

WSKAŹNIK POKRYCIA LIŚCIOWEGO (LAI) PSZENŻYTA OZIMEGO W ZALEŻNOŚCI OD JEGO OBSADY I NAWOŻENIA NPK

Bogusława Jaśkiewicz

Zakład Uprawy Roślin Zbożowych,
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
e-mail: kos@iung.pulawy.pl

Streszczenie. W latach 1999-2002 przeprowadzono badania mikropoletkowe z odmianą pszenżyta ozimego Woltario. Uwzględniono poziomy nawożenia: 160, 260 i 360 kg NPK na ha oraz obsadę roślin 100, 200, 300 szt na m². W okresie wegetacji określono wskaźnik LAI oraz plon ziarna. Istotnie najwyższy plon ziarna stwierdzono przy obsadzie roślin 200 szt·m⁻² i nawożeniu 260 kg NPK na ha. Optymalny wskaźnik LAI odmiany Woltario wynosił w fazie strzelania w źdźbło – 3,29, a w fazie kłoszenia 3,94.

Słowa kluczowe: wskaźnik pokrycia liściowego (LAI), NPK, plon ziarna, pszenżyto ozime

WSTĘP

Stosunek powierzchni liści do gruntu, czyli wskaźnik pokrycia liściowego (indeks liściowy LAI) jest ważnym parametrem opisującym łan zbóż (Nieróbca i in. 1996, Pietkiewicz 1985, Russel i in. 1994). U zbóż waha się on w przedziale 3-5, osiągając maksimum w fazie strzelania w źdźbło (Skupińska i in. 1974). W literaturze mało spotyka się doniesień o zmianach wartości LAI w okresie wegetacji pszenżyta ozimego w zależności od czynników agrotechnicznych.

LAI charakteryzuje wielkość powierzchni organów roślin zdolnych do absorbowania światła, od którego zależy fotosynteza (Nalborczyk in. 1995), a więc pośrednio także przyrosty nadziemnej masy oraz plon ziarna (Bendi 1994, Russell i in. 1994).

Celem badań było określenie zmian wskaźnika LAI pszenżyta ozimego odmiany Woltario w czterech fazach rozwojowych w zależności od zróżnicowanego nawożenia mineralnego i zagęszczenia roślin.

MATERIAŁ I METODY

W trzyletnim doświadczeniu mikropoletkowym przeprowadzonym w IUNG-PIB w Puławach z pszenżytem odmiany Woltario, założonym metodą serii niezależnych w trzech powtórzeniach, uwzględniono trzy dawki nawożenia mineralnego NPK ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) zastosowane w różnych fazach rozwojowych oznaczonych wg skali Zadoksa i in. (1974) – tabela 1.

Tabela 1. Schemat stosowania nawożenia mineralnego NPK $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$

Table 1. Application scheme of NPK kg ha^{-1} fertilization

Nawożenie NPK Fertilization NPK ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	P_2O_5	K_2O	N		
			Fazy rozwojowe – Growth stages		
	przedsiewnie preplant	ruszenie wegetacji beginning of vegetation	strzelanie w źdźbło (30*) shooting	kłoszenie (51*) heading	
160	50	50	40	20	–
260	80	80	60	40	–
360	110	110	80	40	20 ^{xx}

xx – forma płynna – fluid form.

Drugim czynnikiem doświadczenia była obsada roślin po wschodach: 100, 200, 300 szt. $\cdot\text{m}^{-2}$. W celu zapewnienia zamierzonej obsady roślin na jednostce powierzchni wysiewano po dwa ziarna, po wschodach roślin część ich usuwano, pozostawiając zaplanowaną obsadę roślin. Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 1,0 m^2 . Doświadczenie założono na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego o pH 6,0 w terminie optymalnym dla miejscowych warunków, tj. 20 września. Przedplonem była gorczyca. Rośliny zabezpieczono przed wyleganiem obwiązując je sznurkiem snopowiązałkowym. Chwasty w zasiewach usuwano ręcznie. Występujące choroby zwalczano stosując fungicydy (Tilt, Tango). W czterech fazach rozwojowych określono wskaźnik LAI aparatem LAI-2000 (LI-COR, USA). Zbioru dokonano w fazie dojrzałości pełnej. Określono plon ziarna po usunięciu roślin brzeżnych.

Wyniki doświadczeń opracowano statystycznie przy zastosowaniu analizy wariancji. Wartości półprzedziałów ufności wyliczono stosując test Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Zależność pomiędzy plonem ziarna a wskaźnikiem LAI w poszczególnych fazach rozwojowych określono na podstawie równań regresji liniowej. Dla plonu ziarna obliczono analizę wariancji z regresją i równania krzywych parabolicznych.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wskaźnik LAI był uwarunkowany poziomem nawożenia NPK i obsadą roślin w całym okresie wegetacyjnym (rys. 1A-D). W badanych fazach rozwojowych stwierdzono, że przy najniższej obsadzie roślin ($100 \text{ szt}\cdot\text{m}^{-2}$) na poszczególnych obiektach nawożonych dawką 160, 260, 360 $\text{kg NPK}\cdot\text{ha}^{-1}$ wartości wskaźnika LAI były podobne (rys. 1 A-D). Natomiast w warunkach większego zagęszczenia roślin ($200, 300 \text{ szt}\cdot\text{m}^{-2}$) wartości tego wskaźnika istotnie wzrastały po wpływie wzrostu nawożenia NPK w zakresie $160\text{-}360 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

W fazie strzelania w źdźbło wskaźnik LAI na poletkach nawożonych dawką 160 $\text{kg NPK}\cdot\text{ha}^{-1}$ miał istotnie najniższe wartości, a zastosowana obsada roślin nie wykazywała wpływu ich zróżnicowania (rys. 1A). Przy nawożeniu 260 i 360 $\text{kg NPK}\cdot\text{ha}^{-1}$ wartości tego wskaźnika były podobne przy obsadzie roślin 200 i 300 $\text{szt}\cdot\text{m}^{-2}$ i istotnie wyższe w stosunku do najmniejszej obsady roślin.

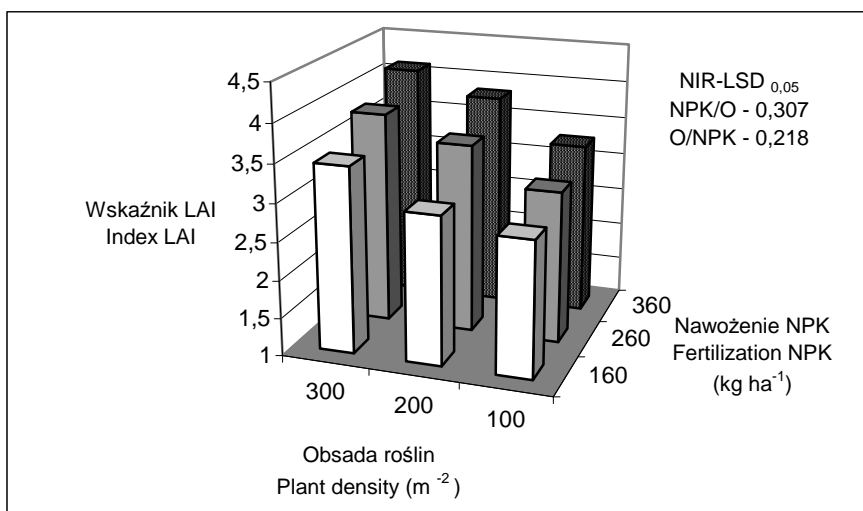
W fazie kłoszenia przy najniższym nawożeniu NPK ($160\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) wartości wskaźnika LAI przy obsadzie 100 i 200 $\text{roślin}\cdot\text{m}^{-2}$ były podobne i istotnie niższe od wartości uzyskanych przy największym zagęszczeniu roślin (rys. 16B). W pszenżycie nawożonym dawką 260 $\text{kg NPK}\cdot\text{ha}^{-1}$ poletka z obsadą roślin ($200, 300 \text{ szt}\cdot\text{m}^{-2}$) wykazały istotne większe wartości wskaźnika niż z obsadą najmniejszą. Na obiektach, na których zastosowano najwyższe dawki NPK ($360 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) zwiększenie obsady roślin powodowało istotny wzrost wartości wskaźnika LAI.

W fazie kwitnienia, dojrzałości mleczej wartości tego wskaźnika były zróżnicowane przy nawożeniu NPK dawką 160 i 260 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (rys. 1C, D).

W fazie kwitnienia przy nawożeniu 160 i 260 $\text{kg NPK}\cdot\text{ha}^{-1}$ wartość wskaźnika LAI była podobna jak na poletkach o obsadzie 200 i 300 $\text{roślin}\cdot\text{m}^{-2}$ i istotnie wyższa w porównaniu do najniższej obsady roślin (rys. 1C).

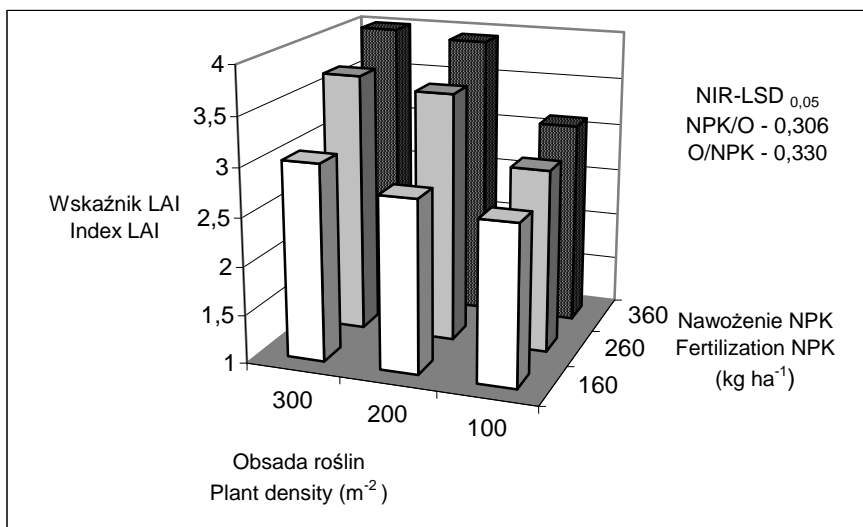
W fazie dojrzałości mleczej wskaźnik LAI był podobny przy nawożeniu 160 $\text{kg NPK}\cdot\text{ha}^{-1}$ na obiektach o obsadzie 100 i 200 $\text{roślin}\cdot\text{m}^{-2}$, natomiast był istotnie wyższy przy obsadzie 300 $\text{szt}\cdot\text{m}^{-2}$ (rys. 1D). Nawożenie 260 $\text{kg NPK}\cdot\text{ha}^{-1}$ wpłynęło na istotnie wyższe wartości tego wskaźnika na obiektach o zagęszczeniu roślin 200 i 300 $\text{szt}\cdot\text{m}^{-2}$ w porównaniu do najmniejszej obsady roślin.

W doświadczeniu mikropoletkowym wskaźnik LAI w okresie od fazy strzelania w źdźbło do dojrzałości mleczej wzrastał wraz z obsadą roślin. Wartość omawianego wskaźnika była największa w fazie kłoszenia, co jest zgodne z wynikami badań Czerednik i Nalborczyk (2000).



Fazy rozwojowe - Growth stages:

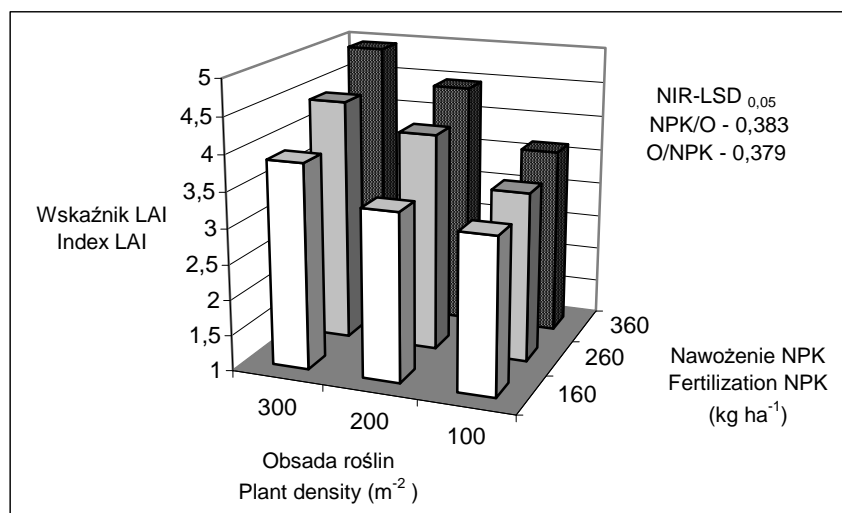
A) strzelanie w źdźbło – shooting



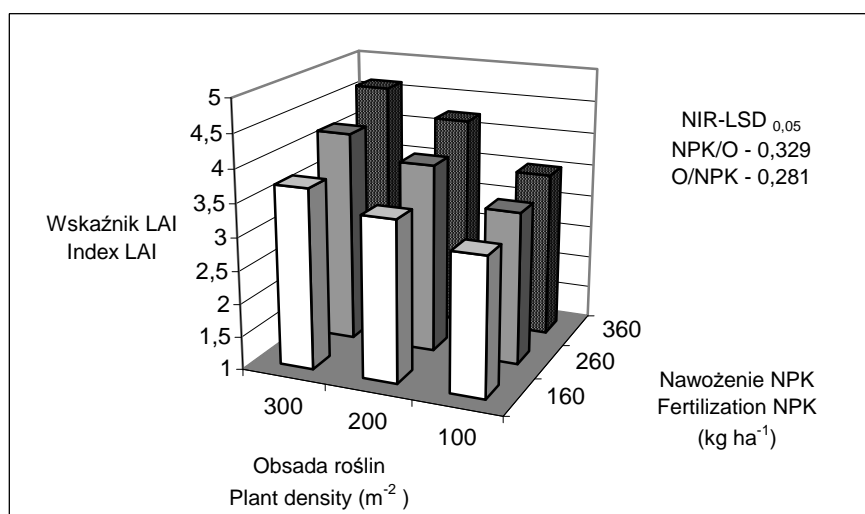
B) kłoszenie – heading

Rys. 1. Wskaźnik LAI pszenżyta ozimego odmiany Woltario w fazie strzelania w źdźbło (A), kłoszenia (B), kwitnienia (C) i dojrzałości mleczej (D) w zależności od nawożenia NPK (NPK) i obsady roślin (O)

Fig. 1. Leaf area index (LAI) of winter triticale cv. Woltario in shooting (A), heading (B), flowering (C) and milk maturity (D) phase versus NPK fertilization (NPK) and plant density (O)



C) kwitnienie – flowering



D) dojrzałość mleczna – milk maturity

Rys. 1. cd. Wskaźnik LAI pszenżyta ozimego odmiany Woltario w fazie strzelania w źdźbło (A), kłoszenia (B), kwitnienia (C) i dojrzałości mlecznej (D) w zależności od nawożenia NPK (NPK) i obsady roślin (O)

Fig. 1. Cont. Leaf area index (LAI) of winter triticale cv. Woltario in shooting (A), heading (B), flowering (C) and milk maturity (D) phase versus NPK fertilization (NPK) and plant density (O)

Średnio dla nawożenia NPK i obsady roślin współczynnik zmienności wskaźnika LAI roślin w poszczególnych fazach rozwojowych był podobny i wynosił 16,3-18,5% (tab. 2). Zakres zmienności LAI dla pszenżyta odmiany Woltario był od 1,83 w fazie dojrzałości mleczonej do 5,45 w fazie kłoszenia. Średnia wartość LAI wahała się od 3,29 w fazie strzelania w źdźbło do 3,94 w fazie kłoszenia. W następnych fazach rozwojowych wskaźnik LAI przyjmuje niższe wartości wskutek postępującego zamierania liści. Według Spiertza, Grashoffa (1995) podobnie w pszenicy ozimej, wskaźnik LAI rośnie wykładniczo po wiosennym ruszeniu wegetacji, od fazy początku strzelania w źdźbło przyrasta liniowo, aż do fazy w pełni rozwiniętego liścia flagowego. Od fazy kwitnienia następuje szybka redukcja powierzchni asymilacyjnej (Bertholdsson i Stoy 1995). Nieróbca i in. (1996) stwierdzili, że wielkość LAI od wiosny do końca kłoszenia zależy od sumy temperatur i poziomu nawożenia azotem, natomiast redukcja powierzchni asymilacyjnej liści po wykłoszeniu roślin zależy tylko od sumy temperatur efektywnych. Podana przez Nieróbcę i in. (1996) wartość współczynnika dla pszenicy w fazie kłoszenia była podobna jak dla odmiany Woltario.

Tabela 2. Charakterystyka statystyczna wskaźnika LAI pszenżyta ozimego odmiany Woltario w fazach rozwojowych

Table. 2. Statistics of main selected parameters of leaf area index (LAI) of winter triticale cv. Fidelity in growth stages

Faza rozwojowa Growth stages	Zakres zmienności Range of variability		Średnia Mean	Odchylenie standardowe Standard deviation	Współczynnik zmienności Variation coefficient (%)
	min	max			
Strzelanie w źdźbło Shooting	2,3	4,6	3,29	0,57	17,4
Kłoszenie Heading	2,76	5,45	3,94	0,70	17,8
Kwitnienie Flowering	2,71	5,24	3,79	0,62	16,3
Dojrzałość mleczna Milk maturity	1,83	4,86	3,41	0,63	18,5

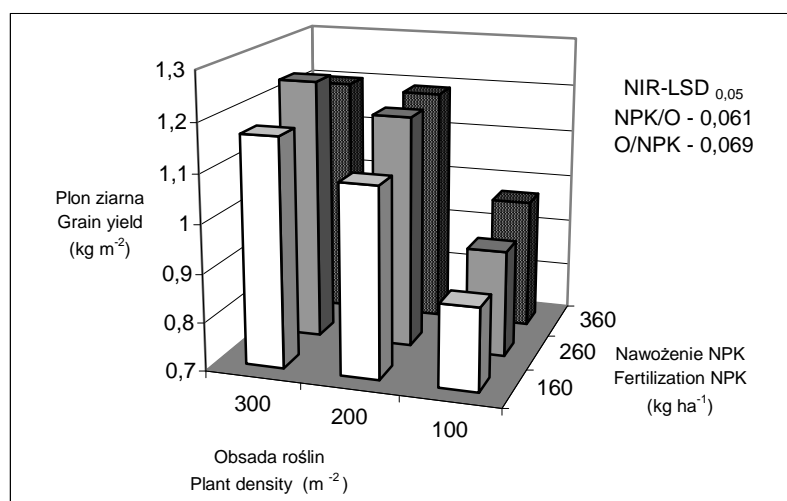
Siła związku wartości wskaźnika LAI z plonowaniem pszenżyta ozimego wykazała tendencję wzrostową w miarę występowania poszczególnych faz rozwojowych (tab. 3). Podobnie było z tempem przyrostu plonu w zależności od wartości LAI. Zależności te w poszczególnych fazach rozwojowych obrazują równania regresji liniowej.

Tabela 3. Równanie regresji dla plonowania (kg m^{-2}) (y) i wskaźnika LAI w fazach rozwojowych (x) pszenżyta ozimego odmiany Woltario**Table 3.** Regression equation for yielding (kg m^{-2}) (y) and LAI (x) in growth stages of winter triticale cv. Woltario

Faza rozwojowa (x) Growth stages	Równanie regresji Regression equation	R ²
Strzelanie w źdźbło – Shooting	$y = 0,642 + 0,136x$	0,32**
Kłoszenie – Heading	$y = 0,546 + 0,138x$	0,34**
Kwitnienie – Flowering	$y = 0,495 + 0,157x$	0,37**
Dojrzałość mleczna – Milk maturity	$y = 0,359 + 0,214x$	0,38**

**wartości istotne przy $\alpha = 0,01$ – statistically significant coefficient.

Prawdopodobieństwo wystąpienia zależności opisanej równaniem wynosi od 32% w fazie strzelanie w źdźbło i wzrastało systematycznie do fazy dojrzałości mlecznej i wynosiło 38%. Stwierdzono współdziałanie między nawożeniem mineralnym a obsadą roślin w kształtowaniu poziomu plonowania tego pszenżyta (rys. 2).

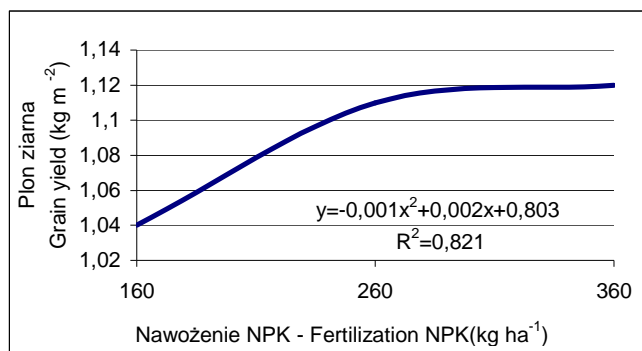
**Rys. 2.** Plon ziarna pszenżyta ozimego odmiany Woltario w zależności od nawożenia NPK (NPK) i obsady roślin (O)**Fig. 2.** Grain yield of winter triticale cv. Woltario versus NPK fertilization (NPK) and plant density (O)

Przy zastosowanym nawożeniu mineralnym, zwiększenie obsady do 200 szt·m⁻², wykazało istotnie większy plonu ziarna w porównaniu do uzyskanego z najmniejszej obsady roślin (100 szt·m⁻²), ale podobny jak dla obsady roślin 300 szt·m⁻². W warunkach najmniejszego zagęszczenia roślin (100 szt·m⁻²) zastosowane dawki

NPK nie różnicowały poziomu plonowania pszenżyta. Zagęszczenie roślin 200 i 300 szt·m⁻² wykazało istotnie większy plon ziarna pszenżyta przy nawożeniu 260 i podobny jak przy 360 kg NPK·ha⁻¹.

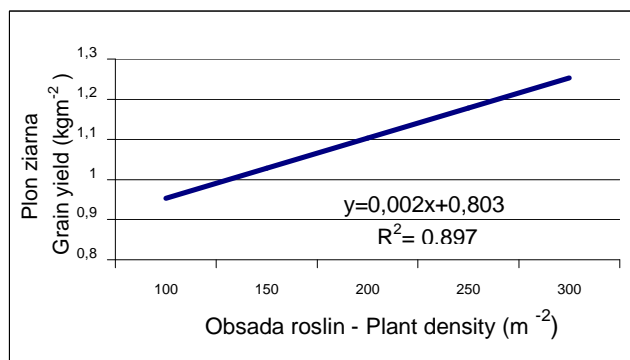
Wnioski innych autorów, co do optymalnej ilości wysiewu pszenżyta ozimego, nie są jednoznaczne. Podolska i Ruszkowski (1991) podkreślają różną reakcję odmian na ten czynnik, a wyjaśnienia przyczyn upatrują w uwarunkowaniach genetycznych i zróżnicowanych wymaganiach świetlnych poszczególnych odmian.

Zależność plonu ziarna od nawożenia NPK obrazuje paraboliczna linia regresji na rysunku 3. Największy plon ziarna z jednostki powierzchni (powyżej 1,1 kg·m⁻²) uzyskano stosując nawożenie NPK w ilości 260 i 360 kg·ha⁻¹. Rysunek 4 przedstawia prostą regresji opisującą plon ziarna w zależności od obsady roślin. Wysokie wartości współczynnika determinacji świadczą o silnym związku tych cech.



Rys. 3. Krzywa regresji plonu ziarna (y) pszenżyta ozimego odmiany Woltario w zależności od nawożenia NPK (x)

Fig. 3. Regression curve of grain yield (y) of winter triticale cv. Woltario versus NPK fertilization (x)



Rys. 4. Prosta regresji plonu ziarna (y) pszenżyta ozimego odmiany Woltario w zależności od obsady roślin (x)

Fig. 4. Regression line of grain yield (y) of winter triticale cv. Woltario versus plant density (x)

WNIOSKI

1. Stwierdzono współdziałanie w nawożeniu NPK i obsadą roślin w kształtowaniu wartości wskaźnika LAI w całym okresie wegetacyjnym oraz w plonie ziarna.

2. Wartość wskaźnika LAI zwiększyła się pod wpływem obsady roślin 200, 300 szt·m⁻² i istotnie wzrastała pod wpływem nawożenia 260, 360kg NPK·ha⁻¹.

3. Stwierdzono ścisły związek wskaźnika LAI z plonem ziarna odmiany Woltario. Wartość wskaźnika LAI należy uznać za optymalny w fazie strzelania w źdźbło – 3,29 do 3,94 – w fazie kłoszenia.

4. Istotnie większy plon ziarna pszenżyta stwierdzono przy zagęszczeniu roślin 200 szt·m⁻² i nawożeniu 260 kg NPK·ha⁻¹. Dalszy wzrost obsady roślin i nawożenia mineralnego nie różnicowały poziomu plonowania pszenżyta odmiany Woltario.

PIŚMIENNICTWO

- Bendi D.K., 1994. Prediction of leaf area indices and yields of wheat. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 122, 13-20.
- Bertholdsson N.O., Stoy V., 1995. Accumulation of biomass and nitrogen during plant growth in highly diverging genotypes of winter wheat. *J. Agronomy Crop Science*, 175, 167-182.
- Czerednik A., Nalborczyk E., 2000. Współczynnik wykorzystania napromieniowania fotosyntetycznego aktywnego (RUE) – nowy wskaźnik fotosyntetycznej produktywności roślin w łanie. *Biul. IHAR*, 215, 13-22.
- Nalborczyk E., Łoboda T., Pietkiewicz S., 1995. Photosynthetic indices of the canopy and grain yield. *Fragm. Agronomica*, 2(46), 98-99.
- Nieróbca A., Faber A., 1996. Indeks powierzchni liści jako wskaźnik stanu wegetacji oraz wielkości spodziewanego plonu pszenicy ozimej. *Fragm. Agronomica*, 3, 54-66.
- Pietkiewicz S., 1985. Wskaźnikowa analiza wzrostu roślin. *Wiad. Bot.*, 29, 29-42.
- Podolska G., Ruszkowski M., 1991. Wpływ gęstości siewu na strukturę plonu i architekturę łanu pszenicy ozimej. *Fragm. Agronomica*, 2, 53-62.
- Russell G., Wilson G.W., 1994. An agro-pedo-climatological knowledge-base of wheat in Europe. Agriculture series. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, 158.
- Skupinska J., Włodkowski M., Włodkowska L., 1974. Ocena niektórych parametrów analizy wzrostu roślin u czterech odmianach pszenicy o różnej plenności. *Biul. IHAR*, 1-2, 3-16.
- Spiertz J.H., Grashoff C., 1995. Agro-ecological optimisation of cereal-based cropping system. *Fragmenta Agronomica*, 2(46), 196-204.
- Zadoks J.C., Chang T.T., Konzak G.F., 1974. A decimal code for growth stages of cereals. *Weed Res.*, 4, 415-421.

LEAF AREA INDEX (LAI) OF WINTER TRITICALE DEPENDING
ON PLANT DENSITY AND NPK FERTILIZATION

Bogusława Jaśkiewicz

Department of Cereal Crop Production, Institute of Soil Science and Plant Cultivation,
National Research Institute
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
e-mail: kos@iung.pulawy.pl

Abstract. Microplot experiments with triticale Woltario variety were conducted in the years 1999-2002. Different levels of fertilization: 160, 260 and 360 kg NPK and different plant densities: 100, 200 and 300 plants m⁻² were taken into consideration. During vegetation period the LAI index was evaluated and finally grain yield was determined. The biggest grain yield was obtained under density of 200 plants m⁻² and fertilization level of 260 kg NPK. Optimal LAI index for Woltario variety in shooting stage seems to be 3.29 up to 3.94 in heading stage.

Keywords: LAI, NPK, winter triticale, grain yield