

**Gaismas spektrālā sastāva ietekme uz tomātu augšanu
raksturojošo parametru izmaiņām**
**Changes of Tomatoes' Growth Characterizing Parameters
Influenced by Different Light Spectra**

Daiga Sergejeva, Ina Alsiņa, Laila Dubova, Raitis Zeps
LLU Lauksaimniecības fakultāte

Abstract. Technologies are evolving and the equipment working on sensors becomes more popular with every year, as they are faster, handier and more environmentally friendly. Portative spectrometer CL-710 CID Bio-Science allows analysing spectrum of 350–1000 nm and rapidly estimates vegetation properties. For crop farming in greenhouses, farmers more often choose to use LED (light emitting diodes). Red, blue LED and natural light was used to grow tomatoes' plants in polycarbonate greenhouse of Latvia University of Agriculture. The aim of the study was to evaluate most appropriable indexes for characterisation of tomatoes' growth in different illumination conditions. Results showed that the unique and the most appropriable indexes are FRI, NPCI, PSRI, WBI and G. Larger differences were observed at plants flowering stage.

Key words: tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.), tomatoes growth stage, portative spectrometer, non-destructive method, light, biochemical parameters.

Ievads

Tehnoloģijas strauji attīstās un aizvien vairāk pētniecībā tiek ieviestas nedestruktīvās metodes, kuras ļauj noteikt augu fizioloģisko stāvokli, izmantojot lapu atstarotos elektromagnētiskos viļņus. Šīs metodes ir ātras, ērtas lietošanā un videi draudzīgas. Pēc atstarotajiem redzamās gaismas un infrasarkanā starojuma spektriem var noteikt pigmentu, ūdens daudzumu un citus biokīmiskos parametrus augu veģetācijas laikā (Neuwirthová et. al., 2017). Lai novērtētu augu parametrus, izmanto dažādus aprēķinātus indeksus. Tie var būt aprēķināti kā attiecība starp diviem dažādiem atstaroto viļņu garumiem (zaļuma indekss (G) vai ūdens bilances indekss (WBI)) vai normalizētiem parametriem (normalizētais hlorofila atstarošanās indekss (NPCI) u.c.) (Blackburn, 1998). Augu raksturošanai izmanto arī dažādus vēl sarežģītākus aprēķinus (Zarco-Tejada et al., 2005). Veģetāciju raksturojošie indeksi pamatā ir izstrādāti laukaugiem dabīgos apstākļos, bet maz ir informācijas par dažādu augus raksturojošo indeksu izmaiņām siltumnīcā ar papildapgaismojumu audzētiem augiem.

Gaisma ir viens no faktoriem, kas būtiski ietekmē augu augšanu un attīstību. Siltumnīcās plaši tiek izmantotas nātrija un dienas gaismas lampas, taču arvien

populārāka kļūst LED (gaismas emitējošo diožu) pielietošana papildapgaismojumam sētajās platībās (Olle, Viršile, 2013).

Darba mērķis ir noskaidrot parametrus, kuri, izmantojot portatīvo augu spektrometru, vislabāk raksturo siltumnīcā audzētu tomātu fizioloģisko stāvokli pumpurošanās un ziedēšanas fāzēs.

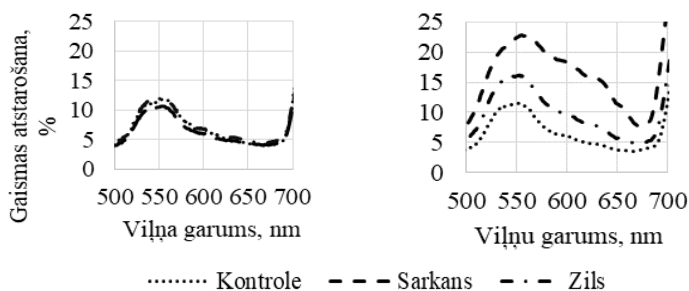
Materiāli un metodes

Latvijas Lauksaimniecības universitātes Augsnes un augu zinātņu institūta polikarbonāta siltumnīcā 2017. g. janvārī iekārtots izmēģinājums, izmantojot dabīgo apgaismojumu kā kontroli, zilās un sarkanās krāsas LED gaismas diodes. Izmēģinājumā izmantota determinanta tomātu šķirne ‘Zyska’, kura ir neliela auguma un viegli kopjama. Tomāti audzēti ar kūdras substrātu pildītos plastmasas konteineros. Kūdras substrāta pH 5.9 ± 0.3 , PG Mix 15-10-20 0.6 kg m^{-3} . Izmēģinājums iekārtots četros atkārtojumos. Katrā atkārtojumā pa sešiem augiem. Augu veģetācijas laikā augu pumpurošanās (BBCH 51–60) un ziedēšanas (BBCH 61–69) fāzē veikti mērījumi 10 atkārtājumos. Datu iegūšanai izmantots portatīvais spektrofotometrs CL-710 CID Bio-Science, kurš spēj uztvert no auga lapām atstarotos elektromagnētiskos viļņus ar viļņu garumu no 350–1000 nm. Aparātā iekļauti algoritmi 29 dažādu augu raksturojošo indeksu noteikšanai.

Rezultāti analizēti ar MS Excel programmas palīdzību, izmantojot divfaktoru dispersijas analīzi. Lai noskaidrotu unikālos augu stāvokli raksturojošos lielumus, veikta korelācijas analīze.

Rezultāti un diskusija

Atkarībā no auga attīstības fāzes mainās tomātu lapu virsmas atstarotās gaismas daudzums (1. att.). Augam kļūstot vecākam, atstarotās gaismas daudzums palielinās. Izmantotais papildapgaismojums (zilās, sarkanās krāsas LED spuldzes) ietekmē tomātu lapu gaismas atstarošanas spējas.



1. att. Atstarotās gaismas daudzums atkarībā no auga attīstības fāzes (pa kreisi – pumpurošanās fāze, pa labi – ziedēšanas fāze).

Tomātu ziedēšanas fāzē augstāko lapu refleksiju novēro augiem, kuri audzēti, izmantojot sarkanās krāsas LED spuldzes, bet vismazākā – kontroles variantā. Lielākā daļa no augu fizioloģisko stāvokli raksturojošiem parametriem tiek noteikta viļņu garumu diapazonā no 500–700 nm, tai skaitā, karotīni, antociāni, hlorofila daudzums u.c.

Augu fizioloģiskā stāvokļa raksturošanai izmantoti visi 29 spektrometrā iekļautie indeksi. Pēc korelācijas analīzes veikšanas noskaidrots, ka šādi lielumi ir flavonoīdu atstarošanas (FRI), normalizētais hlorofila (NPCI), augu bioloģiskās novecošanās atstarošanas indekss (PSRI) un ūdens bilances indekss (WBI). Likumsakarīgi, ka visvairāk ir indeksu, ar kuru palīdzību novērtē hlorofilu saturu augos, starp tiem korelācijas koeficienti variē robežās no 0.56 līdz 0.99. Tādēļ augu raksturošanai izvēlēts zaļuma indekss (G).

Iegūti divu veidu karotīnu atstarošanas indeksi (CRI1 un CRTI2), tā kā starp tiem pastāv ļoti cieša korelācija ($0.99 < k < 0.96$) un atšķirības nav būtiskas $p > 0.05$, turpmākajā darba rezultātu apstrādē izmantots CRI1. Atkarībā no gaismas spektrālā sastāva un auga attīstības fāzes karotīnu saturs būtiski izmainās (1. tab.). Zemākais karotīnu saturs konstatēts tomātu ziedēšanas fāzē, izmantojot sarkanās krāsas LED papildgaismojumu. Pumpurošanās fāzē sarkanās un zilās krāsas LED gaismas ietekme uz karotīnu saturu nav būtiska.

1. tabula

Tomātu fizioloģisko stāvokli raksturojošie indeksi

Attīstības etapi	Apgaismojums	Indeksi					
		CRI1	NPCI	WBI	PSRI	G	FRI
51–59	Kontrole	0.106	0.010	0.876	0.005	2.748	0.546
	Sarkans	0.110	0.009	0.873	0.043	2.546	0.894
	Zils	0.098	0.007	0.891	0.007	2.578	0.484
61–69	Kontrole	0.124	0.032	0.945	0.006	2.681	1.462
	Sarkans	0.052	0.024	0.936	0.006	2.951	0.434
	Zils	0.077	0.019	0.853	0.001	3.031	0.136
RS _{0.05} fāze		0.010	0.021	0.021	0.021	0.226	0.482
RS _{0.05} apgaismojums		0.013	0.025	0.026	0.025	0.277	0.590

Normalizētais hlorofila satura indekss (NPCI) tomātos būtiski izmainās atkarībā no auga attīstības fāzes. Izmēģinājumā būtiski augstāks tas konstatēts tomātu ziedēšanas fāzē. Ziedēšanas fāzē augiem, kuri auguši dabiskā apgaismojumā, NPCI vidēji ir 0.032. Gaismas spektrālā sastāva ietekme uz normalizētā hlorofila satura indeksu ir nebūtiska.

Tomātu ‘Zyska’ ūdens bilances indekss (WBI) būtiski izmainās gan atkarībā no gaismas spektrālā sastāva, gan auga attīstības fāzes. Ņemot vērā, ka WBI tiek noteikts, izmantojot elektromagnētiskos viļņus ar frekvenci 900 nm un 970 nm, portatīvā spektrometra darbības diapazons ir no 400 līdz 1000 nm

un mērījumi tiek veikti iekārtas veiktspējas beigu diapazonā, iegūtie rezultāti ir mazāk precīzi.

Tomātu ‘Zyska’ PSRI būtiski neizmainās atkarībā no izmantotā papildapgaismojuma, kā arī attīstības fāze šo parametru būtiski neietekmē.

Zaļuma indekss (G) būtiski ($p < 0.05$) atšķiras starp augu attīstības stadijām. Tomātu ziedēšanas fāzē zaļuma indekss ir būtiski lielāks. Augstākais hlorofilu saturs konstatēts ziedēšanas fāzē, izmantojot zilās krāsas LED papildapgaismojumu. Izmantoto LED spuldžu krāsas būtiska ietekme uz tomātu zaļuma indeksu netika konstatēta.

Flavonoīdu atstarošanas indekss (FRI) būtiski izmainās atkarībā no izmantotā papildapgaismojuma. Starp augu attīstības etapiem (pumpurošanās un ziedēšanas fāze) flavonoīdu atstarošanās indekss būtiski atšķiras.

Secinājumi

Tomātu fizioloģiskā stāvokļa noteikšanai kā unikāli indeksi ir izmantojami flavonoīdu atstarošanas (FRI), normalizētais hlorofila (NPCI), augu bioloģiskās novecošanās atstarošanas indekss (PSRI) ūdens balansa (WBI) un zaļuma (G) indekss.

Tomātiem, pārejot no pumpurošanās uz ziedēšanu, dažādos apgaismojuma apstākļos augušiem augiem, atšķirības starp atstarotajiem redzamās gaismas un infrasarkanā starojuma spektriem būtiski palielinās.

Pateicība. Pētījums īstenots Eiropas Reģionālā attīstības fonda līdzfinansētā projekta „Jaunu vadības metožu izstrāde siltumnīcu augu apgaismojuma sistēmām to enerģētisko un ekoloģisko parametru uzlabošanai (μMol)” ietvaros.

Literatūra

1. Blackburn, G.A. (1998). Quantifying chlorophylls and carotenoids at leaf and canopy scales: An evaluation of some hyperspectral approaches. *Remote Sens. Environ*, 66, pp. 273–285.
2. Neuwirthová, E., Lhotáková, Z., Albrechtov, J. (2017). The Effect of Leaf Stacking on Leaf Reflectance and Vegetation Indices Measured by Contact Probe during the Season. *Sensors*, 17(6), pp. 1–23.
3. Olle, M., Viršile, A. (2013). The effects of light-emitting diode lighting on greenhouse plant growth and quality. *Agricultural and Food Science*, 22(2), pp. 223–234.
4. Zarco-Tejada, P.J., Berjón, A., López-Lozano, R., Miller, J.R., Martín, P., Cachorro, V., González, M.R., de Frutos, A. (2005). Assessing vineyard condition with hyperspectral indices: Leaf and canopy reflectance simulation in a row-structured discontinuous canopy. *Remote Sens. Environ*, 99(3), pp. 271–287.