

# I skyrius. AUGALŲ SELEKCIJA IR GENETIKA

## Chapter 1. PLANT BREEDING AND GENETICS

ISSN 1392-3196

Žemdirbystė-Agriculture, t. 96, Nr. 3 (2009), p. 3–15

UDK 633.11“324”:631.576

### Lapų ploto indekso tinkamumas žieminio kviečio (*Triticum aestivum* L.) selekcinų linijų atrankai

Žilvinas LIATUKAS, Antanas RONIS, Vytautas RUZGAS

Lietuvos žemdirbystės institutas

Instituto al. 1, Akademija, Kėdainių r. sav.

El. paštas: liatukas@lzi.lt

#### Santrauka

Lapų ploto indeksas (LPI) parodo, koks augalų lapų plotas dengia tam tikrą dirvos paviršiaus plotą. Jo nustatymas atskleidžia žemės ūkio augalų gebą absorbuoti saulės šviesos energiją, kuri yra svarbi siekiant maksimaliai išnaudoti augalų galimybes. Selekcijos analitinei technologijai būtina geriau suprasti veiksnius, lemiančius jų vystymąsi, augimą ir derlingumą. Vienas šios problemos sprendimo būdų yra lapų ploto matavimas, naudojant naujos kartos mobilią įrangą, vis dažniau taikomas pastaraisiais metais.

Lietuvos žemdirbystės institute 2006–2008 m. atlikti žieminio kviečio (*Triticum aestivum* L.) lauko bandymai, kurių metu 2007 m. tirtos 77, o 2008 m. – 104 žieminio kviečio perspektyvios selekcinės linijos. Lapų ploto indeksui matuoti naudotas nešiojamasis prietaisas „SunScan“ („Delta-T Devices“, JK). Kiekvienais metais matavimai atlikti tris kartus: augant viršutiniam lapui bei vamzdelėjant (BBCH 39–45), plaukėjant bei žydint (BBCH 55–69) ir esant pieninei brandai (BBCH 71–77). Tirta, kaip koreliuoja skirtingų vystymosi tarpsnių lapų ploto indeksas, kaip jis veikia grūdų derlių, 1000-čio grūdų masę ir natūrinį svorį.

Nustatyta, kad žieminų kviečių skirtingų augimo tarpsnių lapų ploto indeksas 2008 m. koreliavo stipriai ( $r = 0,62-0,73^*$ ), o 2007 m. nustatyta silpna ir vidutinė ( $r = 0,31-0,63^*$ ) koreliacija. 2007 m. genotipai, turintys didesnę lapų ploto indeksą, augant viršutiniam lapui bei vamzdelėjant, subrandino smulkesnius grūdus ( $r = -0,43^*$ ). Linijos, kurioms esant pieninės brandos tarpsnio būdingas didesnis lapų ploto indeksas, 2007 m. pasižymėjo didesniu natūriniu svoriu ( $r = 0,46^*$ ). Kitais metais tokių priklausomybių nenustatyta.

Lapų ploto indeksas su grūdų derliumi koreliavo ne iš esmės ( $r = -0,07-0,31$ ), nes derlių lemia ne tik lapų plotas, bet ir fotosintezės intensyvumas bei kiti rodikliai. Nustatyta tendencija, kad vėlesniais tarpsniais turinčios didesnę lapų plotą veislės brandina didesnę grūdų derlių, bet daryti naujų genotipų atranką pagal lapų ploto indeksą nepatikima.

Reikšminiai žodžiai: *Triticum aestivum* L., lapų ploto indeksas, augimo tarpsniai, grūdų derlius, atranka.

## **Ivadas**

Lapų ploto indekso koncepciją, pagal kurią nustatoma, koks augalų lapų plotas dengia tam tikrą dirvos paviršiaus plotą, pirmasis pasiūlė mokslininkas D. J. Watsonas (1947). Lapų ploto indeksas parodo žemės ūkio augalų gebą absorbuoti saulės šviesos energiją, kuri yra svarbi siekiant maksimaliai išnaudoti augalų derlingumo galimybes. Agronominiu atžvilgiu lapų ploto indeksas yra svarbus rodiklis nustatant, kokį šviesos kiekį geba absorbuoti augalai /Pearce et al., 1965/, taip pat piktžolių kontrolei, augalų bei piktžolių konkurencijai, augalų gebėjimui panaudoti vandenį, dirvožemio erozijai ir kitiems rodikliams nustatyti /Rebetzke et al., 2004; Wick et al., 2004; Bavec et al., 2007/.

Kuriant naujus derlingus kviečių genotipus, selekcija dažniausiai vykdoma darant didelį kiekį kryžminimų, iš kurių vėliau atrenkamos geriausios populiacijos, o iš pastarųjų – geriausios linijos. Šiuo metu kviečių selekcija yra pagrįsta empiriniais atrankos kriterijais, siekiant didesnio derliaus /Araus et al., 2002/, tačiau ši selekcijos technologija turi trūkumų, nes genetiškai derlingumas kaip savybė pasižymi mažu paveldėjimu ir didele genotipo bei aplinkos sąveika /Jackson et al., 1996/. Derlingų genotipų atranka būtų efektyvesnė, jei grūdų derlingumas galėtų būti nustatytas iki derliaus nuėmimo. Ši galimybė būtų labai vertinga, jei būtų įmanoma vykdyti tokią ankstyvųjų kartų atranką /Royo et al., 2003/.

Derlingumas konkrečioje aplinkoje tiesiogiai ir netiesiogiai yra veikiamas morfologinių, fiziologinių ir aplinkos veiksnių. Perspektyvių selekcinė linijų atranka pagal grūdų derlių dažniausiai atliekama keliais kartojimais bei pakartojimais, nes naudojamos statistinės programos ne visada pakankamai greitai išryškina geriausius genotipus. Selekcijos analitinė technologija yra alternatyvi priemonė, kurią taikant būtina geriau suprasti veiksnius, lemiančius augalų vystymąsi, augimą ir derlingumą. Ši metodika atsižvelgia į morfologinius požymius, leidžiančius empirinę selekciją padaryti efektyvesnę. Jos ribotas taikymas greičiausiai nulemtas per mažo kiekio žinių apie fiziologinius rodiklius, jų vertinimo ir realaus ryšio su grūdų derliumi /Reynolds et al., 2001/. Pastaraisiais metais vis dažniau taikomas lapų ploto matavimas naudojant naujos kartos mobilią įrangą /Aparicio et al., 2002; Babar et al., 2006; Prasad et al., 2007/. Jis atliekamas siekiant nustatyti įvairių rūšių augalų lapų plotą lemiančių veiksnių įtaką /Gordon et al., 1997; Wilhelm et al., 2000; Aparicio et al., 2002/. Tyrimo metu lapų ploto indeksas su derlingumu koreliavo vidutiniškai bei stipriai, kai tirtos priemonės darė didelę įtaką pasėlių lapų ploto kitimui /Verma et al., 2000; Cowling, Field, 2003; Šiaudinis, Lazauskas, 2006; Balcan et al., 2007; Bavec et al., 2007; Han et al., 2008/ ir nustatant genotipų lapų ploto skirtumus /Jiang et al., 2003; Rebetzke et al., 2004; Lawless et al., 2005/. Tiriant skirtingų genotipų lapų ploto indekso ryšį su derlingumu, nustatyta silpnė koreliacija /Babar et al., 2006; Prasad et al., 2007/.

Tyrimo tikslas – nustatyti galimybę panaudoti lapų ploto indekso matuoklį „SunScan“ atrinkti derlingiausioms žeminių kviečių perspektyvioms selekcinėms linijoms.

## Sąlygos ir metodai

Lauko bandymai daryti 2006–2008 m. Lietuvos žemdirbystės institute Dotnuvoje (55°23'N, 23°51'E), žieminių kviečių selekciniuose augynuose, esant natūraliai grybinių ligų infekcijai. Tyrimo laikotarpiu 2007 m. tirtos 77, 2008 m. – 104 perspektyvios žieminių kviečių selekcinės linijos ir kontrolinė veislė 'Zentos'. Bandymų ploto dirvožemis – giliau karbonatingas giliau glėjiškas rudžemis (RDg4-k2), *Endocalcari-Endohypogleyic Cambisol* (CMg-n-w-can). Dirvožemio rūgštumas artimas neutraliam – pH 6,5–7,0, humuso kiekis – 2,5–2,7, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 190–240 mg kg<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>O – 185–264 mg kg<sup>-1</sup> dirvožemio. Trešta N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> prieš sėją ir N<sub>90</sub> pavasarį, atsinaujinus vegetacijai. Rugsėjo pirmąjį dešimtadienį pasėta 4,5 mln. ha<sup>-1</sup> sėklų, apdorotų beicu Baitan Universal (4 l t<sup>-1</sup>). Laukelių dydis – 1,7 m pločio ir 11 m ilgio. Rudenį, augalams pradėjus krūmytis, purkšta herbicidu Alister Grande 217,5 OD (0,08 kg ha<sup>-1</sup>). Kitokių pesticidų nenaudota.

Lapų ploto indeksas matuotas nešiojamuoju prietaisu „SunScan“ („Delta-T Devices“, JK). Kiekvienais metais matavimai atlikti tris kartus: augant viršutiniam lapui bei vamzdelėjant (BBCH 39–45) – LPI-I, plaukėjant bei žydint (BBCH 55–69) – LPI-II ir esant pieninei brandai (BBCH 71–77) – LPI-III. Prieš pradėdant matuoti, spindulių frakcijos jutiklis sumontuotas ant trikojo ir gulsčiuuku padėtas horizontaliai. Lapų ploto indekso matuoklis „SunScan“ į laukelius įterptas horizontaliai žemės bei 45° laipsniu kampu eilučių atžvilgiu, zondą įgilinant į augaliją už pirmos ir antros eilutės (apie 0,3 m nuo laukelio krašto). Kiekvieno genotipo matavimai atlikti viename laukelyje. Kontrolinės veislės 'Zentos' kasmet matuota po 13 laukelių. Laukelyje atlikti trys matavimai. Jei reikšmės žymiai (+/- 1,0) skyrėsi, atlikti papildomi matavimai. Jų metu stengtasi, kad žmogaus šešėlis neuždengtų spindulių frakcijos jutiklio bei lapų ploto indekso matuoklio „SunScan“. Bandymų duomenys statistiškai apdoroti programomis *Stat* ir *Anova* /Tarakanovas, Raudonius, 2003/.

Po augalais įterptu zonu „SunScan“ matuotas fotosintetiškai aktyvios radiacijos šviesos lygis ir apskaičiuotas lapų ploto indeksas. Lapų ploto matuoklį sudaro trys prietaisai: zondas „SunScan“, šviesos frakcijos priėmimo elementas ir duomenų kaupiklis. Zondas „SunScan“ yra 1 m ilgio, jame vienodu atstumu sumontuoti 64 fotodiodai. Zondo laikiklyje yra įmontuoti maitinimo elementai bei elektronika, kuri fotodiodų duomenis paverčia skaitmeniniais signalais ir RS 232 kabeliu perduoda į duomenų kaupiklį „Psion Workabout“. Šviesos frakcijos priėmimo elementas taip pat matuoja fotosintetiškai aktyvios radiacijos šviesos lygį. Jis būtinas tam, kad vienu metu būtų galima nustatyti šviesos plitimą virš augalų ir po jais. Šviesos frakcijos priėmimo elementas turi du fotodiodus, iš kurių vienas nuo tiesioginės saulės šviesos gali būti uždengtas užtamsinimo žiedu. Tokiu būdu tiesioginę fotosintetiškai aktyvios radiacijos šviesą galima atskirti nuo išsklaidytos ir apskaičiuoti lapų ploto indeksą /Potter et al., 1996/.

2006 m. rugsėjo–lapkričio mėnesių vidutinė temperatūra daugiamečių vidurkį viršijo 2,6–3,0 °C, gruodis bei sausis už daugiamečių vidurkį buvo šiltesni 6,7 ir 5,9 °C. Vasarį orai atšalo, mėnesio vidurkis už daugiamečių buvo mažesnis 2,6 °C. Dėl gerokai šiltesnių orų dalis žieminių kviečių linijų peraugo ir smarkiai nukentėjo nuo vasario šalčių. Augalų vegetacijos metu pavasarį ir vasarą bendras kritulių kiekis bei vidutinė temperatūra buvo didesni už normą. Tai lėmė intensyvų lapų ir varpų septoriozės išplitimą bei vystymąsi ir dėl to trumpesnę žieminių kviečių vegetaciją. Selekciniuose

augynuose taip pat buvo gausiai išplitęs oranžinis kviečių gumbauodis (*Sitodiplosis mosellana* (Géhin)), smarkiai pažeidęs grūdus.

2007 m. rudens mėnesių vidutinė temperatūra buvo šiek tiek aukštesnė už normą. Žiema buvo vidutiniškai 4,7 °C šiltesnė nei daugiametis vidurkis, kviečiai labai gerai peržiemojo. Pavasarį, gegužės mėnesį, trūko drėgmės – iškrito tik ketvirtadalis daugiametės normos kritulių. Drėgmės trūko ir birželio bei liepos mėnesiais – iškrito 18 bei 36 % mažiau kritulių. Tai lėmė lėtą lapų ligų plitimą bei vystymąsi.

### Rezultatai ir jų aptarimas

Dvejų tyrimo metų rezultatai, duomenų analizei panaudojus 207 reikšmes, parodė, kad tirtų genotipų grūdų derlingumas nekoreliavo su lapų ploto indeksu (LPI) (1 lentelė). Silpna neesminė ( $r = 0,31$ ) koreliacija tarp grūdų derlingumo ir LPI nustatyta tik 2007 m. plaukėjimo bei žydėjimo tarpsniu. Nustatyta silpna ( $r = -0,45^*$  ir  $0,46^*$ ) koreliacija tarp 1000-čio grūdų masės bei LPI viršutinio lapo augimo bei vamzdelėjimo tarpsniu ir tarp natūrinio grūdų svorio bei LPI.

**1 lentelė.** Žieminių kviečių perspektyvių selekcinųjų linijų lapų ploto indekso, derliaus ir derliaus elementų koreliacija

**Table 1.** The correlation between leaf area index, yield and yield elements of winter wheat advanced breeding lines

Požymis / Trait	Dotnuva, 2007, 2008 m.					
	1	2	3	4	5	6
1. Lapų ploto indeksas, BBCH 39–45 <i>Leaf area index, BBCH 39–45</i>	<b>1,00</b>	0,31	0,63*	0,08	-0,17	-0,07
2. Lapų ploto indeksas, BBCH 55–69 <i>Leaf area index, BBCH 55–69</i>	0,73*	<b>1,00</b>	0,47*	-0,20	-0,02	0,14
3. Lapų ploto indeksas, BBCH 71–77 <i>Leaf area index, BBCH 71–77</i>	0,62*	0,72*	<b>1,00</b>	0,04	-0,10	0,17
4. 1000-čio grūdų masė <i>1000 kernel weight</i>	-0,45*	-0,19	-0,02	<b>1,00</b>	-0,03	-0,01
5. Grūdų natūrinis svoris <i>Hectoliter weight</i>	0,16	0,18	0,46*	0,30	<b>1,00</b>	0,01
6. Grūdų derlius / Grain yield	-0,10	0,31	0,22	0,28	0,22	<b>1,00</b>

Pastaba. \* – ryšys esminis, esant 95 % tikimybės lygiui. Viršutinis trikampis – 2008 m., apatinis – 2007 m.

Note. \* – correlation significant at 95% probability level. Top triangle represents the year 2008, bottom – 2007.

LPI 2007 m. skirtingais augalų vystymosi tarpsniais koreliavo vidutiniškai ir stipriai ( $r = 0,62^*$ – $0,73^*$ ). Kitais metais buvo nustatyta silpna ir vidutinė skirtingų tarpsnių LPI koreliacija ( $r = 0,31$ – $0,63^*$ ). Grūdų derliaus, 1000-čio grūdų masės ir natūrinio svorio koreliacija nenustatyta abiem tyrimo metais.

Pastebėta, kad 2007 m., kai dėl nepalankių žiemojimo sąlygų dalies linijų augalai išretėjo, LPI-I ir LPI-II su derliumi koreliavo šiek tiek stipriau, palyginti su 2008 m., palankiais augimui. Tais metais LPI-I ir LPI-II su augalų peržiemojimu

koreliavo vidutiniškai ( $r = 0,58, 0,56$ ). Toks ryšys lyg ir suponuotą galimybę panaudoti LPI matavimą įvertinant augalų pažeidimus po žiemos. Tačiau praktinei selekcijai jis iš esmės yra menkavertis, nes laiko ir darbo sąnaudų atžvilgiu įprastas peržiemojimo vizualinis įvertinimas yra kur kas efektyvesnis.

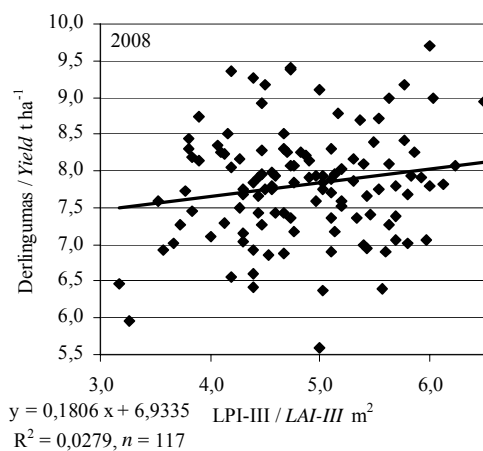
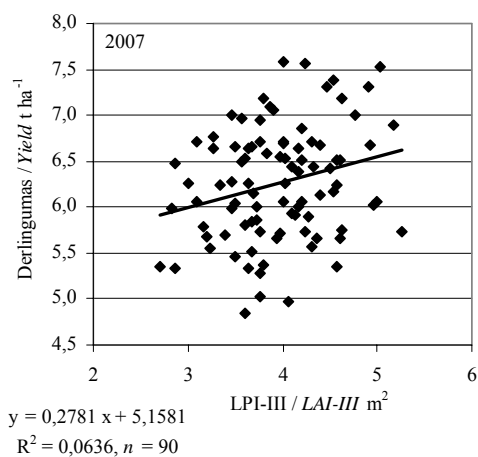
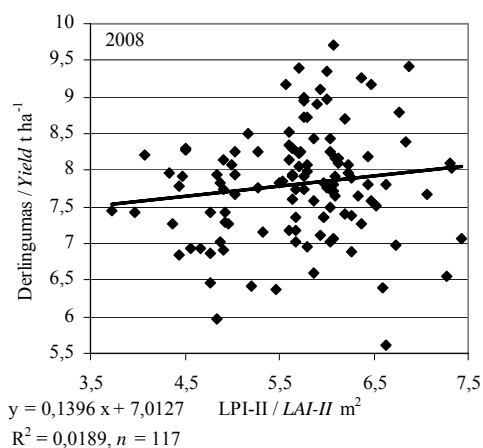
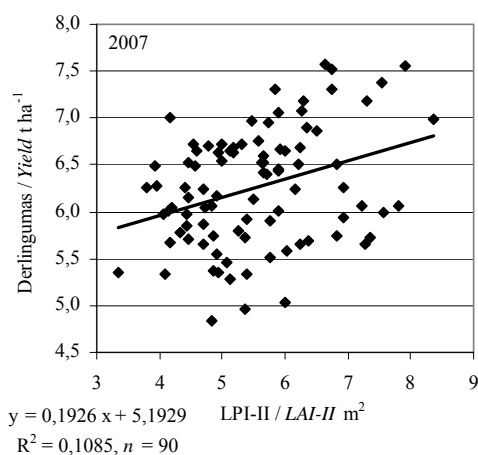
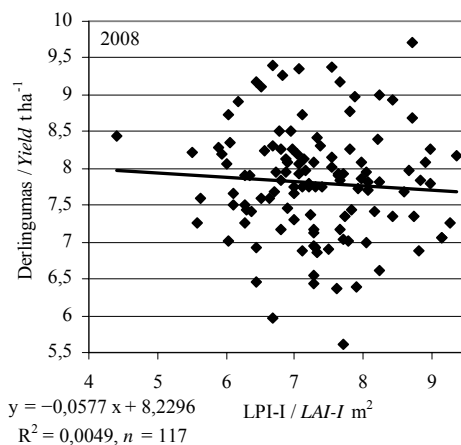
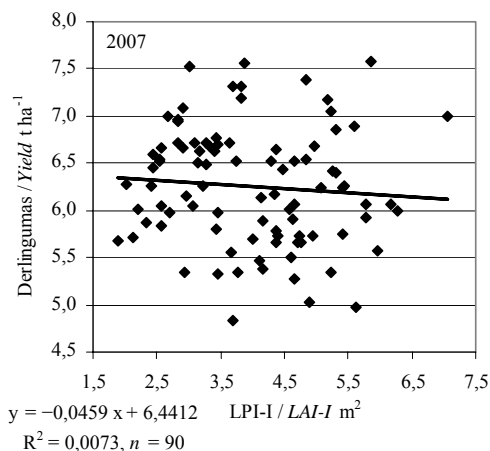
Žymūs skirtumai tarp genotipų nustatyti LPI matuojant trimis tarpsniais abiem metais (paveikslas). Vidutinis visų linijų, visų trijų matavimų LPI, taip pat ir vidutinis derlingumas 2007 m. buvo mažesnis nei 2008 m. Išryškėjo tendencija, kad didesnis vidutinis tirtų linijų LPI lėmė didesnę vidutinę linijų derlingumą. 2007 m. visų tirtų genotipų LPI didėjo iki plaukėjimo bei žydėjimo tarpsnio, o po jo mažėjo – 4,1, 5,5 ir 4,1 m<sup>2</sup>. 2008 m. LPI tolygiai mažėjo nuo matavimo pradžios – 8,4, 6,0 ir 6,4 m<sup>2</sup>.

2007 ir 2008 m. gauti labai panašūs LPI ir grūdų derliaus koreliacinės bei regresinės analizės rezultatai. Matuojant pirmą kartą, abiem metais nustatyta LPI-I neigiamos koreliacijos su derliumi tendencija. Pagrindinė priežastis – viršutinio lapo augimo bei vamzdėjimo tarpsniu mažiau derlingi ankstyvieji genotipai buvo suformavę kiek didesnę LPI nei derlingesni vėlyvieji /Lawless et al., 2005; Tarakanovas, Ruzgas, 2007/. Antrasis ir trečiasis LPI matavimai parodė teigiamos koreliacijos tendenciją, kuri buvo truputį didesnė 2007 m. ( $R^2 = 0,019$  ir  $0,028$ ) nei 2008 m. ( $R^2 = 0,109$  ir  $0,064$ ), nes tais metais vėlyvesnės veislės geriau atsigavo po nepalankios 2007 m. žiemos. Duomenis pavaizdavus grafiškai, matavimų reikšmės pasiskirstė tolygiai (paveikslas), bet pagal derlingumą linijos su didžiausiomis LPI reikšmėmis labai skyrėsi. Tai rodo, kad analizės rezultatus būtų galima labiau pritaikyti neigiamai nei teigiamai atrankai.

Pagal gautus rezultatus, vadovaujantis neigiamos atrankos kriterijumi, buvo galima atmesti mažiau nei 10 % nederlingiausių genotipų, LPI-I iki 2,5 m<sup>2</sup> suformavusių 2007 m. bei iki 6,0 m<sup>2</sup> – 2008 m. LPI-II atveju buvo galima atmesti linijas, LPI suformavusias iki 5,5 m<sup>2</sup>: 2007 m. atmesta 53 %, o 2008 m. – 32 % nederlingiausių linijų. LPI-III atveju 2007 m. buvo galima atmesti 22 % linijų, LPI suformavusių iki 3,5 m<sup>2</sup>, o 2008 m. – 12 % linijų su LPI iki 4,0 m<sup>2</sup>. Didžiausias tokio atmetimo trūkumas būtų nepakankamas tirtų genotipų derlingumo skirtumas. Atmestos palankiausių LPI-II atveju derlingiausios linijos nuo mažiau derlingų bei turinčių mažesnę LPI skyrėsi apie 10 %. Tokia riba nepatikima, nes geros kokybės ir ankstyvos veislės dažniausiai formuoja mažesnę derlių. Reikia atsižvelgti į galimą paklaidą dėl genotipų vystymosi skirtumų, kurie skiriasi vidutiniškai 5–7 dienomis. Taip pat kiekvienais metais galima didelė paklaida dėl lapų ligų įtakos.

Abiem tyrimo metais pagal visus tirtus požymius tarp genotipų nustatyti esminiai skirtumai (2, 3 lentelės). Išmatuotas 24 perspektyviausių linijų LPI-I 2007 m. buvo 2,6–6,2 m<sup>2</sup>, o kitais metais – 7,1–9,4 m<sup>2</sup>. LPI-II matavimo metu 2007 m. nustatyta 4,2–7,8 m<sup>2</sup>, o 2008 m. – 3,1–5,3 m<sup>2</sup>. LPI-III matavimo metu 2007 m. nustatyta 3,1–5,3 m<sup>2</sup>, 2008 m. – 4,4–6,5 m<sup>2</sup>.

Atrinktų derlingiausių linijų 2007 m. tyrimo vidurkiai parodė, kad LPI didėjo iki plaukimo bei žydėjimo tarpsnio, o vėliau mažėjo. 2008 m. rezultatai parodė priešingą situaciją. Matuojant pirmą kartą, LPI buvo didžiausias, vėliau mažėjo, o LPI-III matavimo metu vėl buvo didesnis. Pagrindinė tokio LPI kitimo priežastis buvo meteorologinės sąlygos, nes 2007 m. žiemą kviečiai nukentėjo, todėl ir LPI-I buvo mažesnis nei LPI-II, o LPI-III pradėjo mažėti ne tik dėl natūraliai krantinčių lapų, bet ir dėl intensyvaus septoriozės vystymosi.



**Paveikslas.** Koreliacinis bei regresinis žieminių kviečių derlingumo ir LPI ryšys  
**Figure.** Values of correlation-regression analysis between winter wheat yield and LAI

2008 m. labai gerai peržiemoję augalai suformavo didelį LPI-I, o LPI-II buvo gerokai mažesnis dėl kritulių trūkumo. Trečiojo matavimo metu LPI-III vėl nustatytas didesnis, nes kritulių stygius sumažėjo ir nebuvo žymesnio lapų ligų poveikio. Toks LPI kitimas galėjo lemti neįprastai didelį žieminių kviečių derlingumą 2008 m.

**2 lentelė.** Žieminių kviečių perspektyvių selekcinėlių linijų lapų ploto indeksas

**Table 2.** Leaf area index of winter wheat advanced breeding lines

Dotnuva, 2007, 2008 m.

Katalogo Nr. <i>Catalogue No.</i>	Kilmė <i>Pedigree</i>	LPI-I		LPI-II		LPI-III	
		<i>LAI-I</i>	<i>LAI-I</i>	<i>LAI-II</i>	<i>LAI-II</i>	<i>LAI-III</i>	<i>LAI-III</i>
		2007	2008	2007	2008	2007	2008
5060-47	'Flair/Lut 9-329'	3,6	8,7	4,8*	3,1*	3,1*	6,0*
5063-77	'Flair/Lut 3-96'	2,6*	8,4	5,1	3,5*	3,5*	6,5*
5060-15	'Flair/Lut 9-329'	3,1*	9,4*	4,6*	3,6*	3,6*	5,3
4762-2	'Lut 96-3/Bold'	2,7*	7,7*	4,2*	3,5*	3,5*	5,8
4711-4	'Rostovchanka/Chvilija'	3,0*	8,2	6,7*	5,0*	5,0*	5,6
5185-36	'Pegasos/Biscay'	2,8*	9,0*	5,5	3,6*	3,6*	5,9*
4884	'Pegasos/Lut 96-3'	3,5	9,0*	5,2	4,0	4,0	6,0*
4885	'Pegasos/Lut 96-6'	2,9*	9,3*	4,6*	3,7*	3,7*	5,6
4923	Astron/3/BEZ2B /CGN//VR2'	3,2	8,9	4,9*	4,2	4,2	5,6
4935	'Rostovchanka/Bold'	4,4	8,8	7,4*	5,3*	5,3*	5,6
4931	'Rufa/Belisar/Rufa'	5,8*	9,1*	7,8*	4,2	4,2	5,7
4934	'Rostovchanka/Belisar'	4,2	8,2	4,9*	3,8	3,8	4,4*
4853	'Lone/Inna/Lut 96-6'	5,2*	8,2	5,9*	3,9	3,9	5,5
4936-1	'Rostovchanka/Ebi'	6,2*	8,8	7,2	5,0*	5,0*	4,8*
4936-2	'Rostovchanka/Ebi'	5,0	8,7	5,9*	4,9*	4,9*	4,6*
5043	'Flair/Kris'	3,7	7,6*	4,5*	4,0	4,0	4,6*
5418-5	'Olivin/Aspirant'	5,6*	8,0	6,3	5,2*	5,2*	5,3
5418-10	'Olivin/Aspirant'	4,8	7,8*	5,0	4,0	4,0	4,8*
5422-2	'Olivin/Cubus'	5,3*	8,6	5,7	4,5*	4,5*	5,8
5422-6	'Olivin/Cubus'	4,1	7,1*	5,5	4,4	4,4	5,5
5368-3	'Dream/Pesma'	4,7	8,4	5,4	3,8	3,8	4,7*
5368-9	'Dream/Pesma'	4,7	8,1	4,8*	4,0	4,0	5,7
5368-2	'Dream/Pesma'	4,3	7,6*	4,9	4,5	4,5	5,9
5374-42	'Dirigent/Cortez'	3,1*	7,5*	4,2*	3,5*	3,5*	4,7*
3164	'Zentos**'	4,9	8,1	5,8	4,2	4,2	5,1
Vidurkis / <i>Average</i>		4,1	8,4	5,5	4,1	4,1	5,4
$R_{05}^{**} / LSD_{05}$		1,0	0,6	0,7	0,4	0,4	0,5

Pastaba. \* – iš esmės skyrėsi nuo vidurkio, esant 95 % tikimybės lygiui. \*\* – 13 laukelių matavimų vidurkis.

Note. \* – significantly different from the mean at 95 % probability level. \*\* – average of measurements of 13 plots.

Perspektyviausių linijų derliaus vidurkis 2007 m. buvo 6,3 t ha<sup>-1</sup>, o 2008 m. šis rodiklis buvo kur kas didesnis – 8,1 t ha<sup>-1</sup>. Metų 1000-čio grūdų masės bei natūrinio svorio vidurkis skyrėsi nežymiai – mažiau nei 10 %. Iš derlingiausių linijų tik 'Lut 96-3/Bold' abiem metais buvo tarp pačių derlingiausių.

**3 lentelė.** Žieminių kviečių perspektyvių selekcinijų linijų derlingumas, 1000-čio grūdų masė ir natūrinis svoris

**Table 3.** Yield, 1000 kernel and hectolitre weight of winter wheat advanced breeding lines

Dotnuva, 2007, 2008 m.

Katalogo Nr. <i>Catalogue No.</i>	Kilmė <i>Pedigree</i>	1000-čio grūdų masė <i>TGW</i> g		Natūrinis svoris <i>Hectolitre weight</i> g l <sup>-1</sup>		Derlingumas <i>Yield</i> t ha <sup>-1</sup>	
		2007	2008	2007	2008	2007	2008
5060-47	'Flair/Lut 9-329'	40,3	48,5	748*	828*	6,5	9,7*
5063-77	'Flair/Lut 3-96'	46,0*	50,8*	808	852	6,5	8,9*
5060-15	'Flair/Lut 9-329'	39,5	44,4*	740*	820*	6,3	8,2
4762-2	'Lut 96-3/Bold'	49,5*	52,6*	800	864	6,8*	9,2*
4711-4	'Rostovchanka/Chvilia'	43,5	51,6*	800	860	7,3*	9,0*
5185-36	'Pegasos/Biscay'	44,0	53,6*	780	852	6,8*	8,3
4884	'Pegasos/Lut 96-3'	52,5*	56,1*	840*	852	6,5	7,8
4885	'Pegasos/Lut 96-6'	44,3	43,4*	788	836	6,5	7,3*
4923	'Astron/3/BEZ2B /CGN//VR2'	44,8*	52,4*	820	868	6,4	8,1
4935	'Rostovchanka/Bold'	41,5	52,2*	796	840	5,6*	6,9*
4931	'Rufa/Belisar/Rufa'	39,0	47,4	824	844	5,9*	7,1*
4934	'Rostovchanka/Belisar'	47,0*	53,8*	776	852	5,2*	6,6*
4853	'Lone/Inna/Lut 96-6'	38,3*	47,0	776	860	6,8*	7,4*
4936-1	'Rostovchanka/Ebi'	35,3*	41,2*	824	880*	5,9	7,8
4936-2	'Rostovchanka/Ebi'	38,5*	40,8*	848*	884*	6,5	8,0
5043	'Flair/Kris'	34,8*	42,4*	796	864	6,3	7,9
5418-5	'Olivin/Aspirant'	39,8	44,2*	828	832*	6,7*	7,9
5418-10	'Olivin/Aspirant'	43,8	48,6	804	848	6,4	8,3
5422-2	'Olivin/Cubus'	39,3	45,4	848	888*	6,2	7,7
5422-6	'Olivin/Cubus'	35,3*	43,5*	820	864	6,0*	8,7*
5368-3	'Dream/Pesma'	40,0	47,0	836	864	5,6*	7,4*
5368-9	'Dream/Pesma'	38,3*	46,6	808	828*	5,9*	7,8
5368-2	'Dream/Pesma'	44,5*	45,6	856*	872	6,0*	7,9
5374-42	'Dirigent/Cortez'	37,8*	43,8*	728*	812*	5,9*	9,4*
3164	'Zentos**'	41,2	45,4	844*	858	6,8*	7,9
Vidurkis / <i>Average</i>		41,6	47,5	805	853	6,3	8,1
R <sub>05</sub> ** / <i>LSD</i> <sub>05</sub>		2,8	3,1	33	21	0,3	0,5

Pastaba. \* – iš esmės skyrėsi nuo vidurkio, esant 95 % tikimybės lygiui. \*\* – 13 laukelių matavimų vidurkis.

Note. \* – significantly different from the mean at 95 % probability level. \*\* – average of measurements of 13 plots.



Šių linijų LPI su metais nekoreliavo ( $r = -0,04, 0,15, -0,17$ , atitinkamai LPI-I, LPI-II ir LPI-III). Linijų 1000-čio grūdų masė ir natūrinis svoris su metais koreliavo stipriai ( $r = 0,80$  ir  $0,71$ ), tačiau derlingumas – silpnai ( $r = 0,47$ ).

Toks linijų LPI ir derlingumo svyravimas skirtingais metais labai komplikuoja galimą LPI rodiklio panaudojimą atrankai. Pvz., linijos LŽI 5060-47 derlingumas 2007 m. buvo šiek tiek didesnis už vidurkį, tačiau LPI buvo už jį mažesnis. 2008 m. šios linijos derlingumas buvo didžiausias, o LPI kiek didesnis už vidurkį. Kita linija LŽI 5374-42, 2008 m. buvusi tarp derlingiausių, pagal visų matavimų LPI indeksą iš esmės atsiliko net nuo vidurkio. Ši linija 2007 m. pagal derlingumą buvo tarp prasčiausių, o jos LPI taip pat buvo iš esmės mažesnis už vidurkį.

1000-čio grūdų masė ir natūrinis svoris pagal visus matavimus taip pat iš esmės nebuvo labiau susiję su LPI, nes dalies linijų, kurių LPI buvo didesnis (LŽI 4884, 4935, 5185-36), buvo ir grūdai didesni, o dalies, atvirkščiai – didelis LPI, bet gana smulkūs grūdai (LŽI 5060-15, 4885, 4936-1). Taip pat buvo linijų, kurių mažas LPI ir maži grūdai (5422-6, 5374-42, 5043) arba mažas LPI, bet stambūs grūdai (4762-2, 5418-10, 4934). Tokių porų ryšio egzistavimas linijų atranką pagal grūdų dydį naudojant LPI rodiklį daro visiškai nepatikimą.

Žieminius kviečius vertinant tik pagal lapų plotą, galimi netikslumai dėl aukščio skirtumo ir varpų dydžio bei tipo, nes augalo ir žaliose dalyse, ir lapuose esantys chloroplastai taip pat efektyviai gali vykdyti fotosintezę bei prisidėti prie derliaus formavimo /Li et al., 2001/. Žiemiųjų kviečių genotipai taip pat skiriasi pagal gebėjimą stiebuose kaupti asimiliatus ir juos perkelti į grūdus. Egzistuoja bendra tendencija, kad stiebuose daugiau asimiliatų sukaupia aukštesnės veislės nei trumpašiaudės /Blum, 1998; Asseng, Van Herwaarden, 2003/.

Viena iš daugelio priežasčių, kodėl LPI nekoreliavo su derliumi, galėtų būti genotipų  $CO_2$ , vandens ir maisto medžiagų panaudojimo efektyvumo skirtumai /Verma et al., 2000; Cowling, Field, 2003; Ewert, 2004/. Ryšio nebuvimas taip pat galėtų būti nulemtas ir genotipų fotosintezės efektyvumo skirtumų /Ruzgas, 2001; Jiang et al., 2003; Šlapakauskas, Ruzgas, 2005; Auškalnienė et al., 2006/ bei skirtingų genotipų įvairių augalo dalių įvairovės santykių /Gomez-Macpherson et al., 1998/. LPI ir derlingumo koreliacija taip pat yra veikiama veislių derliaus indekso skirtumo, nes aukštos veislės, kurios yra mažiau derlingos, gali turėti didesnę LPI, o žemos, nors ir turinčios tiek pat lapų, bet žymiai trumpesnius stiebus ir dėl to mažesnę LPI, būti derlingesnės /Donaldson et al., 2001/.

LPI tyrimui modeliuoti būtų galima specialiai parinkti kontrastingas veisles, tačiau praktinei selekcijai ši metodika netinkama. Taip pat įmanoma, kad galėtų būti gauta stipri koreliacija, jei tiriamos linijos mažiau skirtųsi genetiškai.

LPI ir derlingumo koreliacinis ryšys dažniausiai buvo gautas sauso klimato šalyse, kur derlingiausias veislės yra gana panašios ir pasižymi specifine požymių visuma /Petcu et al., 2003; Royo et al., 2003; Prasad et al., 2007/, mažai būdinga Vakarų Europos kviečiams /Ruzgas, Liatukas, 2007/. Tai taip pat gali būti viena iš priežasčių, kodėl Lietuvos klimato sąlygomis toks ryšys nenustatytas. Genotipų skirtumai pagal LPI kitimą, priklausomai nuo genotipo ir vystymosi tarpsnio, lemia dar didesnes paklaidas vertinant LPI ir derlingumo ryšį /Lawless et al., 2005/.

Toki pat LPI gali turėti veislės, panašios pagal daugelį fenotipinių požymių, bet besiskiriančios atsparumu lapų ligoms. Tokia priklausomybė gali lemti, kad vienais metais nevienodo atsparumo genotipai, esant ligoms nepalankioms sąlygoms, turės panašią LPI vystymosi dinamiką, o kitais, kai ligos smarkiai plis, gerokai skirsis.

Naujai sukurtų genotipų adaptacinė geba vertinama tiriant daugelį požymių. Lapų paviršiaus indeksas gali būti taikomas kaip papildoma vertinimo priemonė, parodanti veislės potencialo tendencijas. Metodo patikimumą galėtų padidinti veislių grupavimas pagal ankstyvumą bei fotosintezės efektyvumo tyrimai.

### **Išvados**

1. Žieminių kviečių įvairių augimo tarpsnių lapų ploto indekso koreliacija priklausė nuo metų: 2007 m. koreliavo silpnai ir vidutiniškai ( $r = 0,31-0,63^*$ ), o 2008 m. – vidutiniškai ir stipriai ( $r = 0,62-0,73^*$ ).

2. 2007 m. genotipai, turintys didesnę lapų ploto indeksą pirmojo matavimo metu, subrandino smulkesnius grūdus ( $r = -0,43^*$ ). Linijų, turinčių didesnę lapų ploto indeksą pieninės brandos tarpsniu, grūdai pasižymėjo didesniu natūriniu svoriu ( $r = 0,46^*$ ). 2008 m. tokių priklausomybių nenustatyta.

3. Lapų ploto indeksas nekoreliavo su grūdų derliumi ( $r = -0,10-0,31$ ), nes derlių lemia ne tik lapų plotas, bet ir fotosintezės intensyvumas bei kiti rodikliai.

4. Nustatyta tendencija, kad vėlesniais vystymosi tarpsniais turinčios didesnę lapų plotą linijos subrandina didesnę grūdų derlių, bet daryti naujų genotipų atranką pagal lapų ploto indeksą nepatikima.

### **Padėka**

Tyrimą parėmė Lietuvos valstybinis mokslo ir studijų fondas (projekto Nr. 07004, „Kvietpolimer“) bei Žemės ūkio ministerija.

Gauta 2009 06 16

Pasirašyta spaudai 2009 08 11

### **LITERATŪRA**

1. Aparicio N., Villegas D., Araus J. L. et al. Relationship between growth traits and spectral vegetation indices in durum wheat // Crop Science. – 2002, vol. 42, p. 1547–1555

2. Araus J. L., Casadesus J., Reynolds M. P. et al. Plant breeding and drought in C<sub>3</sub> cereals: what should we breed for? // Annals of Botany. – 2002, vol. 89, p. 925–940

3. Asseng S., Van Herwaarden A. F. Analysis of the benefits to wheat yield from assimilates stored prior grain filling in a range of environments // Plant and Soil. – 2003, vol. 256, p. 217–229

4. Auškalnienė O., Pilipavičius V., Auškalnis A. et al. The influence of plant growth regulators on chlorophyll content, photosynthetically active radiation absorption and productivity of two winter wheat varieties // Zemdirbyste-Agriculture. – 2006, t. 93, Nr. 4, p. 252–262

5. Babar M. A., Reynolds M. P., Van Ginkel M. et al. Spectral reflectance to estimate genetic variation for in-season biomass, leaf chlorophyll, and canopy temperature in wheats // *Crop Science*. – 2006, vol. 46, p. 1046–105
6. Balcan M. O., Robert C., Ney B. Modelling wheat growth and yield losses from late epidemics of foliar diseases using loss of green leaf area per layer and pre-anthesis reserves // *Annals of Botany*. – 2007, vol. 100, p. 777–789
7. Bavec M., Vukovič K., Mlakar G. S. et al. Leaf area in winter wheats: response on seed rate and nitrogen application by different varieties // *Journal of Central European Agriculture*. – 2007, vol. 8, p. 337–342
8. Blum A. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilisation // *Euphytica*. – 1998, vol. 100, p. 77–83
9. Cowling S. A., Field C. B. Environmental control of leaf area production: implications for vegetation and land-surface modelling // *Global Biochemical Cycles*. – 2003, vol. 17, p. 1–14
10. Donaldson E., Schillinger W. F., Dofing S. M. Straw production and grain relationship in winter wheats // *Crop Science*. – 2001, vol. 41, p. 100–106
11. Ewert F. Modelling plant responses to elevated CO<sub>2</sub>: how important is leaf area index? // *Annals of Botany*. – 2004, vol. 93, p. 619–627
12. Gomez-Macpherson H., Richards R. A., Masle J. Growth of near-isogenic wheats lines differing in development – plants in a simulated canopy // *Annals of Botany*. – 1998, vol. 82, p. 323–330
13. Gordon R., Brown D. M., Dixon M. A. Estimating potato leaf area index for specific cultivars // *Potato Research*. – 1997, vol. 40, p. 251–266
14. Han H. Li Z., Ning T. et al. Radiation use efficiency and yield of winter wheat under deficit irrigation in North China // *Plant, Soil and Environment*. – 2008, vol. 54, p. 313–319
15. Jackson P., Robertson M., Copper M. et al. The role of physiological understanding in plant breeding, from a breeding perspective // *Field Crop Research*. – 1996, vol. 49, p. 11–37
16. Jiang G. M., Sun J. Z., Liu H. Q. et al. Changes in the rate of photosynthesis the yield increase in wheats cultivars released in the past 50 years // *Journal of Plant Research*. – 2003, vol. 116, p. 347–354
17. Lawless C., Semenov M. A., Jamieson P. D. A. Wheats canopy model linking leaf area and phenology // *European Journal of Agronomy*. – 2005, vol. 22, p. 19–32
18. Li H. B., Bai K. Z., Hu Y. X. et al. Differences between the number and structure of chloroplasts in leaves and non-leaf organs of wheat // *Belgian Journal of Botany*. – 2001, vol. 134, p. 121–126
19. Pearce R. B., Brown R. H., Blaser R. E. Relationships between leaf area index, light interception and net photosynthesis in orchardgrass // *Crop Science*. – 1965, vol. 5, p. 553–556
20. Petcu E., Petcu G., Lazar C. et al. Relationship between leaf area index, biomass and winter wheats yield obtained at Fundulea, under conditions of 2001 year // *Romanian Agriculturae Research*. – 2003, vol. 19–20, p. 21–29
21. Potter, E., Wood J., Nicholl C. “SunScan” canopy analysis system: users manual. – Delta-T Devices, Cambridge, UK, 1996
22. Prasad B., Carver B. F., Stone M. L. et al. Potential use of spectral reflectance indices as a selection tool for grain yield in winter wheats under great plains conditions // *Crop Science*. – 2007, vol. 47, p. 1426–1440
23. Rebetzke G. J., Botwright T. L., Moore C. S. et al. Genotypic variation in specific leaf area for genetic improvement of early vigour in wheats // *Field Crop Research*. – 2004, vol. 88, p. 179–189

24. Reynolds M. P., Trethowan R. M., Van Ginkel M. et al. Application of physiology in wheats breeding // Reynolds M. P., Ortiz-Monasterio J. I., McNab A. Application of physiology in wheats breeding. – Mexico, 2001, p. 2–10
25. Royo C., Aparicio N., Villegas D. et al. Usefulness of spectral reflectance indices as durum wheats yield predictors under contrasting Mediterranean conditions // International Journal of Remote Sensing. – 2003, vol. 24, p. 4403–4419
26. Ruzgas V. Genotype – environment interaction and agronomic performance of the Lithuanian winter wheat varieties // Zemdirbyste-Agriculture. – 2001, t. 76, p. 103–110
27. Ruzgas V., Liatukas Ž. Investigation and utilization of winter wheat germplasm from dry climate country // Plant genetic resources and their exploitation in the plant breeding for food and agriculture: 18<sup>th</sup> Eucarpia genetic resources section meeting. – Piešťany, Slovak Republic, 2007, p. 170–171
28. Šiaudinis G., Lazauskas S. Azoto ir sieros poveikis vasarinių kviečių sauso-sios masės prieaugiui ir lapų plotui // Sodininkystė ir daržininkystė. – 2006, t. 25, p. 174–182
29. Šlapakauskas V., Ruzgas V. Chlorophyll fluorescence characteristics of different winter wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) // Agronomy Research. – 2005, vol. 3, p. 203–209
30. 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.
31. Tarakanovas P., Ruzgas V. Study of genotype-environment interaction of winter wheats varieties with respect to grain yield // Zemdirbyste-Agriculture. – 2007, t. 94, Nr. 2, p. 96–109
32. Verma M., Agrawal M., Deepak S. S. Interactive effects of sulphur dioxide and mineral nutrient supply on photosynthetic characteristics and yield in four wheat cultivars // Photosynthetica. – 2000, vol. 38, p. 91–96
33. Watson D. J. Comparative physiological studies on the growth of field crops: I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and with and between years // Annals of Botany. – 1947, vol. 11, p. 41–76
34. Wick G. A., Nordquist P. T., Baenziger P. S. et al. Winter wheat cultivar characteristics affect annual weeds suppression // Weed Technology. – 2004, vol. 18, p. 988–998
35. Wilhelm W. W., Ruwe K., Schlemmer M. R. Comparison of three leaf area index meters in a corn canopy // Crop Science. – 2000, vol. 40, p. 1179–1183

## **The suitability of leaf area index for the selection of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) breeding lines**

Ž. Liatukas, A. Ronis, V. Ruzgas

Lithuanian Institute of Agriculture

### **Summary**

Leaf-area index indicates the total surface area of the leaves above a certain area of the ground surface. Measurement of this trait shows the capacity of agricultural plants to absorb solar radiation energy. The leaf area index is of high relevance for maximal exploitation of plant capacities. Analytical plant breeding technology demands a better insight into the factors influencing development, growth and yielding capacity. One of the possibilities to solve this task is to measure leaf area index, using widespread mobile devices of the new generation.

Research was done under field conditions at the Lithuanian Institute of Agriculture during 2006–2008. 77 winter wheat (*Triticum aestivum* L.) advanced breeding lines were evaluated in 2007 and 104 in 2008. Leaf area index was measured using a mobile device “SunScan” (“Delta T Devices”, UK). Measurements were taken three times – at stem elongation-booting (BBCH 39–45), anthesis (BBCH 55–69) and milk development (BBCH 71–77). The correlations of leaf area index at different plant growth stages with grain yield, 1000 kernel and hectoliter weight were computed.

Winter wheat leaf area index at different plant growth stages correlated significantly ( $r = 0.62$ – $0.73^*$ ) in 2008, but weaker correlations ( $r = 0.31$ – $0.63^*$ ) were determined in 2007. Genotypes, possessing higher leaf area index at stem elongation-booting (BBCH 39–45) were characterized by smaller grains ( $r = -0.43^*$ ). The lines with higher leaf area index at milk development (BBCH 71–77) were characterized by higher hectoliter weight. Such correlations were not found in 2008.

Leaf area index did not correlate with grain yield ( $r = -0.07$ – $0.31$ ), because yield is determined not only by leaf area but also by photosynthetic efficiency and other factors. A trend was identified at later plant development stages which suggested that genotypes possessing higher leaf area index produced higher yield, however, selection by leaf area index did not prove to be reliable.

Key words: *Triticum aestivum* L., leaf area index, growth stages, grain yield, selection.