

Katedra Agrotechnologii, Zarządzania Produkcją Rolniczą i Agrobiznesu
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
ul. Oczapowskiego 8, 10-719 Olsztyn
e-mail: stanislaw.bielski@uwm.edu.pl

STANISŁAW BIELSKI

**Wpływ nawożenia azotem i ochrony fungicydowej
na zawartość makroelementów
w ziarnie pszenżyta ozimego**

Effect of nitrogen and fungicide protection on macroelements content
of winter triticale grain

Streszczenie. Eksperyment z pszenżytym ozimym przeprowadzono w latach 2009–2011 w Zakładzie Produkcyjno-Doświadczalnym w Bałcynach k. Ostródy. Celem badań było określenie wpływu zróżnicowanych dawek nawożenia azotem i ochrony fungicydowej na skład chemiczny ziarna pszenżyta ozimego odmiany ‘Gniewko’. Zastosowano pięć wariantów nawożenia azotem: 30, 60, 90, 120 i 150 kg N·ha⁻¹ i trzy poziomy ochrony przeciwgrzybowej. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że nawożenie azotem oraz stosowane fungicydy nie powodowały istotnych zmian w zawartości P, K i Mg. Zwiększenie nawożenia azotem pszenżyta ozimego do 90 kg·ha⁻¹ powodowało istotny wzrost zawartości azotu i wapnia w ziarnie. Warunki meteorologiczne występujące w latach badań istotnie modyfikowały zawartość N, P, K i Ca.

Słowa kluczowe: pszenżyto, zawartość N, P, K, Mg, Ca, dawki azotu, metody ochrony fungicydowej

WSTĘP

W ostatniej dekadzie powierzchnia obsiana pszenżytym na świecie zwiększyła się o 26,8%. Świadczy to niewątpliwie o wzrastającej pozycji tego gatunku [FAOSTAT 2013]. Niewielkie wymagania w stosunku do stanowiska, wysoki potencjał plonowania i duża wartość pokarmowa ziarna spowodowały, iż pszenżyto stanowi alternatywę dla uprawy innych zbóż w Polsce. Ponadto odznacza się mniejszą zawartością substancji antyżywniowych oraz większą strawnością w porównaniu z żytem [Warechowska i Domańska 2006, Sobczyk i in. 2009]. Pszenżyto wykazuje wiele zalet agrotechnicznych – jest odporniejsze na choroby pszenicy i żyta, na wyleganie, odznacza się dobrą zimotrwałością, ma mniejsze od pszenicy wymagania glebowe, większą odporność na zachwaszczenie gleby oraz suszę [Lobell i Asner 2003, Liu i in. 2004, Márton 2008, Radzka i in. 2008, Ścigalska i Łabuz 2008, Buraczyńska i Ceglarek 2009].

Ziarno tego zboża wykorzystywane jest przede wszystkim na cele pastewne, ale z powodzeniem może też być stosowane w przemyśle spożywczym 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]. Nawożenie makroelementami, decydując o składzie chemicznym ziarna, wpływa na wartość pokarmową pasz przeznaczonych dla zwierząt gospodarskich [Pisulewska i in. 1998]. Wzrost areału uprawy oraz wprowadzanie nowych odmian pszenżyta w Polsce powodują konieczność prowadzenia badań nad przydatnością ich ziarna. Dlatego też ważne jest oznaczanie jego składu chemicznego [Knapowski i in. 2010].

Celem pracy było określenie wpływu nawożenia azotem oraz zróżnicowanej ochrony fungicydowej na zawartość makroelementów w ziarnie pszenżyta ozimego odmiany 'Gniewko'.

MATERIAŁ I METODY

Eksperyment z pszenżytem ozimym przeprowadzono w latach 2009–2011 w Zakładzie Produkcyjno-Doświadczalnym w Bałcynach k. Ostródy. Doświadczenie 2-czynnikowe założono metodą split-plot (w 4 powtórzeniach) na glebie płowej typowej, zaliczanej do kompleksu pszennego dobrego. Szczegółowe właściwości fizykochemiczne gleby, na której uprawiano pszenżyto, przedstawiono w tabeli 1. Uprawę roli stosowano zgodnie z ogólnie przyjętymi zaleceniami agrotechnicznymi. Przedplonem pszenżyta ozimego w trzyletnim okresie badawczym był rzepak ozimy. Czynnikiem pierwszego rzędu było nawożenie azotem ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$): A – 30, B – 60, C – 90 (60+30), D – 120 (90+30), E – 150 (90+60). Dawki azotu wynoszące 30 i 60 $\text{kg}\cdot\text{N}\cdot\text{ha}^{-1}$ zastosowano wczesną wiosną (po ruszeniu wegetacji – BBCH 27). Natomiast dawki wyższe (90, 120, 150 $\text{kg}\cdot\text{N}\cdot\text{ha}^{-1}$) były zastosowane w dwóch terminach: w czasie wznowienia wegetacji

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

Wyszczególnienie Specification	Okres wegetacji/ Vegetation period		
	2008/2009	2009/2010	2010/2011
Typ gleby/ Soil type	typowo lessowa/ loess typical		
Grupa granulometryczna/ Soil species	głina średnia/ medium clay		
pH w KCl/ pH in KCl (1 M KCl)	6,5	6,4	6,5
Klasa gleby/ Soil valuation class	R – IIIa		
Kompleks przydatności Soil suitability complex	pszenny dobry/ good wheat		
Zawartość składników Content of nutrients ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ of soil)			
P – niska/ low	77,4	69,8	73,8
K – średnia/ middle	176,7	164,9	157,2
Mg – wysoka/ high	92,0	97,0	95,0

(BBCH 27) oraz w stadium 4 międzywęźla (BBCH 38). Azot w pierwszej dawce aplikowano w formie $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (46%), w drugiej dawce w formie NH_4NO_3 (34%). Czynnikiem drugiego rzędu był poziom ochrony przed chorobami grzybowymi: a – zaprawa nasienna, b – zaprawa nasienna + jeden zabieg ochronny, c – zaprawa nasienna + dwa zabiegi ochronne. Materiał siewny zaprawiano zaprawą Baytan Universal 094 FS (substancja aktywna triadimenol + imazalil + fuberidazol). Pierwszy zabieg ochrony przeciwgrzybowej obejmował oprysk preparatem Input 460 EC w ilości 1 l ha^{-1} (spiroksamina 300 g ha^{-1} + protiokonazol 160 g ha^{-1}) w fazie pierwszego kolanka (BBCH 31). Druga aplikacja fungicydu nastąpiła w fazie pełni kłoszenia (BBCH 58), gdzie zastosowano preparat Prosaro 250 EC w dawce $0,6 \text{ l ha}^{-1}$ (tebukonazol 75 g ha^{-1} + protiokonazol 75 g ha^{-1}). Nawożenie fosforowe oraz potasowe zastosowano w całości przedsięwzięcia w ilości 30 kg P ha^{-1} w formie superfosfatu potrójnego (46%) oraz 75 kg K ha^{-1} w postaci soli potasowej (60%).

Zawartość fosforu w glebie oznaczono metodą kolorymetryczną zgodnie z normą PN-R-04023:1996, potasu – metodą fotometrii płomieniowej zgodnie z normą PN-R-04022:1996, magnezu – metodą ASA zgodnie z normą PN-R-04020:1996. Zakres pracy obejmował analizę zawartości makroelementów (N, P, K, Ca, Mg) w ziarnie pszenżyta. Analizy chemiczne ziarna wykonano w Stacji Chemiczno-Rolniczej w Olsztynie. Zawartość pierwiastków w ziarnie określono następującymi metodami: N – metodą Kjeldahla, P – metodą wanadowo-molibdenową, K i Ca – metodą fotometrii płomieniowej, Mg – metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej.

Wyniki zostały opracowane metodą analizy wariancji za pomocą programu Statistica®10, a istotność weryfikowano testem Tukeya na poziomie $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Trzyletni okres badawczy charakteryzował się znacznym zróżnicowaniem warunków pogodowych (tab. 2), co miało wpływ na wyniki badań. W pierwszym sezonie badawczym temperatury w okresie wegetacji jesiennej nieznacznie różniły się w stosunku do wielolecia, natomiast ilość opadów była porównywalna. Były one rozłożone nierównomiernie w poszczególnych miesiącach. Suma opadów w kwietniu wyniosła zaledwie $3,7 \text{ mm}$, a duża ilość opadów wystąpiła w maju i w czerwcu. Drugi sezon badawczy charakteryzował się korzystniejszym rozkładem opadów jesiennych. Natomiast kwiecień był suchy, a maj bardzo wilgotny. Wiosenna wegetacja (2010 r.) pszenżyta ozimego przebiegła w warunkach posusznych. Początek czerwca (początek kwitnienia) przyniósł posuszne warunki rozwoju, natomiast w drugiej dekadzie (pełnia i zakończenie kwitnienia) odnotowano znaczne uwilgotnienie. Dojrzewanie ziarna (mleczna i woskowa) odbyło się także w warunkach posusznych, lecz pełnej dojrzałości i zbiorowi towarzyszyło znaczne uwilgotnienie w tym okresie.

Koncentracja składników mineralnych w ziarnie wykazuje dużą zmienność, która jest wypadkową działania wielu czynników, takich jak rodzaj i zasobność gleby w przyswajalne składniki mineralne, zabiegi agrotechniczne, w tym nawożenie, ochrona roślin, stosowanie regulatorów wzrostu, a także warunki atmosferyczne podczas wegetacji i zbioru [Karczmarczyk i in. 2000, Mut i in. 2005, Ścigalska 2006, Wierzbowska i in. 2010].

Tabela 2. Warunki meteorologiczne w okresie wegetacji pszenżyta ozimego wg Stacji Meteorologicznej w Bałcynach
 Table 2. Arrangement of meteorological conditions during the growing season of winter triticale according to Meteorological Station in Bałcyny

Sezon wegetacyjny Vegetation season	Miesiąc/ Month											
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	
Średnia temperatura dobowa powietrza/ Average air temperature (°C)												
2008/2009	11,9	8,6	4,0	-0,2	-3,7	-1,5	1,9	9,7	12,2	14,7	18,9	
2009/2010	14,7	5,9	5,0	-1,7	-8,9	-2,9	2,1	7,9	12,0	15,7	20,8	
2010/2011	12,2	5,4	4,4	-6,9	-1,6	-6,1	2,0	9,7	13,6	17,5	18,0	
Średnia Average	12,9	6,6	4,5	-2,9	-4,7	-3,5	2,0	9,1	12,6	16,0	19,2	
Wielolecie Average of many years (1961–2000)	12,6	8,1	2,8	-1,3	-3,5	-2,6	1,2	6,6	12,4	15,7	16,5	
Suma opadów/ Rainfall sum (mm)												
2008/2009	17,0	104,6	40,5	29,4	16,2	14,7	68,0	3,7	89,6	133,1	82,2	
2009/2010	15,6	58,5	40,8	29,6	13,3	14,2	23,8	9,4	105,5	73,7	87,8	
2010/2011	45,0	11,2	110,4	39,2	29,6	20,5	8,6	33,7	41,5	56,2	171,9	
Średnia Average	25,9	58,1	50,3	32,7	19,7	16,5	33,5	15,6	78,9	87,7	114,0	
Wielolecie Average of many years (1961–2000)	57,1	54,0	51,4	40,4	26,3	19,6	27,4	35,2	56,7	68,3	81,3	

Analiza statystyczna wyników wykazała istotny wpływ lat badań na wysokość plonu ziarna pszenżyta ozimego (tab. 3). Najmniej korzystny dla plonowania pszenżyta był rok 2011. Istotnie wyżej plonowało pszenżyto w 2008 i 2009 roku. Biberdźić i in. [2013] wśród najważniejszych czynników wpływających na plon ziarna wymieniają czynnik klimatyczny. Różnica w plonach ziarna pomiędzy rokiem najkorzystniejszym a najgorszym dla plonowania pszenżyta wynosiła 6,9%. W sezonach wegetacyjnych 2008/2009 i 2009/2010 pod wpływem kolejnych dawek nawożenia azotem do 90 kg·ha⁻¹ plon ziarna istotnie wzrastał. Nieco inną reakcję pszenżyta na azot zaobserwowano w ostatnim roku badań. Istotną zwyżkę plonu odnotowano, aplikując azot do poziomu 150 kg·ha⁻¹. W badaniach Małeckiej i in. [2004] plon ziarna pszenżyta ozimego zwiększał się istotnie w miarę wzrostu nawożenia do 120 kg N·ha⁻¹. Jego dalsze zwiększanie nie powodowało istotnej statystycznie zmiany w wysokości plonowania. Samborski i in. [2005] wykazali plonotwórcze działanie azotu przy wzroście dawki do 80 kg N·ha⁻¹, przy przeciętnym wzroście plonu o 21%, jak również po zastosowaniu dawki 170 kg N·ha⁻¹, co skutkowało kolejnym wzrostem o 9,2%.

Tabela 3. Plon ($t \cdot h^{-1}$ s.m.) oraz zawartość azotu w ziarnie pszenżyta ozimego w zależności od dawki nawożenia azotem i intensywności ochrony przeciwgrzybowej ($g \cdot kg^{-1}$ s.m.)
 Table 3. Yield and nitrogen content in winter triticale grain depending on nitrogen fertilisation dose and fungicides protection ($g \cdot kg^{-1}$ d.m.)

Wyszczególnienie Specification	Yield				N			
	2009	2010	2011	średnio mean	2009	2010	2011	średnio mean
Dawka azotu/ Nitrogen dose ($kg \cdot ha^{-1}$)								
30	7,36	7,27	6,14	6,93	14,23	16,47	14,61	15,10
60	7,69	7,55	6,96	7,40	14,47	16,69	14,89	15,35
90 (60+30)	7,86	7,89	7,46	7,73	15,58	17,72	16,59	16,63
120 (90+30)	7,93	8,06	7,80	7,93	17,41	19,96	17,98	18,45
150 (90+60)	8,05	8,17	8,03	8,08	18,07	20,05	18,21	18,78
NIR/ HSD (0.05)	0,20	0,31	0,61		0,81	0,74	0,63	
Sposób ochrony/ Protection method								
a	7,39	7,14	7,07	7,20	15,92	18,19	16,59	16,90
b	7,78	7,76	7,25	7,60	15,86	18,16	16,42	16,81
c	8,17	8,46	7,52	8,05	16,11	18,20	16,36	16,89
Średnio/ Mean	7,78	7,80	7,28	-	15,95	18,18	16,46	-
NIR/ HSD (0.05)	0,15	0,22	r.n.		r.n.	r.n.	r.n.	
NIR/ HSD (0,05) dla lat/ for years – 0,16, nawożenie azo- tem/ nitrogen fertilisation – 0,19, sposób ochrony/ protec- tion method – 0,16; pozostałe interakcje/ others interaction – r.n.					NIR/ HSD (0,05) dla lat/ for years – 0,53, nawożenie azotem/ nitrogen fertilisation – 0,39, sposób ochrony/ protection method – r.n.			

r.n. – różnice nieistotne/ non significant differences

Sposób ochrony pszenżyta przed chorobami grzybowymi był czynnikiem, który w silnym stopniu różnicował plon. Najlepsze działanie plonochronne uzyskano w wyniku tylko zaprawiania materiału siewnego. Istotnie wyżej plonowało pszenżyto z obiektów z zaprawą i jednym zabiegiem chemicznym. Najwyższy plon zebrano z poletek, na których zastosowano pełną ochronę. W drugim roku badań przyrost plonu ziarna z poletek chronionych kompleksowo w porównaniu z najniższymi nakładami na środki ochrony roślin wynosił $1,32 t \cdot ha^{-1}$ suchej masy ziarna. Dubis i in. [2000] oraz Wróbel i Jabłoński [2004] najwyższy plon odnotowali z obiektów z pełną ochroną fungicydową. Całkowita rezygnacja z ochrony przeciwko chorobom była przyczyną spadku plonu o 15%. W badaniach Adamiaka i in. [2008] stwierdzono zwyczaję plonowania wynoszącą 7–16% w zależności od odmiany w wyniku stosowania podwójnego zabiegu chemicznego przeciwko patogenom grzybowym. Najniższy plony ziarna zebrano w 2011 roku z obiektów chronionych tylko zaprawą nasienną. Natomiast najwyższy w roku 2010 z poletek chronionych dodatkowo dwoma zabiegami nalistnymi.

Stosowane w analizowanym doświadczeniu poziomy nawożenia azotem oraz ochrona fungicydowa nie różnicowały istotnie zawartości P, K i Mg w ziarnie pszenżyta (tab. 4). Natomiast zawartość azotu i wapnia w ziarnie pszenżyta zmieniała się istotnie pod wpływem wzrastających dawek azotu. Zawartość badanych makroelementów w su-

chej masie ziarna pszenżyta ozimego kształtowała się na poziomie średnim (fosfor, potas i magnez) oraz niskim (wapń).

Największe różnice między latami badań wystąpiły w przypadku fosforu, potasu i wapnia, których istotnie większe zawartości odnotowano w trzecim roku badań. Był to rok charakteryzujący się największymi opadami w lipcu. Podobną tendencję odnotowali Jurkowska i in. [1992], według których dobre zaopatrzenie roślin w wodę sprzyjało gromadzeniu fosforu w częściach nadziemnych. Natomiast największą zawartość azotu stwierdzono w drugim roku badań. Był to sezon wegetacyjny z najmniejszą sumą opadów. Badania Nogalskiej i in. [2012] dotyczące ziarna pszenżyta jarego również potwierdzają tezę, iż większe zróżnicowanie zawartości makroelementów występuje w latach badań niż pod wpływem nawożenia mineralnego. Natomiast w badaniach Kryńskiej i in. [1997] przebieg warunków pogodowych w okresie wegetacji w niewielkim tylko stopniu wpływał na koncentrację składników mineralnych w ziarnie pszenżyta ozimego. Dziamba i in. [2001], badając pszenżyto ozime odmian 'Presto' i 'Bogo', stwierdzili, iż większe zróżnicowanie zawartości metali wystąpiło pomiędzy pszenżytem uprawianym w różnych miejscowościach niż pomiędzy jego odmianami. Największe zróżnicowanie dotyczyło zawartości potasu i magnezu.

W analizowanym doświadczeniu średnia zawartość fosforu w ziarnie pszenżyta ozimego wynosiła $4,39 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 4). Podobną zawartość fosforu odnotowała w badaniach Brzozowska [2003, 2006]. Karczmarczyk i in. [2000] stwierdzili zawartość fosforu w ziarnie badanych odmian pszenżyta jarego 'Gabo', 'Maja' i 'Migo' odpowiednio: 4,3, 4,3 i $4,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. Knapowski i in. [2010] badając odmianę 'Kargo' odnotował nieco mniejszą zawartość fosforu, na poziomie $4,15 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. W przeprowadzonym doświadczeniu nie potwierdzono istotnego wpływu zróżnicowanego nawożenia azotem na zawartość tego składnika w ziarnie pszenżyta ozimego, odnotowano jednak tendencję do większej zawartości fosforu w ziarnie z obiektów nawożonych większymi dawkami azotu. Podobną zależność stwierdzili Karczmarczyk i in. [1999, 2000].

W badaniach własnych ziarno odmiany 'Gniewko' charakteryzowało się średnią zawartością potasu na poziomie $4,89 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 4). W badaniach Brzozowskiej [2003] zawartość potasu wynosiła $4,9 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m., Brzozowskiej [2006] – $5,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m., a Knapowskiego i in. [2010] $4,82 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. W przeprowadzonym doświadczeniu wzrostowi zawartości potasu w ziarnie pszenżyta ozimego odmiany 'Gniewko' sprzyjała intensyfikacja nawożenia azotem. Podobną tendencję odnotowali Karczmarczyk i in. [1999, 2000]. Natomiast Knapowski i in. [2010] w ziarnie pszenżyta jarego stwierdzili istotny wzrost zawartości potasu pod wpływem nawożenia azotem. W badaniach własnych najwyższą zawartością potasu charakteryzowało się ziarno z obiektów nawożonych dawką 120 i $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. W badaniach Pisulewskiej i in. [1998] również najwyższą zawartość potasu miało ziarno z obiektów nawożonych $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Wyższą koncentrację omawianego makroelementu w ziarnie pszenżyta jarego pod wpływem nawożenia azotem odnotowali także Pilejczyk i in. [2004]. Wyniki te są sprzeczne z rezultatami badań uzyskanymi w doświadczeniu z pszenżytem przeprowadzonym przez Kozsańskiego i in. [1994]. Dowodzą oni, iż wzrost poziomu nawożenia azotem w istotny sposób zmniejszał zawartość potasu w ziarnie. Natomiast w badaniach przeprowadzonych przez Lewandowskiego i Kautera [2003] oraz Małecką i in. [2004], z zastosowaniem zróżnicowanego nawożenia azotem, nie stwierdzono kierunkowych zmian w zawar-

tości potasu w ziarnie badanych zbóż. Ścigalska i in. [2000] podają, że zawartość potasu ogólnego w ziarnie pszenżyta jest różnicowana przez czynnik odmianowy.

Tabela 4. Zawartość fosforu i potasu w ziarnie pszenżyta ozimego w zależności od dawki nawożenia azotem i intensywności ochrony przeciwgrzybowej ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.)

Table 4. Phosphorus and potassium content in winter triticale grain depending on nitrogen fertilisation dose and fungicides protection ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.m.)

Wyszczególnienie Specification	P				K			
	2009	2010	2011	średnio mean	2009	2010	2011	średnio mean
Dawka azotu/ Nitrogen dose ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)								
30	4,12	3,84	4,94	4,30	4,56	4,70	5,30	4,85
60	4,04	3,94	4,93	4,30	4,61	4,80	5,31	4,91
90 (60 + 30)	4,06	4,12	4,84	4,34	4,46	4,78	5,16	4,80
120 (90 + 30)	4,14	4,14	5,23	4,50	4,71	4,81	5,35	4,96
150 (90 + 60)	4,23	4,00	5,12	4,45	4,72	4,88	5,35	4,98
NIR/ HSD (0,05)	r.n.	r.n.	0,16	r.n.	r.n.	r.n.	0,11	
Sposób ochrony/ Protection method								
a	4,19	4,05	5,06	4,19	4,54	4,71	5,27	4,84
b	4,11	4,05	5,01	4,11	4,64	4,82	5,34	4,93
c	4,10	4,00	5,00	4,10	4,64	4,84	5,24	4,91
Średnio/ Mean	4,13	4,03	5,02	-	4,61	4,79	5,28	-
NIR/ HSD (0,05)	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	
NIR/ HSD (0,05) dla lat/ for years – 0,64; pozostałe interakcje/ others interaction – r.n.					NIR/ HSD (0,05) dla lat/ for years – 0,53; pozostałe interakcje/ others interaction – r.n.			

r.n. – różnice nieistotne/ non significant differences

W przeprowadzonych badaniach średnia zawartość wapnia w ziarnie pszenżyta ozimego odmiany 'Gniewko' wynosiła $0,580 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 5). Podobną zawartość badanego makroskładnika w ziarnie odnotowali Pisulewska i in. [1998], Karczmarczyk i in. [2000] oraz Brzozowska [2003, 2006] – $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. Zdecydowanie mniejszą stwierdzili Makarska i in. [2010] oraz Knapowski i in. [2010], odpowiednio $0,16 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ i $0,25 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. Badania własne dowiodły istotnego wpływu zróżnicowanego nawożenia azotem na zawartość wapnia w ziarnie pszenżyta. Wyższą o 20% zawartość omawianego makroelementu odnotowano w obiektach nawożonych azotem w dawkach przekraczających $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Natomiast 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 $150 \text{ kg} \text{ N} \cdot \text{ha}^{-1}$ wpłynęła istotnie na wzrost wartości omawianej cechy w stosunku do pozostałych badanych obiektów (0, 50 i $100 \text{ kg} \text{ N} \cdot \text{ha}^{-1}$). Z kolei Pisulewska i in. [1998] oraz Lewandowski i Kauter [2003] nie uzyskali statystycznie udowodnionego wpływu nawożenia azotem na zawartość wapnia w ziarnie badanych zbóż.

Tabela 5. Zawartość wapnia i magnezu w ziarnie pszenżyta ozimego w zależności od nawożenia azotem i intensywności ochrony przeciwgrzybowej ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)Table 5. Calcium and magnesium content in winter triticale grain depending on nitrogen fertilisation dose and fungicides protection ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ d.m.)

Wyszczególnienie Specification	Ca				Mg			
	2009	2010	2011	średnio mean	2009	2010	2011	średnio mean
Dawka azotu/ Nitrogen dose ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)								
30	0,521	0,411	0,605	0,512	1,35	1,30	1,29	1,31
60	0,520	0,514	0,601	0,545	1,36	1,31	1,20	1,29
90 (60 + 30)	0,614	0,518	0,704	0,612	1,35	1,37	1,18	1,30
120 (90 + 30)	0,618	0,433	0,707	0,586	1,45	1,41	1,31	1,39
150 (90 + 60)	0,605	0,631	0,671	0,636	1,46	1,42	1,33	1,40
NIR/ HSD (0,05)	r.n.	0,123	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	
Sposób ochrony/ Protection method								
a	0,603	0,570	0,724	0,632	1,28	1,42	1,24	1,31
b	0,610	0,488	0,610	0,569	1,39	1,36	1,21	1,32
c	0,516	0,491	0,624	0,544	1,43	1,29	1,31	1,34
Średnio/ Mean	0,576	0,516	0,653	-	1,37	1,36	1,25	-
NIR/ HSD (0,05)	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	
NIR/ HSD (0,05) dla lat/ for years – 0,041, dla nawożenia azotem/ for nitrogen fertilisation – 0,052; pozostałe interakcje/ others interaction – r.n.					NIR/ HSD (0,05) dla lat/ for years – r.n.; pozostałe interakcje/ others interaction – r.n.			

r.n. – różnice nieistotne/ non significant differences

Średnia zawartość magnezu w ziarnie pszenżyta ozimego odmiany 'Gniewko' kształtowała się na poziomie $1,4 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tab. 5). W badaniach Brzozowskiej [2003, 2006] jego wartość mieściła się w zakresie od 1,2 do $1,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. dla odmiany 'Bogo', nieznacznie większą zawartość magnezu odnotowali Makarska i in. [2010]. Analiza wariancji w badaniach własnych nie wykazała statystycznie udowodnionego wpływu badanych czynników na wartość omawianej cechy jakościowej ziarna pszenżyta ozimego. Podobne wyniki badań otrzymali Kryńska i in. [1997]. Autorzy nie stwierdzili istotnego wpływu nawożenia azotem na zawartość magnezu w ziarnie pszenżyta. Brzozowska [2003, 2006] odnotowała istotne różnice w zawartości magnezu w ziarnie pszenżyta w latach badań. Natomiast obniżenie koncentracji magnezu w ziarnie pszenżyta jarego pod wpływem nawożenia azotem wykazali Pilejczyk i in. [2004].

W dostępnej literaturze brak jest danych dotyczących wpływu fungicydów na zawartość makroskładników w ziarnie pszenżyta ozimego. W badaniach własnych preparaty grzybobójcze nie wywoływały istotnych zmian zawartości badanych makroelementów w ziarnie. Średnio z 3 lat większą akumulację fosforu uzyskano w ziarnie pszenżyta chronionego tylko zaprawą nasienną. Podobną tendencję zaobserwowano odnośnie do wapnia. Natomiast akumulacji potasu w ziarnie pszenżyta ozimego bardziej sprzyjała ochrona fungicydowa, gdzie odnotowano wyższą zawartość tego makroelementu z obiektów chronionych co najmniej jednym zabiegiem przeciwgrzybowym. W literaturze do-

stępną są badania na temat wpływu herbicydów na zawartości makroelementów. Pawłowska i in. [1995] nie wykazali wpływu herbicydów na skład mineralny ziarna pszenżyta ozimego. Natomiast Piech i Maciorowski [1998] odnotowali tendencję do zwiększania się zawartości białka w ziarnie pszenżyta ozimego na obiektach herbicydowych. Brzozowska i Brzozowski [2002] nie stwierdzili zmian w zawartości makroelementów w ziarnie pszenicy, stosując zróżnicowane dawki herbicydu Granstar 75 DF.

WNIOSKI

1. Zawartość makroelementów (P, K, Ca, Mg) w ziarnie pszenżyta ozimego odmiany 'Gniewko' kształtowała się na poziomie średnim (fosfor, potas i magnez) oraz niskim (wapń).

2. Warunki klimatyczne występujące w latach badań wpłynęły istotnie na zawartość fosforu, potasu i wapnia w ziarnie pszenżyta ozimego. Najwyższą zawartość P, K, Ca stwierdzono w roku badań o największych opadach w lipcu. Natomiast najwyższą zawartość azotu odnotowano w roku z najmniejszą sumą opadów. Warunki meteorologiczne nie miały wpływu na zawartość magnezu w ziarnie pszenżyta.

3. Stosowane dawki azotu oraz ochrona fungicydowa nie miały istotnego wpływu na zawartość P i K w ziarnie. Odnotowano tendencję do zwiększania się zawartości P i K wraz ze wzrostem dawki azotu. Zawartości N i Ca w ziarnie ulegała istotnym zmianom pod wpływem nawożenia azotem. Ochrona fungicydowa sprzyjała wyższej zawartości potasu, natomiast ograniczała zawartość fosforu.

PIŚMIENNICTWO

- Adamiak J., Adamiak E., Bruderek A., 2008. Wpływ fungicydu Unix 75 WG na plonowanie pszenżyta ozimego uprawianego w płodozmianie i wieloletniej monokulturze. *Prog. Plant Prot.* 48(3), 255–258.
- Biberdžić M., Jelić M., Knežević B., Barać S., Maksimović G., Lalević D., 2013. The effect of climatic conditions and variety on some morphological and productivity characteristics of triticale. *Res. J. Agric. Sci.* 45 (3), 24–29.
- Brzozowska I., Brzozowski J., 2002. Wpływ zróżnicowanych dawek herbicydu Granstar 75 DF i mocznika stosowanych dolistnie na zawartość białka ogólnego i makroelementów w ziarnie pszenicy ozimej. *Pam. Puł.* 130/I, 65–71.
- Brzozowska I., 2003. *Studies on fertilization and weed control in the cultivation of winter triticale. Dissertations and monographs 82*, Wyd. UWM, Olsztyn.
- Brzozowska I., 2006. Influence of herbicides and nitrogen application method on the content of macroelements in winter triticale grain. *Pam. Puł.* 142, 9–17.
- Buraczyńska D., Ceglarek F., 2009. Plonowanie pszenżyta ozimego w zależności od przedplonu. *Fragm. Agron.* 26(1), 9–18.
- Dubis B., Szempliński W., Jabłoński H., 2000. Reakcja pszenżyta ozimego na sposób odchwaszczania i zwalczania chorób. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 82, 57–62.
- Dziamba S., Jackowska I., Małuszyńska E., Kwiatkowski J., 2001. Consequent influence of sowing material origin on chemical composition of triticale grain. *Biul. IHAR* 218/219, 293–297.
- FAOSTAT, 2013. <http://faostat.fao.org>.

- 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.
- Jurkowska H., Rogóż A., Wojciechowicz T., 1992. The content of mineral components in plants according to soil moisture. Part I. Macronutrients. *Acta Agr. Silv., Ser. Agraria* 30, 29–35.
- Karczmarczyk S., Koszański Z., Zbieć I., Tyrakowska-Bielec U., 2000. Response of spring triticale to irrigation and mineral fertilization. Part II. Activity of physiological processes, chemical composition and baking value of grain. *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., Kozera W., Majcherczak E., Barczak B., 2010. Effect of nitrogen and zinc fertilisation on chemical composition and protein yield of spring triticale grain. *Fragm. Agron.* 27(4), 45–55.
- Koszański Z., Karczmarczyk S., Podsiadło C., 1994. Effect of irrigation and nitrogen fertilization on winter triticale. Part II. The chemical composition of the crop. *Zesz. Nauk. AR Szczecin* 162, *Rolnictwo* 58, 91–95.
- Kryńska B., Majda J., Kud K., 1997. The effect of the level and method of nitrogen application on the yield of winter triticale and macronutrient content in the grain. Part II. The content of macronutrients in grain triticale. *Fragm. Agron.* 3, 353–358.
- 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.
- Liu D.L., Helyar K.R., Conyers M.K., Fisher R., Poile G.J., 2004. Response of wheat, triticale and barley to lime application in semi-arid soils. *Field Crops Res.* 90, 287–301.
- Lobell D.B., Asner G.P., 2003. Response to comment on “Climate and Management Contributions to Recent Trends in U.S. Agricultural Yields”. *Science* 300(5625), 1505.
- Makarska E., Ciołek A., Kociuba W., 2010. Influence of parental forms on changes in the content of mineral elements in grain of new winter triticale hybrid strains. *J. Elementol.* 15(1), 131–140.
- Małecka I., Blecharczyk A., Sawińska Z., 2004. Wpływ sposobów uprawy roli i nawożenia azotem na plonowanie pszenżyta ozimego. *Annales UMCS, Agricultura* 59(1), 258–266.
- Márton L., 2008. Impact of rainfall, liming, nitrogen (N), phosphorus (P₂O₅), potassium (K₂O), calcium (CaO), magnesium (MgO) mineral fertilization on *Triticale* (*×Triticosecale* Wittmack) yield in a monoculture in Hungary. *Cereal Res. Commun.* 36(2), 333–341.
- Mut Z., Sezer I., Gulumser 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.
- Nogańska A., Czaplą J., Skwierawska M., 2012. The effect of multi-component fertilizers on spring triticale yield, the content and uptake of macronutrients. *J. Elementol.* 17(1), 95–104.
- Pawłowska J., Makarska E., Kukuła S., 1995. Ocena działania preparatów herbicydowych w uprawie kilku odmian pszenżyta ozimego. *Fragm. Agron.* 3, 79–86.
- Piech M., Maciorowski R., 1998. Reakcja odmian pszenżyta ozimego na herbicydy w warunkach polowych. *Biul. IHAR*, 205/206, 279–287.
- Pilejczyk D., Sienkiewicz S., Wojnowska T., Żarczyński P., 2004. Effect of sowing density and nitrogen fertilization on content of macronutrients in grain of spring triticale. *J. Elementol.* 9 (1), 35–45.
- Pisulewska E., Zając T., Oleksy A., 1998. Skład mineralny ziarna wybranych odmian pszenżyta w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem. *Biul. IHAR* 205/206, 179–188.

- Radzka E., Koc G., Rak J., 2008 Uwarunkowania opadowo-termiczne produkcji pszenżyta ozimego z przeznaczeniem na pasze. *Fragm. Agron.* 3(99), 135–143.
- Samborski, S., Kozak, M., Mądry W., Rozbicki, J., 2005. Pierwotne cechy rozwojowe w analizie składowych plonu. Cz. II. Zastosowanie dla plonu ziarna pszenżyta ozimego. *Fragm. Agron.* 4, 84–95.
- Sobczyk A. Kogut B., Surdel M., 2009. Changes of milling value of winter triticale choice varieties in dependence on nitrogen fertilization. *Zesz. Nauk. Płd. Wsch. Oddz. Pol. Tow. Inż. Ekol.* 11, 243–249.
- Spychaj-Fabisiak E., Łożek O., Knapowski T., Ralcewicz M., 2005. Ocena oddziaływania terminu siewu i nawożenia azotem na wysokość plonu i zawartość białka ogólnego w ziarnie pszenżyta. *Fragm. Agron.* 22(1), 550–562.
- Stankiewicz C., Bombik A., Starczewski., 2005. Variety and environmental conditions of the content of endogenous amino acids in triticale grain. *Folia Univ. Agric. Stetin., Agricultura* 244 (99), 225–230.
- 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., Łabuz B., 2008. Produkcyjność pszenżyta ozimego i jarego w płodozmianie i monokulturach zbożowych na glebie kompleksu pszennego dobrego. *Fragm. Agron.* 3(99), 197–205.
- Ścigalska B., Pisulewska E., Kołodziejczyk M., 2000. Zawartość makro- i mikroelementów 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.
- Warechowska M., Domańska D., 2006. Comparison of the suitability the technology and the content of of microelements in grain of selected varieties of winter triticale. *Folia Univ. Agric. Stetin., Agricultura* 247, 211–216.
- Wróbel, E., Jabłoński, H., 2004. Effect of fungal diseases control methods on winter triticale yield. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 3(1), 55–61.
- Wierzbowska J., Sienkiewicz S., Bowszys T., 2010. Effect of growth regulators on the mineral balance in spring triticale. *J. Elementol.* 15(4), 745–756.

Summary. The experiment with triticale was carried out in 2009–2011 at the Department of Experimental Production in Bałcyny near Ostróda. The aim of the study was to determine the effect of different doses of nitrogen and fungicide protection on the chemical composition of winter triticale cv. Gniewko. Nitrogen fertilisation was applied in five variants of: 30, 60, 90, 120 and 150 kg N·ha⁻¹ and three levels of fungicides protection. Based on the research, it was found that nitrogen fertilisation and the protection method used did not cause significant changes in the content of P, K and Mg. Increasing nitrogen fertilisation of winter triticale 90 kg·ha⁻¹ resulted in a significant increase in the nitrogen and calcium content in the grain. Meteorological conditions occurring in the years of the study significantly modified the content of N, P, K and Ca.

Key words: triticale, content N, P, K, Mg, Ca, nitrogen doses, fungicidal protection methods