

## REAKCJA PSZENICY JAREJ NA ZRÓŻNICOWANE NAWOŻENIE AZOTOWE ORAZ DOKARMIANIE DOLISTNE

*Wacław Jarecki, Dorota Bobrecka-Jamro, Aneta Jarecka*

Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski  
ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów  
e-mail: wacław.jarecki@wp.pl

**Streszczenie.** W latach 2012-2014 przeprowadzono ścisłe doświadczenie polowe w Wydziałowej Stacji Doświadczalnej Uniwersytetu Rzeszowskiego w Krasnem koło Rzeszowa. Celem badań było określenie reakcji pszenicy jarej na zróżnicowane nawożenie azotowe (80 i 120 kg N·ha<sup>-1</sup>) oraz dokarmianie dolistne (Plonvit zboża). Doświadczenie założono na glebie brunatnej wytworzonej z lessu, zaliczanej do klasy bonitacyjnej IIIa, kompleksu pszennego dobrego. Zmienne w latach badań warunki pogodowe wywarły duży wpływ na plonowanie pszenicy jarej. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że wyższa dawka azotu w porównaniu do niższej wpłynęła na istotne zwiększenie indeksu powierzchni liści (LAI) oraz wskaźnika zieloności liścia (SPAD). Średni kąt nachylenia liści (MTA) wyniósł 49,5° i nie był istotnie zróżnicowany. Wyższe nawożenie azotowe wpłynęło również na istotny wzrost liczby kłosów na jednostce powierzchni, wylegania roślin, MTZ, celności ziarna oraz plonu ziarna w odniesieniu do dawki niższej. Dokarmianie dolistne skutkowało istotnym zwiększeniem takich parametrów jak wskaźnik SPAD, MTZ oraz plon ziarna w porównaniu do obiektu kontrolnego. Zastosowane nawozy zmodyfikowały skład chemiczny ziarna. Zwiększona dawka azotu podwyższyła w ziarnie zawartość białka ogólnego, zaś obniżyła włókna surowego. Z kolei dokarmianie dolistne skutkowało wzrostem zawartości popiołu w ziarnie w porównaniu do kontroli.

**Słowa kluczowe:** pszenica jara, azot, dokarmianie dolistne, SPAD, LAI, MTA, elementy struktury plonu, plon, celność ziarna, skład chemiczny

### WSTĘP

Nawożenie azotem pszenicy jarej modyfikuje wielkość plonu ziarna i jego elementy składowe (Kołodziejczyk i in. 2012, Sułek i Podolska 2008) oraz wywiera duży wpływ na jakość ziarna (Cacak-Pietrzak i Sułek 2007, Sułek i Podolska 2008). Niedobór azotu ogranicza wzrost i rozwój roślin, a w efekcie

możliwości plonotwórcze, zaś jego nadmiar wpływa na zbyt intensywny wzrost roślin, zwiększa wyleganie oraz porażenie przez niektóre choroby.

Zalecane dawki i terminy nawożenia azotem pszenicy jarej uzależnione są od wielu czynników, w tym: odmiany, technologii uprawy czy warunków siedliskowych (Gąsiorowska i Makarewicz 2004). Gąsiorowska i in. (2006) zwracają uwagę, że wraz ze wzrostem dawki azotu spada produktywność 1 kg N. W uzasadnionych przypadkach można jednak zastosować pod pszenicę jarą łącznie nawet 180 kg N·ha<sup>-1</sup> (Sułek i Podolska 2008). Jest to jednak możliwe tylko w przypadku właściwego i zrównoważonego nawożenia roślin wszystkimi pozostałymi niezbędnymi makro- i mikroelementami. Nawożenie azotem należy zatem prowadzić stosowanie do potrzeb rośliny uprawnej, w odpowiednich dawkach, proporcjach i terminach (Kocoń 2005). Zalecanym uzupełnieniem nawożenia doglebowego jest dolistne dokarmianie roślin (Gąsiorowska i in. 2006, Gąsiorowska i Makarewicz 2008, Kulczycki i in. 2009ab, Orlik i in. 2005). W dotychczasowych badaniach (Jarecki i Bobrecka-Jamro 2011, Jarecki i in. 2012) wykazano jednak, że wpływ dokarmiania dolistnego na wielkość i jakość plonu pszenicy jarej nie zawsze jest jednoznaczny. Stąd ważność badań nad optymalnym nawożeniem pszenicy tak doglebowo, jak i dolistnie. Pomocne przy ustalaniu potrzeb pogłównego nawożenia azotem roślin uprawnych są współczesne techniki pomiarowe. Pozwalają one na szybką i nieniszczącą ocenę stanu plantacji, w tym między innymi: powierzchni liści (łanu) – LAI (Rachoń i Szumiło 2015, Zheng i Moskal 2009), kąta nachylenia liści – MTA (Biskupski i in. 2007, Bobrecka-Jamro i in. 2015) oraz stanu odżywienia roślin – SPAD (Hamblin i in. 2014, Kulig i in. 2009, Majchrzak i Skrzypczak 2010).

Celem badań było określenie reakcji pszenicy jarej odmiany Arabella na dwa poziomy nawożenia azotem oraz dokarmianie dolistne. W hipotezie badawczej założono, że zastosowane warianty nawożenia zmodyfikują badane parametry roślin oraz wielkość i jakość plonu ziarna.

#### MATERIAŁ I METODY

Ścisłe doświadczenie polowe z pszenicą jarą (odmiana Arabella) przeprowadzono w latach 2012-2014 w Wydziałowej Stacji Doświadczalnej Uniwersytetu Rzeszowskiego w Krasnem (50°03'N, 22°06'E) koło Rzeszowa. Był to eksperyment dwuczynnikowy, w układzie split-plot, przeprowadzony w czterech powtórzeniach. Pierwszym badanym czynnikiem były poziomy nawożenia azotem (80 i 120 kg N·ha<sup>-1</sup>) w formie saletry amonowej, a drugim dokarmianie dolistne w odniesieniu do kontroli. Do dokarmiania dolistnego użyto dwukrotnie nawozu Plonvit zboża w fazie krzewienia (BBCH 29) w dawce 1,5 dm<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup> oraz w fazie kłoszenia (BBCH 55) w dawce 1,5 dm<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>. Skład chemiczny nawozu przedstawia tabela 1.

**Tabela 1.** Skład chemiczny nawozu dolistnego  
**Table 1.** The chemical composition of foliar fertilizer

Składniki – Components	Zawartość – Content (g·dm <sup>-3</sup> )	Zawartość – Content (%)
N	195	15,0
MgO	26	2,0
SO <sub>3</sub>	59	4,5
B	0,18	0,014
Cu	11,7	0,90
Fe	10,4	0,80
Mn	14,3	1,10
Mo	0,065	0,005
Zn	13	1,00

Warunki pogodowe podano według danych Wydziałowej Stacji Meteorologicznej Uniwersytetu Rzeszowskiego.

Doświadczenie założono na glebie brunatnej wytworzonej z lessu, zaliczanej do klasy bonitacyjnej IIIa, kompleksu pszennego dobrego. Odczyn gleby był lekko kwaśny. Zawartość dostępnego fosforu była wysoka, potasu średnia, zaś magnezu średnia lub wysoka. Zawartość mikroelementów była na ogół średnia, za wyjątkiem niskiej boru w 2012 r. (tab. 2).

**Tabela 2.** Wyniki analizy gleby  
**Table 2.** Results of soil analysis

Rok Year	pH w KCl 1 mol·dm <sup>3</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe	B
		mg·100 g <sup>-1</sup>							
		mg·kg <sup>-1</sup>							
2012	6,4	18,6	19,3	7,6	3,9	272	16,8	2423	1,00
2013	5,8	19,4	17,9	7,3	3,8	155	14,8	1116	1,89
2014	6,2	18,3	19,2	6,4	4,1	185	12,3	1752	1,62

Siew zaprawionych nasion wykonano: 4.04.2012 r., 16.04.2013 r. oraz 1.04.2014 r. Norma wysiewu wyniosła 450 nasion·m<sup>-2</sup>. Zabiegi agrotechniczne przeprowadzono zgodnie z zaleceniami dla uprawy pszenicy jarej. Przedplonem był rzepak jary. Powierzchnia poletek do siewu wyniosła 12 m<sup>2</sup>, zaś do zbioru 10 m<sup>2</sup>.

Nawożenie azotowe na poziomie I podzielono na dwie dawki: przedsiewną (50 kg N·ha<sup>-1</sup>) oraz w fazie strzelania w źdźbło – BBCH 32 (30 kg N·ha<sup>-1</sup>), zaś na poziomie II na trzy dawki: przedsiewną (60 kg N·ha<sup>-1</sup>), w fazie strzelania w źdźbło – BBCH 32 (40 kg N·ha<sup>-1</sup>) oraz w fazie początku kłoszenia – BBCH 51 (20 kg N·ha<sup>-1</sup>). Nawożenie fosforem (superfosfat potrójny granulowany) i potasem (sól potasowa) zastosowano jesienią pod orkę przedzimową. Dawki fosforu (P) i potasu (K) wyniosły odpowiednio 30,5 i 74,7 kg·ha<sup>-1</sup>. Do ochrony roślin

pszenicy zastosowano: herbicyd Chwastox Extra 300 SL ( $3,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ), insektycyd Sumi – Alpha 050 EC ( $0,25 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ), fungicyd – Juwel TT 483 SE ( $1,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) oraz regulator wzrostu – Cerone 480 SL ( $0,75 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ).

Zakres badań obejmował ocenę architektury ładu (LAI – Leaf Area Index oraz MTA – Mean Tip Angle), stanu odżywienia roślin (SPAD w skali od 0 do 99,9), struktury plonu oraz wielkości i jakości plonu ziarna.

Pomiary chlorofilomierzem SPAD – 502P (Konica Minolta) wykonywano w fazie dojrzałości młecznicy (BBCH 75) na 30 liściach flagowych, zaś miernika LAI – 2000 firmy LI-COR (USA) użyto w tej samej fazie rozwojowej w godzinach porannych. Wyleganie roślin przed zbiorem podano w skali  $9^\circ$ , gdzie  $1^\circ$  oznaczało całkowite wylegnięcie ładu, zaś  $9^\circ$  brak wylegania.

Celność ziarna wyliczono po wcześniejszym wykonaniu jego separacji. Podziału ziarna na frakcje dokonano na separatorze laboratoryjnym Sortimat, Typ K (Pfeuffer). Pomiar wykonano na próbce 100 g ziarna, przy czasie wytrząsania 3 minuty i wilgotności ziarna 14,5%.

Skład chemiczny ziarna oznaczono na aparacie SPEKTROMETR FT; NIR MPA firmy Bruker. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji, określając istotność różnic testem Tukeya ( $p = 0,05$ ). Do obliczeń wykorzystano program statystyczny ANAWAL-5FR.

## WYNIKI I DYSKUSJA

W latach badań odnotowano dużą zmienność warunków pogodowych, co wywarło wpływ na uzyskiwane plony pszenicy jarej. W kwietniu, każdego roku, opady były niższe od średniej wieloletniej, co zbiegło się z terminem siewu oraz wschodów pszenicy jarej. Z kolei w czerwcu 2013 r. oraz lipcu 2014 r. sumy opadów znacząco przekroczyły średnią wieloletnią. Układ temperatur w okresie wegetacji roślin był również zmienny. W marcu 2013 r. odnotowano ujemną temperaturę powietrza przy intensywnych opadach (w tym śniegu), co opóźniło przygotowanie pola do siewu. Wysokie temperatury powietrza zarejestrowano w lipcu 2012 r. i 2014 r. oraz sierpniu 2013 r. (tab. 3). We wcześniejszych badaniach (Biskupski i in. 2004, 2007, Gąsiorowska i Makarewicz 2004, 2008, Orlik i in. 2005, Radzka i Jankowska 2015) również potwierdzono istotny wpływ warunków pogodowych na plonowanie pszenicy jarej.

Kołodziejczyk i in. (2009) oraz Woźniak i Staniszewski (2007) dodają, że warunki hydrotermiczne istotnie wpływają nie tylko na plon ziarna, ale i na główne wyróżniki jakości ziarna pszenicy jarej.

**Tabela 3.** Przebieg warunków pogodowych w latach 2012-2014  
**Table 3.** Course of the weather conditions in 2012-2014

Miesiąc Month	Opady – Precipitation (mm)				Temperatura – Temperature (°C)			
	2012	2013	2014	wielolecie long-term average	2012	2013	2014	wielolecie long-term average
III	28,5	77,2	37,8	33,71	4,19	-1,25	6,70	2,59
IV	26,1	33,9	29,9	48,27	9,73	9,39	10,10	8,89
V	56,0	87,5	92,2	78,06	14,79	9,84	14,10	13,74
VI	83,6	143,4	48,1	85,83	18,39	18,48	16,30	17,20
VII	53,5	19,2	112,4	90,55	21,34	19,33	20,10	19,14
VIII	56,3	11,0	46,8	62,67	19,04	19,58	18,10	18,35

Wyższa dawka azotu wpłynęła na istotny wzrost plonu ziarna w odniesieniu do dawki niższej. Uzyskana różnica wyniosła średnio  $0,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Najwyżej plonowała pszenica w 2014 r., zaś najniżej w 2013 r. (tab. 4). Niższe plony pszenicy uzyskane w 2013 r. wynikały z opóźnienia terminu siewu na skutek występujących w marcu ujemnych temperatur powietrza oraz intensywnych opadów. Gąsiorowska i Makarewicz (2004, 2008) oraz Sułek i Podolska (2008) otrzymali również wyższą plon ziarna pod wpływem zwiększonego nawożenia azotowego. Cacak-Pietrzak i Sułek (2007) uzasadniają, że poziom nawożenia azotem należy dostosować dla danej odmiany, co ma ważny aspekt praktyczny. Sułek i Podolska (2008) konkludują, że podział wysokich dawek azotu na trzy terminy stosowania nie daje oczekiwanych efektów plonotwórczych, wpływa natomiast na poprawę wskaźników jakości ziarna. Vidal i in. (1999) oraz Igras i Rutkowska (2009) w omawianym aspekcie podają, że dopasowanie wielkości dawek nawozów do rzeczywistych potrzeb roślin na danym polu jest możliwe po wykonaniu pomiarów SPAD. Kulig i in. (2009) stwierdzili jednak, że nawożenie pogłównne pszenicy jarej stosowane w oparciu o test SPAD wpłynęło na wzrost poziomu plonowania w niewielkim stopniu, zaś na zawartość białka w ziarnie tylko po zastosowaniu niskiej dawki przedsiewnej.

Dokarmianie dolistne oddziaływało istotnie na zwiększenie plonu ziarna w porównaniu do obiektu kontrolnego. Uzyskana wyższa plonu wyniosła średnio  $0,28 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Należy jednak zauważyć, że w 2012 roku nawóz dolistny nie modyfikował istotnie plonu ziarna (tab. 4). W omawianym roku odnotowano korzystny układ warunków pogodowych, co mogło mieć wpływ na mniejszą efektywność nawozu dolistnego. Kulczycki i in. (2009a) również potwierdzili istotny wzrost plonu ziarna pszenicy jarej pod wpływem dokarmiania dolistnego. W badaniach

Jareckiego i Bobreckiej-Jamro (2011) dokarmianie dolistne korzystnie wpłynęło na plon ziarna w odniesieniu do kontroli, jednak istotną różnicę uzyskano tylko po łącznej aplikacji mocznika z Mikrokomplexem.

**Tabela 4.** Plonowanie pszenicy jarej ( $t \cdot ha^{-1}$ )  
**Table 4.** Spring wheat yield ( $t \cdot ha^{-1}$ )

Rok Year	Dokarmianie dolistne Foliar fertilization (B)	Dawka azotu – Nitrogen dose (A)		Średnio dla Mean for B
		80 $kg \cdot ha^{-1}$	120 $kg \cdot ha^{-1}$	
2012	Kontrola – Control	5,09	6,02	5,56
	Plonvit zboża *	5,25	6,27	5,76
	Średnio dla – Mean for A	5,17	6,15	5,66
	NIR-LSD <sub>0,05</sub> dla – for: A – 0,84; B – n.i.-n.s.; AxB – n.i.-n.s.			
2013	Kontrola – Control	4,82	5,62	5,22
	Plonvit zboża	5,06	6,02	5,54
	Średnio dla – Mean for A	4,94	5,82	5,38
	NIR-LSD <sub>0,05</sub> dla – for: A – 0,78; B – 0,29; AxB – n.i.-n.s.			
2014	Kontrola – Control	5,24	6,15	5,70
	Plonvit zboża	5,59	6,40	6,00
	Średnio dla – Mean for A	5,42	6,28	5,85
	NIR-LSD <sub>0,05</sub> dla – for: A – 0,75; B – 0,27; AxB – n.i.-n.s.			
Średnio w latach Mean in the years	Kontrola – Control	5,05	5,93	5,49
	Plonvit zboża	5,30	6,23	5,77
	Średnio dla – Mean for A	5,18	6,08	5,63
NIR-LSD <sub>0,05</sub> dla – for: A – 0,77; B – 0,24; AxB – n.i.-n.s.				

n.i. – n.s. – różnice nieistotne – non-significant differences; \* – zabieg dolistnego dokarmiania preparatem Plonvit zboża - treatments with application of foliar fertiliser Plonvit zboża

Zastosowanie wyższej dawki azotu w porównaniu do niższej wpłynęło istotnie na zwiększenie liczby kłosów na jednostce powierzchni oraz MTZ. Natomiast dokarmianie dolistne wpłynęło jedynie na istotny wzrost dorodności ziarna w odniesieniu do kontroli (tab. 5). Gąsiorowska i in. (2006) uzyskali wraz ze wzrostem dawek azotu zwiększenie masy 1000 ziaren. Z kolei Gąsiorowska i Makarewicz (2004) nie wykazali różnic w MTZ pod wpływem zwiększonych dawek azotu, zaś Jarecki i Bobrecka-Jamro (2011) pod wpływem dokarmiania dolistnego. Kołodziejczyk i in. (2012) potwierdzili natomiast istotny wzrost liczby ziaren w kłosie oraz MTZ, ale tylko do poziomu nawożenia 80  $kg \cdot ha^{-1}$ .

Zwiększenie dawki azotu z 80 do 120  $kg \cdot ha^{-1}$  wpłynęło korzystnie na celność ziarna, co zostało potwierdzone statystycznie. Dokarmianie dolistne nie wywarło modyfikującego wpływu na omawiany parametr (tab. 5). Kołodziejczyk i in. (2009) nie wykazali wpływu poziomu intensywności uprawy, zaś Jarecki i Bobrecka-Jamro (2011) dokarmiania dolistnego na celność i wyrównanie ziarna pszenicy.

**Tabela 5.** Elementy struktury plonu  
**Table 5.** Yield components

Parametr Parameter	Dokarmianie dolistne Foliar fertilization (B)	Dawka azotu Nitrogen dose (A)		Średnio dla Mean for B
		80 kg·ha <sup>-1</sup>	120 kg·ha <sup>-1</sup>	
Liczba kłosów Number of ears (1 m <sup>2</sup> )	Kontrola – Control	485,5	498,0	491,8
	Plonvit zboża *	489,0	502,3	495,7
	Średnio dla – Mean for A	487,3	500,2	493,8
	NIR-LSD <sub>0,05</sub> dla – for: A – 11,95; B – n.i.-n.s.; AxB – n.i.-n.s.			
Liczba ziaren w kłosie Number of grains per ear	Kontrola – Control	27,5	30,1	28,8
	Plonvit zboża	27,9	30,5	29,2
	Średnio dla – Mean for A	27,7	30,3	29,0
	NIR-LSD <sub>0,05</sub> dla – for: A – n.i.-n.s.; B – n.i.-n.s.; AxB – n.i.-n.s.			
Masa tysiąca ziaren Thousand grain weight (g)	Kontrola – Control	38,6	40,2	39,4
	Plonvit zboża	39,6	41,3	40,5
	Średnio dla – Mean for A	39,1	40,8	40,0
	NIR-LSD <sub>0,05</sub> dla – for: A – 1,59; B – 1,02; AxB – n.i.-n.s.			
Celność ziarna Grain fraction > 2,5 mm (%)	Kontrola – Control	83	86	85
	Plonvit zboża	84	87	86
	Średnio dla – Mean for A	84	87	86
	NIR-LSD <sub>0,05</sub> dla – for: A – 2,86; B – n.i.-n.s.; AxB – n.i.-n.s.			

n.i. – n.s. – różnice nieistotne – non-significant differences; \* – patrz tabela 4 - see Table 4

Indeks powierzchni liści (LAI) był istotnie większy po zastosowaniu wyższej dawki azotu w porównaniu do dawki niższej. Uzyskana różnica wyniosła 0,96 m<sup>2</sup>·m<sup>-2</sup>. Można zatem stwierdzić, że dodatkowa dawka azotu zwiększyła masę wegetatywną roślin pszenicy.

Dokarmianie dolistne nie zmodyfikowało istotnie omawianego indeksu (tab. 6). Średnio w przeprowadzonym doświadczeniu wskaźnik LAI zmierzony w fazie dojrzałości mleczej wyniósł 2,4 m<sup>2</sup>·m<sup>-2</sup>. Woźniak (2008) największą wartość LAI uzyskał u pszenicy jarej w fazie kłoszenia, mniejszą w fazie kwitnienia, natomiast istotnie najmniejszą w fazie dojrzałości mleczej ziarniaków. W wielu badaniach (Biskupski i in. 2004, 2007; Bobrecka-Jamro i in. 2015, Rachoń i Szumiło 2015, Stankowski i in. 2014) również potwierdzono, że zwiększone nawożenie pszenicy jarej wpływa dodatnio na wskaźnik powierzchni liści (LAI). Biskupski i in. (2004, 2007) wykazali jednak ujemną korelację między plonem ziarna a powierzchnią liści. Zdaniem wymienionych Autorów przy zbyt dużych wartościach LAI pogarszają się warunki świetlne i zaopatrzenie w CO<sub>2</sub> oraz wzrasta podatność na wyleganie i porażenie chorobami czy szkodnikami.

Średni kąt nachylenia liści (MTA) wyniósł 49,5°. Zróżnicowane nawożenie azotem oraz dokarmianie dolistne nie wywarły istotnego wpływu na uzyskane

wartości pomiarów MTA (tab. 6). Biskupski i in. (2004) również nie dowiedli wpływu nawożenia azotem na wskaźnik MTA. Wykazali natomiast, że odmiany o dużym kącie nachylenia liści odznaczają się mniejszym plonem, natomiast odmiany o małym kącie – plonem wyższym. Jarecki i in. (2014) po zastosowaniu intensywnego poziomu agrotechniki ( $A_2$ ), w porównaniu do niższego ( $A_1$ ), uzyskali wyższe wartości nie tylko wskaźnika MTA, ale również SPAD i LAI.

**Tabela 6.** Pomiary polowe łąnu (średnia 2012-2014)

**Table 6.** Field measurements of the stand (mean of 2012-2014)

Parametr Parameter	Dokarmianie dolistne Foliar fertilization (B)	Dawka azotu–Nitrogen dose (A)		Średnio dla Mean for B
		80 kg·ha <sup>-1</sup>	120 kg·ha <sup>-1</sup>	
LAI (m <sup>2</sup> ·m <sup>-2</sup> )	Kontrola – Control	1,91	2,85	2,38
	Plonvit zboża *	1,93	2,91	2,42
	Średnio dla – Mean for A	1,92	2,88	2,40
	NIR-LSD <sub>0,05</sub> dla – for: A – 0,88; B – n.i.-n.s.; AxB – n.i.-n.s.			
MTA (°)	Kontrola – Control	48	50	49
	Plonvit zboża	48	52	50
	Średnio dla – Mean for A	48	51	49,5
	NIR-LSD <sub>0,05</sub> dla – for: A – n.i.-n.s.; B – n.i.-n.s.; AxB – n.i.-n.s.			
SPAD	Kontrola – Control	42,4	45,1	43,8
	Plonvit zboża	42,9	47,9	45,4
	Średnio dla – Mean for A	42,7	46,5	44,6
	NIR-LSD <sub>0,05</sub> dla – for: A – 3,65; B – 1,48; AxB – n.i.-n.s.			
Stopień wylegania Lodging degree	Kontrola – Control	8,0	7,5	7,8
	Plonvit zboża	8,1	7,7	7,9
	Średnio dla – Mean for A	8,1	7,6	7,9
	NIR-LSD <sub>0,05</sub> dla – for: A – 0,46; B – n.i.-n.s.; AxB – n.i.-n.s.			

n.i. – n.s. – różnice nieistotne – non-significant differences; \* – patrz tabela 4 - see Table 4

Wskaźnik zieloności liścia (SPAD) przyjął istotnie większe wartości pod wpływem zastosowania wyższej dawki azotu w porównaniu do niższej. Świadczy to o zróżnicowanym stanie odżywienia roślin, co przełożyło się na zmienny plon nasion. Dokarmianie dolistne wpłynęło również istotnie na zwiększenie wartości wskaźnika SPAD (tab. 6). Bobrecka-Jamro i in. (2015) we wcześniejszych badaniach potwierdzili, że wyższy poziom nawożenia NPK wpływa na istotny wzrost wskaźnika SPAD. Wielu autorów (Martínez i Guiamet 2004, Tremblay i in. 2010, Zebarth i in. 2007) podaje, że pomiary SPAD mogą być przydatne do oceny stanu odżywienia roślin, potrzeb nawożenia pogłównego azotem, a tym samym optymalizacji plonu ziarna. Dodają jednak, że aby pomiary były miarodajne, muszą być spełnione ściśle określone warunki. Velasco i in. (2012) dodatkowo wskazują na aspekt ekonomiczny oraz środowiskowy ustalania dawek azotu w oparciu o pomiary SPAD.



Wyleganie roślin było istotnie większe na obiekcie nawożonym wyższą dawką azotu w porównaniu do obiektu z dawką niższą. Dokarmianie dolistne nie zróżnicowało istotnie wylegania roślin (tab. 6). Jarecki i Bobrecka-Jamro (2012) nie wykazali istotnego wpływu zmiennych dawek azotu na wyleganie roślin.

Zastosowane nawożenie azotowe zmodyfikowało skład chemiczny ziarna. Wyższa dawka azotu wpłynęła na istotny wzrost zawartości białka ogólnego w ziarnie, zaś zmniejszenie zawartości włókna surowego. Wielu autorów (Gąsiorowska i Makarewicz 2008, Kołodziejczyk i in. 2009, Kulig i in. 2009, Orlik i in. 2005) potwierdziło również, że pszenica jara reaguje wzrostem zawartości białka w ziarnie na wzrastające dawki nawożenia azotem. Kołodziejczyk i in. (2009) dodają jednak, że ta zależność jest znacznie zróżnicowana dla poszczególnych odmian.

W badaniach własnych dokarmianie dolistne skutkowało jedynie wzrostem zawartości popiołu w ziarnie w porównaniu do kontroli (tab. 7).

**Tabela 7.** Skład chemiczny ziarna (% s.m.)

**Table 7.** Chemical composition of grain (% d.m.)

Składnik Component	Dokarmianie dolistne Foliar fertilization (B)	Dawka azotu–Nitrogen dose (A)		Średnio dla Mean for B
		80 kg·ha <sup>-1</sup>	120 kg·ha <sup>-1</sup>	
Białko ogólne Total protein	Kontrola – Control	14,28	15,42	14,85
	Plonvit zboża *	14,91	15,99	15,45
	Średnio dla – Mean for A	14,60	15,71	15,15
	NIR-LSD <sub>0,05</sub> dla – for: A – 1,06; B – n.i.-n.s.; AxB – n.i.-n.s.			
Tłuszcz Fat	Kontrola – Control	2,14	2,10	2,12
	Plonvit zboża	2,11	2,05	2,08
	Średnio dla – Mean for A	2,13	2,08	2,10
	NIR-LSD <sub>0,05</sub> dla – for: A – n.i.-n.s.; B – n.i.-n.s.; AxB – n.i.-n.s.			
Popiół całkowity Total ash	Kontrola – Control	1,48	1,42	1,45
	Plonvit zboża	1,63	1,59	1,61
	Średnio dla – Mean for A	1,56	1,51	1,53
	NIR-LSD <sub>0,05</sub> dla – for: A – n.i.-n.s.; B – 0,14; AxB – n.i.-n.s.			
Włókno surowe Crude fibre	Kontrola – Control	14,22	11,94	13,08
	Plonvit zboża	13,12	12,92	13,02
	Średnio dla – Mean for A	13,67	12,43	13,05
	NIR-LSD <sub>0,05</sub> dla – for: A – 1,18; B – n.i.-n.s.; AxB – n.i.-n.s.			
Skrobia Starch	Kontrola – Control	65,09	65,05	65,07
	Plonvit zboża	65,07	64,97	65,02
	Średnio dla – Mean for A	65,08	65,01	65,05
	NIR-LSD <sub>0,05</sub> dla – for: A – n.i.-n.s.; B – n.i.-n.s.; AxB – n.i.-n.s.			

n.i. – n.s. – różnice nieistotne – non-significant differences; \* – patrz tabela 4 - see Table 4

Zawarte w nawozie dolistnym mikroelementy spowodowały zatem większą ich koncentrację w ziarnie. Jarecki i Bobrecka-Jamro (2011) oraz Kulczycki i in. (2009b) wykazali modyfikujący wpływ nawozów dolistnych na skład chemiczny ziarna pszenicy jarej.

#### WNIOSKI

1. Wyższy poziom nawożenia azotem w odniesieniu do niższego wpłynął istotnie na zwiększenie: indeksu powierzchni liści (LAI), wskaźnika zieloności liścia (SPAD), liczby kłosów na jednostce powierzchni, wylegania roślin, MTZ, celności ziarna oraz plonu ziarna. Na uzyskiwane plony ziarna znaczący wpływ wywarły również zmienne w latach warunki pogodowe.

2. Dokarmianie dolistne wpłynęło na istotny wzrost wskaźnika SPAD, MTZ oraz plonu ziarna w odniesieniu do kontroli.

3. Pod wpływem zwiększonej dawki azotu wzrosła w ziarnie zawartość białka ogólnego, zaś obniżyła się włókna surowego. Dokarmianie dolistne wpłynęło na istotne zwiększenie zawartości popiołu w ziarnie.

#### PIŚMIENNICTWO

- Biskupski A., Kaus 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. *Annales UMCS, Sec. E*, 59(2), 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. *Inżynieria Rolnicza*, 3(91), 29-36.
- Bobrecka-Jamro D., Jarecka A., Jarecki W., 2015. Response of some spring wheat cultivars to diverse mineral NPK fertilization. *Acta Sci. Pol. Agricultura*, 14(2), 3-13.
- Cacak-Pietrzak G., Sułek A., 2007. Wpływ poziomu nawożenia azotem na plonowanie i jakość technologiczną ziarna pszenicy jarej. *Biul. IHAR*, 245, 47-55.
- Gąsiorowska B., Makarewicz A., 2004. Wpływ nawożenia azotowego na plonowanie pszenicy jarej. *Annales UMCS, Sec. E*, 59(2), 713-719.
- Gąsiorowska B., Makarewicz A., 2008. Wpływ nawożenia dolistnego na plony i jakość ziarna pszenicy jarej. *Annales UMCS, Sec. E*, 63(4), 87-95.
- Gąsiorowska B., Makarewicz A., Nowosielska A., Rymuza K., 2006. Efektywność produkcyjna nawożenia azotem różnych odmian pszenicy jarej. *Pam. Puł.*, 142, 117-125.
- Hamblin J., Stefanova K., Angessa T.T., 2014. Variation in chlorophyll content per unit leaf area in spring wheat and implications for selection in segregating material. *PLoS ONE*, 9(3), e92529.
- Igras J., Rutkowska A., 2009. Zintegrowany system nawożenia pszenicy jarej. (W:) pod redakcją Korbasa M. i Mrówczyńskiego M. *Integrowana produkcja pszenicy ozimej i jarej*. IOR-BIP Poznań, 55-58.
- Jarecki W., Bobrecka-Jamro D., 2011. Reakcja pszenicy jarej odmiany Parabola na dolistne dokarmianie mocznikiem i Mikrokompleksem. *Biul. IHAR*, 262, 39-46.

- Jarecki W., Bobrecka-Jamro D., 2012. Wpływ zróżnicowanych dawek azotu na plonowanie pszenicy jarej. *Biul. IHAR*, 265, 3-10.
- Jarecki W., Bobrecka-Jamro D., Buczek J., 2012. Wpływ ilości wysiewu ziarna i dokarmiania dolistnego mocznikiem na wielkość i jakość plonu pszenicy jarej. *Fragm. Agron.*, 29(1), 34-40.
- Jarecki W., Buczek J., Bobrecka-Jamro D., 2014. Reakcja pszenicy jarej odmiany Kandela na zróżnicowaną intensywność uprawy. *Fragm. Agron.*, 31(3), 58-65.
- Kocoń A., 2005. Nawożenie jakościowej pszenicy jarej i ozimej a plon i jakość ziarna. *Pam. Puł.*, 139, 55-64.
- Kołodziejczyk M., Szmigiel A., Kulig B., 2012. Plonowanie pszenicy jarej w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem oraz stosowania mikrobiologicznych preparatów poprawiających właściwości gleby. *Fragm. Agron.*, 29(1), 60-69.
- Kołodziejczyk M., Szmigiel A., Oleksy A., 2009. Wpływ intensywności uprawy na zawartość białka oraz wybrane cechy fizyczne ziarna pszenicy jarej. *Fragm. Agron.*, 26(4), 55-64.
- Kulczycki G., Januszkiewicz R., Jachymczak A., 2009a. Wpływ dolistnego nawożenia fosforem z dodatkiem mikroelementów na plon i skład chemiczny pszenicy jarej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 541, 281-290.
- Kulczycki G., Januszkiewicz R., Jachymczak A., 2009b. The effect of foliar applied fertilizer ekolist on the yield and chemical composition of spring wheat. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Rolnictwo*, 574(95), 19-28.
- Kulig B., Oleksy A., Zając T., 2009. Wpływ sposobu uprawy roli i nawożenia azotem na plonowanie pszenicy jarej. *Fragm. Agron.*, 26(4), 81-94.
- Majchrzak L., Skrzypczak G., 2010. Wpływ systemu uprawy roli oraz międzyplonu ścierniskowego na właściwości fizyczne gleby i plonowanie pszenicy jarej. *Annales UMCS, Sec. E*, 65(2), 1-9.
- Martínez D., Guiamet J., 2004. Distortion of the SPAD 502 chlorophyll meter readings by changes in irradiance and leaf water status. *Agronomie, EDP Sciences*, 24(1), 41-46.
- Orlik T., Wesołowska-Janczarek M., Marzec M., 2005. Porównanie wpływu dolistnego dokarmiania i nawożenia doglebowego na plonowanie zbóż w terenach erodowanych. *Acta Agrophysica*, 5(2), 367-375.
- Rachoń L., Szumiło G., 2015. Zmienność wskaźnika powierzchni liści (LAI) w zależności od genotypu pszenicy i intensyfikacji technologii uprawy. *Annales UMCS, Sec. E*, 70(1), 33-39.
- Radzka E., Jankowska J., 2015. Wpływ warunków hydrotermicznych na plonowanie pszenicy jarej w środkowo-wschodniej Polsce (1975-2005). *Acta Agrophysica*, 22(3), 269-277.
- Stankowski S., Hury G., Gibczyńska M., Jurgiel-Malecka G., 2014. Wpływ stosowania wapna, popiołu z biomasy i kompostu oraz preparatu EM na plonowanie i komponenty plonu pszenicy. *Inżynieria Ekologiczna*, 38, 17-25.
- Sułek A., Podolska G., 2008. Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy jarej odmiany Nawra w zależności od dawki i terminu stosowania azotu. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 7(1), 103-110.
- Tremblay N., Wang Z., Bélec, C., 2010. Performance of dualox in spring wheat for crop nitrogen status assessment, yield prediction and estimation of soil nitrate content. *Journal of Plant Nutrition*, 33(1), 57-70.
- Velasco, J. L., Rozas, H. S., Echeverría, H. E. and Barbieri, P. A., 2012. Optimizing fertilizer nitrogen use efficiency by intensively managed spring wheat in humid regions: Effect of split application. *Can. J. Plant Sci.*, 92, 847-856.
- Vidal I., Longeri L., Marie H'etier J., 1999. Nitrogen uptake and chlorophyll meter measurements in Spring Wheat. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 55, 1-6.

- Woźniak A., 2008. Wpływ zróżnicowanego udziału pszenicy jarej w zmianowaniu na indeks powierzchni liści (LAI). *Acta Agrophysica*, 12(1), 269-276.
- Woźniak A., Staniszewski M., 2007. Wpływ warunków pogodowych na jakość technologiczną ziarna pszenicy jarej cv. Opatka i pszenicy ozimej cv. Korweta. *Acta Agrophysica*, 9(2), 525-540.
- Zebarth B.J., Botha E.J. Rees, H., 2007. Rate and time of fertilizer nitrogen application on yield, protein and apparent efficiency of fertilizer nitrogen use of spring wheat. *Can. J. Plant Sci.*, 87, 709-718.
- Zheng G., Moskal L. M., 2009. Retrieving leaf area index (LAI) using remote sensing: theories, methods and sensors. *Sensors*, 9(4), 2719-2745.

## REACTION OF SPRING WHEAT TO DIFFERENTIATED NITROGEN FERTILIZATION AND FOLIAR FEEDING

*Wacław Jarecki, Dorota Bobrecka-Jamro, Aneta Jarecka*

Department of Plant Production, Faculty of Biology and Agriculture, University of Rzeszów  
ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów  
e-mail: wacław.jarecki@wp.pl

**Abstract.** In the years 2012-2014 a strict field experiment was conducted at the Faculty Experimental Station of the Rzeszów University in Krasne near Rzeszów. The goal was to specify the reaction of spring wheat to differentiated nitrogen fertilisation (80 and 120 N kg·ha<sup>-1</sup>) and to foliar feeding (Plonvit zboża). The experiment was conducted on a brown soil originating from loess, classified in valuation class IIIa of the good wheat complex. Changing weather conditions during the experiment period influenced the yields of spring wheat. On the grounds of obtained results it was noted that the higher dose of nitrogen caused a considerable increase of leaf area index (LAI) and SPAD indicator. The average inclination angle (MTA) amounted to 49.5° and was not considerably modified. Higher nitrogen fertilisation increased the number of ears on the area unit, lodging of plants, MTZ, grain plumpness and grain yield as compared with the lower doses. Foliar feeding resulted in a considerable increase of such parameters as SPAD index, MTZ and grain yield as compared with control sample. The fertilisers applied modified the chemical composition of grain. Increased dose of nitrogen increased the amount of general albumen in grain and lowered the amount of raw fibre. Foliar feeding resulted in an increase of amount of ashes in grain as compared with control sample.

**Keywords:** spring wheat, nitrogen, foliar feeding, SPAD, LAI, MTA, yield components, yield, grain fraction, chemical composition