

## WPLYW NAWOŻENIA AZOTEM NA ELEMENTY SKŁADOWE PLONÓW, ZAWARTOŚĆ MAKROSKŁADNIKÓW ORAZ WSKAŹNIKI TECHNOLOGICZNE W ZIARNIE CZTERECH ODMIAN PSZENICY OZIMEJ (*TRITICUM AESTIVUM* SSP. *VULGARE*)

KATARZYNA WOJTKOWIAK<sup>1</sup>, ARKADIUSZ STĘPIEŃ<sup>2</sup>, KRZYSZTOF ORZECH<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Katedra Podstaw Bezpieczeństwa, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,  
ul. Heweliusza 10, 10-718 Olsztyn*

<sup>2</sup>*Katedra Agroekosystemów, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, pl. Łódzki 3, 10-718 Olsztyn*

**Synopsis.** Doświadczenie polowe przeprowadzono w Zakładzie Dydaktyczno-Doświadczalnym w Tomaszku (53°72' N, 20°42' E) w latach 2014–2016. W badaniach wykorzystano cztery odmiany pszenicy ozimej (Bogatka, KWS Ozon, Sailor i Smuga), zalecane do uprawy w warunkach północno-wschodniej Polski. Zróżnicowano również nawożenia azotem – 150 lub 200 kg N·ha<sup>-1</sup>. Stwierdzono wpływ odmian na plonowanie pszenicy. Wysokim plonom ziarna odmiany KWS Ozon i Bogatka, nie odpowiadał proporcjonalny plon białka. Czynniki doświadczenia nie wpływały na zawartość Mg i Ca w ziarnie pszenicy ozimej. Wyższa dawka azotu (200 kg N·ha<sup>-1</sup>) sprzyjała zwiększeniu zawartości P w ziarnie, która była dodatnio skorelowana z wyróżnikami jakości technologicznej ziarna (zawartość białka, zawartość glutenu, wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego, gęstość ziarna w stanie zsypanym) oraz długością źdźbła. Stwierdzono niewielki wpływ odmian i wielkości dawki azotu na cechy technologiczne ziarna. Zwiększenie nawożenia azotem z 150 do 200 kg·ha<sup>-1</sup> spowodowało wzrost wartości wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego w ziarnie. Spośród ocenianych odmian najkorzystniejszymi wskaźnikami jakości technologicznej ziarna charakteryzowała się odmiana Smuga.

**Słowa kluczowe:** plon ziarna, plon białka, jakość ziarna, makroelementy, nawożenie azotem, odmiany pszenicy

### WSTĘP

Pszenica (*Triticum* L.) jest jedną z najstarszych roślin uprawnych, zajmującą nadal wysoką pozycję na rynku żywnościowym. Fenomen pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*), gatunku który wyparł historyczne formy pszenicy, wynika z wysokiego poziomu plonowania [Stępień i in. 2016], cennego składu chemicznego [Rachoń i in. 2015] oraz wyjątkowych właściwości wypiekowych [Cacak-Pietrzak i in. 2013, Pruska-Kędzior i in. 2008]. Postęp biologiczny sprawił, że nowe odmiany pszenicy charakteryzują się większą stabilnością plonowania i są przystosowane do warunków klimatycznych panujących w danym regionie. Wybór odmiany należy do nienakładowych czynników wpływających na plonowanie roślin uprawnych, ale musi być powiązany z optymalnie dobraną technologią uprawy oraz panującymi warunkami siedliskowymi. Jednym z głównych czynników plonotwórczych w uprawie wszystkich roślin jest nawożenie azotem [Piekarczyk i in. 2011, Stępień i in. 2016, Sułek 2017, Ravier i in. 2017]. Niedobór tego składnika w glebie może ograniczać plonowanie roślin uprawnych, a nieumiejętne

<sup>2</sup> Adres do korespondencji – *Corresponding address*: arkadiusz.stepien@uwm.edu.pl

jego zastosowanie (niewłaściwe dopasowanie do wymagań roślin i siedliska) może stanowić zagrożenie dla środowiska naturalnego [Kuś i in. 2007, Shanahan i in. 2008] oraz zwiększać koszty nawożenia [Sztuder i Kaus 2007]. Ustalając poziom nawożenia azotem oraz decydując się na wybór formy nawozu, obok wysokości założonego plonu należy uwzględnić jakość i przeznaczenie rośliny. Warunki siedliskowe, genotyp i elementy agrotechniczne są ważne dla produkcji ziarna o dobrej jakości wypiekowej [Johansson i in. 2004, Piekarczyk i in. 2011, Sułek 2017].

Celem pracy była ocena wpływu nawożenia azotem na plonowanie, elementy składowe plonu, plon białka, zawartość składników mineralnych i wskaźniki technologiczne w ziarnie czterech odmian pszenicy ozimej.

## MATERIAŁ I METODY

Pszenicę ozimą (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*) uprawiano w 3 sezonach wegetacyjnych (2013/2014, 2014/2015 i 2015/2016) w Zakładzie Dydaktyczno-Doświadczalnym w Tomaszowie (53°72' N; 20°42' E). Doświadczenie przeprowadzono metodą losowanych bloków, w trzech powtórzeniach, na glebie płowej o składzie granulometrycznym gliny średniej pyłastej, kompleksu 4, klasy IIIb. Gleba charakteryzowała się:  $pH_{KCl} = 5,7$ , zawartością  $N_{ogól.} = 0,97$  g·kg<sup>-1</sup>, średnią zawartością C (10,1 g·kg<sup>-1</sup>), K (145,3 mg·kg<sup>-1</sup>) i Mg (68,7 mg·kg<sup>-1</sup>) oraz wysoką zawartością P (83,3 mg·kg<sup>-1</sup>).

Pszenicę ozimą uprawiano z uwzględnieniem dwóch dawek azotu:

1) 150 kg N·ha<sup>-1</sup> (dawka średniointensywna w technologii uprawy pszenicy w Polsce), według schematu:

- 40 kg N·ha<sup>-1</sup> – mocznik 46% (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>), przedsiewnie;
- 70 kg N·ha<sup>-1</sup> – saletra amonowa 34% (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>), w czasie ruszania wegetacji (BBCH 29), doglebowo;
- 30 kg N·ha<sup>-1</sup> – saletra amonowa 34% w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 30–31), doglebowo;
- 10 kg N·ha<sup>-1</sup> – mocznik 46%, w fazie kłoszenia (BBCH 51–52), dolistnie 10% roztwór;

2) 200 kg N·ha<sup>-1</sup> (dawka intensywna w technologii uprawy pszenicy w Polsce), według schematu:

- 40 kg N·ha<sup>-1</sup> – mocznik 46%, przedsiewnie;
- 80 kg N·ha<sup>-1</sup> – saletra amonowa 34% w czasie ruszania wegetacji, (BBCH 29), doglebowo;
- 60 kg N·ha<sup>-1</sup> – saletra amonowa 34%, w fazie strzelania w źdźbło, (BBCH 30–31), doglebowo;
- 20 kg N·ha<sup>-1</sup> – mocznik 46%, w fazie kłoszenia, (BBCH 51–52), dolistnie 10% roztwór.

Na wszystkich obiektach badawczych przedsiewnie zastosowano 70 kg·ha<sup>-1</sup> fosforu oraz 100 kg·ha<sup>-1</sup> potasu.

W badaniach uwzględniono cztery odmiany pszenicy (Bogatka, KWS Ozon, Sailor i Smuga), zalecane do uprawy w warunkach północno-wschodniej Polski [COBORU 2016].

Wielkość poletek wynosiła 9,90 m<sup>2</sup>, a powierzchnia do zbioru wynosiła 8,00 m<sup>2</sup>; przedplonem było pszenżyto ozime. Pszenicę ozimą wysiano w obsadzie 550 ziaren·m<sup>-2</sup>, w rozstawie rzędów 12 cm. Zabiegi uprawy roli obejmowały podorywkę wykonaną tuż po zbiorze przedplonu. Przed siewem pszenicy ozimej wykonano orkę przedsiewną i bronowanie. Tuż przed

siewem na wszystkich obiektach w celu wymieszania nawozów mineralnych, przygotowania roli do siewu oraz samego siewu zastosowano agregat uprawowo-siewny. Chwasty niszczone za pomocą herbicydów. Ochrony przed szkodnikami i chorobami nie przeprowadzano.

Plony ziarna pszenicy określono przy wilgotności 15%. Fosfor w ziarnie oznaczono metodą wanadowo-molibdenową, potas i wapń – metodą emisyjnej spektrometrii atomowej (ESA), magnez metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) we wcześniej mineralizowanym materiale w  $H_2SO_4$  z dodatkiem  $H_2O_2$  jako utleniacza. Zawartość białka, glutenu mokrego, skrobi, wskaźnik sedymentacji Zeleny’ego, twardość ziarna oraz gęstość ziarna w stanie zsypanym, określono przy użyciu aparatu NIR System Infratec 1241 Analyzer (FOSS), który wykonuje pomiary transmisyjne fal w zakresie bliskiej podczerwieni (570 – 1050 nm).

Średnia temperatura powietrza w latach badań (2013/2014, 2014/2015 i 2015/2016), w okresie wegetacyjnym pszenicy (od września do sierpnia) była zbliżona ( $8,5^{\circ}C$ ) i wyższa o  $0,6^{\circ}C$  w porównaniu do średnich temperatur z wielolecia (1981–2010), (tab. 1). Znaczące różnice odnotowano w ilości opadów. W sezonie wegetacyjnym 2014–2015 opady były niższe (429,1 mm) w porównaniu do określonych w pozostałych latach badań, jak i średnich z wielolecia. Niedobory opadów odnotowano w okresie jesiennym (od września do października 2014 roku) jak i w okresie wiosenno-letnim (od maja do czerwca 2015 roku). Znacznie mniejsze od średnich z wielolecia miesięczne sumy opadów notowano także od kwietnia do sierpnia 2014 roku.

Tabela 1. Warunki pogodowe w latach 2013–2016

Table 1. Weather conditions in 2013–2016

Miesiące Months	Temperatura – Temperature ( $^{\circ}C$ )				Opady – Rainfall (mm)			
	2013–2014	2014–2015	2015–2016	1981–2010	2013–2014	2014–2015	2015–2016	1981–2010
IX	11,3	13,6	13,5	12,8	101,1	25,9	63,8	56,9
X	8,9	8,7	6,1	8,0	16,0	15,1	19,4	42,6
XI	5,0	3,7	4,8	2,9	18,0	34,0	84,5	44,8
XII	2,3	-0,4	3,4	-0,9	27,7	61,8	56,6	38,2
I	-4,0	0,4	-4,0	-2,4	48,4	46,8	24,7	36,4
II	1,2	0,5	2,3	-1,7	8,1	6,8	57,1	24,2
III	5,1	4,2	3,0	1,8	57,7	45,1	21,6	32,9
IV	8,8	6,7	7,4	7,7	26,0	38,2	28,8	33,3
V	13,0	11,8	13,7	13,5	32,7	29,7	56,9	58,5
VI	14,4	15,5	17,1	16,1	50,8	29,5	69,3	80,4
VII	20,4	17,5	18,1	18,7	37,3	81,9	130,4	74,2
VIII	17,1	19,8	17,1	17,9	86,1	14,3	70,4	59,4

Wyniki badań dotyczące plonu i wybranych wskaźników analizowano statystycznie w oparciu o 2-czynnikową analizę wariancji. Istotność różnic między średnimi testowano za pomocą testu Tukeya, na poziomie istotności  $p \leq 0,05$ . Określono także zależności, wyrażone współczynnikiem korelacji Pearsona ( $r$ ), pomiędzy plonem ziarna, plonem białka, jakością technologiczną

ziarna, elementami składowymi plonu i zawartością składników mineralnych. Do wykonania obliczeń i analiz statystycznych wykorzystano program Excel oraz pakiet statystyczny Statistica 13.0 [StatSoft Polska, Kraków, 2017].

## WYNIKI I DYKUSJA

W celu uzyskania wysokich plonów ważne jest aby liść flagowy był jak najdłużej zdolny do przeprowadzania procesów fotosyntezy [Bogard i in. 2011, Rakowski 2003]. W badaniach własnych indeks zieloności liścia flagowego (SPAD) pszenicy ozimej był zależny od testowanej odmiany jak i poziomu nawożenia azotem (tab. 2). Wartości indeksu SPAD były najwyższe dla liścia flagowego odmian KWS Ozon i Smuga. Zwiększenie nawożenia azotem z 150 do 200 kg·ha<sup>-1</sup> wpłynęło na wzrost indeksu zieloności liścia flagowego od 2,8% (odmiana Bogatka) do 9,3% (odmiana Sailor).

Tabela 2. Indeks zieloności liścia flagowego (SPAD) oraz wybrane cechy biometryczne i elementy składowe plonu

Table 2. Green flag leaf index (SPAD) and some biometric parameters and yield components

Parametry Parameters	Dawka N Rate of N (kg·ha <sup>-1</sup> )	Odmiany – Varieties				Średnia Mean
		Bogatka	KWS Ozon	Sailor	Smuga	
Indeks zieloności liścia flagowego/Green flag leaf index (SPAD)	150	45,9 bc	48,1 ab	44,1 c	46,9 b	46,2 B
	200	47,2 ab	49,7 a	48,2 ab	50,0 a	48,7 A
	średnia mean	46,6 B	48,9 A	46,1 B	48,2 A	-
Długość źdźbła/Lengh of steam (cm)	150	76,6	66,0	77,8	74,1	73,6
	200	82,5	64,8	76,3	83,3	76,7
	średnia mean	79,5	65,4	77,0	78,7	-
Długość kłosa/Length of spike (cm)	150	6,92	8,14	7,41	8,34	7,70
	200	7,07	6,69	7,38	9,12	7,56
	średnia mean	7,00 B	7,42 AB	7,39 AB	8,73 A	-
Liczba ziaren w kłosie/ Number of grains per spike	150	27,7	30,1	34,3	28,3	30,1
	200	29,9	31,5	31,9	36,5	32,5
	średnia mean	28,8	30,8	33,1	32,4	-
Masa ziaren z kłosa/ Weight of grains per spike (g)	150	1,48	1,35	1,66	1,23	1,43
	200	1,63	1,54	1,45	1,64	1,56
	średnia mean	1,55	1,44	1,55	1,44	-

*a, b, c, ...A, B...* średnie w wierszach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie ( $\alpha < 0,05$ ) – means in rows followed by the same letter are insignificant ( $\alpha < 0.05$ )

Według Elía i in. [2016], Slafer i in. [2014] maksymalne plony uzyskuje się najczęściej przy przeciętnych wartościach wszystkich elementów składowych plonu. Analizując komponenty plonu, czynnik odmianowy decydował statystycznie istotnie jedynie o długości kłosa; a najdłuższy uzyskano uprawiając odmianę Smuga (tab. 2). Zwiększenie poziomu nawożenia azotem z 150 do 200 kg·ha<sup>-1</sup> nie miało wpływu na składowe plonu (tab. 2). Według Brzozowskiej i in. [2008] nawożenie azotem może wywierać korzystny wpływ na elementy składowe plonu (liczba ziaren w kłosie, masa 1000 ziaren), ale przeważnie bez istotnego zróżnicowania pomiędzy dawkami nawozów azotowych. Zróżnicowane elementy składowe plonu pszenicy ozimej pod wpływem technologii uprawy przedstawiono też w pracach Buczek i Bobrecka-Jamro [2015], Elía i in. [2016], Murawska i in. [2014], Slafer i in. [2014], Weber i in. [2017].

Niezależnie od poziomu nawożenia azotem najwyższe plonującymi odmianami pszenicy była KWS Ozon i Bogatka, a najniższe Sailor i Smuga (tab. 3). Były to plony ziarna niższe o 22% w porównaniu ze stwierdzonymi w badaniach COBORU [2016], które przeprowadzono na podobnym, wysokim poziomie agrotechnicznym. Wysokim plonom ziarna odmiany KWS Ozon i Bogatka, nie odpowiadała proporcjonalny plon białka, co wynikało z niższej zawartości białka w ziarnie. Testowane odmiany reagowały niewielkim zwiększeniem plonu pod wpływem zwiększenia nawożenia azotem do 200 kg N·ha<sup>-1</sup>.

Tabela 3. Plon ziarna i białka  
Table 3. Grain and protein yield

Zmienne Variables	Dawka N Rate of N (kg·ha <sup>-1</sup> )	Odmiany – Varieties				Średnia Mean
		Bogatka	KWS Ozon	Sailor	Smuga	
Plon ziarna/Yield of grain (t·ha <sup>-1</sup> )*	150	7,85 a	7,73 a	6,69 b	6,64 b	7,22
	200	7,92 a	8,35 a	7,00 ab	7,22 ab	7,62
	średnia mean	7,88 A	8,04 A	6,84 B	6,94 B	-
Plon białka/Yield of protein (kg·ha <sup>-1</sup> )	150	741	656	744	726	716
	200	819	736	878	875	827
	średnia mean	780	696	811	800	-

\* wyniki plonów ziarna opublikowane w Wojtkowiak i in. [2018] – yield results published in Wojtkowiak et al. [2018]  
a, b, c, ...A, B... średnie w wierszach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie ( $\alpha < 0,05$ ) – means in rows followed by the same letter are insignificant ( $\alpha < 0,05$ )

Dynamika pobierania składników mineralnych (makro i mikroelementów) zależy od gatunku rośliny uprawnej [Ciołek i in. 2012], odmiany [Korzeniowska i in. 2015], warunków siedliskowych [Gao i in. 2012] i elementów agrotechnicznych [Woźniak i Stępniewska 2017]. Według Ciołek i in. [2012] ziarno pszenicy uprawiane w technologii średniointensywnej zawiera: 5,66 mg K·kg<sup>-1</sup>, 0,25 mg Ca·kg<sup>-1</sup>, 0,63 mg Mg·kg<sup>-1</sup>. W badaniach własnych ziarno analizowanych odmian pszenicy ozimej zawierało średnio od 0,264 do 0,329 g P·kg<sup>-1</sup>, od 0,390 do 0,526 g K·kg<sup>-1</sup>, od 0,112 do 0,266 g Mg·kg<sup>-1</sup> i od 0,081 do 0,190 g Ca·kg<sup>-1</sup> (tab. 4). Według Bobreckiej-Jamro i in. [2013], pogłównie nawożenie azotem modyfikuje zawartość magnezu, wapnia

Tabela 4. Zawartość makroelementów w ziarnie (% s.m.)  
 Table 4. Content of macronutrients and micronutrients in grain (% of DM)

Zmienne Variables	Dawka N Rate of N (kg·ha <sup>-1</sup> )	Odmiany – Varieties				Średnia Mean
		Bogatka	KWS Ozon	Sailor	Smuga	
P	150	0,297 abc	0,270 bc	0,299 abc	0,303 abc	0,292 B
	200	0,323 a	0,264 c	0,329 a	0,321 ab	0,309 A
	średnia mean	0,310 A	0,267 B	0,314 A	0,312 A	-
K	150	0,503 a	0,489 ab	0,469 abc	0,390 d	0,463
	200	0,424 bcd	0,526 a	0,412 cd	0,426 bcd	0,447
	średnia mean	0,464 B	0,507 A	0,441 BC	0,408 C	-
Mg	150	0,266	0,112	0,121	0,113	0,157
	200	0,117	0,218	0,114	0,129	0,141
	średnia mean	0,192	0,165	0,118	0,121	-
Ca	150	0,190	0,081	0,185	0,094	0,138
	200	0,110	0,091	0,127	0,178	0,126
	średnia mean	0,150	0,086	0,156	0,136	-

a, b, c, ...A, B... średnie w wierszach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie ( $\alpha < 0,05$ ) – means in rows followed by the same letter are insignificant ( $\alpha < 0.05$ )

i manganu ale nie ma większego wpływu na gromadzenie fosforu i potasu w ziarnie pszenicy. W badaniach własnych stwierdzono statystycznie istotny wpływ nawożenia azotem na zawartość P i K. Wyższa dawka azotu spowodowała zwiększenie zawartości P w ziarnie odmiany: Sailor (o 10,0%), Bogatka (o 8,8%) i Smuga (o 5,9%). Czynniki odmianowy zróżnicował zawartość K w ziarnie pszenicy według malejącej kolejności: KWS Ozon → Bogatka → Sailor → Smuga. Odmiana Bogatka zareagowała zmniejszeniem zawartości K (o 15,7%) po zwiększeniu nawożenia azotem do 200 kg N·ha<sup>-1</sup>.

Stwierdzono, brak wpływu zróżnicowania odmianowego i wielkości dawki azotu na zawartość skrobi, glutenu mokrego i gęstość ziarna w stanie zsypanym dla wszystkich testowanych odmian pszenicy (tab. 5). Podstawowym czynnikiem decydującym o przydatności ziarna pszenicy do wypieku pieczywa jest odpowiednia zawartość białka ogólnego, o której decydują nie tylko nawożenie azotowe ale też uwarunkowania genetyczne [Murawska i in. 2014, Studnicki i in. 2016]. Zawartość białka w ziarnie analizowanych odmian pszenicy ozimej kształtowała się od 11,7 do 13,7%. Największą jego zawartością charakteryzowała się odmiana Smuga, a najniższą KWS Ozon. Podobnie jak w badaniach Skudra i Ruza [2016] wraz ze wzrostem dawki azotu nastąpiło zwiększenie zawartości białka, co potwierdzono statystycznie tylko w ziarnie odmiany Bogatka (o 7,4%) i Sailor (o 9,0%).

Tabela 5. Jakość technologiczna ziarna  
Table 5. Technological quality of grain parameters

Zmienne Variables	Dawka N Rate of N (kg·ha <sup>-1</sup> )	Odmiany – Varieties				Średnia Mean
		Bogatka	KWS Ozon	Sailor	Smuga	
Białko/Protein (%)	150	12,1 b	11,7 b	12,2 b	12,8 ab	12,2 B
	200	13,0 a	11,8 b	13,3 a	13,7 a	12,9 A
	średnia mean	12,5 AB	11,8 B	12,7 AB	13,3 A	-
Gluten/Gluten (%)	150	25,6	24,4	26,3	27,0	25,8
	200	28,1	24,7	28,8	29,3	27,7
	średnia mean	26,9	24,5	27,5	28,2	-
Skrobia/Starch (%)	150	70,8	68,3	69,2	68,9	69,3
	200	69,6	69,5	67,9	68,2	68,8
	średnia mean	70,2	68,9	68,6	68,6	-
Wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego/Zeleny sedimentation rate	150	39,6	31,9	39,7	43,3	38,6B
	200	43,3	32,7	45,7	48,3	42,7A
	średnia mean	42,0 AB	32,3 B	42,7 AB	45,8 A	-
Twardość/Hardness	150	71,3 b	79,1 b	74,7 ab	72,3 b	74,3
	200	76,2 ab	86,1 a	75,8 ab	74,6 ab	78,2
	średnia mean	73,7	82,6	75,3	73,4	-
Gęstość ziarna w stanie zsypanym/Test weight (kg·m <sup>-3</sup> )	150	78,4	77,3	78,1	79,6	78,3
	200	79,0	78,1	78,3	80,0	78,9
	średnia mean	78,7	77,7	78,2	79,8	-

*a, b, c, ...A, B...* średnie w wierszach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie ( $\alpha < 0,05$ ) – means in rows followed by the same letter are insignificant ( $\alpha < 0.05$ )

Wykazano, istotnie wyższą (o 47,8%) wartość wskaźnika Zeleny'ego dla odmiany Smuga niż KWS Ozon. Zwiększenie nawożenia azotem wpłynęło na wzrost wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego (o 10,6%), co zanotowano w każdej odmianie (zależności tej nie potwierdzono statystycznie). Intensyfikacja nawożenia azotem z 150 do 200 kg·ha<sup>-1</sup> zwiększyła twardość ziarna pszenicy odmiany KWS Ozon o 8,8%. W porównaniu do wyników badań uzyskanych przez Harasim i Wesołowskiego [2013], którzy badali wpływ nawożenia azotem pszenicy, uzyskana zawartość białka była podobna, glutenu niższa, a wyższa wartość wskaźnika sedymentacyjnego.

Plon ziarna był dodatnio skorelowany z plonem białka ( $r = 0,894$ ), gęstością ziarna w stanie zsypanym ( $r = 0,675$ ), długością źdźbła ( $r = 0,443$ ) oraz liczbą ( $r = 0,545$ ) i masą ziaren z kłosa ( $r = 0,564$ ). Jednakże, jak wcześniej wspomniano, czynniki doświadczenia (genotyp i dawka N)

w niejednakowym stopniu oddziaływały na te cechy. Stwierdzono dodatnią korelację pomiędzy plonem białka a zawartością glutenu, gęstością ziarna w stanie zsypanym oraz składowymi plonu (długość źdźbła, liczba i masa ziaren z kłosa). Zawartość potasu była dość silnie ujemnie skorelowana z wyróżnikami jakości technologicznej ziarna (zawartością białka, glutenu, wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego, gęstością ziarna w stanie zsypanym) oraz składowymi plonu (długością źdźbła i kłosa) i z zawartością fosforu w ziarnie, a dodatkowo z zawartością skrobi. Stwierdzono także dodatnią korelację zawartości fosforu z jakością technologiczną (zawartością białka, glutenu, wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego i gęstością ziarna w stanie zsypanym) oraz długością źdźbła. Podobnie jak w badaniach przeprowadzonych przez Pepó [2016] i Stępniewską [2015] stwierdzono istotną współzależność pomiędzy zawartością białka a ilością glutenu mokrego i wskaźnikiem sedymentacyjnym Zeleny'ego.

## WNIOSKI

1. Plonowanie pszenicy ozimej zależało od doboru odmiany. Wyższe plony uzyskano uprawiając KWS Ozon lub Bogatka niż Sailor i Smuga. Plon białka nie był zależny od zastosowanej odmiany, na co znaczący wpływ miała zawartość białka w ziarnie.
2. Czynniki doświadczenia nie wpływały na zawartość Mg i Ca w ziarnie pszenicy ozimej. Podwyższenie dawki azotu ze 150 do 200 kg·ha<sup>-1</sup> sprzyjało zwiększeniu zawartości P w ziarnie, która była dodatnio skorelowana z wyróżnikami jakości technologicznej ziarna (zawartość białka, glutenu, wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego, gęstość ziarna w stanie zsypanym) oraz długością źdźbła.
3. Stwierdzono niewielki wpływ odmian i wielkości dawki azotu na cechy technologiczne ziarna. Intensyfikacja nawożenia azotem spowodowała wzrost wartości wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego w ziarnie. Spośród ocenianych odmian najkorzystniejszymi wskaźnikami jakości technologicznej ziarna charakteryzowała się odmiana Smuga.

## PIŚMIENNICTWO

- Bobrecka-Jamro D., Kruczek G., Romaniak M., Jarecki W., Buczek J. 2013. Effect of the dose and method of top-dressing with nitrogen on the yield and quality of winter wheat grain. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 12(4): 19–30.
- Bogard M., Jourdan M., Allard V., Martre P., Perretant M.R., Ravel C., Heumez E., Orford S., Snape J., Griffiths S., Gaju O., Foulkes J., Le Gouis J. 2011. Anthesis date mainly explained correlations between post-anthesis leaf senescence, grain yield, and grain protein concentration in a winter wheat population segregating for flowering time QTLs. *J. Exp. Bot.* 62: 3621–3636.
- Brzozowska I., Brzozowski J., Hruszka M. 2008. Yielding and yield structure of winter wheat in dependence on methods of crop cultivation and nitrogen fertilization. *Acta Agrophys.* 11(3): 597–611.
- Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2015. Wpływ intensywności technologii produkcji na plonowanie, architekturę łanu oraz jakość białka pszenicy populacyjnej i mieszańcowej. *Nauka Przyr. Technol.* 9(4), #50.
- Cacak-Pietrzak G., Gondek E., Jończyk K. 2013. Porównanie struktury wewnętrznej oraz właściwości przemiałowych ziarna orkiszowego i pszenicy zwyczajnej z uprawy ekologicznej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 574: 3–10.
- Ciołek A., Makarska E., Wesołowski M. 2012. Content of selected nutrients in wheat, barley and oat grain from organic and conventional farming. *J. Elem.* 17(2): 181–189.



- COBORU. 2016. Wyniki plonowania odmian w doświadczeniach porejestrowych. Centralny Ośrodek Badań Odmian Roślin Uprawnych, Słupia Wielka ([www.coboru.pl](http://www.coboru.pl)).
- Elía, M., Savin, R., Slafer, G.A. 2016. Fruiting efficiency in wheat: physiological aspects and genetic variation among modern cultivars. *Field Crops Res.* 191: 83–90.
- Gao X., Lukow O.M., Grant C.A. 2012. Grain concentrations of protein, Fe and Zn and bread making quality in spring wheat as affected by seeding date and nitrogen fertilizer management. *J. Geochem. Explor.* 121: 36–44.
- Harasim E., Wesołowski M. 2013. Yield and some quality traits of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) grain as influenced by the application of different rates of nitrogen. *Acta Agrobot.* 66(3): 67–72.
- Johansson E., Prieto-Linde M.L., Svensson G. 2004. Influence of nitrogen application rate on grain protein composition and gluten strength in Swedish wheat cultivar. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 167: 345–350.
- Korzeniowska J., Stanisławska-Głubiak E., Kantek K., Lipiński W., Gaj R. 2015. Micronutrient status of winter wheat in Poland. *JCEA* 16: 54–64.
- Kuś J., Jończyk K., Kawalec A. 2007. Czynniki ograniczające plonowanie pszenicy ozimej w różnych systemach gospodarowania. *Acta Agrophys.* 10(2): 407–417.
- Murawska B., Spychaj-Fabisiak E., Keutgen A., Wszelaczyńska E., Pobereżny J. 2014. Cechy technologiczne badanych odmian ziarna pszenicy ozimej uprawianych w warunkach Polski i Wielkiej Brytanii. *Inż. Ap. Chem.* 53(2): 96–98.
- Pepó P. 2016. Correlation between fertilization and baking quality of winter wheat cultivars. *Columella – J. Agric. Environ. Sci.* 3(2): 15–23.
- Piekarczyk M., Jaskulski D., Gałezewski L. 2011. Effect of nitrogen fertilization on yield and grain technological quality of some winter wheat cultivars grown on light soil. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 10(2): 87–95.
- Pruska-Kędzior A., Kędzior Z., Klockiewicz-Kamińska E. 2008. Comparison of viscoelastic properties of gluten from spelt and common wheat. *Europ. Food Res. Technol.* 1(227): 199–207.
- 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. Elem.* 20(3): 705–715.
- Rakowski D. 2003. Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego na plonowanie wybranych odmian pszenicy jarej i pszenżyta jarego uprawianych na glebie lekkiej. Cz. II. Aktywność procesów fizjologicznych w roślinach. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 2(2): 33–42.
- Ravier C., Meynard J.M., Cohan J.P., Gate P., Jeuffroy M.H. 2017. Early nitrogen deficiencies favor high yield, grain protein content and N use efficiency in wheat. *Europ. J. Agron.* 89: 16–24.
- Shanahan J.F., Kitchen N.R., Raun W.R., Schepers J.S. 2008. Responsive in-season nitrogen management for cereals. *Comput. Electron. Agric.* 61: 51–62.
- Skudra I., Ruza A. 2016. Winter wheat grain baking quality depending on environmental conditions and fertilizer. *Agron. Res.* 14(S2): 1460–1466.
- Slafer G.A., Savin R., Sadras V.O. 2014. Coarse and fine regulation of wheat yield components in response to genotype and environment. *Field Crop. Res.* 157: 71–83.
- Stępień A., Wojtkowiak K., Orzech K., Wiktorski A. 2016. Nutritional and technological characteristics of common and spelt wheats are affected by mineral fertilizer and organic stimulator NANO-GRO®. *Acta Sci. Pol., Agricultura.* 15(2): 49–63.
- Stępniewska S. 2015. Wartość technologiczna ziarna wybranych odmian pszenicy. *Acta Agrophys.* 22(1): 103–114.
- Studnicki M., Wijata M., Sobczyński G., Samborski S., Gozdowski D., Rozbicki J. 2016. Effect of genotype, environment and crop management on yield and quality traits in spring wheat. *J. Cereal Sci.* 72: 30–37.
- Sułek A. 2017. Ocena ekonomiczna produkcji pszenicy ozimej z różnych grup użytkowych w zależności od intensywności technologii. *Rocz. Nauk. SERiA* 19(2): 226–231.
- Sztuder H., Kaus A. 2007. Koszty różnych sposobów aplikacji nawozów w uprawie pszenicy ozimej. *Inż. Rol.* 3(91): 173–178.
- Weber R., Nowosad K., Bujak H., Gacek E. 2017. Grain yield variability of winter wheat cultivars in post-registration tests in Lower Silesia. *Pol. J. Nat. Sci.* 32(2): 223–235.

- Wojtkowiak K., Stępień A., Pietrzak-Fiećko R., Warechowska M. 2018. Effects of nitrogen fertilisation on the yield, micronutrient content and fatty acid profiles of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. J. Elem. 23(2): 483–495.
- Woźniak A., Stępniewska A. 2017. Yield and quality of durum wheat grain in different tillage systems. J. Elem. 22(3): 817–829.

K. WOJTKOWIAK, A. STĘPIEŃ, K. ORZECH

**EFFECT OF NITROGEN FERTILISATION ON THE YIELD COMPONENTS, MACRONUTRIENT CONTENT AND TECHNOLOGICAL QUALITY PARAMETERS OF FOUR WINTER WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* SSP. *VULGARE*) VARIETIES**

**Summary**

Field experiments were conducted in the Educational and Research Station of the University of Warmia and Mazury, in Tomaszkowo (53°72' N, 20°42' E) in the years 2014–2016. Four varieties of winter wheat (Bogatka, KWS Ozon, Sailor and Smuga) were used in the study, recommended for cultivation in the conditions of north-eastern Poland. The effect of varieties on wheat yield diversity was observed. The high yields of the KWS Ozon and Bogatka varieties did not correspond to the proportional yield of the protein. The experimental factors did not affect the content of Mg and Ca in winter wheat grain. A higher nitrogen dose (200 kg N·ha<sup>-1</sup>) favored an increase in P content, which could have an effect on the grain quality (protein and gluten content, Zeleny index, seed density) and stem length. There was a slight effect of the variety and dose of nitrogen on the technological features of the grain. Increasing nitrogen fertilization from 150 to 200 kg·ha<sup>-1</sup> resulted in an increase in Zeleny's sedimentation index. Among the evaluated varieties, Smuga variety was characterized by favorable technological quality parameters.

**Key words:** grain yield, protein yield, quality parameters, macronutrients, nitrogen fertilisation, varieties

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 16.03.2018

Do cytowania – *For citation*

Wojtkowiak K., Stępień A., Orzech K. 2018. Wpływ nawożenia azotem na elementy składowe plonów, zawartość makroskładników oraz wskaźniki technologiczne w ziarnie czterech odmian pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*). *Fragm. Agron.* 35(2): 146–155.