

SKŁAD AMINOKWASOWY BIAŁKA BIOMASY JĘCZMIENIA OZIMEGO (*Hordeum vulgare* L.) W ZALEŻNOŚCI OD STADIUM ROZWOJU ROŚLINY I NAWOŻENIA AZOTEM

Bożena Barczak, Krystian Nowak

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Streszczenie. Badania przeprowadzono w latach 1998-2000 w Stacji Badawczej w Wierchucinku, należącej do Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. W dwuczynnikowym doświadczeniu polowym badano wpływ zróżnicowanych dawek azotu (0, 60, 120, 180 kg N·ha⁻¹) na zawartość azotu ogólnego oraz skład aminokwasowy białka jęczmienia ozimego w kolejnych fazach rozwojowych. W wyniku zastosowanego nawożenia azotem nastąpiło istotne obniżenie zawartości azotu ogólnego w zielonej masie jęczmienia ozimego w każdej z badanych faz jego rozwoju. Podczas wegetacji jęczmienia ozimego, a także pod wpływem nawożenia azotem, wykazano w jego biomacie istotne obniżenie zawartości większości aminokwasów egzogennych, co wskazuje na pogorszenie wartości biologicznej białka, postępujące wraz z rozwojem rośliny.

Słowa kluczowe: jęczmień ozimy, białko, aminokwasy, wartość biologiczna białka, nawożenie azotem, fazy rozwojowe

WSTĘP

Pasze zielone stanowią ważną pozycję w żywieniu przeżuwaczy. Rośliną o wysokim plonie zielonej masy bogatej w sole mineralne i witaminy, a także w białko o wyższej wartości paszowej niż owies i żyto, jest jęczmień ozimy [Spaldon i Hlavenkova 1990, Rutkowski 1996, Harasim i Noworolnik 1998].

Główny wyznacznik wartości paszowej roślin zbożowych o przeznaczeniu pastewnym stanowi poziom białka oraz jego wartość odżywcza. Podstawą oceny jakości białek zbóż jest oznaczenie zawartości aminokwasów w ich hydrolizacie. Skład aminokwasowy białka, mimo genetycznych uwarunkowań, może być modyfikowany przez różne czynniki, szczególnie przez nawożenie azotem [Barczak i Nowak 1998, Cwojdzński i Majcherczak 2002, Praca pod red. Gawędzkiego 2003, Majcherczak i in. 2005, Spy-

chaj-Fabisiak i in. 2005, Stankiewicz 2005]. Nawożenie to, oddziałując na wzrost zawartości białka w roślinie, powoduje na ogół zmiany jego składu aminokwasowego. Szczególnie interesujące wydają się zmiany ilościowych proporcji między aminokwasami egzogennymi, zwłaszcza lizyną i metioniną, których niedobór – według wielu autorów [Pisulewska 1995, Barczak i Nowak 1998, Majcherczak i in. 2005] – ogranicza wartość pokarmową białka roślin zbożowych. Zagadnieniem mało rozpoznany, a ważnym dla kształtowania jakości białka zbóż uprawianych na zielonkę i kisonkę, jest oddziaływanie azotu na zawartość i skład aminokwasowy ich białka w różnych fazach fenologicznych roślin. Na podstawie literatury przedmiotu należy przypuszczać, że w warunkach intensywnego nawożenia azotem wzrostowi zawartości białka może towarzyszyć obniżenie jego jakości, wynikające z niekorzystnych zmian składu aminokwasowego.

Celem pracy było zbadanie wpływu zróżnicowanego nawożenia azotem na zawartość poszczególnych aminokwasów w białku zielonej masy jęczmienia ozimego w kolejnych fazach jego rozwoju.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono na podstawie ścisłego doświadczenia polowego, które realizowano w układzie losowanych bloków w latach 1998-2000 w Stacji Badawczej w Wierzchucinku, należącej do Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. Doświadczenie założono w trzech powtórzeniach na glebie płowej właściwej, wytworzonej z gliny polodowcowej, o składzie granulometrycznym w poziomie ornym piasku gliniastego mocnego. Gleba należała do kompleksu żyniego dobrego i klasy bonitacyjnej IIIb. Cechował ją lekko kwaśny odczyn ($\text{pH}_{\text{KCl}} - 5,7$), zawartość próchnicy 1,5% oraz średnia zasobność w przyswajalne formy fosforu i potasu. Przedplonem jęczmienia ozimego odmiany Paweł w każdym roku badań była pszenica ozima. Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 15 m². Doświadczenie prowadzono jako dwuczynnikowe. Pierwszy czynnik stanowiły fazy rozwojowe jęczmienia ozimego ($n = 5$) – ich kody przedstawiono w skali Zadoksa [Jasińska i Kotecki 1999]: krzewienie (faza 25), strzelanie w źdźbło (faza 32), kłoszenie (faza 55), początek zawiązywania ziarna (faza 71), dojrzałość woskowa ziarna (faza 87). Drugim czynnikiem w doświadczeniu były dawki azotu ($n = 4$): 60, 120, 180 kg N·ha⁻¹ oraz obiekt kontrolny, na którym nie stosowano nawożenia. Nawozy azotowe wysiano w formie saletry amonowej. Przedsięwzięciu zastosowano jednolity poziom nawożenia fosforem i potasem, w dawce odpowiednio: 25 kg P·ha⁻¹ w formie superfosfatu magnezowego pojedynczego oraz 100 kg K·ha⁻¹ w postaci 57% soli potasowej. Pozostałe zabiegi agrotechniczne wykonano zgodnie z wymogami danego gatunku.

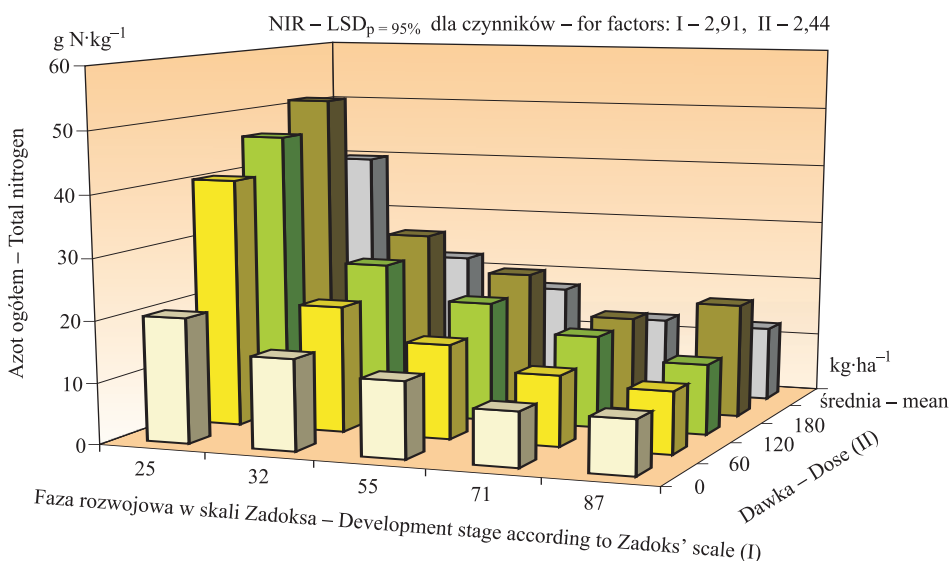
Materiał badawczy stanowiły części nadziemne jęczmienia ozimego. Zawartość białka ogólnego oznaczono metodą Kjeldahla, natomiast jego skład aminokwasowy – za pomocą automatycznego analizatora aminokwasów T-339 po uprzedniej 24-godzinnej hydrolizie w kwasie solnym o stężeniu 6 mol·dm⁻³ w temperaturze 105°C. Wartość biologiczną białka scharakteryzowano na podstawie wskaźników: aminokwasu ograniczającego CS (Chemical Score) oraz aminokwasów egzogennych EAA-Index, przyjmując za wzorzec białko całego jaja kurzego. Wskaźnik aminokwasu ograniczającego CS definiuje się jako wyrażony w % stosunek zawartości danego aminokwasu do jego udziału w białku wzorcowym. Ten spośród aminokwasów egzogennych, dla którego

wskaźnik CS osiąga wartość najniższą, jest uważany za aminokwas ograniczający wartość biologiczną białka. Z kolei EAA-Index jest średnią geometryczną z wartości CS dla wszystkich aminokwasów egzogennych analizowanego białka.

Oceny istotności różnic otrzymanych wyników badań dokonano za pomocą analizy wariancji i testu Tukeya przy poziomie istotności $p = 0,05$.

WYNIKI I DISKUSJA

Przeprowadzone badania wykazały, że średnia zawartość azotu w białku biomasy jęczmienia ozimego uprawianego w warunkach zróżnicowanego nawożenia tym składnikiem wynosiła $21,0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Stwierdzono, że obydwa badane czynniki, czyli faza rozwoju rośliny, jak i nawożenie azotem, istotnie determinowały jego zawartość (rys. 1).



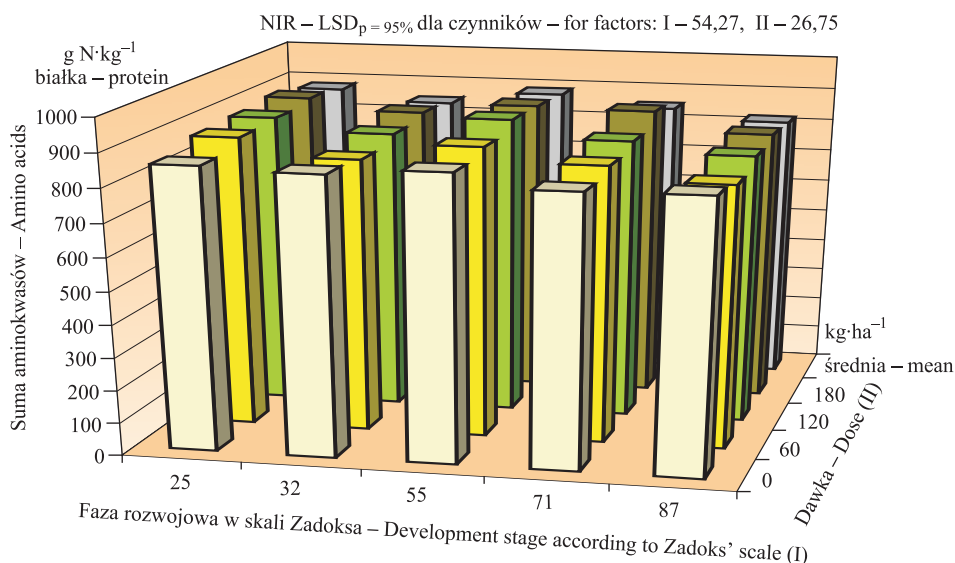
Rys. 1. Zawartość azotu ogółem w białku biomasy jęczmienia ozimego
Fig. 1. Total nitrogen content in protein of winter barley biomass

W kolejnych fazach rozwojowych, niezależnie od dawek azotu, obserwowano na ogół istotny spadek jego zawartości w masie vegetatywnej jęczmienia ozimego. Różnice między kolejnymi fazami wegetacji wyrażonymi w skali Zadoksa wynosiły średnio: dla faz 32 i 25 – obniżenie o 43,6%, dla faz 55 i 32 – 21,4%, dla faz 71 i 55 – 26,7% oraz dla faz 87 i 71 – 3,9%. Obniżanie się zawartości azotu w kolejnych stadiach rozwoju roślin jest wynikiem znacznego przyrostu biomasy, który powoduje tzw. efekt rozcieńczenia [Jurkowska i in. 1990]. Jest on spowodowany różnicą szybkości pobierania składników pokarmowych z gleby oraz syntezy węglowodanów w czasie wegetacji. Warto podkreślić, że większe zróżnicowanie zawartości azotu w częściach nadziemnych jęczmienia ozimego podczas jego wegetacji obserwowano na obiektach, na których stosowano nawożenie tym składnikiem niż na obiektach kontrolnych. Prawdopodobnie ta była przypuszczalnie skutkiem większego przyrostu masy vegetacyjnej jęczmienia ozimego w warunkach dobrego zaopatrzenia roślin w azot, który jest najsilniejszym

czynnikiem plonotwórczym, i tym samym wyraźniej uwidaczniającego się efektu rozcieńczenia [Spaldon i Hlavenkova 1990, Hejnak i in. 2001].

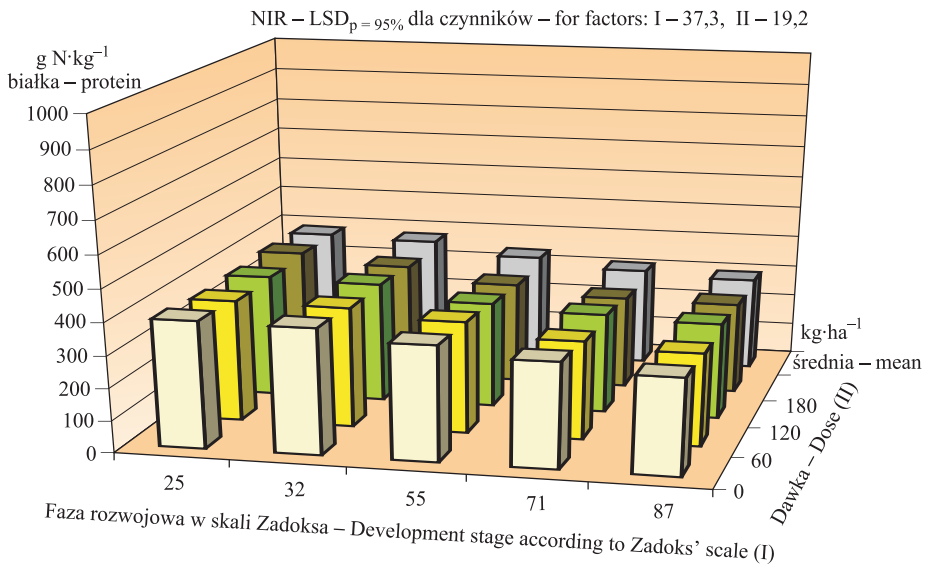
Zwiększanie dawek azotu powodowało przyrost zawartości azotu w biomacie jęczmienia ozimego; dla skrajnych poziomów azotu wynosił on średnio aż 108,4%. Próg statystycznej istotności osiągnięto już dla dawki 60 kg N·ha⁻¹, której zastosowanie wpłynęło na wzrost zawartości omawianego składnika w porównaniu z obiektem kontrolnym średnio o 50,4%. Korzystne oddziaływanie nawożenia azotem na zawartość białka uwidoczniło się we wszystkich badanych stadiach rozwojowych rośliny. Największy przyrost omawianego składnika w wyniku zastosowania azotu, wynoszący aż 151,5%, stwierdzono we wczesnych etapach rozwoju jęczmienia ozimego, zwłaszcza w fazie krzewienia.

Zmianom zawartości azotu ogólnego w biomacie jęczmienia ozimego towarzyszyły zmiany składu aminokwasowego białka. Średnia suma zawartości wszystkich aminokwasów w biomacie jęczmienia ozimego wynosiła 858,5 g·kg⁻¹ (rys. 2), z czego aminokwasy egzogenne, decydujące o wartości odżywczej białka, stanowiły 39,7% (rys. 3). Podczas wegetacji zmieniały się ilościowe proporcje między aminokwasami egzogennymi i endogennymi. Najszerszy ich stosunek był charakterystyczny dla najwcześniejszych stadiów rozwoju jęczmienia ozimego, to jest dla faz krzewienia i strzelania w źdźbło; w późniejszych etapach ulegał zmniejszeniu. Dla kolejnych stadiów wegetacji stosunek ten wyrażały liczby: 0,78:1 (faza 25), 0,80:1 (faza 32), 0,62:1 (faza 55), 0,57:1 (faza 71), 0,56:1 (faza 87). Zmiany omawianej relacji są następstwem pogłębiającego się podczas wegetacji obniżenia sumy zawartości aminokwasów egzogennych – różnica między fazą 25 a 87 wynosiła 23,8%. Spadkowi zawartości aminokwasów egzogennych (rys. 3) towarzyszył wzrost ilości aminokwasów endogennych (rys. 4) – przyrost sumy ich zawartości między fazą 25 a 71 stanowił 9,6%.

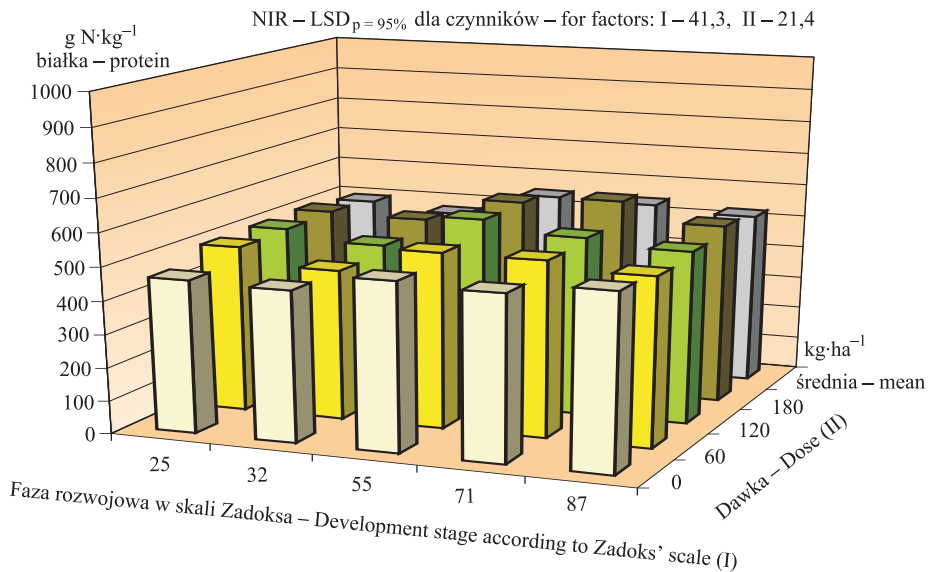


Rys. 2. Zawartość sumy aminokwasów w białku biomasy jęczmienia ozimego

Fig. 2. Total sum of amino acids in protein of winter barley biomass



Rys. 3. Zawartość sumy aminokwasów egzogennych w białku biomasy jęczmienia ozimego
 Fig. 3. Total sum of exogenous amino acids in protein of winter barley biomass



Rys. 4. Zawartość sumy aminokwasów endogennych w białku biomasy jęczmienia ozimego
 Fig. 4. Total sum of endogenous amino acids in protein of winter barley biomass

Wzrastające dawki azotu powodowały podobny kierunek zmian relacji między zawartością aminokwasów egzo- i endogennych w biomacie jęczmienia ozimego, jaki obserwowano w kolejnych fazach rozwoju roślin. Konsekwencją intensyfikacji nawożenia tym składnikiem było zatem obniżenie sumy aminokwasów egzogennych (różnica

między skrajnymi obiektami nawozowymi wynosiła 7,1%) oraz podwyższanie sumy zawartości aminokwasów endogennych (średnio o 12,4%). Na niekorzystne zmiany w składzie aminokwasowym białka zbóż wywołane intensywnym nawożeniem azotem zwraca uwagę wielu autorów [Wróbel i Budzyński 1994, Pisulewska 1995, Barczak i Nowak 1998, Majcherczak i in. 2003, Sychaj-Fabisiak i in. 2005]. Wzrost zawartości białka w warunkach dużej podaży azotu spowodowany jest gromadzeniem przez roślinę przede wszystkim białek zapasowych – prolamin i glutelin, kosztem białek enzymatycznych i strukturalnych – albumin i globulin. Białka zapasowe charakteryzują się wysoką zawartością zwłaszcza kwasu glutaminowego, proliny, a także fenyloalaniny i leucyny, lecz zawierają stosunkowo niewiele lizyny, waliny i tyrozyny [Selivanov i Garmasov 1985, Barczak i Nowak 1995], dlatego też uważane są za białka o niższej wartości biologicznej niż albuminy i globuliny, które posiadają znacznie korzystniejszy skład aminokwasowy. Szczególnie frakcja albuminowa wyróżnia się wysoką zawartością lizyny i metioniny. Stąd stymulowanemu przez nawożenie azotem wzrostowi zawartości białka towarzyszą na ogół niekorzystne zmiany ilościowych proporcji między aminokwasami.

Obniżanie się sum zawartości aminokwasów egzogennych podczas wegetacji jęczmienia ozimego oraz pod wpływem wzrastających dawek azotu było następstwem istotnego spadku w tych warunkach zawartości fenyloalaniny, izoleucyny, leucyny, lizyny, metioniny, waliny i treoniny (tab. 1). W konsekwencji – na ogół najwyższe zawartości tych aminokwasów w biomase jęczmienia ozimego stwierdzono we wczesnych stadiach jego wegetacji (fazy 25 i 32) na obiektach kontrolnych lub nawożonych dawką $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Do aminokwasów, których zawartość podczas wegetacji zmieniała się najbardziej, należały: metionina (średnia różnica między skrajnymi fazami 87 a 25 – 42,4%), lizyna (41,0%) i arginina (36,2%). Warto podkreślić, że zawartość metioniny i lizyny znacząco obniżała się również pod wpływem nawożenia azotem (odpowiednie różnice między obiektem, na którym zastosowano dawkę $180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ a obiektem kontrolnym wynosiły 15,1 i 17,5%). Aminokwasem, którego zawartość najbardziej zmieniała się pod wpływem nawożenia azotem, była leucyna (spadek o 21,0%). Jedynymi aminokwasami egzogennymi, których zawartość w wyniku działania nawożenia azotem nie zmniejszała się, były histydyna i arginina. Wielu autorów [Cwojdzński 1979, Wróbel i Budzyński 1994, Pisulewska 1995, Barczak i Nowak 1998, Majcherczak i in. 2003] potwierdza niekorzystne zmiany udziału aminokwasów egzogennych w białku roślinnym – wywołane stosowaniem azotu, a zwłaszcza wysokich jego dawek. Niektórzy z nich zwracają uwagę na fenyloalaninę, której zawartość zwiększała się pod wpływem nawożenia tym składnikiem [Klupczyński 1978, Wróbel i Budzyński 1994, Sychaj-Fabisiak i in. 2005]. Badania własne, podobnie jak doświadczenia Majcherczaka i in. [2003], nie potwierdziły tej tendencji – zawartość omawianego aminokwasu na obiektach nawożonych dawką $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ była niższa w porównaniu z obiektem kontrolnym o 2,1%, a po zastosowaniu $180 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ – o 4,7%; żadna z tych różnic nie była jednak udowodniona statystycznie.

Tabela 1. Zawartości aminokwasów egzogennych w białku masy zielonej jęczmienia ozimego, g·kg⁻¹
 Table 1. Contents of exogenous amino acids in winter barley protein, g·kg⁻¹

Aminokwasy Amino acids	Fazy rozwojowe Stage of maturity*	Dawki azotu – Nitrogen doses, kg N·ha ⁻¹				\bar{x}	NIR – LSD
		0	60	120	180		
Arginina Arginine	25	49,1	55,5	51,7	56,1	53,1	4,32
	32	51,9	52,1	42,6	55,3	50,5	
	55	42,3	38,5	37,5	33,7	38,0	
	71	34,2	34,9	33,5	39,2	35,5	
	87	30,5	29,2	38,2	37,5	33,9	
	\bar{x}	41,6	42,0	40,7	44,4	42,2	2,18
Fenylalanina Phenylalanine	25	39,7	37,5	43,4	49,4	42,5	4,13
	32	40,9	40,0	43,0	40,8	43,7	
	55	36,2	36,6	29,4	28,9	32,8	
	71	39,4	38,0	38,5	30,4	36,6	
	87	36,9	35,1	34,5	34,3	34,7	
	\bar{x}	38,6	37,4	37,8	36,8	38,4	1,92
Histydyna Histidine	25	33,9	30,6	36,5	42,7	35,9	1,65
	32	34,3	37,2	35,7	48,6	39,0	
	55	40,8	39,0	41,2	33,5	38,6	
	71	32,7	24,8	31,6	33,5	30,7	
	87	25,2	33,1	36,4	32,0	31,7	
	\bar{x}	33,3	32,9	36,3	38,1	35,2	ni – ns
Izoleucyna Isoleucine	25	43,6	39,7	39,2	38,8	40,3	1,49
	32	40,5	39,3	40,8	37,9	39,6	
	55	38,0	36,4	33,0	34,4	35,5	
	71	36,9	33,6	32,0	33,5	34,0	
	87	32,6	31,4	32,0	28,8	31,2	
	\bar{x}	38,3	36,1	35,4	34,7	36,1	1,65
Leucyna Leucine	25	70,0	68,3	61,4	56,7	64,1	ni – ns
	32	67,9	64,7	61,2	50,3	61,0	
	55	62,1	60,5	56,0	48,4	56,8	
	71	61,8	55,5	57,3	49,4	56,0	
	87	60,2	59,1	57,7	49,6	56,7	
	\bar{x}	64,4	61,6	58,7	50,9	58,9	2,96
Lizyna Lysine	25	46,5	47,5	46,8	45,7	46,6	2,01
	32	49,8	44,3	44,5	45,8	45,5	
	55	37,0	36,5	33,0	27,6	33,5	
	71	31,9	26,7	27,3	34,8	30,2	
	87	29,1	23,3	33,2	24,4	27,5	
	\bar{x}	38,9	35,7	37,0	35,7	36,7	1,92
Metionina Methionine	25	19,5	16,4	19,0	18,6	18,4	1,52
	32	19,8	15,4	17,5	17,1	17,5	
	55	17,5	13,6	15,4	14,3	15,2	
	71	13,8	12,3	14,1	11,9	13,0	
	87	12,2	11,8	9,6	8,6	10,6	
	\bar{x}	16,6	13,9	15,1	14,1	14,9	1,81
Walina Valine	25	51,4	46,9	45,1	43,0	46,6	2,98
	32	45,4	42,9	40,1	40,0	42,1	
	55	45,4	40,9	38,1	43,2	41,9	
	71	43,8	40,7	38,9	36,9	40,1	
	87	40,2	35,3	36,0	41,6	38,3	
	\bar{x}	45,2	41,3	39,6	40,9	41,8	ni – ns
Treonina Threonine	25	41,0	42,6	39,5	39,0	40,5	3,12
	32	40,0	39,4	38,9	37,1	38,9	
	55	39,0	37,0	37,7	33,3	36,8	
	71	33,8	31,4	32,5	31,5	32,3	
	87	34,3	31,1	32,7	30,5	32,1	
	\bar{x}	37,6	36,3	36,3	34,3	36,1	1,48

* skala Zadoksa – Zadoks' scale

ni – ns – różnice nieistotne – non-significant difference

W przeciwieństwie do aminokwasów egzogennych zawartość ich form endogennych w biomacie jęczmienia ozimego podczas wegetacji na ogół obniżała się (tab. 2). Wyjątek od tej prawidłowości stanowiły: kwas glutaminowy, prolina i seryna. Dla kwasu glutaminowego wykazano wzrost zawartości między strzelaniem w źdźbło (faza 32) a mleczno-woskową dojrzałością ziarna (faza 87) o 49,7%. Zawartość proliny wzrastała między krzewieniem a początkiem zawiązywania ziarna – średnio aż o 116,9%. Nawożenie azotem powodowało istotny wzrost zawartości kwasów: asparaginowego i glutaminowego oraz proliny. Dla proliny i kwasu asparaginowego już dawka 60 kg N·ha⁻¹ powodowała istotne różnice w porównaniu z obiektem kontrolnym. Dla kwasu glutaminowego próg istotności statystycznej przekraczano na poziomie 120 kg N·ha⁻¹. Na znaczący wzrost zawartości proliny i kwasu glutaminowego pod wpływem nawożenia azotem wskazuje wielu autorów [Klupczyński 1978, Wróbel i Budzyński 1994, Barczak i Nowak 1998, Spychaj-Fabisiak i in. 2005], natomiast zmiany udziału kwasu asparaginowego w białku w tych warunkach na tle literatury nie są tak jednoznaczne.

Zmiany składu aminokwasowego białka podczas wegetacji jęczmienia ozimego, zachodzące pod wpływem intensywnego nawożenia azotem, warto zinterpretować w świetle badań autorki dotyczących zmian składu frakcyjnego białka w warunkach tego samego doświadczenia [Barczak i Nowak 2006]. Wyniki wskazują, że w biomacie uzyskanej podczas kolejnych faz rozwoju jęczmienia ozimego następuje – wskutek oddziaływania azotu – wzmożona synteza białek prolamin i glutelin, której towarzyszy mniej intensywnie zachodząca synteza bogatych w aminokwasy egzogenne albumin i globulin. Biorąc pod uwagę zmiany proporcji między frakcjami białkowymi, zrozumiałe wydaje się omówiony kierunek zmian zawartości kwasu glutaminowego, proliny oraz większości aminokwasów egzogennych w biomacie jęczmienia ozimego pod wpływem czynników doświadczenia.

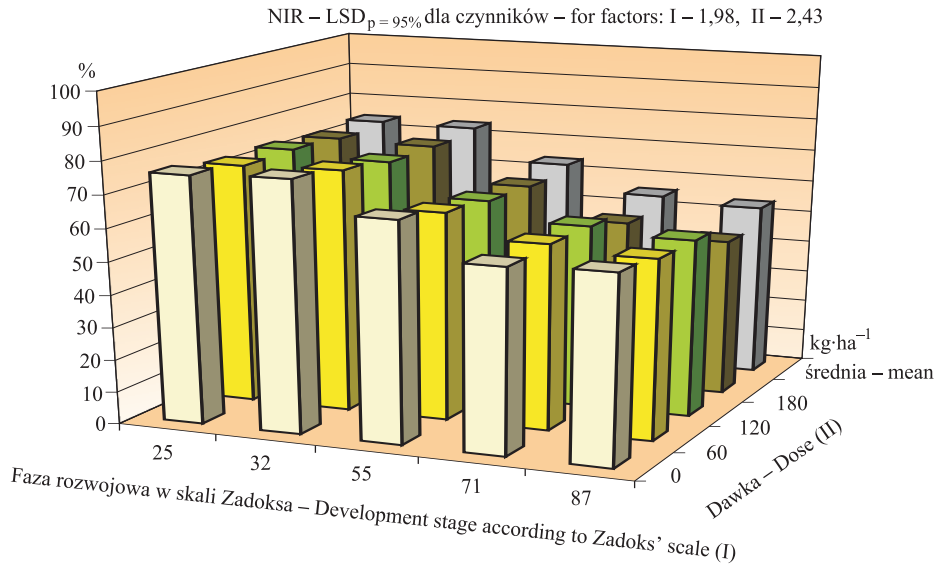
Odzwierciedleniem zmian składu aminokwasowego białka masy są wartości wskaźników CS i EAA-Index, pozwalające oszacować jego wartość biologiczną (rys. 5, 6, 7). Według Selivanova i Garmasova [1985] aminokwasem deficytowym ograniczającym wartość odżywczą białka jęczmienia jest lizyna. Cwojdzński [1979], Barczak i Nowak [1998], a także Majcherczak i in. [2005] wskazują, że dla białka jęczmienia ozimego rolę aminokwasu ograniczającego pełni metionina, natomiast Wróbel i Budzyński [1994] oraz Pisulewska [1995] twierdzą, że takimi aminokwasami w białku pszenżyta są leucyna i izoleucyna. Wobec tych rozbieżności obliczono wartości wskaźnika aminokwasu ograniczającego CS (wrażony w % iloraz zawartości danego aminokwasu w badanym białku do zawartości tego aminokwasu w białku wzorcowym) wszystkich tych aminokwasów. Stwierdzono, że aminokwasem, który może ograniczać syntezę białka w zielonej masie jęczmienia ozimego, jest metionina (rys. 7). Średnia wartość CS_{metioniny} wynosiła 41,44% i była nieco niższa od wartości CS_{lizyny} (53,21%). Dla obydwu aminokwasów wskaźnik CS, podobnie jak wskaźnik aminokwasów egzogennych EAA-Index (rys. 5), osiągał najniższe wartości dla obiektów fazy 87, nawożonych dawką 180 kg N·ha⁻¹. Kierunek zmian wartości obydwu wskaźników pod wpływem badanych w doświadczeniu czynników był zgodny z omówionym wcześniej kierunkiem zmian zawartości odpowiednich aminokwasów. Wartości wskaźników aminokwasów w miarę wzrostu dawek azotu na ogół obniżały się, co było wynikiem zmniejszania się zawartości aminokwasów egzogennych w białku. Należy podkreślić, że dla EAA-Index i CS_{lizyny} istotne różnice w stosunku do obiektu kontrolnego spowodowała dawka 120 kg N·ha⁻¹, natomiast dla CS_{metioniny} statystycznie potwierdzony wpływ wywierała dawka 60 kg N·ha⁻¹.

Tabela 2. Zawartości aminokwasów endogennych w białku masy zielonej jęczmienia ozimego, g·kg⁻¹Table 2. Contents of endogenous amino acids in winter barley protein, g·kg⁻¹

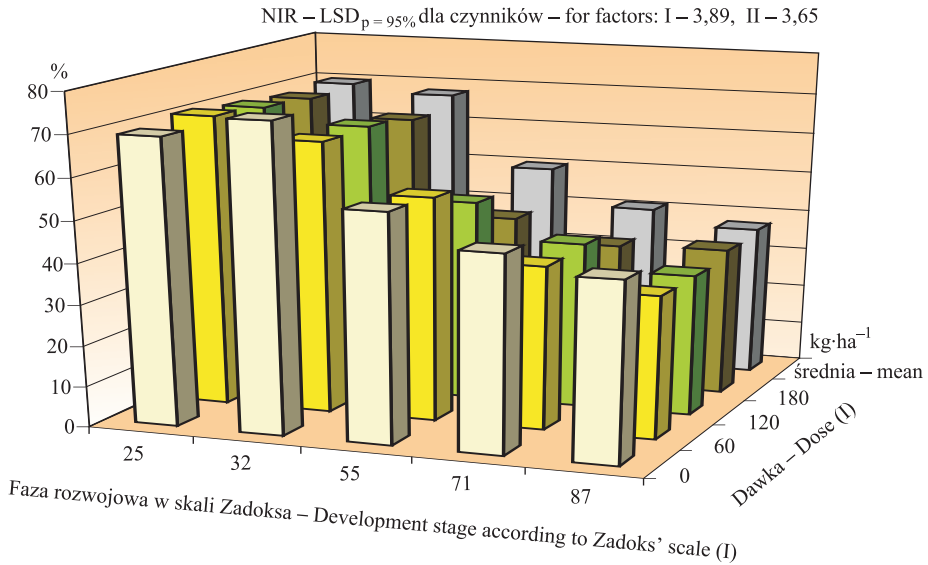
Aminokwasy Amino acids	Fazy rozwojowe Stage of maturity*	Dawki azotu – Nitrogen doses, kg N·ha ⁻¹				\bar{x}	NIR – LSD Fazy rozwojowe Growth phases
		0	60	120	180		
Alanina Alanine	25	62,5	61,9	59,8	56,0	60,1	3,15
	32	65,3	61,9	58,6	59,8	61,4	
	55	48,3	46,4	47,3	41,2	45,8	
	71	43,9	41,4	38,3	37,4	40,3	
	87	42,8	41,6	39,9	38,6	40,7	
	\bar{x}	52,6	50,6	48,8	46,6	49,7	3,43
Glicyna Glycine	25	43,7	43,3	38,2	36,0	40,3	1,98
	32	41,8	40,0	37,9	38,8	39,6	
	55	33,9	39,2	35,3	31,3	33,5	
	71	37,5	35,4	32,9	25,1	32,7	
	87	38,4	34,4	38,6	33,5	36,2	
	\bar{x}	39,1	37,2	35,7	32,9	36,5	ni – ns
Kwas asparaginowy Aspartic acid	25	78,4	105,6	120,6	130,1	108,7	ni – ns
	32	82,9	89,4	93,1	106,6	93,0	
	55	101,6	112,8	135,8	145,6	124,0	
	71	75,9	81,9	84,0	132,3	93,5	
	87	73,2	71,7	64,6	83,5	73,3	
	\bar{x}	82,4	92,3	99,6	119,6	98,5	7,15
Kwas glutaminowy Glutamic acid	25	119,0	137,8	145,9	126,3	132,3	8,65
	32	104,4	111,2	121,1	130,3	116,8	
	55	125,4	144,3	126,3	139,7	133,9	
	71	155,3	169,8	186,7	164,8	169,2	
	87	177,1	161,5	180,6	180,2	174,9	
	\bar{x}	138,2	144,9	152,1	148,3	145,9	10,23
Prolina Proline	25	60,9	62,0	60,1	63,7	61,7	6,91
	32	67,9	75,4	83,1	84,1	77,0	
	55	111,5	120,4	138,6	144,2	128,7	
	71	108,6	137,4	136,0	153,3	133,8	
	87	119,4	115,0	143,1	149,1	131,7	
	\bar{x}	93,7	102,0	112,2	118,3	106,6	5,96
Seryna Serine	25	38,0	38,0	34,7	36,3	36,8	ni – ns
	32	38,2	35,3	36,0	34,8	36,1	
	55	33,7	33,7	36,9	33,7	34,5	
	71	36,6	34,2	33,3	31,5	33,9	
	87	34,6	34,9	34,9	32,7	34,8	
	\bar{x}	36,2	35,6	35,2	33,8	35,2	ni – ns
Tyrozyna Tyrosine	25	58,5	55,0	44,8	62,4	55,2	3,36
	32	54,4	42,2	47,5	58,4	50,6	
	55	45,5	38,3	43,7	35,5	40,8	
	71	32,8	30,7	32,0	42,0	34,4	
	87	30,1	39,1	26,3	29,2	31,2	
	\bar{x}	44,3	41,1	38,9	45,5	42,5	ni – ns

* skala Zadoksa – Zadoks' scale

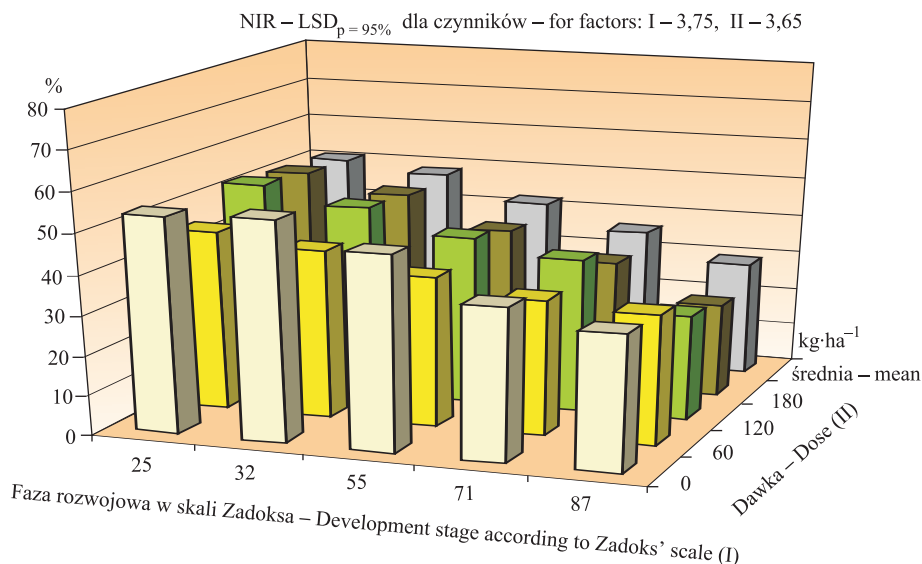
ni – ns – różnice nieistotne – non-significant difference



Rys. 5. Wartości wskaźnika aminokwasów egzogennych dla białka jęczmienia ozimego
Fig. 5. Essential Amino Acid Index in protein of winter barley biomass



Rys. 6. Wartości wskaźnika aminokwasu ograniczającego dla białka jęczmienia ozimego – lizyna
Fig. 6. Values of Chemical Score in protein of winter barley biomass – lysine



Rys. 7. Wartości wskaźnika aminokwasu ograniczającego dla białka jęczmienia ozimego – metionina

Fig. 7. Values of Chemical Score in protein of winter barley biomass – methionine

Niekorzystne zmiany w składzie aminokwasowym białka zielonej masy jęczmienia ozimego, zachodzące w wyniku działania nawożenia azotem, wskazują na obniżenie jego wartości biologicznej. Kierunki zmian zawartości poszczególnych aminokwasów, a także proporcji ich form egzo- i endogennych podczas wegetacji wskazują, że wartość biologiczna biomasy jęczmienia ozimego jest wyższa we wcześniejszych stadiach rozwoju niż w fazie dojrzałości mleczno-woskowej, kiedy zwykle dokonuje się zbioru roślin na zielonkę lub kisonkę.

WNIOSKI

1. Nawożenie azotem istotnie zwiększało zawartość azotu ogólnego w zielonej masie jęczmienia ozimego. Korzystny wpływ nawożenia tym składnikiem uwidaczniał się we wszystkich badanych stadiach rozwojowych rośliny.

2. W kolejnych fazach wegetacji stwierdzono istotne obniżanie zawartości azotu ogólnego w biomase jęczmienia.

3. W czasie wegetacji jęczmienia ozimego, a także pod wpływem nawożenia azotem, w jego biomase wykazano istotne obniżanie się zawartości lizyny, metioniny, waliny, treoniny, argininy, glicyny i alaniny. Kierunek tych zmian potwierdzają wartości sum aminokwasów, a także ich wskaźników: EAA-Index, CS_{lizyny} i CS_{metioniny}.

4. Zmiany składu aminokwasowego białka masy zielonej jęczmienia ozimego, zachodzące podczas wegetacji w wyniku oddziaływania intensywnego nawożenia azotem, mogą wskazywać na pewne obniżenie jego wartości paszowej ze względu na wzrost udziału aminokwasów endogennych kosztem aminokwasów egzogennych.

PIŚMIENNICTWO

- 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. Fractional content of winter barley protein in consecutive growth stages in the background of nitrogen fertilisation. *Macro and Trace Elements Mengen- und Spurenelemente, 23th Workshop, Friedrich Schiller University Jena*, 237-243.
- Cwojdzński W., 1979. Wpływ nawożenia azotem na zawartość i jakość białek ziarna różnych odmian jęczmienia ozimego. *Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Rolnictwo 10, Rozpr. hab.*
- Cwojdzński 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.
- Harasim, A., Noworolnik K., 1998. Porównanie intensywności i efektywności kilku technologii produkcji jęczmienia ozimego. *Pam. Puł.* 112, 61-66.
- Hejnak U., Lippold H., Hnilicka F., Nova U., 2001. Vyuzitie dusika jacmenom jarnym bilancia dusika hnojiva. *Acta Fytotech. Zoot.* 4(3), 76-79.
- Jasińska Z., Kotecki A., 1999. *Szczegółowa uprawa roślin*. Wyd. AR Wrocław.
- Jurkowska H., Rogóż A., Wojciechowicz T., 1990. Wpływ nawożenia azotowego na zawartość składników mineralnych w roślinach owsa w zależności od stadium rozwojowego. Cz. I. Makroelementy. *Acta Agr. Silv., Agraria XXIX*, 95-107.
- Kłupczyński Z., 1978. Wpływ nawożenia azotem na plon i skład aminokwasowy jęczmienia jarego. *IUNG Puławy, R 131*, 61-69.
- Majcherczak E., Cwojdzński W., Nowak K., 2003. Wpływ wzrastającego nawożenia azotem na skład aminokwasowy białka ziarna jęczmienia ozimego. *Acta Sci. Pol., Agricultura 2(2)*, 11-18.
- Majcherczak E., Kozera W., Barczak B., 2005. Wpływ wzrastającego nawożenia azotem na jakość białka ziarna jęczmienia ozimego. *Frag. Agron.* 1(85), 493-502.
- Pisulewska E., 1995. The effect of increasing nitrogen fertilization levels on the yield, protein content and amino acid composition of winter triticale grain. *Fragm. Agron.* 3, 87-95.
- Praca pod red. J. Gawędzkiego, 2003. *Białka w żywności i żywieniu*. AR Poznań.
- Rutkowski A., 1996. Wartość pokarmowa zbóż dla kurcząt brojlerów. *Rocz. AR Poznań, Rozpr. Nauk.* 267.
- Selivanov A.N., Garmasov W.N., 1985. Frakcionnyj i aminokislotnyj sostavy bielokov ziarna ozimego jacmienija v zavisimosti ot uslovij azotnogo pitanija. *Fizj. Bioch. Kult. Rast.* 17(2), 138-143.
- Spaldon E., Hlavenkova I., 1990. Optimal fertilization and yield quality of winter barley. *Polnohospodarstvo* 36(10), 887-900.
- Spychaj-Fabisiak E., Ralcewicz M., Knapowski T., Kłupczyński Z., 2005. Wpływ terminu siewu i zróżnicowanego nawożenia azotem na wysokość plonu i skład aminokwasowy białka jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.* 1(85), 563-573.
- Stankiewicz Cz., 2005. Skład aminokwasowy i wartość biologiczna białka pszenżyta jarego w zależności od gęstości wysiewu i stosowanych herbicydów. *Acta Sci. Pol., Agricultura 4(1)*, 127-139.
- Wróbel E., Budzyński W., 1994. Plonowanie i jakość białka ziarna pszenżyta jarego nawożonego zróżnicowanymi dawkami azotu. *Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, Rolnictwo 162*, 287-292.

**CONTENT OF AMINO ACIDS OF WINTER BARLEY BIOMASS
DEPENDING ON THE PLANT GROWTH STAGE
AND NITROGEN FERTILIZATION**

Abstract. The experiments were conducted in 1998-2000 at the Research Station in Wierzychucinek, belonging to the University of Technology and Life Science in Bydgoszcz. The two-factor field experiment was made and the effect of diverse nitrogen dosages (0, 60, 120, 180 kg N·ha⁻¹) on the content of total nitrogen and amino acid composition was analysed in the consecutive plant growth phases. Nitrogen fertilization significantly reduced nitrogen content in the green mass of winter barley in each phase of its growth. An essential decrease in the contents of the most exogenous amino acids was shown, which may suggest some decline in the protein biological value.

Key words: winter barley, protein, amino acids, protein biological value, nitrogen fertilization, growth phases

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 18.01.2008