

¹ Katedra Hodowli Trzody Chlewniej, Żywienia Zwierząt i Żywności,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
ul. Judyma 10, 71-460 Szczecin, e-mail: wioletta.biel@zut.edu.pl

² Katedra Agronomii, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
ul. Papieża Pawła VI 3, 71-459 Szczecin

WIOLETTA BIEL¹, ANNA JAROSZEWSKA²

Ocena wpływu nawozów azotowych na skład chemiczny ziarna pszenżyta jarego

Estimation of the effect of nitrogen fertilizer on the chemical composition
of spring triticale grain

Streszczenie. Celem badań było porównanie działania dwóch nawozów azotowych: azotu amonowego i Sulfammo 30 N Pro oraz dawki azotu na skład chemiczny ziarna pszenżyta jarego odmiany 'Nagano'. Eksperyment przeprowadzono w latach 2013–2014 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej w Lipniku, w województwie zachodniopomorskim (53°42'N, 14°97'S). W ziarnie pszenżyta jarego oznaczono zawartość: suchej masy, białka ogółem, tłuszczu surowego, włókna surowego, popiołu surowego i związków bezazotowych wyciągowych oraz frakcji włókna (NDF, ADF, ADL, HCEL, CEL). Zastosowanie nawożenia azotem w największej dawce (120 kg N·ha⁻¹) wpłynęło istotnie na zwiększenie zawartości białka ogółem w ziarnie pszenżyta jarego (o 27% w stosunku do obiektu kontrolnego). Podwyższenie poziomu nawożenia azotem spowodowało istotne zmniejszenie poziomu BAW w ziarnie. Zwiększone nawożenie azotem miało istotny wpływ na wzrost zawartości ligniny. Rodzaj nawożenia spowodował zmiany zawartości suchej masy, tłuszczu surowego, włókna surowego oraz BAW w ziarnie pszenżyta jarego. Współdziałanie rodzaju nawozu i zastosowanych w doświadczeniu zróżnicowanych poziomów nawożenia azotem istotnie modyfikowało zawartość włókna surowego, frakcji neutralno-detergentowej włókna pokarmowego oraz hemicelulozy w badanym ziarnie pszenżyta jarego.

Słowa kluczowe: ×*Triticosecale* Wittm. ex A. Camus, podstawowe składniki pokarmowe, frakcje włókna pokarmowego, dawki i rodzaj azotu, odmiana 'Nagano'

WSTĘP

Pszenżyto (*Triticosecale* Wittmack ex A. Camus 1927) zostało po raz pierwszy opisane w 1875 r., kiedy przez skrzyżowanie pszenicy zwyczajnej (*Triticum* ssp. Linnaeus 1753) z żytem (*Secale cereal* Linnaeus 1753) powstał ich nieplodny mieszaniec [Ammar i in. 2004]. Aktualnie w Krajowym Rejestrze Odmian znajduje się 59 odmian pszenżyta, w tym 12 to odmiany jare [COBORU 2016]. Pszenżyto zajmuje w Polsce drugie miejsce pod względem areału uprawy zbóż. Uprawiane jest na powierzchni ponad 1,5 mln ha,

z czego forma ozima zajmuje 85,9%, a forma jara 14,1% [GUS 2016]. Jest to gatunek zboża o dużym znaczeniu gospodarczym w Polsce oraz na świecie. Według FAO [2016] w roku 2014 zebrano 17,1 mln ton ziarna pszenżyta w 37 krajach na całym świecie. Głównymi producentami tego gatunku są Polska, Niemcy, Białoruś, Francja i Rosja. Jego korzystne cechy, takie jak duża zawartość białka w ziarnie, strawność większa niż żyta, lepszy od pszenicy skład aminokwasowy, mniejsze wymagania glebowe w porównaniu z pszenicą, większa odporność na suszę oraz zachwaszczenie gleby, większa niż pszenicy i żyta odporność na choroby, powodują, iż pszenżyto budzi coraz większe zainteresowanie [Fernandez-Figares i in. 2000, Fontaine i in. 2002, Jaśkiewicz 2009, Beres i in. 2010, Nezami i in. 2010]. Ziarno pszenżyta przeznaczone jest w większości na paszę dla zwierząt, szczególnie dla trzody chlewnej i drobiu. Wzrasta zainteresowanie wykorzystaniem ziarna pszenżyta do celów konsumpcyjnych. Badania Ceglińskiej i in. [2003] oraz Tohver i in. [2005] wykazały, że pszenżyto może być cennym surowcem piekarskim, a jakość uzyskanego pieczywa zależy od właściwego doboru metody wypieku. Poza tym wykazuje ono świeżość dłużej niż pieczywo pszenne.

Nie bez znaczenia jest poziom technologii uprawy ziarna pszenżyta. Optymalizacja nawożenia oraz właściwie dobrane środki ochrony roślin, poza korzystnym wpływem na rośliny, zmniejszają uciążliwość środowiskową uprawy. Określenie optymalnego poziomu intensywności technologii produkcji nowych odmian pszenżyta dostosowanych do lokalnych warunków glebowo-klimatycznych jest bardzo istotne, gdyż każda z wprowadzonych do uprawy nowych odmian może reagować na nią inaczej [Pietkiewicz 1985, Stankowski i in. 2015]. W związku z rosnącym arealem uprawy pszenżyta na świecie oraz wprowadzaniem nowych odmian do uprawy niezbędna jest ocena reakcji ziarna pszenżyta na czynniki agrotechniczne, zwłaszcza nawożenie azotem [Mut i in. 2005, Stankowski i in. 2008, Warechowska i in. 2013]. Warto podkreślić, że niewłaściwy poziom nawożenia azotem może prowadzić do pogorszenia plonowania, zmniejszenia zawartości składników odżywczych oraz do dużego nagromadzenia azotanów w roślinie. Stosując właściwe dawki i formy nawozów azotowych o spowolnionym działaniu, a także z dodatkiem inhibitora nityfikacji, można uniknąć strat azotu w związku z wymyciem z gleby, co prowadzi do skażenia środowiska rolniczego, oraz nadmiernej kumulacji azotanów w roślinie [Rahn 2000].

Celem pracy było porównanie wpływu dwóch nawozów azotowych: tradycyjnego, czyli azotanu amonu (saletry amonowej) i Sulfammo 30 N Pro w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem na skład chemiczny ziarna pszenżyta jarego (*×Triticosecale* Wittm. ex A. Camus) odmiany 'Nagano'.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło ziarno pszenżyta jarego (*Triticosecale* Wittm. ex A. Camus) odmiany 'Nagano'. Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2013–2014 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej w Lipniku (53°42'N, 14°97'S), należącej do Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Gleba, na której założono doświadczenie, należy do gleb rdzawych typowych [Systematyka Gleb Polski 2011], według IUSS Working Group WRB [2015] klasyfikowana jest jako gleba brunatna wylugowana (Haplic Cambisol) o odczynie lekko kwaśnym (pH w 1 mol KCl – 6,5).

Badania przeprowadzono w układzie split-plot, w czterech powtórzeniach. Pierwszym czynnikiem doświadczenia był rodzaj nawozu azotowego: azotan amonu (saletra amonowa) i Sulfammo 30 N Pro (skład: azot, siarka, wapń, magnez plus kompleks N Pro). Technologia zastosowana w nawozie z grupy N Pro to połączenie najefektywniejszych form azotu (amonowa i amidowa), siarki, magnezu i mezocalcu z kompleksem N Pro zwiększającym efektywność przemian tego składnika w roślinie. Drugim czynnikiem było nawożenie zróżnicowanymi dawkami azotu: 0, 40, 80 i 120 kg na hektar. Uprawę roli prowadzono zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi. Pierwszą dawkę azotu zastosowano przed siewem (40 kg ha^{-1}), drugą w fazie BBCH 31 (40 kg ha^{-1}), a trzecią w fazie BBCH 51 w zależności od wielkości dawki. Nawożenie P_2O_5 w dawce 50 kg ha^{-1} oraz K_2O w dawce 80 kg ha^{-1} wykonano przed siewem. Siew przeprowadzono w trzeciej dekadzie marca w ilości 450 nasion na m^2 . Zbiór pszenżyta przeprowadzono jednoetapowo w pierwszej dekadzie sierpnia w każdym roku prowadzenia badań.

Do badań chemicznych użyto śruty otrzymanej z ziarna pszenżyta jarego zmielonego w młynku laboratoryjnym Knifetec 1095 (Foss Tecator). Podstawowy skład chemiczny oznaczono metodami standardowymi według AOAC [2012]. W celu oznaczenia suchej masy próby suszono w temperaturze 105°C do uzyskania stałej masy. W suchej masie oznaczono podstawowy skład chemiczny (białko ogółem, tłuszcz surowy, włókno surowe, popiół ogółem). Zawartość azotu określono metodą Kjeldahla przy użyciu aparatu Büchi B-324 i przeliczono na białko ogółem, wykorzystując współczynnik 6,25, tłuszcz surowy oznaczano za pomocą eteru dietylowego metodą Soxhleta, włókno surowe oznaczono na aparacie Ankom 220 Fiber Analyzer, popiół ogółem – poprzez spalanie w piecu muflowym w temperaturze 580°C przez 8 godzin. Poziom związków bezazotowych wyciągowych (BAW) oszacowano według schematu:

$$\text{BAW} = 100 - (\text{woda} + \text{białko ogółem} + \text{tłuszcz surowy} + \text{włókno surowe} + \text{popiół ogółem}).$$

Zawartość frakcji włókna pokarmowego oznaczano zgodnie z metodą Van Soesta i in. [1991] przy użyciu aparatu Ankom 220 Fiber Analyzer. Włókno detergentowo-neutralne (NDF) oznaczono przy użyciu siarczanu sodowo-laurylowego, włókno detergentowo-kwaśne (ADF) oznaczono, stosując bromek cetylo-trójmetylo-amonowy. Zawartość ligniny (ADL) określono po hydrolizie próbki ADF w 72% kwasie siarkowym, natomiast hemicelulozy (HCEL) wyliczano z różnicy zawartości NDF i ADF, a celulozy (CEL) z różnicy między ADF i ADL.

Wyniki analiz przedstawiono w g na kg suchej masy (s.m.). Każdą analizę wykonano w trzech powtórzeniach i przedstawiono jako wartość średnią z dwóch lat. Wyniki badań dotyczące składu podstawowego oraz frakcji włókna w ziarnie pszenżyta jarego odmiany 'Nagano' opracowano statystycznie z zastosowaniem dwuczynnikowej analizy wariancji (ANOVA). Istotność różnic przy NIR 0,05 oceniono testem Tukeya. W analizie statystycznej wyników badań wykorzystano program Statistica 12 PL.

Przebieg warunków pogodowych w latach 2013–2014 przedstawiono w tabeli 1. Zarówno wzrost, jak i rozwój roślin zależy w dużym stopniu od warunków termicznych, jakie panują w sezonie wegetacyjnym [Radzka i in. 2007]. Średnie miesięczne temperatury oraz wielkości opadów wykazują dużą zmienność w badanych latach. Temperatury powietrza w latach badań były zbliżone do temperatury w wieloleciu. W okresie badań

Tabela 1. Średnie miesięczne temperatury (°C) i opady (mm) w latach 2013 i 2014 w porównaniu z wieloleciem (1961–2004) według Stacji Meteorologicznej w Lipniku

Table 1. Mean monthly temperature (°C) and precipitations (mm) in 2013 and 2014 compared with long-term data (1961–2004) at the Lipnik Meteorological Station

Czynnik Factor	Rok Year	Miesiące/ Month						
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-IX
Temperatura Temperature (°C)	wielolecie long-term data	8,9	13,2	16,2	18,1	18,1	13,6	14,7
	2013	7,7	14,1	16,5	19,2	18,6	12,8	14,8
	odchylenie od normy/ deviation from standard	1,2	-0,9	-0,3	-1,1	-0,5	0,8	-0,1
	2014	10,4	12,6	15,6	21,0	17,0	14,9	15,3
	odchylenie od normy/ deviation from standard	-1,5	0,6	0,6	-2,9	1,1	-1,3	-0,6
Opady Rainfall (mm)	wielolecie long-term data	34,9	48,6	61,7	70,9	54,1	51,6	321,8
	2013	25	73	83	93	14	49	337
	odchylenie od normy/ deviation from standard	9,9	-24,4	-21,3	-22,1	40,1	2,6	-15,2
	2014	41	68	43	64	43	84	343
	odchylenie od normy/ deviation from standard	-6,1	-19,4	18,7	6,9	11,1	-32,4	-21,2

najniższe temperatury powietrza odnotowano w kwietniu. Średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji pszenżyta jarego w 2013 r. wynosiła 14,8°C, a suma opadów 337 mm. W kolejnym roku badań średnia temperatura wynosiła 15,3°C, a suma opadów 343 mm. Pszenżyto jare dobrze plonuje przy niewielkim potencjale wodnym oraz dość ciepłym lecie, z temperaturą nieco poniżej średniej z wielolecia [Korsak-Adamowicz 2004]. W roku 2013 temperatura powietrza w kwietniu była niższa, a w roku 2014 wyższa od średniej z wielolecia (1961–2004). W okresie prowadzenia badań najwyższa średnia temperatura powietrza (20,1°C) wystąpiła w lipcu 2014 r. i była o 2,9°C wyższa w porównaniu z wieloleciem, natomiast najniższą (7,7°C) odnotowano w kwietniu 2013 r., tj. o 1,2°C niższą od notowań z wielolecia. W warunkach klimatycznych naszego kraju susza, szczególnie wiosenna, stanowi najważniejszy czynnik ograniczający wielkość plonu zbóż jarych. Mimo że pszenżyto uznawane jest za roślinę o stosunkowo ma-

łych wymaganiach wodnych, to potencjalne zmniejszenie plonu pszenżyta jarego na skutek niedoborów opadów szacowane jest na poziomie 10–14% [Kalbarczyk 2010]. W latach 2013 i 2014 sumy opadów były większe w porównaniu z wielolecie odpowiednio o 4,7% i 6,6%. Suma opadów w kwietniu, sierpniu i wrześniu 2013 r. była mniejsza od odnotowanego w okresie wieloletnim. W porównaniu z wielolecie ilość opadów była większa w maju, czerwcu i lipcu 2013 r., a w kolejnym roku badań – w kwietniu, maju i wrześniu. Największe opady wystąpiły w lipcu 2013 r. (93 mm) i były o 34% większe niż średnie z wielolecia. Największe zapotrzebowanie pszenżyta jarego na opady przypada na międzyfazę od strzelania w źdźbło do kłoszenia oraz w fazie rozwoju i wypełniania ziarniaków [Kalbarczyk 2008].

WYNIKI I DYSKUSJA

Reakcja pszenżyta jarego na rodzaj i dawkę azotu była podobna w poszczególnych latach badań. Stąd wyniki interpretowano jako średnie z dwóch lat zbioru 2013 i 2014 (tab. 2–3). Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono wpływ rodzaju nawozu na zawartość suchej masy (stanowiącej wypadkową zawartych w ziarnie składników innych niż woda), tłuszczu surowego, włókna surowego oraz związków bezazotowych wyciągowych w ziarnie pszenżyta jarego. Istotnie więcej suchej masy oraz BAW było w ziarnie pszenżyta, z obiektu, w którym zastosowano nawożenie Sulfammo 30 N Pro. Natomiast nawożenie azotanem amonu spowodowało wzrost zawartości w ziarnie lipidów oraz włókna surowego. W badanym ziarnie pszenżyta jarego stwierdzono zawartość tłuszczu surowego średnio w ilości $15,2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. Podobne wartości uzyskali Rakha i in. [2011]. O przydatności zboża do celów paszowych decyduje głównie zawartość składników ograniczających jego wartość paszową. Do takich należy przede wszystkim włókno surowe, którego frakcje stanowią: celuloza, hemiceluloza i lignina. W ziarnie pszenżyta jarego po zastosowaniu azotanu amonu stwierdzono istotnie więcej włókna surowego niż w ziarnie z obiektu, gdzie stosowano Sulfammo 30 N Pro (o 5,8%). Średnio stwierdzono zawartość włókna surowego w ilości $21,8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. w badanym ziarnie pszenżyta jarego, co jest potwierdzeniem wyników uzyskanych przez Hackl i in. [2010]. Według Grzelaka [2010] włókno surowe, mimo że jest źle trawione i pogarsza strawność innych składników paszy, jest niezbędne do prawidłowej przemiany w przewodzie pokarmowym zwierząt.

Stwierdzono, że akumulacja białka ogółem oraz BAW w ziarnie pszenżyta jarego zmieniała się pod wpływem zróżnicowanych dawek azotu. Ze względu na to, że pszenżyto jare wykorzystywane jest głównie jako zboże paszowe, w pracach hodowlanych zwraca się szczególną uwagę na zawartość białka w ziarnie. Średnia wartość tego składnika u badanej odmiany 'Nagano' wyniosła $108,6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Badania Rakowskiego [2003] wskazują, że zawartość białka ogółem w ziarnie pszenżyta jarego jest na poziomie zbliżonym do zawartości w ziarnie pszenicy. Zawartość białka ogółem zwiększała się wraz ze wzrostem dawki azotu (tab. 2), co jest potwierdzeniem badań Jaśkiewicz [2014]. W przeprowadzonych badaniach uzyskano istotnie największą zawartość tego składnika w ziarnie pszenżyta jarego po zastosowaniu nawożenia $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ i była ona większa w po-

Tabela 2. Zawartość podstawowych składników pokarmowych ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie pszenżyta w zależności od rodzaju nawozu (F) oraz dawki azotu (D) średnio w latach 2013–2014
 Table 2. Basic chemical components content ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ d.m.) in triticale grain depending on the kind of fertilizer (F), and nitrogen dose (D) average in 2013–2014

Cecha Quality parameter	Rodzaj nawozu Kind of fertilizer	Dawka nawozu Nitrogen rate				Średnia Mean
		0	40	80	120	
Sucha masa Dry matter ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	azotan amonu ammonium nitrate	887,4	887,4	887,0	887,4	887,3
	Sulfammo 30 N Pro	889,1	888,1	889,5	890,2	889,2
	średnia/ mean	888,3	887,8	888,3	888,8	888,3
	NIR _{0,05} /LSD _{0,05} dla/ for F – 0,87; D – n.s.*					
Popiół surowy Crude ash	azotan amonu ammonium nitrate	19,9	19,9	20,0	21,0	20,2
	Sulfammo 30 N Pro	21,3	20,7	20,3	20,7	20,8
	średnio/ mean	20,6	20,4	20,2	10,9	20,5
	NIR _{0,05} /LSD _{0,05} dla/for F – n.s.; DN – n.s.					
Białko ogółem Crude protein	azotan amonu ammonium nitrate	99,9	102,1	108,1	124,6	108,7
	Sulfammo 30 N Pro	98,4	98,3	109,4	127,6	108,5
	średnio/ mean	99,4	100,2	108,8	126,1	108,6
	NIR _{0,05} /LSD _{0,05} dla/ for F – n.s.; D – 3,83					
Tłuszcz surowy Ether extract	azotan amonu ammonium nitrate	17,8	17,1	17,2	17,1	17,3
	Sulfammo 30 N Pro	9,1	18,2	17,3	7,8	13,1
	średnio/ mean	13,5	17,6	17,3	12,5	15,2
	NIR _{0,05} /LSD _{0,05} dla/ for F – 3,35; D – n.s.					
Włókno surowe Crude fibre	azotan amonu ammonium nitrate	21,6	24,1	22,8	21,3	22,4
	Sulfammo 30 N Pro	22,3	19,3	21,7	21,1	21,1
	Średnio/ Mean	21,9	21,7	22,2	21,2	21,8
	NIR _{0,05} /LSD _{0,05} dla/ for F – 1,22; D – n.s.					
BAW NFE	Azotan amonu Ammonium nitrate	840,7	836,7	831,9	815,9	831,3
	Sulfammo 30 N Pro	848,4	843,4	831,2	822,7	836,4
	średnio/ mean	844,6	840,1	831,5	819,3	833,9
	NIR _{0,05} /LSD _{0,05} dla/ for F – 3,94; D – 7,56					

F – rodzaj nawozu/ kind of fertilizer; D – dawka nawozu/ nitrogen rate; BAW – związki bezazotowe wyciągowe/ NFE – nitrogen free extract, n.s. – nieistotnie statystycznie/ not significant difference

Tabela 3. Zawartość frakcji włókna pokarmowego ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie pszenżyta w zależności od rodzaju nawozu (F) oraz dawki azotu (D) średnio w latach 2013–2014Table 3. Fibre fractions content ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ d.m.) in triticale grain depending on the kind of fertilizer (F), and nitrogen dose (D) average in 2013–2014

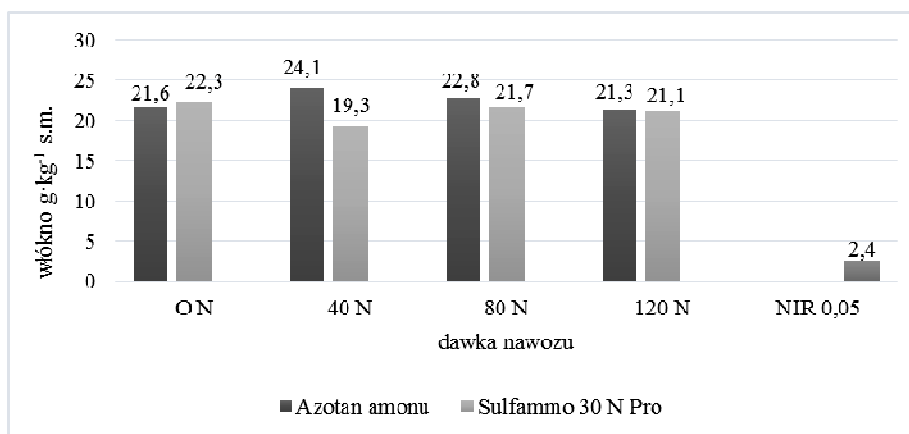
Cecha Quality parameter	Rodzaj nawozu Kind of fertilizer	Dawka nawozu Nitrogen rate				Średnia Mean
		0	40	80	120	
NDF	azotan amonu ammonium nitrate	139,1	143,1	141,2	147,4	142,8
	Sulfammo 30 N Pro	145,6	141,3	141,3	140,1	142,1
	średnio/ mean	142,3	142,4	141,3	143,8	142,4
	NIR _{0,05} /LSD _{0,05} dla/ for F – n.s.; D – n.s.					
ADF	azotan amonu ammonium nitrate	38,2	39,7	39,4	39,7	39,3
	Sulfammo 30 N Pro	38,6	37,9	39,1	39,0	38,6
	średnio/ mean	38,4	38,8	39,2	39,4	38,9
	NIR _{0,05} /LSD _{0,05} dla/ for F – n.s.; D – n.s.					
ADL	azotan amonu ammonium nitrate	8,8	9,3	10,6	10,7	9,9
	Sulfammo 30 N Pro	8,7	8,1	9,7	9,9	9,1
	średnio/ mean	8,8	8,7	10,1	10,3	9,5
	NIR _{0,05} /LSD _{0,05} dla/ for F – n.s.; D – 1,56					
HCEL	azotan amonu ammonium nitrate	100,9	103,8	101,8	107,6	103,5
	Sulfammo 30 N Pro	107,0	103,4	102,3	101,1	103,4
	średnio/ mean	103,9	103,6	102,0	104,4	103,5
	NIR _{0,05} /LSD _{0,05} dla/ for F – n.s.; D – n.s.					
CEL	azotan amonu ammonium nitrate	29,4	30,4	28,8	29,0	29,4
	Sulfammo 30 N Pro	29,8	29,8	29,3	29,0	29,5
	średnio/ mean	29,6	30,1	29,1	29,0	29,4
	NIR _{0,05} /LSD _{0,05} dla/ for F – n.s.; D – n.s.					

F – rodzaj nawozu/ kind of fertilizer; D – dawka nawozu/ nitrogen dose; NDF – włókno detergentowe neutralne/ neutral detergent fibre; ADF – włókno kwaśno-detergentowe/ acid detergent fibre; ADL – lignina kwaśno-detergentowa/ acid detergent lignin; HCEL – hemiceluloza/ hemicellulose; CEL – celuloza/ cellulose; n.s. – nieistotne statystycznie/ not significant difference

równaniu z obiektem kontrolnym i nawożonym dawką 40 i 80 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ (odpowiednio o 26,7, 25,9 i 17,3 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.). Dotychczasowe badania wykazały, że zawartość białka ogółem w ziarnie pszenżyta jarego jest bardzo zróżnicowana i wynosić może nawet 20% [Gil 2001, Ceglińska i in. 2005, Achremowicz i in. 2014]. Ta zmienność jest wypadkową działania wielu czynników, takich jak: cechy odmianowe, nawożenie, zabiegi agrotechniczne, warunki atmosferyczne podczas wegetacji i zbioru [Knapowski i in. 2010]. Ziarno pszenżyta generalnie charakteryzuje się większą zawartością białka ogółem i włókna, a mniejszą tłuszczu surowego niż ziarno kukurydzy [Myer i Brendemuhl 2009].

Głównym składnikiem suchej masy były związki bezazotowe wyciągowe. W przypadku związków bezazotowych wyciągowych obserwowano odwrotne relacje niż przy zawartości białka. Poziom tych związków wahał się w granicach 819,3–844,6 g·kg⁻¹ s.m. Największą ich zawartością charakteryzowało się ziarno zebrane z obiektu kontrolnego (bez nawożenia azotem). Wraz ze wzrostem nawożenia malała zawartość BAW, po zastosowaniu dawki 120 kg N·ha⁻¹ była mniejsza niż w ziarnie z obiektu kontrolnego o 3%. Idziak i Michalski [2004] uzyskali taką samą zależność w uprawie jęczmienia jarego i owsa.

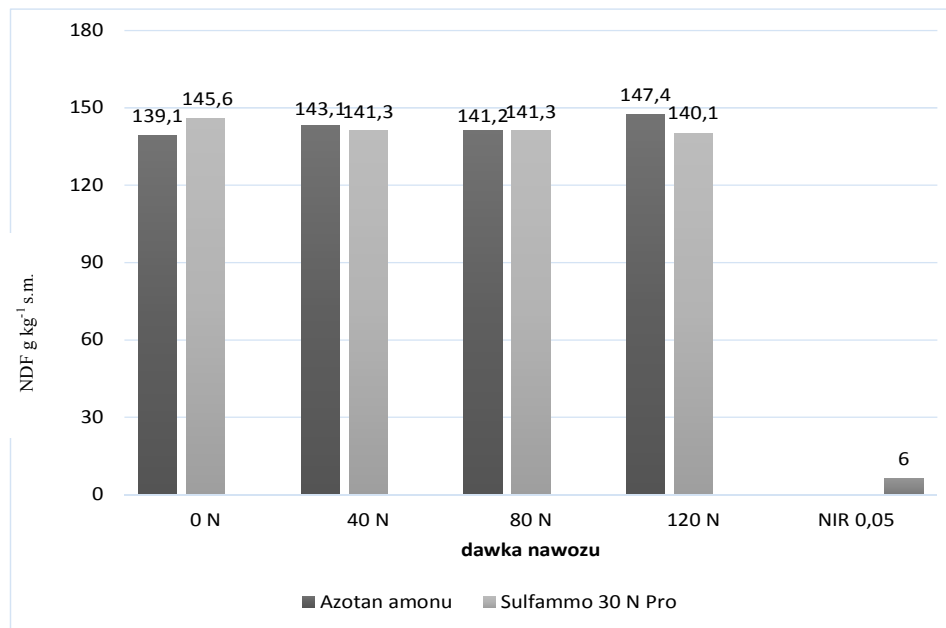
Włókno pokarmowe jest strukturalnie bardzo zróżnicowane, a ze względu na istotne znaczenie w fizjologii człowieka oraz w technologii żywności obecnie skupia znaczną uwagę świata nauki [Shewry i in. 2010]. Wyniki badań wskazują, że forma i dawka azotu nie wpłynęły istotnie na zawartości frakcji włókna pokarmowego w ziarnie pszenżyta jarego (tab. 3). Wzrost dawki azotu istotnie wpłynął jedynie na poziom ligniny (ADL). Średnio z lat największą zawartość frakcji ADL w ziarnie pszenżyta uzyskano na obiekcie, w którym zastosowano nawożenie 120 kg N·ha⁻¹, i była ona większa w porównaniu z uzyskaną na obiekcie kontrolnym i nawożonym dawką 40 kg N·ha⁻¹ odpowiednio o 14,6 i 15,5%. Nie stwierdzono wpływu badanych czynników na poziom pozostałych badanych frakcji włókna pokarmowego (NDF, ADF, hemicelulozy i celulozy). Zawartość frakcji włókna w ziarnie pszenżyta jarego była zbliżona do oczekiwanych danych źródłowych [Taverner i in. 1981, Rakha i in. 2011].



Rys. 1. Wpływ rodzaju i dawki nawozu na zawartość włókna surowego (g·kg⁻¹ s.m.) w ziarnie pszenżyta jarego

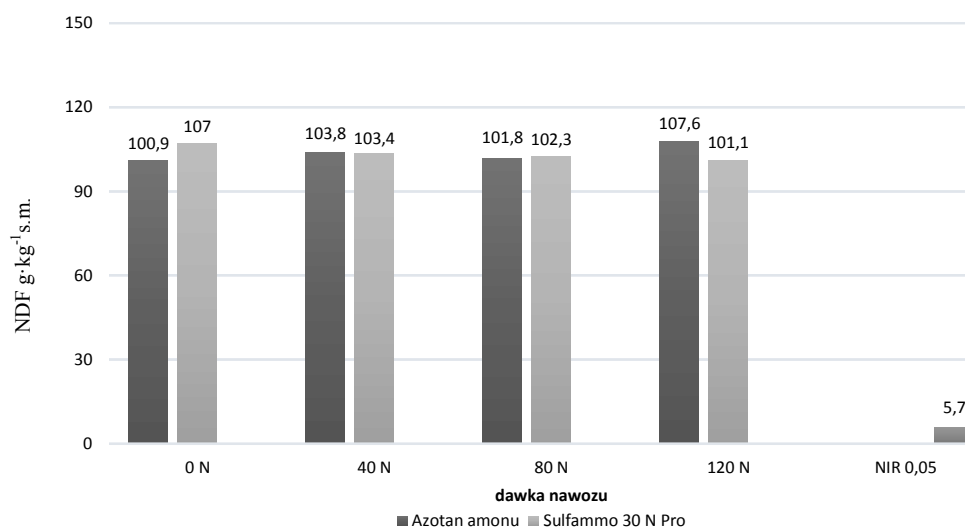
Fig. 1. Effect of kind of fertilizer and nitrogen dose on the crude fibre (g·kg⁻¹ d.m.) in spring triticale grain

Wykazane istotne interakcje forma nawozu × dawka nawozu przedstawiono na rysunkach 1–3. Współdziałanie obu czynników wpłynęło istotnie na zawartość włókna surowego, frakcji NDF i hemicelulozy w badanym ziarnie pszenżyta jarego. W przeprowadzonych badaniach na zawartość włókna w ziarnie pszenżyta jarego miały wpływ zarówno rodzaj, jak i dawka nawożenia (rys. 1). Najwięcej włókna surowego stwierdzo-



Rys. 2. Wpływ rodzaju i dawki nawozu na zawartość NDF (g kg⁻¹ s.m.) w ziarnie pszenżyta
 Fig. 2. Effect of kind of fertilizer and nitrogen dose on NDF (g kg⁻¹ d.m.) in spring triticale grain

no w ziarnie nawożonym azotanem amonu w dawce 40 kg N·ha⁻¹ (o 11,6% w porównaniu z obiektem kontrolnym), najmniej – w ziarnie zebranym z obiektów, na których stosowano Sulfammo Pro N 30 w dawce 40 kg N·ha⁻¹ (o 13,5% w porównaniu z obiektem kontrolnym). Największą ilość włókna neutralno-detergentowego zawierało ziarno nawożone azotanem amonu w dawce 120 kg N·ha⁻¹ (rys. 2). W porównaniu z zawartością w ziarnie zebranym z obiektów, na których nie stosowano nawożenia azotowego (obiekt kontrolny), zawartość NDF wzrosła o 3%. Ziarno pszenżyta jarego zebrane na obiekcie nawożonym Sulfammo Pro N 30 w dawce 120 kg N·ha⁻¹ charakteryzowało się najniższym poziomem hemicelulozy (o 5,5% w porównaniu z obiektem kontrolnym). Istotnie najwięcej hemicelulozy stwierdzono w ziarnie zebranym z obiektów, na których stosowano nawożenie azotanem amonu w dawce 120 kg N·ha⁻¹ (o 6,6% w porównaniu z obiektem kontrolnym). Warto podkreślić, że hemicelulozy są ważnym składnikiem błonnika pokarmowego, mającym silne właściwości sorbujące metale ciężkie [Borycka 2005]. Duża koncentracja hemiceluloz jest zjawiskiem bardzo korzystnym, gdyż mają one pozytywne znaczenie fizjologiczne, związane ze zdolnością tych składników do pęcznienia i wiązania wody w świetle przewodności pokarmowego człowieka [Nawirska 2005].



Rys. 3 Wpływ rodzaju i dawki nawozu na zawartość hemicelulozy (g·kg⁻¹ s.m.) w ziarnie pszenżyta

Fig. 3. Effect of kind of fertilizer and nitrogen dose on hemicellulose (g·kg⁻¹ d.m.) in spring triticale grain

WNIOSKI

1. Nawożenie azotem oraz jego forma modyfikują skład chemiczny ziarna pszenżyta jarego.
2. Zastosowanie dawki 120 kg N·ha⁻¹ spowodowało istotny wzrost zawartości białka (o 27%).
3. Wzrost poziomu nawożenia azotem spowodował istotne zmniejszenie poziomu BAW oraz zwiększenie poziomu ligniny (odpowiednio o 3% i 17%).
4. Zastosowane w aplikowanych nawozach formy azotu (azotan amonu i Sulfammo 30 N Pro) istotnie różnicowały w ziarnie zawartość suchej masy, tłuszczu, włókna surowego i BAW.
5. Nie stwierdzono istotnego wpływu rodzaju nawozu na poziom badanych frakcji włókna pokarmowego.
6. Stwierdzono istotną interakcję rodzaju nawożenia azotowego i dawki nawozu na zawartość włókna surowego, frakcji włókna neutralno-detergentowego i hemicelulozy.

PIŚMIENNICTWO

- Achremowicz B., Ceglińska A., Gambuś H., Haber T., Obiedziński M., 2014. Technologiczne wykorzystanie ziarna pszenżyta. *Post. Tech. Przetw. Spoż.* 1, 113–120.
- Ammar K., Mergoum M., Rajaram S., 2004. The history and evolution of triticale. W: M. Mergoum, H. Gómez-Macpherson (ed.), *Triticale improvement and production*. FAO plant production and protection paper 179. FAO of the United Nations, Rome, 1–9.
- AOAC, 2012. Official methods of analysis of AOAC International. 19th ed., Gaithersburg.
- Beres B.L., Harker K.N., Clayton G.W., Bremer E., Blackshaw R.E., Graf R.J., 2010. Weed competitive ability of spring and winter cereals in the Northern Great Plains. *Weed Technol.* 24, 108–116.
- Borycka B., 2005. Wiązanie jonów miedzi, cynku i żelaza przez włókno pokarmowe z wyłoków czarnych porzeczek. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 3 (44), 83–91.
- Ceglińska A., Cichy H., Haber T., Sadecka M., 2003. Ocena wartości technologicznej ziarna pszenżyta jarego. *Biul. IHAR* 230, 177–185.
- Ceglińska A., Samborski S., Rozbicki J., Cacak-Pietrzak G., Haber T., 2005. Ocena wartości przemiałowej i wypiekowej odmian pszenżyta ozimego w zależności od nawożenia azotem. *Pam. Puł.* 139, 39–46.
- COBORU, 2016. Lista odmian roślin rolniczych wpisanych do krajowego rejestru w Polsce.
- FAO, 2016. Food and agricultural commodities production. FAO Statistics Division.
- Fernandez-Figares I., Marinetto J., Royo C., Ramos J.M., Garcia del Moral L.F., 2000. Amino acid composition and protein and carbohydrate accumulation in the grain of triticale grown under terminal water stress simulated by a senescing agent. *J. Cereal Sci.* 32, 249–258.
- Fontaine J., Schirmer B., Hörr J., 2002. Near-Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) enables the fast and accurate prediction of essential amino acid contents. 2. Results for wheat, barley, corn, triticale, wheat bran/middlings, rice bran, and sorghum. *J. Agric. Food Chem.* 50, 3902–3911.
- Gil Z., 2001. Charakterystyka cech fizycznych, chemicznych i przemiałowych ziarna pszenżyta jarego i ozimego. *Biul. IHAR* 220, 139–146.
- Grzelak M., 2010. Produkcja i wartość paszowa suszu z łąk nadnotekch ekstensywnie użytkowanych. *Nauka Przyr. Technol.* 1, 1–8.
- GUS, 2016. Użytkowanie gruntów i powierzchnia zasiewów w 2015 r. Warszawa. Hackl W., Pieper B., Pieper R., Korn U., Zeyner A., 2010. Effects of ensiling cereal grains (barley, wheat, triticale and rye) on total and pre-caecal digestibility of proximate nutrients and amino acids in pigs. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 94, 729–735.
- Idziak R., Michalski T., 2004. Skład chemiczny oraz wartość paszowa jęczmienia jarego i owsa uprawianych w mieszankach w zależności od nawożenia azotem. *Annales UMCS, sec. E, Agricultura* 59 (1), 75–82.
- IUSS Working Group WRB, 2015. World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *World Soil Resources Reports* 106. FAO, Rome.
- Jaśkiewicz B., 2009. Czynniki decydujące o regionalnym zróżnicowaniu produkcji pszenżyta w Polsce. *Fragm. Agron.* 26 (2), 72–80.
- Jaśkiewicz B., 2014. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i zawartość białka w ziarnie odmian pszenżyta ozimego. *Fragm. Agron.* 31 (1), 25–31.
- Kalbarczyk E., 2008. Niedobory opadów atmosferycznych ograniczające plon pszenżyta jarego w północno-zachodniej Polsce. *Acta Agrophys.* 11 (2), 419–428.
- Kalbarczyk E., 2010. Zmienność plonu ziarna pszenżyta jarego w Polsce w warunkach różnego nasilenia suszy atmosferycznej. *Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ.* 1 (47), 20–33.

- Knapowski T., Kozera W., Majcherczak E., Barczak B., 2010. Wpływ nawożenia azotem i cynkiem na skład chemiczny i plon białka ziarna pszenżyta jarego. *Fragm. Agron.* 27 (4), 45–55.
- Korsak-Adamowicz M., 2004. Plonowanie pszenżyta jarego oraz zmiany niektórych właściwości fizycznych gleby pod wpływem zróżnicowanej uprawy przedsięwziętej. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 3 (1), 71–81.
- Mut Z., Sezer I., Gülümser 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.
- Myer R.O., Brendemuhl J.H., 2009. Evaluation of triticale grain in nursery diets for three to eight week old pigs. *J. Appl. Anim. Res.* 36 (1), 1–6.
- Nawirska A., 2005. Binding of metal ions by selected fractions of fruit pomace. *Food Chem.* 90 (3), 395–400.
- Nezami A., Soleimani M.R., Ziaee M., Ghodsi M., Aval M.B., 2010. Evaluation of freezing tolerance of hexaploid triticale genotypes under controlled conditions. *Not. Sci. Biol.* 2 (2), 114–120.
- Pietkiewicz S., 1985. Wskaźnikowa analiza wzrostu roślin. *Wiad. Bot.* 29 (1), 29–42.
- Radzka E., Koc G., Rak J., Jankowska J., 2007. Niedobór i rozkład opadów w Siedlcach w latach 1971–2005. *Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ.* 3 (37), 33–38.
- Rahn C.R., 2000. Nitrogen and field production of vegetable crops. *Acta Hort.* 533, 361–370.
- Rakha A., Åman P., Andersson R., 2011. Dietary fiber in triticale grain: Variation in content, composition, and molecular weight distribution of extractable components. *J. Cereal Sci.* 54, 324–331.
- Rakowski D., 2003. Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego na plonowanie wybranych odmian pszenicy jarej i pszenżyta jarego uprawianych na glebie lekkiej. Cz. III. Biologiczna wartość białka i technologiczna wartość ziarna. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 2 (2), 43–50.
- Shewry P.R., Piironen V., Lampi A.M., Edelmann M., Kariluoto S., Nurmi T., Fernandez-Orozco R., Ravel C., Charmet G., Andersson A.A.M., Åman P., Boros D., Gebruers K., Dornez E., Courtin C.M., Delcour J.A., Rakszegi M., Bedo Z., Ward J.L., 2010. The health grain wheat diversity screen: Effects of genotype and environment on phytochemicals and dietary fiber components. *J. Agric. Food Chem.* 58, 9291–9298.
- Stankowski S., Hury G., Jurgiel-Malecka G., Gibczyńska M., Kowalewska R., 2015. The effect of nitrogen fertilizers on chemical composition of spring triticale grain. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 14 (4), 73–80.
- Stankowski S., Smagacz J., Hury G., Ułasik S., 2008. Effect of nitrogen fertilization intensity on grain and flour quality of winter wheat cultivars. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 7 (3), 105–114.
- Systematyka gleb Polski, 2011. *Rocz. Glebozn.* 62 (3), 1–193.
- Taverner M.R., Hume I.D., Farrell D.J., 1981. Availability to pigs of amino acids in cereal grains. *Br. J. Nutr.* 46, 159–171.
- 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.
- Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583–3597.
- Warechowska M., Warechowski J., Wojtkowiak K., Stępień A., 2013. Milling quality of spring triticale grain under different nitrogen fertilization. *Pol. J. Nat. Sci.* 28 (4), 423–435.

Summary. The aim of the study was to compare the effects of two nitrogen fertilizers: ammonium nitrate and Sulfammo 30 N Pro and doses of fertilizer on the chemical composition of triticale grain cultivar 'Nagano'. The field experiment was conducted in 2013–2014 at the Agricultural Experimental Station in Lipnik in Western Pomerania (53°42'N, 14°97'S). The triticale samples

were analysed for the content of dry matter, total protein, crude fat, crude fibre, crude ash, nitrogen-free extract fibre fractions (NDF, ADF, ADL, HCEL, CEL). Application of nitrogen fertilization at the highest dose of $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ resulted in a significant increase of crude protein content in the spring triticale grain (by 27% in comparison to the control object). Increasing the level of the nitrogen dose resulted in a significant decrease in NFE. Increased nitrogen fertilization had a significant impact on the increase in lignin (ADL) content. The kind of the fertilizer caused a change in the content of dry matter, crude fat, crude fiber and NFE in triticale grain. The interaction of the kind of fertilizer and the nitrogen dose significantly modified the crude fiber content, NDF and hemicellulose in the examined spring triticale grain.

Key words: *×Triticosecale* Wittmack, basic chemical composition, fibre fraction, form and rate of nitrogen, 'Nagano' cultivar