

MONIKA MICHALAK**EWA MAKARSKA****ANTONI LIPIEC**¹**MARTA WESOŁOWSKA-TROJANOWSKA**²

Katedra Chemii

¹ Instytut Żywienia Zwierząt² Katedra Technologii Przemysłu Rolno-Spożywczego i Przechowywania
Akademia Rolnicza w Lublinie

Wpływ systemu uprawy jęczmienia jarego na zmiany udziału frakcji włókna surowego

The effect of the system of spring barley cultivation on the percentage changes of crude fibre fraction

W ziarnie jęczmienia jarego (odmian Rodos, Rambo, Start) z dwuletniego doświadczenia polowego badano wpływ systemu uprawy (monokultura, płodozmian) na zawartość składników ograniczających wartość paszową ziarna, tj. włókna surowego i jego frakcji. Stwierdzono, że system uprawy oraz rok zbioru roślin wpływa na poziom oznaczanych czynników antyżywniowych. Nie stwierdzono wyraźnych różnic odmianowych dla zawartości oznaczanych składników. W przypadku płodozmianu obserwowano wzrost koncentracji włókna surowego i wszystkich jego frakcji.

Słowa kluczowe: celuloza (CEL), hemiceluloza (HCEL), jęczmień jary, lignina (ADL), monokultura, płodozmian, włókno surowe (CF)

The grain of spring barley (cultivars Rodos, Rambo, Start) from a two — year field experiment was used to study the effect of the cultivation system (monoculture, crop rotation) on the content of factors limiting the feed value of grain, i.e. crude fibre and its fractions. It was found that the cultivation system and the year of plant harvesting effected the level of the antidietary factors. No significant differences between varieties were found in the content of the determined components. In the case of crop rotation an increase in crude fibre and all its fractions was observed.

Key words: cellulose (CEL), crop rotation, crude fibre (CF), hemicellulose (HCEL), lignin (ADL), monoculture, spring barley

WSTĘP

Ziarno zbóż, a zwłaszcza jęczmienia, jest szczególnie zasobne w błonnik pokarmowy, określany też jako włókno pokarmowe. Z żywieniowego punktu widzenia włókno pokarmowe to suma ligniny oraz nieskrobiowych polisacharydów (NSP), opornych na hydrolizę przez enzymy endogenne przewodu pokarmowego zwierząt monogastrycznych

i człowieka (Lipiec, 1989; Kapica, Rabos, 1998; Barowicz, Janik, 1999). Do włókna pokarmowego zalicza się także skrobię oporną, która w produktach zbożowych powstaje pod wpływem zabiegów termicznych ze skrobi zwykłej (Gąsiorowski, 1997; Piesiewicz, Bartnikowska, 1997). Włókno pokarmowe stanowią substancje występujące w ścianie komórki roślinnej, jak również te znajdujące się w jej wnętrzu oraz białka i składniki mineralne związane ze ścianą komórkową (Saunders, Betschart, 1980; Selvendran, 1984; Bjergegaard i in., 1997).

Częścią włókna całkowitego zawartego w paszach jest włókno surowe, będące składnikiem roślin niehydrolizowanym przez kwas siarkowy i zasadę sodową. Tę grupę związków stanowią polisacharydy nieskrobiowe: celuloza, hemicelulozy i pektyny, a także lignina, nie będąca polisacharydem (Lipiec, 1989; Kapica, Rabos, 1998).

Rola oraz znaczenie włókna pokarmowego i jego składników jest odmienna w żywieniu ludzi i zwierząt. Zdolność włókna pokarmowego do obniżania wykorzystania energii, tłuszczów i białka w niektórych stanach zdrowia ludzi jest cechą pozytywną i pozwala utrzymać prawidłową masę ciała (Newman, Newman, 1991; Gąsiorowski, 1997), jednak u produkcyjnych zwierząt jednożłądkowych jest to oddziaływanie niekorzystne.

Negatywne efekty działania włókna pokarmowego w żywieniu drobiu są związane głównie z występującymi w ziarnie zbóż polisacharydami, które powodują nadmierną lepkość treści pokarmowej. Do tej grupy związków należą β -glukany i pentozany, dość licznie występujące w ziarnie jęczmienia. Wzrost lepkości treści jelitowej powoduje oblepianie kosmków, a w konsekwencji pogorszenie wchłaniania składników pokarmowych w jelicie cienkim (Rakowska, 1993; Gąsiorowski, 1997). Wzrost tolerancji w stosunku do jęczmienia wraz z wiekiem u kurcząt tłumaczony jest adaptacją mikroflory przewodu pokarmowego do β -glukanów i pentozanów.

Jak wynika z doniesień literaturowych (Pawłowski, Wesołowski, 1988; Łacicowa i in., 1997; Wesołowski, Kwiatkowski, 1997; Urbanowski i in., 1999) jęczmień jary wykazuje wysoką wrażliwość na uprawę w monokulturze. Prowadzi ona do tak zwanego zmęczenia gleby, zachwaszczenia oraz zmian w strukturze kłosa, co w konsekwencji powoduje spadek plonowania. Z przyrodniczego punktu widzenia efektywniejszym systemem uprawy roślin jest płodozmian, który pełni rolę plonochronną, kształtuje biologiczną aktywność gleby, wpływając na jej strukturę, uwilgotnienie i zawartość składników pokarmowych. Ponadto przez właściwie ułożone płodozmiany i uprawę mieszanin odmian o różnym stopniu odporności na podstawowe choroby (mączniak prawdziwy, plamistość siatkowa i rynchosporioza) można ograniczyć straty w produkcji jęczmienia, a także innych zbóż, powodowane przez te choroby (Gacek, 1986; Czembor, Gacek, 1987; Gacek i in., 1997).

System uprawy jęczmienia jarego (monokultura, płodozmian) podobnie jak i inne czynniki agrotechniczne nie jest obojętny dla składu chemicznego tej rośliny.

Celem badań była ocena wpływu systemu uprawy trzech odmian jęczmienia jarego na zawartość włókna surowego i jego frakcji (NDF, ADF, ADL, HCEL, CEL) jako składników ograniczających wartość paszową ziarna jęczmienia.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań pochodził z dwuletniego doświadczenia polowego (zbiór w 2000 i 2001 roku) zlokalizowanego w GD Czesławice należącym do Akademii Rolniczej w Lublinie. Eksperyment polowy prowadzono metodą bloków losowych w trzech powtórzeniach o wielkości poletek do siewu i zbioru równej 27 m². Doświadczenie usytuowano na glebie kompleksu pszennego dobrego (II klasa bonitacyjna). W roku rozpoczęcia eksperymentu gleba ta charakteryzowała się odczynem lekko kwaśnym (pH 6,5) i zawartością próchnicy w wysokości 1,5%. Uprawę roli pod wszystkie rośliny 6-letniej monokultury i trójpolewego płodozmianu prowadzono w sposób typowy. Następstwo roślin w płodozmianie było następujące: strączkowe + zboża, ziemniak, jęczmień jary. Nawożenie w kg czystego składnika na 1 ha wynosiło: N — 60, P₂O₅ — 70, K₂O — 90. W obu systemach uprawy stosowano, raz na trzy lata, obornik w dawce 30 t/ha. Nawóz ten w płodozmianie wnoszono pod ziemniak. Ziarno przed siewem zaprawiono preparatem Funaben T (200 g/100 kg nasion). Pielęgnowanie mechaniczne polegało na bronowaniu posiewnym oraz bronowaniu w fazie 3–4 listków rośliny uprawnej. W ochronie chemicznej zastosowano: Aminopielik D (3 l/ha), Flordimex TH (2,5 l/ha), Decis 25 EC (0,25 l/ha), Tilt (0,5 l/ha), Alert (1 l/ha). Poletka z uprawą jęczmienia jarego założono w drugiej dekadzie kwietnia, natomiast do zbioru przystąpiono w pierwszej dekadzie sierpnia.

W ziarnie nieobłuszczonej jęczmienia jarego (odmian Rodos, Rambo, Start) uprawianym w monokulturze i płodozmianie wykonano oznaczenia zawartości włókna surowego oraz jego frakcji, wykorzystując aparat ANKOM²²⁰ TECHNOLOGY — 9/99. Oznaczenia koncentracji włókna surowego (CF) dokonano metodą detergentową. Włókno neutralno-detergentowe (NDF), odpowiadające sumie hemiceluloz, celulozy i ligniny, oznaczono przy użyciu siarczanu sodowo-laurylowego, zaś kwaśno-detergentowe (ADF), w którego skład wchodzi celuloza i lignina, używając bromek cetylo-trójmetyloamoniowy. Zawartość ligniny (ADL) określono po hydrolizie próbki ADF w 72% kwasie siarkowym, natomiast hemicelulozy (HCEL) z różnicy zawartości NDF i ADF, a celulozę (CEL) z różnicy między ADF i ADL.

Wyniki doświadczenia opracowano statystycznie metodą analizy wariancji dla klasyfikacji potrójnej. Istotność różnic (NIR) oceniano za pomocą przedziałów ufności Tukeya przy poziomie istotności 0,05.

OMÓWIENIE I DYKUSJA WYNIKÓW

Badania własne wykazały, że system uprawy może mieć wpływ na skład chemiczny ziarna jęczmienia, a mianowicie na koncentrację polisacharydów nieskrobiowych (β-glukanów, pentozanów), fitynianów (Makarska i in., 2001), jak również składników mineralnych (Makarska i in., 2001).

O przydatności zboża dla celów paszowych decyduje głównie zawartość składników ograniczających jego wartość paszową. Do takich należy m.in. włókno surowe, którego frakcje stanowią: celuloza, hemiceluloza i lignina.

W tabeli 1 przedstawiono średnie zawartości włókna surowego i jego frakcji w ziarnie jęczmienia jarego uprawianego w płodozmianie i monokulturze.

Tabela 1

Średnie zawartości (% s.m.) włókna surowego i jego frakcji w ziarnie jęczmienia jarego uprawianego w monokulturze i płodozmianie
Mean contents (% d.m.) of crude fibre and its fractions in the grain of spring barley cultivated in monoculture and crop rotation

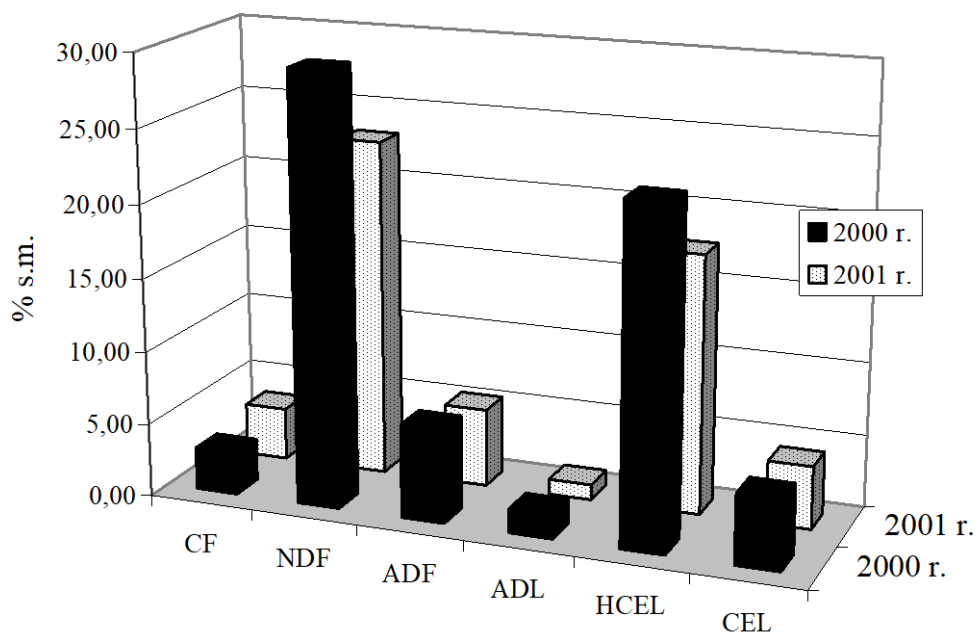
Lata Years	CF	NDF	ADF	ADL	HCEL	CEL
2000	2,90	29,28	6,43	0,17	22,84	4,78
2001	3,59	23,11	5,35	1,05	17,64	4,31
NIR	0,13	1,84	0,17	0,09	1,80	0,14
LSD ($\alpha = 0,05$)						
system uprawy cultivation system						
Monokultura Monoculture	3,20	25,06	5,75	1,32	19,19	4,43
Płodozmian Crop rotation	3,29	27,32	6,04	1,38	21,29	4,65
NIR ($\alpha = 0,05$)	r.n.	1,84	0,17	0,09	1,80	0,14
LSD ($\alpha = 0,05$)						
odmiany cultivars						
Rodos	3,19	26,02	5,72	1,32	20,29	4,40
Rambo	3,23	26,80	6,17	1,41	20,63	4,76
Start	3,31	25,75	5,79	1,33	19,80	4,46
NIR ($\alpha = 0,05$)	r.n.	0,26	0,26	r.n.	r.n.	0,22
LSD ($\alpha = 0,05$)						

Stwierdzono istotny wpływ lat (tab. 1, rys. 1) na poziom poszczególnych frakcji włókna. W ziarnie jęczmienia ze zbioru w 2001 roku zawartość całkowitego włókna surowego (CF) była wyższa o 23,5% w porównaniu z ziarnem zebrany w roku 2000, ilość wszystkich pozostałych składników w drugim roku doświadczenia była niższa. Frakcji neutralno-detergentowej (NDF) stwierdzono mniej o 26,7%, a kwaśno-detergentowej (ADF) mniej o 20,2%. Zawartość ligniny (ADL), hemicelulozy (HCEL) i celulozy (CEL) była również znacznie niższa, odpowiednio o 58,4, 29,4 i 10,9%, w porównaniu z ziarnem z w 2000 roku.

Wpływ systemu uprawy uwidocznił się wyższym poziomem wszystkich oznaczanych składników w próbach uprawianych w płodozmianie (tab. 1, rys. 2). W przypadku całkowitego włókna surowego (CF) różnice w jego koncentracji nie były statystycznie istotne. Zawartość frakcji neutralno-detergentowej (NDF) i kwaśno-detergentowej (ADF) w ziarnie pochodzącym z płodozmianu była wyższa, odpowiednio o 9,04 i 4,94%, w porównaniu z monokulturą. Natomiast poziom ligniny (ADL), hemicelulozy (HCEL) i celulozy (CEL) wzrósł o 5,05, 10,9 oraz 4,91%.

Najmniejsze zróżnicowanie w zawartości poszczególnych frakcji włókna wystąpiło w obrębie odmian (tab. 1, rys. 3). Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic odmianowych w ilości całkowitego włókna surowego (CF), włókna neutralno-detergentowego

(NDF), ligniny (ADL) oraz hemicelulozy (HECL). Wyraźne różnice wystąpiły w zawartości celulozy (CEL) i frakcji kwaśno-detergentowej (ADF) między odmianami Rodos i Start a odmianą Rambo. W ziarnie tej ostatniej odmiany zawartość frakcji ADF była wyższa o ponad 7%, natomiast celulozy (CEL) o 7,5%, w porównaniu z ziarnem odmian Rodos i Start.



Rys. 1. Średnia zawartość włókna surowego i jego frakcji w ziarnie jęczmienia jarego
Fig. 1. Mean content of crude fibre and its fractions in the grain of spring barley

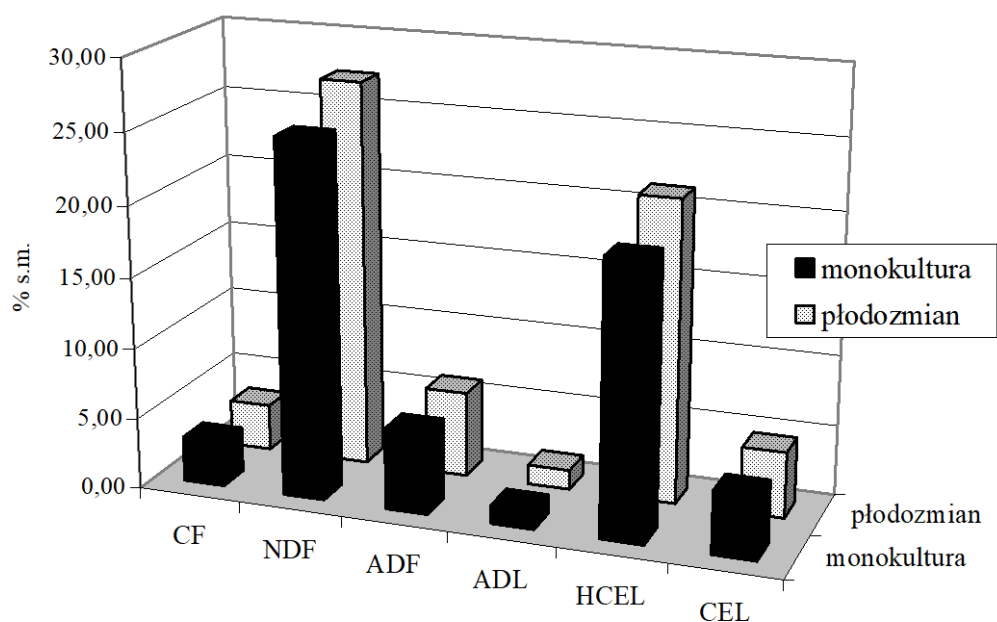
Z przeglądu piśmiennictwa wynika, iż dane dotyczące zawartości włókna surowego i jego frakcji w ziarnie jęczmienia pochodzą z badań prowadzonych przy stosowaniu różnych metod ich oznaczania, dlatego prezentowane wyniki różnią się nieznacznie (Niedźwiadek, Matyka, 1993; Oscarsson i in., 1996; Gąsiorowaki, 1997; Korniewicz, 1997; Piesiewicz, Bartnikowska, 1997; Kapica, Rabos, 1998).

Na podstawie badań przeprowadzonych przez Korniewicza koncentracja włókna surowego w jęczmieniu wahała się w granicach od 2,1 do 11,7% s.m., ze średnią zawartością 5,2% s.m. Wyniki przedstawiane w pozostałych pracach (Lipiec, 1989; Niedźwiadek, Matyka, 1993; Kapica, Rabos, 1998) są zbliżone do tej średniej wartości.

W niniejszych badaniach poziom włókna surowego (CF) we wszystkich odmianach jęczmienia, bez względu na system uprawy, był zbliżony i wyniósł 3,25%.

Z danych Buraczewskiego (cyt. za Kapica, Rabos, 1998) i Lipca wynika, że na obojętną frakcję włókna (NDF) przypada odpowiednio 20,1 i 24,4% s.m. ziarna jęczmienia. W naszej pracy w każdej z odmian oznaczono ponad 26% tej frakcji, a odmiany uprawiane w płodozmianie zawierały jej więcej niż w monokulturze (tab. 1). Stwierdzono statystycznie istotne różnice w zawartości frakcji NDF w zależności od roku zbioru (tab. 1, rys. 1).

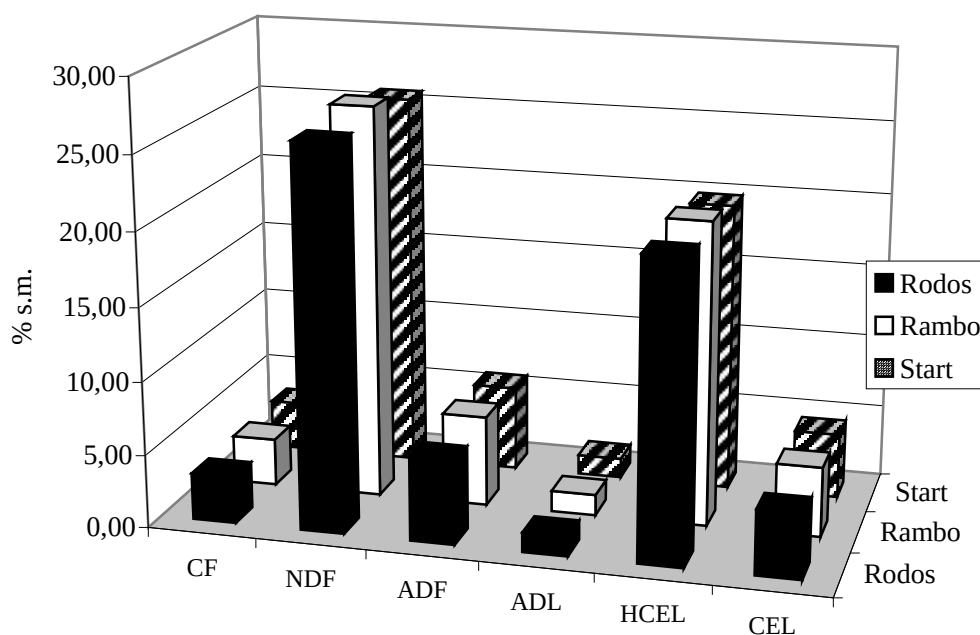
Jak podają cytowani wyżej autorzy zawartość kwaśnej frakcji włókna (ADF), w skład której wchodzi lignina i celuloza, wynosiła odpowiednio 6,4 i 11,7% s.m. Wyniki otrzymane w niniejszych badaniach były bardziej zbliżone do tej pierwszej wartości. Niewielkie wahania w koncentracji tej frakcji włókna obserwowane były w próbach pochodzących z różnych lat (rys. 1), ze zmiennych systemów (rys. 2), jak również stwierdzono różnice międzyodmianowe (rys. 3).



Rys. 2. Średnia zawartość włókna surowego i jego frakcji w ziarnie jęczmienia jarego uprawianego w monokulturze i płodozmianie (średnie z lat 2000 i 2001)

Fig. 2. Mean content of crude fibre and its fractions in the grain of spring barley cultivated in monoculture and crop rotation

Oscarsson i wsp. badając skład chemiczny jęczmienia oplewionego oznaczyli 1,3% ligniny. Natomiast z badań prowadzonych w warunkach krajowych (Lipiec, 1989) i danych Gąsiorowskiego wynika, że zawartość tego składnika włókna surowego jest bliska 4%. W analizowanych ziarniakach poziom ligniny był znacznie niższy i zbliżony do wyników Oscarssona. Nie stwierdzono istotnych różnic między odmianami, nieznaczne wystąpiły tylko w zależności od systemu i roku zbioru (tab. 1, rys. 1 i 2).



Rys. 3. Średnia zawartość włókna surowego i jego frakcji w ziarnie trzech odmian jęczmienia jarego (średnie z lat 2000 i 2001)

Fig. 3. Mean content of crude fibre and its fractions in the grain of three cultivars of spring barley

Najważniejszym składnikiem włókna pokarmowego w produktach zbożowych i nasionach roślin strączkowych są hemicelulozy (HCEL). Ilościowe oznaczenie tej grupy związków można uzyskać z różnicy frakcji obojętnej (NDF) i kwaśnej (ADF). Z danych literaturowych (Lipiec, 1989; Gąsiorowski, 1997; Piesiewicz, Bartnikowska, 1997) wynika, że zawartość hemiceluloz w ziarniakach jęczmienia kształtuje się na zbliżonym poziomie ok. 12%. Wyniki otrzymane w niniejszych doświadczeniach były znacznie wyższe. Koncentracja tej grupy związków, niezależnie od odmiany, wynosiła średnio 20%

s.m. (rys. 3). Wahania w zawartości HCEL wystąpiły w zależności od roku zbioru i systemu uprawy jęczmienia jarego (tab. 1, rys. 1 i 2). Poziom tych związków nie spadł poniżej 17% s.m. Tak 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 przewodu pokarmowego ludzi i zwierząt monogastycznych. Ponadto stwarzają one dogodne warunki dla proliferacji bakterii w świetle okrężnicy (Piesiewicz, Bartnikowska, 1997).

Z różnicy frakcji kwaśnej (ADF) i ligniny (ADL) uzyskuje się informacje o zawartości celulozy (CEL). Gąsiorowski podaje, że w całym ziarnie jęczmienia oplewionego znajduje się jej od 4 do 8% s.m. Wyniki zawartości celulozy w takich granicach podają również Oscarsson i Lipiec. W niniejszej pracy, bez względu na czynnik zmienności, zawartość celulozy kształtowała się na poziomie średnio 4,5% s.m. (rys. 1, 2, 3).

Z niniejszych badań wynika, że różnice w zawartości CF, NDF, ADL oraz HCEL w ziarniakach trzech odmian jęczmienia, uprawianych w różnych latach i odmiennych systemach, są statystycznie nieistotne. Prawdopodobnie oznacza to, że koncentracja tych związków jest cechą odmianową, na którą czynniki środowiska (tj. system uprawy czy warunki pogodowe) mają jedynie niewielki wpływ.

WNIOSKI

1. Na poziom poszczególnych frakcji włókna surowego wpływ miały warunki produkcji ziarna, tj. system uprawy (monokultura, płodozmian) oraz rok zbioru. Mniejsze różnice wystąpiły pomiędzy odmianami.
2. Uprawa jęczmienia w płodozmianie wpłynęła na wzrost koncentracji włókna surowego i wszystkich jego frakcji.

LITERATURA

- Barowicz T., Janik A. 1999. Włókno pokarmowe a zawartość cholesterolu we krwi i mięsie świń. *Trzoda chlewna*. 4: 54 — 55.
- Bjergegaard Ch., Sørensen H., Sørensen S. 1997. Dietary fibres — important parts of high quality food and feeds. *J. Anim. Feed Sci.* 6: 145 — 161.
- Czembor H. J., Gacek E. 1987. Badania nad sposobami zwiększenia trwałości odporności genetycznej jęczmienia na mączniak i inne choroby. *Biul. IHAR* 163: 25 — 32.
- Gacek E. 1986. Zastosowanie mieszanin odmian do zwalczania mączniaka prawdziwego jęczmienia. *Rocz. Nauk Rol. Ser. E*, 16/2: 95 — 103.
- Gacek E., Czembor H., Nadziak J. 1997. Zastosowanie mieszanin odmian do poprawy zdrowotności oraz wysokości plonowania pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 201: 81 — 93.
- Gąsiorowski H. 1997. Jęczmień — chemia i technologia. *PWR i L*, Poznań.
- Kapica E., Rabos A. 1998. Włókno pokarmowe w żywieniu świń. *Trzoda chlewna*. 3: 18 — 22.
- Korniewicz A. 1997. Uwaga: zboża mają więcej włókna, a mniej białka i energii. *Top Agrar Polska Mag. Nowocz. Roln.* 10: 20 — 22.
- Lipiec A. 1989. Badania nad oceną zawartości włókna całkowitego i jego frakcji przy zastosowaniu różnych metod oznaczania oraz wykorzystaniem frakcji włókna do szacowania wartości energetycznej pasz dla przeżuwaczy. *Rozprawy Naukowe* 124 AR w Lublinie.

- Łacicowa B., Pięta D., Kiecana I. 1997. Grzyby powodujące choroby podsuszkowe jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.) uprawianego w monokulturze z uwzględnieniem *Aureobasidium pullulans* (de Bary) Arnaud). Ann. UMCS Sect. EEE, vol. 5: 237 — 254.
- Makarska E., Praczyk M., Wesołowski M., Lipiec A. 2001. Wpływ systemu uprawy na zawartość składników ograniczających wartość paszową ziarna jęczmienia. Materiały XXXII Sesji Naukowej KTiChŻ PAN, Warszawa 6–7. 09. 2001.
- Makarska E., Praczyk M., Wesołowski M. 2001. Zawartość pokarmowych pierwiastków mineralnych w ziarnie jęczmienia uprawianego w monokulturze i płodozmianie. Materiały VIII Międzynar. Zjazdu PTM, Nałęczów 20–22. 09. 2001.
- Newman R., Newman C. 1991. Barley as a food grain. Cereal Foods World. vol. 36: 800 — 805.
- Niedźwiadek T., Matyka S. 1993. Wartość pokarmowa głównych zbóż krajowych. Pasze Przemysł. 2: 3.
- Oscarsson M., Andersson R., Salomonsson A. C., Aman P. 1996. Chemical composition of barley samples focusing on dietary fibre components. J. Cereal Sci. 24: 161 — 170.
- Pawłowski F., Wesołowski M. 1988. Rola odmiany oraz poziomu agrotechniki w plonowaniu jęczmienia jarego w monokulturze. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 331: 93 — 99.
- Piesiewicz H., Bartnikowska E. 1997. Zboże i jego przetwory – kopalnia składników włókna pokarmowego. Przegl. Piek. i Cukier. 5: 3 — 6.
- Rakowska M. 1993. Podsumowanie prac, wykonanych w latach 1984–1992, nad czynnikami antyodżywczymi żyta. Biul. IHAR 187: 71 — 81.
- Saunders R., Betschart A. A. 1980. The significance of protein as a component of dietary fiber. Am. J. Clin. Nutr. 33: 960 — 961.
- Selvendran R., R. 1984. The plant cell wall as a source of dietary fiber: chemistry and structure, Am. J. Clin. Nutr. 39: 320 — 337.
- Urbanowski S., Piekarczyk M., Rajs T. 1999. Plonowanie jęczmienia jarego w zmianowaniu i monokulturze. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy. Zesz. 220, Rolnictwo 44: 279 — 284.
- Wesołowski M., Kwiatkowski C. 1997. Reakcja niektórych odmian jęczmienia jarego na uprawę w krótkotrwałej monokulturze. Fragm. Agron. 4: 36 — 42.