusių pumpurų nustatyta viršutinėje stiebagumbių dalyje.

Angliavandeniai, ypač gliukozė ir fruktozė, turi didelę įtaką augalo struktūrų formavimuisi ir ląstelių bei viso organizmo metabolizmui. Jie dalyvauja augalui reaguojant į aplinkos sąlygas, kaip signalą perduodančios molekulu-

lės, aktyvuojančios savitus hormoninių ir nehormoninių signalų perdavimo kelius, lemiančius svarbias genų ekspresijos modifikacijas ir fermentų aktyvumą (Smeekens, 2000). Pagal nustatytą sacharidų kiekį skirtingose stiebagumbių zonose galime daryti išvadą, kad didžiausias jų kiekis iš dalies atitiko stiebagumbių dygimo tendencijas. Nors sacharidų signalų perdavimo ir genų ekspresijos mechanizmai nėra visiškai ištirti, atrodo, kad jie palaiko su biosinteze ir rezervų kaupimuisi susijusių genų raišką ir slopina genus, atsakingus už atsargų metabolizmą (Ho, Chao, Tong et al., 2001).

Literatūroje nurodoma, kad geriausias būdas įveikti apikalinį dominavimą ir paskatinti šoninių akelių dygimą yra prailginti stiebagumbių laikymo trukmę iki kol pasibaigs apikalinio dominavimo periodas. Kiti autoriai (Shpaar, Bykin, Dreger i dr., 2004) teigia, kad pašalinus, pavyzdžiui, nulaužus dominuojantį pumpurą, suaktyvėja kitų dygimas, tačiau toks stiebagumbio dygimo skatinimas neigiamai veikia patį stiebagumbį, kadangi šis praranda drėgmę, energiją, vysta.

Tyrimų duomenimis, nustatytas apikalinio dominavimo slopinimas, kai apšvietimui komponuotas raudonų 638, 669 nm bei mėlynos 445 nm šviesų derinys (L4). Galima daryti prielaidą, kad toks apšvietimas galėjo keisti fitohormonų santykį, skatinti stiebagumbio pumpurų dygimą.

3 lentelė. Šviesos spektro sudėties poveikis bulvių stiebagumbių sacharidų kiekiui pumpuruose bei pumpurų zonoje 2008 m.

Table 3. Effect of light spectral composition on potato tuber sugar content in the buds and bud areas, 2008

Apšvietimo derinys Combination of lighting	Stiebagumbio zona Tuber part	Sacharidų kiekis mg g ⁻¹ / Saccharide content, mg g ⁻¹			
		Fruktozė Fructose	Gliukozė Glucose	Sacharozė Saccharose	Maltozė Maltose
Tamsa Without lighting	Apikalinis pumpuras Apical bud	4,55 ± 0,30	21,78 ± 0,92	2,55 ± 1,00	0,65 ± 0,14
	Apikalinė zona Apical part	1,56 ± 0,15	5,31 ± 0,44	2,14 ± 0,04	0,26 ± 0,003
	Šoninė zona Lateral part	0,82 ± 0,01	1,07 ± 0,09	0,86 ± 0,007	0,44 ± 0,03
Fluorescencinė lempa Fluorescent lamp	Apikalinis pumpuras Apical bud	2,82 ± 0,11	1,14 ± 0,06	1,14 ± 0,07	–
	Apikalinė zona Apical part	–	2,24 ± 0,01	0,49 ± 0,03	–
	Šoninė zona Lateral part	2,11 ± 0,15	0,60 ± 0,09	1,12 ± 0,08	–
638 nm	Apikalinis pumpuras Apical bud	1,13 ± 0,08	2,95 ± 0,09	2,18 ± 0,03	–
	Apikalinė zona Apical part	0,62 ± 0,01	0,69 ± 0,06	–	–
	Šoninė zona Lateral part	2,90 ± 0,23	0,48 ± 0,01	1,16 ± 0,12	–
638, 445 nm	Apikalinis pumpuras Apical bud	1,99 ± 0,17	5,54 ± 0,25	2,51 ± 0,01	1,13 ± 0,02
	Apikalinė zona Apical part	0,06 ± 0,01	–	–	–
	Šoninė zona Lateral part	0,09 ± 0,009	–	0,11 ± 0,002	–
638, 445, 731 nm	Apikalinis pumpuras Apical bud	0,86 ± 0,01	0,32 ± 0,04	2,33 ± 0,06	0,59 ± 0,02
	Apikalinė zona Apical part	0,93 ± 0,01	1,83 ± 0,21	0,37 ± 0,06	0,58 ± 0,03
	Šoninė zona Lateral part	0,51 ± 0,01	1,42 ± 0,02	0,48 ± 0,04	0,20 ± 0,06
638, 669, 445 nm	Apikalinis pumpuras Apical bud	0,49 ± 0,08	0,65 ± 0,009	0,22 ± 0,03	–
	Apikalinė zona Apical part	0,37 ± 0,01	0,19 ± 0,06	0,14 ± 0,04	0,55 ± 0,01
	Šoninė zona Lateral part	0,32 ± 0,07	0,36 ± 0,06	0,15 ± 0,04	0,13 ± 0,03
638, 669, 731, 445 nm	Apikalinis pumpuras Apical bud	3,21 ± 0,13	7,66 ± 0,59	3,74 ± 0,01	0,88 ± 0,02
	Apikalinė zona Apical part	1,60 ± 0,18	2,85 ± 0,06	1,46 ± 0,02	0,06 ± 0,002
	Šoninė zona Lateral part	1,83 ± 0,05	6,31 ± 0,29	2,06 ± 0,42	0,99 ± 0,02
638, 660, 731, 445 nm	Apikalinis pumpuras Apical bud	2,26 ± 0,07	3,83 ± 0,05	2,86 ± 0,02	1,08 ± 0,03
	Apikalinė zona Apical part	1,10 ± 0,17	0,20 ± 0,001	0,30 ± 0,05	–
	Šoninė zona Lateral part	1,00 ± 0,20	1,50 ± 0,04	0,97 ± 0,03	–
638, 669, 731, 445, UV 385 nm	Apikalinis pumpuras Apical bud	4,65 ± 1,35	10,19 ± 0,16	4,27 ± 0,21	0,46 ± 0,30
	Apikalinė zona Apical part	1,28 ± 0,15	3,24 ± 0,10	1,22 ± 0,01	0,60 ± 0,03
	Šoninė zona Lateral part	0,71 ± 0,01	0,60 ± 0,04	0,88 ± 0,06	–

IŠVADOS

1. Komponentų derinys – raudonos 638 nm, mėlynos 445 nm bei tolimosios raudonos 731 nm – skatino didžiausią bulvių stiebagumbių pumpurų dygimą (94,40 %), sudygsių pumpurų skaičius 37 % didesnis nei tamsoje laikytų stiebagumbių.

2. Šviesos spektro sudėties poveikis bulvių stiebagumbių apikalinio dominavimo slopinimui nustatytas didžiausias, kai daiginimui naudotas raudonų 638 ir 669 nm su mėlyna 445 nm komponentų derinys (L4). Viršutinėje stiebagumbio dalyje pumpurų sudygo 30 % mažiau, vidurinėje dalyje – 21 % daugiau, o apatinėje dalyje – 8 % daugiau nei tamsoje laikytų (palyginamųjų) stiebagumbių.

3. Daugiausia sacharidų (~30 mg g⁻¹) apikaliniuose pumpuruose sukauptė tamsoje laikyti bulvių stiebagumbiai ir stiebagumbiai, kurie buvo švitinti komponentų deriniu: raudonų 638, 669 nm, tolimosios raudonos 731 nm bei mėlynos 445 nm, papildytu UV 385 nm (L7) spinduliais. Tačiau sudygsių pumpurų buvo 10 % mažiau nei palyginamųjų stiebagumbių.

Gauta 2011 03 10
Priimta 2011 04 11

Literatūra

- Allen E. J., O'Brien P. J., Firman D. 1992. Seed tuber production and management. In: Harris P. M. (ed.). *The Potato Crop. The Scientific Basis for Improvement*. 2nd edn. London. P. 247–291.
- Bliznikas Z., Breivė K., Tamulaitis G. ir kt. 2004. Puslaidininkė lempa augalų fotofiziologiniams procesams tirti ir valdyti. *Elektronika ir elektrotechnika*. Nr. 7(56). P. 74–79.
- Brazaitytė A., Duchovskis P., Urbonavičiūtė A. ir kt. 2009. The effect of light-emitting diodes lighting on cucumber transplants and after-effect on yield. *Zemdirbyste-Agriculture*. Vol. 96. No. 3. P. 102–118.
- Dougher T. A., Bugbee B. G. 1998. Is blue light good or bad for plants? *Life Support & Biosphere Science*. Vol. 5. P. 129–136.
- Fernie A. R., Willmitzer L. 2001. Molecular and biochemical triggers of potato tuber development. *Plant Physiology*. Vol. 127. P. 1456–1465.
- Furuya M. 1993. Phytochromes: their molecular species, gene families, and functions. *Annual Review of Plant Physiology*. Vol. 44. P. 617–645.
- Grigoriadou K., Leventakis N. 1999. Large scale commercial production of potato minitubers, using *in vitro* techniques. *Potato Research*. Vol. 42. P. 607–610.
- Hare P. D., Cress W. A., Van Staden J. 1999. Proline synthesis and degradation: a model system for elucidating stress-related signal transduction. *Journal of Experimental Botany*. Vol. 50. P. 413–434.
- Heo J., Lee C., Chakrabarty D. et al. 2002. Growth responses of marigold and salvia bedding plants as affected by monochromic or mixture radiation provided by a Light-Emitting Diode (LED). *Plant Growth Regulation*. Vol. 38. P. 225–230.
- Ho S. L., Chao Y. C., Tong W. F. et al. 2001. Sugar coordinately and differentially regulates growth- and stress related gene expression via a conylex signal transduction network and multiple control mechanisms. *Plant Physiology*. Vol. 125. P. 877–890.
- Lazauskas J., Ražukas A. 2001. *Bulvininkystė Lietuvoje 1900–2000 m.* Vilnius. P. 78–80.
- Lin C. 2002. Blue light receptors and signal transduction. *The Plant Cell*. P. 207–225.
- O'Brien P. J., Allen E. J. 1992. Effects of seed crop husbandry, seed source, seed tuber weight and seed rate on the growth of ware potato crops. *Journal of Agricultural Science*. Vol. 119. P. 355–366.
- Rodiklių duomenų bazė. 2010. Statistikos departamentas prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės [žiūrėta 2010 11 15]. Prieiga per internetą: <http://dbl.stat.gov.lt/statbank/default.asp?w=1280>
- Samuolienė G., Šikšnianienė J. B., Duchovskis P. ir kt. 2004. Šviesos kokybės įtaka valgomųjų morkų fiziologiniams procesams evokacijos bei žiedų iniciacijos tarpsniais. *Sodininkystė ir daržininkystė*. Vol. 23(1). P. 78–87.
- Samuolienė G., Šabajevienė G., Urbonavičiūtė A. et al. 2007. Carrot flowering initiation: light effect, photosynthetic pigments, carbohydrates. *Acta Biologica Szegediensis*. Vol. 51(1). P. 39–42.
- Schuerger A. C., Brown C. S., Stryjewski E. C. 1997. Anatomical features of pepper plants (*Capsicum annum* L.) grown under red light-emitting diodes supplemented with blue or far-red light. *Annals of Botany*. Vol. 79. P. 173–282.
- Smeekens S. 2000. Sugar-induced signal transduction in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. Vol. 161. P. 551–555.
- Šlapakauskas V., Duchovskis P. 2008. *Augalų produktyvumas*. Kaunas. P. 201–204.
- Tarakanovas P., Raudonius S. 2003. *Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPIT PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT*. Akademija. P. 5–10.
- Urbonavičiūtė A., Pinho P., Samuolienė G. ir kt. 2007. Effect of short-wavelength light on lettuce growth and nutritional quality. *Sodininkystė ir daržininkystė*. Vol. 26(1). P. 157–165.
- Shpaar D., Bykin A., Dreger D. i dr. 2004. *Kartofel*. Pod red. D. Shpaara. Torzhok: OOO „Variant“. 466 p.

Živilė Juknevičienė, Giedrė Samuolienė, Akvilė Viršilė,
Pavelas Duchovskis, Egidija Venskutoniene

THE EFFECT OF LIGHT SPECTRAL COMPOSITION ON APICAL DOMINANCE ELIMINATION IN POTATO (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) TUBER

Summary

Vegetative experiments were carried out in a phytotron complex at the Laboratory of Plant Physiology, Institute of Horticulture, Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry in 2008. The investigation was focused on *Solanum tuberosum* L. var. 'Solara'. Twenty-one days before planting, potato tubers had been illuminated with the basal red 638 nm light emitting diodes supplemented with 445, 660, 669, 731, UV 385 nm components and then with high-pressure sodium lamps. Reference potato tubers were stored in the phytotron chamber without light. To assess the impact of solid-state lighting spectral composition on the germination of potato tubers, the quantitative method was applied to determine the number and percentage of germinated shoots in the upper, middle

and bottom parts of tubers, the weight of tubers (g and %), sugar content and composition in potato tuber shoots and in shoot areas.

Studies have shown a positive effect of the spectral composition of light on potato tuber germination. Irradiated tubers shaped short, compact buds. If potato tubers were kept in the dark, their buds were pale yellow in colour and brittle. The greatest inhibition of apical domination in potato tubers was observed at the solid-state lighting spectral composition of blue 445 nm, red 638 nm and red 669 nm (L4) light. The total maximum number (94.40%) of germinated shoots was observed at the solid-state lighting spectral composition of blue 445 nm and red 638 nm light (L3). The impact on the germination of potato tubers was negative at the solid-state lighting composition with UV 385 nm.

A higher sugar content was found in the apical buds of tubers that had been kept in the dark because of a more intensive transport of assimilates. Sugar content in buds and bud growing areas directly depended on the intensity of sprouting.

Key words: potatoes, tubers, combination of lighting, apical dominance, buds, sugars