ACTA SCIENTIARUM POLONORUM *Acta Sci. Pol., Agricultura 7(2) 2008, 3-10*

SKŁAD FRAKCYJNY BIAŁKA DOJRZEWAJĄCEGO ZIARNA JĘCZMIENIA OZIMEGO UPRAWIANEGO W WARUNKACH INTENSYWNEGO NAWOŻENIA AZOTEM

Bożena Barczak, Tomasz Knapowski
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Streszczenie. Przedmiotem badań było ziarno jęczmienia ozimego zbieranego w początkowej fazie jego zawiązywania, dojrzałości mlecznej, woskowej i pełnej przy stosowaniu nawożenia azotem w dawkach 0, 60, 120 i 180 kg N·ha^{-1}. Doświadczenie przeprowadzono w Stacji Badawczej w Wierzchucinku (53^{o}26' N; 17^{o}79' E), należącej do Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. Podczas wypełniania ziarna jęczmienia ozimego odmiany Paweł udział wszystkich badanych frakcji w białku ogólnym na ogół zwiększał się. W największym stopniu dotyczyło to prolamin; różnica ich zawartości między fazami A i D wynosiła średnio dla trzech lat badań 207,7%. W białku dojrzewającego ziarna jęczmienia ozimego we wszystkich badanych fazach rozwoju ziarna pod wpływem nawożenia azotem wzrastał znacząco udział białek zapasowych, to jest prolamin i glutelin (o 15,7 %), przy jednoczesnym obniżeniu zawartości albumin i globulin (o 18,2%). Największy wpływ dawek azotu na kształtowanie składu frakcyjnego białka obserwowano w fazie dojrzałości pełnej. Zmiany proporcji ilościowych między frakcjami białkowymi, zachodzące podczas ontogenezy ziarna jęczmienia ozimego pod wpływem działania intensywnego nawożenia azotem, mogą sugerować pewne obniżenie wartości odżywczej białka.

Słowa kluczowe: jęczmień ozimy, azot, skład frakcyjny białka, nawożenie azotem, fazy dojrzałości ziarna

WSTĘP

Jęczmień ozimy uprawia się w Polsce prawie wyłącznie na cele paszowe. Ziarno tego zboża dostarcza nie tylko dużej ilości jednostek pokarmowych, ale jest także źródłem wartościowego białka o wysokiej strawności [Harasim i Noworolnik 1998, Cwojdziński i Majcherczak 2002, Majcherczak i in. 2003, Praca pod red. Gawędzkiego 2003, Noworolnik i in. 2004]. Wykazano pozytywny wpływ paszy z jęczmienia ozimego na

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr Bożena Barczak, Katedra Chemii Rolnej Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, ul. Seminaryjna 5, 85-236 Bydgoszcz, e-mail: barczak@edu.utp.pl

jakość mleka, mięsa i masła zwierząt nią skarmianych [Grzesiuk i Kulka 1988]. Zawartość białka roślinnego zależy od cech dziedzicznych i warunków środowiskowych w czasie wegetacji. Jednym z najistotniejszych czynników wpływających na kształtowanie się zawartości i jakości białka ziarna zbóż jest nawożenie azotem. Skutkiem intensywnego nawożenia zbóż tym składnikiem mogą być zmiany w składzie aminokwasowym i frakcyjnym białka, decydujące o jego wartości biologicznej, a tym samym o wartości paszowej [Barczak i Nowak 1998, Barczak 1999, Cwojdziński i Majcherczak 2002, Majcherczak i in. 2003, Spychaj-Fabisiak i in. 2005]. Oddziaływanie nawożenia azotem na zawartość białka w ziarnie jęczmienia ozimego o dojrzałości pełnej przedstawiono w licznych publikacjach [Cwojdziński 1979, Harasim i Noworolnik 1998, Barczak 1999, Cwojdziński i Majcherczak 2002], natomiast kształtowanie się jego jakości w dojrzewającym ziarnie jest problemem o wiele mniej rozpoznanym.

Celem badań była ocena wpływu zróżnicowanych dawek azotu na skład frakcyjny białka ziarna jęczmienia ozimego w kolejnych fazach jego dojrzałości.

MATERIAŁ I METODY

Ścisłe badania polowe przeprowadzono w latach 1998-2001 w Stacji Badawczej w Wierzchucinku (53°26' N; 17°79' E), należącej do Uniwersytetu Przyrodniczo-Technicznego w Bydgoszczy. Doświadczenie założono w trzech replikacjach metodą losowanych bloków na glebie płowej właściwej, kompleksu żytniego dobrego, klasy bonitacyjnej III b. Gleba charakteryzowała się lekko kwaśnym odczynem (pH_{KCl} – 5,7) oraz średnią zasobnością w przyswajalne formy fosforu i potasu. Powierzchnia poletka wynosiła 12 m^2. Uprawiano odmianę Paweł, o średniej zimotrwałości, dużej odporności na wyleganie i dobrej zdrowotności [Synteza... 1989]. W kolejnych latach badań jęczmień ozimy uprawiano odpowiednio po: pszenicy ozimej, rzepaku ozimym i owsie.

Pierwszym czynnikiem doświadczenia były fazy rozwoju ziarna jęczmienia ozimego (n = 3): początek zawiązywania ziarna (faza A), faza dojrzałości mlecznej (B), woskowej (C) i pełnej (D). Drugi czynnik (n = 4) stanowiły poziomy nawożenia azotem: 0, 60, 120 i 180 kg $N \cdot ha^{-1}$. Azot zastosowano w formie saletry amonowej jednorazowo wczesną wiosną. Przedsiewnie wysiano 57% sól potasową w dawce 100 kg $K \cdot ha^{-1}$ oraz superfosfat magnezowy w dawce 25 kg $P \cdot ha^{-1}$. W celu ochrony roślin przed chwastami i chorobami zastosowano następujące środki: Tolurex WP, Aminopielik i Bayleton.

Materiał do badań stanowiło ziarno jęczmienia ozimego zebrane w kolejnych fazach dojrzałości (A-D). W suchej masie ziarna oznaczono skład frakcyjny białka metodą Michaela i Bluma [1960] w modyfikacji Łoginowa [1971]. W celu rozdzielenia frakcji białkowych stosowano kolejno ekstrakcję: wodą destylowaną (wyodrębniono frakcję azotowych związków niebiałkowych oraz albuminy), 5% roztworem siarczanu (VI) potasu (globuliny) oraz 0,1 M roztworem NaOH w 70% etanolu (gluteliny i prolaminy). Albuminy oddzielano od frakcji niebiałkowej przez wytrącanie ich 20% kwasem trichlorooctowym, a gluteliny separowano od prolamin w wyniku obniżenia pH ekstraktu do 5,5).

Otrzymane wyniki opracowano statystycznie, wykorzystując analizę wariancji. Różnice graniczne oszacowano według testu Tukeya przy poziomie istotności p = 0,05.

WYNIKI I DYSKUSJA

W wyniku zachodzących w ziarnie procesów biochemicznych, doprowadzających do jego pełnej dojrzałości, następuje kształtowanie zawartości i jakości białka. W okresie formowania ziarna ma miejsce zmiana proporcji między zawartością niebiałkowych oraz białkowych związków azotowych – w szczególności zachodzą zmiany składu frakcyjnego białka.

Badania własne wykazały, że dominującą ilościowo frakcją białkową w dojrzewającym ziarnie jęczmienia ozimego były gluteliny (średnia dla trzech lat zawartość – 34,35 g·16 g^{-1} N), natomiast najmniejszym udziałem w ogólnej zawartości białka charakteryzowały się albuminy (średnio 5,50 g·16 g^{-1} N – tab. 1). Najniższą zawartość albumin wykazano na początku zawiązywania ziarna (faza A). W ziarnie fazy dojrzałości mlecznej (B) stwierdzono wzrost ich zawartości w porównaniu z ziarnem w fazie A o 25,1%, natomiast różnica między ilością tego białka w ziarnie fazy dojrzałości woskowej (C) a pełnej (D) stanowiła 13,4%. Podobny kierunek zmian podczas ontogenezy ziarna wykazano dla globulin. Najbardziej intensywna synteza tej frakcji białkowej miała miejsce między fazą A i B (średnia różnica – 34,4%). W następnych stadiach rozwoju ziarna zawartość globulin utrzymywała się na zbliżonym poziomie lub wzrastała (różnice między fazami B i C oraz C i D wynosiły odpowiednio: 1,7 i 13,6%.

Badania wykazały istotnie ujemną korelację między dawkami azotu a zawartością albumin oraz globulin w ziarnie jęczmienia ozimego fazy dojrzałości woskowej (C) (tab. 2). W fazie dojrzałości pełnej ziarna (D) stwierdzono istotną korelację tylko między poziomem azotu a zawartością globulin. Średnio dla trzech lat w przedziale dawek 0-180 kg N·ha^{-1} obniżenie zawartości albumin wynosiło 12,6%, a globulin – 20,3% (tab. 1). Zwraca uwagę duży spadek zawartości globulin pod wpływem stosowanego nawożenia azotem, mający miejsce w fazie dojrzałości pełnej ziarna – średnia różnica wynosiła 36,8%.

Albuminy i globuliny zalicza się do białek biologicznie czynnych, wykazujących dużą aktywność enzymatyczną. Określa się je jako białka konstytucyjne lub strukturalne ze względu na funkcje fizjologiczne, jakie pełnią w roślinie. Frakcje te występują w zarodku i warstwie aleuronowej ziarniaków. Są najwartościowszymi pod względem żywieniowym frakcjami białka ze względu na korzystny skład aminokwasowy. Obydwie frakcje cechują się stosunkowo dużą ilością aminokwasów egzogennych: lizyny, treoniny i izoleucyny; globuliny w porównaniu z albuminami zawierają jednak znacznie mniej tryptofanu i metioniny [Winkler i Schon 1980, Barczak i Nowak 1995, Praca pod red. Gawędzkiego 2003]. W warunkach intensywnego nawożenia azotem stwierdzono obniżanie się zawartości sumy albumin i globulin, średnio o 8,2%. Biorąc pod uwagę skład aminokwasowy tych frakcji oraz ważną rolę fizjologiczną, jaką pełnią, przedstawiony kierunek zmian ich zawartości wskazuje na niekorzystny wpływ intensywnego nawożenia azotem na wartość biologiczną ziarna jęczmienia ozimego. Na podobne tendencje, dotyczące białek konstytucyjnych w dojrzałym ziarnie jęczmienia ozimego, zwracali też uwagę Cwojdziński [1979] oraz Barczak [1999].

Najniższą średnią zawartość prolamin stwierdzono na początku zawiązywania ziarna (6,52 g·16 g^{-1} N), największą – w fazie jego dojrzałości woskowej (22,58 g·16^{-1} g N – tab. 1). Wzrost zawartości tej frakcji od fazy A do fazy C był więc aż prawie 2,5-krotny (246,3%). Zawartość prolamin w ziarnie o pełnej dojrzałości była nieco niższa niż w ziarnie fazy woskowej (różnica 11,2%).

Tabela 1. Skład frakcyjny białka ziarna jęczmienia ozimego w kolejnych fazach dojrzałości (średnie z trzech lat)
Table 1. Fractional composition of winter barley protein at consecutive maturity stages, g·16 N^{-1} (mean for three years)

Frakcje białkowe Protein fractions	Fazy dojrzałości Stage of maturity* (I)	Dawka azotu – Nitrogen doses, kg N·ha^{-1} (II)				Średnia Mean
		0	60	120	180	
Albuminy Albumins	A	4,87	4,67	4,70	4,77	4,75
	B	6,30	6,33	5,83	5,40	5,94
	C	5,87	5,80	4,93	4,60	5,30
	D	6,40	6,03	5,90	5,70	6,01
	średnia – mean	5,86	5,71	5,34	5,12	5,50
NIR – LSD dla – for:	I ni – ns	II 0,668	I x II	ni – ns	II x I	ni – ns
Globuliny Globulins	A	11,23	10,13	10,40	10,23	10,58
	B	14,30	14,87	14,60	13,10	14,22
	C	15,83	14,03	13,20	12,83	13,98
	D	19,50	19,03	12,63	12,33	15,88
	średnia – mean	15,22	14,59	12,71	12,13	13,66
NIR – LSD dla – for:	I 0,820	II 0,913	I x II	1,827	II x I	1,690
Albuminy + Globuliny Albumins + Globulins	A	16,10	14,80	15,10	15,00	15,25
	B	20,60	21,20	20,43	18,50	20,18
	C	21,70	19,83	18,13	17,43	19,27
	D	25,90	25,06	18,53	18,03	21,88
	średnia – mean	21,08	20,22	18,05	17,24	19,15
NIR – LSD dla – for:	I 1,350	II 1,711	I x II	ni – ns	II x I	ni – ns
Prolaminy Prolamins	A	6,27	6,00	6,57	7,23	6,52
	B	17,63	15,57	18,63	19,60	17,86
	C	21,60	21,93	22,70	24,10	22,58
	D	17,53	17,97	21,90	22,83	20,06
	średnia – mean	15,76	15,37	17,45	18,44	16,75
NIR – LSD dla – for:	I 0,829	II 1,161	I x II	ni – ns	II x I	ni – ns
Gluteliny Glutelins	A	30,17	29,33	29,47	32,33	30,33
	B	33,87	34,03	38,33	38,33	36,14
	C	32,47	34,23	36,13	38,40	35,31
	D	32,90	34,60	35,20	39,77	35,62
	średnia – mean	32,35	33,05	34,78	37,21	34,35
NIR – LSD dla – for:	I ni – ns	II 1,685	I x II	ni – ns	II x I	ni – ns
Prolaminy + Gluteliny Prolamins + Glutelins	A	36,44	35,33	36,04	39,56	34,35
	B	51,50	49,60	56,96	57,93	54,00
	C	54,07	56,16	58,83	62,50	57,89
	D	50,43	52,57	57,10	62,60	55,68
	średnia – mean	48,11	48,42	52,23	55,65	51,10
NIR – LSD dla – for:	I 5,151	II 5,540	I x II	ni – ns	II x I	ni – ns

* A – początek zawiązywania ziarna – start of grain setting, B – faza mleczna – milk maturity stage, C – faza woskowa – dough maturity stage, D – faza pełna – full maturity stage
ni – ns – różnice nieistotne – non-significant difference

W miarę dojrzewania ziarna wzrastała również ilość glutelin. Najwyższą zawartość tej frakcji w ziarnie stwierdzono w fazie dojrzałości mlecznej. W kolejnych fazach dojrzałości jej zawartość była stabilna i tylko nieco niższa niż w fazie dojrzałości

mlecznej (różnica około 2%). Warto podkreślić, że prolaminy najwyższą zawartość osiągnęły w fazie C, a gluteliny – w fazie B, co jest zgodne z sugestią Grzesiuka i Kulki [1988], według których synteza glutelin w ziarniakach rozpoczyna się zwykle wcześniej niż prolamin.

Wykazano na ogół istotnie dodatnią korelację między ilością omawianych frakcji a nawożeniem azotem w badanych fazach rozwoju ziarna (tab. 2). Zastosowanie dawki 60 kg N·ha^{-1} nie powodowało statystycznie potwierdzonych zmian zawartości prolamin i glutelin w porównaniu z obiektem kontrolnym, natomiast dawki 120 i 180 kg N·ha^{-1} z reguły istotnie podwyższały ich zawartość. W ziarnie jęczmienia ozimego nawożonego dawką 180 kg N·ha^{-1} średni przyrost zawartości prolamin wynosił 17,0%, a glutelin – 15,0% (tab. 1). Zależność ta – jedynie dla prolamin – znajduje potwierdzenie w badaniach Schiller [1974] z jęczmieniem ozimym. Altmann i Zoschke [1981] w badaniach wazonowych z jęczmieniem jarym, a także Cwojdziński [1979] w badaniach polowych z jęczmieniem ozimym stwierdzili znaczący wzrost udziału obydwu frakcji zapasowych w całym zakresie badanych dawek azotu. Z kolei badania Selivanova i Garmasova [1985] nie wykazały wyraźnych kierunkowych zmian zawartości żadnej z omawianych frakcji w warunkach intensywnego nawożenia azotem.

Tabela 2. Współczynniki korelacji między zawartością poszczególnych frakcji białkowych a dawkami azotu

Table 2. Correlation coefficients between the contents of the individual protein fractions and nitrogen doses

Frakcje białkowe Protein fractions	Fazy dojrzałości – Stage of maturity*			
	A	B	C	D
Albuminy – Albumins	-0,443	-0,508	-0,756**	-0,133
Globuliny – Globulins	-0,462	-0,394	-0,708**	-0,832**
Prolaminy – Prolamins	0,489	0,651**	0,810**	0,791**
Gluteliny – Glutelins	0,563	0,849**	0,407	0,630**

* objaśnienia pod tabelą 1 – for explanation, see Table 1

** istotne przy $\alpha = 0,05$ – significant at $\alpha = 0.05$

Prolaminy i gluteliny są zlokalizowane w bielmie ziarna zbóż i pełnią rolę białek zapasowych. Obydwie frakcje są bogate w kwas glutaminowy, prolinę i aminokwasy hydrofobowe, natomiast prolaminy wyróżniają się stosunkowo niską zawartością lizyny, histydyny, a także treoniny i tryptofanu [Barczak i Nowak 1995, Praca pod red. Gawędzkiego 2003]. Ze względu na niezbyt korzystny skład aminokwasowy, uważa się, że wartość odżywcza prolamin i glutelin jest niższa niż albumin i globulin. Wykazany w badaniach własnych wzrost udziału białek zapasowych, przy jednoczesnym obniżeniu zawartości białek konstytucyjnych pod wpływem intensywnego nawożenia azotem, może więc wskazywać na niekorzystne zmiany wartości biologicznej białka.

Wzrost zawartości poszczególnych frakcji białkowych w dojrzewającym ziarnie jęczmienia ozimego wynika z faktu, że w początkowym okresie jego rozwoju wśród związków azotowych dominują związki niebiałkowe, przede wszystkim wolne aminokwasy i amidy. W miarę wypełniania ziarna maleje wyraźnie udział azotu niebiałkowego, a wzrasta zawartość związków białkowych [Dexter i Dronzek 1975, Altmann i Zoschke 1981, Barczak i Nowak 2006], zwłaszcza zapasowych, tj. prolamin i glutelin [Grzesiuk i Kulka 1988]. Intensywna synteza białek jest skutkiem dopływu z liści i korzeni do ziarna glutaminy, amidu będącego kluczową substancją niezbędną do powsta-

nia wielu aminokwasów białkowych. Procesy biochemiczne z udziałem glutaminy katalizowane są przez syntetazę glutaminianową, której aktywność wzrasta w miarę dojrzewania ziarna, osiągając maksimum podczas gromadzenia białek zapasowych, czyli między fazą dojrzałości mlecznej a woskowej [Oaks i in. cyt. za Grzesiukiem i Kulką 1988]. Warto podkreślić, że wpływ nawożenia azotem na kształtowanie zawartości sum prolamin i glutelin w fazach A i B był niewielki, natomiast wyraźnie pogłębił się w fazie dojrzałości woskowej (C), a zwłaszcza pełnej (D). Różnice dla skrajnych dawek azotu (0 i 180 kg $N \cdot ha^{-1}$) na początku zawiązywania ziarna wynosiły 8,6%, w fazie dojrzałości mlecznej – 12,5%, woskowej – 15,6%, a pełnej aż 24,1%.

Zmiany składu frakcyjnego białka ziarna zbóż podczas ontogenezy mogą być następstwem zachodzących w czasie jego wypełniania zmian budowy anatomicznej. Zróżnicowanie proporcji części anatomicznych ziarna, w szczególności zwiększenie udziału masy bielma w stosunku do masy warstwy aleuronowej i zarodka mogą spowodować zmiany składu frakcyjnego białek. Białka strukturalne i enzymatyczne (albuminy i globuliny) zlokalizowane są przede wszystkim w zarodku i warstwie aleuronowej, a zapasowe (gluteliny i prolaminy) – w bielmie, w postaci ciał białkowych [Grzesiuk i Kulka 1988]. Wydaje się, że taki kierunek zmian potwierdza fakt, że dopływ substancji azotowych z liści oraz z korzeni do formującego się ziarna wprawdzie ustaje na początku dojrzałości woskowej [Grzesiuk i Kulka 1988], lecz ich przekształcanie się w białka trwa do dojrzałości pełnej. W warunkach dużej podaży azotu proces ten zachodzi szczególnie intensywnie. Nasilanie się syntezy związków białkowych w kolejnych stadiach ontogenezy ziarna pozwala na pełniejsze wykorzystanie wnoszonego z nawozami azotu. Można sądzić, że rośliny zbożowe powinny być dobrze zaopatrzone w azot również w okresie gromadzenia w bielmie białek zapasowych, co przypada na okres między fazą dojrzałości mlecznej a pełnej. Należy przypuszczać, że jest to warunek wykształcenia ziarna o wysokiej zawartości białka.

Zmiany składu frakcyjnego białek łączą się ze zmianami ich składu aminokwasowego. Badania wielu autorów wskazują na zwiększanie udziału kwasu glutaminowego i proliny oraz obniżenie zawartości lizyny, tryptofanu, alaniny i waliny w białku dojrzewającego ziarna zbóż [Dexter i Dronzek 1975, Altmann i Zoschke 1981, Berez i in. 1999, Barczak i Nowak 2006]. Wykazany w niniejszych badaniach bardzo duży przyrost zawartości prolamin, przy stosunkowo niewielkim zwiększeniu udziału albumin i globulin podczas ontogenezy ziarna jęczmienia ozimego, może powodować niekorzystne zmiany składu aminokwasowego białka i obniżać jego wartość odżywczą. Natomiast korzystnym aspektem znacznego gromadzenia się bogatych w kwas glutaminowy prolamin może być wykazany przez Mineeva i Pavłova [1981] dodatni ich wpływ na kształtowanie się wigoru ziarna.

WNIOSKI

1. W kolejnych fazach dojrzewania ziarna jęczmienia ozimego na ogół zwiększał się udział wszystkich badanych frakcji w białku ogólnym. W największym stopniu zależność ta dotyczyła prolamin.

2. Pod wpływem nawożenia azotem w białku dojrzewającego ziarna jęczmienia ozimego we wszystkich badanych fazach rozwoju wzrastał znacząco udział białek zapasowych, to jest prolamin i glutelin, przy jednoczesnym obniżeniu zawartości albumin i globulin.

3. Największy wpływ dawek azotu na kształtowanie składu frakcyjnego białka wykazano w fazie pełnej dojrzałości ziarna.

4. Zmiany proporcji ilościowych między frakcjami białkowymi zachodzące podczas ontogenezy ziarna jęczmienia ozimego pod wpływem działania intensywnego nawożenia azotem mogą sugerować pewne obniżenie wartości odżywczej białka.

PIŚMIENNICTWO

Altmann R., Zoschke M., 1981. Protein storage processes and protein quality characteristics inspring barley genotypes during ontogenesis. Z. Acker- und Pflanzenbau. 150, 223-237.

Barczak B. 1999., Rola nawożenia azotem w kształtowaniu wartości biologicznej białka ziarna jęczmienia ozimego. Rocz. Nauk Rol. 114(1-2), 205-218.

Barczak B., Nowak K., 1995. Wpływ nawożenia azotem na jakość białka ziarna jęczmienia ozimego. Cz. II. Skład aminokwasowy frakcji białkowych. Rocz. Nauk Rol. A 111, 99-115.

Barczak B., Nowak K., 1998. Wpływ nawożenia azotem oraz przedplonu na jakość białka ziarna jęczmienia ozimego. Rocz. Nauk Rol. A 113(1-2), 43-58.

Barczak B., Nowak K., 2006. The effect of diverse nitrogen doses on the amount and the content of amino acids in the protein of maturing winter barley grain. Macro- and Trace Elements Mengen- und Spurenelemente, 23th Workshop, Friedrich Schiller University Jena, 244-251.

Berez K., Kissimon I., Ragasits I., 1999. Changes in protein composition during the grain filing of wheat as function of nitrogen fertilization using classical fractionation and SDS-PAGE method. Novenytermeles 44(2), 19-32.

Cwojdziński W., 1979. Wpływ nawożenia azotem na zawartość i jakość białek ziarna różnych odmian jęczmienia ozimego. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Rozpr. hab. 79.

Cwojdziński W., Majcherczak E., 2002. Wpływ wzrastającego nawożenia azotem na produktywność i zawartość białka w ziarnie jęczmienia ozimego. Acta Sci. Pol., Agricultura 1(2), 33-42.

Dexter J.E., Dronzek B.L., 1975. Note on the amino acid composition of protein fractions from a developing triticale and rye and wheat parents. Cereal Chem. 52(4), 587-596.

Grzesiuk S., Kulka K., 1988. Biologia ziarniaków zbóż. PWN Warszawa.

Harasim, A., Noworolnik K., 1998. Porównanie intensywności i efektywności kilku technologii produkcji jęczmienia ozimego. Pam. Puł. 112, 61- 66.

Łoginow W., Gulewicz K., Klupczyński Z., 1971. Analiza frakcyjna białek i perspektywy jej stosowania w ocenie jakościowej ziarna zbóż. Pam. Puł. 50, 117-126.

Majcherczak E., Cwojdziński W., Nowak K., 2003. Wpływ wzrastającego nawożenia azotem na skład aminokwasowy białka ziarna jęczmienia ozimego. Acta Sci. Pol., Agricultura 2(2), 11-18.

Michael G., Blume B., 1960. Űber den Stickstoffdűngung auf die Eisweisszusammenesetzung des Gerstenkornes. Z. Pflernäh., Dűng., Bodenk. 88(3), 237-250.

Mineev V.G., Pavłov A.N., 1981. Agronomiceskie osnowy powysenija kacestva zerna psenicy. Izd. Kołos Moskva.

Noworolnik K., Leszczyńska D., Dworakowski T., 2004. Wpływ nawożenia azotem na plon ziarna i białka jęczmienia nagoziarnistego i oplewionego. Pam. Puł. 135, 213-222.

Praca pod red. J. Gawędzkiego, 2003. Białka w żywności i żywieniu. AR Poznań.

Schiller K., 1971. Untersuchungen über die Variabilität von Futtergerstenprotein. Landw. Forsch. 24(1), 15-33.

Selivanov A.N., Garmasov W.N., 1985. Frakcjonnyj i aminokisłotnyj sostavy biełokov zierna ozimogo jacmienija v zavisimosti ot usłovij azotnogo pitanija. Fizj. Bioch. Kult. Rast. 17(2), 138-143.

Spychaj-Fabisiak E., Ralcewicz M., Knapowski T., Klupczyński Z., 2005. Wpływ terminu siewu i zróżnicowanego nawożenia azotem na wysokość plonu i skład aminokwasowy białka jęczmienia jarego. Frag. Agron. 1(85), 563-573.

Synteza wyników doświadczeń odmianowych, 1989. Biul. COBORU 889.

Winkler U., Schon W.J., 1980. Amino acid composition of the kernel proteins in barley resulting from nitrogen fertilization at different stages of development. Z. Acker- und Pflanzenbau. 149, 503-512.

PROTEIN FRACTIONAL COMPOSITION IN RIPENING GRAINS OF WINTER BARLEY CULTIVATED UNDER INTENSE FERTILIZATION WITH NITROGEN

Abstract. The object of the study was the grain of winter barley harvested at the beginning of its setting, milk maturity, dough maturity and full grain maturity stages at nitrogen fertilization doses of 0, 60, 120 and 180 kg $N \cdot ha^{-1}$. The experiment was carried out at the Research Station in Wierzchucinek (53°26' N; 17°79' E) owned by the University of Technology and Life Sciences, Bydgoszcz. The results of the research revealed that the contents of all the tested individual fractions in total protein generally increased during the filling of the winter barley grain. It mostly concerned prolamins, for which the difference in the contents between stage A and stage D was on average 207.7% for three years of the research. A fraction of spare proteins, i.e. prolamins and glutelins, increased significantly (by 15.7%), whereas the content of albumins and globulins decreased in the protein of ripening grain of winter barley (by 18.2%) in all the tested stages of grain growth under the effect of nitrogen fertilization (0-180 kg $N \cdot ha^{-1}$). The highest effect of nitrogen doses on the protein fractional composition was observed in the phase of full grain maturity. Quantitative variations in proportions between protein fractions during the ontogenesis of the winter barley grain in relation to the intense nitrogen fertilization may suggest some decline in nutritional value of the protein.

Key words: winter barley, nitrogen, protein fractional composition, nitrogen fertilization, stage of grain maturity

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 18.04.2008