

Uz RGB attēliem balstītu veģetācijas indeksu novērtējums vasaras kviešiem Evaluation of RGB Image-based Vegetation Indices for Spring Wheat

Zaiga Jansone, Māra Bleidere

LBTU AREI Stendes Pētniecības centrs

Abstract. The aim of the study is to evaluate the variation of RGB vegetative indices for different varieties of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) in three stages of plant development, and to find out the correlative relationships with grain yield. The field trial (5 m² plots in 2 replications) was established in 2021 at the AREI Stende Research Centre including 300 varieties and breeding lines of spring wheat. In the middle of the plot, at three stages of plant development (GS 21, GS 65, GS 73) in the same place, RGB images were obtained with an 18 megapixel Canon EOS 1300D camera mounted on a phenomobile at a distance of 2 m from the soil surface. Relative green area (GA), relative greener green area (GGA) was calculated with CerealScanner plugin in the ImageJ program. Results of the first year show that the evaluated GA and GGA vegetation indices show significant differences between the spring wheat varieties. GA and GGA vegetation indices evaluated at GS 73 showed significant positive correlation with spring wheat grain yield ($r=0.443$ and 0.488 , respectively).

Key words: *Triticum aestivum* L., green area, greener green area, grain yield, correlation.

Ievads

Lai mainīgajos klimatiskajos apstākļos laukaugu selekcijas darbā varētu pēc iespējas precīzāk prognozēt graudu ražu, aktuāli ir pētījumi inovatīvu, uz augu fenotipu balstītu izlases paņēmienu ieviešanai. Selekcijas programmās tradicionālās fenotipēšanas metodes nomainot ar augstas caurlaidspējas fenotipēšanas metodēm, var palielināt spēju veikt novērojumus daudz plašākā mērogā (Reynolds et al., 2020).

Datorizēta attēlu analīze ir augsta caurlaidspējas fenotipēšanas metode, kas var uztvert, apstrādāt un analizēt informāciju no digitālajiem attēliem, lai novērtētu augu zelmeņa krāsu parametrus un aprēķinātu dažādus veģetācijas indeksus, izslēdzot augsnes fonu (Pask et al., 2012).

Ar RGB (*angl.* red/green/blue) digitālajām kamerām ir iespējams iegūt kvalitatīvu lauku fenotipēšanas informāciju. Salīdzinot ar citiem augstas caurlaidspējas sensoru veidiem, šī metode ir vienkāršāk pielietojama un tās izmaksas ir daudz zemākas (Araus, Shawn, 2018). Attēlu analīzei var izmantot programmu ImageJ, kas pētījumos ir viena no plašāk izmantotajām brīvi

pieejamām platformām (Dobson, 2021), iegūstot dažādus veģetācijas indeksus, tai skaitā, zaļā laukuma (*angl.* green area / GA) un zaļāka zaļā laukuma (*angl.* greener green area / GGA) indeksus (Araus, Kefauver, 2018). Abi minētie indeksi analizē zaļo pikseļu daudzumu attēlā. GA ir attēla pikseļu procentuālais daudzums krāsu toņu diapazonā no 60 līdz 180°, tie ir toņi no dzeltenas līdz zilgani zaļai krāsai, savukārt GGA nokrāsas diapazonā netiek iekļauti dzeltenīgi zaļie toņi, robežās no 80 līdz 180° (Gracia-Romero, 2017). GA raksturo zaļās biomasas daudzumu, savukārt GGA – fotosintētiski aktīvo biomasu un lapu novecošanās pakāpi izvēlētajā izpētes platībā (Kefauver et al., 2020).

Pētījuma mērķis ir novērtēt RGB indeksu dispersiju dažādām vasaras kviešu (*Triticum aestivum* L.) šķirnēm trīs augu attīstības etapos, un noskaidrot šo pazīmju korelatīvās sakarības ar graudu ražu. Pētījums veikts EEZ un Norvēģijas finanšu instrumenta programmas projekta ietvarā “NOBALwheat – kviešu selekcijas rīku kopums ilgtspējīgai pārtikas sistēmai Ziemeļvalstu un Baltijas reģionā”.

Materiāli un metodes

Lauka izmēģinājums iekārtots 2021. gadā Agroresursu un ekonomikas institūta Stendes pētniecības centrā. Pētījumā iekļautas 300 vasaras kviešu šķirnes un līnijas. Velēnu podzolētās mālsmilts augsnei bija šādi agroķīmiskie rādītāji: trūdvielu saturs 17.2 g kg⁻¹; pH KCl 5.5; P₂O₅ 224.9 mg kg⁻¹; K₂O 119.6 mg kg⁻¹. Priekšaugš – sarkanais āboliņš (*Trifolium pratense*). Pirms augsnes kultivācijas (29.04.) iestrādāts kompleksais mēslojums 300 kg ha⁻¹ (NPK 10-26-26) un N un S saturošs mēslojums 300 kg ha⁻¹ (NS 30-7). No augu aizsardzības līdzekļiem lietoti herbicīdi (03.06.), fungicīdi (11.06.) un insekticīdi (17.06.). Sēja veikta 2. maijā, lauciņa izmērs 5 m², sēts 2 atkārtojumos, izejas norma bija 500 dīgļspējīgas sēklas m⁻². Graudu raža novākta 15.–16. augustā; noteikta 100% tīra raža pie 14% graudu mitruma.

Pētījumu gada maijā bija salīdzinoši vēss. Jūnija mēnesis bija karsts un sauss, arī jūlijā vidējā diennakts gaisa temperatūra pārsniedza mēneša normu, bet mitrums nodrošinājums bija pietiekams. Augusts bija nokrišņiem bagāts.

Veģetācijas periodā iegūti vasaras kviešu zelmeņa RGB fotoattēli ar 18 megapixeļu fotokameru Canon EOS 1300D, kas piestiprināta uz fenomobīļa 2 m attālumā no augsnes virsmas. Katra lauciņa vidū vienā un tajā pašā vietā trīs augu attīstības etapos (21. AE, 65. AE, 73. AE) no plkst. 12 līdz 14 dabīga apgaismojuma apstākļos veikts viens fotouzņēmums, katra attēla stūrī iekļaujot baltās krāsas balansu karti, kas, atkarībā no augu attīstības etapa, novietota 10 cm virs augu zelmeņa. Baltā balansu korekcija un to izgriešana no attēliem veikta ar RawTherapee programmu. No RGB attēliem, izmantojot ImageJ programmu (Schneider et al., 2012) un spraudni CerealScanner (Kefauver et al., 2018) aprēķināja GA un GGA veģetācijas indeksus. Iegūtie dati statistiski apstrādāti R programmā. Veiktas aprakstošās statistikas, dispersijas un korelācijas analīzes.

Rezultāti un diskusija

Novērtētie veģetācijas indeksi un to mainība starp vasaras kviešu genotipiem trīs augu attīstības etapos apkopoti tabulā. Iegūtās vērtības un arī veiktā dispersijas analīze abiem indeksiem parāda, ka starp vasaras kviešu šķirnēm tie variē būtiski. Cerošanas sākumā (21. AE) un piengatavības sākumā (73. AE) abiem indeksiem ir salīdzinoši liela starpība starp minimālo un maksimālo vērtību. Iegūtie GA un GGA indeksi 21. AE var sniegt papildus informāciju par sējuma kvalitāti (laukdīdzību, augu veselību), kas varētu norādīt, ka starp genotipiem ir bijusi atšķirīga sējuma biežība, samazinot zelmeņa fotosintētisko laukumu. Savukārt 73. AE lielā GA un GGA indeksu vērtību amplitūda norāda uz genotipu atšķirīgo spēju saglabāt zelmeni zaļu (*angl.* stay green). Pask un kolēģi (Pask et al., 2012) norāda, ka augu strauja augšana agrīnajos augu attīstības etapos, kā arī pēc iespējas ilgāka zaļa zelmeņa saglabāšanās graudu veidošanās periodā (pēc ziedēšanas) var labvēlīgi ietekmēt graudu ražu, īpaši sausuma apstākļos.

Tabula

GA un GGA veģetācijas indeksi vasaras kviešu genotipiem dažādos augu attīstības etapos 2021. gadā

Statistikas rādītāji	Veģetācijas indeksi dažādos augu attīstības etapos					
	GA			GGA		
	21. AE	65. AE	73. AE	21. AE	65. AE	73. AE
Vidēji (n=300)	0.429	0.827	0.386	0.292	0.718	0.235
<i>min</i>	0.216	0.593	0.109	0.075	0.419	0.029
<i>max</i>	0.716	0.955	0.714	0.565	0.902	0.568
p-vērtība	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

GA – zaļā laukuma indekss; GGA - zaļā laukuma indekss; 21. AE – cerošanas sākums; 65. AE – ziedēšanas perioda vidus; 73. AE – piengatavības sākums.

Visaugstākā abu veģetācijas indeksu vērtības ir ziedēšanas vidū (65. AE), kas apstiprina, ka šajā etapā zelmenī ir lielākais zaļās biomasas daudzums. Līdzīgs rezultāts vasaras kviešiem iegūts arī citā pētījumā, kur GA un GGA indeksiem maksimālās vērtības sasniegtas ziedēšanas laikā (Fernandez-Gallego et al., 2019). Tā kā GGA indekss izslēdz dzeltenīgi zaļos toņus, tad iegūtās vērtības visos augu attīstības etapos ir nedaudz zemākas nekā GA indeksam.

Graudu raža vasaras kviešu genotipiem variēja no 2.84 līdz 6.50 t ha⁻¹. Statistiski būtiski pozitīvi korelācijas koeficienti (p<0.01) starp GA un GGA indeksiem un graudu ražu ir iegūti uzņemtajiem RGB attēliem piengatavības sākumā (73. AE), attiecīgi 0.443 un 0.488.

Secinājumi

Pētījuma pirmā gada rezultāti liecina, ka GA un GGA veģetācijas indeksi parāda būtiskas atšķirības starp vasaras kviešu šķirnēm. Statistiski būtiski pozitīvi korelācijas koeficienti starp abiem veģetācijas indeksiem un vasaras kviešu graudu ražu ir iegūti 73. AE. Tas liecina, ka šajā auga attīstības etapā augstākas ražas veidošanai nozīmīga ir šķirnes spēja saglabāt pēc iespējas lielāku zelmeņa fotosintezējošās virsmas laukumu, uz ko norāda zaļie toņi RGB attēlā. Novērtējot RGB indeksu izmantošanas iespējas graudu ražas prognozēšanai, rezultātu interpretācija būtu jāpapildina ar citu novērojumu, tai skaitā ar augu fenoloģisko un morfoloģisko pazīmju datiem.

Literatūra

1. Araus, J.L., Kefauver, S.C. (2018). Breeding to adapt agriculture to climate change: affordable phenotyping solutions. *Current Opinion in Plant Biology*, 45, pp. 237–247.
2. Dobson, E.T., Cimini, B., Klemm, A.H., Wählby, C., Carpenter, A.E., Eliceiri, K.W. (2021). ImageJ and CellProfiler: Complements in open-source bioimage analysis. *Current Protocols*, 1, e89.
3. Fernandez-Gallego, J.A., Kefauver, S.C., Vatter, T., Gutiérrez, N.A., Nieto-Taladriz, M.T., Araus, J.L. (2019). Low-cost assessment of grain yield in durum wheat using RGB images. *European Journal of Agronomy*, 105, pp. 146–156.
4. Gracia-Romero, A., Kefauver, S.C., Vergara-Diaz, O., Zaman-Allah, M.A., Prasanna, B.M., Cairns, J.E., Araus, J.L. (2017). Comparative Performance of Ground vs. Aerially Assessed RGB and Multispectral Indices for Early-Growth Evaluation of Maize Performance under Phosphorus Fertilization. *Front Plant Sci.*, 8, Article No. 2004.
5. Kefauver, S.C., Kerfal, S., Fernandez-Gallego, J.A., El-Haddad G., Araus, J.L. (2018). CerealScanner: <https://integrativecropecophysiology.com/software-development/cerealscanner/> – Resurss apskatīts 2022. gada 20. septembrī
6. Kefauver, S.C., Romero, A.G., Buchailot, M.L., Vergara-Diaz, O., Fernandez-Gallego, J.A., El-Haddad, G., Akl, A., Araus, J.L. (2020). Open-Source Software for Crop Physiological Assessments Using High Resolution RGB Images. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS 2020*, pp. 4359–4362.
7. Reynolds, M., Chapman, S., Crespo-Herrera, L. (2020). Breeder friendly phenotyping. *Plant Science*, 295, Article No. 110396.
8. Pask, A.J.D., Pietragalla, J., Mullan, D.M., Reynolds, M.P. (2012). *Physiological Breeding II: A Field Guide to Wheat Phenotyping*. CIMMYT, Mexico, 132 p.
9. Schneider, C.A., Rasband, W.S., Eliceiri, K.W. (2012). NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nat. Method*, 9, pp. 671–675.