

<sup>1</sup> Katedra Technologii Produkcji Roślinnej i Towaroznawstwa, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie  
ul. Akademicka 15, 20–950 Lublin, Poland  
e-mail: [leszek.rachon@up.lublin.pl](mailto:leszek.rachon@up.lublin.pl)

<sup>2</sup> Katedra Fizjologii Roślin Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie  
ul. Akademicka 15, 20–950 Lublin, Poland

LESZEK RACHOŃ<sup>1</sup>, GRZEGORZ SZUMIŁO<sup>1</sup>, WŁADYSŁAW MICHAŁEK<sup>2</sup>,  
ANETA BOBRYK-MAMCZARZ<sup>1</sup>

**Zmienność wskaźnika powierzchni liści (LAI)  
i promieniowania fotosyntetycznie aktywnego (PAR)  
w zależności od genotypu pszenicy  
i intensyfikacji technologii uprawy**

---

Variability of leaf area index (LAI) and photosynthetic active radiation (PAR)  
depending on the wheat genotype and the intensification  
of cultivation technology

**Streszczenie.** W pracy określono zmienność wskaźnika powierzchni liści (LAI) i promieniowania fotosyntetycznie aktywnego (PAR) w zależności od genotypu pszenicy oraz intensywności technologii uprawy. Dwuczynnikowe doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2012–2013 w Gospodarstwie Doświadczalnym Felin Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie metodą bloków losowanych w 4 powtórzeniach. Czynnikiem I rzędu były gatunki i podgatunki form jarych pszenicy. Czynnikiem II rzędu była zróżnicowana agrotechnika. W okresie wegetacyjnym określono na każdym poletku wskaźniki LAI i PAR w fazach kłoszenia, kwitnienia i dojrzałości mleczej. Wyniki wskazują, że zarówno porównywane genotypy pszenicy jarej, jak i intensyfikacja technologii produkcji różnicowały indeksy LAI i PAR. Niezależnie od zastosowanej intensywności produkcji największą wartość indeksu powierzchni liści i promieniowania fotosyntetycznie aktywnego osiągnęły odmiana pszenicy zwyczajnej Parabola w fazie kwitnienia i kłoszenia i pszenice oplewione (orkiszowa i płaskurka) w fazie dojrzałości mleczej. Najmniejszą wartość odnotowano dla pszenicy twardej SMH 87. Podwyższony poziom agrotechniki – niezależnie od genotypu – skutkował na ogół (z wyjątkiem wskaźnika PAR w fazie kwitnienia) wzrostem obu indeksów u analizowanych genotypów. Współdziałanie badanych czynników na zmiany wskaźnika LAI wykazano tylko w fazie kwitnienia, w której zaznaczył się pozytywny wpływ podwyższonej agrotechniki na badany wskaźnik w przypadku pszenicy zwyczajnej, płaskurki i twardej. Odnotowano także zróżnicowanie omawianych wskaźników w latach badań.

**Słowa kluczowe:** pszenica zwyczajna, pszenica twarda, pszenica orkisz, pszenica płaskurka, wskaźnik powierzchni liści (LAI), wskaźnik promieniowania fotosyntetycznie aktywnego (PAR), technologia uprawy

## WSTĘP

Index powierzchni liści (LAI) jest wskaźnikiem architektury ładu roślin uprawnych i miarą struktury roślinności w ekosystemie (sumaryczna powierzchnia liści mierzona na jednostkę powierzchni obsianego gruntu). Określa on właściwości strukturalne i biochemiczne roślin i jest jednym z parametrów, który wpływa na produktywność roślin [Glenn i in. 2008, Zheng i Moskal 2009, Uzdzička i in. 2012]. Dane literaturowe dowodzą, iż między wielkością plonu ziarna a wartością wskaźnika LAI istnieje zależność – im wyższy wskaźnik, tym większa powinna być produkcja biomasy [Woźniak i in. 2005, Jaśkiewicz 2007]. Z kolei zbyt duże wartości LAI mogą pogarszać warunki świetlne, przez co zwiększa się podatność roślin na porażenie patogenami, mogą też wskazywać na niekorzystne zaciemnianie się roślin oraz na zmianę stosunku masy łodyg (z liśćmi) do ziarna. Wskaźnik LAI może przyjmować wartości od 0 na terenach pozbawionych roślinności do 6 w wielopiętrowym, gęstym lesie. Optymalny LAI dla roślin zbożowych wynosi około 4 [Czerednik i Nalborczyk 2000]. Wartość LAI zależy od cech genetycznych, a także od czynników siedliskowych i agrotechnicznych [Biskupski i in. 2004, Biskupski i in. 2007, Oleksy i in. 2009].

Promieniowanie w zakresie fotosyntetycznie czynnym (PAR) pełni dwie podstawowe funkcje: stanowi źródło energii w procesie fotosyntezy oraz jest czynnikiem warunkującym powstanie i budowę aparatu fotosyntetycznego [Pilarski i in. 2012]. Pomimo bardzo dużej – prawie 90% – absorpcji promieniowania w zakresie PAR przez liście tylko niewielka jego część zostaje chemicznie związana: w roślinach rosnących w warunkach naturalnych około 1,5–3%, a w roślinach uprawnych do 7% [Pilarski i in. 2012]. Jak podają Strihz i in. [2005], PAR jest źródłem energii niezbędnej dla roślin, jednak zbyt duże jego natężenie może być czynnikiem stresowym, powodującym fotoinhibicję. Gdy intensywność światła jest za wysoka, część energii nie może być zaabsorbowana przez barwniki fotosyntetyczne. Prowadzi to do dysfunkcji aparatu fotosyntetycznego. Dlatego też należy pamiętać o tym, że indeks powierzchni liściowej (LAI) charakteryzuje wielkość powierzchni asymilacyjnej zdolnej do absorpcji PAR, od którego zależy fotosynteza, a pośrednio przyrost biomasy [Lepiarczyk i in. 2005].

Dążąc do zachowania bioróżnorodności i jednocześnie chcąc sprostać wymaganiom konsumentów, na naszych polach uprawia się coraz częściej obok pszenicy zwyczajnej mniej znane gatunki pszenicy, takie jak pszenica twarda, orkiszowa, płaskurka czy samop-sza. Niektóre z nich niżej plonują, ale cechują się mniejszymi wymaganiami siedliskowymi oraz wysoką wartością odżywczą ziarna i jego przetworów [Rachoń i in. 2013, 2015].

Celem pracy była ocena zmienności wskaźnika powierzchni liści (LAI) i promieniowania fotosyntetycznie aktywnego (PAR) w zależności od genotypu pszenicy i intensyfikacji technologii uprawy. W hipotezie badawczej założono, że zarówno genotyp, jak i intensyfikacja technologii uprawy będą miały istotny wpływ na wartość wskaźników LAI i PAR.

## MATERIAŁ I METODY

Badania polowe przeprowadzono w latach 2012–2013 w Gospodarstwie Doświadczalnym Felin. Pole doświadczalne zlokalizowane było na glebie wytworzonej z pyłów pochodzenia lessowego, zaliczanej do kompleksu pszennego dobrego. Zasobność gleby

w fosfor i potas była wysoka (P – 7,89 i K – 18,01 mg·100 g<sup>-1</sup> gleby), natomiast zawartość magnezu w glebie kształtowała się na niskim poziomie (3,95 mg·100 g<sup>-1</sup>).

Eksperyment prowadzono metodą bloków losowanych w 4 powtórzeniach. Czynnikiem I rzędu były gatunki i podgatunki form jarych: pszenicy zwyczajnej – odmiana Parabola (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare* L.), pszenicy płaskurki (*Triticum dicoccon* (Schrank) Schübl.) – PL 24062 (materiał pozyskany z Krajowego Centrum Roślinnych Zasobów Genowych), pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) – odmiana SMH87 i pszenicy orkiszowej (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* (L.) Thell.) – odmiana Blauer Samtiger. Czynnikiem II rzędu była zróżnicowana agrotechnika: PA – przeciętny poziom agrotechniki – nawożenie N (70 kg·ha<sup>-1</sup> w 3 dawkach – 30 kg·ha<sup>-1</sup> przed siewem, 20 kg·ha<sup>-1</sup> w fazie strzelania w źdźbło i 20 kg·ha<sup>-1</sup> w fazie kłoszenia) i zwalczanie chwastów (Attribut 70 WG i Sekator 125 OD); WA – wysoki poziom agrotechniki – nawożenie N (140 kg·ha<sup>-1</sup> w 3 dawkach – 60 kg·ha<sup>-1</sup> przed siewem, 40 kg·ha<sup>-1</sup> w fazie strzelania w źdźbło i 40 kg·ha<sup>-1</sup> w fazie kłoszenia), zabiegi chemiczne stosowano tylko w wysokim poziomie agrotechniki: zwalczanie chwastów, zabiegi przeciw chorobom (Tango Star 334 SE i Artea 330 EC), insektycyd (Sumi-Alpha 050 EC) i regulator wzrostu (Antywyłegacz płynny 675 SL).

Uprawa roli była typowa dla systemu płuźnego. Po zbiorze przedplonu wykonano zespół uprawek późniowych oraz zastosowano nawożenie fosforowe i potasowe: P – 70 i K – 120 kg·ha<sup>-1</sup>. Orkę przedzimową wykonywano w ostatnich dniach października. Pierwszym wiosennym zabiegiem było bronowanie, po czym w warunkach optymalnej wilgotności polowej poprawiano rolę do siewu zestawem uprawowym.

Powierzchnia poletek do siewu wynosiła 22 m<sup>2</sup>, a do zbioru – 10 m<sup>2</sup>. Siew wykonywano w optymalnym terminie agrotechnicznym, w stanowisku po rzepaku ozimym. Materiał siewny traktowano zaprawą nasienną (Baytan Universal 094 FS). Pszenicę wysiewano w ilości 500 ziaren na 1 m<sup>2</sup>. Środki ochrony roślin stosowano w dawkach i terminach zalecanych przez Instytut Ochrony Roślin.

W okresie wegetacyjnym określono na każdym poletku wskaźnik powierzchni liści (LAI) i promieniowanie fotosyntetycznie aktywne (PAR) w fazach: kłoszenia (BBCH 55–58), kwitnienia (BBCH 61–65) i dojrzałości młecznej (BBCH 73–75), wykonując pomiary aparatem SunScan Canopy Analysis System typu SS1 (Delta-T Devices UK; przy ustawieniach absorpcji liści – 0,85 i ELADP – 0,96). Pomiary prowadzono możliwie blisko południa słonecznego (w godzinach od 10 do 14), trzykrotnie na każdym punkcie pomiarowym.

Wyniki badań opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji. Istotność różnic oceniono za pomocą testu Tukeya przy p = 0,05.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Pomiary wykonane w łanie jarych form pszenicy wykazały zróżnicowanie wskaźników LAI i PAR w obrębie porównywanych gatunków i poziomów agrotechniki (tab. 2–7). Najwyższym indeksem LAI w fazie kwitnienia i kłoszenia charakteryzowała się pszenica zwyczajna – Parabola, odpowiednio 3,52 i 3,63, natomiast w fazie dojrzałości młecznej pszenica płaskurka – PL 24062 – 3,16 (tab. 2, 3 i 4). Najniższy wskaźnik LAI odnotowano w pszenicy twardej SMH87. Podobnie w badaniach Rachonia i Szumiły

[2015] największą wartość wskaźnika LAI odnotowano u pszenicy zwyczajnej. Z kolei w badaniach Andruszczak i in. [2012] wysoki wskaźnik powierzchni liści wykazano w pszenicy orkiszowej (w fazie kłoszenia – w zależności od odmiany od 4,05 do 3,14). W badaniach prowadzonych przez Woźniaka [2008] wskaźnik LAI dla pszenicy zwyczajnej odmiany Opatka kształtował się odpowiednio: 4,07 (faza kwitnienia), 3,83 (faza kłoszenia) i 2,54 (faza dojrzałości mleczej), a w badaniach Woźniaka i in. [2005], dotyczących pszenicy twardej, wskaźnik ten w fazie kwitnienia w warunkach intensywnej technologii uprawy miał wartość 2,39. Badania prowadzone przez Oleksgo i in. [2009] wykazały, że pszenica ozima uprawiana w technologii intensywnej osiągała większe wartości wskaźnika LAI niż na obiektach z uprawą standardową. Kołodziejczyk i Szmigiel [2010] stwierdzili większą wartość omawianego wskaźnika po zastosowaniu ochrony fungicydowej, retardanta oraz nawożenia azotem. Niższy wskaźnik LAI, po zastosowaniu ochrony chemicznej, uzyskali natomiast Andruszczak i in. [2012]. Uzasadniają to mniejszym zachwaszczeniem obiektów chronionych w porównaniu z obiektami kontrolnymi. Pomiarzy wykonane w fazie kłoszenia i kwitnienia w badaniach własnych wykazały pozytywny wpływ intensyfikacji technologii uprawy na wartość wskaźnika LAI, co potwierdzili także w swoich badaniach Rachoń i Szumiło [2015]. Współdziałanie badanych czynników na zmiany wskaźnika LAI wykazano tylko w fazie kwitnienia, w której to zaznaczył się pozytywny wpływ podwyższonej agrotechniki na badany wskaźnik w przypadku pszenicy zwyczajnej, płaskurki i twardej. Brak pozytywnej reakcji w przypadku pszenicy orkiszowej, a nawet niewielki spadek wskaźnika LAI, można uzasadnić odmiennymi wymaganiami agrotechnicznymi tego genotypu (mniejsze wymagania nawozowe i ochrony roślin). Wykazano także istotne różnice w latach badań. Pomiarzy wykonane były w latach 2012–2013, jednak w roku 2013 uzyskano większe wartości wskaźnika LAI, ponieważ warunki klimatyczne były bardziej sprzyjające dla wzrostu i rozwoju roślin. Odnotowano wyższe sumy opadów w czasie wegetacji, a zwłaszcza w okresie rozwoju wegetatywnego pszenicy (tab. 1).

Tabela 1. Opady i temperatura powietrza w latach 2012–2013 w zestawieniu ze średnimi wieloletnimi (1951–2010) wg Obserwatorium Meteorologicznego w Felinie  
Table 1. Rainfalls and air temperatures of the years 2012–2013 as compared to the long-term means (1951–2010), according to the Meteorological Observatory at Felin

Rok/ Year	Miesiące/ Months							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	Suma opadów/ Rainfalls (mm)							
2012	33,6	22,1	28,6	34,0	56,3	62,8	52,3	37,6
2013	57,7	28,5	60,8	51,1	101,6	105,9	126,1	17,8
Średnio z lat Mean for 1951–2010	23,4	25,8	28,0	39,0	60,7	65,9	82,0	70,7
Rok/ Year	Średnia temperatura powietrza/ Air temperature (°C)							
2012	-1,8	-7,1	4,3	9,5	15,0	17,3	21,5	19,2
2013	-3,8	-1,0	-2,4	8,1	15,3	18,5	19,2	19,2
Średnio z lat Mean for 1951–2010	-3,7	-2,8	1,0	7,4	13,0	16,3	18,0	17,2

Tabela 2. Wielkość wskaźnika powierzchni liści (LAI) łanu pszenicy jarej w fazie kłoszenia ( $m^2 \cdot m^{-2}$ )  
Table 2. Value of leaf area index (LAI) of spring wheat at earing stage ( $m^2 \cdot m^{-2}$ )

Genotyp Genotype	PA			WA			Średnio/ Mean		Średnio Mean
	2012	2013	średnio mean	2012	2013	średnio mean	2012	2013	
<i>T. aestivum</i>	3,48	3,71	3,59	3,47	3,86	3,66	3,47	3,78	3,63
<i>T. dicoccum</i>	2,93	3,69	3,31	3,02	4,08	3,55	2,97	3,89	3,43
<i>T. durum</i>	2,84	3,38	3,11	3,00	3,79	3,40	2,92	3,58	3,25
<i>T. spelta</i>	3,33	3,33	3,33	3,40	3,53	3,47	3,37	3,43	3,40
Średnio/ Mean	3,14	3,52	3,33	3,22	3,82	3,52	3,18	3,67	–
NIR/ LSD <sub>0,05</sub>	a – 0,223; b – 0,119; a × b – r.n.; c – 0,119; a × c – 0,315; b × c – r.n.								

PA – przeciętny poziom agrotechniki/ average level of agricultural technology; WA – wysoki poziom agrotechniki/ high level of agricultural technology; a – dla genotypów/ for genotypes; b – dla poziomów agrotechniki/ for levels of agricultural technology; c – dla lat/ for years; a × b – dla interakcji genotyp × poziom agrotechniki/ for interaction genotype × level of agricultural technology; a × c – dla interakcji genotyp × rok/ for interaction genotype × year; b × c – dla interakcji poziom agrotechniki × rok/ for level of agricultural technology × year; r.n. – różnice nieistotne/ not significant

Tabela 3. Wielkość wskaźnika powierzchni liści (LAI) łanu pszenicy jarej w fazie kwitnienia ( $m^2 \cdot m^{-2}$ )  
Table 3. Value of leaf area index (LAI) of spring wheat at flowering stage ( $m^2 \cdot m^{-2}$ )

Genotyp Genotype	PA			WA			Średnio/ Mean		Średnio Mean
	2012	2013	średnio mean	2012	2013	średnio mean	2012	2013	
<i>T. aestivum</i>	3,32	3,46	3,39	3,43	3,88	3,66	3,38	3,67	3,52
<i>T. dicoccum</i>	2,68	3,27	2,97	3,12	3,85	3,48	2,90	3,56	3,23
<i>T. durum</i>	3,13	3,15	3,14	3,03	3,36	3,20	3,08	3,25	3,17
<i>T. spelta</i>	4,54	3,20	3,37	3,26	3,39	3,32	3,40	3,29	3,35
Średnio Mean	3,17	3,27	3,22	3,21	3,62	3,41	3,19	3,44	–
NIR/ LSD <sub>0,05</sub>	a – 0,213; b – 0,114; a × b – 0,301; c – 0,114; a × c – 0,301; b × c – 0,228								

Objaśnienia pod tabelą 2/ Explanations under the table 2

Analiza wskaźnika PAR wykazała jego istotne zróżnicowanie zarówno w zależności od porównywanych gatunków, jak i poziomu agrotechniki (tab. 5, 6, 7). Również Kocóń [2007] w prowadzonych badaniach z odmianami pszenicy ozimej stwierdziła, że różniły się intensywnością fotosyntezy netto oraz efektywnością wykorzystania promieniowania fotosyntetycznie czynnego (PAR). W fazie kłoszenia i kwitnienia największą ilość po-

chłanianego promieniowania fotosyntetycznie czynnego stwierdzono w łanie pszenicy zwyczajnej, 84,3% i 83,4%. W fazie dojrzałości mleczej analiza statystyczna nie wykazała różnic w zakresie porównywanych gatunków. Niezależnie od porównywanych gatunków w fazie kłoszenia i dojrzałości mleczej wykazano pozytywny wpływ zwiększonego poziomu agrotechniki na wielkość wskaźnika PAR, aczkolwiek interakcji nie odnotowano. W 2013 r. w porównaniu z rokiem 2012 ilość pochłanianego promieniowania fotosyntetycznie czynnego była istotnie większa, co wynikało z lepszych warunków wzrostu i rozwoju pszenicy (większa suma opadów). Z innych doniesień literaturowych także wynika, że niektóre czynniki siedliskowe mogą istotnie ograniczać poziom chlorofilu w liściach zbóż, wpływać na strukturę wewnętrzną łanu, zmieniać powierzchnię i kąt nachylenia liści, co może wpływać na wielkość zmian wartości wskaźników LAI i PAR oraz na poziom plonowania [Faber 2000, Jończyk 2002, Biskupski i in. 2007].

Tabela 4. Wielkość wskaźnika powierzchni liści (LAI) łanu pszenicy jarej w fazie dojrzałości mleczej ( $m^2 \cdot m^{-2}$ )

Table 4. Value of leaf area index (LAI) of spring wheat at milk maturity stage ( $m^2 \cdot m^{-2}$ )

Genotyp Genotype	PA			WA			Średnio/ Mean		Średnio Mean
	2012	2013	średnio mean	2012	2013	średnio mean	2012	2013	
<i>T. aestivum</i>	2,70	2,83	2,77	2,86	3,58	3,22	2,78	3,21	2,99
<i>T. dicoccum</i>	2,62	3,21	2,91	3,00	3,80	3,40	2,81	3,51	3,16
<i>T. durum</i>	2,58	2,99	2,79	2,81	3,08	2,94	2,70	3,03	2,86
<i>T. spelta</i>	2,98	2,87	2,93	3,07	3,33	3,20	3,03	3,10	3,06
Średnio/ Mean	2,72	2,97	2,85	2,93	3,45	3,19	2,83	3,21	–
NIR/ LSD <sub>0,05</sub>	a – 0,237; b – 0,126; a × b – r.n.; c – 0,126; a × c – 0,338; b × c – 0,256								

Objaśnienia pod tabelą 2/ Explanations under the table 2

Tabela 5. Ilość pochłanianego promieniowania fotosyntetycznie aktywnego (PAR) przez łan pszenicy jarej w fazie kłoszenia (%)

Table 5. Amount of photosynthetically active radiation (PAR) absorbed by spring wheat at earing stage (%)

Genotyp Genotype	PA			WA			Średnio/ Mean		Średnio Mean
	2012	2013	średnio mean	2012	2013	średnio mean	2012	2013	
<i>T. aestivum</i>	78,7	88,6	83,7	78,2	91,7	84,9	78,4	90,1	84,3
<i>T. dicoccum</i>	70,3	86,2	78,2	70,9	92,0	81,5	70,6	89,1	79,9
<i>T. durum</i>	68,8	85,5	77,2	69,4	88,9	79,2	69,1	87,2	78,2
<i>T. spelta</i>	76,3	83,9	80,1	77,0	84,9	81,0	76,7	84,4	80,5
Średnio/ Mean	73,5	86,0	79,8	73,9	89,4	81,6	73,7	87,7	–
NIR/ LSD <sub>0,05</sub>	a – 2,49; b – 1,33; a × b – r.n.; c – 1,33; a × c – 3,52; b × c – 2,66								

Objaśnienia pod tabelą 2/ Explanations under the table 2

Tabela 6. Ilość pochłanianego promieniowania fotosyntetycznie aktywnego (PAR) przez łan pszenicy jarej w fazie kwitnienia (%)  
Table 6. Amount of photosynthetically active radiation (PAR) absorbed by spring wheat at flowering stage (%)

Genotyp Genotype	PA			WA			Średnio/ Mean		Średnio Mean
	2012	2013	średnio mean	2012	2013	średnio mean	2012	2013	
<i>T. aestivum</i>	77,8	88,2	83,0	78,1	89,7	83,9	77,9	88,9	83,4
<i>T. dicoccum</i>	69,6	85,1	77,3	72,1	88,5	80,3	70,8	86,8	78,8
<i>T. durum</i>	72,1	83,4	77,8	71,3	84,8	78,0	71,7	84,1	77,9
<i>T. spelta</i>	78,6	82,4	80,5	76,5	84,1	80,3	77,5	83,3	80,4
Średnio/ Mean	74,5	84,8	79,6	74,5	86,8	80,6	74,5	85,8	–
NIR/ LSD <sub>0,05</sub>	a – 3,08; b – r.n.; a × b – r.n.; c – 1,65; a × c – 4,36; b × c – r.n.								

Objaśnienia pod tabelą 2/ Explanations under the table 2

Tabela 7. Ilość pochłanianego promieniowania fotosyntetycznie aktywnego (PAR) przez łan pszenicy jarej w fazie dojrzałości mleczonej (%)  
Table 7. Amount of photosynthetically active radiation (PAR) absorbed by spring wheat at milk maturity stage (%)

Genotyp Genotype	PA			WA			Średnio/ Mean		Średnio Mean
	2012	2013	średnio mean	2012	2013	średnio mean	2012	2013	
<i>T. aestivum</i>	69,8	79,0	74,4	70,2	85,5	77,9	70,0	82,3	76,1
<i>T. dicoccum</i>	69,0	83,1	76,1	71,5	87,2	79,3	70,2	85,1	77,7
<i>T. durum</i>	68,4	81,2	74,8	69,9	83,1	76,5	69,1	82,1	75,6
<i>T. spelta</i>	72,3	80,5	76,4	72,7	84,2	78,4	72,5	82,3	77,4
Średnio/ Mean	69,9	80,9	75,4	71,1	85,0	78,0	70,5	83,0	–
NIR/ LSD <sub>0,05</sub>	a – r.n.; b – 1,56; a × b – r.n.; c – 1,56; a × c – r.n.; b × c – r.n.								

Objaśnienia pod tabelą 2/ Explanations under the table 2

## WNIOSKI

1. Wielkość parametrów LAI i PAR zależała od genotypu pszenicy jarej oraz zastosowanej intensywności produkcji.

2. Niezależnie od zastosowanej intensywności produkcji największą wartość indeksu powierzchni liści i promieniowania fotosyntetycznie aktywnego osiągnęły odmiana pszenicy zwyczajnej Parabola w fazie kwitnienia i kłoszenia oraz pszenice oplewione (orkiszowa i płaskurka) w fazie dojrzałości mleczonej. Najmniejszą wartość odnotowano dla pszenicy twardej SMH 87.

3. Podwyższony poziom agrotechniki – niezależnie od genotypu – skutkowało na ogół (z wyjątkiem wskaźnika PAR w fazie kwitnienia) wzrostem obu indeksów u analizowanych genotypów.

4. Współdziałanie badanych czynników na zmiany wskaźnika LAI wykazano tylko w fazie kwitnienia, w której zaznaczył się pozytywny wpływ podwyższonej agrotechniki na badany wskaźnik w przypadku pszenicy zwyczajnej, płaskurki i twardej.

#### PIŚMIENNICTWO

- Andruszczak S., Kwiecińska-Poppe E., Kraska P., Pałys E., 2012. Wpływ niektórych środków ochrony roślin na kształtowanie powierzchni liści i kąta ich nachylenia u wybranych odmian ozimych pszenicy orkisz (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.). Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl. 52(1), 163–166.
- Biskupski A., Kaus A., Pabin J., Włodek S., 2004. Wpływ zróżnicowanego nawożenia na wskaźnik powierzchni liści (LAI), średni kąt nachylenia liści (MTA) i plon wybranych odmian pszenicy jarej. Annales UMCS, sec. E, Agricultura 59, 649–654.
- Biskupski A., Kaus A., Włodek S., Pabin J., 2007. Zróżnicowane nawożenie azotem a plonowanie i wybrane wskaźniki architektury łanu kilku odmian pszenicy jarej. Inż. Rol. 3(91), 29–36.
- Czerednik A., Nalborczyk E., 2000. Współczynnik wykorzystania napromieniowania fotosyntetycznej aktywnej (RUE) – nowy wskaźnik fotosyntetycznej produktywności roślin w łanie. Biul. IHAR 215, 13–21.
- Faber A., 2000. Efektywność wykorzystania promieniowania świetlnego przez pszenicę ozimą uprawianą na różnych glebach. Fragm. Agron. 17(4), 46–52.
- Glenn P., Huete A.R., Nagler P.L., Nelson S.G., 2008. Relationship between remotely-sensed vegetation indices, canopy attributes and plant physiological processes: what vegetation indices can and cannot tell us about the landscape. Sensors 8, 2136–2160.
- Jaśkiewicz B., 2007. Wskaźnik pokrycia liściowego (LAI) pszenicy ozimej w zależności od jego obsady i nawożenia NPK. Acta Agrophys. 10(2), 373–382.
- Jończyk K., 2002. Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na uprawę w różnych systemach produkcji roślinnej. Pam. Puł. 130(1), 339–345.
- Kocoń A., 2007. Efektywność wykorzystania promieniowania fotosyntetycznej czynnej (PAR) w fotosyntezie liści wybranych odmian pszenicy ozimej. Pam. Puł. 144, 81–89.
- Kołodziejczyk M., Szmigiel A., 2010. Wpływ ochrony fungicydowej, retardanta oraz poziomu nawożenia azotem na kształtowanie się architektury łanu pszenicy jarej. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin, 50(2), 542–546.
- Lepiarczyk A., Kulig B., Stępień K., 2005. Wpływ uproszczonej uprawy roli i przedplonu na plonowanie oraz kształtowanie LAI wybranych odmian pszenicy ozimej w płodozmianie zbożowym. Fragm. Agron. 22(2), 98–105.
- Oleksy A., Szmigiel A., Kołodziejczyk M., 2009. Plonowanie oraz kształtowanie się powierzchni liści wybranych odmian pszenicy ozimej w zależności od poziomu agrotechniki. Fragm. Agron. 26(4), 120–131.
- Pilarski J., Tokarz K., Kocurek M., 2012. Adaptacja roślin do składu spektralnego i intensywności promieniowania. Pr. Inst. Elektr. 256, 223–236.
- Rachoń L., Szumiło G., Kurzydłowska I., 2013. Wpływ intensywności technologii produkcji na jakość ziarna pszenicy zwyczajnej, twardej, orkisz i jednoziarnistej. Annales UMCS, sec. E, Agricultura 68(2), 60–68.



- Rachoń L., Szumiło G., Brodowska M., Woźniak A., 2015. Nutritional value and mineral composition of grain of selected wheat species depending on the intensity of a production technology. *J. Elementol.* 20(3), 705–715. DOI: 10.5601/jelem.2014.19.4.640.
- Rachoń L., Szumiło G., 2015. Zmienność wskaźnika powierzchni liści (LAI) w zależności od genotypu pszenicy i intensyfikacji technologii uprawy. *Annales UMCS, sec. E, Agricultura* 70(1), 33–39.
- Strihz I.G., Lysenko G.G., Neverov K.V., 2005. Photoreduction of molecular oxygen in preparation of photosystem II under photoinhibitory conditions. *Rus. J. Plant Physiol.* 52, 717–723.
- Uździcka B., Juszczak R., Sakowska K., Olejnik J., 2012. Związek między wskaźnikiem LAI a spektralnymi wskaźnikami roślinności na przykładzie wybranych gatunków roślin uprawnych. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 12, 2(38), 283–311.
- Woźniak A., 2008. Wpływ zróżnicowanego udziału pszenicy jarej w zmianowaniu na indeks powierzchni liści (LAI). *Acta Agrophys.* 12(1), 269–276.
- Woźniak A., Gontarz D., Staniszewski M., 2005. Wpływ zmianowania na plonowanie i wartość wskaźnika LAI pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). *Biul. IHAR*, 237/238, 13–21.
- Zheng G., Moskal L. M., 2009. Retrieving leaf area index (LAI) using remote sensing: theory, method, and sensors. *Sensors* 9(4), 2719–2745.

Praca wykonana w ramach projektu badawczego nr N N310 306839.

**Summary.** The paper determines the variability of leaf area index (LAI), and photosynthetic active radiation absorption index (PAR), depending on the genotype of wheat and intensity of cultivation technology. A two-factor field experiment was conducted in 2012–2013 at the Felin Experimental Farm of the University of Life Sciences in Lublin, using a method of randomized blocks in 4 replications. The first factor were 4 species (subspecies) of spring wheat. The second factor was the level of agricultural technology. The obtained results showed that both the genotype of spring wheat and intensification technology differentiated the LAI and PAR indices. Irrespective of the applied production intensity, the highest value of the leaf area index and photosynthetic active radiation were attained by the common wheat cultivar Parabola in the blooming and heading phases, and by the husked wheats (spelt and emmer) in the milk ripeness phase. The lowest value was noted for durum wheat SMH 87. A higher level of cultivation technology – irrespective of the genotype – generally resulted (with the exception of PAR in blooming phase) in an increase of both indices in the analysed genotypes. An effect of the analysed factors on changes of the LAI index was demonstrated only in the blooming phase, while a positive effect of the higher cultivation technology intensity on the analysed index was observed in the case of common wheat, emmer wheat and spelt wheat. A variation of the indices under study was also observed in the years of the study.

**Key words:** common wheat, durum wheat, spelt wheat, emmer wheat, leaf area index, photosynthetic active radiation, cultivation technology

Otrzymano/ Received: 15.01.2018  
Zaakceptowano/ Accepted: 28.02.2018