

## WPLYW NAWOŻENIA AZOTEM I CYNKIEM NA SKŁAD CHEMICZNY I PLON BIAŁKA ZIARNA PSZENŻYTA JAREGO

TOMASZ KNAPOWSKI, WOJCIECH KOZERA, EDWARD MAJCHERCZAK, BOŻENA BARCZAK

*Katedra Chemii Rolnej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy*

knap@utp.edu.pl

**Synopsis.** Celem pracy było określenie wpływu zróżnicowanych dawek nawożenia azotem i cynkiem na skład chemiczny i plon białka ziarna pszenżyta jarego odmiany Kargo. Zastosowano dwa warianty nawożenia azotem: 80 i 120 kg N·ha<sup>-1</sup> i trzy poziomy nawożenia cynkiem: kontrola; 0,1 i 0,3 kg Zn·ha<sup>-1</sup>. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że nawożenie azotem oraz dolistne nawożenie cynkiem, w całym zakresie badanych dawek, powodowało średnio istotny przyrost plonu białka pszenżyta jarego odmiany Kargo. Zwiększenie nawożenia azotem z 80 do 120 kg·ha<sup>-1</sup> pszenżyta jarego powodowało średnio istotny wzrost zawartości azotu, potasu i wapnia w ziarnie. Dolistna aplikacja cynku w dawce 0,1 kg·ha<sup>-1</sup> determinowała istotny wzrost zawartości sodu oraz zmniejszenie zawartości fosforu w ziarnie pszenżyta jarego, w stosunku do obiektów kontrolnych. Natomiast zastosowanie dawki 0,3 kg Zn·ha<sup>-1</sup> powodowało istotny wzrost zawartości azotu i potasu w ziarnie w porównaniu do obiektów, na których zastosowano 0,1 kg Zn·ha<sup>-1</sup> i obiektu kontrolnego.

**Słowa kluczowe** – *key words*: pszenżyto jare – *spring triticale*, nawożenie azotem i cynkiem – *nitrogen and zinc fertilisation*, plon białka – *protein yield*, makroelementy – *macroelements*

### WSTĘP

Dzięki dużemu postępowi hodowli pszenżyto stało się piątym gatunkiem zboża w Polsce uprawianym głównie na glebach średnich [Maćkowiak 2003]. Niewielkie wymagania w stosunku do stanowiska, wysoki potencjał plonowania i duża wartość pokarmowa spowodowały, że stanowi ono alternatywę dla uprawy innych zbóż w Polsce. Ziarno tego zboża wykorzystywane jest przede wszystkim na cele pastewne, ale z powodzeniem może też być stosowane w przemyśle spożywczym, gdzie wykorzystywane jest jako surowiec do produkcji mąki i chleba [Karczmarczyk i in. 2000, Tohver i in. 2005]. Plonowanie i jakość ziarna pszenżyta determinowane są w dużym stopniu czynnikami agrotechnicznymi, wśród których duży wpływ ma nawożenie mineralne, zwłaszcza azotem [Galantini i in. 2000, Lewandowski i Kauter 2003, Mut i in. 2005, Spychaj-Fabisiak i in. 2005]. W ostatnich latach coraz większą uwagę zwraca się również na korzystny wpływ nawożenia zbóż mikroelementami, szczególnie w przypadku intensyfikacji nawożenia azotem [Czuba 2000, Knapowski i in. 2009, Wojtkowiak 2004]. Mikropierwiastki, w tym cynk, regulują procesy enzymatyczne, biorą udział w przemianach węglowodanów i białek oraz podnoszą efektywność nawożenia makroelementami, a tym samym warunkują wzrost i wysoką wartość biologiczną plonu [Barczak i in. 2006, Majcherczak i in. 2006]. Nawożenie zarówno makro- jak i mikroelementami, decydując o składzie chemicznym ziarna, wpływa na wartość pokarmową pasz przeznaczonych dla zwierząt gospodarskich [Pisulewska i in. 1998]. Koncentracja składników mineralnych w ziarnie wykazuje dużą zmienność, która jest wypadkową działania wielu czynników, takich jak: rodzaj i zasobność gleby w przyswajalne składniki mineralne, nawożenie, zabiegi agrotechniczne, warunki atmosferyczne podczas wegetacji i zbioru [Karczmarczyk i in. 2000, Mut i in. 2005, Nieróbca 2004, Spychaj-Fabisiak i

in. 2005, Ścigalska 2006]. Wzrost areału uprawy oraz wprowadzanie nowych odmian pszenżyta w Polsce powoduje konieczność prowadzenia badań nad przydatnością przetwórczą ich ziarna. Dlatego też ważne jest oznaczanie jego składu chemicznego. W związku z powyższym w latach 2005–2007 przeprowadzono dwuczynnikowe doświadczenie polowe na glebie zaliczanej do kompleksu pszennego dobrego, którego celem było określenie wpływu zróżnicowanych dawek nawożenia azotem i cynkiem na skład chemiczny ziarna i plon białka pszenżyta jarego.

## MATERIAŁ I METODY

Podstawą przeprowadzonych badań było dwuczynnikowe doświadczenie polowe przeprowadzone w latach 2005–2007 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Minikowie należącym do Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy (53°10' N, 17° 44' E), założone metodą losowanych podbloków (split-plot). Testowaną rośliną było pszenżyto jare odmiany Kargo (materiał kwalifikowany – C1), które uprawiano w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem i dolistnego nawożenia cynkiem. Doświadczenie przeprowadzono w trzech powtórzeniach na glebie płowej typowej (zaliczanej do kompleksu pszennego dobrego), według międzynarodowej klasyfikacji FAO-UNESCO jest to Albic Luvisols. Gleba ta charakteryzowała się odczynem obojętnym, a średnie zawartości przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu świadczą o bardzo wysokiej lub wysokiej zasobności gleby w te składniki. Szczegółowe właściwości fizykochemiczne gleby, na której uprawiano pszenżyto przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Właściwości fizykochemiczne gleby  
Table 1. Physicochemical properties of soil

Parametr – Parameter		Zakres – Range	Średnia – Mean
N ogółem – Total N		0,75 – 0,89	0,82
C organiczny – Organic C			
Przyswajalny Available	P	69,9 – 83,8	78,3
	K		
	Mg		
	Zn		
	Cu		
	Mn		
pH w KCl – pH in KCl		6,3 – 7,0	6,7
Kwasowość hydrolityczna Hydrolitic acidity		11,9 – 17,5	14,9

Na poletkach o wielkości 20 m<sup>2</sup> zastosowano dwa poziomy nawożenia azotem (I czynnik, n=2): 80 kg N·ha<sup>-1</sup> (N<sub>80</sub>) i 120 kg N·ha<sup>-1</sup> (N<sub>120</sub>) i trzy poziomy nawożenia cynkiem (II czynnik, n=3): Zn<sub>0</sub> (bez cynku), Zn<sub>1</sub> (0,1 kg·ha<sup>-1</sup>) i Zn<sub>2</sub> (0,3 kg·ha<sup>-1</sup>) na tle stałego przedsiewnego nawożenia fosforowego w formie 46% superfosfatu potrójnego w dawce 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>·ha<sup>-1</sup> i potasowego w formie 57% soli potasowej w ilości 120 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup>.

Nawożenie azotem stosowano w formie 46% mocznika w następujących terminach:

- dawki 80 kg N·ha<sup>-1</sup> (N<sub>80</sub>) podzielono: 40 kg przedsięwzięcie i 40 kg dolistnie w pełni fazy strzelania w źdźbło (faza 34 według skali Zadoksa);
- dawki 120 kg N·ha<sup>-1</sup> (N<sub>120</sub>) podzielono: 40 kg przedsięwzięcie, 40 kg dolistnie w pełni fazy strzelania w źdźbło (faza 34 według skali Zadoksa) i 40 kg dolistnie na początku fazy kłoszenia (faza 50–51 według skali Zadoksa).

Nawożenie dolistne cynkiem stosowano w formie ZnCl<sub>2</sub>. Oprysku roślin dokonano, gdy pszenżyto osiągnęło pełnię fazy strzelania w źdźbło (faza 34 według skali Zadoksa). Przedplonem dla badanej rośliny był owies zbierany na ziarno. Siew pszenżyta jarego odmiany Kargo wykonano ziarnem zaprawionym środkiem Orius 060 FS (s.a. tebukonazol, 60 g·l<sup>-1</sup> preparatu) w obsadzie 5,5 mln·ha<sup>-1</sup>. Wszystkie zabiegi uprawowe, siew oraz zbiór zboża wykonano zgodnie z wymaganiami agrotechnicznymi dla danego gatunku. W materiale roślinnym oznaczono zawartości: azotu ogólnego (metodą Kjeldahla), fosforu ogólnego (metodą kolorymetryczną), potasu, wapnia i sodu ogólnego (metodą fotometrii płomieniowej). Plon białka ogólnego wyliczono w oparciu o plon ziarna i zawartość białka w ziarnie. Uzyskane wyniki badań opracowano statystycznie poddając je analizie wariancji wykorzystując do oceny istotności różnic test Tukey'a.

Warunki pogodowe w czasie prowadzenia eksperymentu (sezony wegetacyjne 2005–2007) przedstawiono w oparciu o współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa (tab. 2). Obliczone

Tabela 2. Wartości współczynnika Sielianinowa w czasie prowadzenia badań  
 Table 2. *Sielianinov's coefficient values throughout the research period*

Lata – Years	Miesiące – Months				
	IV	V	VI	VII	VIII
2005	0,99	2,19	0,68	0,75	0,84
2006	2,86	1,53	0,44	0,70	2,14
2007	0,71	1,71	1,94	1,88	0,76

wartości powyższego współczynnika potwierdzają zróżnicowanie warunków pogodowych w poszczególnych latach badań. Największe wahania temperatury i opadów wystąpiły w sezonie wegetacyjnym 2006 roku, kiedy odnotowano największe w całym okresie badań deficyty wody (w czerwcu współczynnik Sielianinowa osiągnął średnią wartość 0,44, a w lipcu – 0,70), a jednocześnie w kwietniu tego roku omawiany wskaźnik osiągnął najwyższą średnią wartość (K=2,86), co dowodziło wystąpienia bardzo wilgotnych warunków. Bardziej stabilny pod względem warunków termiczno-opadowych był rok 2005, który wyróżniał się na tle pozostałych lat badań, niskimi opadami w okresie od czerwca do sierpnia.

## WYNIKI I DYKUSJA

Nawożenie mineralne odgrywa szczególną rolę wśród czynników agrotechnicznych decydując w istotny sposób o plonie i jakości ziarna zbóż. Znajduje to potwierdzenie w piśmiennictwie krajowym i zagranicznym [Barczak i in. 2006, Galantini i in. 2000, Knapowski i in. 2009, Mut i in. 2005, Nieróbca 2004, Sekeroglu i Yilmaz 2001, Sychaj-Fabisiak i in. 2005].

Na podstawie obliczonej analizy wariancji stwierdzono, zarówno w całym okresie jak i w każdym roku badań, istotny wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem i dolistnego nawożenia cynkiem na plon białka pszenżyta jarego odmiany Kargo (tab. 3). Średnio z lat najwyższy plon

Tabela 3. Wielkość plonu białka ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) ziarna pszenżyta jarego  
Table 3. Protein yield ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) in the spring triticale grain

Lata Years	Nawożenie N N fertilization	Nawożenie Zn Zn fertilization ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )			Średnia Mean	NIR <sub>p=0,05</sub> dla nawożenia LSD <sub>p=0,05</sub> for fertilization	
		Zn <sub>0</sub>	Zn <sub>1</sub>	Zn <sub>2</sub>		N	Zn
2005	80 (N <sub>80</sub> )	639	719	841	733		
	120 (N <sub>120</sub> )	732	820	896	816		
Średnia – Mean		685	770	869	775	47	53
2006	80 (N <sub>80</sub> )	378	501	603	494		
	120 (N <sub>120</sub> )	498	602	737	613		
Średnia – Mean		438	551	670	553	84	58
2007	80 (N <sub>80</sub> )	460	598	675	578	interakcja – interaction I x II – 32 II x I – 40	
	120 (N <sub>120</sub> )	621	663	745	677		
Średnia – Mean		540	631	710	627	35	28
2005-2007	80 (N <sub>80</sub> )	492	606	706	602		
	120 (N <sub>120</sub> )	617	695	793	702		
Średnia – Mean		555	651	750	652	20	32

uzyskano na obiekcie, na którym zastosowano 120  $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  i był on wyższy w porównaniu do obiektu N<sub>80</sub> o 16,6%. Podobne zależności uzyskano w badaniach Wojtkowiak [2004] oraz Domskiej i Warechowskiej [2006], gdzie wzrost dawki azotu z 80 do 120  $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  przyczynił się do zwiększenia plonu białka. Małecka i in. [2004] uzyskali najwyższy plon białka pszenżyta po zastosowaniu dawki 120  $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  i był on istotnie wyższy w porównaniu do plonów uzyskanych z obiektu kontrolnego i nawożonego dawką 60  $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . W doświadczeniach Spychaj-Fabisiak i in. [2005] oraz Wróbla [2005] istotnie najwyższe plony białka dla pszenżyta jarego stwierdzono po zastosowaniu nawożenia azotem w dawkach odpowiednio: 60 i 90  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (60  $\text{kg}$  przedsiwennie + 30  $\text{kg}$  w fazie strzelania w źdźbło). Każdorazowe zwiększanie poziomu nawożenia cynkiem powodowało wzrost wartości omawianej cechy. Średnio najwyższy plon białka stwierdzono po zastosowaniu 0,3  $\text{kg Zn}\cdot\text{ha}^{-1}$  i był on istotnie wyższy od wartości uzyskanych na pozostałych obiektach badawczych (Zn<sub>1</sub> i Zn<sub>0</sub>), odpowiednio o 15,2 i 35,1%. W doświadczeniach przeprowadzonych przez Domską i in. [2000] oraz Wojtkowiak [2004] stwierdzono również istotny wpływ zastosowanego zróżnicowanego nawożenia cynkiem na plon białka badanych odmian pszenżyta jarego. Przyrosty plonu białka były na ogół większe w przypadku zastosowania niższej dawki cynku (5  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) na tle dawki 80  $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  w badaniach Domskiej i in. [2000] oraz wyższej dawki cynku (10  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) na tle dawki 120  $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  w pracy Wojtkowiak [2004].

Wzrost nawożenia azotem powoduje zwiększenie zawartości azotu ogólnego w ziarnie zbóż [Domska i in. 1997, Galantini i in. 2000, Karczmarczyk i in. 1999, 2000, Lewandowski i Kauter 2003, Wojtkowiak 2004]. Małecka i in. [2004] uzyskali istotnie najwyższą zawartość tego składnika w ziarnie pszenżyta po zastosowaniu dawki 120 kg N·ha<sup>-1</sup> i była ona wyższa w porównaniu do niższych obiektów badawczych (N<sub>0</sub> i N<sub>60</sub>) odpowiednio o 1,4 i 1,0 g·kg<sup>-1</sup>. W przeprowadzonych badaniach zwiększenie nawożenia azotem z 80 do 120 kg N·ha<sup>-1</sup> również przyczyniło się w istotny sposób do zwiększenia zawartości azotu w ziarnie pszenżyta jarego odmiany Kargo (tab. 4). Średnio z lat, wartość stwierdzona na obiekcie N<sub>120</sub> była wyższa o 1,1 g·kg<sup>-1</sup>

Tabela 4. Skład chemiczny (g·kg<sup>-1</sup> s.m.) ziarna pszenżyta jarego  
 Table 4. Chemical composition (g·kg<sup>-1</sup> d.m.) in the spring triticale grain

Parametr Parameter	Lata Years	Nawożenie N N fertilization	Nawożenie Zn Zn fertilization (kg·ha <sup>-1</sup> )			Średnia Mean	NIR <sub>p=0,05</sub> dla nawożenia LSD <sub>p=0,05</sub> for fertilization	
			Zn <sub>0</sub>	Zn <sub>1</sub>	Zn <sub>2</sub>		N	Zn
N	2005	80 (N <sub>80</sub> )	18,1	19,6	20,5	19,4		
		120 (N <sub>120</sub> )	18,9	20,3	21,3	20,2		
		Średnia – Mean	18,5	20,0	20,9	19,8	0,3	0,5
	2006	80 (N <sub>80</sub> )	17,2	18,5	19,5	18,4		
		120 (N <sub>120</sub> )	18,8	20,0	20,8	19,8		
		Średnia – Mean	18,0	19,2	20,2	19,1	1,0	0,4
	2007	80 (N <sub>80</sub> )	17,8	18,8	19,8	18,8		
		120 (N <sub>120</sub> )	19,5	20,2	20,5	20,1		
		Średnia – Mean	18,6	19,5	20,2	19,4	1,0	0,5
	2005–2007	80 (N <sub>80</sub> )	17,7	19,0	19,9	18,9		
		120 (N <sub>120</sub> )	19,0	20,1	20,9	20,0		
		Średnia – Mean	18,4	19,6	20,4	–	0,3	0,4
P	2005	80 (N <sub>80</sub> )	3,43	3,20	3,09	3,24		
		120 (N <sub>120</sub> )	3,54	3,15	3,05	3,25		
		Średnia – Mean	3,49	3,18	3,07	3,25	r.n.	0,18
	2006	80 (N <sub>80</sub> )	5,41	5,22	5,03	5,22		
		120 (N <sub>120</sub> )	5,41	5,20	5,17	5,26		
		Średnia – Mean	5,41	5,21	5,10	5,24	r.n.	r.n.
	2007	80 (N <sub>80</sub> )	4,13	3,83	3,73	3,90		
		120 (N <sub>120</sub> )	4,24	4,03	3,89	4,05		
		Średnia – Mean	4,19	3,93	3,81	3,97	r.n.	0,13
	2005–2007	80 (N <sub>80</sub> )	4,33	4,09	3,95	4,12		
		120 (N <sub>120</sub> )	4,40	4,13	4,04	4,19		
		Średnia – Mean	4,36	4,11	3,99	–	r.n.	0,14

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

K	2005	80 (N <sub>80</sub> )	3,85	3,93	4,01	3,93		
		120 (N <sub>120</sub> )	4,04	4,17	4,49	4,23		
		Średnia – Mean	3,94	4,05	4,25	4,08	0,11	r.n.
	2006	80 (N <sub>80</sub> )	4,17	4,33	4,49	4,33		
		120 (N <sub>120</sub> )	4,25	4,73	4,81	4,60		
		Średnia – Mean	4,21	4,53	4,65	4,46	0,23	0,27
	2007	80 (N <sub>80</sub> )	5,41	5,87	6,15	5,81		
		120 (N <sub>120</sub> )	5,61	6,06	6,45	6,04		
		Średnia – Mean	5,51	5,96	6,30	5,92	r.n.	0,20
	2005–2007	80 (N <sub>80</sub> )	4,48	4,71	4,88	4,69		
		120 (N <sub>120</sub> )	4,63	4,97	5,27	4,96		
		Średnia – Mean	4,56	4,84	5,08	–	0,06	0,23
Ca	2005	80 (N <sub>80</sub> )	0,22	0,22	0,26	0,23		
		120 (N <sub>120</sub> )	0,25	0,31	0,29	0,28		
		Średnia – Mean	0,24	0,27	0,27	0,26	0,04	r.n.
	2006	80 (N <sub>80</sub> )	0,22	0,22	0,26	0,23		
		120 (N <sub>120</sub> )	0,26	0,29	0,27	0,27		
		Średnia – Mean	0,24	0,26	0,27	0,25	r.n.	r.n.
	2007	80 (N <sub>80</sub> )	0,20	0,21	0,24	0,22	interakcja – interaction	
		120 (N <sub>120</sub> )	0,22	0,26	0,24	0,24	I x II – 0,01	II x I – 0,02
		Średnia – Mean	0,21	0,23	0,24	0,23	0,01	0,01
	2005–2007	80 (N <sub>80</sub> )	0,21	0,22	0,25	0,23	interakcja – interaction	
		120 (N <sub>120</sub> )	0,24	0,29	0,27	0,27	I x II – 0,02	II x I – 0,03
		Średnia – Mean	0,23	0,25	0,26	–	0,02	0,02
Na	2005	80 (N <sub>80</sub> )	0,04	0,06	0,05	0,05		
		120 (N <sub>120</sub> )	0,05	0,05	0,07	0,06		
		Średnia – Mean	0,04	0,06	0,06	0,05	r.n.	r.n.
	2006	80 (N <sub>80</sub> )	0,09	0,11	0,09	0,10		
		120 (N <sub>120</sub> )	0,10	0,10	0,10	0,10		
		Średnia – Mean	0,10	0,11	0,10	0,10	r.n.	r.n.
	2007	80 (N <sub>80</sub> )	0,11	0,13	0,12	0,12		
		120 (N <sub>120</sub> )	0,11	0,13	0,12	0,12		
		Średnia – Mean	0,11	0,13	0,12	0,12	r.n.	0,01
	2005–2007	80 (N <sub>80</sub> )	0,08	0,10	0,09	0,09		
		120 (N <sub>120</sub> )	0,09	0,10	0,10	0,09		
		Średnia – Mean	0,08	0,10	0,09	–	r.n.	0,01

r.n. – różnice nieistotne – *not significant differences*

w stosunku do zawartości azotu w ziarnie uzyskanej z obiektu  $N_{80}$ . Zależność ta potwierdziła się we wszystkich latach prowadzenia doświadczenia, w których zastosowanie  $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  spowodowało wzrost koncentracji azotu w ziarnie od  $0,8$  do  $1,4 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  w porównaniu do obiektu, na którym stosowano  $80 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . W badaniach własnych, niezależnie od nawożenia azotem, dolistna aplikacja cynkiem powodowała istotny wzrost zawartości azotu w ziarnie uprawianego zboża. Każdorazowe podwyższanie poziomu nawożenia cynkiem skutkowało wzrostem zawartości azotu w ziarnie i była ona najwyższa na obiekcie, na którym stosowano  $0,3 \text{ kg Zn}\cdot\text{ha}^{-1}$  i to wyższa w stosunku do niższych obiektów badawczych o  $0,8 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  ( $Zn_1$ ) i  $2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  ( $Zn_0$ ). Odmienne wyniki uzyskano w pracy Domskiej i in. [1997], w której zwiększanie dolistnej aplikacji cynkiem z  $0,5$  do  $1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  powodowało obniżenie zawartości azotu w ziarnie pszenżyta jarego. Brak kierunkowych zmian w wyniku nawożenia cynkiem w stosunku do zawartości azotu w ziarnie wykazano w pracy Wojtkowiak [2004].

Karczmarczyk i in. [2000] stwierdzili, że zawartość fosforu w ziarnie badanych odmian pszenżyta jarego Gabo, Maja i Migo wynosiła odpowiednio:  $4,3$ ,  $4,3$  i  $4,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Wysoka zawartość fosforu w ziarnie odmian Migo ( $3,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) i Kargo ( $3,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), jak podają Ścigalska i in. [2000], potwierdza dużą wartość pokarmową tych odmian. W badaniach własnych średnia zawartość fosforu w ziarnie pszenżyta jarego odmiany Kargo kształtowała się na poziomie  $4,15 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 4). W badaniach Karczmarczyka i in. [1999, 2000] stwierdzono nieznaczne zwiększenie zawartości fosforu w ziarnie pszenżyta pod wpływem wzrastającego poziomu nawożenia azotem. W przeprowadzonym doświadczeniu, w wyniku obliczonej analizy wariancji, nie uzyskano istotnego wpływu zróżnicowanego nawożenia azotem na zawartość tego składnika w ziarnie pszenżyta jarego. Podobne zależności uzyskali w swoich doświadczeniach Koszański i in. [1994] oraz Pisulewska i in. [1998]. Z kolei nawożenie cynkiem istotnie determinowało ilość fosforu w ziarnie pszenżyta. Średnio z lat badań, największą zawartość omawianej cechy stwierdzono na obiekcie kontrolnym ( $Zn_0$ ) i wynosiła ona  $4,36 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Wraz ze zwiększaniem dawek cynku aplikowanych na rośliny dolistnie, ilość fosforu w ziarnie pszenżyta istotnie obniżała się i była niższa o  $5,7\%$  na obiekcie, na którym zastosowano  $0,1 \text{ kg Zn}\cdot\text{ha}^{-1}$  i o  $8,5\%$  po zastosowaniu  $0,3 \text{ kg Zn}\cdot\text{ha}^{-1}$  w stosunku do kontroli. Podobną zależność stwierdzono w badaniach Majcherczaka i in. [2006] z jęczmieniem jarym, w których dolistna aplikacja cynkiem doprowadziła do zmniejszenia zawartości fosforu ogólnego o  $8,4\%$  w porównaniu do obiektu kontrolnego.

Ścigalska i in. [2000] podają, że zawartość potasu ogólnego w ziarnie pszenżyta różnicuje czynnik odmianowy. Największą zawartością badanej cechy w ziarnie wyróżniała się odmiana Migo i wynosiła ona  $4,55 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , niższą odmiana Wanad ( $4,4 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), najniższą odmiana Gabo ( $4,26 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), natomiast odmiana Kargo, która była przedmiotem niniejszych badań -  $4,32 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . W badaniach własnych ziarno tej odmiany charakteryzowało się średnio zawartością potasu na poziomie  $4,82 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 4). Lewandowski i Kauter [2003] oraz Małecka i in. [2004] stosując zróżnicowane nawożenie azotem nie stwierdzili kierunkowych zmian w zawartości potasu w ziarnie badanych zbóż. W przeprowadzonym doświadczeniu wzrostowi zawartości potasu w ziarnie pszenżyta jarego odmiany Kargo, podobnie jak w badaniach przeprowadzonych przez Karczmarczyka i in. [1999, 2000] sprzyjała intensyfikacja nawożenia azotem. Średnia jego zawartość na obiekcie  $N_{120}$  wynosiła  $4,96 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , natomiast przy poziomie nawożenia  $80 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  -  $4,69 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Na obiekcie, na którym stosowano nawożenie azotem w dawce  $120 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  zawartość potasu w ziarnie pszenżyta była wyższa o  $5,8\%$  w stosunku do obiektu  $N_{80}$ . Wyniki te są sprzeczne z wynikami uzyskanymi w doświadczeniu z pszenżytem przeprowadzonym przez Koszańskiego i in. [1994], gdzie wzrost poziomu nawożenia azotem w istotny sposób zmniejszał zawartość potasu w ziarnie. Z kolei w pracy Pisulewskiej i in. [1998] najwyższą zawartością potasu charakteryzowało się ziarno, podobnie jak w przeprowadzonych badaniach,

z obiektów nawożonych dawką  $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Na podstawie analizy wariancji stwierdzono istotny wpływ dolistnego nawożenia cynkiem na zawartość potasu w ziarnie pszenżyta jarego odmiany Kargo (tab. 4). Najwyższą jego wartość uzyskano na obiekcie  $\text{Zn}_2$  ( $5,08 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) i w porównaniu do obiektu kontrolnego i obiektu, na którym zastosowano  $0,1 \text{ kg Zn}\cdot\text{ha}^{-1}$ , był on wyższy odpowiednio o 11,4 i 5,0%. W badaniach Majcherczaka i in. [2006] z jęczmieniem jarym aplikacja dolistna cynkiem spowodowała spadek zawartości potasu w ziarnie w stosunku do obiektu kontrolnego. Natomiast Barczak i in. [2006] w wyniku dolistnego stosowania cynku w uprawie owsa stwierdzili istotny wzrost zawartości potasu w ziarnie (o 8,2%) w porównaniu z obiektem kontrolnym.

W przeprowadzonych badaniach średnia zawartość wapnia w ziarnie pszenżyta jarego odmiany Kargo wynosiła  $0,25 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m. (tab. 4). Jak podają Ścigalska i in. [2000] zawartość wapnia w ziarnie pszenżyta była zróżnicowana. Najwyższą zawartością charakteryzowała się odmiana Wanad ( $0,77 \text{ g Ca}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Odmiany Gabo, Kargo i Migo posiadały zbliżone zawartości badanego makroskładnika w ziarnie, odpowiednio: 0,48, 0,45 i  $0,45 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Wartości te były prawie dwukrotnie wyższe niż uzyskane wyniki badań własnych, co potwierdzają również doświadczenia Karczmarczyka i in. [2000] oraz Pisulewskiej i in. [1998]. W badaniach własnych stwierdzono, że zastosowane zróżnicowane nawożenie azotem i dolistna aplikacja cynkiem wpływały istotnie na zawartość wapnia w ziarnie pszenżyta. Najwyższą wartość omawianej cechy uzyskano na obiekcie, gdzie zastosowano  $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  i była ona o 17,4% wyższa od zawartości wapnia w ziarnie pszenżyta jarego odmiany Kargo nawożonego azotem w dawce  $80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . W badaniach Karczmarczyka i in. [2000] wzrastające nawożenie azotem do poziomu  $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  nie powodowało zmian w zawartości wapnia w ziarnie. Dopiero dawka  $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  wpłynęła istotnie na wzrost wartości omawianej cechy w stosunku do pozostałych badanych obiektów ( $0, 50$  i  $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Z kolei Koszański i in. [1994], Kruczek i Wójtowicz [1998] oraz Pisulewska i in. [1998] nie uzyskali statystycznie udowodnionego wpływu nawożenia azotem na zawartość wapnia w ziarnie badanych zbóż. W badaniach przeprowadzonych w Niemczech z pszenicą, żytem i pszenżytem nie uzyskano kierunkowych zmian w zawartości wapnia w ziarnie pod wpływem wzrastających dawek azotu ( $0, 70$  i  $140 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) [Lewandowski i Kauter 2003]. Wzrastające dawki dolistnego nawożenia cynkiem powodowało wzrost zawartości wapnia w ziarnie. Średnio z lat badań, najwyższą jego wartość uzyskano na obiekcie, gdzie zastosowano  $0,3 \text{ kg Zn}\cdot\text{ha}^{-1}$  ( $0,26 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) i w porównaniu do obiektu kontrolnego i obiektu, na którym zastosowano  $0,1 \text{ kg Zn}\cdot\text{ha}^{-1}$ , była ona wyższa odpowiednio o: 13,0 i 4,0%. Aplikacja cynku w doświadczeniach Majcherczaka i in. [2006] spowodowała wzrost zawartości wapnia w ziarnie jęczmienia jarego, natomiast w badaniach Barczak i in. [2006] zmniejszenie koncentracji tego składnika w ziarnie owsa, w porównaniu do obiektów kontrolnych. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono również, że interakcja nawożenia azotem i cynkiem modyfikowała w istotny sposób zawartość wapnia w ziarnie pszenżyta jarego. Niezależnie od lat badań, najwyższą koncentrację tego pierwiastka uzyskano w ziarnie zebranych z poletek, na których zastosowano  $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  i  $0,1 \text{ kg Zn}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Średnia zawartość sodu w ziarnie pszenżyta jarego odmiany Kargo kształtowała się na poziomie  $0,09 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 4). W doświadczeniu Ścigalskiej i in. [2000] z odmianami pszenżyta jarego wartość ta mieściła się w zakresie od  $0,050$  do  $0,068 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m., przy czym dla odmiany Kargo wynosiła ona  $0,052 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m. W przeprowadzonym doświadczeniu, podobnie jak w badaniach Pisulewskiej i in. [1998], nie stwierdzono istotnego wpływu nawożenia azotem na zawartość sodu w ziarnie pszenżyta. Podobne zależności stwierdzono w pracy Kruczek i Wójtowicz [1998] w doświadczeniu z pszenicą ozimą, gdzie badane dawki azotu nie wywierały większego wpływu na gromadzenie się sodu w ziarnie. Barczak i in. [2006] oraz Majcher-

czak i in. [2006] pod wpływem dolistnego nawożenia cynkiem uzyskali wzrost zawartości sodu w ziarnie owsa i jęczmienia jarego. Z kolei analiza wariancji w badaniach własnych wykazała statystycznie udowodniony wpływ dolistnego nawożenia cynkiem na wartość omawianej cechy jakościowej ziarna pszenżyta jarego odmiany Kargo. Zastosowanie  $0,1 \text{ kg Zn}\cdot\text{ha}^{-1}$  spowodowało średnio istotny wzrost zawartości sodu o  $0,02 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  w porównaniu do obiektu kontrolnego. Dalsze zwiększanie poziomu nawożenia tym składnikiem skutkowało zmniejszeniem wartości omawianej cechy w ziarnie pszenżyta jarego w stosunku do obiektu  $\text{Zn}_1$ .

### WNIOSKI

1. Nawożenie azotem oraz dolistne nawożenie cynkiem, w całym zakresie badanych dawek, powodowało istotny przyrost plonu białka pszenżyta jarego odmiany Kargo.
2. Zwiększenie nawożenia azotem z 80 do  $120 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  powodowało istotny wzrost zawartości azotu, potasu i wapnia w ziarnie pszenżyta jarego odpowiednio o 5,8; 5,8 i 17,4%.
3. Dolistna aplikacja cynku w dawce  $0,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  determinowała istotny wzrost zawartości sodu (o 25%) oraz zmniejszenie zawartości fosforu (o 5,7%) w ziarnie pszenżyta jarego, w stosunku do obiektów kontrolnych. Natomiast zastosowanie dawki  $0,3 \text{ kg Zn}\cdot\text{ha}^{-1}$  powodowało istotny wzrost zawartości azotu i potasu w ziarnie w porównaniu do obiektów, na których zastosowano  $0,1 \text{ kg Zn}\cdot\text{ha}^{-1}$  (odpowiednio o 4,1 i 5,0%) i kontrolnego (o 10,9 i 11,4%).

### PIŚMIENNICTWO

- Barczak B., Nowak K., Kozera W., Majcherczak E. 2006. Wpływ nawożenia mikroelementami a zawartość kationów w ziarnie owsa. *J. Elementol.* 11(1): 13–20.
- Czuba R. 2000: Mikroelementy we współczesnych systemach nawożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 471: 161–170.
- Domska D., Bobrzecka D., Wojtkowiak K., Procyk Z. 1997. Wpływ technologii nawożenia mikroelementami na plonowanie pszenżyta jarego i zawartość azotu w ziarnie. *Zesz. Nauk. AR Szczecin* 175, Rol. 65: 85–90.
- Domska D., Bobrzecka D., Wojtkowiak K., Warechowska M., Sokołowski Z. 2000. Wpływ nawożenia na plonowanie i jakość ziarna niektórych odmian pszenżyta jarego. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 206, *Agricultura* 82: 51–56.
- Domska D., Warechowska M. 2006. Wpływ techniki uprawy pszenżyta na wartość produkcyjną plonu białka. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 247, *Agricultura* 100: 45–48.
- Galantini J.A., Landriscini M.R., Iglesias J.O., Miglierina A.M., Rosell R.A. 2000. The effects of crop rotation and fertilization on wheat productivity in the Pampean semiarid region of Argentina. 2. Nutrient balance, yield and grain quality. *Soil Till. Res.* 53: 137–144.
- Karczmarczyk S., Koszański Z., Zbieć I., Tyrakowska-Bielec U. 2000. Reakcja pszenżyta jarego na deszczowanie i nawożenie mineralne. Cz. II. Aktywność procesów fizjologicznych, skład chemiczny i wartość wypiekowa ziarna. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 206, *Agricultura* 82: 117–124.
- Karczmarczyk S., Podsiadło C., Koszański Z., Zbieć I., Gurgul E. 1999. Response of some spring triticale cultivars to irrigation and mineral fertilizers. Part III. Physiological processes, chemical composition and technological properties of the crop. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 193, *Agricultura* 73: 79–85.
- Knapowski T., Ralcewicz M., Barczak B., Kozera W. 2009. The effect of fertilization with nitrogen and zinc on the bread-making quality of spring triticale cultivated in the Noteć Valley. *Pol. J. Environ. Stud.* 18: 227–233.

- Koszański Z., Karczmarczyk S., Podsiadło C. 1994. Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na pszenżyto ozime. Cz. II. Skład chemiczny plonu. Zesz. Nauk. AR Szczecin 162, Rol. 58: 91–95.
- Kruczek G., Wójtowicz J. 1998. Wpływ nawożenia azotowego na plonowanie i skład chemiczny ziarna pszenicy. Zesz. Nauk. AR Kraków 330, Sesja Nauk. 54: 119–126.
- Lewandowski I., Kauter D. 2003. The influence of nitrogen fertilizer on the yield and combustion quality of whole grain drops for solid fuel use. *Ind. Crop. Prod.* 17: 103–117.
- Maćkowiak W. 2003. Ocena postępu i strategiczne kierunki hodowli pszenżyta w Polsce. *Biul. IHAR* 230: 127–141.
- Majcherczak E., Kozera W., Nowak K., Barczak B. 2006. Zawartość makroelementów oraz stosunki jonowe w ziarnie jęczmienia jarego w warunkach dolistnego nawożenia. *J. Elementol.* 11(1): 43–48.
- Małecka I., Blecharczyk A., Sawińska Z. 2004. Wpływ sposobów uprawy roli i nawożenia azotem na plonowanie pszenżyta ozimego. *Annales UMCS, Sec. E* 59(1): 259–267.
- Mut Z., Sezer I., Gülümsür A. 2005. Effect of different sowing rates and nitrogen levels on grain yield, yield components and some quality traits of triticale. *Asian J. Plant Sci.* 4: 533–539.
- Nieróbca P. 2004. Wpływ nawożenia azotowego, terminu siewu i ilości wysiewu na plon i elementy struktury plonu pszenżyta jarego. *Biul. IHAR* 231: 231–235.
- Pisulewska E., Zajac T., Oleksy A. 1998. Skład mineralny ziarna wybranych odmian pszenżyta w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem. *Biul. IHAR* 205/206: 179–188.
- Sekeroglu N., Yilmaz N. 2001. Effect of increasing nitrogen doses on yield and yield components in some triticale lines under dry conditions in Eastern Anatolia. *Pak. J. Biol. Sci.* 4: 672–673.
- Spychaj-Fabisiak E., Łożek O., Knapowski T., Ralcewicz M. 2005. Ocena oddziaływanie terminu siewu i nawożenia azotem na wysokość plonu i zawartość białka ogólnego w ziarnie pszenżyta. *Fragm. Agron.* 22(1): 550–562.
- Ścigalska B. 2006. Reakcja pszenżyta jarego odmiany Wanad na uprawę w płodozmianie i monokulturach zbożowych. *Folia Univ. Agric. Stein.* 257, *Agricultura* 100: 207–210.
- Ścigalska B., Pisulewska E., Kołodziejczyk M. 2000. Zawartość makro- i mikrośladników w ziarnie odmian pszenżyta jarego. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 206, *Agricultura* 82: 287–292.
- Tohver M., Kann A., Täht R., Mihhalevski A., Hakman J. 2005. Quality of triticale cultivars suitable for growing and bread-making in northern conditions. *Food Chem.* 89: 125–132.
- Wojtkowiak K. 2004. Wpływ techniki nawożenia na plonowanie i jakość ziarna pszenżyta. Cz. I. Plon i zawartość azotu w ziarnie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 502: 43–50.
- Wróbel E. 2005. Wpływ nawożenia azotem na plon i jakość ziarna pszenżyta jarego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 507: 605–612.

T. KNAPOWSKI, W. KOZERA, E. MAJCHERCZAK, B. BARCZAK

#### EFFECT OF NITROGEN AND ZINC FERTILISATION ON CHEMICAL COMPOSITION AND PROTEIN YIELD OF SPRING TRITICALE GRAIN

##### Summary

Over 2005–2007 at the Agricultural Experiment Station of Minikowo belonging to Bydgoszcz University of Technology and Life Sciences, a two-factor field experiment was carried, set up following the randomised split-plot design. The aim of research was to determine the effect of varied nitrogen and zinc fertiliser doses on the chemical composition of grain and protein yield of Kargo spring triticale. Two nitrogen fertilisation doses were applied: (factor I, n=2): 80 kg N·ha<sup>-1</sup> (N<sub>80</sub>) and 120 kg N·ha<sup>-1</sup> (N<sub>120</sub>) and three doses of foliar fertilisation with zinc (factor II, n=3): Zn<sub>0</sub> (without zinc), Zn<sub>1</sub> (0.1 kg Zn·ha<sup>-1</sup>) and Zn<sub>2</sub> (0.3 kg Zn·ha<sup>-1</sup>), as compared with the fixed phosphorus and potassium fertilisation. The present research showed that nitrogen fertilisation and foliar zinc fertilisation, across the range of the doses applied, resulted in significant increase of the protein yield and the content of total nitrogen in Kargo spring triticale grain.

Increasing the nitrogen fertilisation dose from 80 to 120 kg·ha<sup>-1</sup> in spring triticale resulted in an average significant increase in the content of potassium, calcium and sodium in grain. The foliar zinc fertilisation applied determined an average significant increase in the content of sodium following the application of the dose of 0.1 kg·ha<sup>-1</sup>, increase in the content of potassium following the application of 0.3 kg·ha<sup>-1</sup>, decrease of the content of phosphorus following the application of the dose of 0.1 kg·ha<sup>-1</sup> in triticale grain, as compared with the lower fertilisation doses applied.