

Skirtingo tankumo vasarinių miežių pasėlio lapijos chlorofilo indeksas ir jo ryšys su derliumi

Daiva JANUŠAUSKAITĖ, Ona AUŠKALNIENĖ,
Gabrielė PŠIBIŠAUSKIENĖ

Lietuvos žemdirbystės institutas
Instituto al. 1, Akademija, Kėdainių r. sav.
El. paštas: daiva.janusauskaite@lzi.lt

Santrauka

Lietuvos žemdirbystės institute Dotnuvoje lengvo priemolio giliau karbonatingame sekliai glėjiškame rudžemyje (RDg8-k2), *Endocalcari-Epihypogleyic Cambisol (CMg-p-w-can)*, 2008–2009 m. lauko bandymo metodu atlikti vasarinių miežių tyrimai, kurių tikslas – nustatyti miežių pasėlio tankumo įtaką lapijos chlorofilo indeksui ir įvertinti grūdų derliaus ryšį su įvairiais vystymosi tarpsniais užfiksuotu chlorofilo indeksu. Tyrimų metu auginti trijų veislių – ‘Aura’, ‘Barke’ ir ‘Gustav’ – vasariniai miežiai. Suformuoti trys skirtingo tankumo pasėliai, išsėjant 2, 4 ir 6 mln. daigių sėklų į hektarą. Nustatyta, kad tankesniame pasėlyje, veikiami konkurencinės įtampos, augalai lapijoje sukaupė mažesnę kiekį chlorofilo. Vasarinių miežių lapijos chlorofilo indeksui esminę įtaką darė sėklos norma (2008 m. $R_{05} = 0,774^*$, 2009 m. $R_{05} = 0,787^*$), veislė (2008 m. $R_{05} = 0,774^{**}$, 2009 m. $R_{05} = 0,787^*$) ir augimo tarpsnis (2008 m. $R_{05} = 0,948^{**}$, 2009 m. $R_{05} = 0,964^{**}$). Daugianarės koreliacijos metodu nustatytas glaudus ir esminis vasarinių miežių veislių derliaus ryšys su įvairiais vystymosi tarpsniais nustatytu lapijos chlorofilo indeksu ($R = 0,612^{**}$).

Reikšminiai žodžiai: *Hordeum sativum*, veislės, sėklos norma, chlorofilo indeksas, grūdų derlius.

Įvadas

Žemės ūkio augalų derlingumo potencialas maksimaliai išnaudojamas esant jiems augti palankioms aplinkos sąlygoms /Long et al., 2006; Zhu et al., 2008/. Augalų produktyvumą galima padidinti reguliuojant bei gerinant augimo sąlygas ir taip optimizuojant fotosintezę /Dreccer et al., 2000; Wiesler et al., 2002; Sharma-Natu et al., 2005/. Pasaulyje atlikta nemažai tyrimų, kurių metu nustatyta stipri koreliacija tarp chlorofilo kiekio ir įvairių žemės ūkio bei sodo augalų derliaus: kviečių ir miežių /Follett et al., 1992; Peltonen et al., 1995; Denuit et al., 2002; Ortuzar-Iragorri et al., 2005; Naud et al., 2009/, vasarinių kvietrugių /Janušauskaitė, 2009/, bulvių /Denuit et al., 2002; Gianquinto et al., 2004/, kukurūzų /Schlemmer et al., 2005; Schulte et al., 2007/, cukrinių runkelių /Wiesler et al., 2002/, pupuolių /Murillo-Amador et al., 2004/, ryžių /Ramesh et al., 2002/, žemės riešutų /Nageswara et al., 2001/, kavamedžių /Netto et al., 2005/. Šių tyrimų metu chlorofilui matuoti naudotas spektrofotometras, chlorofilo absorbiciją matuojantis nuo raudonųjų (650 nm) iki trumpųjų infraraudonųjų (960 nm) bangų diapazono. Daugelio tyrimų metu nustatyta, kad chlorofilo indekso vertės yra proporcingos

bendram lapų chlorofilo kiekiui /Olf et al., 2005; Spaner et al., 2005; Ziadi et al., 2008; Naud et al., 2009/. Pagal chlorofilo indeksą galima ne tik nustatyti optimalias azoto trąšų normas /Gianquinto et al., 2004; Zebarth et al., 2007/, bet ir prognozuoti derliaus dydį bei tiksliai nustatyti jo ryšį su įvairiais augimo tarpsniais užfiksuotomis indekso vertėmis /Wiesler et al., 2002; Lopez-Bellido et al., 2004; Spaner et al., 2005/. Tačiau tokiam ryšiui nustatyti ir derliui prognozuoti reikia garantuoti pakankamą augalų aprūpinimą mitybos elementais, lemiančiais chlorofilo kiekį lapuose /Olf et al., 2005/. Taip pat reiktų atkreipti dėmesį į šiltėjant klimatui besikeičiančius drėgmės bei temperatūros režimus, kurie smarkiai veikia fotosintezės procesą ir augalų lapijos chlorofilo kiekį /Guo et al., 2006; Kim et al., 2007; Guo et al., 2008/, taip pat genotipą, augimo tarpsnį ir netgi pasėlio tankumą /Samborski et al., 2009/. Pastarojo veiksnio įtaka fotosintezės procesui svarbiam pigmentui chlorofilui yra labai mažai tirta.

Ligi šiol neturėta duomenų apie vasarinių miežių derliaus ryšį su chlorofilo indeksu nevienodo tankumo pasėlyje. Šio tyrimo tikslas – nustatyti trijų veislių vasarinių miežių pasėlio tankumo įtaką lapijos chlorofilo indeksui ir grūdų derliaus ryšį su įvairiais vystymosi tarpsniais užfiksuotu chlorofilo indeksu.

Sąlygos ir metodai

Tyrimų vieta. Lauko bandymai daryti 2008–2009 m. Lietuvos žemdirbystės institute Dotnuvoje.

Dirvožemis. Bandymas darytas lengvo priemolio giliau karbonatingame giliau glėjiškame rudžemyje (RDg8-k2), *Endocalcari-Endohypogleyic Cambisol (CMg-p-w-can)*, lauko bandymo metodu. Pagal agrocheminių rodiklių vertes tyrimų metais dirvožemis buvo neutralokas (pH_{KCl} 6,0–6,1), didelio fosforingumo (170–280 mg kg⁻¹) bei kaliningumo (160–240 mg kg⁻¹) ir pagal dirvožemio 0–40 cm sluoksnyje esantį mineralinio azoto kiekį – mažo azotingumo (36–55 kg ha⁻¹).

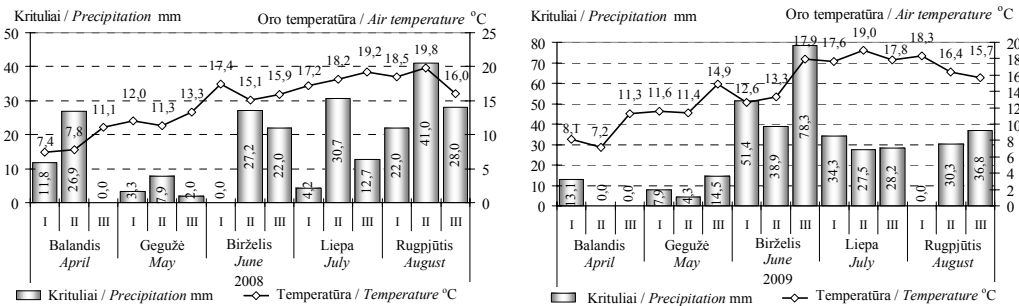
Tyrimų schema. Pasėti trijų veislių – ‘Aura’, ‘Barke’ bei ‘Gustav’ – vasariniai miežiai, suformuojant skirtingo tankumo pasėlius – išsėjant 2, 4 bei 6 mln. daigų sėklų į hektarą. Veislė ‘Aura’ – aukštaūgė, plačių lapų, vidutinio ankstyvumo, derlinga, nejautri ligoms, ‘Barke’ – vidutinio ankstyvumo, augalai vidutinio aukščio, lapai neplatūs, atspari ligoms, ‘Gustav’ – žemaūgė, plačių lapų, vidutinio ankstyvumo, atspari ligoms.

Tyrimų metu auginti vasariniai miežiai buvo tręšti N₆₀P₆₀K₆₀. Priešsėlis – vasariniai kviečiai. 2008 m. krūmijimosi pabaigoje miežiai buvo purkšti herbicidų MCPA (MCPA) ir Linturo 70 WG (triasulfuronas + dikamba) mišiniu (0,75 l ha⁻¹ + 120 g ha⁻¹), 2009 m. – Linturo 70 WG (120 g ha⁻¹) su Trendo (etoksilato alkoholio) priedu (100 ml ha⁻¹). Pradėjus plisti lapų ligoms, purkšta fungicidais: 2008 m. – Arčeriu top 400 EC (propikonazolas + fenpropidinas, 1,0 l ha⁻¹), 2009 m. – Falkonu 460 EC (tebukinazolas + triadimenolas + spiroksaminas, 0,6 l ha⁻¹).

Lapų chlorofilo indeksas nustatytas spektrofotometru /Peterson et al., 1993/. Matavimai daryti keturis kartus per vegetaciją – kylant pseudostiebui (BBCH 30), bambėjimo pradžioje (BBCH 31), miežiams vamzdelėjant (BBCH 45) ir išplaukėjus (BBCH 59). Laukelyje atlikti trys matavimai, matuojant atskiro augalo paskutinį visiškai išsivysčiusį lapą.

Pasiekę kietąją brandą vasariniai miežiai kultū mažagabaričiu kombainu „Wintersteiger Delta“. Grūdų derliaus duomenys perskaičiuoti į 15 % drėgnį.

Meteorologinės sąlygos, fiksuotos Dotnuvos agrometeorologinės stoties, tyrimų metais buvo nevienodos (paveikslas). 2008 m. pavasaris buvo sausas ir gana šiltas: oro temperatūra balandžio mėnesio II bei III dešimtadienį buvo atitinkamai 2,7 bei 3,6 °C aukštesnė už vidutinę ir iškrito beveik daugiamečių norma kritulių, tik jų pasiskirstymas per mėnesį buvo netolygus. Gegužės mėnesį orai buvo sausi, produktyviosios drėgmės atsargos sumažėjo visame 0–50 cm sluoksnyje, kai kur buvo artimos kritinėms. III dešimtadienį iškrito 2,0 mm kritulių, t. y. 7 % mėnesio daugiamečio vidurkio. Per visą gegužės mėnesį iškrito 25,4 % mėnesio daugiamečių normos kritulių. Mėnesio HTK (0,4) meteorologines sąlygas apibūdino kaip kritiškai sausas. Tokios meteorologinės sąlygos pasunkino vasarojaus dygimą, augimą, vystymąsi. Birželio I dešimtadienio orai buvo šilti ir labai sausi, vidutinė oro temperatūra – 2,2 °C aukštesnė už normą, o kritulių nebuvo. Dirvoje stingant drėgmės, pradėjo gelsti vasarojaus apatiniai lapai. Per II bei III dešimtadienį iškrito po dešimtadienio normą kritulių – atitinkamai 27,2 bei 22,0 mm. Per mėnesį iškrito 80,4 % daugiamečių normos (49,2 mm) kritulių. Liepos mėnuo buvo šiltas, su negausiu kiekiu kritulių – iškrito 65,2 % daugiamečių normos. Liepos mėnesio HTK sudarė 0,8, dirvožemyje smarkiai sumažėjo drėgmės atsargos. Vasarojus pradėjo leisti silpnus šalutinius stiebus. Rugpjūčio mėnesio orai buvo šilti, nuo 0,8 iki 3,5 °C šiltesni už daugiamečių vidurkį. Per II dešimtadienį iškrito 215 % dešimtadienio normos, o per mėnesį – 123,3 % mėnesio normos kritulių. Rugpjūčio mėnesio HTK – 1,6.



1 paveikslas. Meteorologinės sąlygos vasarinių miežių vegetacijos metu
Figure 1. The weather conditions during the spring barley growing season
 Dotnuva, 2008–2009 m.

Dotnuvos meteorologinės stoties duomenimis, 2009 m. dirvos drėgmės atsargos du pirmuosius balandžio mėnesio dešimtadienius buvo pakankamos. II dešimtadienį lietaus nebuvo, dirvos drėgmės kiekis mažėjo, 0–10 cm sluoksnis tapo sausas. Mėnesio vidutinė temperatūra buvo 2,9 °C aukštesnė už vidutinę ir iškrito tik 36 % normos kritulių. Gegužės mėnesį krituliai taip pat buvo negausūs ir trumpi, dirvos drėgmės atsargos ir toliau mažėjo. Gegužės mėnesio HTK – 0,5 (norma – 1,4). Birželio mėnesio III dešimtadienio orai buvo šilti ir drėgni. Dešimtadienio vidutinė oro temperatūra buvo 1,4 °C aukštesnė už normą, iškrito 356 % normos kritulių. Birželio 23 d. per 4,5 valandos iškrito 74 mm kritulių, o tai vadinama stichiniu meteorologiniu reiškiniu. Dotnuvos meteorologinės stoties duomenimis, tai pats lietingiausias birželis per pastaruosius 47 stebėjimų metus. Po tokio gausaus lietaus javai kurį laiką buvo apsemti

vandens, todėl tyrimų metu auginti augalai išgulė. Lietingi buvo ir liepos mėnesio I bei II dešimtadieniai, kai iškrito 85 % mėnesio normos kritulių.

Duomenų statistinis apdorojimas. Statistinis grūdų derliaus ir chlorofilo indekso duomenų apdorojimas atliktas dispersinės analizės metodu. Fišerio kriterijumi įvertintas veiksnių esmingumas. Koreliaciniai ryšiai tarp grūdų derliaus bei chlorofilo indekso nustatyti ir regresinės lygtys skaičiuotos, kaip nurodoma specialiojoje literatūroje /Литтл, Хиллз, 1981; Tarakanovas, Raudonius, 2003/. Straipsnyje vartoti simboliai: * ir ** – esminis esant atitinkamai 95 ir 99 % tikimybės lygiui, R_{05} – esminio skirtumo riba esant 95 % tikimybės lygiui, $S_{\bar{x}}$ – vidurkio vidutinė kvadratinė paklaida, V % – variacijos koeficientas.

Rezultatai ir jų aptarimas

Vidutiniais duomenimis, javų derlingumas nevienodo tankumo vasarinių miežių pasėliuose skyrėsi. Didinant pasėlio tankumą, miežių derlius didėjo (1 lentelė). Veislių 'Aura' ir 'Barke' miežiai derėjo panašiai: 'Aura' subrandino 4,79–5,36 t ha⁻¹, 'Barke' – 5,02–5,21 t ha⁻¹ grūdų derlių. Šių veislių derliaus duomenų variacija buvo nedidelė: V % – 2,5–9,0 %. Veislės 'Gustav' miežiai buvo derlingesni ir 2, 4 bei 6 mln. ha⁻¹ tankumo pasėliuose bandymų vidurkį pranoko atitinkamai 4,9, 4,7 bei 8,4 %. Rečiausiame pasėlyje duomenys varijavo nedaug: V % – 3,2 %. Tankesniame nei 2 mln. ha⁻¹ pasėlyje veislės 'Gustav' miežių derliaus variacija buvo didesnė ir siekė vidutinės variacijos ribą: V % – iki 12,9 %.

1 lentelė. Grūdų derliaus duomenų statistiniai rodikliai

Table 1. Statistical indicators of grain yield data

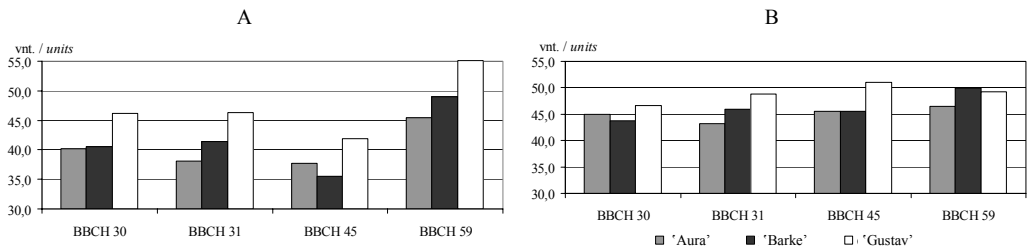
2008–2009 m. vidutiniai duomenys / the average data

Veislė <i>Variety</i>	Sėklos norma mln. ha ⁻¹ <i>Seed rate</i> million ha ⁻¹	\bar{x} vidurkis <i>mean</i>	$S_{\bar{x}}$	Min	Max	V %
'Aura'	2	4,79	0,17	4,48	5,42	7,7
	4	5,15	0,21	4,62	5,85	9,0
	6	5,36	0,16	4,99	5,87	6,6
'Barke'	2	5,02	0,06	4,90	5,21	2,5
	4	5,13	0,23	4,54	5,81	9,9
	6	5,21	0,15	4,83	5,56	6,6
'Gustav'	2	5,52	0,08	5,23	5,66	3,2
	4	5,51	0,32	4,27	5,99	12,9
	6	5,70	0,32	4,47	6,25	12,4

Fotosintezė yra pagrindinis augaluose vykstantis fiziologinis procesas, atskleidžiantis augalų reakciją į aplinkos sąlygas. Jos daro didelę įtaką fotosintezės pigmento chlorofilo kiekiui. Trūkstant mitybos elementų, jaunuose augaluose pradeda mažėti chlorofilo /Schulte et al., 2007/, o pakankamai maisto medžiagų augalo chlorofilo kiekį veikia teigiamai ir sudaro galimybę didėti per vegetaciją, intensyvaus augimo metu /Wiesler et al., 2002; Lopez-Bellido et al., 2004/. Tačiau yra duomenų, kad ir be trąšų

augintų vasarinių kvietrugių lapijos chlorofilo indeksas nuo nustatyto bambėjimo pradžioje (37,6 vnt.) iki žydėjimo pabaigos proporcingai didėjo 2,1, 17,3 bei 27,7 %. Tręšimas azoto trąšomis chlorofilo indeksą įvairiais kvietrugių vystymosi tarpsniais padidino 13,2–24,2 % /Janušauskaitė, 2009/. Nustatyta, kad fotosintezės pigmentų kiekiui lapuose bei pačiam sklandžiam procesui nemažai įtakos turi aplinkos drėgnis, temperatūra ir kt. veiksniai /Anda, Løke, 2005; Kim et al., 2007/. Padidėjus oro temperatūrai, įkaista ir lapo paviršius, o nuo tam tikros ribos tai neigiamai veikia pagrindinius fotosintezės rodiklius /Long et al., 2006/.

Tyrimų metais miežių vegetacijos metu chlorofilo indekso dinamika taip pat priklausė nuo orų sąlygų. 2008 m., bambėjimo tarpsniu stingant drėgmės, visų tirtų veislių chlorofilo indekso kitimo dėsningumai buvo panašūs (2 paveikslas). Palyginti su bambėjimo pradžioje nustatytu indeksu, pirmąjį bambį (BBCH 31) turinčių miežių lapijos rodiklis sumažėjo iki 5,2 %, o intensyvaus augimo tarpsniu, miežiams vamzdelėjant (BBCH 45), sumažėjo 6,2–12,1 %. Po birželio mėnesio II ir III dešimtadienį iškritusių dešimtadienio normos kritulių susidarė palankesnės sąlygos augalams įsisavinti maisto medžiagas iš dirvožemio sorbcijos komplekso, o išplaukėjusių miežių lapijos chlorofilo indeksas staigiai padidėjo – 13,2–20,7 % daugiau nei buvo nustatyta vegetacijos pradžioje. 2009 m. sauso pavasario sąlygos neturėjo neigiamos įtakos chlorofilo indekso variacijai, vegetacijos metu jis nuolat didėjo. Didžiausias indeksas nustatytas išplaukėjusiuose miežiuose ir buvo 3,6–13,9 % didesnis nei bambėjimo pradžioje.



2 paveikslas. Chlorofilo indekso kitimas vegetacijos metu: A – 2008 m., B – 2009 m.
Figure 2. Variation of chlorophyll index during the growing season: A – 2008, B – 2009

Vidutiniai dvejų metų chlorofilo indekso reikšmių duomenys parodė, jog jų variacija įvairių veislių skirtingo tankumo pasėlyje buvo nedidelė arba vidutinė (2 lentelė). Kiek didesnė duomenų variacija, beveik visais vertinimo atvejais siekianti vidutinę ($V\% = 9,5\text{--}19,3$), buvo vamzdelėjimo tarpsnio augalų lapijos. Kitais tarpsniais nustatyto chlorofilo indekso variacija daugeliu atvejų buvo nedidelė – ne didesnė nei 10 %.

Augalo produktyvumą bei jo sugebėjimą asimiliuoti kuo didesnę kiekį organinės medžiagos lemia daugelis veiksnių, kurie kiekvieno augalo genetinėje informacijoje sudaro tam tikrą skalę. Jei aplinkos sąlygos jos neatitinka, augalai patiria šoką /Sharma-Natu et al., 2005; Guo et al., 2006; Guo et al., 2008/. Prie stresinių sąlygų galima priskirti ir pasėlio tankumo didinimą, kai tarp augalų pradeda vykti konkurencija ne tik dėl maisto medžiagų, bet ir dėl šviesos, nes sumažėjus šviesos srautui fiksuojama mažiau anglies /Del Pozo, Dennett, 1999/. Nustatyta, kad retesniame pasėlyje daugiau saulės

energijos pasiekia dirvos paviršių, nuo kurio ji atsispindi ir taip padidina bendrąją pasėlio temperatūrą ir kartu vandens garavimą /Anda, Løke, 2005/.

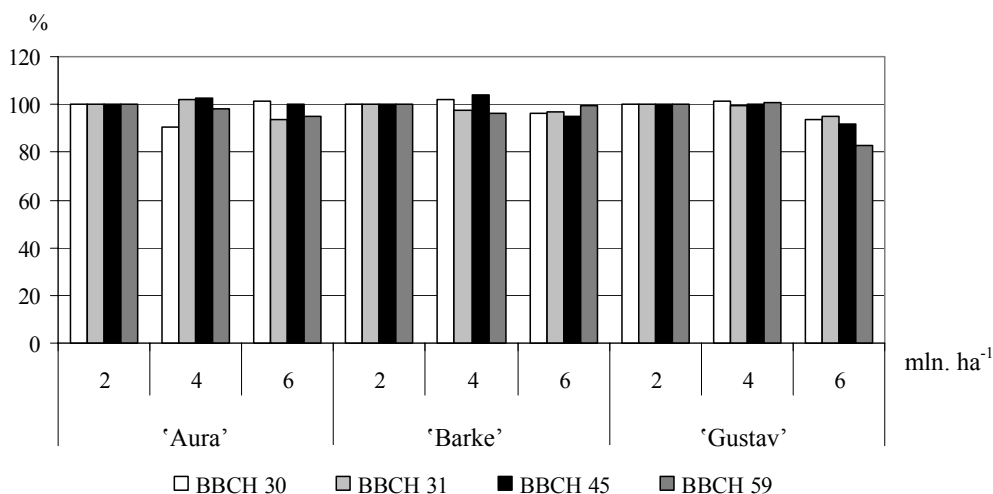
2 lentelė. Vasarinių miežių lapijos chlorofilo indekso (vnt.) statistiniai rodikliai vegetacijos metu

Table 2. Statistical indicators of chlorophyll index of spring barley foliage during the growing season

2008–2009 m. vidutiniai duomenys / the average data

Vystymosi tarpsnis <i>Growth stage</i>	Veislė, sėklos norma mln. ha ⁻¹ <i>Variety, seed rate million ha⁻¹</i>	\bar{X} vidurkis <i>mean</i>	$S_{\bar{x}}$	Min	Max	V %
BBCH 30	'Aura', 2	45,5	1,09	42,4	48,6	5,4
		42,1	2,65	35,1	47,7	14,1
		41,5	1,55	35,7	44,8	8,3
	'Barke', 2	42,3	1,02	39,0	45,0	5,4
		43,0	1,12	40,0	46,1	5,8
		42,0	2,01	34,0	44,8	10,7
	'Gustav', 2	46,8	1,35	43,2	51,4	6,5
		47,0	1,10	43,3	49,9	5,2
		45,5	1,34	43,0	50,0	6,6
BBCH 31	'Aura', 2	41,5	1,24	38,4	44,5	6,7
		42,1	2,39	38,7	51,5	12,7
		39,8	1,88	35,4	45,9	10,6
	'Barke', 2	45,2	1,24	41,2	48,6	6,2
		44,1	1,36	40,6	48,1	6,9
		42,9	2,03	35,5	47,8	10,6
	'Gustav', 2	48,5	1,47	43,9	51,5	6,8
		47,9	1,06	45,8	51,6	4,9
		47,2	0,67	44,7	48,7	3,2
BBCH 45	'Aura', 2	42,4	3,66	29,6	52,0	19,3
		42,1	1,86	37,8	46,5	9,9
		42,7	2,01	37,8	46,5	10,5
	'Barke', 2	41,1	2,68	31,1	46,0	14,6
		42,2	1,99	37,9	49,1	10,5
		41,4	3,65	30,4	48,6	19,7
	'Gustav', 2	49,2	2,31	42,6	56,1	10,5
		49,2	2,10	42,8	53,6	9,5
		43,8	3,68	31,4	54,1	18,8
BBCH 59	'Aura', 2	47,7	1,00	44,5	49,6	4,7
		46,3	0,87	44,0	48,6	4,2
		44,2	1,31	39,9	47,5	6,6
	'Barke', 2	50,6	0,98	47,9	53,7	4,3
		48,9	1,76	42,9	53,8	8,1
		49,0	1,44	44,5	53,2	6,6
	'Gustav', 2	52,9	2,18	45,5	58,1	9,2
		53,8	1,09	51,0	56,4	4,5
		48,0	3,80	33,5	53,8	17,7

Didinant pasėlio tankumą, nustatytas chlorofilo indekso mažėjimas. Didžiausias jis užfiksuotas tankiausiame – 6 mln. ha⁻¹ – pasėlyje. Ne visos veislės vienodai jautriai reagavo į tankumo didinimą, tačiau nustatyti bendri dėsniniai (3 paveikslas). Vidutiniais duomenimis, į pasėlio tankinimą ir jo mikroklimate įtaką jautriausiai reagavo veislės 'Gustav' miežiai. Palyginti su 2 mln. ha⁻¹ sėklos normos pasėliu, per visus matavimus chlorofilo indekso fiksuota 5,1–17,0 % mažiau. Ne toks žymus rodiklio reikšmių sumažėjimas nustatytas tankiausiame veislės 'Barke' miežių pasėlyje – jis siekė 0,8–4,8 % ir buvo matyti visos vegetacijos metu. Veislės 'Aura' miežių lapijoje ryškesnė pasėlio tankumo įtaka chlorofilo indeksui pasireiškė bambklėjimo ir vamzdelėjimo tarpsniais, o jo sumažėjimas siekė atitinkamai 6,3 ir 4,9 %. Chlorofilo indekso mažėjimą galima paaiškinti kaip prisitaikymą prie besikeičiančių aplinkos sąlygų, tankiame pasėlyje padidėjus konkurencinei įtampai. Tačiau ne visų rūšių augalai vienodai reaguoja į pasėlio tankumo didinimą kaip į neigiamą veiksni. Tiriant linus nustatyta, kad fotosintezės pigmentų kaupimuisi linų lapuose pasėlio tankumas neturėjo įtakos, nes, nepriklausomai nuo jo, dėl linų lapų architektikos pakankamai šviesos prasiskverbavo į bet kokio tankumo pasėlį /Balčiūnas ir kt., 2008/. Kiti tyrėjai nurodo, kad saulėgražų lapuose fotosintezė intensyviau vyksta tankesniame pasėlyje, neeliminuojuant tarpueilių pločio įtakos /Aksyonov, 2007/. Panašūs duomenys gauti ir tiriant rapsus – pasėlio tankumą padidinus 3,5 karto, fotosintetinis potencialas padidėjo 1,8 karto /Velička ir kt., 2007/.



3 paveikslas. Chlorofilo indekso kitimas skirtingo tankumo pasėlyje vegetacijos metu
Figure 3. Variation of chlorophyll index in the stands of different density during the growing season

2008–2009 m. vidutiniai duomenys / the average data

Lyginant vidutines skirtingų veislių chlorofilo indekso reikšmes būtina paminėti, kad per vegetaciją veislės 'Aura' nustatyta 2,5–7,7 %, o veislės 'Barke' – 0,4–5,4 % mažesnės nei bandymo vidurkio reikšmės. Daugiausia chlorofilo sukauptė veislės 'Gustav'

miežiai – 6,1–8,2 % daugiau nei bandymo vidurkis. Literatūroje nurodoma, kad fotosintezės proceso efektyvumą bei pigmentų kiekį lemia ir augalo lapų architektonika, pasvirimo į saulę kampas, kuris įvairių veislių yra nevienodas /Long et al., 2006/.

Vasarinių miežių lapijos chlorofilo indeksui tyrimų metais sėklos norma (A veiksnys) turėjo esminės įtakos: 2008 m. $F_{\text{fakt.}} = 4,45^*$, $R_{05} = 0,774$; 2009 m. $F_{\text{fakt.}} = 4,47^*$, $R_{05} = 0,787$ (3 lentelė). 2008 m. tankiausiame (6 mln. ha⁻¹) pasėlyje augusių miežių lapijos chlorofilo kiekis buvo iš esmės mažesnis nei bandymo vidurkis. 2009 m. esminis teigiamas chlorofilo indekso skirtumas nustatytas tarp mažiausios sėklos normos (2 mln. ha⁻¹), o neigiamas – tarp tankiausio pasėlio ir bandymo vidurkio.

Chlorofilo indeksas iš esmės skyrėsi tarp veislių (B veiksnys): 2008 m. $F_{\text{fakt.}} = 58,26^{**}$, $R_{05} = 0,774$; 2009 m. $F_{\text{fakt.}} = 15,93^*$, $R_{05} = 0,787$. Veislės 'Aura' miežių lapų chlorofilo indeksas iš esmės mažesnis buvo abiem tyrimų metais, o veislės 'Barke' esmingumas rodikliui nustatytas tik 2008 m. Veislės 'Gustav' miežių lapijos chlorofilo indeksas visais atvejais buvo iš esmės didesnis už bandymo vidurkį.

Augimo tarpsnis (C veiksnys) taip pat turėjo esminės įtakos chlorofilo indeksui, o jo esmingumas visais atvejais buvo 99 % tikimybės lygio: 2008 m. $F_{\text{fakt.}} = 85,19^{**}$, $R_{05} = 0,948$; 2009 m. $F_{\text{fakt.}} = 7,69^{**}$, $R_{05} = 0,964$. Esminė neigiama įtaka chlorofilo indeksui nustatyta pradėjusių bambėti (BBCH 31) bei vamzdelėjančių (BBCH 45) miežių lapijoje. Išplaukėjusių vasarinių miežių lapų chlorofilo indeksas iš esmės pranoko ir bandymo vidurkį, ir ankstesnių augimo tarpsnių vertes.

Tyrimų duomenų trijų veiksmių dispersinė analizė parodė, kad tyrimų metais veiksmių sąveika skyrėsi. 2008 m. veiksmių AB, AC ir BC sąveika nebuvo esminė, tačiau visų trijų veiksmių ABC sąveika turėjo esminės įtakos chlorofilo indeksui. Teigiama esminė sąveika nustatyta tarp 4 bei 6 mln. ha⁻¹ sėklos normų, visų tirtų veislių ir paskutinio augimo tarpsnio (BBCH 59). Neigiama esminė sąveika nustatyta tarp 4 bei 6 mln. ha⁻¹ sėklos normų, visų tirtų veislių ir dviejų pirmųjų augimo tarpsnių (BBCH 30 bei BBCH 31). Mažiausios sėklos normos (2 mln. ha⁻¹) ir kitų veiksmių sąveika buvo neigiama ir esminė esant mažesniai nei 95 % tikimybės lygiui. 2009 m. trijų veiksmių (ABC) sąveikos įtaka chlorofilo indeksui nenustatyta. Tačiau šiais metais išryškėjo sėklos normos bei veislės (AB) ir veislės bei augimo tarpsnio (BC) sąveikos esmingumas vertintam rodikliui – atitinkamai $F_{\text{fakt.}} = 3,64^{**}$, $R_{05} = 1,447$ ir $F_{\text{fakt.}} = 2,65^*$, $R_{05} = 1,575$. Dėl 6 mln. ha⁻¹ sėklos normos ir veislės 'Barke' miežių sąveikos gautas esminis chlorofilo indekso padidėjimas.

Literatūroje nurodomas augalų derliaus ryšys su chlorofilo indeksu įvairiais vystymosi tarpsniais. Nustatytas žieminių kviečių lapijos chlorofilo indeksas stipriai koreliavo su grūdų derliumi: BBCH 32 – $r = 0,87^*$, BBCH 37 – $r = 0,80^*$ /Ortiz-Iragorri et al., 2005/. Kiti tyrėjai glaudų ir esminį ryšį nurodo dar vėlesniu tarpsniu – esant kviečių pieninei brandai, kai $r = 0,62^{**}$ – $0,76^{**}$ /Spaner et al., 2005/. Analogiški duomenys gauti ir tiriant vasarinius miežius, kai stipri teigiama koreliacija tarp šių rodiklių buvo ir plaukėjimo pabaigoje, ir miežiams pasiekus ankstyvąją pieninę brandą, kai r siekė atitinkamai $0,85^{**}$ bei $0,78^{**}$ /Spaner et al., 2005/.

3 lentelė. Sėklos normos, veislės ir metų įtakos esmingumas vasarinių miežių chlorofilo indeksui

Table 3. Significance of the effect of seed rate, variety and year for spring barley chlorophyll index

Rodiklis <i>Indicator</i>	Veiksniai ir jų sąveika <i>Factors and their interaction</i>	Laisvės laipsnių skaičius <i>DF</i>	Kvadratų vidurkis <i>MS</i>	Fišerio kriterijus $F_{\text{fakt.}}$ $F_{\text{fact.}}$	Fišerio kriterijus iš lentelės F_{05}	R_{05} LSD_{05}
Chlorofilo indeksas <i>Chlorophyll index</i> 2008 m.	Sėklos norma (A veiksnys) <i>Seed rate (factor A)</i>	2	123,874	4,45*	3,02	0,774
	Veislė (B veiksnys) <i>Variety (factor B)</i>	2	1621,983	58,26**	3,02	0,774
	Augimo tarpsniai (C veiksnys) <i>Growth stages (factor C)</i>	3	2371,765	85,19**	2,63	0,948
	A x B	4	57,213	2,05	2,40	1,422
	A x C	6	30,514	1,1	2,13	1,548
	B x C	6	42,158	1,51	2,13	1,548
	A x B x C	12	73,503	2,64**	1,78	3,095
	Paklaida / <i>Error</i>	315	27,841	–	–	–
Chlorofilo indeksas <i>Chlorophyll index</i> 2009 m.	Sėklos norma (A veiksnys) <i>Seed rate (factor A)</i>	2	115,825	4,47*	3,03	0,787
	Veislė (B veiksnys) <i>Variety (factor B)</i>	2	412,898	15,93**	3,03	0,787
	Augimo tarpsniai (C veiksnys) <i>Growth stages (factor C)</i>	3	199,463	7,69**	2,64	0,964
	A x B	4	94,368	3,64**	2,40	1,447
	A x C	6	12,282	0,47	2,13	1,575
	B x C	6	68,727	2,65*	2,13	1,575
	A x B x C	12	18,503	0,71	1,79	3,125
	Paklaida / <i>Error</i>	280	25,925	–	–	–

Daugianarės regresijos metodu įvertintas koreliacinis ryšys tarp vasarinių miežių skirtingų veislių grūdų derliaus ir įvairiais vystymosi tarpsniais nustatyto chlorofilo indekso. Vidutiniais dvejų metų duomenimis, grūdų derliaus koreliacinis ryšys su nustatyta veislės 'Aura' miežių lapijos chlorofilo indeksu buvo silpnas ($R = 0,388$), veislės 'Barke' – vidutinis ($R = 0,661$), veislės 'Gustav' – stiprus ($R = 0,729$), tačiau visais šiais atvejais neesminis. Daugianarė regresinė visų trijų tirtų veislių vidutinių duomenų analizė išryškino vidutinio stiprumo ($R = 0,612$), tačiau esminį esant 99 % tikimybės lygiui ($F_{\text{fakt.}} = 4,22^{**}$) ryšį. Iš analizės duomenų nustatyta, kad vidutinės miežių veislių chlorofilo indekso reikšmės lėmė 37 % grūdų derliaus duomenų variacijos (4 lentelė).

4 lentelė. Vasarinių miežių skirtingų veislių derliaus (y , t ha⁻¹) ryšys su įvairiais vystymosi tarpsniais (a – BBCH 30, b – BBCH 32, c – BBCH 45, d – BBCH 59) nustatyto lapijos chlorofilo indeksu (vnt.)

Table 4. The relationship of spring barley yield (y , t ha⁻¹) of different varieties with chlorophyll index in foliage established at various growth stages (a – BBCH 30, b – BBCH 32, c – BBCH 45, d – BBCH 59)

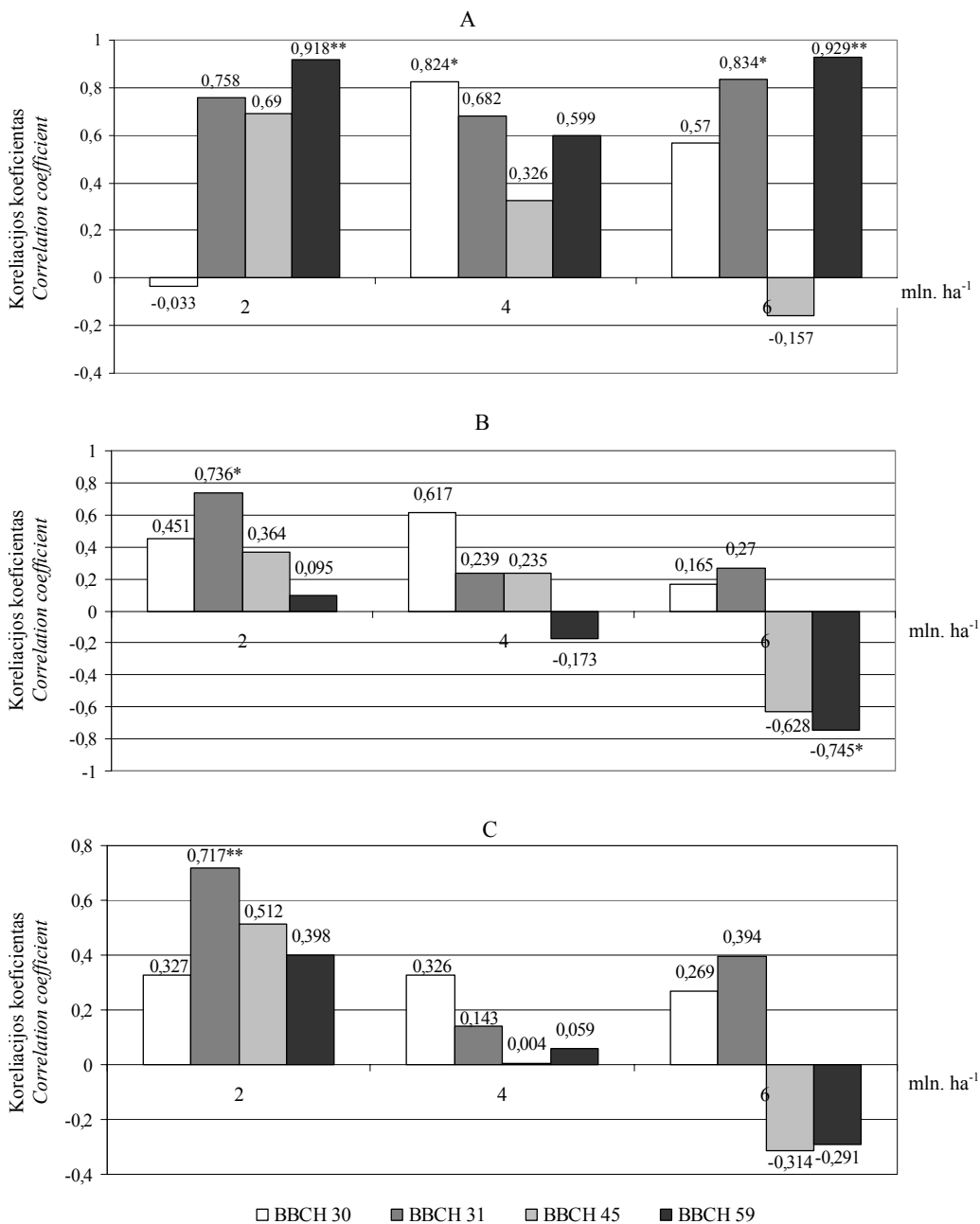
2008–2009 m. vidutiniai duomenys / the average data

Veislė <i>Variety</i>	Regresijos lygtis <i>Regression equation</i>	R	F _{fakt.} / F _{fact.}
‘Aura’	$y = 4,99 - 0,019a + 0,047b + 0,008c - 0,031d$	0,388	0,44
‘Barke’	$y = 10,48 - 0,014a - 0,039b - 0,010c - 0,055d$	0,661	1,94
‘Gustav’	$y = 6,44 + 0,011a - 0,075b - 0,041c - 0,056d$	0,729	2,84
Vidutiniškai 3 veislių <i>Mean for 3 varieties</i>	$y = 4,09 - 0,007a - 0,078b - 0,016c + 0,026d$	0,612	4,22**

Koreliacijos metodu įvertintas vasarinių miežių grūdų derliaus ir chlorofilo indekso ryšys esant skirtingam pasėlio tankumui (4 paveikslas). Atskirais tyrimų metais kiek skyrėsi ryšio stiprumas, o neretai – ir pobūdis. 2008 m. mažiausio tankumo (2 mln. ha⁻¹) pasėlyje chlorofilo indeksas su derliaus duomenimis stipriai koreliavo nuo bambėjimo tarpsnio pradžios iki miežių išplaukėjimo – $r = 0,758-0,918^{**}$. Ryšio stiprėjimą per vegetaciją nurodo ir kiti autoriai /Schulte et al., 2007/. Tankiausiame (6 mln. ha⁻¹) pasėlyje nustatytas taip pat pakankamai stiprus ryšys – $r = 0,57-0,929^{**}$. Per vegetaciją koreliacinio ryšio stiprumas 2 ir 6 mln. ha⁻¹ tankumo miežių pasėliuose didėjo. 4 mln. ha⁻¹ pasėlyje ryšio stiprumo kryptis buvo priešinga – derlius stipriausiai ir iš esmės koreliavo su vegetacijos pradžioje nustatyto lapijos chlorofilo indeksu – $r = 0,824^*$. Per vegetaciją ryšio stiprumas nuolat mažėjo iki nustatyto plaukėjimo pabaigoje – $r = 0,599$. 2008 m. 2/3 tirtų atvejų ryšys buvo esminis esant 95 % tikimybės lygiui.

2009 m. derliaus ir chlorofilo indekso ryšio stiprumas varijavo nuo silpno iki stipraus, o per vegetaciją daugeliu atvejų silpnėjo. Tankiausiame (6 mln. ha⁻¹) pasėlyje nuo vamzdelėjimo tarpsnio ryšys tarp rodiklių buvo atvirkštinis ir stiprus: $r = -0,628$ ir $r = -0,745^*$. 2009 m. ryšys daugeliu atvejų buvo neesminis.

Vidutiniais duomenimis, tarp grūdų derliaus ir chlorofilo indekso stipriausia koreliacija buvo mažiausio tankumo pasėlyje, išsėjus 2 mln. sėklų į hektarą. Nuo bambėjimo tarpsnio pradžios (BBCH 31) vėlesnės vegetacijos metu ryšys silpnėjo nuo $r = 0,717^{**}$ iki $r = 0,398$. Didėjant pasėlio tankumui, ryšys tarp minėtų rodiklių silpnėjo ir tankiausiame pasėlyje ėgavo priešingą pobūdį – tapo atvirkštiniu. Daugeliu atvejų koreliacija buvo neesminė. Panašūs duomenys buvo ir skirtingo piktžolėtumo ryžių pasėlio, kai tarp įvairiais tarpsniais vertinto chlorofilo indekso reikšmių ir derliaus nustatytas stiprus esminis ryšys – $r = 0,988^{**}$ /Ramesh et al., 2002/.



4 paveikslas. Vasarinių miežių grūdų derliaus ir lapų chlorofilo indekso skirtingo tankumo pasėlyje koreliacijos koeficientai vegetacijos metu: A – 2008 m., B – 2009 m., C – 2008–2009 m. vidutiniai duomenys

Figure 4. Correlation coefficients of spring barley grain yield and leaf chlorophyll index in the stands of different density during the growing season: averaged data for A – 2008, B – 2009, C – 2008–2009

2009 m. derliaus ir chlorofilo indekso ryšio stiprumas varijavo nuo silpno iki stipraus, o vegetacijos metu daugeliu atvejų silpnėjo. Tankiausiame (6 mln. ha⁻¹) pasėlyje nuo vamzdelėjimo tarpsnio ryšys tarp rodiklių buvo atvirkštinis ir stiprus: $r = -0,628$ ir $r = -0,745^*$. 2009 m. ryšio esmingumas daugeliu atvejų buvo neesminis.

Vidutiniais duomenimis, tarp grūdų derliaus ir chlorofilo indekso stipriausia koreliacija buvo mažiausio tankumo pasėlyje – išsėjus 2 mln. sėklų į hektarą. Nuo bambėjimo tarpsnio pradžios (BBCH 31) ryšys per vegetaciją silpnėjo nuo $r = 0,717^{**}$ iki $r = 0,398$. Didėjant pasėlio tankumui, ryšys tarp šių rodiklių silpnėjo ir tankiausiame pasėlyje ėgavo priešingą pobūdį – tapo atvirkštiniu. Daugeliu atvejų koreliacija buvo neesminė. Panašūs duomenys buvo ir skirtingo piktžolėtumo ryžių pasėlyje, kai tarp įvairiais tarpsniais vertinto chlorofilo indekso reikšmių ir derliaus nustatytas stiprus esminis ryšys – $r = 0,988^{**}$ /Ramesh et al., 2002/.

Išvados

1. Nustatytas nevienodas įvairių miežių veislių chlorofilo indeksas. Didžiausias jis buvo veislės 'Gustav' miežių lapijos ir bandymo vidurkį viršijo 6,1–8,2 %. Veislių 'Aura' ir 'Barke' indeksas buvo atitinkamai 2,5–7,7 ir 0,4–5,4 % mažesnis nei bandymo vidurkis.

2. Didinant vasarinių miežių pasėlio tankumą, lapijos chlorofilo indeksas mažėjo. Tankinant pasėlį, indeksas palyginus veisles mažėjo taip: 'Gustav' > 'Barke' > 'Aura', o chlorofilo indekso reikšmės mažėjo atitinkamai 5,1–17,0, 0,8–4,8 ir 6,3–4,9 %.

3. Vasarinių miežių lapijos chlorofilo indeksui esminės įtakos turėjo sėklos norma (2008 m. $F_{\text{fakt.}} = 4,45^*$, $R_{05} = 0,774$; 2009 m. $F_{\text{fakt.}} = 4,47^*$, $R_{05} = 0,787$), veislė (2008 m. $F_{\text{fakt.}} = 58,26^{**}$, $R_{05} = 0,774$; 2009 m. $F_{\text{fakt.}} = 15,93^*$, $R_{05} = 0,787$) ir augimo tarpsnis (2008 m. $F_{\text{fakt.}} = 85,19^{**}$, $R_{05} = 0,948$; 2009 m. $F_{\text{fakt.}} = 7,69^{**}$, $R_{05} = 0,964$).

4. Daugianarės koreliacijos metodu nustatytas glaudus ir esminis vasarinių miežių veislių derliaus ryšys su įvairiais vystymosi tarpsniais nustatytu lapijos chlorofilo indeksu ($R = 0,612^{**}$).

5. Tarp grūdų derliaus ir chlorofilo indekso stipriausia koreliacija buvo mažiausio tankumo pasėlyje – išsėjus 2 mln. sėklų į hektarą. Didinant pasėlio tankumą, ryšys tarp šių rodiklių silpnėjo ir tankiausiame pasėlyje ėgavo priešingą pobūdį – tapo atvirkštiniu. Daugeliu atvejų koreliacija buvo neesminė.

Gauta 2009 11 16

Pasirašyta spaudai 2009 11 30

LITERATŪRA

1. Aksyonov I. Effect of cultivation measure on index of photosynthesis and yield of sunflower // *Helia*. – 2007, vol. 30, No. 47, p. 79–86
2. Anda A., Løke Z. Radiation balance components of maize hybrids grown at various plant densities // *Journal of Agronomy and Crop Science*. – 2005, vol. 191, p. 202–209
3. Balčiūnas M., Jankauskienė Z., Brazaitytė A., Duchovskis P. Lapų indekso ir fotosintezės pigmentų dinamika įvairaus tankumo pluoštinių linų pasėlyje // *Žemdirbystė-Agriculture*. – 2008, t. 95, Nr. 4, p. 97–109

4. Del Pozo A., Dennett M. D. Analysis of the distribution of light, leaf nitrogen, and photosynthesis within the canopy of *Vicia faba* L. at two contrasting plant densities // Australian Journal of Agriculture Research. – 1999, vol. 50, p. 183–189
5. Denuit J. P., Olivier M., Goffaux M. J. et al. Management of nitrogen fertilization of winter wheat and potato crops using the chlorophyll meter for crop nitrogen status assessment // Agronomie. – 2002, vol. 22, p. 847–853
6. Dreccer M. F., Oijen M., Schapendonk A. et al. Dynamics of vertical leaf nitrogen distribution in a vegetative wheat canopy. Impact on canopy photosynthesis // Annals of Botany. – 2000, vol. 86, p. 821–831
7. Follett R. H., Follett R. F., Halvorson A. D. Use of a chlorophyll meter to evaluate the nitrogen status of dryland winter wheat // Communications in Soil Science and Plant Analysis. – 1992, vol. 23, iss. 7, p. 687–697
8. Gianquinto G., Goffart J. P., Olivier M. et al. The use of hand-held chlorophyll meters as a tool to assess the nitrogen status and to guide nitrogen fertilization of potato crop // Potato Research. – 2004, vol. 47, No. 5, p. 35–80
9. Guo P., Baum M., Grandó S., Ceccarelli S. Evaluation of chlorophyll content and fluorescence parameters as indicators of drought tolerance in barley // Agriculture Sciences in China. – 2006, vol. 5, iss. 10, p. 751–757
10. Guo P., Baum M., Varshney R. K. et al. QTLs for chlorophyll and chlorophyll fluorescence parameters in barley under post-flowering drought // Euphytica. – 2008, vol. 162, No. 2, p. 203–214
11. Janušauskaitė D. Trešimo intensyvumo įtaka vasarinių kvietrugių (*Spring triticales*) produktyvumui ir lapijos chlorofilo indeksui // Žemdirbystė-Agriculture. – 2009, t. 96, Nr. 4, p. 110–123
12. Kim S. H., Gitz D. C., Sicher R. C. et al. Temperature dependence of growth, development, and photosynthesis in maize under elevated CO₂ // Environmental and Experimental Botany. – 2007, vol. 61, p. 224–236
13. Long S., Zhu X. G., Naidu S., Ort D. Can improvement in photosynthesis increase crop yields? // Plant, Cell and Environment. – 2006, vol. 29, p. 215–330
14. Lopez-Bellido R. J., Shepherd C. E., Barraclough P. B. Predicting post-anthesis N requirements of bread wheat with a Minolta SPAD meter // European Journal of Agronomy. – 2004, vol. 20, iss. 3, p. 313–320
15. Murillo-Amador B., Avila-Serrano N., Garsia-Hernandez J. et al. Relationship between a non-destructive and an extraction method for measuring chlorophyll contents in cowpea leaves // Journal of Plant Nutrition and Soil Science. – 2004, vol. 167, p. 363–364
16. Nageswara R. C., Talwar H. S., Wright G. C. Rapid assessment of specific leaf area and leaf nitrogen in peanut (*Arachis hypogaea* L.) using s chlorophyll meter // Journal of Agronomy and Crop Science. – 2001, vol. 186, p. 175–182
17. Naud C., Makowski D., Jeuffroy M. H. Leaf transmittance measurements can improve predictions of the nitrogen status for winter wheat crop // Field Crop Research. – 2009, vol. 110, iss. 1, p. 27–34
18. Netto A. T., Campostrini E., Oliveira J. G. et al. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll *a* fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves // Scientia Horticulturae. – 2005, vol. 104, p. 199–209
19. Olf H. W., Blankenau K., Brentrup F. et al. Soil- and plant-based nitrogen-fertilizer recommendations in arable farming // Journal of Plant Nutrition and Soil Science. – 2005, vol. 168, p. 414–431
20. Ortuzar-Iragorri M. A., Alonso A., Castello A. et al. N-tester use in soft winter wheat evaluation of nitrogen status and grain yield prediction // Agronomy Journal. – 2005, vol. 97, p. 1380–1389

21. Peltonen J., Virtanen A., Haggren E. Using a chlorophyll meter to optimize nitrogen fertilizer application for intensively-managed small-grain cereals // *Agronomy Journal*. – 1995, vol. 174, p. 309–318
22. Peterson T. A., Blackmer T. M., Francis D. D., Schepers J. S. Using a chlorophyll meter to improve N management. – Lincoln, USA, 1993. – 32 p.
23. Ramesh K., Chandrasekaran B., Balasubramanian T. N. et al. Chlorophyll dynamics in rice (*Oryza sativa*) before and after flowering based on SPAD (chlorophyll) meter monitoring and its relation with grain yield // *Journal of Agronomy and Crop Science*. – 2002, vol. 188, p. 102–105
24. Samborski S. M., Tremblay N., Fallon E. Strategies to make use of plant sensors-based diagnostic information for nitrogen recommendations // *Agronomy Journal*. – 2009, vol. 101, p. 800–816
25. Schlemmer M. R., Francis D. D., Shanahan J. F., Schlepers J. S. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content // *Agronomy Journal*. – 2005, vol. 97, p. 106–112
26. Schulte G., Begum N., Worku M. et al. Leaf senescence induced by nitrogen deficiency as indicator of genotypic differences in nitrogen efficiency in tropical maize // *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. – 2007, vol. 170, p. 106–114
27. Sharma-Natu P., Ghildiyal M. Potential targets for improving photosynthesis and crop yield // *Current Science*. – 2005, vol. 88, No. 12, p. 1918–1928
28. Spaner D., Todd A. G., Navabi A. et al. Can leaf chlorophyll measures at differing growth stages be used as an indicator of winter wheat and spring barley nitrogen requirements in Eastern Canada? // *Journal of Agronomy and Crop Science*. – 2005, vol. 191, p. 393–399
29. Tarakanovas P., Raudonius S. Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas *Anova, Stat, Split-Plot* iš paketo *Selekcija ir Irristat*. – Akademija, Kėdainių r., 2003. – 57 p.
30. Velička R., Marcinkevičienė A., Rimkevičienė M., Trečiokas K. Skirtingo tankumo vasarinių rapsų biopotencialo vertinimas // *Žemės ūkio mokslai*. – 2007, t. 14, Nr. 2, p. 31–39
31. Wiesler F., Bauer M., Kamh M. et al. The crop as indicator for sidedress nitrogen demand in sugar beet production – limitation and perspectives // *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. – 2002, vol. 165, p. 93–99
32. Zebarth B. J., Botha E. J., Rees H. Rate and time of fertilizer nitrogen application on yield, protein and apparent efficiency of fertilizer nitrogen use of spring wheat // *Canadian Journal of Plant Science*. – 2007, vol. 87, iss. 4, p. 709–718
33. Zhu X. G., Long S., Ort D. What is the maximum efficiency with which photosynthesis can convert solar energy into biomass? // *Current Opinion in Biotechnology*. – 2008, vol. 19, p. 1–7
34. Ziadi N., Brassard M., Belanger G. et al. Chlorophyll measurement and nitrogen nutrition index for the evaluation of corn nitrogen status // *Agronomy Journal*. – 2008, vol. 100, p. 1264–1273
35. Литтл Т., Хиллз Ф. Сельскохозяйственное опытное дело // *Планирование и анализ*. – Москва, 1981. – 318 с.

Chlorophyll index of spring barley foliage and its relationship with the yield in the stands of different densities

D. Janušauskaitė, O. Auškalnienė, G. Pšibišauskienė

Lithuanian Institute of Agriculture

Summary

Over the period 2008–2009, field experiments were carried out at the Lithuanian Institute of Agriculture on an *Endocalcari-Epithypogleyic Cambisol (CMg-p-w-can)* with a view to establishing the effects of spring barley stand density on the chlorophyll index of foliage as well as estimating the relationship of grain yield with chlorophyll index measured at different growth stages. The tests involved three spring barley varieties – ‘Aura’, ‘Barke’ and ‘Gustav’. Three stand densities were formed using the following seed rates 2, 4 and 6 million viable seed per hectare. Due to the competition pressure, the plants in a denser stand accumulated lower contents of chlorophyll in foliage. Chlorophyll index of spring barley foliage was found to be significantly affected by the seed rate (in 2008 $LSD_{05} = 0.774^*$, in 2009 $LSD_{05} = 0.787^*$), variety (in 2008 $LSD_{05} = 0.774^{**}$, in 2009 $LSD_{05} = 0.787^*$) and growth stage (in 2008 $LSD_{05} = 0.948^{**}$, 2009 $LSD_{05} = 0.964^{**}$). Using polynomial correlation method, a strong and significant correlation was determined between the yield of spring barley varieties and foliage chlorophyll index measured at various growth stages ($R = 0.612^{**}$).

Key words: *Hordeum sativum*, varieties, seed rate, chlorophyll index, grain yield.