

PLONOWANIE ORAZ KSZTAŁTOWANIE SIĘ POWIERZCHNI LIŚCI WYBRANYCH ODMIAN PSZENICY OZIMEJ W ZALEŻNOŚCI OD POZIOMU AGROTECHNIKI

ANDRZEJ OLEKSY, ALEKSANDER SZMIGIEL, MAREK KOŁODZIEJCZYK

Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

rroleksy@cyf-kr.edu.pl

Synopsis. Przedmiotem badań wykonanych w latach 2004–2007 w Stacji Doświadczalnej w Prusach k. Krakowa była ocena wpływu poziomu agrotechniki na plonowanie oraz kształtowanie się powierzchni blaszek liściowych i wskaźnika LAI wybranych odmian pszenicy ozimej. Porównywane poziomy agrotechniki standardowy i intensywny wywarły istotny wpływ na plon ziarna oraz wskaźnik powierzchni liści LAI. Agrotechnika intensywna powodowała zwiększenie plonu ziarna o 1,07 t·ha⁻¹ oraz wskaźnika LAI w fazie kłoszenia i zawiązywania ziarna odpowiednio o 14 i 23%. Wpływ badanych poziomów agrotechniki na wielkość analizowanych cech uzależniony był od przebiegu warunków pogodowych oraz odmiany. Spośród porównywanych odmian najwyższą plonowała pszenica Mikula i Satyna, odpowiednio 10,28 i 10,16 t·ha⁻¹. W porównywanych technologiach wskaźnik LAI był mocno skorelowany z plonem ziarna. Silniejszy związek stwierdzono w fazie kłoszenia (0,92–0,93) niż w fazie zawiązywania ziarna (0,84–0,87). Istotne zależności wystąpiły również pomiędzy plonem ziarna a powierzchnią blaszek liściowych jednego pędu i liścia flagowego, odpowiednio $r=0,56-0,59$ i $0,42-0,55$. Związek pomiędzy plonem ziarna a LAI w fazie kłoszenia i zawiązywania ziarna dobrze opisywała funkcja liniowa. Dopasowanie funkcji było nieco lepsze w fazie kłoszenia niż zawiązywania ziarna; współczynniki determinacji wynosiły odpowiednio 0,84–0,86 i 0,70–0,75.

Słowa kluczowe – *key words*: pszenica ozima – *winter wheat*, odmiany – *cultivars*, plon ziarna – *grain yield*, poziom agrotechniki – *technology level*, wskaźnik powierzchni liści – *leaf area index*

WSTĘP

Wysokość uzyskiwanych plonów pszenicy uwarunkowana jest cechami genetycznymi oraz podlega wpływowi siedliska i agrotechniki [Budzyński i in. 2004]. Intensywne technologie uprawy pszenicy pozwalają na uzyskanie plonów ziarna powyżej 7 ton z 1 ha [Kukuła i Krasowicz 1995]. Wielkość uzyskiwanych plonów ziarna zależy od tempa gromadzenia suchej masy oraz powierzchni asymilacyjnej rośliny. W badaniach Czerednik i Nalborczyka [2000] oraz Fabera i Nieróbcy [1999], dowiedziono związek między plonem ziarna, a wskaźnikiem LAI, który najczęściej określany jest jako stosunek powierzchni organów asymilacyjnych łanu, głównie liści, do powierzchni gruntu [Pietkiewicz 1985]. Dla większości gatunków roślin uprawnych powierzchnia liści jest 4 do 5-ciu razy większa od powierzchni gruntu, a dla wysoko produkcyjnych odmian może być nawet większa [Skupińska i in. 1974]. Wartość indeksu LAI zależy od cech genetycznych oraz czynników siedliskowych [Biskupski i in. 2004]. W hipotezie badawczej założono, że plon ziarna i wielkość wskaźnika LAI zależne są od poziomu intensywności uprawy oraz odmiany, a wskaźnik LAI wykazuje silną dodatnią korelację z plonem ziarna. Stąd też podjęto badania, których celem było określenie wpływu poziomu agrotechniki na plonowanie oraz kształtowanie się powierzchni blaszek liściowych i wskaźnika LAI kilku wybranych odmian pszenicy ozimej.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2005–2007 metodą pasów prostopadłych (split-block) w czterech powtórzeniach, na polach Stacji Doświadczalnej w Prusach (50°07' N, 20°05' E), należącej do Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Glebę pola doświadczalnego stanowił czarnoziem zdegradowany, wytworzony z lessu, zaliczany do kompleksu pszennego bardzo dobrego o składzie mechanicznym pyłu ilastego. Gleba charakteryzowała się odczynem lekko kwaśnym ($\text{pH}_{\text{KCl}}=6,3$) oraz średnią zawartością fosforu, niską potasu i bardzo wysoką magnezu. Czynnikiem I był poziom agrotechniki zróżnicowany pod względem wielkości i rodzaju poniesionych nakładów. Obejmował on poziom średnio intensywny i intensywny określane w pracy również jako technologia średnio intensywna lub standardowy poziom agrotechniki oraz technologia intensywna lub intensywny poziom agrotechniki. Jako II czynnik przyjęto odmiany pszenicy ozimej: Finezja, Mikula, Sława, Turnia, Rywalka, Muza, Satyna.

Przedplonem dla pszenicy był bobik, po zbiorze którego wykonywano zespół uprawek pozniwnych i orkę siewną na głębokość 25 cm. Przed siewem wysiewano nawozy fosforowe i potasowe, a następnie rolę doprawiano agregatem uprawowym (kultywator z wałem strunowym). Stosowano jednakowy poziom nawożenia fosforowo-potasowego dla obu poziomów agrotechniki: 31 kg P·ha⁻¹ i 83 kg K·ha⁻¹. Siew wykonywano w ilości 450 ziarn·m². Wielkość poletek do zbioru wynosiła 10 m². W technologii średnio intensywnej nawożenie azotem wynosiło 60 kg·ha⁻¹, a chemiczna ochrona ograniczona była do zaprawiania nasion oraz zwalczania chwastów i interwencyjnego zwalczania szkodników. W technologii intensywnej stosowano ponadto dwukrotnie fungicydy w fazach: strzelanie w źdźbło (Tilt Plus 400 EC) i kłoszenie (Amistar 250 SC + Artea 330 EC) oraz regulator wzrostu (Moddus 250 EC), a nawożenie azotem wynosiło 100 kg N·ha⁻¹. Azot w formie saletry amonowej stosowano przed wiosennym wznowieniem wegetacji w ilości 40 kg N·ha⁻¹ w technologii średnio intensywnej i 60 kg N·ha⁻¹ w technologii intensywnej oraz w fazie strzelania w źdźbło, odpowiednio dla technologii: 20 i 40 kg N·ha⁻¹. Pozostałe nie wymienione zabiegi uprawowe wykonane było zgodnie z ogólnie przyjętymi zasadami agrotechniki pszenicy ozimej. W fazie kłoszenia (BBCH 50–53) i zawiązywania ziarna (BBCH 70–71) pobierano próby roślin z powierzchni 0,5 × 0,5 m z każdego poletka, w celu określenia liczby pędów na jednostce powierzchni oraz powierzchni liści. Powierzchnię blaszek liściowych mierzono na 20 pędach automatycznym planimetrem LI-COR model 3100 Area Meter. Znając zagęszczenie pędów wyliczono indeks powierzchni liści łąnu LAI. Zbioru dokonywano w fazie dojrzałości pełnej pszenicy. Bezpośrednio po zbiorze określano zawartość wody w ziarnie, a następnie wyliczano wielkość plonu ziarna przy wilgotności 15%. Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji na poziomie istotności $\alpha=0,05$. Przy porównywaniu średnich istotność różnic oceniano testem Tukeya.

Okres prowadzenia badań charakteryzował się dużą zmiennością pod względem rozkładu temperatury i opadów (tab. 1). Sezon wegetacyjnym 2006/2007 był najcieplejszy ze średnią temperaturą we wszystkich miesiącach znacznie większą od przeciętnej i opadami mniejszymi od normy. Niewielką ilość opadów oraz wysokie temperatury powietrza notowano we wrześniu i październiku oraz kwietniu. Najkorzystniejszy pod względem sumy opadów i temperatury powietrza był sezon wegetacyjny 2004/2005, w którym te parametry pogodowe nie odbiegały od przeciętnych. W omawianym trzyleciu na podkreślenie zasługuje znacznie mniejsza ilość opadów w marcu 2005 roku niż w pozostałych latach, bardzo mała ilość opadów w kwietniu 2005 i 2007 jak również bardzo wysoka temperatura i mała ilość opadów w lipcu 2006 roku (w okres wypełniania ziarna). Niska temperatura w okresie zimowym, zwłaszcza w 2005 i 2006 roku mogła mieć wpływ na zimowanie roślin pszenicy.

Tabela 1. Charakterystyka warunków pogodowych
 Table 1. Characteristic of weather conditions

Rok Year	Miesiące – Months											
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Temperatura – Temperature (°C)												
2004/2005	12,9	9,7	3,8	0,3	-0,1	-3,6	0,8	9,3	13,5	16,0	19,0	16,8
2005/2006	14,8	8,7	1,9	-0,9	-7,5	-3,1	0,1	9,2	13,2	17,7	22,2	17,7
2006/2007	15,2	11,3	6	3,1	3,2	0,7	6,4	10,4	15,8	18,1	19,6	19,4
1977/2004	13,3	8,8	3,0	-0,9	-2,4	-1,0	3,1	8,0	13,7	16,4	18,0	17,9
Opady – Rainfall (mm)												
2004/2005	29,7	43,0	46,3	14,7	72,5	34,0	18,6	22,5	80,7	67,2	99,3	101,5
2005/2006	32,3	7,7	30,1	87,7	28,4	34,0	59,6	36,3	59,6	62,0	28,0	92,6
2006/2007	18,3	18,2	43,2	22,0	84,8	35,4	46,5	15,2	56,5	58,8	71,7	124,9
1977/2004	59,8	49,2	34,7	29,7	27,4	27,9	31,4	50,7	66,8	81,6	75,4	73,8

WYNIKI BADAŃ

Poziom plonowania pszenicy uzależniony był od lat prowadzenia badań, intensywności uprawy oraz odmiany. Zmienność plonowania pszenicy ozimej na glebie kompleksu pszenego bardzo dobrego w latach badań była bardzo duża. Największe plony ziarna uzyskano w roku 2005, który charakteryzował się zbliżonymi do wielolecia opadami i średnią temperaturą powietrza. W porównaniu z plonem zebrany w 2005 roku różnica w plonie ziarna w 2006 roku wynosiła $3,98 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a w 2007 r. $3,72 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (tab. 2). Spośród badanych odmian średnio dla poziomu agrotechniki i lat badań najlepiej plonowały odmiany Mikula i Satyna. Plon ziarna pozostałych odmian był istotnie mniejszy. W okresie badawczym najniżej plonowała odmiana Turnia, istotnie niżej w porównaniu do wszystkich badanych odmian za wyjątkiem odmiany Sława, której plon ziarna kształtował się na zbliżonym poziomie do odmian Muza i Rywalka. Większym o $1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ poziomem plonowania charakteryzowały się odmiany uprawiane w technologii intensywnej. Reakcja badanych odmian pszenicy ozimej na przebieg warunków pogodowych w poszczególnych latach była niejednakowa. W sezonie wegetacyjnym 2004/2005 odmiany Satyna i Sława plonowały na zbliżonym poziomie natomiast warunki pogodowe sezonów 2005/2006 i 2006/2007 były bardziej korzystne dla odmiany Satyna. Odmiana Mikula istotnie wyżej w porównaniu do odmiany Finezja plonowała w dwóch pierwszych sezonach wegetacyjnych a w sezonie 2006/2007 na zbliżonym poziomie. Odmiana Muza dorównywała poziomem plonowania odmianie Mikula tylko w sezonie 2005/2006. Plony ziarna zależne były również od współdziałania odmian z poziomami agrotechniki. Najniżej w standardowym poziomie agrotechniki plonowała odmiana Turnia, natomiast w intensywnej uprawie jej plon dorównywał odmianom Finezja, Muza, Rywalka i Sława.

Tabela 2. Plon ziarna badanych odmian pszenicy ozimej w zależności od lat i poziomu agrotechniki ($t \cdot ha^{-1}$)
 Table 2. Grain yield of investigated winter wheat cultivars depending on the years and cultivation intensity level ($t \cdot ha^{-1}$)

Odmiany <i>Cultivars</i>	Lata – Years			Średnio <i>Mean</i>	Poziom agrotechniki <i>Technology level</i>	
	2005	2006	2007		standardowy <i>standard</i>	intensywny <i>intensive</i>
Finezja	12,00	8,00	8,40	9,47	8,93	10,00
Mikula	12,73	9,18	8,95	10,28	9,58	10,98
Muza	11,35	8,63	7,90	9,29	8,77	9,82
Rywalka	11,68	8,53	7,68	9,29	9,03	9,55
Satyna	12,50	8,80	9,18	10,16	9,57	10,75
Sława	11,98	7,00	8,33	9,10	8,77	9,43
Turnia	12,25	6,53	8,00	8,93	8,12	9,73
Średnio – Mean	12,07	8,09	8,35	–	8,97	10,04
NIR _(0,05) – LSD _(0,05)						
lata – years						1,52
poziom agrotechniki – technology level						0,32
odmiany – cultivars						0,35
lata x odmiany – years x cultivars						0,61/1,13
poziom agrotechniki x odmiany – technology level x cultivars						0,50/0,37

Zarówno badane czynniki jak i lata różnicowały w istotny sposób wskaźnik powierzchni liści. W roku 2005 o najkorzystniejszych opadach i temperaturze powietrza wskaźnik ten osiągnął istotnie większą wartość niż w latach 2006–2007 zarówno w fazie kłoszenia jak i zawiązywania ziarna (tab. 3). Największym wskaźnikiem LAI w fazie kłoszenia odznaczały się odmiany Satyna i Mikula, które plonowały najlepiej. LAI pozostałych odmian kształtował się na podobnym poziomie w zakresie 3,62–3,84. Powierzchnia liści zależała także od poziomu agrotechniki (tab. 4). W intensywnym poziomie agrotechniki wskaźnik LAI w fazie kłoszenia wynosił średnio 4,06 i był istotnie większy niż w standardowej agrotechnice o 14%, natomiast w fazie zawiązywania ziarna wynosił 2,53 i był większy o 23,3%.

Analiza korelacji za okres trzyletni wykazała, że pomiędzy plonem ziarna a wielkością LAI pszenicy uprawianej zarówno technologią intensywną jak i standardową istnieje wysoce istotna korelacja (tab. 5). Największą korelację stwierdzono dla plonu ziarna i wskaźnika LAI w fazie kłoszenia, natomiast w fazie zawiązywania ziarna mniejszą. Wartości współczynników korelacji, pomiędzy plonem ziarna a LAI w fazie kłoszenia i zawiązywania ziarna, w obydwu badanych technologiach uprawy kształtowały się na zbliżonym poziomie. Stwierdzono również istotne zależności pomiędzy plonem ziarna a powierzchnią blaszek liściowych pojedynczego

Tabela 3. Wskaźnik powierzchni liści (LAI) odmian pszenicy w fazie kłoszenia i zawiązywania ziarna w zależności od lat prowadzenia badań.

Table 3. Leaf area index (LAI) of wheat cultivars at earing stage and grain maturation depending on years of investigations

Odmiany Cultivars	Kłoszenie – Earing (BBCH 50–53)				Zawiązywanie ziarna Grain maturation (BBCH 70–71)			
	Lata – Years			Średnio Mean	Lata – Years			Średnio Mean
	2005	2006	2007		2005	2006	2007	
Finezja	4,71	3,25	3,46	3,81	3,82	1,78	1,89	2,50
Mikula	4,69	3,89	3,45	4,01	2,83	1,57	2,14	2,18
Muza	4,26	3,52	3,32	3,70	2,70	2,03	1,88	2,20
Rywalka	4,79	3,53	3,21	3,84	3,65	2,19	1,93	2,59
Satyna	4,54	3,95	3,86	4,11	3,08	1,80	1,69	2,19
Sława	4,42	3,08	3,37	3,62	2,90	1,42	1,50	1,94
Turnia	4,77	2,95	3,14	3,62	3,63	1,69	2,05	2,46
Średnio – Mean	4,60	3,45	3,40	–	3,23	1,78	1,87	–
NIR _(0,05) – LSD _(0,05)								
lata – years				0,19	0,06			
odmiany – cultivars				0,28	0,08			
lata x odmiany – years x cultivars				0,49/0,36	0,14/0,10			

Tabela 4. Wskaźnik powierzchni liści (LAI) odmian pszenicy w fazie kłoszenia i zawiązywania ziarna w zależności od poziomu agrotechniki

Table 4. Leaf Area Index (LAI) of wheat cultivars at earing stage and grain maturation depending on technology level

Odmiany Cultivars	Kłoszenie Earing (BBCH 50–53)		Zawiązywanie ziarna Grain maturation (BBCH 70–71)	
	Poziom agrotechniki – Technology level			
	standardowy standard	intensywny intensive	standardowy standard	intensywny intensive
Finezja	3,48	4,13	2,27	2,73
Mikula	3,75	4,27	1,84	2,52
Muza	3,38	4,02	1,86	2,55
Rywalka	3,76	3,92	2,37	2,80

Tabela 4. c.d.
Table 5. cont.

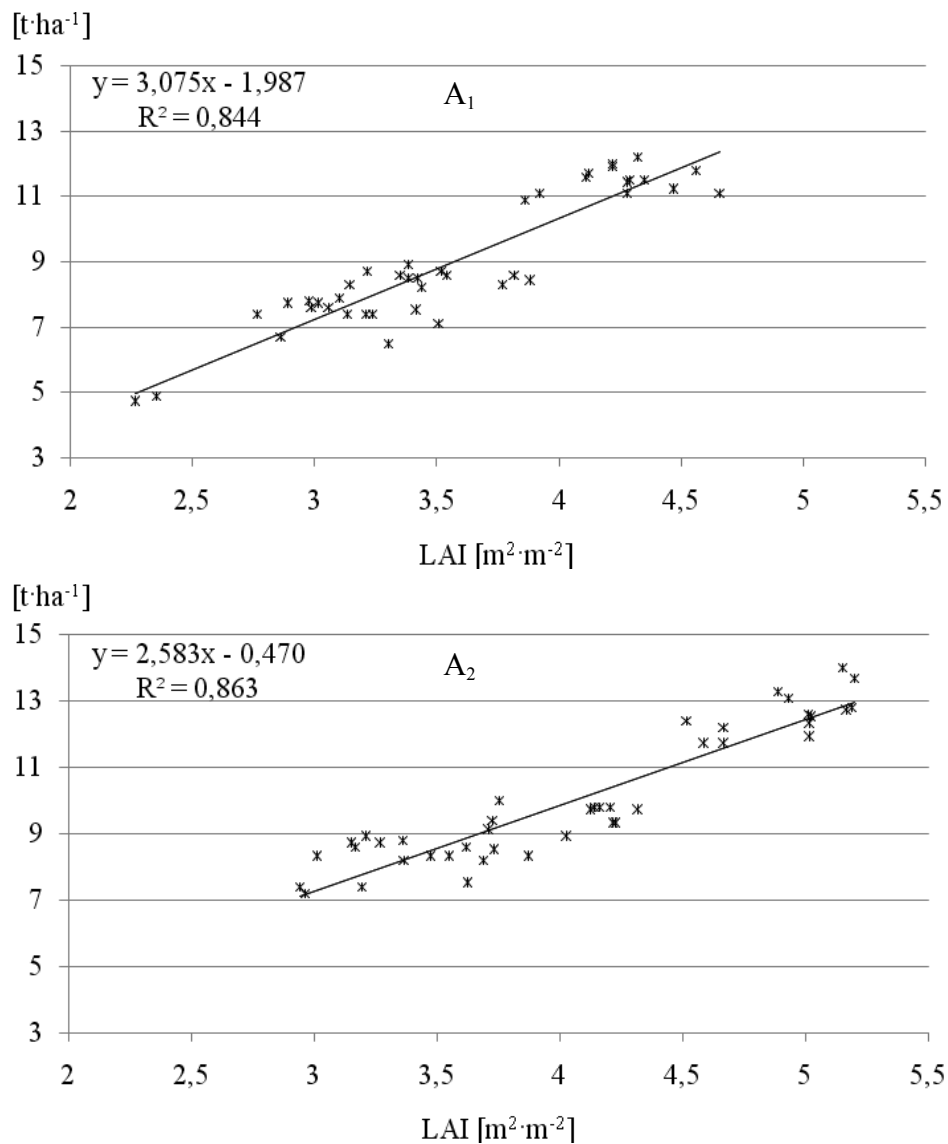
Satyna	3,80	4,43	2,05	2,34
Sława	3,52	3,73	1,73	2,14
Turnia	3,25	3,98	2,27	2,65
Średnio – Mean	3,56	4,06	2,05	2,53
NIR _(0,05) – LSD _(0,05)				
poziom agrotechniki technology level		0,21		0,04
poziom agrotechniki x odmiany technology level x cultivars		0,40/0,28		0,11/0,07

Tabela 5. Wartości współczynników korelacji prostej (średnio z 3 lat)
Table 5. Simple correlation coefficients (means of 3 years)

Wyszczególnienie Specification	Poziom agrotechniki – Technology level							
	standardowy – standard				intensywny – intensive			
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Plon ziarna – X ₁ Grain yield – X ₁	–				–			
LAI (BBCH 50 – 53) – X ₂	0,92**	–			0,93**	–		
LAI (BBCH 70 – 71) – X ₃	0,84**	0,80**	–		0,87**	0,84**	–	
Powierzchnia liścia flagowego – X ₄ Flag leaf area – X ₄	0,42**	0,44**	0,69**	–	0,55**	0,61**	0,69**	–
Powierzchnia asymilacyjna pędu – X ₅ Shoot assimilative area – X ₅	0,56**	0,55**	0,83**	0,89**	0,59**	0,58**	0,77**	0,89**

** – istotne na poziomie – significant at $\alpha=0,01$

pędu i liścia flagowego. Uzyskane współczynniki korelacji były mniejsze co świadczy o słabszym związku pomiędzy plonem a powierzchnią asymilacyjną pędu i liścia flagowego niż pomiędzy plonem ziarna a LAI. Zaznaczyć należy jednak, iż wartości współczynników korelacji pomiędzy tymi cechami były większe w technologii intensywnej niż w technologii standardowej. Zależność liniową pomiędzy LAI w fazie kłoszenia i zawiązywania ziarna a plonem ziarna pszenicy w zależności od technologii uprawy przedstawiono na rysunkach 1 i 2. Dopasowanie funkcji zarówno w technologii standardowej, jak i intensywnej było lepsze w fazie kłoszenia niż zawiązywania ziarna, a różnice w wielkości współczynnika determinacji pomiędzy badanymi technologiami nieznaczące.

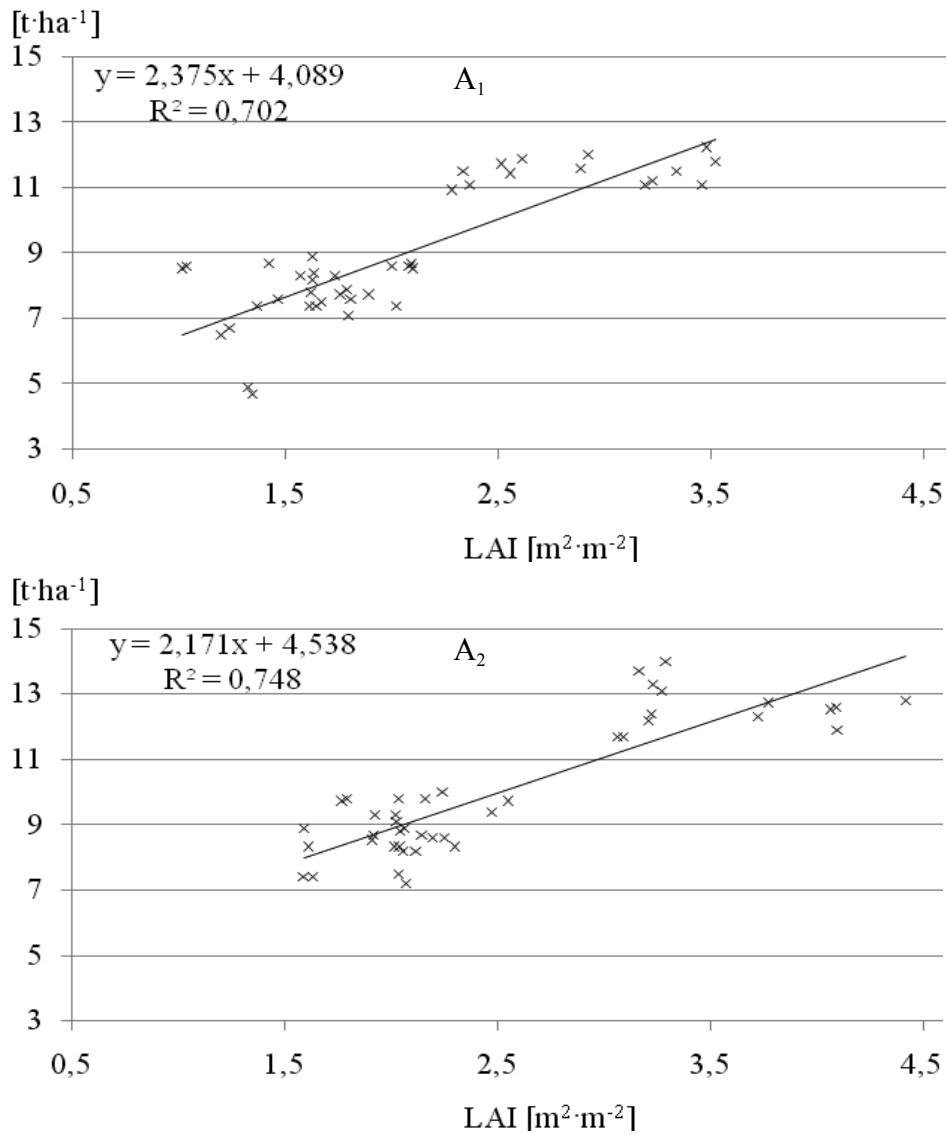


A_1 – standardowy poziom agrotechniki – *standard level of technology*

A_2 – intensywny poziom agrotechniki – *intensive level of technology*

Rys. 1. Zależność plonów ziarna pszenicy ozimej od wielkości wskaźnika powierzchni liści (LAI) w fazie kłoszenia

Fig. 1. Dependence of winter wheat grain yields on the value of leaf area index (LAI) at earing stage



A_1 – standardowy poziom agrotechniki – *standard level of technology*

A_2 – intensywny poziom agrotechniki – *intensive level of technology*

Rys. 2. Zależność plonów ziarna pszenicy ozimej od wielkości wskaźnika powierzchni liści (LAI) w fazie zawiązywania ziarna

Fig. 2. Dependence of winter wheat grain yields on the value of leaf area index (LAI) at grain maturation

DYSKUSJA

Możliwości produkcyjne pszenicy na poziomie przekraczającym 6–7 t·ha⁻¹, a nawet ponad 9 t·ha⁻¹, potwierdzają wyniki badań COBORU. Jednak plony ziarna pszenicy ozimej w polskiej praktyce rolniczej są niskie i kształtują się średnio w granicach 3,5 t·ha⁻¹. Przyczyną słabego plonowania pszenicy są niskie nakłady na środki produkcji oraz pominięcie lub ograniczenie ochrony roślin [Pruszyński 1997]. W przeprowadzonych badaniach odmiany pszenicy ozimej plonowały na bardzo wysokim poziomie, porównywalnym lub przewyższającym plony uzyskiwane w doświadczeniach prowadzonych przez COBORU oraz w Porejestrwym Doświadczalnictwie Odmianowym [Drzazga i in. 2005]. Średnio dla odmian i technologii uprawy plony w poszczególnych latach kształtowały się w zakresie od 8,09 do 12,07 t·ha⁻¹. W analizowanym doświadczeniu stwierdzono, że w warunkach intensywnej technologii polegającej na stosowaniu większego nawożenia azotem i chemicznej ochrony roślin, plon ziarna pszenicy ozimej wzrósł o 11,9% w porównaniu z technologią średnio intensywną. Różnica pomiędzy poziomami agrotechniki była stosunkowo niewielka co wynika z prowadzenia badań na bardzo dobrej glebie. Znacznie większą zależność pomiędzy wielkością plonu ziarna, a nakładami środków produkcji odnotowali Kulig i in. [2001]. W eksperymencie wymienionych autorów po zastosowaniu pełnej ochrony roślin i zwiększonego nawożenia azotem wzrost plonu ziarna wyniósł 35%. Również badania Szmigła [1999] potwierdzają tę zależność. Autor badając plonowanie pszenicy uprawianej w technologiach o różnych nakładach środków produkcji, wykazał przyrost plonu ziarna w technologii intensywnej o ponad 24% w porównaniu do technologii niskonakładowej. Kwiatkowski i in. [2006] stwierdzili, iż wyższy poziom agrotechniki, niezależnie od odmiany pszenicy stymuluje w sposób wyraźny poprawę parametrów jakościowych i zwiększa plon ziarna. Uzyskane wyniki badań wskazują na lepsze wykorzystanie potencjału plonotwórczego odmian w technologiach uprawy o większych nakładach na środki produkcji. Pod wpływem nawożenia azotem w warunkach dobrego zaopatrzenia roślin w pozostałe składniki, otrzymuje się największe przyrosty plonów i wzrasta zawartość białka w produktach roślinnych [Stankowski i in. 1999]. Oprócz technologii uprawy istotną rolę odgrywa czynnik odmianowy na co wskazują przedstawione w niniejszej pracy wyniki. Plony ziarna badanych odmian kształtowały się w zakresie od 8,93 do 10,28 t·ha⁻¹. Również wyniki badań Achremowicza i in. [1994], Borkowskiej i in. [1999] oraz Nowaka i in. [2004] wskazują na czynnik odmianowy wyraźnie różnicujący plon ziarna. W omawianych badaniach stwierdzono niejednakową reakcję poszczególnych odmian na zwiększenie intensywności uprawy. Zwyżki plonów w wyniku zastosowania technologii intensywnej wahały się w zakresie od 0,5 do 1,6 t·ha⁻¹.

Wielkość indeksu LAI zarówno w fazie kłoszenia jak i zawiązywania ziarna zależna była od przebiegu warunków pogodowych. Znacznie większe wartości wskaźnika LAI uzyskano w sezonie 2004/2005, w którym przebieg warunków pogodowych był zbliżony do przeciętnych z wielolecia. Niższe wartości wystąpiły w pozostałych latach charakteryzujących się bardzo nierównomiernym rozkładem opadów oraz wysoką średnią temperaturą powietrza w poszczególnych miesiącach sezonu 2006/2007. O istotnym wpływie warunków pogodowych na wielkość wskaźnika LAI donoszą również Biskupski i in. [2007], Faber [2000] oraz Szmigiel i Oleksy [2004]. W przeprowadzonych badaniach średnia wartość LAI wahała się od 3,8 w fazie kłoszenia do 2,3 w fazie zawiązywania ziarna. Mniejsze wartości wskaźnika LAI w fazie zawiązywania ziarna wynikały z postępującego zamierania liści. Według Spiertza i Grashofa [1995] w pszenicy ozimej, wskaźnik LAI rośnie wykładniczo po wiosennym ruszeniu wegetacji a od fazy początku strzelania w źdźbło przyrasta liniowo aż do fazy w pełni rozwiniętego liścia flagowego. Szybka redukcja powierzchni asymilacyjnej następuje od fazy kwitnienia [Bertholdsson i Stoy 1995]. Zdaniem Nieróbcy i Fabera [1996] 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. Czerednik i Nalborczyk [2000] stwierdzili, że im większy jest LAI, tym większa powinna być produkcja biomasy i plonu rolniczego, który jest ściśle uzależniony od wartości LAI. Jednak przy zbyt dużych wartościach LAI pogarszają się warunki świetlne, zaopatrzenie w CO₂ oraz wzrasta podatność na wyleganie i porażenie chorobami czy szkodnikami. Według Jamiesona i in. [1995] optymalny LAI dla roślin zbożowych w fazie kłoszenia powinien wynosić około 4. W badaniach własnych odmiany pszenicy ozimej w fazie kłoszenia osiągały wartości wskaźnika LAI zbliżone do optymalnego od 3,62 do 4,11. Ponadto odmiany które charakteryzowały się najwyższymi wartościami wskaźnika LAI w fazie kłoszenia plonowały najlepiej, a odmiany, które plonowały najniżej osiągały najmniejsze wartości wskaźnika LAI. Faber i Nieróbca [1999] wykazali, że wzrost LAI powoduje zwiększenie plonu ziarna. Na kształtowanie się wskaźnika LAI wpływa również nawożenie azotem i ochrona roślin przed agrofagami [Biskupski i in. 2004, Czerednik i Nalborczyk 2000, Szmigiel 1999]. Jończyk i Kawalec [2001] wykazali, że w systemie ekologicznym, w którym nakłady na przemysłowe środki produkcji są zdecydowanie niższe, pszenica wytwarza mniejszą powierzchnię liściową niż w systemie tradycyjnym.

W omawianym badaniach wykonano analizę korelacji pomiędzy wielkością LAI i plonem ziarna na średnich z trzech lat. Uzyskane dla obydwu badanych technologii uprawy wartości współczynników korelacji świadczą o dużej współzależności wielkości plonu ziarna oraz indeksu LAI w fazach kłoszenia i zawiązywania ziarna (tab. 5). Również Faber i Nieróbca [1999] oraz Lepiarczyk i in. [2005] wykazali wysoki dodatni związek pomiędzy LAI a plonem ziarna. Kulig i in. [2001] w oparciu o wyniki jednoroczne uzyskali stosunkowo niską korelację pomiędzy LAI w okresie kłoszenia a plonem ziarna ($r=0,35$). Natomiast Biskupski i in. [2006 i 2007] stwierdzili wysoce ujemną korelację ($-0,76$; $-0,58$) LAI z plonem ziarna. Zdaniem Szmigła [1996] LAI oznaczony w fazie strzelania w źdźbło i kłoszenia może być wskaźnikiem produktywności roślin. Autor twierdzi, że w latach sprzyjających plonowaniu pszenicy ozimej istnieje wysoka korelacja pomiędzy plonem ziarna pszenicy, a wielkością LAI w fazie strzelania w źdźbło i kłoszenia, odpowiednio 0,898 i 0,894, natomiast w latach niekorzystnych współzależności te są mniejsze (0,487 i 0,327).

WNIOSKI

1. Intensywny poziom agrotechniki w porównaniu do standardowego istotnie zwiększał plon ziarna oraz wskaźnik powierzchni liści (LAI) w fazie kłoszenia i zawiązywania ziarna.
2. Wpływ poziomu agrotechniki na wielkość plonu ziarna oraz wskaźnik LAI uzależniony był od przebiegu warunków pogodowych.
3. Odmiany pszenicy ozimej pod względem plonowania i wielkości wskaźnika LAI wykazywały indywidualną reakcję na stosowane poziomy agrotechniki.
4. Wskaźnik pokrycia liściowego (LAI) w obydwu technologiach uprawy był istotnie skorelowany z plonem ziarna; mocniejszy związek korelacyjny stwierdzono w fazie kłoszenia (0,92–0,93) niż w fazie zawiązywania ziarna (0,84–0,87).
5. W porównywanych technologiach zależność pomiędzy plonem ziarna a indeksem powierzchni liści pszenicy ozimej w fazie kłoszenia ($r^2 = 0,84–0,86$) i zawiązywania ziarna ($r^2 = 0,70–0,75$) dobrze opisuje funkcja prostoliniowa.

PIŚMIENNICTWO

- Achremowicz B., Borkowska H., Styk B. 1994. Wpływ poziomów nawożenia azotowego na plonowanie niektórych odmian pszenicy jarej. *Ann. UMCS, Sec. E* 49: 59–64.
- Bertholdsson N.O., Stoy V. 1995. Accumulation of biomass and nitrogen during plant growth in highly diverging genotypes of winter wheat. *J. Agron. Crop Sci.* 175: 167–182.
- Biskupski A., Kaus A., Włodek S., Pabin J. 2006. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na plonowanie oraz wybrane wskaźniki architektury łanu kilku odmian pszenicy jarej. *Pam. Puł.* 142: 31–41.
- 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: 29–36.
- Biskupski A., Kus A., Pabin J., Włodek S. 2004. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na wskaźnik powierzchni liści (LAI), średni kąt nachylenia liści (MTA) i plon wybranych odmian pszenicy jarej. *Ann. UMCS, Sec. E* 59 (2): 649–654.
- Borkowska H., Grundas S., Styk B. 1999. Influence of nitrogen fertilization of winter wheat on its gluten quality. *Int. Agroph.* 13: 333–335.
- Budzyński W., Borysewicz J., Bielski S. 2004. Wpływ poziomu nawożenia azotem na plonowanie i jakość technologiczną ziarna pszenicy ozimej. *Pam. Puł.* 135: 33–44.
- Czerednik A., Nalborczyk E. 2000. Współczynnik wykorzystania napromieniowania fotosyntetycznie aktywnego (RUE) – nowy wskaźnik fotosyntetycznej produktywności roślin w lanie. *Biul. IHAR* 215: 13–21.
- Drzazga T., Krajewski P., Spiss L. 2005. Tendencje w plonowaniu pszenicy jarej i ozimej na podstawie wstępnych doświadczeń hodowlanych. *Biul. IHAR* 235: 23–30.
- Faber A. 2000. Efektywność wykorzystania promieniowania świetlnego przez pszenicę ozimą na różnych glebach. *Fragm. Agron.* 17(4): 46–52.
- Faber A., Nieróbca P. 1999. Prognozowanie plonu pszenicy ozimej na podstawie indeksu powierzchni liści. *Fragm. Agron.* 16(1): 59–68.
- Jamieson P.D., Martin R.J., Francis G.S., Wilson D.R. 1995. Drought effects on biomass production and radiation-use efficiency in barley. *Field Crop Res.* 43: 77–86.
- Jończyk K., Kawalec A. 2001. Wstępna ocena przydatności wybranych odmian pszenicy ozimej do uprawy w różnych systemach produkcji roślinnej. *Biul. IHAR* 220: 35–43.
- Kukuła S., Krasowicz S. 1995. Porównywanie technologii uprawy pszenicy ozimej o różnej intensywności produkcji. *Fragm. Agron.* 12(4): 96–106.
- Kulig B., Kania S., Szafranski W., Zając T. 2001. Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na intensywność uprawy. *Biul. IHAR* 218/219: 117–126.
- Kwiatkowski C., Wesołowski M., Harasim E., Kubecki J. 2006. Plon i jakość ziarna odmian pszenicy ozimej w zależności od poziomu agrotechniki. *Pam. Puł.* 142: 277–286.
- Lepiarczyk A., Kulig B., Stępnik K. 2005. Wpływ uproszczonej uprawy roli na plonowanie oraz kształtowanie LAI wybranych odmian pszenicy ozimej w płodozmianie zbożowym. *Fragm. Agron.* 22(2): 98–105.
- Nieróbca A., Faber A. 1996. Indeks powierzchni liści jako wskaźnik stanu wegetacji oraz wielkości spodziewanego plonu pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 13(3): 54–66.
- Nowak W., Zbroszczyk T., Kotowicz L. 2004. Wpływ intensywności uprawy na niektóre cechy jakościowe ziarna odmian pszenicy. *Pam. Puł.* 135: 199–212.
- Pietkiewicz S. 1985. Wskaźnikowa analiza wzrostu roślin. *Wiad. Bot.* 29(1): 29–42.
- Pruszyński S. 1997. Znaczenie ochrony roślin w rozwoju rolniczych technologii produkcji. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 37(1): 19–26.
- Skupińska J., Włodkowski M., Włodkowska L. 1974. Ocena niektórych parametrów analizy wzrostu roślin u czterech odmianach pszenicy o różnej plenności. *Biul. IHAR* 118–119(1-2): 3–16.
- Spiertz J.H.J., Grashoff C. 1995. Agro-ecological optimisation of cereal-based cropping system. *Fragm. Agron.* 12(2): 196–205.
- Stankowski S., Piech M., Podolska G., Mazurek J. 1999. Wpływ różnych sposobów nawożenia azotem na jakość odmian pszenicy ozimej. *Pam. Puł.* 118: 405–412.

- Szmigiel A. 1996. Wpływ nawożenia azotem na powierzchnię asymilacyjną liści i plonowanie pszenicy ozimej. *Rocz. Nauk. Rol., Ser. A.* 111(3–4): 59–68.
- Szmigiel A. 1999. Wpływ technologii uprawy na plonowanie pszenicy ozimej. *Pam. Puł.* 118: 423–429.
- Szmigiel A. Oleksy A. 2004. Kształtowanie się powierzchni liści dwóch odmian pszenżyta jarego w zależności od jego udziału w mieszance z pszenicą. *Biul. IHAR* 231: 211–221.

A. OLEKSY, A. SZMIGIEL, M. KOŁODZIEJCZYK

YIELDING AND LEAF AREA DEVELOPMENT OF SELECTED WINTER WHEAT CULTIVARS DEPENDING ON TECHNOLOGY LEVEL

Summary

The paper presents the results of studies on the influence of cultivation technology on yielding and LAI index development of selected winter wheat cultivars. The investigations were conducted in 2004–2007 at the Experimental Station of the University of Agriculture in Krakow, on degraded chernozem formed from loess counted to first soil quality class and to very good wheat soil complex. Factor I was the level of cultivation technology diversified with respect of production inputs. They comprised the standard and intensive technology. Winter wheat cultivar: Finezja, Mikula, Sława, Turnia, Rywalka, Muza and Satyna were assumed as factor II. Grain yield from the tested winter wheat cultivars was diversified in the years of the experiment and depended significantly on the cultivation technology. Intensive cultivation technology increased yielding level on average by 11.9%. Among the examined cultivars, Mikula and Satyna yielded the best, respectively 10.28 and 10.16 t·ha⁻¹ independently of the cultivation measures level or the years of the experiment. Grain yields from the other cultivars were significantly lower. The tested cultivars, cultivation intensity levels and years markedly diversified leaf area index (LAI). In the 2004/2005 season, with the most favourable rainfall and air temperature, LAI reached significantly higher values than in 2006 and 2007, both at the earing stage and grain setting. Satyna and Mikula revealed the highest LAI index at the earing stage and they also produced the largest grain yields. For the other cultivars LAI index was on an approximate level between 3.62 and 3.84. At intensive level of cultivation LAI index at the earing stage was 4.06 and was by 14% higher than at the standard cultivation, whereas at the grain setting stage it reached 2.53 and was 23.3% higher. The conducted experiments revealed a significant correlation relationship between the grain yield and LAI value. The highest correlation was assessed for the grain yield and LAI index at the earing stage ($r=0.92-0.93$) whereas slightly lower at grain setting stage ($r=0.84-0.87$). Significant relationships were determined also between grain yield and leaf blade areas of a single shoot and flag leaf, respectively $r = 0.56-0.59$ and $0.42-0.55$. The relationship between grain yield and LAI at earing stage and grain setting was very well described by straight line function. The function matching was slightly better at the shooting than earing stage, determination coefficients were respectively 0.84–0.86 and 0.70–0.75.