



Owies

Fot. Elżbieta Pisulewska

BIULETYN
INSTYTUTU HODOWLI
I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
Nr 239/2006



Owies. Fot. Elżbieta Pisulewska

RADZIKÓW 2006
INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN — RADZIKÓW
05-870 BŁONIE pod WARSZAWĄ

INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
Dyrektor: Prof. dr hab. Edward Arseniuk

Komitet Redakcyjny:

Editorial Committee:

HENRYK J. CZEMBOR (Przewodniczący — Editor-in Chief),
JAN BOJANOWSKI, SŁAWOMIR PROŃCZUK, MARIA RAKOWSKA,
STANISŁAWA ROZTROPOWICZ-SZKUBEL, JERZY SZYRMER,
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA (Sekretarz Redakcji — Editorial Secretary)

CZASOPISMO UKAZUJE SIĘ OD 1951 ROKU

Wydanie publikacji dofinansowane przez Ministerstwo Edukacji i Nauki

Redaktor techniczny i skład komputerowy
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA

Druk: PWR Sp. z o.o

III OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA NAUKOWA



OWIES — HODOWLA, UPRAWA I WYKORZYSTANIE OWIES ŹRÓDŁEM SKŁADNIKÓW FUNKCYJNALNYCH

ORGANIZATOR KONFERENCJI

AKADEMIA ROLNICZA W KRAKOWIE

WSPÓŁORGANIZATORZY KONFERENCJI

MAŁOPOLSKIE STOWARZYSZENIE DORADZTWA ROLNICZEGO

MAŁOPOLSKA HODOWLA ROŚLIN HBP

INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN ODDZIAŁ W KRAKOWIE

KOMITET ORGANIZACYJNY KONFERENCJI

PROF. DR HAB. ELŻBIETA PISULEWSKA — PRZEWODNICZĄCA

PROF. DR HAB. LUDWIK SPISS

DR ANDRZEJ BICHOŃSKI

DR TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI

DR ROBERT WITKOWICZ — SEKRETARZ

KRAKÓW, 29–30 SIERPNIA 2005, KRYNICA

III Ogólnopolska Konferencja Naukowa Owies — Hodowla, Uprawa i Wykorzystanie

29–30 sierpnia 2005, Krynica

Porównując aktualny stan dotyczący sposobów wykorzystania owsa w Polsce oraz w krajach wysoko uprzemysłowionych należy stwierdzić, że o ile pastewne możliwości spożytkowania tego gatunku są szerokie (81%), o tyle konsumpcyjne przeznaczenie ziarna w naszym kraju jest ciągle bardzo niewielkie (3%) i gatunek ten wydaje się być niedoceniany. W ogólnie dostępnych produktach spożywczych owies spotykany jest w Polsce przede wszystkim w różnych typach płatków, jako posypka do pieczywa lub w ciastkach owsianych. W wysoko uprzemysłowionych krajach wzrosło nie tylko spożycie całego ziarna zbóż, zaliczonego do żywności funkcjonalnej (prozdrowotnej), ale przede wszystkim właśnie ziarna owsa. Ten cenny gatunek postrzegany jest jako surowiec dla przemysłu spożywczego, kosmetycznego i farmaceutycznego. Ze skrobi owsianej produkowane są zamienniki tłuszczu (Z-Trim, Oatrim) znajdujące zastosowanie w produkcji lodów, napojów, zup, sosów, masła, jak również w produkcji żywności niskoenergetycznej. Na bazie owsa wytwarzane są ponadto chipsy, frytki, pieczywo chrupkie, napoje, batony, czekolada pitna, różne rodzaje zup i wiele innych produktów. Wyroby z owsem ze względu na dużą zawartość włókna pokarmowego o wysokim udziale β -glukanów, zalecane są w dietach odchudzających oraz chorobach przewodu pokarmowego. Duża zawartość polifenoli decyduje o wysokim potencjale antyoksydacyjnym ziarna owsa mającym zastosowanie w zwalczaniu chorób cywilizacyjnych.

W przemyśle kosmetycznym owies używany jest do produkcji kremów nawilżających, maseczek i wywarów do przemywania skóry. W przemyśle farmaceutycznym z owsa produkuje się leki łagodzące objawy chorób skórnych.

W 2005 roku odbyła się w Krynicy III Ogólnopolska Konferencja Naukowa poświęcona przede wszystkim roli owsa w żywieniu człowieka „Owies jako źródło składników funkcjonalnych w żywieniu ludzi i zwierząt”, ale prezentowane prace obejmowały szeroki wachlarz zagadnień zarówno teoretycznych, jak i aplikacyjnych z dziedziny żywienia, hodowli, nasiennictwa i uprawy. W 2-dniowej konferencji udział wzięło 80 osób. Wygłoszono 16 referatów i zaprezentowano 50 prac w formie plakatów.

Elżbieta Pisulewska

JOLANTA KORZENIOWSKA
EWA STANISŁAWSKA-GLUBIAK

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa — Państwowy Instytut Badawczy w Puławach
Zakład Technik Uprawy Roli i Nawożenia w Jelczu-Laskowicach

Reakcja owsa na różne metody nawożenia PKMg w tradycyjnym i zerowym systemie uprawy roli

The response of oat to different methods of PKMg application at conventional and no-tillage systems

W ścisłych, trzyletnich doświadczeniach polowych badano wpływ tradycyjnego i zerowego systemu uprawy roli oraz rzutowego i rzędowo-wgłębnego nawożenia PKMg na plonowanie oraz zawartość makroskładników w roślinach owsa. Nawożenie rzędowo-wgłębne polegało na umieszczeniu nawozu na głębokości 5 cm pod nasionami przy pomocy amerykańskiego siewnika bezuprawowego firmy „Great Plains”. Fosfor, potas i magnez stosowano w formie wieloskładnikowego nawozu Polimag 305. W obu badanych systemach uprawy lepsze efekty plonotwórcze dawało nawożenie rzutowe niż rzędowo-wgłębne, przy czym niespodziewanie uwidoczniło się to w większym stopniu przy uprawie zerowej. Brak opadów w okresach krytycznych dla wzrostu i rozwoju owsa sprzyjał większej skuteczności zerowej uprawy roli. We wszystkich latach badań wykazano lepsze zaopatrzenie roślin w makroskładniki w fazie początku strzelania w źdźbło na uprawie zerowej w stosunku do uprawy tradycyjnej. Na ogół w obu badanych systemach uprawy roli nawożenie rzutowe powodowało wyższą koncentrację P i K w częściach nadziemnych owsa w porównaniu do nawożenia rzędowo-wgłębnego. Jednak, przy zerowym systemie uprawy różnice na korzyść nawożenia rzutowego nie były tak duże, jak przy systemie tradycyjnym.

Słowa kluczowe: uprawa zerowa, nawożenie rzędowo-wgłębne PKMg, owies, plon ziarna, zawartość makroelementów w roślinach

Oat yielding and contents of macronutrients in oat plants at broadcast and deep-band fertilization, and at conventional and no-tillage systems were compared in 3-year field trials. In the deep-band method the fertilizer was applied 5 cm below the seeds with the use of no-tilling disk drill made by the “Great Plains” company. Phosphorus (P), potassium (K) and magnesium (Mg) were supplied in the form of a multicomponent fertilizer — Polimag 305. The broadcast method effected better yielding than the deep-band one at both tillage systems. Unexpectedly, this effect was more pronounced at the no-tillage variant. Lack of rain in the periods critical for oat growth and development made no-tillage system more effective. In the whole period of the investigations, the plants at the shooting stage were found to be better supplied with P, K and Mg in the no-tillage trials than in the trials where the conventional tillage system was applied. The broadcast fertilization, compared with the deep-band one, generally resulted in higher concentrations of P and K in the above-ground part of oat plants, whether

the conventional or no-tillage system was used. However, the positive effects of the broadcast method were more pronounced at the conventional tillage.

Key words: broadcast fertilization, conventional tillage, deep-band fertilization grain yield, macronutrients, no tillage, oat

WSTĘP

W ostatnich latach wzrasta zainteresowanie w naszym kraju tzw. zerowym systemem uprawy roli (Kordas, 1999; Pabin i in., 1999; Pabin i in., 2001; Weber, 2004). Wynika to zarówno z większej dostępności maszyn do tego typu uprawy, jak i pozytywnych efektów w postaci oszczędności energii, zachowania wody w glebie i skrócenia czasu uprawy. Jednocześnie nie ma krajowych zaleceń nawozowych dla tej metody uprawowej. Prace zagraniczne, głównie amerykańskie i kanadyjskie, donoszą o dużej skuteczności nawożenia zlokalizowanego wgłębnego przy metodzie zero-uprawowej. Nawożenie to polega na umieszczaniu nawozów rzędowo na pewnej głębokości pod nasionami lub wgłębnie obok rzędu nasion, co ułatwia młodej roślinie szybkie dotarcie korzeniami do składników pokarmowych. Wysiew pasowy wgłębny stosowali i zalecali dla praktyki liczni autorzy zagraniczni w stosunku do potasu (Gordon, 1999; Potassium application methods, 1998; Westermann, 1998), fosforu (Miller, 1998), NP (Gordon i in., 1998; Mascagni i Bouquet, 1998) oraz NPK (Gordon, 1999; Hoeft i Ritchie, 1997; Potassium application methods, 1998). Metodę nawożenia rzędowo-wgłębną badano także dla uprawy tradycyjnej z orką, stwierdzając możliwość znacznego ograniczenia dawek fosforu i potasu bez obniżenia plonów (Vyn i in., 1999). Jednak problem zadawalającej efektywności nawożenia zlokalizowanego nie jest jednoznaczny. Niektóre prace mówią o małej przydatności metody nawożenia zlokalizowanego ze względu na nieprzewidywalność efektów jej stosowania. Są one, bowiem silnie uzależnione od pogody. Ponadto Randal i Hoeft (1997) podkreślają, że nawożenie zlokalizowane fosforem bywa bardziej skuteczne od rzutowego w uprawie zbóż w przypadku suszy, krótszego okresu wegetacji, ograniczonego systemu korzeniowego i niskiej zasobności gleb w fosfor. Mallarino i wsp. (1998) również nie stwierdzili różnic pomiędzy rzutowym a rzędowo-wgłębnym nawożeniem kukurydzy i soi fosforem, a w przypadku potasu uzyskiwano tylko bardzo niewielkie zwwyżki plonów.

Mimo istniejących na świecie pewnych doświadczeń w zakresie nawożenia zlokalizowanego, badania takie powinny być w naszym kraju prowadzone ze względu na specyfikę polskich gleb, klimat oraz odmienność uprawianych gatunków i odmian roślin. Celem pracy jest sprawdzenie przydatności nawożenia rzędowo-wgłębnego PKMg dla owsa w systemie zerowej i tradycyjnej uprawy roli.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2002–2004 w Stacji Doświadczalnej IUNG Jelcz-Laskowice przeprowadzono 6 ścisłych doświadczeń polowych, w których badano reakcję owsa odmiany Hetman na rzutową i rzędowo-wgłębną metodę aplikacji nawozu PKMg. W każdym roku przeprowadzono po 2 doświadczenia — jedno w tradycyjnym, a drugie w zerowym systemie uprawy roli (tab. 1).

Tabela 1

Numeracja doświadczeń
Numbering of trials

Rok Year	Numer doświadczenia Number of trial	System uprawy roli Tillage system
2002	I	tradycyjny — conventional
	II	zerowy — no tillage
2003	III	tradycyjny — conventional
	IV	zerowy — no tillage
2004	V	tradycyjny — conventional
	VI	zerowy — no tillage

Testowano 5 obiektów nawozowych: 1. Kontrola — bez PKMg, 2. Nawożenie rzutowe — pełna dawka PKMg, 3. Nawożenie rzędowo-wgłębne — pełna dawka PKMg, 4. Nawożenie — rzędowo-wgłębne — 2/3 pełnej dawki PKMg, 5. Nawożenie rzędowo-wgłębne — 1/3 pełnej dawki PKMg.

Doświadczenia były przeprowadzone jako jednoczynnikowe w układzie długich pasów z lustrzanym odbiciem, w czterech powtórzeniach. Powierzchnia poletek doświadczalnych, jak również do zbioru wynosiła 40 m². Owies w ilości 180 kg/ha wysiano 19 marca w 2002 r., 30 marca w 2003 r. i 31 marca w 2004 r. Przedplonem dla owsa był jęczmień jary uprawiany w tradycyjnym bądź zerowym systemie uprawy roli.

Fosfor, potas i magnez stosowano jednocześnie z wysiewem nasion w formie wieloskładnikowego nawozu Polimag 305 o składzie P₂O₅ — 16%, K₂O — 24%, MgO — 8% oraz N — 5% w ilości: 350 kg/ha (pełna dawka), 230 kg/ha (2/3 pełnej dawki) i 120 kg/ha (1/3 pełnej dawki). Wraz z pełną dawką nawozu dostarczono do gleby 56 kg P₂O₅/ha. Dawka fosforu była ustalona na podstawie zaleceń nawozowych IUNG (Zalecenia nawozowe, 1996), a dawki pozostałych składników (84 kg K₂O/ha, 28 kg MgO i 18 kg N/ha) wynikały z poziomu nawożenia fosforem. W badaniach zastosowano nawóz wieloskładnikowy nie tylko ze względów praktycznych, ale również metodycznych. Spotyka się, bowiem prace mówiące o większej dostępności dla roślin składników występujących łącznie niż przy ich oddzielnym stosowaniu (Gordon i in., 1998; Nelson, 1981). Wybór nawozu do doświadczeń był podyktowany zasobnością gleby w poszczególne składniki pokarmowe.

Nawożenie rzędowo-wgłębne polegało na umieszczeniu nawozu na głębokości 5 cm pod nasionami przy pomocy amerykańskiego siewnika bezuprawowego firmy „Great Plains” model Solid Stand 7 o szerokości roboczej 2 m. Azot uzupełniano pogłównie metodą rzutową, w dawkach zgodnych z wymaganiami uprawianych roślin, jednakowo na wszystkich obiektach.

Charakterystykę gleb, na których założono doświadczenia przedstawiono w tabeli 2, a miesięczne sumy opadów w okresie wegetacji w tabeli 3. Próbkę roślinną pobierano każdego roku w trakcie wegetacji, w fazie początku strzelania w źdźbło (całe części nadziemne ścięte 5 cm nad ziemią), jak również w fazie dojrzałości pełnej ziarna. Badania laboratoryjne materiału glebowego i roślinnego wykonano metodami stosowanymi w stacjach chemiczno-rolniczych (Metody badań, 1980). Plony ziarna podano dla 15% wilgotności. Wnioskowanie na temat istotności różnic w plonach ziarna między obiektami

nawozowymi oraz w zawartościach makroskładników w materiale roślinnym przeprowadzono na podstawie analizy wariancji przy pomocy programu komputerowego AWAR opracowanego w IUNG.

Tabela 2

Charakterystyka gleb doświadczalnych
Characteristics of experimental soils

Cechy gleby Properties of soil	Rok Year		
	2002	2003	2004
Nr doświadczenia — No. of trials	I, II	III, IV	V, VI
Fracja — Fraction (%)			
1,0-0,1 mm	61	62	59
0,1-0,02 mm	23	23	25
< 0,02 mm	16	15	16
Symbol gleby — Soil symbol	pgm	pgl	pgm
C org. (%)	0,76	0,74	0,69
pH (1 mol·dm ⁻³ KCl)	4,7	4,8	4,7
Zawartość — Content (mg·kg ⁻¹)			
P ₂ O ₅	146	148	151
K ₂ O	100	108	120
Mg	43	44	43

WYNIKI I DYSKUSJA

Plony

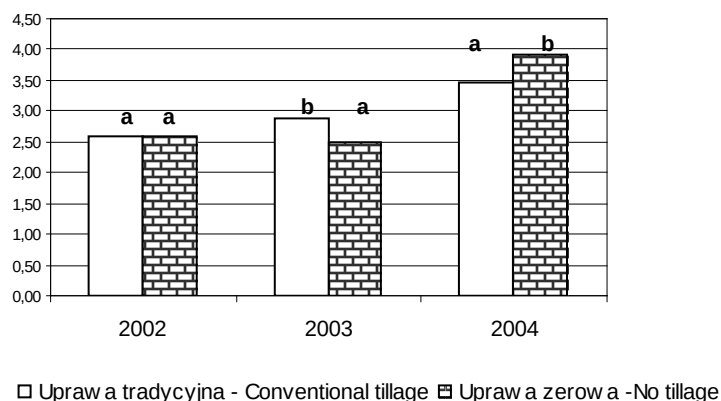
Plony ziarna owsa wahały się od 2,22 do 5,01 t·ha⁻¹ w zależności od roku badań, dawki i metody aplikacji nawozów oraz systemu uprawy roli (tab. 4). W przeprowadzonych doświadczeniach owies plonował znacznie wyżej w 2004 r., niż w pozostałych latach badań (tab. 4, rys. 1). Najprawdopodobniej było to spowodowane wyjątkowo korzystnymi warunkami pogodowymi na wiosnę, a szczególnie obfitymi opadami bezpośrednio przed siewem (tab. 3), co ma duże znaczenie dla plonowania tej rośliny (Szczegółowa..., 2003).

Tabela 3

Miesięczne sumy opadów w okresie wegetacji w Jelczu-Laskowicach
Monthly rainfall in the vegetation period in Jelcz-Laskowice

Rok Year	Opad — Rainfall (mm)					Suma — Sum
	III	IV	V	VI	VII	
2002	15,9	44,5	78,8	53,7	38,2	231
2003	16,2	19,6	57,7	27,6	77,7	199
2004	63,6	24,3	27,3	43,7	55,3	214
1956–2000	31,3	37,6	61,3	71,4	80,0	282

Reakcja owsa na rodzaj systemu uprawy roli zależała od roku badań. Należy więc przypuszczać, że o efektywności danego rodzaju uprawy roli decydował głównie przebieg pogody. W roku 2002 w obu systemach uprawy roli uzyskano jednakowe średnie plony ziarna. W następnym sezonie wegetacyjnym na uprawie zerowej plony były istotnie niższe, niż na tradycyjnej, natomiast w roku 2004 istotnie wyższe (rys. 1).



Rys. 1. Plony ziarna owsa w poszczególnych latach badań (średnie z 5 obiektów doświadczalnych). Wartości oznaczone tymi samymi literami w ramach tego samego roku nie różnią się istotnie na podstawie analizy testem Tukeya

Fig. 1. Yields of oat grain in the years of study (mean for 5 treatments). Values followed by the same letters in the same year do not differ significantly ($P < 0.05$) based on the analysis with Tukey test

Uważa się, że przy niedoborach wilgoci zerowy system uprawy roli jest efektywniejszy, niż uprawa z orką (Pabin i in., 2001; Randall i Hoeft, 1997). Przypuszczalnie duży wpływ na uzyskanie wyższych plonów owsa uprawianego w zerowym systemie uprawy roli w 2004 roku miały znacznie mniejsze ilości opadów w maju tego roku, niż w pozostałych latach badań (tab. 3).

Tabela 4

Plony ziarna owsa ($t \cdot ha^{-1}$)
Oat grain yield ($t \cdot ha^{-1}$)

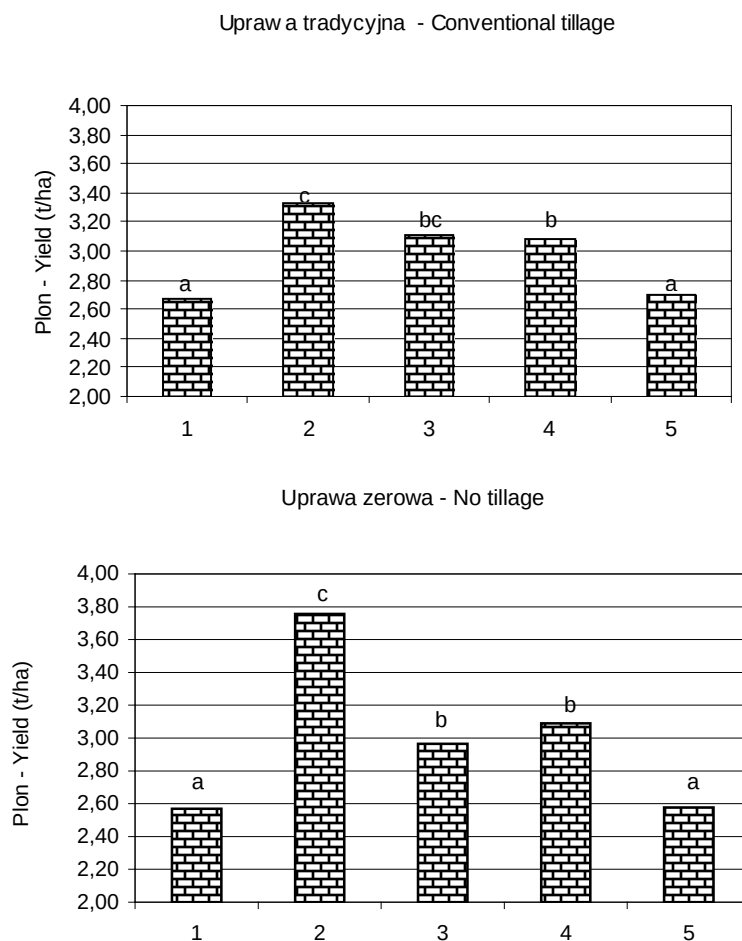
Rok Year	Nawożenie — Fertilization				
	1	2	3	4	5
Uprawa tradycyjna — Conventional tillage					
2002	2,31 a	3,13 c	2,66 b	2,64 a b	2,22 a
2003	2,94 a b	2,85 a b	3,07 b	2,89 a b	2,60 a
2004	2,76 a	3,99 c	3,62 b c	3,72 c	3,27 b
Uprawa zerowa — No tillage					
2002	2,59 b	3,62 c	2,10 b	2,33 a b	2,25 a
2003	2,34 a b	2,64 c	2,69 c	2,56 b c	2,22 a
2004	2,78 a	5,01 d	4,10 c	4,38 c	3,26 b

Wartości oznaczone tymi samymi literami w ramach jednego roku (wiersza) nie różnią się istotnie na podstawie analizy testem Tukaya

Values followed by the same letters in the same year (line) do not differ significantly ($P < 0.05$) based on the analysis with Tukey test

W przeprowadzonych doświadczeniach nie stwierdzono korzystniejszego wpływu na plonowanie owsa nawożenia rzędowo-wgłębne niż nawożenia rzutowego. W tradycyjnym systemie uprawy roli średnie z 3 lat plony ziarna były podobne na obiektach z pełną

dawką PKMg, niezależnie czy była ona stosowana rzędowo-wgłębnie czy rzutowo. W uprawie zerowej natomiast istotnie wyżej plonował owies nawożony rzutowo (rys. 2).



Rys. 2. Plony ziarna owsa przy różnych metodach aplikacji nawozów (średnie z 3 lat badań). 1 — kontrola, 2 — PKMg rzutowo, 3 — PKMg rzędowo-wgłębnie, 4 — 2/3 PKMg rzędowo-wgłębnie, 5 — 1/2 PKMg rzędowo-wgłębnie. Plony oznaczone tymi samymi literami w ramach jednego systemu uprawy nie różnią się istotnie na podstawie analizy testem Tukeya

Fig. 2. Yields of oat grain at different methods of fertilization (mean for 3 years). 1 — control, 2 — broadcast PKMg, 3 — deep-band PKMg, 4 — deep-band 2/3 PKMg, 5 — deep-band 1/2 PKMg. Yields followed by the same letters for the same tillage system do not differ significantly ($P < 0.05$) based on the analysis with Tukey test

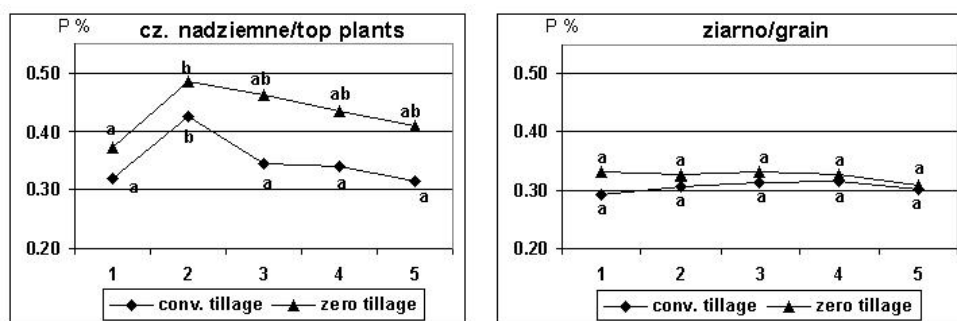
Być może przyczyną takich wyników była wyjściowa średnia zawartość fosforu, potasu i magnezu w glebach doświadczalnych (tab. 1). Randall i Hoeft (1997) donoszą, że na

glebie o średniej zasobności w fosfor tylko niekiedy uzyskuje się wyższe plony na obiektach z nawożeniem rzędowo-wgłębnym w porównaniu do nawożenia rzutowego. Skuteczność nawożenia zlokalizowanego wzrasta bowiem wraz ze spadkiem zawartości fosforu w glebie. Być może na glebach ubogich w fosfor nawożenie rzędowo-wgłębne owsa okazałoby się bardziej efektywne.

Uzyskane wyniki wskazują na możliwość zmniejszenia dawki nawozów przy stosowaniu nawożenia rzędowo-wgłębnego. W obu systemach uprawy roli na obiektach ze zmniejszoną do 2/3 dawką nawozową owies plonował na takim samym poziomie jak przy pełnej dawce stosowanej rzędowo-wgłębnie. Zagadnienie to wymaga jednak dalszych badań, głównie na glebach o niskiej zawartości fosforu i potasu.

Zawartość makroskładników w roślinach

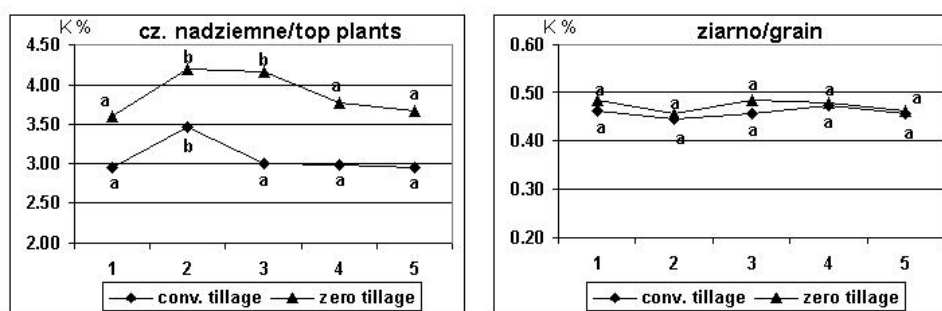
Analizując średnie z 3 lat zawartości makroskładników w roślinach owsa w fazie strzelania w źdźbło stwierdzono, że przy tradycyjnym systemie uprawy roli nawożenie rzędowo-wgłębne powodowało istotnie gorsze zaopatrzenie roślin w P i K niż nawożenie rzutowe. Przy tym systemie uprawy zawartości P i K w roślinach z obiektów nawożonych rzędowo-wgłębnie kształtowały się na poziomie obiektów kontrolnych bez nawożenia (rys. 3 i 4).



Rys. 3. Zawartość fosforu w tkankach owsa na poszczególnych obiektach doświadczalnych (średnie z 3 lat badań). 1 — kontrola, 2 — PKMg rzutowo, 3 — PKMg rzędowo-wgłębnie, 4 — 2/3 PKMg rzędowo-wgłębnie, 5 — 1/2 PKMg rzędowo-wgłębnie. Wartości oznaczone tymi samymi literami w ramach tej samej uprawy (linii) nie różnią się istotnie na podstawie analizy testem Tukeya

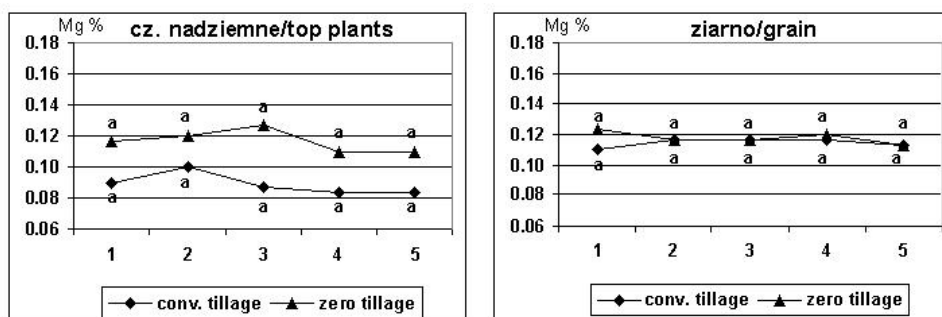
Fig. 3 Phosphorus concentration in the oat tissue depending on experimental treatments (mean for 3 years). 1 — control, 2 — broadcast PKMg, 3 — deep-band PKMg, 4 — deep-band 2/3 PKMg, 5 — deep-band 1/2 PKMg. Values followed by the same letters for the same tillage (line) do not differ significantly ($P < 0.05$) based on the analysis with Tukey test

Przy zerowym systemie uprawy rośliny nawożone pełną dawką nawozu, niezależnie od sposobu jej aplikacji, były podobnie zaopatrzone w P i K. Nawożenie rzędowo-wgłębne nie spowodowało również lepszego niż nawożenie rzutowe zaopatrzenia roślin w Mg w fazie strzelania w źdźbło. Zarówno przy tradycyjnym, jaki zerowym systemie uprawy, zawartości tego pierwiastka w częściach nadziemnych owsa na wszystkich badanych obiektach kształtowały się na podobnym poziomie (rys. 5).



Rys. 4. Zawartość potasu w tkankach owsa na poszczególnych obiektach doświadczalnych (średnie z 3 lat badań). Pozostałe wyjaśnienia jak na rys. 3

Fig. 4. Potassium concentration in the oat tissue depending on experimental treatments (mean for 3 years). For explanations see Fig. 3



Rys. 5. Zawartość magnezu w tkankach owsa na poszczególnych obiektach doświadczalnych (średnie z 3 lat badań). Pozostałe wyjaśnienia jak na rys. 3

Fig. 5. Magnesium concentration in the oat tissue depending on experimental treatments (mean for 3 years). For explanations see Fig. 3

Zawartości fosforu, potasu i magnezu w ziarnie owsa nie zależały ani od dawki, ani od sposobu aplikacji nawozu. Poziom zawartości badanych makroskładników był podobny na wszystkich obiektach doświadczalnych (rys. 3, 4, 5).

Zmniejszenie poziomu nawożenia do 2/3 i 1/3 dawki, w stosunku do stosowanej rzędowo-wgłębnie pełnej dawki nawozu, nie powodowało istotnego zmniejszenia zawartości P, K i Mg w częściach nadziemnych i ziarnie owsa, z wyjątkiem zawartości K w częściach nadziemnych na uprawie zerowej. Wskazuje to na pewne możliwości stosowania niższych dawek nawozów przy rzędowo-wgłębnej metodzie aplikacji.

We wszystkich trzech latach badań zaopatrzenie roślin owsa w makroskładniki w fazie strzelania w źdźbło na uprawie zerowej było znacznie lepsze niż na uprawie tradycyjnej (tab. 5).

Tabela 5

**Różnice w zawartości składników pokarmowych w roślinach owsa zależnie od rodzaju uprawy roli
(średnie z 5 obiektów doświadczalnych)**

**Differences in the content of nutrients in oat plants depending on a tillage system
(mean for 5 treatments)**

Rok Year	N %		P %		K %		Mg %		Ca %	
	Trad.	Zero	Trad.	Zero	Trad.	Zero	Trad.	Zero	Trad.	Zero
Części nadziemne — Top plants										
2002	2,49	2,73	0,37	0,40	3,44	3,72	0,07	0,08	0,42	0,43
2003	1,72	2,95	0,36	0,55	3,00	4,31	0,11	0,17	0,27	0,37
2004	2,28	2,63	0,32	0,36	2,77	3,59	0,09	0,10	0,35	0,39
Średnia Mean	2,16	2,77	0,35	0,43	3,07	3,87	0,09	0,12	0,35	0,40
Ziarno — Grain										
2002	1,83	2,02	0,33	0,36	0,48	0,51	0,10	0,11	0,09	0,09
2003	2,11	2,19	0,32	0,34	0,50	0,49	0,14	0,15	0,09	0,09
2004	1,72	1,63	0,27	0,28	0,40	0,41	0,10	0,10	0,03	0,02
Średnia Mean	1,89	1,95	0,29	0,32	0,46	0,47	0,11	0,12	0,07	0,07

Trad. — Uprawa tradycyjna; Conventional tillage

Zero — Uprawa zerowa; No tillage

Rośliny rosnące w systemie uprawy zerowej charakteryzowały się średnio o 23%–33% wyższymi zawartościami N, P, K i Mg w częściach nadziemnych roślin. W nieco mniejszym stopniu dotyczyło to wapnia (14%). O wyższych zawartościach makroskładników w młodych roślinach rosnących w systemie uprawy zerowej w porównaniu do tradycyjnej donoszą również inni autorzy (Galvez i in., 2001; Yin i Vyn, 2002). Tendencja do wyższych zawartości makroskładników w roślinach z uprawy zerowej była widoczna w ziarnie jedynie w niewielkim stopniu. Średnie zawartości badanych składników były o 2%–10% wyższe w ziarnie roślin z uprawy zerowej w porównaniu z uprawą tradycyjną. Wyjątkiem był wapń, którego zawartość w ziarnie nie była zróżnicowana.

Zwraca uwagę fakt, że wyraźnie lepsze zaopatrzenie roślin owsa w makroskładniki z uprawy zerowej nie odzwierciedlał się w plonach ziarna (rys. 1). Przy wyższych zawartościach składników pokarmowych w częściach nadziemnych owsa we wszystkich latach badań, jedynie w roku 2004 uzyskano większe plony na uprawie zerowej. Również Yin i Vyn (2002) stwierdzili wyższe zawartości K w liściach soi, które jednak nie miały wpływu na wzrost plonów. Początkowy lepszy stan odżywienia roślin z uprawy zerowej w porównaniu do uprawy tradycyjnej związany jest z większą akumulacją składników (Franzluebbbers i Hons, 1996; Kuś, 1999) oraz większą ilością korzeni w warstwie ornej gleby w tym systemie uprawy (Wulfsohn i in., 1996).

WNIOSKI

1. W przeprowadzonych badaniach na lekkich glebach o średniej zasobności w fosfor, potas i magnez nawożenie rzędowo-wgłębne PKMg nie dawało lepszych efektów plonotwórczych niż nawożenie rzutowe. W systemie uprawy tradycyjnej działanie obu metod nawożenia było podobne, a w systemie uprawy zerowej na obiektach nawożonych rzędowo-wgłębnie plony owsa były niższe.

2. Nie stwierdzono korzystniejszego wpływu nawożenia rzędowo-wgłębne PKMg w porównaniu do nawożenia rzutowego na zaopatrzenie roślin owsa w te składniki. Rośliny w uprawie zerowej, w fazie początku strzelania w źdźbło, charakteryzowały się podobną zawartością badanych makroskładników niezależnie od metody aplikacji nawozu. Przy uprawie tradycyjnej natomiast stwierdzono wyraźnie niższe zawartości P i K w roślinach nawożonych rzędowo-wgłębnie. Skład makroelementowy ziarna owsa nie zależał od zastosowanej metody nawożenia.
3. Niezależnie od metody nawożenia owies w uprawie zerowej w fazie strzelania w źdźbło charakteryzował się większą zawartością makroskładników niż owies w uprawie tradycyjnej. W ziarnie wystąpiła jedynie niewielka tendencja do wyższych zawartości na uprawie zerowej w porównaniu do tradycyjnej.

LITERATURA

- Franzluebbers A. J., Hons F. M. 1996. Soil-profile distribution of primary and secondary plant-available nutrients under conventional and no tillage. *Soil and Tillage Research* 39: 229 — 239.
- Galvez L., Douds Jr. D. D., Drinwater L. E., Wagoner P. 2001. Effect of tillage and farming system upon VAM fungus populations and mycorrhizas and nutrient uptake of maize. *Plant and Soil* 228 (2): 299 — 308 (10).
- Gordon W. B. 1999. Starter fertilizers containing potassium for ridge-till corn and soybean production. *Better Crops* 83, (2): 22 — 23.
- Gordon W. B., Whitney D. A., Fjell D. L. 1998. Starter fertilizer interactions with corn and grain sorghum hybrids. *Better Crops* 82 (2): 16 — 19.
- Hoelt R. G., Ritchie K. B. 1997. Starter fertilizer boosts yields of no-till corn. *Better Crops* 81 (1): 12 — 13.
- Kordas L. 1999. Wpływ stosowania siewu bezpośredniego na nakłady energetyczne i plonowanie pszenicy ozimej. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rol.*, 367: 135 — 139.
- Kuś J. 1999. Wpływ różnej intensywności uprawy roli na jej właściwości i plonowanie roślin. *Fol. Univ. Agric. Stetin* 195 *Agricultura* (74): 33 — 38.
- Mallarino A. P., Barker D. W., Borges R., North J. C. 1998. Tillage and fertilizer placement for the corn-soybean rotation. *Proceedings of the Integrated Crop Management Conference*, November 17-18 1998, Iowa State Univ. Extension Ames, USA: 231 — 237.
- Mascagni H. J., Bouquet D. J. 1998. Influence of starter fertilizer on corn rotated with cotton. *Better Crops* 82 (2): 3 — 5.
- Metody badań laboratoryjnych w stacjach chemiczno-rolniczych. 1980. IUNG Puławy: I — IV.
- Miller T. D. 1998. Deep phosphorus banding in winter wheat — a risk management tool for the Southern Great Plains. *Better Crops* 82 (4): 26 — 28.
- Nelson W. L. 1981. A „Blueprint” for maximizing yields of soybeans. In: *Agricultural yield potentials in continental climates*. 16th Colloquium of the Intern. Potash Inst. Bern — Warszawa: 257 — 265.
- Pabin J., Włodek S., Biskupski A. 2001. Retencja wodna gleby w uprawie zerowej. VIII Międzynarodowe Sympozjum „Ekologiczne aspekty mechanizacji produkcji roślinnej”, Warszawa 6–8 września: 181 — 186.
- Pabin J., Włodek S., Biskupski A., Runowska-Hryńczuk B., Kaus A. 1999. Wpływ energooszczędnych technik uprawy roli na właściwości gleby i plony roślin. VI Międzynarodowe Sympozjum „Ekologiczne aspekty mechanizacji nawożenia, ochrony roślin i uprawy gleby”, Warszawa: 169 — 176.
- Potassium application methods. 1998. Potash & Phosphate Institute *Better Crops*, 82 (3): 24 — 26.
- Szczegółowa uprawa roślin. 2003. Praca zbiorowa pod red. Zofii Jasińskiej i Andrzeja Koteckiego. Tom I, Wyd. AR Wrocław: 502 ss.
- Randall G. W., Hoelt P. R. 1997. Fertilizer placement methods. New wrinkles on a new face. *Soil Science/Horticulture/Agronomy* 326: <http://www.soil.wisc.edu/~barak/soilscience326>.

- Weber R. 2004. Zmienność plonowania odmian pszenicy ozimej w zależności od przedplonu i sposobu uprawy roli. Wyd. IUNG, Puławy, Monografie i Rozprawy Naukowe, 12: 88 ss.
- Westermann D. T., Tindall T. A. 1998. Potassium fertilization of Russet Burbank potatoes. *Better Crops* 82 (2): 8 — 12.
- Wulfsohn D., Gu Y., Wulfsohn A., Mojlaj E. G. 1996. Statistical analysis of wheat root growth patterns under conventional and no-till systems. *Soil and Tillage Research* 38 (1–2): 1 — 16.
- Vyn T., Janovicek K., Bruulsema T. 1999. Banded potash boosts no-till corn yield. *Better Crops* 83 (3): 8 — 9.
- Yin X., Vyn T. J. 2002. Residual effects of potassium placement for conservation-till corn on subsequent no-till soybean. *Soil and Tillage Research* 75: 151 — 159.
- Zalecenia nawozowe dla gospodarstw korzystających z oznaczeń odczynu i zasobności gleb Stacji Chemiczno-Rolniczych. 1996. Wyd. IUNG, Puławy: 28 ss.

BOŻENA BARCZAK
WOJCIECH KOZERA
KRYSTIAN NOWAK
EDWARD MAJCHERCZAK

Katedra Chemii Rolnej, Wydział Rolniczy
Akademia Techniczno-Rolnicza, Bydgoszcz

Wpływ nawożenia saletrą amonową z mikroelementami na plon ziarna i białka owsa odmiany Komes

The effect of fertilization with ammonium nitrate and microelements on yields of grain and protein of the oat cultivar Komes

Podstawę badań stanowiło doświadczenie polowe przeprowadzone w latach 1999–2001 w Stacji Badawczej ATR w Wierzhucinku k. Bydgoszczy na glebie płowej właściwej. Owies odmiany Komes nawożono saletrą amonową, magmolem (saletrą wzbogaconą w magnez i molibden), a także saletrą amonową uzupełnioną wieloskładnikowym nawozem mikroelementowym Sonata o zróżnicowanych dawkach ($3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Przeprowadzone badania wykazały, że nawożenie mineralne istotnie podwyższało w porównaniu z obiektem kontrolnym wielkość plonu ziarna owsa, zawartość w nim białka oraz wysokość plonu białka. Najwyższy średni plon ziarna owsa uzyskano w wyniku zastosowania saletry amonowej i $3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ nawozu Sonata — różnica w stosunku do obiektu nie-nawożonego wynosiła $1,56 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, co stanowiło 54,4%. Nie stwierdzono istotnych różnic między obiektami nawozowymi pod względem zawartości białka w ziarnie owsa. Zastosowanie magmolu pozwoliło osiągnąć plon białka ziarna owsa o 5,5% wyższy niż w wyniku nawożenia saletrą amonową, pozbawioną dodatku innych składników. Z dwóch objętych badaniami dawek Sonaty jako dodatku do saletry amonowej, istotnie korzystniejszą pod względem wielkości plonu białka była dawka $3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Słowa kluczowe: białko, mikroelementy, nawożenie dolistne, owies, plon białka, plon ziarna

The present study was based on a field experiment carried out on a good rye type soil in 1999–2001 at the ATR Research Station at Wierzhucinek near Bydgoszcz. Two types of ammonium nitrate: traditional and Magmol — the nitrate enriched with magnesium (1.4%) and molybdenum (0.04%) were applied to fertilize the oat of Komes variety together with a multi-component fertilizer called Sonata. Investigation showed that mineral fertilization with both types of nitrates and with the Sonata fertilizer containing microelements significantly increased the yield of oat grain, protein content in the grain and the level of protein yield with reference to the control object. The highest average oat grain yield was obtained after using the ammonium nitrate and $3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ of Sonata fertilizer — the remainder amounted to $1.56 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ in relation to the non-fertilized object, which was 54.4%. No significant differences between fertilized objects were observed, considering the content of protein in oat grain. The use of

Magmol permitted a protein yield in the tested oat grain to be higher by 5.5% than the yield achieved as a result of ammonium nitrate with no addition of other components. Considering the two doses included in our experiment, a dose of 3 kg·ha⁻¹ appeared to be significantly more advantageous as regards the level of protein yield.

Key words: fertilization, microelements, oat, protein, protein yield, grain yield

WSTĘP

W celu otrzymania wysokich, o dużej wartości biologicznej plonów, należy roślinom zapewnić optymalne warunki rozwoju, w tym wystarczającą podaż niezbędnych makro- i mikroelementów. Wśród makroskładników największy wpływ na wzrost, rozwój i plonowanie roślin uprawnych posiada azot (Domska i in., 1994; Barczak i Nowak, 1995; Świderka-Ostapiak i Stankowski, 2002). Cennym uzupełnieniem stosowania azotu i innych makroskładników jest nawożenie mikroelementami, które uważa się za jeden z ważniejszych czynników agrotechnicznych, umożliwiających pełne wykorzystanie potencjalnych zdolności produkcyjnych roślin (Wojcieszka, 1985; Podleśna, 2002; Tobiasz-Salach i Bobrecka-Jamro, 2003). Znaczenie tych składników wiąże się z fizjologiczną funkcją, jaką pełnią w organizmach roślinnych. Odgrywają one ważną rolę jako aktywatory i składniki katalizatorów metabolizmu komórkowego, uczestnicząc w wielu procesach biochemicznych. Zahamowanie specyficznych reakcji enzymatycznych spowodowane deficytem określonego mikroelementu może prowadzić do zaburzeń, w niekorzystny sposób oddziałujących na wielkość i jakość plonu roślin (Ruszkowska i Wojcieszka-Wyskupajtyś, 1996; Michałojć i Szewczyk, 2003). Niedobór mikroelementów może zatem zmieniać cechy jakościowe plonu roślin uprawnych, w szczególności roślin zbożowych. Jednym z najważniejszych kryteriów wartości ziarna zbóż jest zawartość białka, decydująca o jego wartości odżywczej, paszowej i technologicznej.

Celem badań było porównanie wpływu tradycyjnej saletry amonowej oraz saletry wzbogaconej w mikroelementy na wielkość plonu ziarna i białka owsa.

MATERIAŁ I METODY

Podstawę badań stanowiło doświadczenie polowe przeprowadzone w latach 1999–2001 w Stacji Badawczej ATR w Wierzychucinku k. Bydgoszczy na glebie płowej właściwej, kompleksu żyniego dobrego, klasy bonitacyjnej III b. Gleba była lekko kwaśna, o zawartości próchnicy wynoszącej 1,5%. Charakteryzowała się średnią zasobnością w przyswajalne formy fosforu i potasu, a także boru, manganu, cynku i molibdenu. Natomiast zawartość przyswajalnych form miedzi oszacowano jako niską. Doświadczenie jednoczynnikowe założono metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 14 m². Badanym czynnikiem był rodzaj nawożenia. Zastosowano saletrę amonową, magmol (saletrę wzbogaconą w magnez (1,4%) i molibden (0,04%)), a także saletrę amonową uzupełnioną wieloskładnikowym nawozem mikroelementowym Sonata o zróżnicowanych dawkach. (3 i 6 kg·ha⁻¹). W skład Sonaty wchodziły następujące pierwiastki: S — 13,0%, Mg — 10,0%, B — 0,1%, Mn — 0,9%, Zn — 0,6%, Cu — 0,8%, Fe — 0,6%, Co — 0,05% i Mo — 0,01%. Zabieg

nawożenia owsa odmiany Komes azotem z mikroelementami przeprowadzono dogłębowo przedsięwzięcie, stosując odpowiednio: 40 kg N·ha⁻¹ w postaci saletry amonowej lub magmolu oraz 3 i 6 kg Sonaty na hektar. Dodatkowo na wszystkie poletka wysiano 40 kg N·ha⁻¹ w formie saletry amonowej w fazie strzelania w źdźbło. W sumie zastosowano 80 kg N·ha⁻¹ na każdym z obiektów nawozowych (oprócz kontroli). W latach badań zastosowano na wszystkich obiektach podstawowe nawożenie mineralne w dawkach: 20 kg P·ha⁻¹ w formie superfosfatu potrójnego oraz 60 kg K·ha⁻¹ w postaci 57% soli potasowej. Owies wysiano w ilości 175 kg·ha⁻¹. Wysiewu w kolejnych latach dokonano w następujących terminach: 8.04.1999, 14.04.2000, 10.04.2001.

Białko ogółem oznaczono w zmineralizowanym na mokro w środowisku stężonego kwasu siarkowego (VI) próbach ziarna owsa metodą Kjeldahla.

Otrzymane wyniki z wieloletnich doświadczeń jednoczynnikowych poddano analizie wariancji w układzie losowanych bloków. Istotność różnic między średnimi szacowano na podstawie testu Tukeya przy poziomie istotności $p = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Średni plon ziarna owsa z trzech lat badań wynosił 3,97 t·ha⁻¹ (tab. 2). Najkorzystniejszym rokiem pod względem wielkości plonu ziarna owsa był 1999 rok, charakteryzujący się obfitymi opadami w kwietniu i maju (tab. 1).

Tabela 1

Warunki meteorologiczne w okresie wegetacji owsa
Weather conditions during vegetation of oat

Rok Year	Miesiąc Month					Średnia Mean
	IV	V	VI	VII	VIII	
	temperatura temperature (°C)					
1999	8,6	12,2	16,5	20,0	17,4	14,9
2000	11,0	14,5	16,7	15,7	17,3	15,0
2001	7,0	13,1	14,3	19,3	18,3	14,4
Wielolecie Over many years	7,1	12,9	16,2	17,6	17,2	14,2
						suma — sum
1999	62,1	45,5	58,6	43,9	53,8	263,9
2000	14,6	24,6	19,1	100,9	58,4	217,6
2001	42,4	34,9	80,5	146,1	49,7	353,6
Wielolecie Over many years	26,7	40,5	55,7	69,6	52,3	244,8

Warto podkreślić, że owies jest rośliną o dużej wrażliwości na susze majowe, której wzrost i rozwój jest ściśle związany z dobrym zaopatrzeniem w wodę (Gąsiorowski, 1995). Średni plon ziarna owsa osiągnięty w tym roku wynosił 4,35 t·ha⁻¹. Najmniej sprzyjający osiągnięciu wysokich plonów zespół czynników pogodowych wystąpił w roku 2001, w którym średni plon ziarna owsa wynosił 3,44 t·ha⁻¹ i był o 20,9% niższy w stosunku do plonu otrzymanego w 1999 roku. Należy sądzić, że stosunkowo niskie opady w maju tego

roku oraz niska temperatura w czerwcu, nie sprzyjały dobremu wykształceniu i dojrzewaniu ziarna owsa.

Tabela 2

Plon ziarna owsa ($t \cdot ha^{-1}$)
Yield of grain of oats ($t \cdot ha^{-1}$)

Rok Year	0	NH_4NO_3	NH_4NO_3 +Mg i Mo	NH_4NO_3 +3 $kg \cdot ha^{-1}$ Sonata	NH_4NO_3 +6 $kg \cdot ha^{-1}$ Sonata	Średnia Mean	NIR LSD*
1999	3,41	4,27	4,88	4,75	4,45	4,35	0,390
2000	2,61	4,25	4,45	4,77	4,46	4,11	0,240
2001	2,60	3,59	3,70	3,78	3,54	3,44	0,180
$\bar{X}$	2,87	4,04	4,34	4,43	4,15	3,97	0,272

*NIR dla nawożenia; LSD for fertilization

Zastosowane nawożenie, tak w postaci saletry, jak i z dodatkiem mikroelementów, istotnie podwyższało wielkość plonu ziarna owsa w porównaniu z obiektem kontrolnym. Średni dla trzech lat przyrost plonu ziarna pod wpływem tradycyjnej, pozbawionej dodatków, saletry amonowej wynosił 40,8%, a w wyniku działania jej wzbogaconej w magnez i molibden formy — 51,2%. Wzrost plonów zbóż w warunkach odpowiedniego zaopatrzenia w azot jest wynikiem silnego krzewienia się roślin, wzrostu powierzchni asymilacyjnej rośliny i natężenia fotosyntezy oraz korzystnej dystrybucji asymilatów (Kozłowska-Ptaszyńska i in., 2000), a także w przypadku owsa wzrostu liczby pędów produkcyjnych i wiech na jednostce powierzchni oraz liczby ziaren w wieszce (Świderka-Ostapiak i Stankowski, 2002). Należy jednak podkreślić, że najwyższy plon ziarna owsa uzyskano na obiekcie nawożonym saletrą amonową uzupełnioną wieloskładnikowym nawozem Sonata, zastosowanym w dawce 3 $kg \cdot ha^{-1}$. Różnica w stosunku do obiektu kontrolnego wynosiła 1,56 $t \cdot ha^{-1}$, co stanowiło 54,4%, a w porównaniu z obiektem nawożonym saletrą amonową — 0,39 $t \cdot ha^{-1}$ (9,7%). Potwierdza to znany z piśmiennictwa pogląd, że mikroelementy, pełniąc bardzo ważne w metabolizmie roślin funkcje, podnoszą efektywność nawożenia makroelementami, co warunkuje otrzymanie wysokich o dużej wartości biologicznej plonów (Ruszkowska i Wojcieszka-Wyskupajtys, 1996; Wróbel, 2000; Kozera i Barczak, 2004). Niedobór mikroelementów, powodując zakłócenia metabolizmu oraz procesów rozwoju i wzrostu rośliny, przyczynia się do zmniejszenia pojemności akumulacyjnej organów spichlerzowych i obniżenia produktywności fotosyntezy, co może mieć decydujący wpływ na kształtowanie się wielkości plonu (Wojcieszka, 1985).

Średnia zawartość białka w ziarnie owsa wynosiła 113,8 $g \cdot kg^{-1}$ (tab. 3). Najwyższą zawartość białka w ziarnie stwierdzono w roku 2000 (120,5 $g \cdot kg^{-1}$), najniższą w roku 2001 (109,7 $g \cdot kg^{-1}$). Nawożenie azotem, a także azotem z mikroelementami, w sposób statystycznie potwierdzony podwyższało zawartość białka w ziarnie owsa w porównaniu z obiektem kontrolnym, natomiast nie wykazano pod tym względem istotnych różnic między obiektami nawozowymi. Zwiększenie zawartości białka w ziarnie w stosunku do obiektu nienawożonego w wyniku zastosowania saletry amonowej, magmolu oraz saletry

uzupełnionej Sonatą w dawkach 3 oraz 6 kg·ha⁻¹ wynosiło w % odpowiednio: 18,7, 16,6, 18,7 i 17,3.

Tabela 3

Zawartość białka w ziarnie owsa (g·kg ⁻¹) Content of protein in grain of oats (g·kg ⁻¹)							
Rok Year	0	NH ₄ NO ₃	NH ₄ NO ₃ +Mg i Mo	NH ₄ NO ₃ +3 kg·ha ⁻¹ Sonata	NH ₄ NO ₃ +6 kg·ha ⁻¹ Sonata	Średnia Mean	NIR LSD*
1999	100,0	114,4	117,0	112,2	111,7	111,1	2,70
2000	107,7	127,8	116,9	126,6	123,8	120,5	8,13
2001	91,1	112,3	114,4	115,8	115,0	109,7	2,93
$\bar{X}$	99,6	118,2	116,1	118,2	116,8	113,8	3,46

*NIR dla nawożenia; LSD for fertilization

O ile oddziaływanie nawożenia azotem na syntezę białka jest powszechnie znane (Nowak i Barczak, 2001; Domska i in., 1994; Barczak i Nowak, 1995; Warechowska i in., 2002; Kozera i Barczak, 2004), tak problem roli, jaką odgrywają mikroelementy w kształtowaniu poziomu białka zbóż jest mniej rozpoznany. Badania Grzywnowicz-Gazdy (1983) nad jęczmieniem jarym, a także Domskiej i wsp. (1994) dla pszenicy ozimej wykazały, że dolistne zastosowanie miedzi podwyższa zawartość białka w ziarnie zbóż. Natomiast zdaniem Warechowskiej i wsp. (2002), a także Barczak i Kozery (2003), największe znaczenie w kształtowaniu poziomu białka odpowiednio pszenżyta oraz jęczmienia jarego, odgrywają cynk i mangan. Zastosowanie tych mikroelementów w cytowanych badaniach powodowało wzrost zawartości białka ziarna w wyniku zwiększenia syntezy albumin i globulin, frakcji o najkorzystniejszym składzie aminokwasowym (Barczak i Nowak, 1995). Cynk bierze udział w syntezie białka na etapie powstawania peptydów oraz poprzez udział w biosyntezie tryptofanu (Ruszkowska i Wojcieszka-Wyskupajtyś, 1996). Mangan z kolei, mikrośladnik, na niedobór którego owies jest najbardziej wrażliwy ze wszystkich zbóż, uczestniczy w przemianach związków azotu. Oddziałuje m.in. na hydrolizę peptydów i amidów, a także wpływa na proces redukcji azotanów (V) (Podleśna, 2002). W literaturze przedmiotu można jednak spotkać doniesienia, według których dolistne zastosowanie wieloskładnikowych nawozów mikroelementowych (Basfoliaru, Soluboru) powoduje obniżenie zawartości białka w ziarnie owsa oraz spadek jego wydajności z ha (Tobiasz-Salach i Bobrecka-Jamro, 2003).

Średni plon białka ziarna owsa będący wypadkową plonu ziarna i zawartości w nim białka, wynosił 455,9 kg·ha⁻¹ (tab. 4). Najniższy plon otrzymano w 2001 roku, był on znacząco niższy w stosunku do wartości uzyskanych w pozostałych latach badań.

Stosowane nawożenie istotnie zwiększało wielkość plonu białka w porównaniu z obiektem kontrolnym. Odpowiednie różnice dla saletry amonowej, magmolu oraz saletry uzupełnionej nawozem Sonata w zróżnicowanych dawkach wynosiły: 67,1%, 76,3%, 83,3%, 69,5%.

Tabela 4

Plon białka ziarna owsa ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)
Yield of protein of grain of oats ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Rok Year	0	NH_4NO_3	NH_4NO_3 +Mg i Mo	NH_4NO_3 +3 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ Sonata	NH_4NO_3 +6 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ Sonata	Średnia Mean	NIR LSD*
1999	341	489	571	533	497	486	36,5
2000	281	543	520	604	552	500	53,9
2001	237	403	423	438	407	382	26,0
$\bar{X}$	286	478	505	525	485	456	35,5

*NIR dla nawożenia; LSD for fertilization

Warto podkreślić, że zastosowanie magmolu pozwoliło osiągnąć plon białka o 5,5% wyższy niż w wyniku nawożenia tradycyjną saletrą amonową, pozbawioną dodatku innych składników. Należy sądzić, że było to wynikiem przede wszystkim pozytywnego wpływu na wielkość plonu ziarna owsa obecnych w magmolu — magnezu i molibdenu. Wymaga też podkreślenia faktu, że z dwóch objętych badaniami dawek Sonaty jako dodatku do saletry amonowej, istotnie korzystniejszą od samej saletry pod względem wielkości plonu białka okazała się dawka 3 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Można przypuszczać, że statystycznie potwierdzona różnica wielkości plonu ziarna i białka na obiektach różniących się dawkami Sonaty wynikała ze zróżnicowanej ilości boru wnoszonej z wieloskładnikowym nawozem. Zboża zalicza się do roślin o niskich potrzebach w stosunku do tego pierwiastka, negatywnie reagujących na jego nadmiar (Wróbel i in., 2003).

WNIOSKI

1. Nawożenie mineralne, tak w postaci saletry amonowej, jak i saletry z dodatkiem mikroelementów, istotnie podwyższało w porównaniu z obiektem kontrolnym wielkość plonu ziarna owsa, zawartość w nim białka oraz wysokość plonu białka.
2. Najwyższe średnie plony ziarna i białka owsa uzyskano w wyniku zastosowania saletry amonowej oraz 3 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ nawozu Sonata.
3. Nie stwierdzono istotnych różnic między obiektami nawozowymi pod względem zawartości białka w ziarnie owsa.

LITERATURA

- Barczak B., Nowak K. 1995. Wpływ nawożenia azotem na jakość białka ziarna jęczmienia ozimego. *Rocz. Nauk Rol.* 111, A, 1–2: 99 — 116.
- Barczak B., Kozera W. 2003. Oddziaływanie mikroelementami na zawartość i skład frakcyjny białka ziarna jęczmienia jarego. *Acta Agrophysica* 85: 31 — 38.
- Domska D., Anchim W., Bobrzecka D., Procyk Z. 1994. Wpływ nawożenia azotem i miedzią na plon, zawartość i skład aminokwasowy białka ziarna pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 3 (43): 46 — 53.
- Gąsiorowski H. (red.). 1995. Owies — chemia i technologia. PWRiL, Poznań.
- Grzywnowicz-Gazda Z. 1983. Wpływ niektórych mikroelementów na zawartość i plon białka w ziarnie jęczmienia jarego. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 238: 101 — 107.
- Kozera W., Barczak B. 2004. Zawartość i skład frakcyjny białka ziarna owsa nawożonego dolistnie wybranymi mikroelementami. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 502: 173 — 179.

- Kozłowska-Ptaszyńska Z. 1995. Budowa i wydajność łanu jęczmienia jarego wielorzędowego w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem i obsady roślin. *Pam. Puł.* 106: 9 — 21.
- Michałojć Z., Szewczuk C. 2003. Teoretyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin. *Acta Agrophysica* 85: 9 — 17.
- Nowak K., Barczak B. 1991. Wpływ dawek nawożenia azotem na jakość białka ziarna owsa odmiany Markus. *Zesz. Nauk. AR Kraków*, 262, 34: 81 — 86.
- Podleśna A. 2002. Wpływ mikroelementów na jakość zbóż w Polsce. *Wiś Jutra* 5 (46): 36 — 37.
- Ruszkowska M., Wojcieszka-Wyskupajtyś U. 1996. Mikroelementy — fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 434: 1 — 11.
- Świderka-Ostapiak M., Stankowski S. 2002. Wpływ nawożenia azotem i siarką na plonowanie i komponenty plonu owsa nieoplewionego i oplewionego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 484: 711 — 717.
- Tobiasz-Salach R., Bobrecka-Jamro D. 2003. Wpływ nawozów dolistnych na plonowanie i skład chemiczny owsa. *Acta Agrophysica* 85: 89 — 98.
- Warechowska M., Domska D., Wojtkowiak K., Raczkowski M. 2002. Wpływ dolistnego dokarmiania azotem i mikroelementami na zawartość i skład białka ziarna pszenżyta jarego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 484: 733 — 741.
- Wojcieszka U. 1985. Rola mikroelementów w kształtowaniu fotosyntetycznej produktywności roślin. *Post. Nauk Rol.* 6: 10 — 24.
- Wróbel S. 2000. Poziom plonowania krajowych odmian produkcyjnych owsa a zawartość mikroelementów w glebie i roślinach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 471: 609 — 617.
- Wróbel S., Sienkiewicz-Cholewa U. 2003. Potrzeby nawożenia borem roślin uprawnych w Polsce. *Post. Nauk Rol.* 1: 103 — 118.

ALEKSANDER SZMIGIEL**ANDRZEJ OLEKSY**Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin
Akademia Rolnicza w Krakowie

Wpływ nawożenia azotem na plonowanie nagoziarnistej i oplewionej formy owsa

The effect of nitrogen fertilization on yielding of one naked and one husked oat cultivars

W pracy przedstawiono wpływ nawożenia azotem w dawkach 0, 20, 40, 60, 80 i 100 kg N·ha⁻¹ na plonowanie nagoziarnistej i oplewionej formy owsa. Doświadczenia polowe przeprowadzono na glebie kompleksu pszennego bardzo dobrego w latach 2001–2003. W badaniach uprawiano odmianę oplewioną Chwat i nagoziarnistą Akt. Nawożenie fosforem i potasem wynosiło 50 kg P₂O₅·ha⁻¹ i 60 kg K₂O·ha⁻¹. Przedplonem była pszenica. Zastosowane nawożenie azotem wpłynęło na wzrost plonu ziarna owsa oplewionego z 4,84 t·ha⁻¹ w obiekcie kontrolnym do 6,50 t·ha⁻¹ po zastosowaniu dawki 100 kg N·ha⁻¹. Plon ziarna formy nagoziarnistej wzrósł odpowiednio od 3,20 t·ha⁻¹ do 4,53 t·ha⁻¹. Plon białka wahał się od 292 do 621 kg·ha⁻¹ w zależności od dawki nawozu i formy owsa. Wraz ze wzrostem dawki azotu systematycznie wzrastała zawartość białka w ziarnie owsa u formy oplewionej od 8,81% do 10,24% a u formy nagoziarnistej od 10,90% do 14,17%.

Słowa kluczowe: nawożenie azotem, owies, odmiany, plon ziarna, zawartość białka

The work presents effects of nitrogen treatment, dosed 0, 20, 40, 60, 80 and 100 kg N·ha⁻¹, on yielding of two oat cultivars: Akt (naked) and Chwat (husked). The field experiment was conducted in 2001–2003 on a soil of very good wheat type. The phosphorus and potassium fertilization was 50 kg P₂O₅·ha⁻¹ and 60 kg K₂O·ha⁻¹ and wheat was grown as a forecrop. The applied nitrogen fertilization increased grain yield of the husked oat from 4.84 (control) to 6.50 t·ha⁻¹ at the dose of 100 kg·ha⁻¹. The naked form yield increased from 3.20 t·ha⁻¹ to 4.53 t·ha⁻¹, respectively. The protein yield ranged between 292 and 621 kg·ha⁻¹, depending on the N-dose and oat form. Protein content grew constantly with the increasing nitrogen doses, from 8.81% to 10.24% in the husked oat grain and from 10.90% to 14.17% in the naked form.

Key words: cultivars, grain yield, oat, nitrogen fertilization, protein content

WSTĘP

Azot jest jednym z najważniejszych czynników plonotwórczych, wpływa także na skład chemiczny i jakość ziarna zbóż. Stąd wpływ nawożenia azotem na plonowanie owsa był przedmiotem wielu badań. Jednak większość opublikowanych wyników badań dotyczy

formy oplewionej a tylko nieliczne formy nagoziarnistej. Owies uprawiany jest głównie na glebach słabszych, na glebach kompleksów pszennych zazwyczaj, wówczas gdy udział zbóż w strukturze zasiewów jest bardzo wysoki (Król i Filipiak, 1978; Wróbel, 1993; Szafranski, 1995; Piech i in., 2003; Walens, 2003; Wróbel i in., 2003).

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu różnych dawek azotu na plon ziarna oplewionej i nagoziarnistej odmiany owsa oraz zawartość białka w ziarnie.

METODY I WARUNKI BADAŃ

Doświadczenie polowe przeprowadzono na czarnoziemie zdegradowanym wytworzonym z lessu, kompleks pszenney bardzo dobry w latach 2001–2003 w miejscowości Prusy koło Krakowa. W doświadczeniu uprawiano dwie odmiany owsa, oplewioną Chwat i odmianę nagoziarnistą Akt. Drugim czynnikiem doświadczenia były dawki azotu: 0, 20, 40, 60, 80 i 100 kg N·ha⁻¹. Nawożenie fosforem wynosiło 50 kg P₂O₅·ha⁻¹ a potasu 60 kg K₂O·ha⁻¹. Azot stosowano w formie saletry amonowej przedsięwzięcie w obiektach 20, 40 i 60 kg N·ha⁻¹, na obiektach 80 i 100 azot stosowano przedsięwzięcie w ilości 60 kg N·ha⁻¹ i pogłównie w fazie strzelania w źdźbło odpowiednio 20 i 40 kg N·ha⁻¹. Przedplonem była pszenica. Owies wysiewano w ilości 500 ziaren na 1 m² w terminie optymalnym. Chwasty zwalczano Chwastoxem D. Zawartość azotu w ziarnie oznaczono metodą Kjeldahla, zawartość białka wyliczono stosując przelicznik 6,25. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

W tabeli 1 przedstawiono średnie miesięczne temperatury i sumy opadów, charakteryzujące przebieg warunków pogody w okresie wegetacji owsa, zestawione na podstawie zapisów automatycznej stacji meteorologicznej zainstalowanej na terenie Stacji Doświadczalnej w Prusach.

Tabela 1

Charakterystyka warunków klimatycznych w latach 2001–2003 (miesiące IV–VIII)
Characteristic of climatic conditions in years 2001–2003 (months IV–VIII)

Rok Year	Miesiące — Months						Średnio Mean
	I – III	IV	V	VI	VII	VIII	
	temperatura — temperature (°C)						IV–VIII
2001	0,5	9,3	16,0	16,1	21,1	20,8	16,7
2002	3,5	10,4	18,4	18,7	21,3	21,6	18,1
2003	-2,4	7,0	14,8	17,9	19,0	21,4	16,0
1993–2002	1,4	9,1	14,7	17,3	19,1	18,7	15,8
	opady — rainfalls (mm)						Suma — Sum
2001	114,3	145,7	72,9	86,3	141,6	77,2	523,7
2002	58,6	85,2	49,3	102,1	42,9	62,7	342,2
2003	77,5	40,9	92,3	40,0	44,8	16,0	234,0
1993–2002	86,7	68,2	63,8	94,1	96,9	57,8	380,8

Lata prowadzenia badań polowych były dość zróżnicowane pod względem średniej temperatury i sum opadów, jak i ich rozkładu. Suma opadów okresu wegetacyjnego w czasie prowadzenia doświadczeń polowych wahała się od 234 do 524 mm, a w ujęciu średnim była nieco mniejsza od średniej z wielolecia. Średnia temperatura tego okresu była

niewoższa od średniej wieloletniej i wahała się od 16,0 do 18,1°C. Sezon wegetacyjny roku 2001 charakteryzował się opadami znacznie przekraczającymi przeciętne, a nadmiar opadów odnotowano w kwietniu i lipcu. Rok 2002 charakteryzował się niższymi od przeciętnych opadami i wyższą o 2,3°C średnią temperaturą powietrza. W roku tym obserwowano niedobory opadów w maju i lipcu oraz znacznie wyższą od przeciętnej średnią temperaturę powietrza w maju. Sezon wegetacyjny roku 2003 charakteryzował się niższymi opadami od przeciętnych o 146,8 mm, a niedobory opadów odnotowano w kwietniu, czerwcu i lipcu.

WYNIKI I DYSKUSJA

W przeprowadzonej dla plonu ziarna owsa analizie wariancji stwierdzono istotność efektów dwóch głównych czynników doświadczenia. Nawożenie największą dawką azotu (100 kg N·ha⁻¹) spowodowało przyrost, w porównaniu do obiektu kontrolnego, plonu ziarna owsa oplewionego o 1,66 t·ha⁻¹. Plon ziarna formy nagoziarnistej wzrósł odpowiednio o 1,33 t·ha⁻¹ to jest o 41,56% (tab. 2).

Tabela 2

Nawożenie Fertilization (kg N·ha ⁻¹)	Plon ziarna — Grain yield							
	owies oplewiony — husked oats				owies nagi — naked oat			
	2001	2002	2003	średnio average	2001	2002	2003	średnio average
0	4,95	4,18	5,40	4,84	3,38	2,47	3,75	3,20
20	5,98	4,96	6,12	5,69	3,96	3,24	4,11	3,77
40	5,83	5,32	6,48	5,88	4,23	3,56	4,62	4,14
60	5,99	5,81	6,58	6,13	4,18	3,93	4,88	4,33
80	5,91	6,23	6,53	6,22	4,26	4,12	4,86	4,41
100	6,23	6,49	6,79	6,50	4,37	4,24	4,99	4,53
Średnio Average	5,82	5,50	6,32	5,88	4,06	3,59	4,54	4,06
NIR ($\alpha = 0,05$) — LSD ($\alpha = 0,05$) dla — for:								
nawożenia — fertilization			0,327					
odmian — cultivars			0,303					

Średnio za trzy lata najwyższy plon ziarna u obu form owsa uzyskano po zastosowaniu najwyższej dawki azotu, jednak różnice w plonie po zastosowaniu kolejnych wzrastających dawek azotu nie były statystycznie udowodnione. Wróbel i wsp. (2003) w badaniach dotyczących wpływu nawożenia azotem na plonowanie i strukturę plonu owsa oplewionego i nagoziarnistego obserwował istotny przyrost plonu do dawki 90 kg N·ha⁻¹, przy czym reakcja owsa na nawożenie zależała od przebiegu pogody w poszczególnych latach prowadzenia badań. Natomiast Król i Filipiak (1978) oraz Ulmann (1988) w korzystnych warunkach wilgotnościowych uzyskali istotny przyrost plonu ziarna owsa oplewionego do dawki 120 kg N·ha⁻¹. Z kolei Budzyński i wsp. (1999) stwierdzili istotną zwyżkę plonu ziarna do dawki 70 kg N·ha⁻¹ stosowanej przedsięwzięcie. Jednak większość badań polowych dotyczących nawożenia azotem dowodzi, że owies reaguje zwyżką plonu

do dawki 60 kg N·ha⁻¹ (Nowak i Barczak, 1991; Wróbel, 1993; Szafrński, 1995). W przeprowadzonym doświadczeniu reakcja badanych odmian na nawożenie azotem była odmienna. Odmiana nagoziarnista Akt reagowała istotnym przyrostem plonu ziarna na zwiększanie dawki N do 40 kg N·ha⁻¹. Dalsze zwiększanie dawki z 40 do 60 i 80 kg N·ha⁻¹ nie spowodowało znaczącego przyrostu plonu ziarna. Istotny przyrost plonu ziarna w stosunku do obiektu nawożonego dawką 40 kg N·ha⁻¹ odnotowano przy zastosowaniu najwyższej dawki — 100 kg N·ha⁻¹. Natomiast odmiana Chwat na zwiększanie poziomu nawożenia azotowego reagowała istotnym przyrostem plonu do dawki 20 kg N·ha⁻¹. Zwiększanie kolejnych dawek o 20 kg N·ha⁻¹ w przypadku owsa oplewionego nie powodowało znaczącego wzrostu poziomu plonowania. Udowodniony przyrost plonu ziarna następował po zwiększeniu poziomu nawożenia o 40 kg N·ha⁻¹ w stosunku do dawek mniejszych. Na zróżnicowane wymagania form owsa w stosunku do nawożenia azotem wskazują wyniki badań Wróbla i wsp. (2003), którzy stwierdzili najwyższy poziom plonowania odmiany Akt po zastosowaniu dawki 90 kg N·ha⁻¹, a odmiana oplewiona Bajka najlepiej plonowała przy dawce 30 kg N·ha⁻¹. Natomiast Piech i wsp. (1999) porównując reakcję odmian Akt i Bajka na dwa poziomy nawożenia N stwierdzili w obu przypadkach spadek plonu ziarna wskutek zwiększania dawki N z 60 do 100 kg N·ha⁻¹.

W warunkach prowadzonych badań plony ziarna uprawianych odmian owsa były znacznie zróżnicowane (tab. 2). Lepiej plonowała oplewiona odmiana owsa Chwat, której plon średnio za 3 lata wynosił 5,88 t·ha⁻¹, a nagoziarnistej odmiany Akt 4,06 t·ha⁻¹. Nita (1999) podaje, że w doświadczeniach COBORU owies nagi Akt plonował prawie o 13% niżej od wzorca oplewionych form owsa. W przeprowadzonym doświadczeniu plon ziarna odmiany Akt średnio dla nawożenia i lat prowadzenia badań stanowił 69% plonu owsa oplewionego Chwat. Podobne wyniki uzyskali Piech i wsp. (1999), Rudnicki i Wasilewski (1999), Dubis i Budzyński (2003) oraz Szempliński (2003), którzy odnotowali niższe o około 30% plonowanie odmiany Akt w porównaniu do odmian oplewionych. Natomiast w gorszych warunkach na glebie kompleksu żytniego słabego Wróbel i wsp. (1999) odnotowali mniejszą, rzędu 12% przewagę plonów owsa oplewionego nad plonami odmiany Akt.

Spośród trzech lat badań najwyższe plony ziarna owsa zarówno formy nagiej, jak i oplewionej uzyskano w roku 2003, w którym odnotowano najmniejszą ilość opadów w okresie wegetacji i najniższą średnią temperaturę powietrza. W roku 2002 suma opadów za okres od kwietnia do sierpnia była najbardziej zbliżona do przeciętnych a plony ziarna badanych odmian owsa mniejsze o 8% w porównaniu do 2001 i o 16% w porównaniu do 2003 roku. Powszechnie uważa się, że owies należy do roślin zbożowych o małych wymaganiach cieplnych i wysokich potrzebach wodnych zwłaszcza w okresie od strzelania w źdźbło do wiechowania (Panek, 1992; Rudnicki i Wasilewski, 1993). Wyniki badań Michalskiego i wsp. (1999) wskazują na spadek wydajności owsa w miarę wzrostu średniej temperatury w okresie kwiecień-lipiec. Uzyskane wyniki potwierdzają tą zależność gdyż w roku 2002 plony ziarna obu form owsa były najniższe a średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji najwyższa. Zdaniem Michalskiego i wsp. (1999) największy wpływ na plonowanie owsa wywiera temperatura maja. W badaniach

autora wysokie temperatury mają obniżać poziom plonowania owsa. Korzystny wpływ chłodnego maja podkreśla również Rudnicki (1995). Omawiane wyniki badań również mogą wskazywać na taką prawidłowość, gdyż maj roku 2003 w porównaniu do wcześniejszych lat badań był znacznie chłodniejszy, a plony ziarna najwyższe.

Zawartość białka w ziarnie owsa uzależniona była, podobnie jak plon ziarna, od poziomu nawożenia azotowego, formy owsa oraz przebiegu pogody w okresie wegetacji. Wzrastające dawki azotu powodowały systematyczny wzrost zawartości białka ogółem w ziarnie owsa od 8,53% do 15,13% w zależności od dawki, formy owsa i przebiegu pogody w poszczególnych latach (tab. 3).

Tabela 3

Zawartość białka w ziarnie owsa w zależności od poziomu nawożenia azotem
Protein content in the oat grain depending on nitrogen fertilization level

Nawożenie Fertilization (kg N·ha ⁻¹)	Zawartość białka w ziarnie — Protein content in grain (%)							
	owies oplewiony — husked oat				owies nagły — naked oat			
	2001	2002	2003	średnio average	2001	2002	2003	średnio average
0	8,84	9,07	8,53	8,81	10,32	12,16	10,22	10,90
20	9,09	9,12	9,32	9,18	10,68	12,37	11,48	11,51
40	9,25	9,44	9,43	9,37	11,45	13,40	12,26	12,37
60	9,69	9,53	10,20	9,81	12,09	13,60	12,29	12,66
80	10,11	10,23	10,38	10,24	12,82	14,14	13,04	13,03
100	10,74	10,97	11,95	11,22	13,47	15,13	13,90	14,17
Srednio Average	9,62	9,73	9,96	9,77	11,81	13,47	12,20	12,49
NIR ($\alpha = 0,05$) — LSD ($\alpha = 0,05$) dla — for:								
nawożenia — fertilization			0,402					
odmian — cultivars			0,336					

U formy oplewionej zawartość białka ogółem w obiekcie kontrolnym wynosiła średnio 8,81% a po zastosowaniu najwyższej dawki azotu wzrosła do 11,22%. W obiekcie kontrolnym zawartość białka w ziarnie nieoplewionym wynosiła 10,90% i wzrosła do 14,17% po zastosowaniu dawki 100 kg N·ha⁻¹. Wyniki badań Piecha i wsp. (2003) oraz Walens (2003) wskazują także na wyraźne zwiększenie nagromadzenia białka w ziarnie owsa, w miarę wzrostu poziomu nawożenia N. Przeciętnie wyższą zawartością białka w ziarnie odznaczała się odmiana nagoziarnista Akt, której ziarno zawierało średnio o 2,72% białka więcej. Na wyższą zawartość białka w ziarnie form nagich tego gatunku zwracają uwagę także inni autorzy Nita (1999), Petkov i wsp. (1999), Wróbel i wsp. (1999) oraz Szempliński (2003). Duże różnice w zawartości białka w ziarnie owsa nagiego wystąpiły w poszczególnych latach. Najniższą zawartością białka odznaczało się ziarno owsa w roku 2001, był to rok o mokrym kwietniu i lipcu, w którym ilość opadów za okres wegetacji była najwyższa spośród lat prowadzenia badań i wyższa od przeciętnych o 142,9 mm. Najwyższą zawartością białka odznaczało się ziarno odmiany Akt w 2002 roku, w którym plon ziarna był najniższy, a opady umiarkowane w pierwszych miesiącach wegetacji i niskie w lipcu i sierpniu, a równocześnie najwyższa temperatura powietrza. Odmiana Chawat miała najwięcej białka w ziarnie w 2003 roku, który charakteryzował się niższymi od przeciętnych o 146,8 mm opadami w okresie wegetacyjnym.

Przeprowadzona analiza wariancji wykazała istotny wpływ poziomu nawożenia N na wysokość uzyskanego plonu białka badanych form owsa. Zwiększenie poziomu nawożenia azotem powodowało przyrost plonu białka. Istotny a zarazem największy przyrost plonu białka odnotowano u odmiany Chwat pod wpływem zastosowania 20 kg N·ha⁻¹. W przeprowadzonym doświadczeniu plon białka uzyskany z jednostki powierzchni uprawy był zróżnicowany i zależał przede wszystkim od wielkości plonu ziarna (tab. 4).

Tabela 4

Nawożenie Fertilization (kg N·ha ⁻¹)	Plon białka ziarna owsa Protein yield in the oat grain							
	Zawartość białka w ziarnie — Protein content in grain (%)							
	owies oplewiony — husked oat				owies nagi — naked oat			
	2001	2002	2003	średnio average	2001	2002	2003	średnio average
0	372	322	391	362	296	222	326	292
20	462	385	485	444	360	340	401	367
40	459	427	520	469	412	406	482	433
60	493	471	570	511	429	452	510	464
80	508	542	576	542	464	495	539	499
100	569	606	690	621	500	545	589	545
Średnio Average	477	459	539	492	410	416	474	433
NIR ($\alpha = 0,05$) — LSD ($\alpha = 0,05$) dla — for:								
nawożenia — fertilization				31,6				
odmian — cultivars				28,2				

Najwyższy plon białka wydała odmiana Chwat przy zastosowaniu najwyższej dawki N — 100 kg N·ha⁻¹. Odmiana Akt pomimo wyższej zawartości białka w ziarnie, ale mniejszego poziomu plonowania wydała niższy plon białka o 0,059 t·ha⁻¹ to jest o 12%. Natomiast Piech i wsp. (2003) odnotowali nieco mniejszą rzędu 7% różnicę w plonie białka z jednostki powierzchni pomiędzy formą nagą i oplewioną owsa.

WNIOSKI

1. Nawożenie azotem w porównaniu do obiektu kontrolnego wpłynęło na wzrost plonu ziarna owsa oplewionego o 1,66 t·ha⁻¹ po zastosowaniu dawki 100 kg N·ha⁻¹. Plon ziarna formy nagoziarnistej wzrósł odpowiednio o 1,33 t·ha⁻¹ to jest o 41,56%.
2. Plon ziarna owsa oplewionego był wyższy średnio 1,82 t·ha⁻¹ w porównaniu z formą nagoziarnistą.
3. Wzrastające dawki azotu powodowały wzrost zawartości białka ogółem w ziarnie formy oplewionej od 8,81% do 11,22%, a u formy nagoziarnistej od 10,90 do 14,17%.
4. Plon białka wzrastał wraz ze zwiększaniem dawki azotu u formy oplewionej od 362 kg·ha⁻¹ do 621 kg·ha⁻¹, a u formy nagoziarnistej od 292 kg·ha⁻¹ do 545 kg·ha⁻¹.

LITERATURA

- Budzyński W., Wróbel E., Dubis B. 1999. Reakcja owsa nagiego na czynniki agrotechniczne. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. Supl. PTTŻ Kraków*, 1: 97 — 103.
- Dubis B., Budzyński W. 2003. Reakcja owsa nagoziarnistego i oplewionego na termin i gęstość siewu. *Biul. IHAR* 229: 139 — 146.
- Król M., Filipiak K. 1978. Wpływ nawożenia mineralnego na plonowanie odmian owsa na kompleksie żytnim słabym. *Pam. Puł.* 70: 83 — 90.
- Michalski T., Idziak R., Menzel L. 1999. Wpływ warunków pogodowych na plonowanie owsa. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. Supl. PTTŻ Kraków*, 1: 46 — 52.
- Nita Z. 1999. Stan aktualny i nowe kierunki hodowli owsa w Polsce. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. Supl., PTTŻ Kraków*, 1: 186 — 192.
- Nowak K., Barczak B. 1991. Wpływ dawek nawożenia azotowego na jakość białka ziarna owsa odmiany Markus. *Zesz. Nauk. AR Kraków*, 262, z. 34: 81 — 85.
- Panek K. 1992. Działanie i współdziałanie opadów na plonowanie owsa w różnych rejonach kraju. *Biul. Inf. ATR Olsztyn*, 33: 95 — 104.
- Petkov K., Piech M., Łukaszewski Z., Kowieska A. 1999. Porównanie składu chemicznego i wartości pokarmowej owsa nieoplewionego i oplewionego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. Supl. PTTŻ Kraków*, 1: 253 — 259.
- Piech M., Maciorowski R., Petkov K. 2003. Plon ziarna i składników pokarmowych owsa nieoplewionego i oplewionego uprawianego przy dwóch poziomach nawożenia azotem. *Biul. IHAR* 229: 103 — 114.
- Piech M., Nita Z., Maciorowski R. 1999. Porównanie plonowania dwóch odmian owsa nieoplewionego z oplewionym przy dwóch poziomach nawożenia azotem. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. Supl. PTTŻ Kraków*, 1: 137 — 141.
- Rudnicki F. 1995. Porównanie reakcji jęczmienia jarego i owsa na warunki opadowo-termiczne. *Fragm. Agron.* 3, 47: 21 — 32.
- Rudnicki F., Wasilewski P. 1993. Wpływ doboru gatunków i ilości opadów na wydajność jarych mieszanek zbożowych. *Fragm. Agron.* 4, 40: 95 — 96.
- Rudnicki F., Wasilewski P. 1999. Efekty uprawy mieszanek zbożowych z udziałem owsa nieoplewionego. *Materiały z konferencji „Przyrodnicze i produkcyjne aspekty uprawy roślin w mieszankach”*. Poznań, 2–3.12.1999: 102 — 103.
- Szafranski W. 1995. Wpływ poziomu i sposobu nawożenia azotowego na plonowanie wybranych odmian jęczmienia jarego i owsa w zróżnicowanych warunkach siedliskowych pogórza. *Cz. I. Współczynnik zbioru i wysokość plonu ziarna. Zesz. Nauk. AR Kraków*, 300, z. 32: 99 — 111.
- Szempliński W. 2003. Plonowanie nagich i oplewionych form owsa i jęczmienia jarego w siewie czystym i mieszanym. *Biul. IHAR* 229: 147 — 156.
- Ulmann L. 1988. Vliv vysevku a stupnovanych davok dusiku na vynos ovsu odrud David a Orlik. *Rostl. Vyr.*, R. 34, Cies. 12: 1305 — 1313.
- Walens M. 2003. Wpływ nawożenia azotowego i gęstości siewu na wysokość i jakość plonu ziarna odmian owsa oplewionego i nagoziarnistego. *Biul. IHAR* 229: 115 — 124.
- Wróbel E. 1993. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i jakość białka ziarna jęczmienia jarego i owsa uprawianych na paszę. *Zesz. Nauk. AR-T Olsztyn*, 56: 3 — 52.
- Wróbel E., Budzyński W., Dubis B. 1999. Rolnicza, energetyczna i ekonomiczna efektywność uprawy owsa i jęczmienia jarego na glebie lekkiej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. Supl. PTTŻ Kraków*, 1: 166 — 172.
- Wróbel E., Krajewski T., Krajewski W. 2003. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i strukturę plonu owsa oplewionego i nagoziarnistego. *Biul. IHAR* 229: 95 — 102.

ALEKSANDER SZMIGIELKatedra Szczegółowej Uprawy Roślin
Akademia Rolnicza w Krakowie

Wykorzystanie azotu z nawozów przez nagoziarnistą i oplewioną formę owsa

Utilization of nitrogen from fertilizers by naked and husked oat forms

W doświadczeniu polowym prowadzonym na glebie kompleksu pszennego bardzo dobrego, w latach 2001–2003 badano pobranie i wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych przez nagą i oplewioną formę owsa. Nawożenie saletrą amonową zastosowano w dawkach: 0, 20, 40, 60, 80 i 100 kg N·ha⁻¹, nawożenie fosforem i potasem wynosiło 50 kg P₂O₅·ha⁻¹ i 60 kg K₂O·ha⁻¹. W doświadczeniu uprawiano dwie odmiany owsa, oplewioną Chwat i nagoziarnistą Akt. Pobranie azotu z plonem ziarna i słomy owsa oplewionego wynosiło średnio od 74 kg do 128 kg·ha⁻¹ a przez owies nagoziarnisty od 58 kg do 113 kg·ha⁻¹. Wzrost poziomu nawożenia azotem powodował zwiększenie pobrania tego składnika z plonem, równocześnie systematycznie wzrastał udział azotu z nawozu, a obniżał się udział azotu z gleby w ogólnej ilości azotu pobranego z plonem owsa. Wykorzystanie azotu z nawozu przez owies nagi było wyższe i wynosiło od 55 do 80% a przez owies oplewiony niższe, średnio o 7% i wahało się od 46 do 90% w zależności od poziomu nawożenia.

Słowa kluczowe: nawożenie azotem, owies, formy nagi i oplewione, pobranie azotu, wykorzystanie azotu

A field experiment was conducted in 2001–2003, on the soil of very good wheat type, in order to study the uptake and utilization of nitrogen from mineral fertilizers by naked and husked oat forms. Fertilization with ammonium nitrate was dosed 0, 20, 40, 60, 80 and 100 kg N·ha⁻¹. Phosphorus and potassium treatment was dosed 50 kg P₂O₅·ha⁻¹ and 60 kg K₂O·ha⁻¹. Two oats cvs. were cultivated in the experiment: husked Chwat cv. and naked Akt cv. Nitrogen removal with grain and straw of husked oats was, on an average, between 74 kg and 128 kg·ha⁻¹ and by naked oats between 58 and 113 kg·ha⁻¹. An increase in nitrogen fertilization level caused a greater uptake of this element with yield and at the same time the share of fertilizer nitrogen increased regularly and the proportion of nitrogen from soil declined in the total amount of nitrogen removed with oats yield. Utilization of nitrogen from the fertilizer by naked oats was higher and reached between 55 and 80% while by husked oats was on average 7% lower and ranged between 46 and 90%, depending on fertilization level.

Key words: nitrogen fertilization, oat, naked and husked forms, uptake of nitrogen, recovery of nitrogen from fertilizers

WSTĘP

Współczynnik wykorzystania azotu z nawozów mineralnych podawany w literaturze wynosi od kilku do 100%. Wynika to z faktu, że zależy ono od wielu czynników, a głównie od dawki i formy nawozu, terminu stosowania, warunków glebowych, przebiegu pogody, a także właściwości biologicznych gatunków i odmian (Kändler, 1970; Smirnow i Diegtiarjewa, 1973; Alossi i Power, 1973; Korieńkow i Borisowa, 1980; Dańko i Sardak, 1984; Fotyma i in., 1992; Szmigiel, 1989, 1994 i 1997). Kändler (1970) dokonując przeglądu międzynarodowych wyników badań podaje, że wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych wynosi przeciętnie około 50%. Podobny pogląd prezentuje Fotyma i wsp. (1992) i Szmigiel (1989, 1994), którzy również określają wykorzystanie azotu w roku zastosowania na 50%. Azot nie wykorzystywany przez rośliny wiązany jest w kompleksie sorpcyjnym gleby lub ulega stratom.

Celem prowadzonych badań było określenie pobrania azotu z plonem ziarna i słomy formy oplewionej i nagoziarnistej owsa nawożonych różnymi dawkami saletry amonowej. Wyliczono także współczynniki wykorzystania azotu z nawozów mineralnych.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe prowadzono na glebie kompleksu pszenego bardzo dobrego w pobliżu Krakowa w latach 2001–2003. Badaniami objęto odmianę oplewioną owsa Chwat oraz nagoziarnistą Akt. Drugim czynnikiem doświadczenia było nawożenie azotem w dawkach; 0, 20, 40, 60, 80 i 100 kg N·ha⁻¹. Azot stosowano w formie saletry amonowej, przedsięwzięcie w obiektach 20, 40 i 60 kg N·ha⁻¹, na obiektach 80 i 100 kg N·ha⁻¹ azot stosowano przedsięwzięcie w ilości 60 kg N·ha⁻¹ i pogłównie w fazie strzelania w źdźbło odpowiednio 20 i 40 kg N·ha⁻¹. Nawożenie fosforem wynosiło 50 kg P₂O₅·ha⁻¹ a potasem 60 kg K₂O·ha⁻¹. Wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych określono na podstawie różnicy w jego pobraniu (w ziarnie i słomie) w obiektach nawożonych i obiekcie kontrolnym (Szmigiel, 1989).

Szczegółowo metodykę i warunki badań w tym przebieg pogody omówiono w publikacji Szmigiel i Oleksy (2006).

WYNIKI

Nawożenie azotem wpłynęło na wzrost plonu owsa oplewionego z 4,84 t·ha⁻¹ w obiekcie kontrolnym do 6,50 t·ha⁻¹ po zastosowaniu dawki 100 kg N·ha⁻¹. Plon ziarna formy nagoziarnistej był niższy średnio o 1,82 t·ha⁻¹ i wahał się od 3,20 do 4,53 t·ha⁻¹.

Pobranie azotu z plonem ziarna i słomy w zależności od poziomu nawożenia przedstawiono w tabeli 1. Wzrost poziomu nawożenia powodował systematyczne zwiększanie jego pobrania przez formę oplewioną średnio od 74 do 128 kg·ha⁻¹, a przez formę nagoziarnistą od 58 do 113 kg·ha⁻¹. Owies oplewiony pobierał więcej azotu ze względu na wyższy plon ziarna, przy niższej zawartości białka w ziarnie. Duży wpływ na pobranie azotu wywierał przebieg pogody w poszczególnych latach, co było wynikiem różnic w plonach i zawartości tego składnika w ziarnie i słomie.

Tabela 1

Pobranie azotu z plonem ziarna i słomy owsa
Uptake of nitrogen by the grain and straw of oats

Dawki Doses kg N·ha ⁻¹	Pobranie Uptake (kg N·ha ⁻¹)							
	owies oplewiony husked oats				owies nagi naked oats			
	2001	2002	2003	średnio average	2001	2002	2003	średnio average
0	68	65	88	74	54	53	67	58
20	85	82	108	92	66	70	86	74
40	86	87	117	97	77	85	104	89
60	94	98	127	106	87	98	111	99
80	96	108	126	110	91	103	117	104
100	107	121	155	128	99	115	126	113
Średnio Average	89	94	120	101	79	87	102	89
NIR ($\alpha = 0,05$) dla:								
LSD ($\alpha = 0,05$) for:								
dawek – doses				6,3				
form – forms				5,7				
lat – years				7,5				

Udział azotu glebowego w jego ogólnej ilości pobranej z plonem ziarna i słomy owsa był wyższy niż pochodzącego z saletry amonowej (tab. 2). Wraz ze wzrostem poziomu nawożenia udział azotu z saletry amonowej w jego ogólnej ilości pobranej z plonem owsa systematycznie wzrastał dla formy oplewionej od 20% do 42% a dla formy nagoziarnistej od 22% do 49%.

Tabela 2

Udział azotu z gleby i z nawozów mineralnych w ich ogólnej ilości pobranej z plonem owsa (%)
Participation of nitrogen from the soil and from fertilizers in its total quantity taken from the field with oats (%)

Dawki Doses kg N·ha ⁻¹	Owies oplewiony Husked oats		Owies nagi Naked oats	
	z gleby from soil	z nawozu from fertilizer	z gleby from soil	z nawozu from fertilizer
0	100	—	100	—
20	80	20	78	22
40	76	24	65	35
60	70	30	59	41
80	67	33	56	44
100	58	42	51	49

Wykorzystanie azotu z nawozu dla formy oplewionej owsa wynosiło średnio 60% a dla formy nagoziarnistej 67% (tab. 3). Wzrost poziomu nawożenia powodował obniżenie współczynnika wykorzystania azotu przez formę oplewioną z 90% do 46% a przez formę nagoziarnistą z 80 do 55%. Znaczny wpływ na wykorzystanie azotu z nawozu wywierał przebieg pogody w latach badań. Najniższe wykorzystanie azotu z saletry amonowej miało miejsce w roku 2001, a najwyższe w roku 2003.

Tabela 3

Wykorzystanie przez owies azotu z nawozów mineralnych
Utilization of nitrogen from the fertilizers by oats

Dawki Doses kg N·ha ⁻¹	Wykorzystanie Utilization (%)							
	owies oplewiony husked oats				owies nagi naked oats			
	2001	2002	2003	średnio average	2001	2002	2003	średnio average
20	85	85	100	90	60	85	95	80
40	45	55	72	57	58	80	92	77
60	43	55	65	54	55	75	73	68
80	35	54	48	46	46	62	62	57
100	39	56	67	54	45	62	59	55
Średnio Average	49	61	70	60	53	73	76	67

DYSKUSJA

Dotychczasowe wyniki badań wskazują, że pobranie azotu z plonem zbóż uzależnione jest od wielu czynników, głównie od kompleksu przydatności rolniczej gleb, dawki i terminu stosowania nawozu, przebiegu pogody oraz właściwości biologicznych roślin w tym od odmiany (Kündler, 1970; Smirnow i Diegtiarjewa, 1973; Korieńkow i Borisowa, 1980; Dańko i Sardak, 1984; Fotyma i in., 1992; Szmigiel, 1989, 1994 i 1997). Czynniki te wpływają na plon ziarna i słomy oraz na zawartość w nich azotu a tym samym na pobranie z jednostki powierzchni. W badaniach autora wykonanych wcześniej w tych samych warunkach glebowych pszenica ozima pobrała od 94 do 121 kg N·ha⁻¹, a jęczmień jary od 108 do 137 kg N·ha⁻¹ w zależności od dawki i sposobu nawożenia azotem. W przeprowadzonych badaniach owies pobrał z plonem podobne ilości azotu za wyjątkiem obiektu kontrolnego i nawożonego najniższą dawką 20 kg N·ha⁻¹, w których to obiektach pobranie azotu było niższe.

Udział azotu z saletry amonowej w plonie owsa wyliczony metodą różnicy w stosunku do obiektu kontrolnego wyniósł średnio dla formy nagoziarnistej w granicach 22%–49%, a dla formy oplewionej był niższy i wynosił od 20% do 42%. Wysoki udział w plonie azotu pochodzącego z gleby należy tłumaczyć dużą żyznością gleby. Na glebach o niższej zasobności i po zastosowaniu wyższych dawek nawozów udział azotu z nawozu wzrasta (Dańko i Sardak, 1984).

Wykorzystanie azotu z saletry amonowej przez owies było przeciętnie wyższe od wartości dotychczas publikowanych. W przeprowadzonych badaniach owies nagi lepiej wykorzystywał azot z nawozu w porównaniu z formą oplewioną. Brak danych w literaturze nie pozwala stwierdzić czy jest to cechą właściwą dla tej formy owsa. Należy również podkreślić, że wykorzystanie azotu określane metodą różnicy w stosunku do obiektu kontrolnego daje wyniki wyższe od faktycznego wykorzystania, które można określić metodą izotopową za pomocą N¹⁵ („znaczzonego azotu”). Współczynnik wykorzystania azotu z nawozów mineralnych określony metodą izotopową jest średnio o 20%–30% niższy.

Kündler (1970) podaje, na podstawie międzynarodowych wyników badań, że wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych wynosi średnio 50%. Również badania wykonane w naszym kraju przez Fotymę i wsp. (1992) i Szmigła (1989, 1994) określają wykorzystanie azotu na około 50%.

WNIOSKI

1. Owies oplewiony pobierał z plonem ziarna i słomy więcej azotu w porównaniu z formą nagoziarnistą. Pobranie azotu z plonem wzrastało wraz ze wzrostem poziomu nawożenia tym składnikiem.
2. Udział azotu z saletry amonowej w jego ogólnej ilości pobranej z plonem wzrastał w miarę wzrostu dawki nawozu w granicach od 20% do 49%.
3. Wykorzystanie azotu z saletry amonowej wahało się w granicach od 46% do 90% w zależności od dawki nawozu i formy owsa.

LITERATURA

- Alossi J., Power J. F. 1973. Effect of source and rate of nitrogen on N uptake and fertilizer efficiency by spring wheat and barley. *Agron. J.* 65, 1: 53 — 55.
- Dańko W. I., Sardak N. A. 1984. Ispolzowanie rastienijami ozimoi pszenicy azota, fosfora i kalija udobrienij w zavisimosti ot sposobow ich wniesienia i obrabotki poczwy. *Wiest. Siel. Nauki* 4: 46 — 51.
- Fotyma E., Fotyma M., Pietrasz-Kęsik G. 1992. Wykorzystanie azotu z nawozów przez rośliny uprawy polowej. *Pam. Puł.* 101: 7 — 34.
- Korieńkow D. A., Borisowa N. I. 1980. Uspiechi i perspektiwy ispolzowanija stabilnych izotopow w agrochimii. *Wiest. Siel. Nauki* 9: 22 — 27.
- Kündler P. 1970. Ausnutzung, Festlegung und Verlust von Dungemit-telstickstoff. *Albrecht-Thaer Arch.* 14: 191 — 210.
- Smirnow P. M., Diegtiarjewa N. I. 1973. Ispolzowanije azota poczwy i udobrienij sielskochozajstwiennymi rastienijami. *Izw. Tim. Siel. Akad.* 3: 71 — 79.
- Szmigiel A. 1989. Badania nad plonowaniem roślin i wykorzystaniem azotu w zbożowym członie zmianowania na tle dawki i sposobu nawożenia. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Rozprawy* 131.
- Szmigiel A. 1994. Wykorzystanie azotu z saletry amonowej przez pszenicę ozimą. *Fragm. Agron.* 1: 38 — 44.
- Szmigiel A. 1997. Wykorzystanie przez żyto ozime azotu, fosforu i potasu z gleby i z nawozów mineralnych. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Rol.* 34: 107 — 114.
- Szmigiel A., Oleksy A. 2006. Wpływ nawożenia na plonowanie nagoziarnistej i oplewionej formy owsa. *Biul. IHAR* 239: 27 — 33.

RENATA TOBIASZ-SALACH**DOROTA BOBRECKA-JAMRO**Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów

Wpływ nawożenia azotowego na plon ziarna, zawartość białka i elementy struktury plonu owsa

Effects of nitrogen fertilization on grain yield, protein content and yield components of oats

W latach 1998–2000 przeprowadzono doświadczenia, w których określono wpływ nawożenia azotowego na plon, jego strukturę oraz zawartość białka i azotu w ziarniakach nowych odmian owsa oplewionego i nagoziarnistego. Stwierdzono, że odmiany dodatnio reagowały wzrostem na stosowane dawki azotu. Po zastosowaniu maksymalnej dawki azotu $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ odmiany Sławko i Akt uzyskały plony ziarna w wysokości $5,02 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $3,85 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Wzrastające dawki azotu najsilniej determinowały liczbę kłosek i masę ziarna z wiechy. Liczba ziarniaków z wiechy oraz masa 1000 ziaren nie uległa zmianie pod wpływem zastosowanych dawek nawozów.

Słowa kluczowe: nawożenie azotem, owies nagi, plon, elementy struktury plonu, plon białka

Test trials were carried out in the years 1988–2000 in order to determine the effects of N-fertilization on yield, its composition as well as protein and nitrogen content of grain of new cultivars of both naked and hulled oats. Positive growth responses to doses of nitrogen fertilization were observed. At the highest dose of nitrogen fertilization, of $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, the Sławko and Akt cultivars yielded $5.02 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ and $3.84 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ grain, respectively. The number of spikelets and weight of grains per panicle were mostly affected by the increasing nitrogen fertilization. The weight and number of 1000 grains, however, didn't change with the fertilization increase.

Key words: nitrogen fertilization, naked oats, grain yield, yield components, total protein yield

WSTĘP

W warunkach klimatyczno-glebowych Polski jednym z głównych czynników plonotwórczych jest nawożenie azotowe (Nawrocki i in., 1999; Szukalska-Gołąb, 1992). Zwiększanie jednak wielkości plonów poprzez intensyfikację nawożenia azotem można stymulować tylko do pewnego poziomu, po przekroczeniu którego może nastąpić jego obniżenie (Fotyma, 1988).

W Polsce plony owsa wynoszą około $2,43 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i są one niskie, natomiast potencjał plonotwórczy aktualnych oplewionych odmian osiąga wartość $5\text{--}6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Owies nagoziarnisty plonuje na poziomie 78% wzorca oplewionego.

Celem przeprowadzonych badań jest stwierdzenie wpływu zróżnicowanego nawożenia azotem na plon ziarna, jego strukturę i skład chemiczny dwóch odmian owsa oplewionego i nagoziarnistego.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym był owies oplewiony (*Avena sativa*) i nagoziarnisty (*Avena nuda*) pochodzący ze ścisłego doświadczenia polowego przeprowadzonego w latach 1998–2000 w Stacji Dydaktyczno-Badawczej w Krasnem k. Rzeszowa należącej do Katedry Produkcji Roślinnej Uniwersytetu Rzeszowskiego. Eksperyment założono metodą losowych bloków z podblokami w czterech powtórzeniach. Badanymi czynnikami były 4 poziomy nawożenia azotowego

— N_0 — obiekt nienawożony azotem (kontrola)

— N_1 — obiekt nawożony $30 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$,

— N_2 — obiekt nawożony $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$,

— N_3 — obiekt nawożony $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$

oraz 2 odmiany owsa (Sławko — forma oplewiona, Akt — forma nieoplewiona).

Badania przeprowadzono na glebie brunatnej, wytworzonej z lessu o składzie mechanicznym utworu gleby średniej, należącej do kompleksu pszennego dobrego, klasy IIIa.

Właściwości chemiczne gleby były następujące:

— zawartość próchnicy wynosiła — 2,1%,

— zawartość fosforu P_2O_5 — $11,4 \text{ mg}/100 \text{ g}$ gleby,

— zawartość potasu K_2O — $18,2 \text{ mg}/100 \text{ g}$ gleby,

— zawartość przyswajalnego magnezu — $8,1 \text{ mg}/100 \text{ g}$ gleby,

— odczyn gleby KCl — 4,9 pH.

W doświadczeniu zastosowano przedsięwzięcie jednolite nawożenie fosforowo-potasowe w dawce P_2O_5 $50 \text{ kg}/\text{ha}$ i K_2O $70 \text{ kg}/\text{ha}$ w formie soli potasowej i superfosfatu.

Azot wysiano w 3 dawkach w formie saletry amonowej, stosownie do zakładanej ilości. Pierwszą dawkę $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ zastosowano przed siewem, drugą $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w fazie krzewienia, zaś trzecią $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ na początku strzelania w źdźbło. Ziarno owsa w ilości $550 \text{ szt.}/\text{m}^2$ zaprawiono zaprawą nasienną Funaben T i wysiano w każdym roku w pierwszej dekadzie kwietnia. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 10 m^2 .

Zabiegi agrotechniczne nie odbiegały od zasad dotyczących roślin zbożowych. Przedplonem corocznie były ziemniaki.

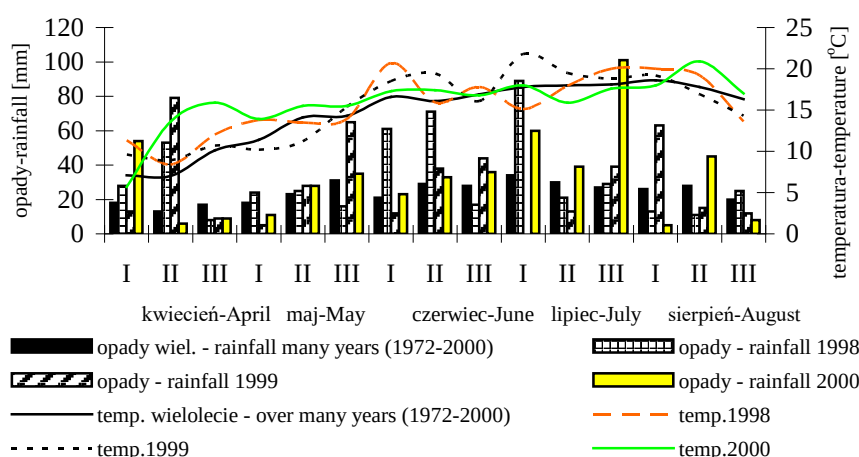
Przed zbiorem z każdego poletka pobrano 10 reprezentatywnych roślin do oznaczenia analizy struktury plonu, określono także liczbę roślin na 1 m^2 . Zbioru roślin dokonano w fazie dojrzałości pełnej, plon i MTN przeliczono przy 15% wilgotności.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie wykorzystując analizę wariancji, a różnice graniczne oszacowano według testu Tukeya przy poziomie istotności $p = 0,05$. Reakcja

odmian na zastosowane nawożenie była podobna w latach badań, dlatego wyniki przedstawione są wartościami średnimi z trzech lat badań.

WYNIKI I DYSKUSJA

Układ warunków pogodowych w latach 1998–2000 był korzystny dla rozwoju owsa. Średnia temperatura powietrza kształtowała się na poziomie średniej wieloletniej (14,6° C) (rys. 1). Notowano wahania temperatury w granicach od 15,5°C w 1998 do 14,8°C w 2000 roku. Opady atmosferyczne w badanym okresie były silnie zróżnicowane. Wyższe od średniej wieloletniej sumy opadów (24,2 mm) wystąpiły w latach 1998 (32,7 mm) i 2000 (32,9 mm). Szczególnie wysokie opady zanotowano w I i II dekadzie czerwca, a także w I dekadzie lipca w 1998 roku, zaś w 2000 roku bardzo mokry był lipiec, w którym opady (200 mm) przekroczyły ponad dwukrotnie średnią z wielolecia (90 mm) (rys. 1).



Rys. 1. Rozkład opadów i temperatury powietrza w okresie wegetacji owsa w latach 1998–2000 w Krasnem k. Rzeszowa w porównaniu z wieloleciem 1972–2000
Fig. 1. Rainfall and air temperatures distribution during vegetative period of oats from 1998 to 2000 in Krasne as compared to the period 1972–2000

Badane odmiany owsa, mimo zróżnicowanych warunków pogodowych w latach badań, reagowały podobnie na nawożenie azotowe. Wraz z wyższymi dawkami nawożenia wzrastał plon ziarna (tab. 1). U odmiany Sławko uzyskano o około 17%, zaś u odmiany nagoziarnistej Akt o 47% wyższy plon przy zastosowaniu nawożenia azotowego w dawce 90 kg·ha⁻¹ w stosunku do kontroli (tab. 1).

Wykazano także wyższy o 23,4% plon ziarna odmiany Sławko w stosunku do odmiany Akt (bez względu na nawożenie). Biorąc jednak pod uwagę zawartość łuski, która wynosiła 26,5% plony badanych odmian były porównywalne (tab. 1).

Tabela 1

**Plon ziarna ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$), białka ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) i zawartość azotu ($\text{g}\cdot\text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$ s. m.) u odmian owsa
(średnia za lata 1998–2000)**
**Grain yields ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) total protein yields ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) and total nitrogen content ($\text{g}\cdot\text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$ d.m.)
in two oat cultivars (mean for 1998–2000)**

Nawożenie azotem Nitrogen fertilization ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) I	Odmiana Cultivar II	Plon ziarna owsa Oats yield ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Zawartość białka Protein content s.m. (%)	Plon białka ogółem Total protein yield ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Zawartość azotu ogólnego Total nitrogen content ($\text{g}\cdot\text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)
Kontrola Control	Sławko	4,45 3,27*	12,04	544	19,2
	Akt	2,96	13,43	402	21,5
N — 30	Sławko	5,07 3,71*	12,10	626	19,4
	Akt	3,84	13,60	522	21,7
N — 60	Sławko	5,22 3,84*	12,30	646	19,7
	Akt	4,21	13,97	556	22,4
N — 90	Sławko	5,36 3,93*	12,40	671	19,8
	Akt	4,38	14,30	627	22,9
NIR _{I × II} LSD _{I × II}		Nu	Nu	47,2	0,24
Średnia dla nawożenia Mean for fertilization	kontrola control	3,70	12,73	473	20,37
	N — 30	4,45	12,85	574	20,57
	N — 60	4,72	13,13	601	21,03
	N — 90	4,87	13,35	649	21,38
NIR _{p = 0,05} LSD _{p = 0,05}		0,430 0,374*	Nu	56,9	0,293
Średnia dla odmiany Mean for cultivar	Sławko	5,02 3,69*	12,21	622	19,54
	Akt	3,84	13,82	527	22,13
NIR _{p = 0,05} LSD _{p = 0,05}		0,184 0,163*	0,743	23,6	0,120
Średnia Mean		4,44 3,77*	13,02	574	20,84

* Bez łuski — Hulles

W badaniach i zaleceniach IUNG i IHAR Pawłowska i wsp. (1999) przyjmują maksymalne dawki azotu pod owies w granicach 60–90 kg/ha. Budzyński i wsp. (1999) podają, że owies reaguje zwiększając plonu do dawki 90 kg N/ha, natomiast wyższe dawki powodują jego wyleganie i obniżają plon. Inni autorzy (Hałubowicz-Kliza i in., 1991; Mazurek, 1995; Darwinkel i in., 1995) wskazują na optymalne nawożenie azotowe dla owsa w granicach 70–100 kg/ha. W doświadczeniach przeprowadzonych przez Fotymę (Fotyma, 1988) optymalna dawka dla owsa wynosi 75 kg, zaś na podstawie innych badań (Mazurek 1993; Mazurek, Grabiński, 1989) dawka ta waha się na poziomie 90–120 kg N·ha⁻¹.

Średnia zawartość azotu ogólnego w ziarnie była istotnie determinowana zróżnicowanym nawożeniem azotowym i wynosiła 20,8 gN·kg⁻¹s. m. (tab. 1). Wzrost dawki azotu

do $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ wpłynął istotnie na zwiększenie azotu ogólnego w ziarnie średnio o $0,66 \text{ g N} \cdot \text{kg}^{-1}$. Przy dawce $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ wzrost ten był jeszcze wyższy o $4,95\%$ w stosunku do obiektu kontrolnego. Odmiana Akt charakteryzowała się średnio o $11,7\%$ wyższą zawartością azotu ogólnego w porównaniu do odmiany Sławko (tab. 1).

Związek nawożenia azotowego z zawartością białka w plonie jest powszechnie znany (Wróbel, 1993; Piech i in., 2001; Budzyński, 1999). Badacze zajmujący się tym zagadnieniem są zgodni, że nawożenie azotowe powoduje wzrost poziomu białka w roślinach, istnieją tylko rozbieżności, co do zakresu tego wzrostu. W badaniach własnych zawartość białka ogółem w s.m. bez względu na nawożenie wynosiła $13,02\%$. Odmiana Akt charakteryzowała się istotnie wyższą zawartością białka średnio o $1,68\%$ w stosunku do odmiany Sławko. Zastosowane nawożenie azotowe różnicowało zawartość białka u badanych odmian, jednak różnice te nie były statystycznie istotne (tab. 1).

Plon białka ogółem jest wypadkową plonu ziarna i procentowej zawartości azotu ogólnego. W badaniach własnych uzyskane plony białka ogółem były determinowane nawożeniem azotowym tylko do $30 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. 1). Zastosowanie dawki $30 \text{ kg} \cdot \text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$ spowodowało istotny przyrost plonu białka w ziarnie owsa o $21,5\%$ w stosunku do kontroli. Dalszemu wzrostowi poziomu nawożenia z 30 do $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ i z 60 do $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ towarzyszył nieistotny przyrost plonu białka (tab. 1).

Pod wpływem nawożenia azotem stwierdzono istotne dodatnie korelacje pomiędzy plonem białka ogółem a plonem ziarna, oraz między plonem białka ogółem a zawartością azotu ogólnego w ziarnie. Wynosiły one odpowiednio $r = 0,937$ i $r = 0,875$.

Odrębnym zagadnieniem jest ilość białka ogółem pozyskiwana z jednostki powierzchni. Istnieje pogląd, że wzrastające nawożenie azotowe powoduje znacznie większy przyrost plonu białka ogółem zbóż niż plonu ziarna. W badaniach własnych plon białka ogółem w ziarnie owsa pod wpływem nawożenia azotem wzrastał szybciej niż plon ziarna. Średni przyrost plonu białka ogółem po zastosowaniu $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ wynosił $37,2\%$, zaś plonu ziarna o $31,4\%$. Ilość białka z jednostki powierzchni była silniej determinowana wielkością plonu ziarna niż zawartością białka w ziarnie (tab. 1).

Badane odmiany na wzrost dawek azotu reagowały zwiększeniem liczby kłosków i masy ziarna z wiechy (tab. 2). Przy zastosowaniu $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ stwierdzono wzrost liczby kłosków z wiechy o $4,8\%$, zaś dalszy wzrost nawożenia powodował istotny spadek tej cechy o $5,4\%$ w stosunku do kontroli (tab. 2). Podobną zależność wykazał Wróbel (1989), który w swoich badaniach stwierdził, iż wzrost dawek azotu powyżej $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ nie różnicuje istotnie liczby ziaren w wieszce ani masy 1000 nasion. Według Kozłowskiej-Ptaszyńskiej (2000) wzrastające dawki azotu wpływają ujemnie na masę i liczbę kłosków z wiechy. W badaniach własnych masa ziarna z wiechy była najwyższa przy zastosowaniu $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($1,71 \text{ g}$). Zwiększenie nawożenia z 60 do $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ spowodowało jej wzrost o $10,3\%$, co potwierdzono statystycznie (tab. 2).

Masa 1000 ziaren u badanych odmian nie zmieniała się istotnie pod wpływem wzrastających dawek nawożenia (tab. 2). Podobną zależność w swoich badaniach wykazali Wróbel (1989, 1993), Kozłowska-Ptaszyńska (2000), Piech i wsp. (2002) oraz Pawłowska i wsp. (1999).

Table 2

Wpływ nawożenia azotem na cechy struktury plonu odmian owsa (1998–2000)
Influence of nitrogen fertilization on yield structure of oats cultivars (1998–2000)

Nawożenie azotowe Nitrogen fertilization I	Odmiana Cultivar II	Liczba wiech na 1 m ² Number of panicles per 1 m ²	Liczba kłosków z wiechy Number of spikelets per panicle	Liczba ziaren z wiechy Number of grains per panicle	Masa ziarna z wiechy Weight of grain per panicle (g)	Masa 1000 ziaren Weight of 1000 grains (g)
Kontrola Control	Sławko	353,0	24,8	43,1	1,5	27,7*
	Akt	329,7	22,3	43,4	1,5	27,9
N — 30	Sławko	337,6	23,0	41,7	1,6	25,8*
	Akt	341,6	23,8	44,2	1,3	28,6
N — 60	Sławko	375,9	22,7	39,6	1,7	30,8*
	Akt	342,0	26,7	46,1	1,4	28,7
N — 90	Sławko	355,7	23,4	45,4	1,7	26,5*
	Akt	352,2	23,4	43,9	1,6	27,6
NIR _{I × II} LSD _{I × II}		r n	0,893	r n	0,193	r n
Średnia dla nawożenia Mean for fertilization	kontrola control	341,3	23,5	43,23	1,5	27,8
	N — 30	339,6	23,4	42,96	1,5	27,3
	N — 60	358,9	24,7	42,84	1,5	29,8
	N — 90	353,9	23,4	44,71	1,7	26,9
NIR _{p=0,05} LSD _{p=0,05}		r n	0,977	r n	0,172	r n
Średnia dla odmiany Mean for cultivar	Sławko	355,5	23,5	42,48	1,6	27,6*
	Akt	341,4	24,1	44,40	1,5	28,1
NIR _{p = 0,05} LSD _{p = 0,05}		r n	r n	r n	0,89	r n
Średnia Mean		348,4	23,8	43,4	1,5	27,9

* Bez łuski — Hulles

WNIOSKI

1. Badane odmiany owsa charakteryzowały się zróżnicowaną reakcją na nawożenie azotowe. Zwiększenie dawki azotu do 90 kg ha⁻¹ powodowało zwiększenie plonów ziarna u odmiany Sławko o 17%, a u odmiany Akt (forma nagoziarnista) o 47% w stosunku do kontroli.
2. Plon białka ogółem w ziarnie owsa z jednostki powierzchni wzrastał szybciej niż plon ziarna i osiągnął maksymalne wielkości dla plonu ziarna po zastosowaniu dawki 90 kg N·ha⁻¹.
3. Wzrastające dawki azotu najsilniej determinowały liczbę kłosków z wiechy oraz masę ziarna z wiechy. Liczba ziarniaków z wiechy oraz MTZ nie uległa większej zmianie pod wpływem zastosowanych dawek azotu.

LITERATURA

- Budzyński W. 1999. Reakcja odmian owsa na czynniki agrotechniczne, przegląd wyników badań krajowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. Supl. 1 (18): 11 — 25.
- Budzyński W., Wróbel E., Dubis B. 1999. Reakcja owsa nagiego na czynniki agrotechniczne. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. Supl. 1 (18): 97 — 103.
- Darwinkel A., Rops A, Wijnholds K. 1995. Nitrogen, seed rate and growth regulation in oats. *Proefst. voor Akker. En. Groent*. 188: 4 — 52.
- Fotyma E. 1988. Reakcja roślin uprawnych na nawożenie azotem. Cz. I. Zboża. *Pam. Puł.* 93: 37 — 59.
- Hołubowicz-Kliza G., Wierzbicka-Kukułowa A., Król M. 1991. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie kilku odmian owsa na glebach kompleksów żytnich i zbożowo-pastewnych. W: *Niektóre zagadnienia technologii uprawy owsa*. IUNG Puławy R (275): 35 — 50.
- Kozłowska-Ptaszyńska Z., Pawłowska J., Woch J. 2000. Wpływ dawek azotu na plon i jego strukturę u nowych polskich odmian owsa. *Biul. IHAR* 215: 239 — 243.
- Mazurek J. 1993. *Biologia i agrotechnika owsa*. IUNG, Puławy.
- Mazurek J., Grabiński J. 1989. Produkcyjne wykorzystanie nawożenia azotem i plonowanie odmian zbóż jarych. *Biul. IHAR* 171/172: 273 — 276.
- Nawrocki S., Mazurek J., Król M. 1999. Produkcja zbóż na cele paszowe” *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 305: 101 — 118.
- Pawłowska J., Kozłowska-Ptaszyńska Z. 1999. Charakterystyka i technologia uprawy odmian owsa. IUNG, IHAR, COBORU, Puławy, Radzików, Słupia Wielka.
- Piech M., Nita Z., Maciorowski R. 2001. Reakcja owsa nieoplewionego i oplewionego na nawożenie azotem. *Biul. IHAR* 217: 111 — 119.
- Szukalska-Gołąb W. 1992. Możliwości zwiększania zawartości plonów białka zbóż. *Post. Nauk Roln.* 2: 57 — 67.
- Wróbel E. 1993. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i jakość białka ziarna jęczmienia jarego i owsa uprawianych na paszę. *Acta Academiae Agriculture ac Technicae Olstenensis* 58: 4 — 47.
- Wróbel E. 1989. Reakcja odmian owsa na poziom i termin stosowania azotu. *Acta Academiae Agriculture ac Technicae Olstenensis* 49: 119 — 125.

GRAŻYNA PODOLSKA**LESZEK MAJ****ZYGMUNT NITA**

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa — Państwowy Instytut Badawczy w Puławach
Hodowla Roślin Strzelce Sp. z o.o.

Wielkość plonu i komponentów plonu u nagoziarnistej formy owsa karłowego w zależności od gęstości siewu i dawki nawożenia azotem

Effect of sowing density and nitrogen fertilization doses on grain yield and yield components of naked short-shoot oat

W latach 2003–2004 w SD Osiny przeprowadzono ścisłe dwuczynnikowe doświadczenie nad określeniem reakcji nieoplewionej krótkosłomej formy owsa STH 6503 na gęstość siewu (3,0; 4,5; 6,0; 7,5 mln ziaren·ha⁻¹) oraz na dawkę nawożenia azotem (20, 40, 60, 80 kg N·ha⁻¹). Określono plon ziarna i komponenty plonu: MTN, liczbę roślin ha·m⁻¹, liczbę wiech·ha⁻¹, plon ziarna z rośliny, plon ziarna z wiechy, współczynnik plonowania. Badany ród reagował odmiennie na czynniki doświadczenia w zależności od lat. W roku 2003 ród STH 6503 plonował najwyższej przy zastosowaniu 7,5 mln ziaren·ha⁻¹ i 40 kg azotu. W roku 2004 przy gęstości 6,0 mln ziaren/ha i 60 kg N. Średnio w dwuleciu nie stwierdzono istotnej zależności plonowania owsa od gęstości siewu. O dodatniej reakcji owsa na gęstość siewu zdecydowała głównie liczba roślin i wiech na jednostce powierzchni.

Słowa kluczowe: gęstość siewu, nawożenie azotem, owies nieoplewiony krótkosłomy, plon, komponenty plonu

The response of naked short-shoot oat STH 6503 to differentiated sowing density (3.0, 4.5, 6.0, 7.5 mln grains·ha⁻¹) and nitrogen rates (20, 40, 60, 80 kg N·ha⁻¹) was investigated in the field experiment carried out in the years 2003–2004. Grain yield and yield components (weight of 1000 grains, number of plants/m², number of panicles/m², productivity tillering, grain yield per plant, grain yield per panicle, number of grains per plant, number of grains per panicle and harvest index) were determined. The oat response to experimental factors depended on the year of study. In 2003 grain yield was highest at sowing density 7.5 mln grains/ha and 40 kg N·ha⁻¹. In 2004 the highest grain yield was recorded at 6.0 mln grains /ha and 60 kg N·ha⁻¹.

Key words: sowing density, nitrogen fertilization, naked short-shoot oat, grain yield, yield components

WSTĘP

Dużym postępowaniem genetycznym było wyhodowanie nagoziarnistej formy owsa. Ziarno pozbawione łuski ma lepszy skład chemiczny i większą zawartość składników pokarmowych. Zawiera w porównaniu do formy oplewionej o 20–40% więcej białka, mniej włókna o 2% a więcej o około 8% tłuszczu (Čermak, Moudrý, 1998; Bartnikowska i in., 2000; Gąsiorowski, 2000). Niewątpliwe walory odżywcze i dietetyczne owsa nie mogą przesłonić podstawowego mankamentu owsa nagiego, jakim są niskie plony. Owies nagi plonuje o około 23–25% niżej od odmian oplewionych (Čermak, Moudrý, 1998; Piech i in., 1999; Piech i in., 2003). Plenność odmiany zależy w dużym stopniu od tempa wzrostu roślin, długości okresu wegetacji i indeksu plonu. Podwyższyć plon można albo przez przyspieszenie wzrostu, albo poprzez podwyższenie indeksu plonu. W nowoczesnej hodowli dążenia idą w kierunku podniesienia plonu ziarna kosztem redukcji plonu słomy, dlatego hodowla nowych odmian prowadzona jest w kierunku wytworzenia odmian niższych, co zmniejsza również podatność na wyleganie Nita (1999, 2003). Obecnie w Stacji Hodowli Roślin Strzelce wyhodowano szereg rodów owsa nagoziarnistego o skróconym źdźbłę. W badanych rodach obserwuje się duże różnice plenności, wczesności, odporności na choroby itp. Założono, że wymagania nowej formy owsa w stosunku do podstawowych czynników agrotechnicznych: gęstości siewu i dawki nawożenia azotem będą różne w porównaniu do formy długosłomej.

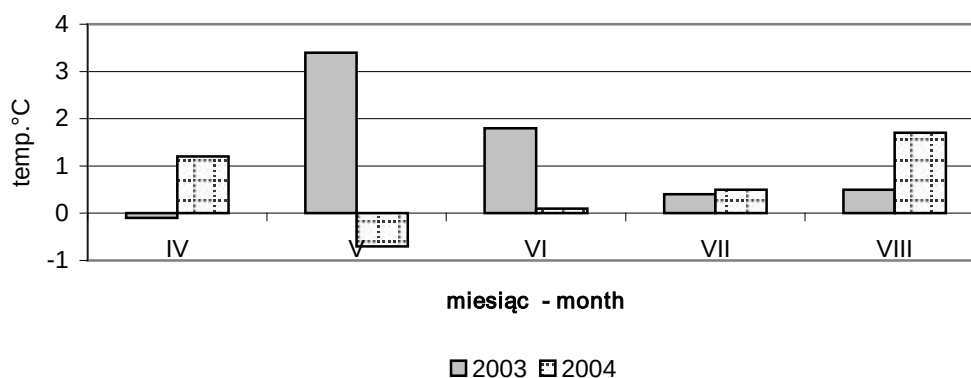
Celem niniejszych badań było określenie produkcyjności krótkosłomej formy owsa nagoziarnistego w zależności od dawki nawożenia azotem i gęstości siewu.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w SD IUNG Osiny w latach 2003 i 2004. Rośliną doświadczalną był owies nagoziarnisty krótkosłomy STH 6503. Forma wyhodowana w Stacji Hodowli Roślin Strzelce. Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2003–2004 w SD Osiny. Założono go metodą split-plot w trzech powtórzeniach. Zmienną pierwszego rzędu była gęstość siewu, zmienną drugiego rzędu dawka nawożenia azotem. Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 20 m². Uwzględniono cztery poziomy czynnika pierwszego (3,0; 4,5; 6,0; 7,5 mln ziaren ha⁻¹) oraz cztery poziomy czynnika drugiego (20, 40, 60, 80 kg N·ha⁻¹). Dawki azotu 20 i 40 kg ha⁻¹ stosowano jednorazowo przed siewem owsa, dawki 60 i 80 kg N·ha⁻¹ dzielono na pół, 50% dawki stosowano przed siewem owsa, 50% w okresie strzelania w źdźbło. Badania prowadzono na glebie kompleksu pszennego dobrego, klasa bonitacyjna IIIa, pH wynosiło w roku 2003 — 6,0, w roku 2004 — 5,8, a zawartość P₂O₅ i K₂O odpowiednio 15,9 i 12,8 oraz 12,8 i 13,2 w 100 g gleby. Na wiosnę przed siewem owsa zastosowano 60 kg P₂O₅ i 60 kg·ha⁻¹ K₂O. Przedplonem w roku 2002 była mieszanka strączkowo-zbożowa, w roku 2003 pszenica jara. Siew wykonano 16.04.2003 roku i 15.04.2004. Nasiona przed siewem zaprawiano Funaben T w dawce 300 g/100 kg nasion (2003) oraz zaprawą Bayleton Universal 094 FS w dawce 300 ml/100 kg nasion (2004). W okresie wegetacji owsa dwukrotnie wykonano oprysk herbicydem: Lintur 70 WG w dawce 150 g/ha i Starane 250 EC w dawce 0,35 l/ha. Zastosowano ochronę chemiczną

przeciwno szkodnikom — Decis 2,5 EC w dawce 0,3 l/ha i grzybom — Amistar w dawce 0,8 l/ha. W okresie wegetacji oznaczono daty występowania faz wzrostu i rozwoju owsa. Zbiór wykonano w okresie dojrzałości pełnej ziarna. Oznaczono plon ziarna z poletka. W celu oznaczenia komponentów plonu z każdego obiektu pobierano próby roślin z powierzchni 1 m², oznaczając liczbę roślin w okresie zbioru, liczbę kłosów i MTZ. Po uzyskaniu wymienionych cech wyliczono: plon ziarna z rośliny, plon ziarna z wiechy, liczbę ziaren z rośliny i liczbę ziaren z wiechy. Wyliczono również współczynnik plonowania (iloraz masy części nadziemnej owsa do masy ziarna wyrażony w procentach). Wyniki poddano analizie statystycznej wykonując analizę wariancji, istotność różnic oznaczono przy pomocy testu Tukeya na poziomie ufności 0,05.

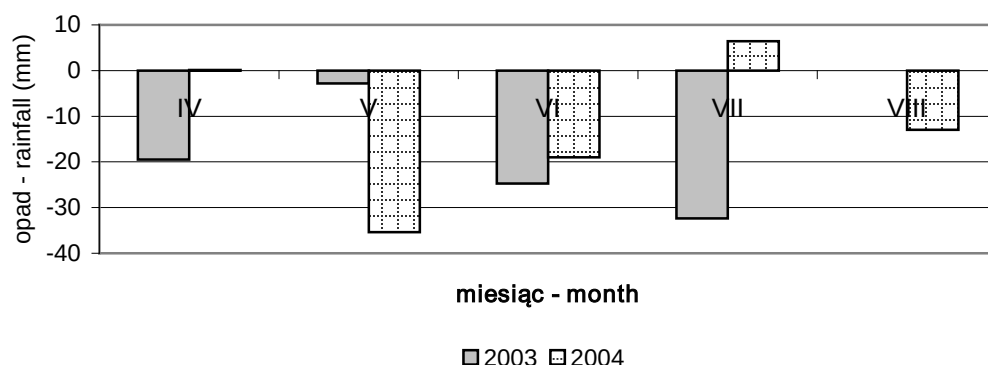
Warunki pogody w obu analizowanych latach odbiegały od średniej z wielolecia. W roku 2003 w okresie siewu owsa temperatura powietrza była zbliżona do wielolecia, gleba nie była przesuszona i siew wykonano w optymalnych warunkach. Miesiące maj i czerwiec charakteryzowały się temperaturą wyższą od wielolecia, czerwiec dodatkowo niższą o 25 mm ilością opadów. W okresie dojrzewania owsa temperatura była zbliżona do wielolecia, wystąpił bardzo duży niedobór opadów (rys. 1, 2).



Rys. 1. Średnia miesięczna temperatura powietrza w sezonie wegetacyjnym 2003 i 2004 przedstawiona jako odchylenie od średniej z wielolecia. (1904–2004). Słupki powyżej linii zero wskazują miesiące z wyższą temperaturą, natomiast poniżej zera z mniejszą miesięczną temperaturą powietrza niż średnia z wielolecia

Fig. 1. Monthly mean air temperature in the 2003 and 2004 growing seasons presented as the deviation from a 100-year average. Bars above and below the zero line indicate months with temperatures higher and lower than a 100-year average, respectively

Warunki pogody w okresie wzrostu owsa w 2004 roku były odmienne niż w 2003 roku. W okresie wschodów i początkowego wzrostu owsa temperatura powietrza była o 1,2°C wyższa od wielolecia, a opady na poziomie wielolecia. Maj i czerwiec charakteryzowały się mniejszą ilością opadów odpowiednio o 35 i 19 mm oraz niższą od wielolecia (maj) lub na poziomie wielolecia (czerwiec) temperaturą powietrza. Lipiec charakteryzowała temperatura zbliżona do wielolecia i wyższa o 6 mm ilość opadów (rys. 1, 2).



Rys. 2. Miesięczne opady w sezonie wegetacyjnym 2003 i 2004 przedstawione jako odchylenie od średnich z wielolecia. (1904–2004). Słupki powyżej linii zero wskazują miesiące z podwyższoną natomiast poniżej zera z mniejszą miesięczną ilością opadów niż średnie z wielolecia

Fig. 2. Monthly rainfall in the 2003 and 2004 growing seasons presented as the deviation from 100-year average. Bars above and below the zero line indicate months with rainfall levels higher and lower than a 100-year average, respectively

WYNIKI BADAŃ

Przebieg wzrostu i rozwoju owsa

Obsada roślin i dawka nawożenia azotem nie miały wpływu na długość okresów międzyfazowych oraz datę występowania poszczególnych faz wzrostu i rozwoju. Na każdym z badanych obiektów wystąpiły one w tym samym czasie. Pewne różnice w długości poszczególnych podokresów zaobserwowano między latami (tab. 1).

Tabela 1

Daty występowania poszczególnych podokresów wzrostu i rozwoju
Dates of oats development stages

Okresy Periods	2003		2004	
	data — date	liczba dni — days	data — date	liczba dni — days
Siew — wschody Sowing — emergence	16.04 – 1.05	16	15.04-30.04	16
Wschody — początek krzewienia Emergence — start tillering	1.05-13.05	12	30.04-15.05	15
Początek krzewienia — strzelanie w źdźbło Start tillering — shooting	13.05-22.05	9	15.05-26.05	11
Strzelanie w źdźbło — wiechowanie Shooting — panicles	22.05-10.06	19	26.05-17.06	22
Wiechowanie — dojrzałość mleczna Panicles — milk maturity	10.06-6.07	26	17.06-21.07	34
Dojrzałość mleczna — dojrzałość woskowa Milk maturity — wax maturity	6.07-15.07	9	21.07-30.07	9
Dojrzałość woskowa — dojrzałość pełna Wax maturity — full maturity	15.07-28.07	13	30.07-12.08	13
Długość okresu wegetacji Vegetation period	104		120	

W roku 2003 okres wegetacji owsa trwał 104, a w roku 2004 — 120 dni. Wystąpiły różnice w długości niektórych podokresów wzrostu. W roku 2003 okresy: wschody — początek krzewienia, początek krzewienia — strzelanie w źdźbło, strzelanie w źdźbło — wiechowanie, były krótsze w porównaniu do roku 2004 o 3 dni, a okres wiechowanie — dojrzałość mleczna o 8 dni (tab. 1).

Plon i komponenty plonu

Nie stwierdzono współdziałania czynników doświadczenia w kształtowaniu plonu i jego komponentów, dlatego analizie poddano efekty główne. W roku 2003 owies plonował wyżej przy gęstości 7,5 mln ziaren/ha, w porównaniu do gęstości 4,5 i 6,0 mln ziaren·ha⁻¹. Stwierdzono istotny wpływ gęstości siewu na kształtowanie się składowych plonowania. Liczba roślin na jednostce powierzchni i liczba wiech wzrastała wraz ze wzrostem gęstości siewu. Istotny wzrost wymienionych komponentów plonu stwierdzono do gęstości siewu 6,0 mln ziaren·ha⁻¹. Rozkrzewienie produkcyjne malało wraz ze wzrostem obsady roślin, jednak istotne zmniejszenie rozkrzewienia wystąpiło pomiędzy 3,0 mln ziaren/ha i 7,5 mln ziaren·ha⁻¹. Najwyższy plon ziarna z rośliny i z wiechy stwierdzono na obiektach z gęstości 3,0 mln ziaren·ha⁻¹ w porównaniu do pozostałych, pomiędzy którymi nie stwierdzono istotnego obniżenia wartości tego parametru. Liczba ziaren z rośliny zmniejszała się wraz ze wzrostem gęstości siewu do 4,5 mln ziaren·ha⁻¹, liczba ziaren z wiechy zmniejszała się wraz ze wzrostem ilości wysiewu do gęstości 4,5 mln ziaren·ha⁻¹. Nie stwierdzono istotnego wpływu ilości wysiewu na współczynnik plonowania (tab. 2).

Tabela 2

Plon i cechy struktury plonu krótkosłomej formy owsa nagoziarnistego w zależności od gęstości siewu w 2003 roku

Grain yield and yield components of oat depending on sowing density in the year 2003

Cechy struktury plonu Yield components	Gęstość siewu (mln /ha) Sowing density				NIR LSD
	3,0	4,5	6,0	7,5	
Plon ziarna t/ha — Grain yield t/ha	4,36	4,23	4,29	4,50	0,196
MTZ — Weight of 1000 grains	24,72	25,86	25,20	24,99	0,888
Liczba roślin (szt)/m ² — Number of plants	206	271	331	390	54,8
Liczba wiech (szt)/m ² — Number of panicles	309	380	463	468	64,8
Rozkrzewienie produkcyjne — Productivity tillering	1,5	1,4	1,4	1,2	0,21
Plon ziarna z rośliny — Grain yield per plant	2,1	1,6	1,3	1,1	0,49
Plon ziarna z wiechy — Grain yield per panicle	1,4	1,1	0,9	0,9	0,29
Liczba ziaren z rośliny — Number of grains per plant	85,8	60,3	51,6	46,0	15,7
Liczba ziaren z wiechy — Number of grains per panicle	57,0	42,9	36,9	38,4	11,5
Współczynnik plonowania — Harvest index	32,7	32,1	31,8	33,5	r.n

W roku 2004 istotny wzrost plonowania owsa stwierdzono na obiektach z gęstości siewu 6,0 i 4,5 mln ziaren·ha⁻¹ w porównaniu do ilości wysiewu 3,0 mln ziaren·ha⁻¹. Największą dorodnością charakteryzowały się ziarniaki z największej gęstości, najniższe MTZ stwierdzono z obiektów z gęstością 3,0 mln ziaren·ha⁻¹. Istotnie najniższą liczbę roślin na jednostce powierzchni stwierdzono przy najmniejszej gęstości. Pomiedzy pozostałymi gęstościami siewu nie stwierdzono istotnych różnic w ilości roślin na m².

Wraz ze wzrostem ilości wysiewu zmniejszało się rozkrzewienie produkcyjne oraz plon ziarna z rośliny. Nie stwierdzono wpływu gęstości siewu na liczbę ziaren z rośliny, plon ziarna z wiechy i współczynnik plonowania (tab. 3).

Tabela 3

**Cechy struktury plonu krótkosłomej formy owsa nagoziarnistego w zależności
od gęstości siewu w 2004 roku**
Grain yield and yield components of oat depending on sowing density in the year 2004

Cechy struktury plonu Yield components	Gęstość siewu (mln z/ha) Sowing density				NIR LSD
	3,0	4,5	6,0	7,5	
Plon ziarna t/ha — Grain yield t/ha	4,50	4,76	4,78	4,63	0,185
MTZ — Weight of 1000 grains	22,5	23,0	23,6	24,0	1,374
Liczba roślin (szt)/m ² — number of plants	213	309	368	381	86,7
Liczba wiech (szt)/m ² — Number of panicles	403	467,5	576,5	481,0	48,7
Rozkrzewienie produkcyjne — Productivity tillering	1,9	1,5	1,5	1,3	0,25
Plon ziarna z rośliny — Grain yield per plant	2,1	1,5	1,3	1,2	0,38
Plon ziarna z wiechy — Grain yield per panicle	1,1	1,0	0,8	0,9	r.n
Liczba ziaren z rośliny — Number of grains per plant	93,7	66,9	55,1	50,4	19,7
Liczba ziaren z wiechy — Number of grains per panicle	49,8	44,3	35,2	40,0	r.n
Współczynnik plonowania — Harvest index	33,8	36,3	35,4	35,5	r.n

Średnie z dwóch lat wskazują na brak istotnej zależności plonu ziarna krótkosłomej formy owsa od ilości wysiewu (tab. 3). Zaznaczyła się jedynie tendencja wzrostu plonu wraz ze wzrostem ilości wysiewu. Średnio w dwuleciu wraz ze wzrostem gęstości siewu występował wzrost liczby wiech. Istotnie większą liczbę wiech stwierdzono na obiekcie z gęstością siewu 6,0 mln ziaren·ha⁻¹ w porównaniu do 3,0 mln ziaren·ha⁻¹. Wraz ze wzrostem obsady roślin stwierdzono zmniejszenie krzewienia produkcyjnego, liczby ziaren z rośliny. Istotne zmniejszenie liczby ziaren z wiechy zaobserwowano pomiędzy gęstością 3,0 mln ziaren·ha⁻¹, a 6,0 i 7,5 mln ziaren·ha⁻¹ (tab. 4).

Tabela 4

**Cechy struktury plonu krótkosłomej formy owsa nagoziarnistego w zależności
od gęstości siewu (2003–2004)**
Grain yield and yield components of oat depending on sowing density in the year 2003–2004

Cechy struktury plonu Yield components	Gęstość siewu (mln /ha) Sowing density				NIR LSD
	3,0	4,5	6,0	7,5	
Plon ziarna t/ha — Grain yield t/ha	4,43	4,49	4,53	4,56	r.n
MTZ — Weight of 1000 grains	23,6	24,4	24,4	24,5	r.n
Liczba roślin (szt)/m ² — Number of plants	209	290	349	385	79,01
Liczba wiech (szt)/m ² — Number of panicles	356	423	519	474	149,6
Rozkrzewienie produkcyjne — Productivity tillering	1,7	1,4	1,4	1,2	0,38
Plon ziarna z rośliny — Grain yield per plant	2,1	1,5	1,3	1,2	0,12
Plon ziarna z wiechy — Grain yield per panicle	1,3	1,1	0,9	0,9	0,28
Liczba ziaren z rośliny — Number of grains per plant	89,7	63,6	53,3	48,2	6,86
Liczba ziaren z wiechy — Number of grains per panicle	75,3	54,9	46,0	44,4	25,89
Współczynnik plonowania — Harvest index	32,3	34,2	33,6	34,5	r.n

W obu latach prowadzenia badań stwierdzono istotny wpływ dawki nawożenia azotem na wielkość plonu i jego komponenty. W 2003 roku plon ziarna wzrastał istotnie do dawki N 40 kg·ha⁻¹. Do dawki N₆₀ wzrastała istotnie liczba roślin na jednostce powierzchni, liczba wiech i MTZ. Zastosowanie dawki azotu w ilości 80 kg N·ha⁻¹ powodowało istotne obniżenie liczby ziaren z wiechy w porównaniu do dawki N₄₀ i N₂₀. Na pozostałe cechy struktury plonu dawka nawożenia azotem nie miała istotnego wpływu jednak wystąpiła tendencja wzrostu rozkrzewienia produkcyjnego do dawki N₆₀, zmniejszenia plonu z ziarna z rośliny, plonu ziarna z wiechy i liczby ziaren z rośliny (tab. 5).

Tabela 5

Cechy struktury plonu krótkosłomej formy owsa nagoziarnistego w zależności od dawki nawożenia azotem w 2003 roku
Grain yield and yield components of oat depending on nitrogen fertilization dose in the year 2003

Cechy struktury plonu Yield components	Dawka nawożenia azotem (kg N/ha) Nitrogen dose				NIR LSD
	20	40	60	80	
Plon ziarna t/ha — Grain yield t/ha	4,04	4,51	4,50	4,53	0,412
MTZ — Weight of 1000 grains	23,8	24,7	25,9	26,3	0,766
Liczba roślin (szt)/m ² — Number of plants	298	310	322	374	57,8
Liczba wiech (szt)/m ² — Number of panicles	328	372	419	486	84,5
Rozkrzewienie produkcyjne — Productivity tillering	1,1	1,2	1,3	1,3	r.n
Plon ziarna z rośliny — Grain yield per plant	1,4	1,5	1,5	1,3	r.n
Plon ziarna z wiechy — Grain yield per panicle	1,3	1,2	1,1	1,0	r.n
Liczba ziaren z rośliny — Number of grains per plant	60,8	60,3	58,0	50,5	r.n
Liczba ziaren z wiechy — Number of grains per panicle	54,9	50,2	44,4	38,3	11,2
Współczynnik plonowania — Harvest index	32,9	34,9	33,8	32,9	r.n

Tabela 6

Cechy struktury plonu krótkosłomej formy owsa nagoziarnistego w zależności od dawki nawożenia azotem w 2004 roku
Grain yield and yield components of oat depending on nitrogen fertilization dose in the year 2004

Cechy struktury plonu Yield components	Dawka nawożenia azotem w kg N/ha Nitrogen fertilization dose				NIR LSD
	20	40	60	80	
Plon ziarna t/ha — Grain yield t/ha	4,31	4,61	4,84	4,92	0,208
MTZ — Weight of 1000 grains	22,8	23,2	23,3	23,9	0,614
Liczba roślin (szt)/m ² — Number of plants	313	313	353	391	51,2
Liczba wiech (szt)/m ² — Number of panicles	464	484	501	576	85,7
Rozkrzewienie produkcyjne — Productivity tillering	1,5	1,6	1,4	1,6	r.n
Plon ziarna z rośliny — Grain yield per plant	1,8	2,1	1,9	2,3	r.n
Plon ziarna z wiechy — Grain yield per panicle	1,2	1,4	1,4	1,4	r.n
Liczba ziaren z rośliny — Number of grains per plant	60,5	63,4	58,8	52,7	7,8
Liczba ziaren z wiechy — Number of grains per panicle	40,8	40,9	41,6	35,6	r.n
Współczynnik plonowania — Harvest index	35,4	35,6	35,2	34,7	r.n

W roku 2004 stwierdzono istotny wzrost plonu ziarna do zastosowania 60 kg N·ha⁻¹. Wzrost MTZ wystąpił przy zastosowaniu dawki N₈₀ w porównaniu do N₂₀. Liczba roślin na jednostce powierzchni nie różniła się istotnie przy zastosowaniu N₂₀ i N₄₀, zastosowanie dawki N₆₀ wskazało na tendencję wzrostu liczby roślin, a N₈₀ do istotnego wzrostu liczby

roślin. Najwyższą liczbę wiech na jednostce powierzchni stwierdzono przy zastosowaniu N_{80} w porównaniu do N_{20} i N_{40} . Wzrastające dawki nawożenia azotem przyczyniły się do istotnego zmniejszenia liczby ziaren z rośliny. Wystąpiła tendencja zmniejszenia liczby ziaren z wiechy i wzrostu plonu ziarna z rośliny (tab. 6).

Średnie wyniki badań z lat 2003 i 2004 wskazują na istotny wzrost plonu ziarna krótkosłomej formy owsa w zależności od dawki nawożenia azotem. Stwierdzono tendencję wzrostu plonu wraz ze wzrostem dawki N do $80 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Jednak istotna różnica wystąpiła przy zastosowaniu dawki $40 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ w stosunku do $0 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Dalsze zwiększenie dawki azotu powodowało nieistotny statystycznie wzrost plonu ziarna. Dawka nawożenia azotem wywarła istotny wpływ na liczbę ziaren z wiechy, liczbę roślin i liczbę wiech na jednostce powierzchni (tab. 7).

Tabela 7

Cechy struktury plonu krótkosłomej formy owsa nagoziarnistego w zależności od dawki nawożenia azotem (2003–2004)

Grain yield and yield components of oat depending on nitrogen fertilization dose in the year 2003–2004

Cechy struktury plonu Yield components	Dawka nawożenia azotem w kg N/ha Nitrogen fertilization dose				NIR LSD
	20	40	60	80	
Plon ziarna t/ha — Grain yield t/ha	4,17	4,56	4,67	4,72	0,43
MTZ — Weight of 1000 grains	23,3	23,9	24,6	25,1	r.n
Liczba roślin $(\text{szt})/\text{m}^2$ — Number of plants	305	311	338	382	39,1
Liczba wiech $(\text{szt})/\text{m}^2$ — Number of panicles	396	428	460	531	82,6
Rozkrzewienie produkcyjne — Productivity tillering	1,3	1,4	1,3	1,4	r.n
Plon ziarna z rośliny — Grain yield per plant	1,6	1,8	1,7	1,8	r.n
Plon ziarna z wiechy — Grain yield per panicle	1,2	1,3	1,3	1,2	r.n
Liczba ziaren z rośliny — Number of grains per plant	60,6	61,8	58,4	51,6	5,12
Liczba ziaren z wiechy — Number of grains per panicle	47,8	45,5	43,0	36,9	r.n
Współczynnik plonowania — Harvest index	34,1	35,2	34,5	33,8	r.n

DYSKUSJA

Forma krótkosłoma owsa nieoplewionego nie jest uprawiana w Polsce, jednak prace hodowlane są bardzo zaawansowane i w najbliższych latach będzie wpisana nowa odmiana do Rejestru Odmian (Nita 1999, 2003), dlatego badania nad podstawowymi wymaganiami agrotechnicznymi takiej kreacji hodowlanej są potrzebne zarówno z punktu widzenia badań naukowych jak i praktyki rolniczej. W przeprowadzonych badaniach podjęto próbę określenia wymagań owsa w odniesieniu do gęstości siewu i dawki nawożenia azotem.

Wyniki badań przeprowadzonych w latach 2003 i 2004 wskazują na istotny wpływ zarówno lat jak i obu badanych czynników agrotechnicznych na plon ziarna z jednostki powierzchni i cechy struktury plonu. W roku 2003 średni plon ziarna owsa wynosił 4,67 i był o 8% wyższy niż plon uzyskany w roku 2004 i o 4% wyższy w porównaniu do średniej z dwu lat. Niższy plon ziarna zebrany w roku 2004 był wynikiem bardzo dużego braku opadów w maju i czerwcu, oraz wyższej temperatury powietrza w porównaniu do średniej wieloletniej o $3,2^\circ\text{C}$ (maj) i $1,8^\circ\text{C}$ (czerwiec) w miesiącach intensywnego wzrostu owsa, na które przypadły fazy końca krzewienie do końca wiechowania. Owies

w porównaniu do innych roślin zbożowych charakteryzuje się małymi wymaganiami cieplnymi oraz wysokimi potrzebami wodnymi, zwłaszcza od fazy strzelania w źdźbło do wiechowania (Panek 1989, Rudnicki, Wasilewski 1993). Według Dzieżyca (1993) na glebach pszennych wpływ opadów na wydajność owsa jest największy w okresie przed siewem i od wschodów do krzewienia. Opady od fazy krzewienia do wiechowania występują w ujemnej interakcji z opadami od siewu do wschodów, natomiast w dodatniej z opadami przed siewem.

Średni plon z obu lat wyniósł 4,51 t/ha, jest to plon wyższy o 33% niż uzyskany przez Wróbla i wsp. (2003) z odmiany nieoplewionej Akt i tylko o 11% niższy niż uzyskany z odmiany oplewionej Bajka. Natomiast uzyskane plony były na poziomie plonów odmiany Akt uzyskanych przez Piecha i wsp. (2003).

Wyniki badań przeprowadzonych w latach 2003–2004 wskazują na istotny wpływ dawki nawożenia azotem na plon owsa. W roku 2003 i średnio z dwu lat dawka 40 kg N·ha⁻¹ w porównaniu do N₂₀ przyczyniła się do zwiększenia plonu ziarna z jednostki powierzchni odpowiednio o 5 i 3,9 dt/ha. Dalsze zwiększenie dawki nie miało istotnego wpływu na wielkość plonu. W roku 2004 najwyższy plon uzyskano stosując 60 kg N·ha⁻¹. Według badań fińskich (Peltonen-Sainio 1994, 1997) optymalna dawka nawożenia wynosiła 80 kg N·ha⁻¹. Wróbel i wsp. (2003) stwierdzili, że odmiana Akt reagowała istotnym przyrostem plonu na dawkę 90 kg N·ha⁻¹, natomiast Walens (2003) stwierdziła, że odmiana nieoplewiona Akt reaguje istotną zwyżką plonu do dawki N₆₀. Badania Kozłowskiej-Ptaszyńskiej i wsp. (1997, 2000), Sułek (2003) oraz Koziary (2004) wykazały, że odmiany charakteryzują się zróżnicowaną reakcją na dawkę nawożenia azotem. Prezentowane dane wskazują, że ród STH 6503 charakteryzuje się mniejszymi wymaganiami odnośnie dawki nawożenia azotem w porównaniu do formy długosłomej.

W obu latach doświadczenia liczba roślin po wschodach z jednostki powierzchni oraz liczba wiech wzrastały istotnie do dawki 60 kg N·ha⁻¹. MTZ wzrastała wraz ze wzrostem nawożenia azotem, co jest sprzeczne z badaniami innych autorów, którzy nie uzyskali wpływu dawki nawożenia azotem na ten parametr (Koziara, 2004) lub uzyskali wynik negatywny. Badania wykazały negatywny wpływ dawki nawożenia azotem na liczbę ziarniaków w wieszce, zatem wnioskować można że dodatni wpływ dawki nawożenia wynikał ze wzrostu obsady wiech na jednostce powierzchni i MTZ.

Ilość wysiewu miała istotny wpływ na plonowanie owsa STH 6503. Zwiększenie ilości wysiewu z 3,0 mln ziaren/ha do 7,5 mln ziaren/ha w roku 2003 i 6,0 mln ziaren/ha w 2004 roku spowodował istotny wzrost plonu ziarna. Natomiast średnia z dwu lat wskazuje na brak istotnej zależności plonu ziarna owsa krótkosłomego od uwzględnionych w doświadczeniu ilości wysiewu. Badania Dubisa i Budzyńskiego (2003) wskazują, że formy nagoziarniste wymagają siewu ok. 8,0 mln ziaren/ha. Kozłowska-Ptaszyńska i wsp. (2001) oraz Walens (2003) nie wykazały zróżnicowania w plonowaniu formy owsa oplewionego i nieoplewionego w zależności od gęstości siewu. W badaniach wykazano, że wzrost ilości wysiewu powoduje zmiany w wartościach cech struktury plonu. Zwiększała się obsada roślin, ilość wiech na jednostce powierzchni, a zmniejszało rozkrzewienie

produkcyjne, liczba ziaren w wiesze. Wyniki te są zgodne z danymi uzyskanymi przez innych autorów (Kozłowska-Ptaszyńska i in., 2001; Dubis i Budzyński, 2003).

WNIOSKI

1. Warunki pogody w okresie wegetacji owsa wywarły wpływ na długość poszczególnych okresów wzrostu. Wysoka temperatura w maju spowodowała skrócenie okresu wschody-strzelanie w źdźbło, susza w czerwcu połączona z wysoką temperaturą przyczyniła się do skrócenia okresu od wiechowania do dojrzałości mleczej.
2. Czynniki doświadczenia: dawka nawożenia azotem i gęstość siewu nie miały istotnego wpływu na długość okresu wegetacji krótkosłomej formy owsa i na termin osiągnięcia poszczególnych faz wzrostu i rozwoju.
3. Średnia z dwu lat badań wskazuje na brak istotnej zależności wielkości plonu ziarna od uwzględnionych w badaniach ilości wysiewu, zatem krótkosłomą formę owsa nagoziarnistego STH 6503 należy wysiewać rzadko stosując ok. 3,0 mln ziaren na 1 ha.
4. Brak istotnej reakcji rodu STH 6503 na gęstość siewu związany był z istotną obniżką liczby ziaren z rośliny i z wiechy, plonu ziarna z rośliny i z wiechy wraz ze wzrostem gęstości siewu. Obniżka ta była na tyle istotna, że nie rekompensował jej wzrost liczby wiech i roślin na jednostce powierzchni.
5. Na glebie kompleksu psennego dobrego wystarczająca okazała się dawka 40 kg N·ha⁻¹. Dodatni wpływ dawki nawożenia azotem wynikał głównie ze wzrostu liczby roślin i wiech na jednostce powierzchni i wzrostu MTZ.

LITERATURA

- Bartnikowska E., Lange E., Rakowska M. 2000. Ziarno owsa-niedocenione źródło składników odżywczych i biologicznie czynnych. Cz. I. Biul. IHAR 215: 223 — 237.
- Dubis B., Budzyński W., Szempliński W. 2003. Reakcja owsa nagoziarnistego na termin i gęstość siewu. Biul. IHAR 229: 139 — 146.
- Čermak B., Moudrý J. 1998. Comparison of grain yield and nutritive value of naked and husked oats. Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricult. 66: 89 — 98.
- Dziężyc J. 1993. Czynniki plonotwórcze — plonowanie roślin. PWN Warszawa-Wrocław.
- Gąsiorowski H. 2000. Wartość odżywcza owsa nagiego, Wieś Jutra, 6 (23): 36 — 37.
- Kozłowska-Ptaszyńska Z., Pawłowska J., Woch J. 2001. Wpływ terminu i gęstości siewu na plonowanie nowych odmian owsa. Biuletyn IHAR, 217: 121 — 126.
- Koziara W. 2004. Reakcja trzech odmian owsa na deszczowanie i nawożenie azotem. Biul. IHAR 231: 397 — 403.
- Kozłowska-Ptaszyńska Z., Pawłowska J., Woch J. 2000. Wpływ dawek azotu na plon i jego strukturę u nowych polskich odmian owsa. Biul. IHAR 215: 239 — 244.
- Nita Z. T. 1999. Stan aktualny i nowe kierunki hodowli owsa w Polsce, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 6 (Supl. 1): 186 — 192.
- Nita Z. T. 2003. Współczesne osiągnięcia i perspektywy hodowli owsa w Polsce. Biul. IHAR 229: 13 — 20.
- Panek K. 1989. Potrzeby wodne roślin zbożowych. Rozdział W: Potrzeby wodne roślin uprawnych. Praca zbior. J. Dziężyc, PWN, Warszawa: 50 — 85.
- Peltonen-Sainio P. 1994. Yield components differences between naked and conventional oat. Agron. J. 86: 510 — 513.
- Peltonen-Sainio P. 1997. Groat yield and plant stand structure of naked and hulled oat under different nitrogen fertilizer and seeding rates. Agron. J. 89: 140 — 147.

- Piech M., Maciorowski R., Petkov K. 2003. Plon ziarna i składników pokarmowych owsa nieoplewionego i oplewionego uprawianego przy dwóch poziomach nawożenia azotem. Biul. IHAR 229: 103 — 113.
- Piech M., Nita Z., Maciorowski R. 1999. Porównanie plonowania dwóch odmian owsa nieoplewionego z oplewionym przy dwóch poziomach nawożenia azotem. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. (Supl. 1): 137 — 141.
- Rudnicki F., Wasilewski P. 1993. Wpływ doboru gatunków i ilości opadów na wydajność jarych mieszanek zbożowych. *Fragm. Agron.* 4 (40): 95 — 96.
- Wróbel E., Krajewski T., Krajewski W. 2003. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i strukturę plonu owsa oplewionego i nagoziarnistego. Biul. IHAR 229: 95 — 102.
- Walens M. 2003. Wpływ nawożenia azotowego i gęstości siewu na wysokość i jakość plonu ziarna odmian owsa oplewionego i nagoziarnistego. Biul. IHAR 229: 115 — 124.

WŁADYSŁAW NOWAK

JÓZEF SOWIŃSKI

Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Wpływ przedplonów na biomasę owsa w systemie uprawy tradycyjnej i uproszczonej

The effect of forecrops on biomass of oats in traditional and reduced tillage system

W doświadczeniach przeprowadzonych, w RZD Pawłowice należącym do AR we Wrocławiu w latach 2003–2004 określono wysokość plonu koniczyny perskiej (*Trifolium resupinatum* L.), życicy westerwoldzkiej (*Lolium multiflorum* var. *westerwoldicum* Wittm.) uprawianych w siewie czystym i mieszanym oraz mieszanki grochu siewnego z pszenżytem jarym, przy zróżnicowanym nawożeniu azotowym. W latach 2004–2005 badano następny wpływ wymienionych powyżej czynników na plonowanie owsa uprawianego w systemie tradycyjnym i uproszczonym. Owies zbierano w dojrzałości mleczno-woskowej ziarna z przeznaczeniem na kiszonkę z całych roślin lub na bezpośrednie skarmianie. W systemie uproszczonym pług zastąpiono kultywatorem o łapach sztywnych. Wyeliminowanie orki spowodowało pogorszenie warunków wzrostu w początkowym okresie wegetacji, co obniżyło liczbę roślin na 1 m² o 44% w porównaniu do uprawy orkowej. Podobne różnice stwierdzono w plonie suchej masy owsa z 1 m², który obniżył się z ponad 1100 g (uprawa tradycyjna) do 639 g z 1 m² (uprawa uproszczona). Po koniczynie perskiej w siewie czystym oraz po mieszance grochu z pszenżytem liczba roślin była największa. W stanowisku po koniczynie perskiej w siewie czystym, przez cały okres wegetacji były najkorzystniejsze warunki, a plon suchej masy był o 21–26% wyższy niż po innych przedplonach.

Słowa kluczowe: nawożenie azotem, owies, plon suchej masy, przedplon, system uprawy

In the first series of the studies conducted in 2003–2004 at the Research Station Pawłowice, belonging to Wrocław Agricultural University, the dry matter yield of Persian clover (*Trifolium resupinatum* L.) and Westervold ryegrass (*Lolium multiflorum* var. *westerwoldicum* Wittm.) sown as pure stand and in mixture, as well as That of a mixture pea + spring triticale was evaluated. Different levels of nitrogen fertilization were applied. In 2004–2005, the residual effects of the above factors on yielding of oats grown in traditional and reduced tillage systems were examined. Oat plants were cut the at milk-dough maturity to make silage or be fed to animals directly. In the reduced tillage system, the plough was replaced with a cultivator. The elimination of ploughing made the growth conditions at the beginning of vegetation worse, and a number of plants on 1 m² was smaller by 44%, as compared to that following the full tillage. Similar differences were found in the yield of dry matter of oats, which decreased from over 1100 g (traditional tillage) to 639 g/1 m² (reduced tillage). After Persian clover sown as pure stand, as well as after pea-triticale mixture, the plant density was higher. In the plot where Persian clover in pure stand was applied, the conditions were favorable throughout the vegetation period and the yield of dry matter of oats was higher by 21–26% than in the plots where the other fore crops were used.

Key words: dry matter yield, forecrops, nitrogen fertilization, oats, tillage system

WSTĘP

Powierzchnia uprawy owsa w Polsce zmniejszyła się z 1,6 mln ha w latach sześćdziesiątych do poniżej 0,6 mln ha obecnie. Walory żywieniowe tego gatunku są jednak bezsprzeczne, za sprawą wysokiej wartości biologicznej białka i wartości dietetycznych (Bartnikowska i in., 2000). Nie bez znaczenia jest również fitosanitarna rola tego gatunku w płodozmianie (Adamiak i in., 1999; Adamiak i in., 2005; Rudnicki, 2005).

Oprócz uprawy na ziarno, zboża mogą być zbierane na kiszonkę z całych roślin. W Europie na taki kierunek użytkowania przeznaczają się zboża z ponad 500 tys. ha (Wilkins i Kirilov, 2003). Głównie ma to miejsce w rejonach, gdzie zawodna jest uprawa kukurydzy, ale również w rejonach cieplejszych zbierane są zboża z takim przeznaczeniem np. w Turcji i Hiszpanii (Filia, 2003; Garcia del Moral, 1992; Royo i in., 1993). Zbiór zbóż na kiszonkę jest popularny, ze względu na wysoką stabilność plonowania, wysoką wartość pokarmową paszy, wyższy plon białka i energii niż w terminie zbioru na ziarno (Bolsen i in., 1996; Bruckner i in., 1991; Garcia del Moral, 1992; Royo i in., 1993; Twidwell i in., 1987). Ponadto po zbiorze zbóż na kiszonkę pozostaje dobre stanowisko pod uprawę gatunków wysiewanych w terminach wczesnojesiennych (Wasilewski, 1997).

W Polsce i krajach ościennych, orka i inne intensywnie działające zabiegi uprawowe są powszechnie stosowane w uprawie roślin rolniczych (Malicki i in., 1997). Oprócz niewątpliwych wielu zalet tego systemu, występuje także niekorzystne oddziaływanie orki na glebę (wzrost erozji wodnej i wietrznej, przyspieszona mineralizacja substancji organicznej). Ten sposób uprawy jest przede wszystkim pracochłonny i energochłonny (Budzyński i in., 1995; Kordas, 1995; Kuś, 1995). Sposobami mającymi na celu zmniejszenie nakładów oraz ujemnego wpływu uprawy na glebę i środowisko jest ograniczenie liczby zabiegów, spłycenie głębokości uprawy, a nawet wyeliminowanie niektórych z nich.

Uprawa uproszczona polega na powierzchniowym spulchnieniu i wymieszaniu gleby z resztkami poźniwnymi (bez jej całkowitego odwracania) za pomocą kultywatora, brony talerzowej lub innych (agregatowanych) narzędzi i maszyn uprawowych. Po takich zabiegach znaczna część resztek poźniwnych pozostaje na powierzchni gleby, tworząc mulcz ją osłaniający (Birkas i in., 2003; Brautigam, Tebrugge, 1997; Dzienia, Dojss, 1999; Pudełko i in., 1994). Uproszczona uprawa powoduje zazwyczaj spadek plonowania roślin. Wśród głównych przyczyn podaje się wzrost gęstości gleby (następstwem są słabsze wschody roślin), większe zachwaszczenie i porażenie przez choroby (Birkas i in., 2003). Owies jest gatunkiem szczególnie wrażliwym na zagęszczenie gleby, które utrudnia wzrost systemu korzeniowego (Grzebisz, 1989), nasila się również parowanie z powierzchni gleby. Owies jest gatunkiem o wysokich wymaganiach wilgotnościowych (Panek, 1992; Rudnicki, 1995).

W warunkach klimatu umiarkowanego szczególnie istotna jest ochrona gleby w okresie zimy. W zaleceniach dotyczących rolnictwa zrównoważonego, 70% powierzchni gruntów ornych powinno być okryte roślinnością w okresie zahamowania wegetacji. Zaleca się,

więc uprawę form ozimych lub wieloletnich gatunków roślin motylkowych i traw oraz poplonów.

Wcześniejsze badania wykazały, że plonowanie owsa jest w mniejszym stopniu uzależnione od przedplonu niż innych zbóż (Bojarczuk, Bojarczuk, 1992), ale stwierdzono korzystny wpływ przedplonu na wysokość plonu (Smagacz, 1994). Powszechnie za najlepsze rośliny przedplonowe uważane są motylkowe, które korzystnie wpływają na wysokość plonu oraz na żyzność gleby (Rudnicki, 2005). Uwarunkowania ekonomiczne w ostatnim okresie spowodowały, że ok. 70% powierzchni gruntów ornych stanowią zboża. Utrzymanie wysokiego poziomu ich plonowania jest związane ze stosowaniem intensywnego nawożenia i zabiegów pielęgnacyjnych. Złagodzenie niekorzystnego wpływu monokultury zbóż, można uzyskać, gdy co kilka lat uprawia się je po dobrym przedplonie (roślinie regenerującej).

Celem podjętych badań była ocena wpływu sposobu uprawy roli, nawożenia azotem oraz przedplonów: koniczyny perskiej, życicy westerwoldzkiej w siewie czystym i w mieszankach oraz mieszanki pszenżyta z grochem na plonowanie owsa zbieranego w dojrzałości mlecznej z przeznaczeniem na kiszonkę.

MATERIAŁ I METODY

Przeprowadzono dwie serie doświadczeń polowych: pierwszą w latach 2003–2004 i drugą w 2004–2005 w RZD Pawłowice należącym do Akademii Rolniczej we Wrocławiu na glebie należącej do rzędu gleb brunatno-ziemnych, typu płowego, wytworzonej z gliny lekkiej na glinie średniej. Gleba charakteryzowała się lekko kwaśnym odczynem, wysoką zasobnością w fosfor i potas oraz średnią w magnez.

Badane czynniki:

- Czynniki pierwszy — sposób uprawy:
 - I. Tradycyjny z orką przedzimową,
 - II. Uproszczony — polegający na pozostawieniu roślin na polu przez okres zimy, a wiosną wykonano kultywatorowanie i siew w mulcz.
- Czynniki drugi — nawożenie azotem pod przedplon:
 - 1. Kontrola — bez nawożenia azotem
 - 2. Nawożenie azotem — dawką 50 kg N·ha⁻¹ pod każdy pokos (w 2003 zebrano 3-pokosy, a w 2004 roku 4-pokosy). Pod mieszankę pszenżyta z grochem zastosowano w obydwu latach po 100 kg N·ha⁻¹.
- Czynniki trzeci — rodzaj przedplonu:
 - A. Koniczyna perska w czystym siewie 100%,
 - B. Koniczyna perska 40% + życica westerwoldzka 60%,
 - C. Koniczyna perska 60% + życica westerwoldzka 40%,
 - D. Życica westerwoldzka w czystym siewie 100%,
 - E. Groch siewny + pszenżyto jare.

Doświadczenie obejmowało łącznie 40 poletek, każde o powierzchni 15 m².

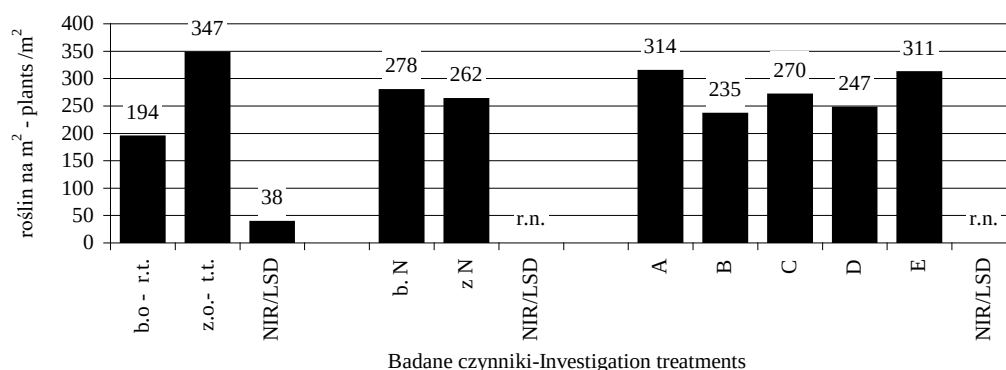
Owies (odmianę Chwat) wysiano 20 marca 2004 i 4 kwietnia 2005 w liczbie 500 kielkujących ziarniaków na 1 m². Po wschodach obliczono liczbę roślin na 2 mb. W dojrzałości

mleczno-woskowej pobrano próbki owsa z powierzchni 1 m². W oparciu o analizę botaniczną określono udział w suchej masie owsa, odrastającej życicy oraz chwastów.

W materiale roślinnym klasycznymi metodami oznaczono zawartość białka ogółem oraz surowego włókna, tłuszczu i popiołu. Uzyskane wyniki zostały poddane analizie statystycznej w programie Statistica. Przeprowadzono analizę wariancji, a przedziały ufności testowano testem Duncana.

WYNIKI

System uprawy istotnie różnicował liczbę roślin po wschodach (rys. 1). W systemie tradycyjnym z orką obsada była o 79% wyższa niż bez orki. Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu nawożenia azotem i przedplonu na liczbę roślin po wschodach. Stwierdzono natomiast, że po koniczynie w czystym siewie i mieszance pszenżyta z grochem uzyskano największą liczbę roślin, która wynosiła odpowiednio 314 i 311 sztuk na m².



b.o. — bez orki; r.t.; reduced tillage

z.o. — z orką; t.t.; traditional tillage

b.N. — bez azotu; without nitrogen

z.N. — z azotem; with nitrogen

A — koniczyna perska 100%; Persian clover 100%

B — koniczyna perska 40%+życica westerwoldzka 60%; Persian clover 40%+Westerwold ryegrass 60%

C — koniczyna perska 60%+życica westerwoldzka 40%; Persian clover 60%+Westerwold ryegrass 40%

D — życica westerwoldzka 100%; Westerwold ryegrass 100%

E — groch siewny+pszenżyto jare; peas+triticale

Rys. 1. Wpływ badanych czynników na liczbę roślin po wschodach. Średnie z lat 2004–2005

Fig. 1. The effect of investigation treatments on plant density. Mean for 2004–2005

Nie stwierdzono istotnego współdziałania czynników doświadczenia w oznaczonym plonie ogólnym i masie owsa (tab. 1). Koniczyna w czystym siewie była najlepszym przedplonem, po którym zebrano najwyższy plon suchej masy ogółem oraz masy owsa. Jedynie w systemie orkowym po zastosowaniu nawożenia azotem, wyższy plon uzyskano po mieszance koniczyny perskiej 60% z życicą westerwoldzką 40%. Masa owsa w systemie bez orki była niższa niż po uprawie tradycyjnej, niezależnie od nawożenia oraz

po wszystkich przedplonach. Najmniejsze zróżnicowanie zanotowano, gdy owies wysiano po koniczynie perskiej. W uprawie tradycyjnej masa owsa była wyższa od 6% do 57% (kontrola), gdy w roku poprzedzającym zastosowano azot. Po życicy westerwoldzkiej w czystym siewie różnice pomiędzy systemami uprawy były największe i po orce masa owsa była wyższa od 258% (gdy zastosowano azot w roku poprzedzającym) do 873% (w kontroli).

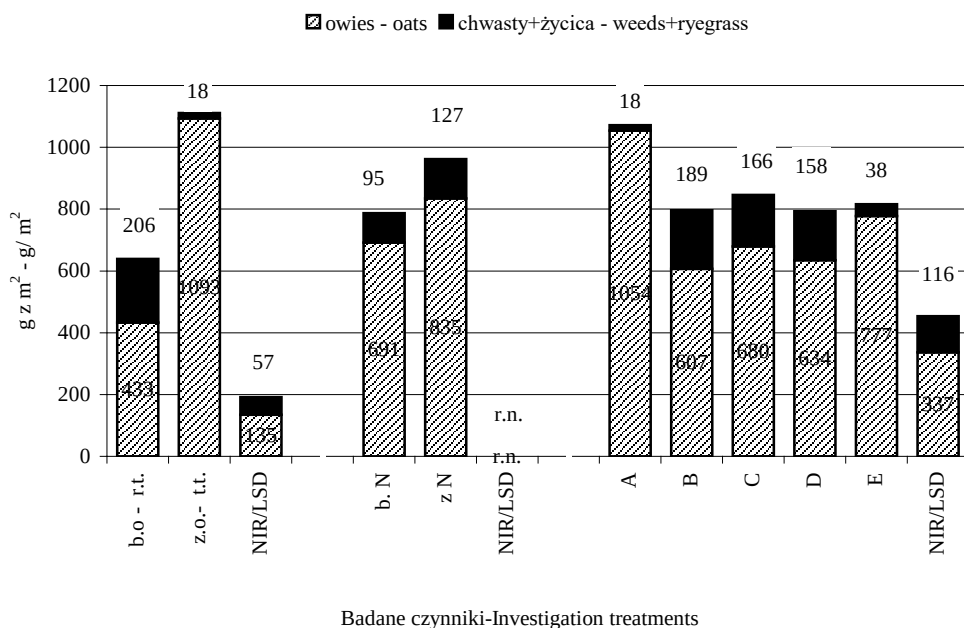
Tabela 1

Następczy wpływ uprawy roli, nawożenia oraz przedplonu na plon suchej masy ogółem (owies, życica, chwasty) i owsa (g/m²) w dojrzałości mleczno-woskowej ziarna. Średnie z lat 2004–2005
The fallow effect of tillage system, nitrogen fertilization and forecrops on total dry matter yield (oats, ryegrass, weeds) and oats (g/m²) at the milk-dough stage. Mean for 2004–2005

Przedplon Forecrop	Bez orki Without ploughing				Z orką With ploughing			
	bez N-without N		z N-with N		bez N-without N		z N-with N	
	ogółem total	owies oats	ogółem total	owies oats	ogółem total	owies oats	ogółem total	owies oats
A — koniczyna perska 100% Persian clover 100%	825	792	1073	1035	1250	1247	1094	1094
B — koniczyna perska 40%+życica westerwoldzka 60% Persian clover 40%+Westerwold ryegrass 60%	453	206	624	249	980	939	1173	1116
C — koniczyna perska 60%+życica westerwoldzka 40% Persian clover 60%+Westerwold ryegrass 40%	468	199	740	402	940	889	1236	1229
D — życica westerwoldzka 100% Westerwold ryegrass 100%	353	93	675	336	940	905	1203	1203
E — groch siewny+pszenżyto jare Peas+triticale	505	428	634	566	1130	1130	993	987
NIR dla współdziałania — sposobu uprawy × nawożenia × przedplonu LSD for interaction — tillage method × fertilization × forecrop					ogółem — total 321		owsa — oats 412	

Sucha masa ogółem w systemie uprawy tradycyjnej wynosiła średnio 1111 g z 1 m² i była istotnie wyższa (aż o 74%) niż w uproszczonym sposobie uprawy (rys. 2). Udział owsa w zebranej masie był zróżnicowany i wynosił 98,4% (w systemie tradycyjnym) oraz 67,8% (bez orki).

Nawożenie azotem pod przedplon nie miało istotnego wpływu na wysokość plonu łącznego suchej masy rośliny następczej. Średnio po zastosowaniu nawożenia uzyskano o 22% wyższy plon suchej masy w porównaniu do uzyskanego bez nawożenia. Udział owsa był wyrównany i wynosił 87%–88%.



Rys. 2. Struktura i plon łączny suchej masy w dojrzałości mleczno-woskowej owsa.
Średnie z lat 2004–2005

Fig. 2. The structure and total yield of dry matter at the milk-dough stage of oats. Mean for 2004–2005

Koniczyna perska w czystym siewie zapewniła najlepsze warunki dla wzrostu owsa, po której masa łączna była istotnie najwyższa i wynosiła 1072 g z 1 m². Po pozostałych przedplonach uzyskano od 792 g z 1 m² (po życicy westerwoldzkiej w czystym siewie) do 846 g z m² (po mieszance koniczyny perskiej 60% z życicą westerwoldzką 40%). Udział owsa w zebranej masie był zróżnicowany i wynosił od 76,3% (po mieszance koniczyny perskiej 60% z życicą westerwoldzką 40%) do 98,3% (po koniczynie perskiej w czystym siewie).

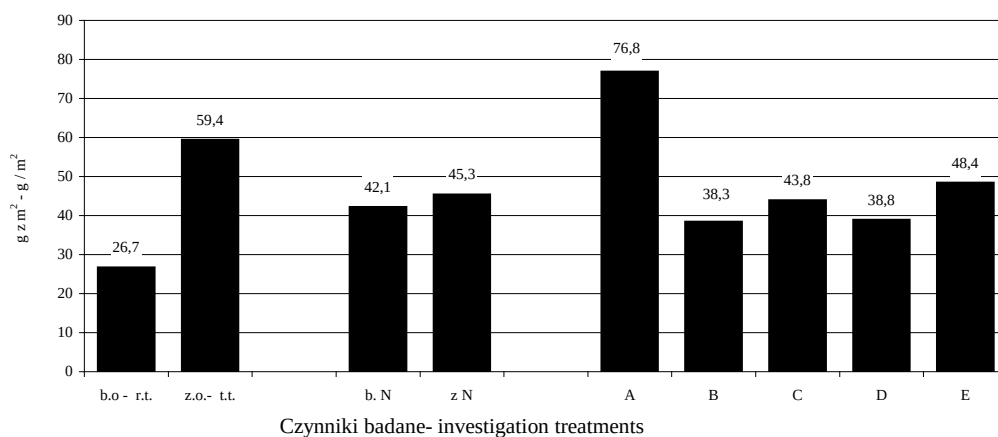
Badane czynniki spowodowały również zróżnicowanie składu chemicznego owsa w dojrzałości mleczno-woskowej ziarna (tab. 2). W systemie orkowym wyższa była zawartość tłuszczu surowego i włókna, nawożenie azotem natomiast spowodowało tylko wzrost zawartości włókna surowego. Najkorzystniejszym składem chemicznym wyróżniał się owies uprawiany po koniczynie w czystym siewie, po pozostałych przedplonach zawartość oznaczanych składników była podobna.

Ilość uzyskanego białka i energii w przeliczeniu na jednostki produkcji mleka (JPM) z 1 m² pod wpływem badanych czynników była podobnie zróżnicowana (rys. 3–4). Wyróżniał się wyraźnie system orkowy w porównaniu do systemu bezorkowego, a z porównywanych przedplonów koniczyna w czystym siewie.

Tabela 2

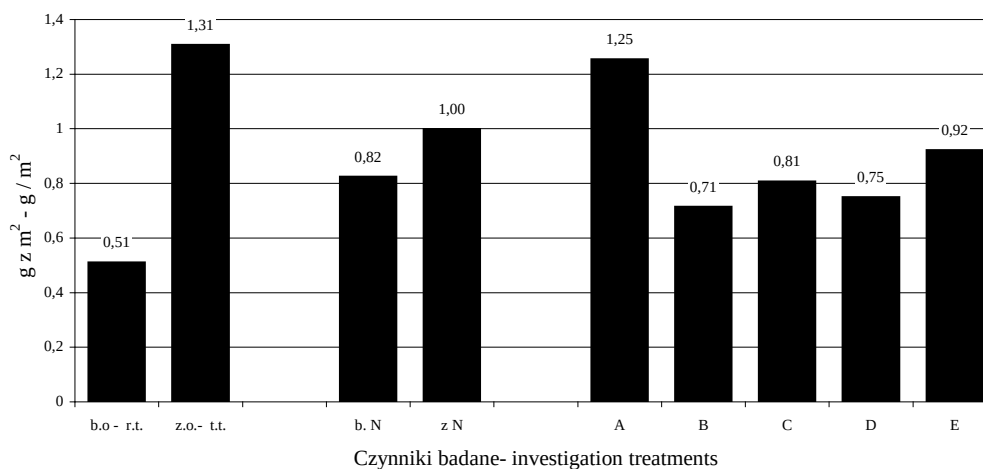
Skład chemiczny owsa w dojrzałości mleczno-woskowej ziarna. Średnie dla czynników
Oat chemical composition at the in milk-dough stage of grain. Average for treatments

Wyszczególnienie Specification	Procent suchej masy Percentage of dry matter				
	tłuszcz surowy crude fat	popiół surowy crude ash	włókno surowe crude fibre	białko ogółem crude protein	bezzazotowe związki wyciągowe N-free extract
Sposób uprawy — Tillage system					
Bez orki — without ploughing	3,37	6,41	27,93	6,16	56,12
Z orką — with ploughing	4,12	5,51	28,31	5,43	56,63
Nawożenie azotem — Nitrogen fertilization					
Bez N — Without N	4,29	5,89	25,09	6,09	58,68
Z N — With N	4,12	5,51	28,31	5,43	56,63
Przedplon — Forecrop					
A — koniczyna perska 100% Persian clover 100%	3,72	6,29	28,64	7,29	54,07
B — koniczyna perska 40%+życica westerwoldzka 60% Persian clover 40%+Westerwold ryegrass 60%	3,48	5,97	29,47	6,32	53,75
C — koniczyna perska 60%+życica westerwoldzka 40% Persian clover 60%+Westerwold ryegrass 40%	3,33	5,91	29,38	6,45	54,93
D — życica westerwoldzka 100% Westerwold ryegrass 100%	3,47	6,35	29,07	6,12	54,99
E — groch siewny+pszenżyto jare Peas+triticale	3,62	6,10	28,19	6,22	55,88



Rys. 3. Wpływ badanych czynników na masę białka w g z 1 m² w dojrzałości mleczno-woskowej owsa.
Średnie z lat 2004–2005

Fig. 3. The effect of treatments on protein yield (g per m²) in oats harvested at the milk-dough stage.
Mean for 2004–2005



Rys. 4. Wpływ badanych czynników na ilość energii w JPM z 1 m² w dojrzałości mleczno-woskowej owsa. Średnie z lat 2004-2005

Fig. 4. The effect of treatments on energy yield in UFL per m² in oats harvested in milk-dough stage. Mean for 2004-2005

DYSKUSJA

Liczba roślin owsa po wschodach była różnicowana przede wszystkim przez sposób uprawy. Nawożenie azotem w roku poprzedzającym i rodzaj przedplon nie miały istotnego wpływu. W uprawie tradycyjnej uzyskano wyższą liczbę roślin na jednostce powierzchni. W badaniach przeprowadzonych przez Sojkę i wsp. (1997), w innych warunkach siedliskowych lepsze wschody owsa uzyskano, gdy zastosowano siew bezpośredni.

System uprawy bezorkowej, oceniany przez wielu autorów jako znacznie oszczędniejszy w zużyciu energii, w porównaniu do systemu orkowego (Budzyński i in., 1995; Kordas, 1995; Kuś, 1995) spowodował istotny spadek plonu łącznego i plonu owsa. Mając jednak na uwadze obniżenie kosztów produkcji oraz względy ochrony środowiska czynione są próby wdrażania go do praktyki rolniczej. Obok podawanych w literaturze wielu zalet tego systemu, stwierdzono niekorzystny wpływ na wzrost i rozwój roślin oraz spadek plonu, a główne przyczyny to: gorsze wschody, większe zachwaszczenie, wzrost gęstości gleby, a w konsekwencji niższy poziom plonowania. Jak wykazały badania Budzyńskiego i wsp. (2005) zastosowanie głębosza i płytkiej orki pod pszenicę ozimą dało 22% oszczędności energii w porównaniu do uprawy tradycyjnej. Obiecującym było to, że przy obniżeniu zużycia energii uzyskano plony ziarna większe niż w tradycyjnej uprawie orkowej. W badaniach Sowińskiego (2004), siew bezpośredni w ściern pszenicy ozimej z przeznaczeniem na kiszonkę w porównaniu do tradycyjnego sposobu siewu spowodował o ponad 20% obniżenie plonu suchej masy. W przeprowadzonym doświadczeniu w systemie uproszczonym z zastosowaniem kultywatora o łapach sztywnych uzyskano

niższy o 74% plon suchej masy niż po wykonaniu orki. Jednocześnie obniżył się udział owsa w zbieranej masie z 98,4% (po wykonaniu orki) do 67,8% (bez orki). W systemie uproszczonym większy był udział odrastającej życicy i chwastów. W innych warunkach klimatycznych zaniechanie wykonania uprawy powierzchniowej i wysiew owsa siewnikiem do siewu bezpośredniego zapewniło uzyskanie ponad 5,3 t suchej masy z ha, podczas gdy w systemie tradycyjnym plon był niższy, na poziomie 3,7 t z ha (Sojka i in., 1997). Rudnicki (1995) stwierdził, że plonowanie owsa jest ściśle zależne od zaspokojenia potrzeb wodnych, które są większe niż u innych zbóż oraz odmiennie rozłożone w czasie. Niedobory opadów w końcowych miesiącach wegetacji mają wpływ na jego plonowanie. Podobne wyniki, potwierdzające tę prawidłowość uzyskała również Panek (1992).

Zwiększone nawożenie azotem ogranicza spadek plonu spowodowany stosowaniem uproszczeń w przygotowaniu gleby. W przeprowadzonych badaniach, w systemie uprawy tradycyjnej zastosowanie azotu pod przedplon spowodowało wzrost plonu owsa tylko o 10%. Wysiew podobnej dawki w systemie uproszczonym spowodował wzrost plonu suchej masy rośliny następcej o 50%. W badaniach przeprowadzonych przez Sowińskiego (2004) w systemie uprawy bezorkowej, po zastosowaniu 120 kg N na ha, plony suchej masy pszenicy zwiększył się o 50% w porównaniu do obiektu bez azotu.

WNIOSKI

1. Zastąpienie orki kultywatorem nie zapewniło prawidłowego przygotowania gleby przed siewem owsa. Pozostały na powierzchni mulcz roślinny utrudniał wschody roślin a ich liczba w systemie uproszczonym była istotnie niższa (o 44%) niż po wykonaniu orki.
2. Uproszczenie uprawy roli pod owies spowodowało istotną obniżkę plonów suchej masy (o ponad 70%) w porównaniu do tradycyjnej uprawy orkowej.
3. Nawożenie azotem miało większy wpływ na plon suchej masy w systemie uprawy uproszczonej niż tradycyjnej i ograniczało spadek plonu spowodowany pogorszeniem warunków dla wzrostu rośliny uprawnej.
4. Spośród porównywanych przedplonów, najwyższe plony suchej masy owsa w uprawie na kiszonkę uzyskano po koniczynie perskiej, niezależnie od systemu uprawy.
5. Badane czynniki w małym stopniu wpłynęły na zróżnicowanie składu chemicznego owsa w dojrzałości młecznej ziarna. W systemie orkowym stwierdzono zwiększenie zawartości tłuszczu surowego i włókna, zmniejszała się natomiast zawartość popiołu i białka. Z porównywanych przedplonów najkorzystniejszy wpływ na skład chemiczny owsa miała koniczyna perska w czystym siewie. Skład chemiczny owsa po pozostałych przedplonach był podobny.

LITERATURA

- Adamiak J., Adamiak E., Zawiślak K. 1999. Plonotwórcza i plonochronna rola owsa w płodozmianach zbożowych. *Pam. Puł.* 114: 15 — 21.
- Adamiak J., Adamiak E., Balicki T. 2005. Wpływ wieloletniej monokultury na występowanie chorób podstawy źdźbła w czterech zbożach. *Fragm. Agron.* 2 (86): 7 — 13.

- Bartnikowska E., Lange E., Rakowska M. 2000. Ziarno owsa — niedocenione źródło składników odżywczych i biologicznie czynnych. Cz. I. Ogólna charakterystyka owsa. Białka, tłuszcze. Biul. IHAR 215: 209 — 221.
- Bolsen, K. K., Bonilla, D. R., Huck, G. L., Young, M. A., Hart-Thakur, R. A. 1996. Effect of a propionic acid bacterial inoculant on fermentation and aerobic stability of whole-crop maize silage. Proc. XIth Int. Silage Conf. Aberystwyth, UK: 154 — 155.
- Birkas M., Gyuricza C., Percze A., Ujj A. 2003. Soil conservation and sustainable land management in Hungary. Proceedings of Scientific Conference with International Participation "Sustainable agriculture and rural development" Nitra 25–26 September 2003: 8 — 12.
- Bojarczuk J., Bojarczuk M. 1992. Reakcja owsa na niekorzystne warunki fitosanitarne po różnych przedplonach. Biul. IHAR 181–182: 119 — 127.
- Bräutigam V., Tebrügge F. 1997. Influence of long-termed no-tillage on soil borne plant pathogens and on weeds. Experience with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries. Proceedings of the EC-Workshop-III: 17 — 29.
- Bruckner P. L., Barnett R. D., Johnson J. W., Cunfer B. M. 1991. Registration of "Sunland" triticale. Crop-Science, vol. 31 (6): 1710 — 1711.
- Budzyński W., Fedejko B., Szempliński W., Majewska K. 1995. Energetyczna, produkcyjna oraz jakościowa ocena różnych technologii uprawy ozimej pszenicy chlebowej. *Fragm. Agron.* 3: 33 — 52.
- Dzienia S. 1995. Siew bezpośredni technologia alternatywna. *Mat. Konf. Nauk. „Siew bezpośredni w teorii i w praktyce. Szczecin Barzkowice 12 czerwca 1995: 9 — 19.*
- Dzienia S., Dojss D. 1999. Wpływ sposobów uprawy roli na zachwaszczenie i plonowanie pszenicy ozimej. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 195, *Agricult.* 74: 185 — 190.
- Filya I. 2003. Nutritive value of whole crop wheat silage harvested at three stages of maturity. *Animal Feed Science and Technology* 103: 85 — 95.
- Garcia del Moral L. F. 1992. Leaf area, grain yield and yield components following forage removal in triticale. *Journal Agronomy and Crop Science* 168: 100 — 107.
- Grzebisz W. 1989. Growth of crop plants roots in a compacted soil. *Fragm. Agron.* 3: 19 — 31.
- Hoyt G. D., Monks D. W., Monaco T. J. 1994. Conservation tillage for vegetable production. *HortTechnology.* 4 (2): 129 — 134.
- Kordas L. 1999. Wpływ stosowanego siewu bezpośredniego na nakłady energetyczne i plonowanie pszenicy ozimej. *Zesz. Nauk. AR Wrocław.* 74: 135 — 139.
- Kuś J. 1995. Rola zmianowania roślin we współczesnym rolnictwie. *IUNG Puławy:* 35 ss.
- Malicki L., Nowicki J., Szwejkowski Z. 1997. Soil land crop response to soil tillage systems: a Polish Perspective. *Soil & Tillage Research* 43: 65 — 80.
- Panek K. 1992. Działanie i współdziałanie opadów na plonowanie owsa w różnych rejonach kraju. *Biul. Inf. ATR Olsztyn*, 33: 95 — 104.
- Pudelfko J., Wright D. L., Wiatrak P. 1994. Stosowanie ograniczeń w uprawie roli w Stanach Zjednoczonych. *Post. Nauk. Rol.* 1: 153 — 162.
- Royo C. E., Montesinos J. L., Molina C., Serra J. 1993. Triticale and other small grain cereals for forage and grain in Mediterranean conditions. *Grass for Science* 48: 11 — 17.
- Rudnicki F. 1995. Porównanie reakcji jęczmienia jarego i owsa na warunki opadowo-termiczne. *Fragm. Agron.* 3 (47): 21 — 32.
- Rudnicki F. 2005. Przedplony zbóż a ich plonowanie w warunkach produkcyjnych. *Fragm. Agron.* 2 (86): 172 — 182.
- Smagacz J. 1994. Porównanie wydajności zbóż jarych po różnych przedplonach. *Fragm. Agron.* 3 (43): 35 — 39.
- Sojka R. E., Horne D. J., Ross C. W., Baker C. J. 1997. Subsoiling and surface tillage effects on soil physical properties and forage oat stand and yield. *Soil & Tillage Research.* 40: 125 — 144.
- Sowiński J. 2004. Wpływ sposobu uprawy i nawożenia azotem na plonowanie pszenicy ozimej przeznaczonej na kiszonkę i ziarno. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu*, nr 490, *Rozprawy CCXVI:* 107 ss.
- Twidwell E. K., Johnson K. D., Cherney J. H., Ohm H. W. 1987. Forage yield and quality of soft red winter wheat and a winter triticale. *Applied Agricultural Research.* 2 (2): 84 — 88.

- Wasilewski W. 1997. Produkcja pasz w uprawie polowej. http://www.ostw.pl/pliki_do_pobrania/-Produkcja%20pasz%20w%20uprawie%20polowej.doc.
- Wilkins R. J., Kirilov A. P. 2003. Role of forage crops in animal production systems. *Grassland Science in Europe* 8: 283 — 291.
- Wróbel E. 1993. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i jakość białka jęczmienia jarego i owsa uprawianego na paszę. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricultura* 56: 3 — 52.

FRANCISZEK RUDNICKI**LECH GAŁĘZEWSKI**Katedra Podstaw Produkcji Roślinnej i Doświadczalnictwa
Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy

Efekty oddziaływań brzegowych w doświadczeniach z owsem wysiewanym w różnych gęstościach

Border effect in experimental study with sowing rate of oat

W latach 2002–2004 badano efekty oddziaływań brzegowych na poletkach doświadczalnych z uprawą owsa w czterech gęstościach siewu (140, 280, 420 i 560 ziaren/m²). Poletka rozdzielone były ścieżkami o szerokości 30 cm. Wykazano, że rośliny owsa rosnące w skrajnych rzędach sąsiadujących z ścieżką rozdzielającą poletka doświadczalne wytwarzają większą biomasę, wyższe źdźbła, dorodniejsze wiechy, silniej się krzewią i lepiej plonują niż rośliny rosnące w zwartym łanie wnętrza poletek. Najsilniej efekt taki ujawnił się w świeżej masie pojedynczych roślin, plonie ziarna oraz krzewieniu produkcyjnym owsa. Na glebie kompleksu żytanego dobrego nasilenie oddziaływań brzegowych na poletkach doświadczalnych jest duże i zależy od warunków meteorologicznych w sezonie wegetacyjnym owsa, a największe wartości osiąga w warunkach posusznych. Wraz z zagęszczaniem siewu owsa od 140 do 420 ziaren·m⁻² zwiększały się efekty oddziaływań brzegowych na poletkach doświadczalnych, natomiast nie wzrastały one przy większej gęstości siewu (560 ziaren·m⁻²). Przy zbiorze plonu z całych poletek efekty oddziaływań brzegowych znacząco wpływały na ocenę rzeczywistego plonu ziarna owsa w doświadczeniach, powodując zawyżenie tej oceny średnio o 0,88 t·ha⁻¹ (o 20,5%). Zmniejszeniu błędu oceny plonu ziarna owsa w doświadczeniach sprzyja stosowanie możliwie dużych jednostek eksperymentalnych o kształcie zbliżonym do kwadratu lub zbieranie plonu z pominięciem rzędów skrajnych poletek przylegających do ścieżek.

Słowa kluczowe: efekty oddziaływań brzegowych, gęstość siewu, owies, plon

The experimental trials on the border effect occurring in oat plots were carried out in 2002–2004. Four various densities of oat: 140, 280, 420 and 560 seed per m² were investigated and the plots were separated with 30 cm wide paths. The oat individuals planted in the marginal rows adjacent to the path produced: greater biomass, longer stems, more abundant panicles, more productive tillers and they yielded higher than the oat in the center of the plots. The strongest response was noticed on the green biomass, grain yield and productive tillering. The border effects on the rye type good soil varied significantly in seasons with different rainfalls and were maximized in the drought. The increasing density from 140 to 420 of oat seed per m² favoured the border effect, but there was no further reaction when oat was planted as 560 seed per m². The assessment of yield on the harvested plots was overdone by the border effects giving 20.5% higher estimation (0.88 t·ha⁻¹) than the real yield. To minimize the

border effect in trials with oat experimental plots should be large and of square shape or the rows adjacent to the paths should stay not harvested.

Key words: border effect, sowing rate, oat, yield

WSTĘP

Zjawisko większej dorodności roślin sąsiadujących bezpośrednio ze ścieżką rozdzielającą poletka doświadczalne lub powstałą w łanie roślin na skutek przejazdów kół maszyn rolniczych, niż we wnętrzu łanu, znane jest jako efekt brzegowy (ang. border effect, nonplanted borders) i wskazuje na nie wielu autorów (Braun, 1978; Gomez i Gomez, 1984; Hulbert i Rensberg, 1927; Niemczyk i Radecki, 1993; Pacewicz, 2000; Stawiana-Kosiorek i in., 2003). Zjawisko to wynika z większej dostępności roślin do zasobów limitujących ich wzrost i mniejszej konkurencji roślin o te zasoby w sąsiedztwie ścieżek niż wewnątrz zwartego łanu. O ile efekty oddziaływań brzegowych nie mają znaczenia w praktyce produkcyjnej uprawy roślin, to w doświadczeniach wykonywanych na poletkach o małej powierzchni są one jednym ze źródeł zmienności mogących wpływać na wielkość błędu doświadczalnego, wiarygodność oceny efektów obiektowych i na ocenę cech roślin. Duże efekty oddziaływania brzegowego występują zwykle tylko na jednym lub dwóch rzędach przylegających do ścieżki, ale mogą istotnie zniekształcać ocenę faktycznego plonu roślin (Pacewicz, 2000; Stawiana-Kosiorek i in., 2003). Tendencja do zmniejszania wielkości poletek doświadczalnych skutkuje wzrostem udziału rzędu brzegowego poletka w całej jego powierzchni a tym samym wzrasta jego wpływ na zawyżenie plonu zbieranego z całego poletka (Filipiak i Krzymuski, 1996).

Zwiększanie gęstości siewu roślin zbożowych w zwartym łanie powoduje mniejszą dorodność roślin na skutek zmniejszania przestrzeni bytowej każdej pojedynczej rośliny i nasilającej się wskutek tego konkurencji międzyosobniczej o zasoby środowiskowe. Przejawia się to zwykle redukcją liczby ziaren w owocostanie i dorodności ziarna, lecz równocześnie zwiększa się liczba pędów produkcyjnych przypadających na jednostkę powierzchni. Stąd plon ziarna jest wypadkową tych reakcji roślin na gęstość siewu (Kozłowska-Ptaszyńska i in., 2001). W doświadczeniach rośliny sąsiadujące ze ścieżką nie mają konkurentów od strony ścieżki i korzystają z jej zasobów. Dlatego przyjęto hipotezę, że w doświadczeniach z uprawą owsa występują efekty brzeżne i zwiększają się one wraz ze wzrostem obsady roślin. Od tych efektów oraz od udziału powierzchni rzędów skrajnych poletka w całej jego powierzchni zależy stopień zawyżenia rzeczywistego plonu ziarna przy zbiorze z całego poletka. Przyjęto możliwość symulacji wpływu efektów brzegowych na wyniki doświadczeń wykonywanych na poletkach o różnej wielkości i kształcie.

Celem niniejszej pracy jest poznanie efektu brzegowego ujawniającego się w cechach roślin owsa oraz jego wpływu na ocenę plonu ziarna z poletek, przy różnej gęstości siewu owsa, po to aby móc uwzględniać efekty brzegowe w planowaniu i technice wykonania doświadczeń dotyczących tej rośliny.

MATERIAŁ I METODY

Materiał źródłowy do niniejszej pracy stanowią dane z doświadczenia polowego, wielokrotnego, wykonywanego w latach 2002–2004 w Stacji Badawczej Mochełek k/Bydgoszczy, na glebie lekkiej, kompleksu żytniego dobrego, klasy bonitacyjnej IVb. Czynnikiem doświadczalnym pierwszego rzędu (A) była gęstość siewu owsa na czterech poziomach (140, 280, 420 i 560 ziaren·m⁻²). Czynnikiem drugiego rzędu (B) była lokalizacja roślin owsa na poletku doświadczalnym (rzędy brzeżne i rzędy środkowe). Jako brzeżne traktowano rzędy roślin (z obu stron poletka) bezpośrednio sąsiadujące ze ścieżką rozdzielającą jednostki doświadczalne.

Przedplonem doświadczenia był jęczmień jary. Nawożenie fosforem i potasem stosowano przedsięwzięcie w dawkach 70 kg P₂O₅ i 80 kg K₂O, łącznie z pierwszą dawką azotu w ilości 30 kg·ha⁻¹. Pozostałą część azotu (30 kg·ha⁻¹) stosowano w fazie strzelania w źdźbło. Owies odmiany Hetman wysiewano w rzędach o rozstawie 12,5 cm, na poletkach o wymiarach 1,5 × 12 m (18 m²) w 4 powtórzeniach. Szerokość ścieżek między poletkami wynosiła 30 cm.

Warunki meteorologiczne w latach badań różniły się wyraźnie, zwłaszcza pod względem rozkładu opadów atmosferycznych w sezonach wegetacyjnych owsa (tab. 1).

Tabela 1

Sumy opadów (mm) w latach realizacji badań na tle wielolecia
Rainfalls (mm) in the vegetation periods

Miesiąc Month	Rok Year			Średnio Mean 2002–2004	Średnio Mean 1996–2004
	2002	2003	2004		
Kwiecień, — April	17,7	18,5	32,1	22,8	26,1
Maj — May	111,5	18,1	54,4	61,3	65,8
Czerwiec — June	31,3	30,4	39,6	33,8	47,9
Lipiec — July	77,9	106,2	53,5	79,2	87,6
Razem — Total	238,4	173,2	179,6	197,1	227,4

W 2002 roku suma opadów w okresie kwiecień-lipiec była zbliżona do średniej wieloletniej, ale z dużą ich ilością w miesiącach maj i lipiec. W 2003 roku od kwietnia do końca czerwca trwała silna posucha, a duże ilości opadów wystąpiły dopiero w lipcu, zwłaszcza w ostatniej jego dekadzie. Rok 2004 cechował się umiarkowaną sumą opadów w okresie wegetacyjnym, ale ich rozkład w czasie był względnie równomierny.

Pomiary cech owsa wykonywano osobno na roślinach rosnących w rzędach brzeżnych oraz w rzędach środkowych poletek. Próby z rzędów brzeżnych pobierano z obu stron poletka, a próby z rzędów środkowych pobierano z 8 rzędów wykluczając cztery rzędy skrajne. W fazie dojrzałości mlecznej ziarna owsa wykonano pomiary świeżej masy pojedynczej rośliny, obsady pędów produkcyjnych i wysokości roślin, a w fazie dojrzałości pełnej dokonano pomiaru masy ziarna z wiechy oraz plonu ziarna. Na podstawie plonów z rzędów skrajnych oraz z rzędów środkowych poletek wyznaczano efekty oddziaływań brzegowych plonu ziarna. Dokonywano też ocen plonu ziarna z całych poletek, które posłużyły do przeliczenia plonów na tony z 1 ha i porównania plonów ocenianych na

podstawie zbioru z całych poletek oraz z pominięciem roślin rosnących na skraju poletek o szerokości 12,5 cm.

W opracowaniu danych dokonywano porównań wartości bezwzględnych i względnych cech owsa rosnącego w rzędach skrajnych oraz w rzędach środkowych. Do ocen istotności różnic zastosowano analizy wariancji właściwe dla układu losowanych podbloków z testem Tukeya. Analizy wariancji doświadczenia wielokrotnego wykonano w modelu mieszanym (lata losowe, czynniki stałe). Szacunku stopnia zawyżenia plonu ziarna, wynikającego z efektów oddziaływań brzegowych, dokonano uwzględniając różne wielkości i kształty poletek oraz gęstości siewu owsa. W wyliczeniach tych brano pod uwagę wielkości efektów brzegowych stwierdzone doświadczalnie oraz w każdym przypadku stosunek powierzchni zajmowanych przez rośliny z obwodu poletka podlegające efektowi brzegowemu (o szerokości 12,5 cm) do pozostałej (wewnętrznej) powierzchni poletka.

WYNIKI I DYSKUSJA

Rośliny owsa rosnące na obrzeżach poletek doświadczalnych, korzystając z większej przestrzeni i braku sąsiedztwa konkurentów na ścieżkach, okazały się znacznie dorodniejsze niż rośliny rosnące w zwartym łanie wnętrza poletek. Ten efekt oddziaływań brzegowych, ujawnił się w takich cechach jak: wysokość roślin, krzewistość produkcyjna, obsada pędów kłosonośnych, masa pojedynczej rośliny, masa ziarna z wiechy, plon ziarna. Wartości wszystkich tych cech roślin owsa rosnących w rzędach brzeżnych poletek doświadczalnych były istotnie większe niż wewnątrz poletek. Zagęszczanie siewu owsa zwiększało skutki oddziaływań brzegowych. Jednak udowodnione współdziałania gęstości siewu i usytuowania roślin na poletkach (brzeg, środek) wystąpiły tylko w przypadku wysokości roślin, masy ziarna z wiechy oraz plonu ziarna, a pozostałe cechy podlegały niezależnemu wpływowi tych czynników (tab. 2).

Tabela 2

Statystyczna istotność reakcji owsa na gęstość siewu (A), oddziaływania brzegowe (B) oraz lata badań (L)
Statistical significance of the oat response to sowing rate (A), border effect (B) and years (L)

Cecha — Characteristic	Czynnik — Factors					
	A	B	A × B	L × A	L × B	L × A × B
Masa rośliny Plant weight	**	**	—	*	—	—
Wysokość roślin Plant length	**	**	**	—	**	—
Rozkrzewienie produkcyjne, Productive tillering	**	**	—	—	**	—
Obsada wiech Panicle density	*	**	—	**	—	—
Masa ziarna z wiechy Weight of grain per panicle	**	**	**	—	—	—
Plon ziarna Grain yield	**	**	*	*	*	—

*, ** Istotność funkcji testowej $F_{emp.}$, gdy $P < 0,05$ i $P < 0,01$; Significance of the $F_{emp.}$ testing function at $P < 0,05$ and $P < 0,01$

Rośliny owsa w rzędach przylegających do ścieżek wykształcały zdecydowanie większą biomasa niż wewnątrz poletek. Świeża masa pojedynczych roślin okazała się średnio 2,3-krotnie większa w pierwszym przypadku niż w drugim (tab. 3). Wraz ze zwiększaniem gęstości siewu owsa wyraźnie zmniejszała się masa jego roślin, ale nie wpływało to w stopniu istotnym na skutki oddziaływań brzegowych, pomimo że wystąpiła tendencja tym większego efektu brzegowego im większa była gęstość siewu. Efekt ten pozostawał natomiast w związku z warunkami meteorologicznymi okresu wegetacyjnego lat badań. W roku 2003 cechującym się długim okresem posusznym nasilenie tego zjawiska było szczególnie duże. Wówczas rośliny mające do dyspozycji zasoby wody w glebie z powierzchni ścieżek wytworzyły aż 3,3-krotnie większą biomasa aniżeli rośliny konkurujące ze sobą o ten czynnik wewnątrz łanu. Natomiast w latach 2002 i 2004, o ilościach opadów zbliżonych do przeciętnych wieloletnich, dysproporcja ta była mniejsza i nie przekraczała 100%.

Tabela 3

Porównanie masy pojedynczej rośliny owsa rosnącego w rzędach brzeżnych i w rzędach środkowych poletek (g)
Comparison of oat plant weight between individuals growing in the border and in the central rows of plots (g)

Lokalizacja roślin Plant localization	Rok Year			Średnia Mean
	2002	2003	2004	
Brzeg poletka Plot border	24,7	28,8	23,3	25,6
Środek poletka Plot centre	12,5	8,8	12,9	11,4
Średnia Mean	18,6	18,8	18,1	18,5
NIR _(p = 0,05)				
LSD _(p = 0,05)	3,5	6,6	3,8	2,6
Efekt brzegowy Border effect	12,2 g 97,6%	20,0 g 227,3%	10,4 g 80,6%	14,2 g 124,6%

Masa pojedynczych roślin owsa wynika w znacznej części z liczby wytworzonych źdźbeł przez krzewiące się rośliny. W rzędach przylegających do ścieżek rozkrzewienie roślin było o 42,4–126% większe niż roślin w środkowych rzędach poletek (tab. 4). Takie różnice w krzewieniu się roślin, różnie zlokalizowanych na powierzchni poletek, stwierdzano w poszczególnych latach badań, przy czym wpływ warunków panujących w tych latach był podobny jak w przypadku masy pojedynczych roślin owsa. Toteż w 2003 roku efekt brzegowy krzewienia produkcyjnego roślin był około 3-krotnie większy niż w pozostałych latach. Zwiększenie intensywności krzewienia produkcyjnego w rzędach brzegowych dotyczy także innych gatunków zbóż, a u jęczmienia stwierdzili to Niemczyk i Radecki (1993).

Wraz z zagęszczaniem siewu od 140 do 560 ziaren·m⁻² następowało zmniejszanie się rozkrzewienia roślin, silnie zwłaszcza (o 59%) w przedziale 140–280 ziaren·m⁻². Jednak ta redukcja krzewistości następowała w podobnym stopniu u roślin w rzędach skrajnych

jak i rosnących wewnątrz poletek. Dlatego nie udowodniono wpływu gęstości siewu na efekt brzegowy krzewienia, a jedynie tendencję nasilania się tego zjawiska wraz z zagęszczaniem siewu.

Tabela 4

Porównanie współczynnika rozkrzewienia produkcyjnego roślin owsa rosnących w rzędach brzeżnych i w rzędach środkowych poletek (kłosów $\times$ roślina⁻¹)
Comparison of productive tillering coefficients between oat individuals growing in the border and in the central rows of plots (panicles $\times$ plant⁻¹)

Lokalizacja roślin Plant localization	Rok Year			Średnia Mean
	2002	2003	2004	
Brzeg poletka Plot border	1,89	2,78	1,68	2,12
Środek poletka Plot centre	1,31	1,23	1,18	1,24
Średnia Mean	1,60	2,00	1,43	1,68
NIR _(p = 0,05)				
LSD _(p = 0,05)	0,19	0,48	0,13	0,40
Efekt brzegowy Border effect	0,58 szt. 44,3%	1,55 szt. 126,0%	0,50 szt. 42,4%	0,88 szt. 71,0%

Gęstość siewu i krzewistość produkcyjna roślin decydują o obsadzie wiech owsa na jednostce powierzchni. Ta obsada wzrastała naturalnie wraz z gęstością siewu i była każdorazowo większa w rzędach skrajnych niż środkowych poletek, średnio o 44,7% (tab. 5).

Tabela 5

Obsada wiech owsa (szt. $\cdot$ m⁻²) w rzędach brzeżnych i w rzędach środkowych poletek doświadczalnych. Średnio z lat 2002–2004
Stand density (panicles $\cdot$ m⁻²) of oat in the border and in the central rows of plots. Mean of 2002–2004

Lokalizacja roślin Plant localization (B)	Gęstość siewu (szt. $\times$ m ⁻²) Sowing rate (seed $\times$ m ⁻²) (A)				Średnio Mean
	140	280	420	560	
Brzeg poletka Plot border	339	455	548	619	490
Środek poletka Plot centre	232	293	381	448	339
Średnio Mean	285	374	465	533	414
NIR _(p = 0,05) / LSD _(p = 0,05) dla / for : A = 137; B = 35; A $\times$ B = n.i.					
Efekt brzegowy Border effect	107 szt. 45,9%	162 szt. 55,1%	167 szt. 43,8%	171 szt. 38,1%	151 szt. 44,7%

Na poletkach doświadczalnych najbardziej widoczną cechą odzwierciedlającą efekt brzegowy jest wysokość roślin. W niniejszych doświadczeniach wysokość pędów owsa była wysoko istotnie zależna od gęstości siewu i umiejscowienia roślin na poletkach doświadczalnych oraz od współdziałania tych czynników (tab. 2 i 6). Wraz z zagęszczaniem siewu, i przez to obsady roślin owsa, następowało stopniowe zmniejszanie się

długości jego źdźbeł. Ta redukcja wysokości roślin miała większe nasilenie wewnątrz poletek niż na ich skraju. Toteż przy gęstości siewu 560 ziaren $\times$ m⁻² rośliny owsa w środkowych częściach poletek okazały się niższe o 16,8% niż przy gęstości 140 ziaren $\times$ m⁻², a na rzędach skrajnych odpowiednio o 7%. Przy wszystkich gęstościach siewu skrajne rzędy roślin owsa wyraźnie wyróżniały się większą wysokością w porównaniu z roślinami rosnącymi wewnątrz poletek, średnio o blisko 14 cm (tab. 6).

Tabela 6

Długość najwyższych pędów roślin owsa w rzędach brzeżnych i rzędach środkowych poletek doświadczalnych (cm), średnio z lat 2002–2004
Length of the tallest stem of oat growing in the border and in the central rows of plots (cm). Mean of 2002–2004

Lokalizacja roślin Plant localization (B)	Gęstość siewu (szt. $\times$ m ⁻²) Sowing rate (seed $\times$ m ⁻²) (A)				Średnio Mean
	140	280	420	560	
Brzeg poletka Plot border	85,2	83,7	80,9	79,2	82,2
Środek poletka Plot centre	74,4	71,7	65,2	61,9	68,3
Średnio Mean	79,8	77,7	73,1	70,5	75,3
NIR _(p=0,05) / LSD _(p=0,05) dla / for: A = 6,1; B = 4,6; B/A = 3,8; A/B = 7,1					
Efekt brzegowy Border effect	10,8 cm	12,0 cm	15,7 cm	17,3 cm	13,9 cm
	14,5%	16,7%	24,1%	27,9%	20,4%

Gęstość siewu wpływała istotnie na efekty oddziaływań brzegowych. Zarówno w wartościach bezwzględnych (cm), jak względnych (%) były one tym większe im większa była obsada roślin. Stąd przy gęstości siewu 140 ziaren $\cdot$ m⁻² efekt brzegowy wysokości roślin wyniósł 14,5%, a przy gęstości 560 ziaren $\times$ m⁻² — 27,9%. Skutki gęstości siewu i oddziaływań brzegowych wystąpiły we wszystkich latach badań, jednak w posusznym 2003 roku były wyraźnie większe niż w pozostałych latach.

Wiechy owsa rosnącego w skrajnych rzędach były zdecydowanie dorodniejsze niż wiechy z wnętrza poletek. Różnica masy ziarna w wieszce między tymi lokalizacjami wyniosła 39,8%, a w posusznym 2003 roku przekraczała 48%. Wynik taki jest zbliżony z badaniami Niemczyk i Radeckiego (1993). Zagęszczanie siewu nie sprzyjało dorodności wiech, gdyż zwiększenie obsady roślin prowadziło do redukcji masy ziarna z wiechy (tab. 7). Ten spadek dorodności wiech wraz z gęstością siewu był znacznie słabszy w rzędach brzegowych niż wewnątrz poletek. Dlatego istotny dla tej cechy okazał się efekt interakcyjny gęstości siewu z miejscem roślin na poletkach. Wraz z większą gęstością siewu od 140 do 420 ziaren $\cdot$ m⁻² zwiększały się skutki oddziaływań brzegowych z 16,6% do 66,5%. Dalsze zwiększanie gęstości siewu do 560 ziaren $\cdot$ m⁻² nie prowadziło już jednak do wzrostu efektu brzegowego, a nawet jego zmniejszenie, we wszystkich latach badań.

Tabela 7

Masa ziarna z wiechy owsa (g) w rzędach brzeźnych i w rzędach środkowych poletek doświadczalnych, średnio z lat 2002–2004

Grain weight of oat panicle (g) in the border and in the central rows of plots. Mean 2002–2004

Lokalizacja roślin Plant localization (B)	Gęstość siewu (szt.×m ⁻²) Sowing rate (seed×m ⁻²) (A)				Średnio Mean
	140	280	420	560	
Brzeg poletka Plot border	3,45	3,08	3,11	2,75	3,10
Środek poletka Plot centre	2,96	2,31	1,87	1,72	2,21
Średnio Mean	3,20	2,70	2,49	2,24	2,66
NIR _(p=0,05) / LSD _(p=0,05) dla / for: A = 0,52; B = 0,19; B/A = 0,39; A/B = 0,64					
Efekt brzegowy Border effect	0,49 g 16,6%	0,77 g 33,5%	1,24 g 66,5%	1,02 g 59,3%	0,88 g 39,8%

Plon ziarna owsa oceniany na jednometrowych odcinkach rzędów skrajnych oraz rzędów położonych wewnątrz poletek wykazał istotną zależność od gęstości siewu, położenia rzędu roślin, współdziałania tych czynników oraz ich interakcji z latami (tab. 2 i 8). We wszystkich jednak przypadkach wystąpiły silne efekty oddziaływań brzegowych, a jedynie ich nasilenie było różne zależnie od roku i gęstości siewu. Zdecydowanie duże były one w posusznym 2003 roku. Wówczas plon ziarna z roślin rosnących na skraju poletek i korzystających z zasobów wody w glebie z powierzchni ścieżek był 2,2–3,4-krotnie większy niż z roślin rosnących w zwartym łanie wewnątrz poletek. Z kolei w roku 2004 o równomiernie rozłożonych opadach w sezonie wegetacyjnym efekty oddziaływań brzegowych okazały się wyraźnie mniejsze niż w roku poprzednim i wyniosły średnio 78%. Niemczyk (1993) oraz Niemczyk i Radecki (1993 a i 1993 b) wykazali większe o 104% plonowanie pszenicy ozimej, o 95,6% jęczmienia ozimego, o 84% pszenicy jarej, o 83,6% żyta, o 64,3% owsa i o 61% jęczmienia jarego w rzędach brzegowych niż wewnątrz łanu.

Zagęszczanie siewu od 140 do 420 ziaren·m⁻² powodowało nasilanie się efektów brzegowych, natomiast nie wzrastały już one przy większej gęstości 560 ziaren·m⁻², a wręcz zmniejszały się (tab. 8). Przypuszczalnie przy dużej obsadzie roślin zasoby czynników życiowych ścieżki były już dla nich niewystarczające i nasilająca się konkurencja międzyosobnicza w rzędach przylegających do ścieżek limitowała dalszy wzrost ich plonowania.

Efekty oddziaływań brzegowych rzutują na dokładność oceny rzeczywistych plonów proporcjonalnie do udziału powierzchni skrajnej poletek (o szerokości 12,5 cm) w całkowitej powierzchni poletek. Dlatego dokonano porównania plonów ocenianych na podstawie zbioru z całych poletek o powierzchni 18 m² z plonami zwartego łanu o powierzchni 14,7 m² (bez zbioru z powierzchni skrajnych). W warunkach realizacji doświadczenia na wydłużonych poletkach (12 m × 1,5 m) efekty oddziaływań brzegowych znacząco wpływały na ocenę rzeczywistego plonu ziarna owsa (tab. 9).

Tabela 8

Plon ziarna owsa ($\text{g}\cdot\text{m}^{-1}$ rzędu) w rzędach brzeźnych i w rzędach środkowych poletek doświadczalnych oraz efekty oddziaływań brzegowych (%)
Oat grain yield ($\text{g}\cdot\text{per running meter of row}$) in the border and in the central rows of plots and the corresponding border effects (%)

Rok Year	Miejsce na poletkach Plant localization (B)	Gęstość siewu ($\text{ziaren}\cdot\text{m}^{-2}$) Sowing rate ($\text{seed}\cdot\text{m}^{-2}$) (A)				Średnio Mean
		140	280	420	560	
2002	brzeg — plot border	156	190	316	317	245
	środek — plot centre	79	94	127	133	108
	efekt brzegowy — border effect (%)	98	103	148	139	126
2003	brzeg — plot border	93	120	90	88	98
	środek — plot centre	42	38	33	26	35
	efekt brzegowy — border effect (%)	120	219	174	233	181
2004	brzeg — plot border	168	196	269	258	223
	środek — plot centre	118	114	116	154	125
	efekt brzegowy — border effect (%)	43	72	132	68	78
Średnio Mean	brzeg — plot border	139	169	225	221	188
	środek — plot centre	80	82	92	104	89
	efekt brzegowy — border effect (%)	75	106	144	112	111

NIR_(p = 0,05) dla średnich / LSD for means: A – 30,2; B – 15,5; A/B – 42,7; B/C – 31,0

W przypadku zbioru plonu z całych poletek oddzielonych ścieżkami stwierdzono zawyżenie jego oceny o $0,37\text{--}1,45 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (o $8,0\text{--}43,5\%$), zależnie od roku i gęstości siewu, w porównaniu z plonem wewnętrznej części poletek (bez powierzchni skrajnych). Średnio w okresie 3-letnim ta różnica oceny plonu wyniosła $0,88 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($20,5\%$) i była większa przy dużym zagęszczeniu roślin niż przy małym (tab. 9).

Tabela 9

Porównanie plonów ziarna owsa ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) ocenianych na podstawie zbioru z całych poletek oraz zbioru z pominięciem rzędów skrajnych, przy różnej gęstości siewu
Comparison of oat grain yields ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) based on the estimation with whole harvested plots and with border rows omitted

Rok Year	Ocena plonu z poletek Yield estimation from plots	Gęstość siewu ($\text{szt.}\cdot\text{m}^{-2}$) — Sowing rate ($\text{seed}\cdot\text{m}^{-2}$)				Średnio Mean
		140	280	420	560	
2002	ZRS	6,36	6,69	6,75	5,28	6,27
	BRS	5,38	5,62	5,30	4,19	5,08
	różnica — difference $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$	0,98	1,08	1,45	1,08	1,19
	%	18,3	19,2	27,4	25,8	23,4
2003	ZRS	2,63	3,26	3,76	3,20	3,21
	BRS	2,15	2,32	2,84	2,23	2,40
	różnica — difference $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$	0,48	0,94	0,92	0,97	0,81
	%	22,3	40,5	32,4	43,5	33,8
2004	ZRS	5,01	5,87	6,58	6,48	5,99
	BRS	4,64	5,18	5,29	5,75	5,23
	różnica — difference $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$	0,37	0,69	1,29	0,73	0,75
	%	8,0	13,3	24,4	12,7	14,3
Średnio Mean	ZRS	4,67	5,27	5,69	4,99	5,15
	BRS	4,10	4,40	4,49	4,13	4,28
	różnica — difference $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$	0,57	0,87	1,20	0,86	0,88
	%	13,9	19,7	26,7	20,8	20,5

ZRS — Z rzędami skrajnymi, With border rows

BRS — Bez rzędów skrajnych, Without border rows

Takie zawyżanie oceny rzeczywistego plonu w doświadczeniach jest zapewne jedną z przyczyn różnic w plonowaniu roślin uzyskiwanemu w eksperymentach i w praktyce produkcyjnej.

Wpływ oddziaływań brzegowych na dokładność oceny rzeczywistego plonu roślin w doświadczeniach zależy od wielkości poletek i ich kształtu, a błąd oceny wzrasta wraz ze zmniejszaniem powierzchni jednostek eksperymentalnych (Filipiak i Krzymuski, 1996). Dlatego, uwzględniając efekty tych oddziaływań stwierdzone w niniejszych badaniach, dokonano symulacji stopnia zawyżania rzeczywistego plonu owsa z tego tytułu przy różnych powierzchniach i kształtach poletek doświadczalnych. Przyjęto przy tym założenie, że każde poletko jest ze wszystkich stron otoczone ścieżkami o szerokości 30 cm, a ocena plonu jest dokonywana na podstawie zbioru z całych poletek. Otóż wraz ze wzrostem wielkości poletek doświadczalnych maleje udział powierzchni zajmowanej przez rośliny w części skrajnej i przez to maleje wpływ efektu oddziaływań brzegowych na ocenę plonu (tab. 10).

Tabela 10

Szacunkowe zawyżenie oceny rzeczywistego plonu ziarna owsa z poletek o różnej wielkości i kształcie wskutek występowania efektów oddziaływań brzegowych
Estimation of the oat grain yield from various size and shape plots influenced by the border effect

Wymiary poletka — Plot size			Plon z poletka Yield of plot* (kg)	Gęstość siewu (szt. · m ⁻²) — Sowing rate (seed · m ⁻²)			
szerokość width (m)	długość lenght (m)	powierzchnia area (m ²)		140		560	
				zawyżenie oceny plonu — overestimation of yield			
				kg	%	kg	%
1,5	6	9	4,5	0,56	14,1	0,88	24,2
	8	12	6,0	0,71	13,5	1,13	23,1
	12	18	9,0	1,03	12,9	1,63	22,1
	16	24	12,0	1,34	12,6	2,13	21,6
	20	30	15,0	1,66	12,4	2,63	21,3
3	3	9	4,5	0,45	11,2	0,72	19,2
	4	12	6,0	0,54	9,9	0,87	16,9
	6	18	9,0	0,71	8,5	1,15	14,6
	8	24	12,0	0,87	7,8	1,42	13,4
	10	30	15,0	1,04	7,4	1,70	12,8
	20	60	30,0	1,87	6,6	3,06	11,4

* Przyjęto plon: 5 t · ha⁻¹; Yield assumed: 5 t · ha⁻¹

Na przykład na poletkach o szerokości 1,5 m i powierzchni 9 m² oszacowane zawyżenie plonu wynosi 24,2%, natomiast na poletkach o powierzchni 30 m² wynosi 19,4%. Te oceny zmieniają się także wraz ze zmianą kształtu poletek. W tym przypadku dokładność oceny plonu rzeczywistego maleje wraz z wydłużaniem poletek, ponieważ wzrasta udział rzędów brzegowych w ogólnej powierzchni poletek. I tak, w przypadku poletek o powierzchni 18 m² i wymiarach 6 × 3 m zawyżenie oceny plonu wynosi 14,6%, a przy poletkach wydłużonych (12 × 1,5 m) 22,1% (tab. 10).

WNIOSKI

1. Rośliny owsa rosnące w skrajnych rzędach sąsiadujących z ścieżką rozdzielającą poletka doświadczalne wytwarzają większą biomasę, wyższe źdźbła, dorodniejsze wiechy, silniej się krzewią i lepiej plonują niż rośliny rosnące w zwartym łanie wnętrza poletek. Najsilniej efekt taki ujawnił się w świeżej masie pojedynczych roślin, plonie ziarna oraz krzewieniu produkcyjnym owsa.
2. Na glebie kompleksu żytniego dobrego nasilenie oddziaływań brzegowych na poletkach doświadczalnych jest duże i zależy od warunków meteorologicznych w sezonie wegetacyjnym owsa, a największe wartości osiąga w warunkach posusznych.
3. Wraz z zagęszczaniem siewu owsa od 140 do 420 ziaren·m⁻² zwiększały się efekty oddziaływań brzegowych na poletkach doświadczalnych, natomiast nie wzrastały one przy większej gęstości siewu (560 ziaren·m⁻²).
4. Przy zbiorze plonu z całych poletek efekty oddziaływań brzegowych znacząco wpływały na ocenę rzeczywistego plonu ziarna owsa w doświadczeniach, powodując zawyżenie tej oceny średnio o 0,88 t·ha⁻¹ (o 20,5%).
5. Zmniejszeniu błędu oceny plonu ziarna owsa w doświadczeniach sprzyja stosowanie możliwie dużych jednostek eksperymentalnych o kształcie zbliżonym do kwadratu lub zbieranie plonu z pominięciem rzędów skrajnych poletek przylegających do ścieżek.

LITERATURA

- Braun H. 1978. Tramlines in corn. *International Pest Control*. Sept-Oct: 16 — 18.
- Filipiak K., Krzymuski J. 1996. Substytucja i komplementarność eksperymentu w badaniach rolniczych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 447: 27 — 41.
- Gomez K. A., Gomez A. A. 1984. *Statistical procedures for agricultural research*. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Hulbert H., Rensberg J. D. 1927. Influence of border rows in variety testes of small grains. *J. Am. Soc. Agron.* 19 (70): 585 — 589.
- Kozłowska-Ptaszyńska Z., Pawłowska J., Woch J. 2001. Wpływ terminu i gęstości siewu na plonowanie nowych odmian owsa. *Biul. IHAR* 217: 121 — 126.
- Niemczyk H. 1993. Zdolność zbóż do wyrównania plonu z nie obsianej powierzchni ścieżek przejazdowych. Cz. I. Pszenica ozima i jara, *Rocz. Nauk Roln. A* 109, 4: 9 — 19.
- Niemczyk H., Radecki A. 1993 a. Zdolność zbóż do wyrównania plonu z nieobsianej powierzchni ścieżek przejazdowych. Cz. II Jęczmień ozimy i jary, *Rocz. Nauk Roln., A-109* (4): 21 — 30.
- Niemczyk H., Radecki A. 1993 b. Zdolność zbóż do wyrównania plonu z nie obsianej powierzchni ścieżek przejazdowych. Cz. III Żyto i owies, *Rocz. Nauk Roln. A* 109-4: 31 — 40.
- Pacewicz K. 2000. Efekt brzeżny w doświadczeniach z pszenicą jarą i jęczmieniem jarym. *Rozpr. dokt., AR Szczecin*.
- Stawiana-Kosiorek A., Gołaszewski J., Załuski D. 2003. Konkurencyjność roślin w doświadczeniach hodowlanych z grochem siewnym. I. Oddziaływania brzegowe. *Biul. IHAR* 226/227/2: 425 — 439.

GRZEGORZ SZUMIŁO**LESZEK RACHOŃ**Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin
Akademia Rolnicza w Lublinie

Porównanie plonowania i jakości owsa nagoziarnistego i oplewionego w warunkach zróżnicowanej ochrony chemicznej

Comparison of yielding and quality of naked and hulled oats at different systems of chemical protection

W latach 2002–2004 przeprowadzono badania mikropoletkowe w celu porównania poziomu plonowania, składowych plonu oraz składu chemicznego ziarna owsa oplewionego i nagoziarnistego, w warunkach minimalnej i intensywnej ochrony chemicznej roślin. Badano następujące cechy: obsadę wiech, plon ziarna, masę i liczbę ziaren z wiechy oraz masę 1000 ziaren, a także przeprowadzono analizy chemiczne ziarna. Badania wykazały, że owies nagoziarnisty plonował niżej o 22,2% w porównaniu z owsem oplewionym. Wynikało to głównie z niższej masy 1000 ziaren i liczby ziaren z wiechy odmiany nagoziarnistej w stosunku do oplewionej. Odmiana nagoziarnista owsa zawierała o 25,4% więcej białka i prawie dwukrotnie więcej tłuszczu oraz ponad pięciokrotnie mniej włókna niż oplewiona. Zastosowanie intensywnej ochrony chemicznej roślin istotnie wpłynęło na zwiększenie obsady wiech, a także zawartości tłuszczu w ziarnie odmian owsa.

Słowa kluczowe: chemiczna ochrona roślin, owies nagoziarnisty, owies oplewiony, plon ziarna, składniki pokarmowe, skład chemiczny

Yielding, yield structure and grain chemical composition of naked and hulled oats at minimum and intensive chemical plant protection were compared in microplot experiments carried out in 2002–2004. The following oat traits were examined: panicle density, grain yield, weight and number of grains per panicle, and weight of 1000 grains. Chemical analyses of grain were also done. The yield of naked oats estimated in the study was lower by 22.2% than that of hulled oats. The difference essentially resulted from the lower weight of 1000 grains as well as from the smaller number of grains per panicle in naked oats. The protein content of naked oats exceeded that of hulled oats by 25.4%, and the oil content was twice as high in the naked oats. Moreover, the amount of crude fibre was five times smaller in naked oats than in hulled oats. The application of intensive chemical protection of plants significantly increased the panicle density as well as the oil content of grains in both oats varieties.

Key words: chemical composition, chemical plant protection, hulled oat, naked oat, grain yield, nutrients

WSTĘP

Owies z punktu widzenia żywienia człowieka jest zbożem o dużej wartości. Zawiera znaczne ilości dobrej jakości białka, tłuszcz bogaty w nienasycone kwasy tłuszczowe, włókno pokarmowe, związki o właściwościach antyoksydacyjnych i wiele innych substancji mogących wpływać pozytywnie na funkcjonowanie organizmu (Bartnikowska i in., 2000 b). Owies jest również bardzo cennym zbożem paszowym, lecz jego zastosowanie w dawkach żywieniowych dla zwierząt monogastrycznych jest ograniczone ze względu na znaczną zawartość włókna (Szczercińska i in., 1999). Wprowadzenie do produkcji odmian owsa nagoziarnistego powinno zwiększyć atrakcyjność uprawy tego gatunku jako rośliny paszowej szczególnie dla trzody chlewnej, drobiu, a nawet koni wyścigowych (Nita, 1999). Owies nagoziarnisty jest też doskonałym surowcem do produkcji różnorodnych przetworów spożywczych, a dodatkowo nie wymaga stosowania zabiegu obłuskiwania, co upraszcza proces technologiczny (Gąsiorowski, 2000). Genetyczne usunięcie łuski z ziarna owsa, przyczyniło się do podwyższenia poziomu zawartości składników pokarmowych i energetycznych (Bobrecka-Jamro i Tobiasz-Salach, 1999; Budzyński, 1999; Čermák i Moudrý, 1998; Leszczyńska, 2002; Maciejewicz-Ryś i in., 1997; Nita i Orłowska-Job, 1996; Petkov i in., 1999; Pisulewska i in., 1997; Śniady i Wołoszyn, 1999). Negatywną cechą formy nieoplewionej owsa jest niższa produktywność w porównaniu z formą tradycyjną. Jednak w przeliczeniu na plon ziarna bez łuski, owies nagoziarnisty nie odbiega zasadniczo pod tym względem od odmian oplewionych (Nita, 1999; Tobiasz-Salach i Bobrecka-Jamro, 2002). Niższe plonowanie owsa nieoplewionego, mimo większej masy wegetatywnej i powierzchni liści, może wynikać ze słabszego gromadzenia asymilatów w ziarnie (Gregorczyk i Piech, 2000). Zwiększenie uprawy owsa nagoziarnistego będzie możliwe po podwyższeniu potencjału plonowania, wzroście odsetka nagości i stworzeniu dla niego rynku zbytu (Nita, 1999).

Celem niniejszej pracy było porównanie poziomu plonowania, składowych plonu oraz składu chemicznego ziarna owsa oplewionego i nagoziarnistego, w warunkach minimalnej i intensywnej ochrony chemicznej roślin.

MATERIAŁ I METODY

Badania mikropoletkowe przeprowadzono w latach 2002–2004 na terenie GD Felin, należącego do Akademii Rolniczej w Lublinie. Pole doświadczalne zlokalizowano na glebie zaliczanej do kompleksu pszennego dobrego. Glebę charakteryzowała wysoka zasobność w składniki pokarmowe: P_2O_5 — 175; K_2O — 143 i Mg — 55 (w $mg \cdot kg^{-1}$ gleby), a jej odczyn w roztworze KCl wynosił 6,3.

Eksperyment założono metodą bloków losowanych w czterech powtórzeniach. Uwzględniał on następujące czynniki: I – odmiany owsa: owies oplewiony — Cwał i nagoziarnisty — Cacko; II – zróżnicowaną ochronę chemiczną roślin: ochrona minimalna (zaprawa nasienna — Oxafun T 75 DS/WS i herbicyd — Mustang 306 SE) i intensywna (zaprawa nasienna, herbicyd, fungicyd — Folicur Plus 375 EC i insektycyd — Karate Zeon 050 CS). Powierzchnia poletek wynosiła $1,44 m^2$, do zbioru $1 m^2$. Uprawę

roli przeprowadzono w sposób typowy, przewidziany dla zbóż jarych. Nawożenie mineralne zastosowano wiosną w następujących dawkach: N — 70, P₂O₅ — 50 i K₂O — 80 kg/ha. Przedsewnie wniesiono nawożenie fosforowo-potasowe i 50% dawki azotu. Pozostałą część azotu zastosowano na początku fazy strzelanina w źdźbło. Siew owsa wykonywano ręcznie w stanowisku po ziemniakach, w ilości 550 ziaren na 1 m². Zabiegi pielęgnacyjne wykonywano w optymalnych terminach agrotechnicznych. Chemiczną walkę z chwastami prowadzono na początku fazy krzewienia. Choroby grzybowe zwalczano od pełni fazy strzelania w źdźbło do początku wyrzucania wiech, a insektycyd stosowano od fazy wyrzucania wiech do początku dojrzałości młecznicy ziarna. Zbiór dokonywano ręcznie w fazie dojrzałości pełnej ziarna.

Po zbiorze określono: obsadę wiech, plon ziarna, masę i liczbę ziaren z wiechy oraz masę 1000 ziaren. Corocznie wykonywano analizy chemiczne w próbach średnich ziarna odmian owsa. Po mineralizacji prób na drodze mokrej (stężony H₂SO₄ + perhydrol) oznaczono zawartość następujących składników: azot (spektrofotometria przepływowa), włókno surowe (metoda wagowa), tłuszcz surowy (metoda wagowa wg Soxhleta), fosfor (spektrofotometria przepływowa), potas (emisja spektrometrii płomieniowej), wapń i magnez (spektrometria absorpcji atomowej). Zawartość białka ogółem ustalano stosując mnożnik 6,25.

Opady i temperatury powietrza były znacznie zróżnicowane w latach trwania doświadczeń (tab. 1).

Tabela 1

Opady i temperatury powietrza w sezonie wegetacyjnym 2002–2004 w zestawieniu ze średnimi wieloletnimi (1951–2000), wg Obserwatorium Meteorologicznego w Felinie
Rainfall and air temperatures during the vegetation seasons in the years 2002–2004 as compared to the long-term means (1951–2000), according to the Meteorological Observatory at Felin

Lata Years	Miesiące Months						III–VIII
	III	IV	V	VI	VII	VIII	
	Opady (mm) Rainfall (mm)						Suma Sum
2002	33,2	18,3	28,6	116,8	126,2	18,7	341,8
2003	6,6	40,7	71,4	39,6	98,1	27,0	283,4
2004	33,9	38,1	38,0	49,9	90,5	48,5	298,9
Średnia wieloletnia Long-term means	25,8	40,6	58,3	65,8	78,0	69,7	338,2
	Temperatura (°C) Temperature (°C)						Średnio Mean
2002	4,7	8,6	17,3	17,8	21,6	20,5	15,1
2003	1,6	6,5	16,2	17,4	19,8	18,9	13,4
2004	2,8	7,9	11,9	15,9	18,0	18,3	12,5
Średnia wieloletnia Long-term means	1,0	7,5	13,0	16,5	17,9	17,3	12,2

Najmniej dogodny dla uprawy owsa był pierwszy rok badań, o znacznych niedoborach opadów w początkowych fazach rozwojowych, co znacząco ograniczyło plony. Temperatury powietrza w tym roku wyraźnie przewyższały średnią wieloletnią. Najbardziej sprzyjające warunki dla wegetacji owsa, pozwalające na uzyskanie wysokich

plonów panowały w 2003 roku, z chłodnym kwietniem o opadach zbliżonych do przeciętnej z wielolecia, wysoką temperaturą i obfitymi opadami w maju oraz ciepłym czerwcem. Mniej korzystny dla owsa był ostatni rok doświadczeń, który w kwietniu cechował się temperaturą i opadami porównywalnymi do wieloletnich, a w chłodnym maju i czerwcu niewielkimi opadami. Weryfikację wyników oparto na teście T-Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

W warunkach badań, stwierdzono istotnie niższy poziom plonowania formy nagoziarnistej niż oplewionej owsa o 22,2% (tab. 2). Również Nita (1999) wskazuje, że odmiana nagoziarnista Akt plonuje 22,1% poniżej wzorca. Z eksperymentów przeprowadzanych na glebie kompleksu żytniego dobrego wynika, że formy nagoziarniste ustępowały plonem odmianom oplewionym średnio o 33% (Piech i in., 1999 a). Inni autorzy podają wydajność formy nagoziarnistej na poziomie 50,1%–81,5% owsa oplewionego (Čermák i Moudrý, 1998; Nita i Orłowska-Job, 1996; Strzelecki i Zdradzisz, 1991). Poziomy ochrony nie różnicowały istotnie plonu ziarna. Wystąpiła jednak tendencja do wzrostu produktywności owsa o 9,2% w wyniku zastosowania intensywnej ochrony chemicznej.

Tabela 2

Plon ziarna i komponenty plonu owsa oplewionego i nagoziarnistego (średnie dla lat 2002–2004) Grain yield and yield components in hulled and naked oats (average for the years 2002–2004)

Odmiany Cultivars	Poziomy ochrony Protection levels	Cechy Traits				
		plon ziarna yield of grain (g·m ⁻¹)	liczba wiech na 1 m ² number of panicles per 1 m ²	liczba ziaren z wiechy number of grains per panicle	MTZ weight of 1000 grains (g)	masa ziaren z wiechy weight of grains per panicle (g)
Owies oplewiony Hulled oats	M	903	546	66,9	32,9	2,092
	I	970	581	70,4	34,4	2,299
	średnio — mean	937	564	68,6	33,7	2,195
Owies nagoziarnisty Naked oats	M	690	572	59,0	27,4	1,551
	I	769	638	59,7	28,4	1,585
	średnio — mean	729	605	59,3	27,9	1,568
Średnio dla poziomu ochrony Mean for protection level	M	797	559	62,9	30,2	1,822
	I	870	610	65,0	31,4	1,942
NIR _{0,05} dla LSD _{0,05} for	a	189	r.n.	r.n.	3,5	0,190
	b	r.n.	47	r.n.	r.n.	r.n.
	a × b	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

M — Ochrona minimalna; Minimum protection

I — Ochrona intensywna; Intensive protection

a — Odmian; Cultivars

b — Poziomów ochrony; Protection levels

a × b — Interakcji odmiana × poziom ochrony; Cultivar × protection level interaction

r.n. — Różnice nieistotne; Not significant differences

Obsada wiech odmiany oplewionej i nagoziarnistej nie różniła się istotnie. Zwartość łanu formy nagoziarnistej w niniejszych badaniach przewyższała notowaną przez Piecha i wsp. (1999 a, 1999 b, 2000). Udowodniono, że niezależnie od odmiany intensyfikacja ochrony roślin powodowała istotny wzrost obsady wiech owsa.

Uzyskana w doświadczeniach dysproporcja pomiędzy plonem formy nagoziarnistej i oplewionej owsa wynikała głównie z poziomu masy 1000 ziaren i liczby ziaren z wiechy. Wartości tych składowych plonu formy oplewionej były wyższe odpowiednio o 17,2% i 13,6% w stosunku do odmiany nagoziarnistej. MTZ owsa nagoziarnistego kształtowała się na poziomie przedstawionym w literaturze (Bobrecka-Jamro i in., 1999; Čermák i Moudry, 1998; Nita i Orłowska-Job, 1996; Śniady i Wołoszyn, 1999). Według Piecha i wsp. (2000), budowa wiechy form nagoziarnistych o małej liczbie kłosek, a dużej liczbie kwiatków w kłosku powoduje, że rośliny wykształcają dużo ziaren z wiechy, ale o małej masie, co nie sprzyja osiągnięciu dobrego plonu ziarna. Odmiana oplewiona cechowała się również istotnie większą masą ziaren z wiechy w porównaniu z odmianą nagoziarnistą. Wartość tego wspólnego efektu drugiej i trzeciej składowej plonu przewyższała notowaną w innych badaniach (Bobrecka-Jamro i Tobiasz-Salach, 1999). Zróżnicowana ochrona chemiczna oddziaływała na masę i liczbę ziaren z wiechy oraz masę tysiąca ziaren w granicach błędu statystycznego.

Stwierdzono, że zawartość białka, tłuszczu i włókna w ziarnie była istotnie uzależniona od odmiany (tab. 3).

Tabela 3

Zawartość podstawowych składników pokarmowych w ziarnie owsa oplewionego i nagoziarnistego w % s.m. (średnie dla lat 2002–2004)

Gross nutrient content of hulled and naked oats in % d.m. (average for the years 2002–2004)

Odmiany Cultivars	Poziomy ochrony Protection levels	Cechy Traits		
		białko ogółem crude protein	tłuszcz surowy crude oil	włókno surowe crude fibre
Owies oplewiony Hulled oats	M	12,8	3,6	9,8
	I	13,2	4,8	9,5
	średnio — mean	13,0	4,2	9,6
Owies nagoziarnisty Naked oats	M	15,7	7,7	1,8
	I	16,8	8,5	1,6
	średnio — mean	16,3	8,1	1,7
Średnio dla poziomu ochrony Mean for protection level	M	14,2	5,6	5,8
	I	15,0	6,6	5,5
NIR _{0,05} dla LSD _{0,05} for	a	1,5	0,4	1,7
	b	r.n.	0,4	r.n.
	a × b	r.n.	r.n.	r.n.

Objaśnienia w tabeli 1; Explanations in Table 1

Forma nagoziarnista charakteryzowała się większą koncentracją białka w ziarnie o 25,4% niż forma oplewiona. Z doświadczeń Petkova i wsp. (1999) wynika, że ziarno tej odmiany zawierało o 39% więcej białka ogółem. Ziarno owsa nagoziarnistego zawierało prawie dwukrotnie więcej tłuszczu w porównaniu z oplewionym. Uzyskane wyniki potwierdzają doniesienia szeregu autorów (Bartnikowska i in., 2000 a; Čermák i Moudry,

1998; Maciejewicz-Ryś i Sokół, 1999; Petkov i in., 1999; Pisulewska i in., 1997, 1999; Wróbel i in., 1999). Odmiana nagoziarnista zawierała ponad pięciokrotnie mniej włókna w ziarnie niż oplewiona, co w swoich badaniach potwierdzili również inni autorzy (Bartnikowska i in., 2000 a; Maciejewicz-Ryś i in., 1997; Maciejewicz-Ryś i Sokół, 1999; Petkov i in., 1999; Pisulewska i in., 1997). Zdaniem Michalskiego i wsp. (2000) kombinacje ochrony roślin nie miały wpływu na kształtowanie się składu chemicznego ziarna owsa. Niniejsze doświadczenia potwierdziły wyżej wymienione wnioski odnośnie zawartości białka i włókna. W przypadku koncentracji tłuszczu stwierdzono, że intensyfikacja ochrony chemicznej odniosła istotnie pozytywny wpływ na zawartość tego składnika w ziarnie.

Porównując koncentrację makroelementów w ziarnie odmian owsa, stwierdzono istotne różnice w zawartości fosforu, potasu i magnezu (tab. 4).

Tabela 4

Zawartość makroelementów w ziarnie owsa oplewionego i nagoziarnistego w % s.m. (średnie dla lat 2002–2004)

The macroelements content of hulled and naked oats in % d.m. (average for the years 2002–2004)

Odmiany Cultivars	Poziomy ochrony Protection levels	Cechy Traits			
		fosfor phosphorus	potas potassium	magnez magnesium	wapń calcium
Owies oplewiony Hulled oats	M	0,40	0,60	0,12	0,11
	I	0,41	0,60	0,13	0,10
	średnio — mean	0,40	0,60	0,12	0,11
Owies nagoziarnisty Naked oats	M	0,49	0,48	0,14	0,11
	I	0,51	0,50	0,15	0,11
	średnio — mean	0,50	0,49	0,14	0,11
Średnio dla poziomu ochrony Mean for protection level	M	0,44	0,54	0,13	0,11
	I	0,46	0,55	0,14	0,11
NIR _{0,05} dla	a	0,05	0,05	0,01	r.n.
LSD _{0,05} for	b	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
	a × b	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

Objaśnienia w tabeli 1; Explanations in Table 1

Zróżnicowana ochrona chemiczna nie miała wpływu na ilość niniejszych składników. Forma nagoziarnista zawierała więcej fosforu (o 25,0%) i magnezu (o 16,7%), ale mniej potasu (o 18,3%) niż odmiana oplewiona. Uzyskane w badaniach parametry makroelementów badanych odmian owsa nie odbiegają od przytaczanych w literaturze (Petkov i in., 1999; Pisulewska i in., 1997). Analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic w zawartości wapnia w zależności od badanych odmian i ochrony chemicznej.

WNIOSKI

1. Plon owsa nagoziarnistego, wskutek niższej MTZ i liczby ziaren z wiechy, był niższy o 22,2% od plonu odmiany oplewionej.
2. Poziomy ochrony nie różnicowały istotnie plonu ziarna, odnotowano jedynie zwiększenie obsady wiech pod wpływem intensywnej ochrony.

3. Forma nagoziarnista owsa zawierała o 25,4% więcej białka ogółem i prawie dwukrotnie więcej tłuszczu oraz ponad pięciokrotnie mniej włókna niż odmiana oplewiona.
4. Intensyfikacja ochrony chemicznej zwiększyła o 15,2% zawartość tłuszczu w ziarnie odmian owsa.

LITERATURA

- Bartnikowska E., Lange E., Rakowska M. 2000 a. Ziarno owsa — niedoceniane źródło składników odżywczych i biologicznie czynnych. Część I. Ogólna charakterystyka owsa. Białka, tłuszcze. Biul. IHAR 215: 209 — 222.
- Bartnikowska E., Lange E., Rakowska M. 2000 b. Ziarno owsa — niedoceniane źródło składników odżywczych i biologicznie czynnych. Część II. Polisacharydy i włókno pokarmowe, składniki mineralne, witaminy. Biul. IHAR 215: 223 — 237.
- Bobrecka-Jamro D., Tobiasz-Salach R. 1999. Ocena wartości gospodarczych nowych rodów owsa nagoziarnistego uprawianego w województwie rzeszowskim. Żywn. 1 (18) supl.: 90 — 96.
- Bobrecka-Jamro D., Tobiasz-Salach R., Szpunar-Krok E. 1999. Uprawa owsa nagoziarnistego. Pam. Puł. 114: 37 — 39.
- Budzyński W. 1999. Reakcja owsa na czynniki agrotechniczne przegląd wyników badań krajowych. Żywn. 1 (18) supl.: 11 — 25.
- Čermák B., Moudrý J. 1998. Comparison of grain yield and nutritive value of naked and husked oats. Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricult. 66: 89 — 98.
- Gąsiorowski H. 2000. Wartość użytkowa owsa nagiego. Prze. Zboż.-Młyn. 7: 15 — 16.
- Gregorczyk A., Piech M. 2000. Porównanie dynamiki wzrostu owsa nieoplewionego z oplewionym. Biul. IHAR 215: 201 — 208.
- Leszczyńska D. 2002. Uprawa owsa nieoplewionego — stan obecny i przyszłość. Pam. Puł. 130: 463 — 469.
- Maciejewicz-Ryś J., Pisulewska E., Witkowicz R. 1997. Skład i wartość odżywcza białka owsa nagoziarnistego w zależności od gleby i wprowadzenia wsiewki seradeli. Acta Agr. Silv., Ser. Agr., 35: 73 — 83.
- Maciejewicz-Ryś J., Sokół K. 1999. Wartość pokarmowa ziarna owsa oplewionego (*Avena sativa* L.) i nagoziarnistego (*A. sativa* var. *nuda*). Żywn. 1 (18) supl.: 273 — 278.
- Michalski T., Osiecka B., Kowalik I. 2000. Wpływ ochrony roślin na plony i wartość paszową jęczmienia i owsa oraz ich mieszanek. Rocz. Akad. Rol. w Poz., Rol. 58: 75 — 82.
- Nita Z. 1999. Stan aktualny i nowe kierunki hodowli owsa w Polsce. Żywn. 1 (18) supl.: 186 — 192.
- Nita Z., Orłowska-Job W. 1996. Hodowla owsa nagoziarnistego w Zakładzie Doświadczalnym HAR w Strzelcach. Biul. IHAR 197: 141 — 145.
- Petkov K., Piech M., Łukaszewski Z., Kowieska A. 1999. Porównanie składu chemicznego i wartości pokarmowej owsa nieoplewionego i oplewionego. Żywn. 1 (18) supl.: 253 — 259.
- Piech M., Nita Z., Maciorowski R. 1999 a. Porównanie plonowania dwóch odmian owsa nieoplewionego z oplewionym przy dwóch poziomach nawożenia azotem. Żywn. 1(18) supl.: 137 — 141.
- Piech M., Nita Z., Maciorowski R. 2000. Porównanie przydatności owsa nagiego z oplewionym do uprawy w mieszankach z jęczmieniem. Rocz. Akad. Rol. w Poz., Rol., 58: 89 — 97.
- Piech M., Nita Z., Stankowski S. 1999 b. Porównanie plonowania mieszanek jęczmienia z owsem nieoplewionym i oplewionym. Żywn. 1 (18) supl.: 131 — 136.
- Pisulewska E., Kołodziejczyk M., Witkowicz R. 1997. Porównanie składu chemicznego ziarna owsa oplewionego i nagoziarnistego uprawianych w różnych warunkach siedliska. Acta Agr. Silv., Ser. Agr. 35: 99 — 106.
- Pisulewska E., Witkowicz R., Borowiec F. 1999. Wpływ sposobu uprawy na plon oraz zawartość i skład kwasów tłuszczowych ziarna owsa nagoziarnistego. Żywn. 1 (18) supl.: 240 — 245.
- Strzelecki A. W., Zdradzisz E. 1991. Owies nagi (*Avena nuda*) — wartość użytkowa oraz niektóre problemy hodowli i nasiennictwa. Hod. Rośl. Nasien. 5/6: 11 — 14.

- Szczerbińska D., Piech M., Dańczak A., Romaniszyn K. 1999. Wstępna ocena wartości owsa nieoplewionego i oplewionego w żywieniu stada reprodukcyjnego przepiórek. *Żywn. 1* (18), supl.: 279 — 285.
- Śniady R., Wołoszyn B. 1999. Plonowanie czeskich i polskich odmian owsa nagiego. *Żywn. 1* (18) supl.: 161 — 165.
- Tobiasz-Salach R., Borecka-Jamro D. 2002. Wpływ gęstości siewu na plonowanie owsa oplewionego i nagoziarnistego. *Fragm. Agron. (XIX)*, 2 (74): 71 — 78.
- Wróbel E., Budzyński W., Dubis B. 1999. Rolnicza, energetyczna i ekonomiczna efektywność uprawy owsa i jęczmienia jarego na glebie lekkiej. *Żywn. 1* (18) supl.: 166 — 172.

MAGDALENA ŚWIDERSKA-OSTAPIAK**SŁAWOMIR STANKOWSKI**Katedra Uprawy Roli, Roślin i Doświadczalnictwa
Akademia Rolnicza w Szczecinie

Wpływ ilości wysiewu i zaprawiania ziarna na plon i komponenty plonu owsa nagoziarnistego i oplewionego*

The effects of sowing rates and seed dressing on the level and structure of yield of hulless and hulled oats

Doświadczenie przeprowadzono w Stacji Doświadczalnej Lipnik k. Stargardu Szczecińskiego, w latach 2000–2002 na glebie kompleksu żytniego dobrego. Badano wpływ 4 ilości wysiewu (400, 530, 660, 790 ziaren kiełkujących na 1 m²), 2 wariantów zapraw nasiennych (Sarfun T450 FS, Dithane 455 S.C. oraz wariant bez zaprawy) na plon, i komponenty plonu 2 odmian owsa (Akt — odmiana nieoplewiona, Bajka — odmiana oplewiona). Wyżej plonującą odmianą była oplewiona odmiana Bajka od odmiany nieoplewionej Akt. Zwiększenie ilości wysiewu z 400 do 790 ziaren na 1m² spowodowało istotny wzrost plonu ziarna owsa średnio o 2,6 dt·ha⁻¹. W miarę zwiększania ilości wysiewu wzrastała liczba wiech z 1 m², a zmniejszała się liczba ziaren w wieszce oraz masa 1000 ziaren, co spowodowało tylko niewielki wzrost plonu ziarna. Nie stwierdzono zróżnicowanej reakcji badanych form owsa na zwiększenie ilości wysiewu. Zastosowanie zapraw nasiennych Sarfun i Dithane, w porównaniu z wariantem kontrolnym, spowodowało istotny wzrost plonu ziarna o 1,0 dt·ha⁻¹. Wskazuje to praktycznie na brak reakcji owsa na zaprawianie ziarna.

Słowa kluczowe: owies oplewiony i nieoplewiony, plon ziarna, komponenty plonu, ilości wysiewu, zaprawy nasienne

The field experiments were conducted on two cultivars of oats: a hulless cv. Akt and a hulled cv. Bajka grown on good rye complex soil at the Experimental Station Lipnik near Stargard Szczeciński in the years 2000–2002. The effects of four sowing rates (400, 530, 660 or 790 germinating seeds/1 m²), two variants of seed dressing: Sarfun T450 FS and Dithane 455 SC, compared to the variant with no dressing, upon grain yield and its components were evaluated. Grain yield of cv. Bajka was higher than that of cv. Akt. The change in a sowing rate from 400 to 790 seeds/m² effected an increase in grain yield by 2.6 dt·ha⁻¹. With rising sowing rates a number of panicles/1 m² increased but both a number of grains per panicle and weight of 1000 grains decreased. Hence, only a relatively slight increase in total grain yield was recorded. No difference between the investigated oat cultivars in reaction to sowing rates was found. Seed dressing with Sarfun and Dithane resulted in a statistically significant but

* Praca wykonana w ramach grantu nr 2 PO6R 001 26 finansowanego przez KBN

not considerable increase in grain yield ($1.0 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$). These results indicate no marked response of oats to seed dressing.

Key word: hulled and hulless oat, grain yield, yield components, sowing rates, seed dressing

WSTĘP

Owies jest rośliną uprawianą w Polsce na powierzchni zajmującej 0,5 miliona hektarów, co w ogólnej powierzchni zasiewów zbóż stanowi około 4% (Spiss, 2003). Oprócz tradycyjnych, oplewionych, form owsa coraz większym zainteresowaniem rolników cieszy się owies nagoziarnisty, który ze względu na pożądane właściwości dietetyczne stwarza szersze możliwości jego wykorzystania. Pierwsza polska odmiana nagoziarnista Akt wyhodowana została w Hodowli Roślin w Strzelcach koło Kutna i zarejestrowana w 1997 roku. Aktualnie do polskiego Rejestru Odmian wpisane są dwie odmiany nieoplewione: Akt i Polar. Genetyczne usunięcie łuski poprawiło skład chemiczny owsa w odniesieniu do odmian oplewionych. Zawartość tłuszczu bogatego w nienasycone kwasy tłuszczowe jest w owsie 2–3 razy wyższa niż w innych zbożach (Nita, 2003). Niewątpliwie walory odżywcze i dietetyczne owsa nie mogą przesłonić podstawowego z punktu widzenia rolniczego mankamentu owsa nagiego, jakim są relatywnie małe plony tej rośliny. Odmiana owsa nagiego Akt plonuje o około 23–25% gorzej niż odmiany oplewione, stanowiące wzorzec do porównań w badaniach COBORU (Piech i in., 1999; Piech i in., 2000).

Opinie na temat wymagań, co do ilości wysiewu, nagich i oplewionych form owsa są zróżnicowane. Dubis i Budzyński (2003) wykazali, że formy nagoziarniste wymagają gęstszego siewu (około 800 ziaren na 1 m^2). Kozłowska-Ptaszyńska i wsp. (2001) nie wskazują na różnice w plonowaniu obu form w zależności od gęstości siewu, zaś według Ścigalskiej (1999) większymi wymaganiami charakteryzują się odmiany oplewione.

Owies należy do zbóż o małych wymaganiach w zakresie ochrony roślin (Zawiślak i Adamiak, 1998). Jednak według Jańczak (1999) zaprawianie ziarna jest niezbędną metodą ochrony zbóż przed porażeniem pochodzącym z materiału siewnego i ze środowiska glebowego. Zaprawianie jest szczególnie ważne dla zbóż jarych, ponieważ choroby wschodów mogą spowodować nadmierne wypadanie roślin, co powoduje spadek plonów (Korbas i Kubiak, 2000).

Celem przeprowadzonych badań było: określenie optymalnej ilości wysiewu dla odmian oplewionych i nieoplewionych oraz ocena, w jakim stopniu zaprawienie ziarna wpływa na plon odmian owsa.

MATERIAŁY I METODY

Badania z odmianami owsa nagiego i oplewionego przeprowadzono w latach 2000–2002 w Stacji Doświadczalnej Akademii Rolniczej w Szczecinie w Lipniku k. Stargardu Szczecińskiego.

Badanymi czynnikami były: 2 odmiany owsa (Akt — forma nieoplewiona i Bajka — forma oplewiona), z Hodowli Roślin Strzelce k. Kutna, 4 ilości wysiewu (400, 530, 660,

790 ziaren kielkujących na 1 m²), 3 warianty zaprawiania ziarna (Sarfun T450 FS — zaprawa systemicznie-kontaktowa, z substancjami czynnymi karbendazym i tiuram w dawce 3,0 g na 1 kg ziarna, Dithane 455 SC — zaprawa kontaktowa z substancją czynną mankozeb w dawce 3,5 g na 1 kg ziarna i wariant kontrolny — bez zaprawiania).

Doświadczenie przeprowadzono w latach 2000–2002 w układzie losowanych podbloków w 4 powtórzeniach na glebie kompleksu żyniego dobrego o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego, klasie bonitacyjnej IV b i odczynie obojętnym. Przedplonem w latach 2000 i 2001 był rzepak ozimy, w trzecim roku doświadczenie założono po pszenicy jarej. Zasobność gleby w kolejnych latach kształtowała się w następująco: 95, 67 i 78 mg P·kg⁻¹ gleby, 94, 106 i 101 mg K·kg⁻¹ gleby oraz 24, 17 i 19 mg Mg·kg⁻¹ gleby. Nawożenie azotowe w ilości 75 kg N na 1 ha wykonano w dwóch dawkach: przedsięwnie (40 kg) i w fazie strzelania w źdźbło (35 kg N·ha⁻¹). Nawożenie potasowo-fosforowe zastosowano przedsięwnie w ilości: 30 i 60 kg·ha⁻¹ w czasie trzech lat doświadczenia. Nasiona zaprawiane były na sucho. Siew w kolejnych latach wykonywano: 30.03.2000 r., 03.04.2001 r. i 04.04.2002 r. za pomocą siewnika poletkowego z aparatem wysiewającym Øyorda. Wielkość poletek do zbioru wynosiła 13,7 m², o rozstawie rzędów — 12 cm. Zbiór wykonano kombajnem poletkowym. Plon ziarna przeliczono na 15% wilgotności. Plon całkowity odmiany Bajka pomniejszono o zawartość łuski, natomiast w przypadku odmiany Akt uwzględniono zawartość ziaren oplewionych i odjęto ją od plonu, według zaleceń i metodyki badań „Wartości gospodarczej odmian roślin uprawnych COBORU dla roślin rolniczych” — Zbożowe (1998). Kształtowanie się komponentów plonu przedstawiono w formie logarytmicznej. Plon ziarna Y jest iloczynem liczby wiech na 1 m² (a), liczby ziaren w wiesze (b) i masy 1000 ziaren (c). Po zlogarytmowaniu i odjęciu stałych wartości uzyskano następujące równanie: $\log Y - 4,4 = (\log a - 2,2) + (\log b - 1,1) + (\log c - 1,1)$. Wyniki opracowano statystycznie przy zastosowaniu analizy wariancji trzyczynnikowej w układzie podbloków losowych. Do porównań wielokrotnych zastosowano procedurę Tukeya, przy poziomie istotności $p = 0,05$. Wykonano syntezę wyników doświadczeń z trzech lat, przyjmując model stały.

Warunki meteorologiczne w latach badań były zróżnicowane. Początek okresu wegetacyjnego w 2000 roku charakteryzował się dużą ilością opadów i temperaturą powietrza zbliżoną do średniej. Od kwietnia średnia temperatura powietrza przekraczała wartości średnich wieloletnich, podczas gdy ilość opadów w kwietniu i maju była poniżej średniej wieloletniej (miesiące były bardzo suche). W czerwcu ilość opadów była zbliżona do przeciętnej ilości opadów z wielolecia. Miesiące letnie lipiec i sierpień charakteryzowały się temperaturą na poziomie średniej wieloletniej. W okresie zbioru, w sierpniu, temperatura była zbliżona do średniej wieloletniej, zaś ilość opadów była niewielka.

W drugim roku doświadczenia przebieg pogody w okresie poprzedzającym siew ziarna w okresie wschodów oraz początkowego wzrostu roślin był zbliżony do warunków średnich dla wielolecia. Miesiące od marca do maja charakteryzowały się temperaturą i opadami zbliżonymi do średniej. W czerwcu temperatura była wyższa od średniej wieloletniej, zaś średnia opadów znacznie przekraczała ilość opadów z okresu wielolecia.

W czasie dojrzewania owsa warunki meteorologiczne były sprzyjające. Sierpień charakteryzował się wysoką temperaturą i umiarkowaną ilością opadów.

W roku 2002 warunki pogodowe w czasie siewu i wschodów roślin były sprzyjające. Od maja do zbioru owsa było bardzo ciepło. Średnia temperatura w miesiącach od maja do sierpnia przekraczała średnią temperaturę wieloletnią o 2–4 stopnie. W okresie od maja do sierpnia występował niedobór opadów, który stopniowo zwiększał się wraz z upływem czasu. Ilość opadów w czerwcu, lipcu i sierpniu była niższa od średniej wieloletniej. Cały ten okres można określić jako bardzo suchy.

WYNIKI

Odmiana nieoplewiona Akt plonowała niżej niż odmiana oplewiona Bajka średnio o 17,3 dt·ha⁻¹ (tab. 1). Istotną różnicę pomiędzy porównywanymi formami stwierdzono we wszystkich latach badań i kształtowała się ona na poziomie od 29% do 32%. Plon ziarna bez łuski odmiany Akt był również mniejszy niż plon odmiany Bajka, średnio o 4,1 dt·ha⁻¹, aczkolwiek istotne różnice stwierdzono tylko w pierwszym roku badań (tab. 2).

Tabela 1

Wpływ odmiany (O), ilości wysiewu (W) i zaprawiania ziarna (Z) na plon ziarna z łuską (dt·ha⁻¹)
Effect of sowing rate (W), seed dressing (Z) and oat cultivar (O) on the yield of hulled grain (dt·ha⁻¹)

Czynnik Factor	Wariant Variant	Lata Years			Średnia Mean
		2000	2001	2002	
Odmiana Cultivar	Akt	31,7	50,0	34,6	38,8
	Bajka	47,0	71,0	50,3	56,1
	400	37,3	59,8	41,3	46,1
Ilość wysiewu ziarna na 1 m ² Sowing rate seeds /m ²	530	39,8	61,0	42,2	47,7
	660	38,7	61,2	41,9	47,3
	790	41,8	60,0	44,4	48,7
Zaprawy nasienne Seed dressing	Sarfun	39,8	60,8	42,9	47,8
	Dithane	39,4	60,5	42,9	47,6
	kontrola — control	38,9	60,2	41,5	46,9
Średnia Mean		39,4	60,5	42,4	47,4
NIR _{0,05}	O	3,42	4,97	9,96	1,83
LSD _{0,05}	W	2,83	r.n.	r.n.	1,70
	Z	r.n.	r.n.	1,19	0,66

r.n. — Różnica nieistotna; Not significant difference

W roku 2001 różnice w plonowaniu obu form owsa były najmniejsze i wynosiły tylko ok. 4%. Największy plon ziarna odnotowano w roku 2001 (60,5 dt·ha⁻¹), to jest o około 20 dt więcej niż w roku 2000 i roku 2002. Podobną prawidłowość zaobserwowano również w przypadku plonu ziarna bez łuski, aczkolwiek różnice były oczywiście znacznie mniejsze. Odmiana Akt, średnio za 3 lata, charakteryzowała się mniejszą roślinnością na 1 m² niż odmiana oplewiona Bajka (tab. 3).

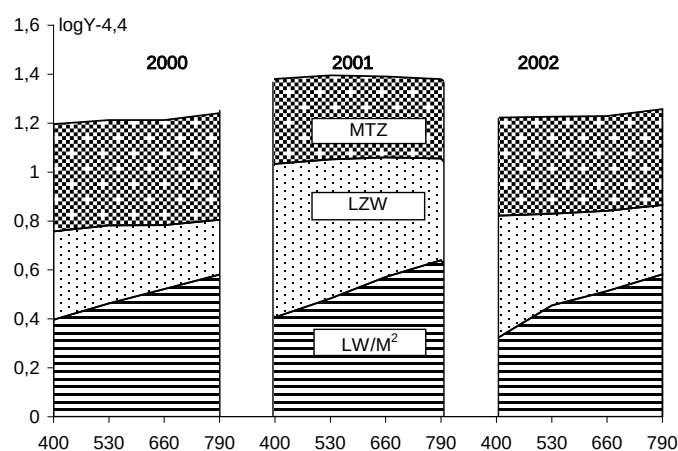
Tabela 2

Wpływ odmiany (O), ilości wysiewu (W) i zaprawiania ziarna (Z) na plon ziarna bez łuski (dt·ha⁻¹)
Effect of sowing rate (W), seed dressing (Z) and oat cultivar (O) on the yield of hulled grain (dt·ha⁻¹)

Czynnik Factor	Wariant Variant	Lata Years			Średnia Mean
		2000	2001	2002	
Odmiana Cultivar	Akt	30,8	48,8	32,2	37,3
	Bajka	35,8	50,9	37,5	41,4
Ilość wysiewu ziarna na 1 m ² Sowing rate seeds /m ²	400	31,5	49,1	33,9	38,2
	530	33,8	50,1	34,5	39,5
	660	32,6	50,3	34,7	39,2
	790	35,3	48,9	36,4	40,2
Zaprawy nasienne Seed dressing	Sarfun	33,8	49,8	35,2	39,6
	Dithane	33,4	49,8	35,3	39,5
	kontrola — control	32,7	49,3	34,0	38,7
Średnia Mean		33,3	49,6	34,8	39,3
NIR _{0,05}	O	3,57	r.n.	r.n.	2,36
LSD _{0,05}	W	2,47	r.n.	r.n.	1,43
	Z	0,98	r.n.	1,03	0,57

r.n. — Różnica nieistotna; Not significant difference

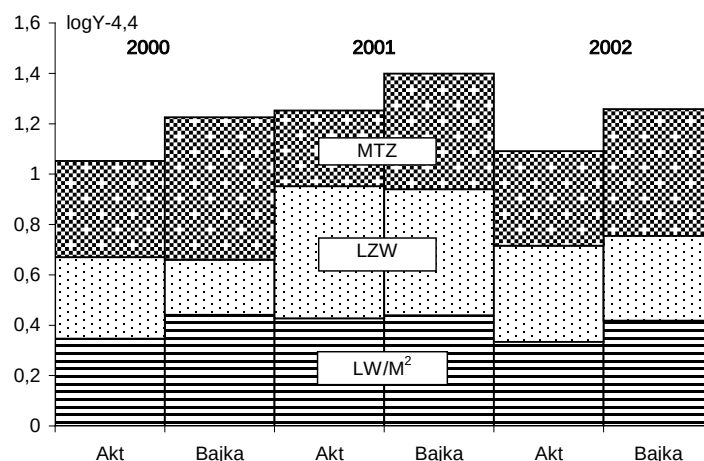
Krzewienie obu form było niewielkie i bardzo zbliżone. Spowodowało to, że liczba wiech na m² była większa u odmiany oplewionej średnio o 72 sztuki. Reakcja odmian była zróżnicowana w latach badań. W latach 2000 i 2002 różnice między odmianami były istotne i wynosiły odpowiednio 24% i 22%, na korzyść odmiany Bajka (rys. 1). W 2001 roku, w którym warunki pogodowe były korzystne dla owsa, liczba wiech u obu form była zbliżona. Wynikało to z braku różnicy w obsadzie roślin po wschodach.



Rys. 1. Kształtowanie się komponentów plonu w zależności od ilości wysiewu (ziaren na 1 m²) w latach 2000–2002 (opis symboli jak w tabeli 3)

Fig. 1. Forming of yield components as affected by sowing rate (grains / 1 m²) in 2000–2002 (description of symbols like in Table 3)

Odmiana nagoziarnista charakteryzowała się większą liczbą ziaren z wiechy niż odmiana oplewiona. Średnia różnica z 3 lat wynosiła 3,9, co stanowiło około 12%. Największą różnicę stwierdzono w roku 2000 (27,5%). W kolejnych latach doświadczenia różnice nie były statystycznie udowodnione. Badane formy owsa różniły się istotnie masą 1000 ziaren (tab. 3). Odmiana oplewiona miała większą masę 1000 ziaren niż forma nieoplewiona średnio o 11,1 g. W kolejnych latach doświadczenia różnice między odmianami były podobne pod względem tej cechy (rys. 2).



Rys. 2. Kształtowanie się komponentów plonu odmian owsa w latach 2000–2002 (opis symboli jak w tabeli 3)

Fig. 2. Forming of yield components in oat cultivars in 2000–2002 (description of symbols like in Table 3)

Zwiększenie ilości wysiewu z 400 do 790 ziaren kielkujących na 1 m² spowodowało średni wzrost plonu ziarna z łuską i bez łuski odpowiednio o 2,6 i 2,0 dt·ha⁻¹ (tab. 1 i 2). Stwierdzono, że reakcja owsa na zróżnicowanie ilości wysiewu w kolejnych latach badań była niejednakowa. W 2000 roku wzrastająca ilość wysiewu przyczyniła się do wzrostu plonu ziarna z łuską i bez łuski o około 12%. W dwóch kolejnych latach doświadczenia różnice były nieistotne. Odmiana nieoplewiona Akt i oplewiona Bajka charakteryzowały się takimi samymi wymaganiami odnośnie ilości wysiewu.

Obsada roślin i wiech (tab. 3) wzrastała pod wpływem zwiększenia ilości wysiewu z 400 do 790 ziaren na 1 m² odpowiednio o 321 i 258 sztuk. W poszczególnych latach obserwowano zróżnicowane przyrosty, ale obsada wiech (rys. 2) zwiększała się istotnie po zastosowaniu nawet największej ilości wysiewu. Komponentem plonu, który charakteryzował się mniejszymi wartościami w miarę zwiększenia ilości wysiewu była liczba ziaren w wieszce (tab. 3). Różnica przy skrajnych wartościach badanego czynnika wynosiła 14,7. Największe różnice (rys. 2) wystąpiły w roku 2001, w którym zwiększenie ilości wysiewu z 400 do 790 ziaren na 1 m² spowodowało systematyczny spadek liczby ziaren w wieszce o 20,6. W pozostałych latach zmniejszenie liczby ziaren obserwowano

przy zwiększeniu wysiewu do 660 (w 2000 roku) i do 530 ziaren kiełkujących na 1 m² (w 2002 roku). Wzrastające ilości wysiewu miały istotny wpływ na zmniejszanie się masy 1000 ziaren, ale zróżnicowanie wyników było znacznie mniejsze. Średnio za 3 lata nie przekraczały 1,0 g, co stanowi około 3%. W przypadku tej cechy stwierdzono również zróżnicowaną reakcję w latach. Największe zmniejszenie masy 1000 ziaren odnotowano w 2001 roku — średnio 1,4 g. W dwóch pozostałych latach różnice były statystycznie nieistotne

Tabela 3

Wpływ odmiany (O), ilości wysiewu (W) i zaprawiania ziarna (Z) na komponenty plonu (średnia dla lat 2000–2002)

Effect of sowing rate (W), seed dressing (Z) and oat cultivar (O) on grain yield components (mean for 2000–2002)

Czynnik Factor	Wariant Variant	Cecha Trait				
		LR/M ²	KRZ	LW/M ²	LZW	MTZ
Odmiana	Akt	457	1,06	469	34,6	25,3
Cultivar	Bajka	533	1,04	541	30,7	36,4
	400	333	1,16	376	40,8	31,4
Ilość wysiewu ziarna na 1 m ²	530	442	1,07	465	34,2	31,0
Sowing rate seeds /m ²	660	553	0,99	545	29,6	30,5
	790	651	0,99	634	26,1	30,6
Zaprawy nasienne	Sarfun	498	1,05	509	32,9	31,0
Seed dressing	Dithane	494	1,04	505	32,7	30,9
	kontrola — control	492	1,05	502	32,3	30,8
Średnia Mean		495	1,05	505	32,6	30,9
NIR _{0,05}	O	18,9	r.n.	18,7	2,59	0,86
LSD _{0,05}	W	18,3	0,08	34,7	2,94	0,65
	Z	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

LR/M² — Liczba roślin na 1 m²; Number of plants /1m², KRZ — Krzewienie produkcyjne; Productive tillering, LW/M² — Liczba wiech na 1 m²; Number of panicles /1 m², LZW — Liczba ziaren z wiechy; Number of grains per panicle, MTZ — Masa 1000 ziaren; 1000 grains weight

r.n. — Różnica nieistotna; Not significant difference

Zaprawianie ziarna miało niewielki wpływ na plonowanie owsa (tab. 1, 2). Różnica w plonie ziarna, średnio za 3 lata była istotna, lecz nie przekraczała 3%. W latach 2000 i 2001 plon ziarna nie zmieniał się pod wpływem zastosowanych wariantów zapraw nasiennych, natomiast w roku 2002 zaobserwowano istotny wzrost plonu ziarna, po zastosowaniu zapraw nasiennych Sarfun i Dithane, w porównaniu do wariantu kontrolnego, o 1,4 dt·ha⁻¹. Istotnie mniejszy plon ziarna bez łuski odnotowano przy zastosowaniu wariantu kontrolnego (w porównaniu z wariantami z zaprawami nasiennymi) — o około 3% w pierwszym roku i 4% w trzecim roku doświadczenia. W roku 2001 zastosowane warianty zapraw nasiennych nie miały wpływu na wielkość plonu ziarna bez łuski. Zaprawy nasienne Sarfun i Dithane w porównaniu z wariantem kontrolnym nie miały wpływu na poszczególne komponenty plonu.

DYSKUSJA

Plon ziarna formy nieoplewionej był mniejszy, niż odmiany oplewionej średnio o 33%. Jeśli jednak uwzględnimy zawartość łuski, u odmian Bajka i Akt, to różnica ta kształtowała się na poziomie 10%. Wyniki badań Peltonen-Sainio (1994), Moudrý'ego i Čermáka (1996), Čermáka i Moudrý'ego (1998), Piecha i wsp. (2001) wskazują na istotnie mniejsze plony odmian nieoplewionych, niż odmian oplewionych, nawet po odliczeniu łuski. Dubis i Budzyński (2003) podają, że owies nagi i oplewiony plonują podobnie, a nawet owies nagi może plonować lepiej (Moudrý, 2003). Owies charakteryzuje się dużą wrażliwością na niedobór opadów. Wyniki uzyskane w przeprowadzonym doświadczeniu są tego potwierdzeniem. W dwóch suchych latach plon był znacznie niższy niż w roku wilgotnym.

Obsada roślin i wiech jest ważną cechą decydującą o wielkości plonu ziarna. Czynnikiem, który ma największy wpływ na te cechy jest ilość wysiewu ziarna. Zwiększenie ilości wysiewu z 400 do 790 ziaren na 1 m² spowodowało istotny wzrost plonu ziarna owsa z łuską i bez łuski średnio z 3 lat, odpowiednio o 2,6 i 2,0 dt·ha⁻¹. Istotne różnice stwierdzono jedynie w 2000 roku. W dwóch pozostałych latach obserwowano jedynie tendencję do zwiększenia plonu. Nie zauważono, żeby badane formy (nieoplewiona Akt i oplewiona Bajka) wymagały różnych ilości wysiewu. Nita (2003) zaleca wysiewać owies w ilości 500–650 ziaren na 1 m². Kozłowska-Ptaszyńska i wsp. (1997), Dubis i Budzyński (2003), wykazali, że formy nagoziarniste wymagają gęstszej siewu (około 800 ziaren na 1 m²). Według Ścigalskiej (1999) oraz Tobiasz-Salach i Bobreckiej-Jamro (2002) większymi wymaganiami charakteryzują się odmiany oplewione. Zróżnicowanie plonu owsa pod wpływem zróżnicowanych ilości wysiewu nie jest zbyt duże, ale zdarza się, że przekracza w pojedynczych latach nawet 20% (Dubis i Budzyński, 2003). Wzrost ilości wysiewu powoduje zasadnicze zmiany w wartościach poszczególnych komponentów plonu owsa. Zwiększają się obsada roślin i obsada wiech, a zmniejszają krzewienie produkcyjne, liczba ziaren w wieszce i czasem masa 1000 ziaren (Peltonen-Sainio, 1994; Peltonen-Sainio, 1997; Kozłowska-Ptaszyńska i in., 2001; Tobiasz-Salach i Bobrecka-Jamro, 2002; Dubis i Budzyński, 2003). Jest to zresztą prawidłowość, którą można zaobserwować nie tylko u owsa, ale i u innych gatunków zbóż (Podlaska i Nelken, 1991; Stankowski, 1994; Podolska i Mazurek, 2000). Wzrost plonu pod wpływem zwiększenia ilości wysiewu związany jest bezpośrednio z relacją pomiędzy zwiększaniem się obsady wiech na jednostce powierzchni a zmniejszaniem się plonu z wiechy. W badaniach własnych stwierdzono, co prawda (średnio z 3 lat) wzrost liczby wiech, o 51%, ale równocześnie liczba ziaren w wieszce zmniejszyła się o 45%, a masa 1000 ziaren o 3%. W tej sytuacji wzrost plonu nie mógł być znaczny. W badaniach Dubisa i Budzyńskiego (2003), w których uzyskano bardzo duży wzrost plonu w miarę zwiększenia ilości wysiewu w zakresie podobnym do zastosowanego w badaniach własnych (400–800 ziaren na 1 m²) wzrost obsady wiech kształtował się na poziomie 30%, lecz zmniejszenie liczby ziaren z wiechy wynosiło około 10%, a zmniejszenie masy 1000 ziaren nie przekraczało 2%.

Zaprawianie ziarna istotnie wpłynęło na plon ziarna z łuską i bez łuski średnio za 3 lata badań. Różnica pomiędzy wariantem kontrolnym a stosowanymi zaprawami była

niewielka i kształtowała się na poziomie $1 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$. Tak niewielka różnica wskazuje na brak praktycznego znaczenia zaprawiania ziarna owsa zarówno oplewionego jak i nieoplewionego.

WNIOSKI

1. Wyżej plonowała odmiana oplewiona Bajka niż nieoplewiona Akt. Plon ziarna bez łuski formy oplewionej był również wyższy niż plon ziarna formy nieoplewionej.
2. Zwiększenie ilości wysiewu z 400 do 790 ziaren na 1 m^2 spowodowało istotny wzrost plonu ziarna owsa. Różnica w plonie była niewielka i nie przekraczała średnio $2,6 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$.
3. W miarę zwiększania ilości wysiewu wzrastała liczba wiech z 1 m^2 , a zmniejszała się liczba ziaren w wieszce oraz masa 1000 ziaren, co spowodowało jedynie niewielki wzrost plonu ziarna.
4. Nie stwierdzono zróżnicowanej reakcji badanych form owsa na zwiększenie ilości wysiewu.
5. Zastosowanie zapraw nasiennych Sarfun i Dithane, w porównaniu z wariantem kontrolnym, spowodowało istotny wzrost plonu ziarna. Różnica była niewielka i wynosiła około $1,0 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$. Wskazuje to praktycznie na brak reakcji owsa na zaprawianie ziarna.

LITERATURA

- Čermák B., Moudrý J. 1998. Comparison of grain field and nutritive value of naked and husked oats. Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. Agricultura 66: 89 — 98.
- COBORU 1998. Ocena wartości gospodarczej odmian roślin uprawnych. Rośliny zbożowe. COBORU, Słupia Wielka.
- Dubis B., Budzyński W. 2003. Reakcja owsa nagoziarnistego i oplewionego na termin siewu i gęstość siewu. Biul. IHAR 229: 139 — 145.
- Jańczak C. 1999. Zaprawianie ziarna — konieczne w ochronie zbóż jarych. Plon 11: 6 s.
- Korbas M., Kubiak K. 2000. Ochronić ziarno siewne. Top Agrar Polska 1: 44–45.
- Kozłowska-Ptaszyńska Z., Pawłowska J. 1997. Reakcja nowych odmian owsa na gęstość siewu. W: Termin i gęstość siewu nowych odmian owsa, IUNG Puławy.
- Kozłowska-Ptaszyńska Z., Pawłowska J., Woch J. 2001. Wpływ terminu i gęstości siewu na plonowanie nowych odmian owsa. Biul. IHAR 217: 121 — 126.
- Moudrý J., Čermák B. 1996. Comparison of grain yield and nutritive value of naked and husked oats. Rocz. AR Poznań, CCLXXXIX, Zootech. 48, Cz. I.: 95 — 103.
- Moudrý J. 2003. Comparison of Yield and panicle productivity of hulled (*Avena sativa* L.) and naked (*Avena nuda* L.) oats. Biul. IHAR 229: 61 — 64.
- Nita Z. 2003. Współczesne osiągnięcia i perspektywy hodowli owsa w Polsce. Biul. IHAR 229: 13 — 21.
- Peltonen-Sainio P. 1994. Yield component differences between naked and conventional oat. Agron. J. 86: 510 — 513.
- Peltonen-Sainio P. 1997. Great yield and plant stand structure of naked and hulled oat under different nitrogen fertilizer and seeding rates. Agron. J. 89: 140 — 147.
- Piech M., Nita Z., Maciorowski R. 1999. Porównane plonowania dwóch odmian owsa nieoplewionego z oplewionym przy dwóch poziomach nawożenia azotem, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. 6 (Supl. 1): 137 — 141.

- Piech M., Nita Z., Maciorowski R. 2000. Porównanie przydatności owsa nagiego z oplewionym do uprawy w mieszkankach z jęczmieniem. *Rocz. AR Pozn. CCCXXV, Roln.* 58: 89 — 97.
- Piech M., Nita Z., Maciorowski R. 2001. Reakcja owsa nieoplewionego i oplewionego na nawożenie azotem. *Biul. IHAR* 217: 11 — 119.
- Podlaska J., Nelken D. 1991. Reakcja odmian pszenżyta jarego na ilość wysiewu i nawożenie azotem. Cz. II. Wielkość i struktura plonu ziarna. *Fragm. Agron.* 2: 1003 — 109.
- Podolska G., Mazurek J. 2000. Reakcja nowych rodów pszenicy ozimej na gęstość siewu. *Biul. IHAR* 214: 63 — 67.
- Spiss L. 2003. Historia hodowli owsa w Polsce. *Biul. IHAR* 229: 7 — 11.
- Stankowski S. 1994. Reakcja pszenżyta jarego na termin siewu, ilość wysiewu, rozstawę rzędów i głębokość siewu w uprawie na glebie lekkiej. *Rozprawy Naukowe AR Szczecin* nr 159.
- Ścigalska B. 1999. Plonowanie odmian owsa w zależności od gęstości siewu w warunkach regionu południowo-wschodniego. *Żywność* 1 (18) Supl.: 153 — 160.
- Tobiasz-Salach R., Bobrecka-Jamro D. 2002. Wpływ gęstości siewu na plonowanie owsa oplewionego i nagoziarnistego. *Fragm. Agron.* (XIX) nr 2 (74): 71 — 78.
- Zawiślak K., Adamiak E. 1998. Płodozmian i pestycydy jako czynniki integrowanej uprawy owsa. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. Agricultura* 66: 131 — 142.

KRYSTIAN NOWAK
EDWARD MAJCHERCZAK
BOŻENA BARCZAK
WOJCIECH KOZERA

Katedra Chemii Rolnej, Wydział Rolniczy
Akademia Techniczno-Rolnicza, Bydgoszcz

Wpływ stosowanych dolistnie mikroelementów na zawartość azotu i aminokwasów w ziarnie owsa oraz wskaźniki wartości biologicznej białka

Effect of foliar applied microelements on the contents of nitrogen and amino acids in oat grain and on the indices of biological value of protein

W ziarnie z przeprowadzonego w latach 1999–2001 doświadczenia polowego, w którym badano dolistne nawożenie owsa roztworami mikroelementów (Cu, Zn, Mn, Mo, B) w formie pojedynczych soli nieorganicznych oraz w postaci nawozu zawierającego te pierwiastki w formie schelatowanej (Mikrochelat Gama) oznaczono zawartość aminokwasów. Przeprowadzone badania wykazały, że w warunkach prowadzenia badań na zawartość aminokwasów wpływały zastosowane dolistnie: molibden, bor i miedź. Pierwiastki te powodowały zwiększenie w ziarnie w stosunku do nie nawożonej mikroelementami kontroli, zawartości: argininy, tyrozyny, lizyny oraz kwasu glutaminowego. Miedź wpływała też wyraźnie na zawartość metioniny, powodując zwiększenie jej zawartości. Zawartość azotu ogólnego w ziarnie owsa nie była w badaniach modyfikowana przez stosowane mikroelementy. Zmiany w zawartości badanych aminokwasów w ziarnie zachodziły zatem głównie w następstwie oddziaływania badanych czynników na jakość białka wyliczanego z zawartości azotu ogółem w ziarnie. Z badanych czynników we wpływie na jakość wyróżnił się zwłaszcza molibden, który powodował wyraźne zwiększenie zawartości sumy badanych aminokwasów oraz zwiększenie wartości charakteryzującego jakość białka wskaźnika aminokwasów egzogennych. W badaniach zwraca uwagę, że zastosowanie mikroelementów łącznie w formie schelatowanej wpływa na skład aminokwasowy ziarna owsa w stopniu znacznie mniejszym, niż mikroelementów zastosowanych pojedynczo, w formie jonowej.

Słowa kluczowe: aminokwasy, azot w ziarnie, mikroelementy, owies

The content of amino acids was determined in grain obtained in the field experiment performed in 1999–2001, in which foliar fertilization of oat with individual solutions of microelements (Cu, Zn, Mn, Mo, B) in a form of inorganic salts and as a fertilizer containing these elements in a chelated form (Mikrochelat Gama) were tested. The research revealed that, under the test conditions, the content of

amino acids was dependent on: molybdenum, boron and copper foliar applied. These elements caused an increase in: arginine, tyrosine, lysine and glutamic acid, in the oat grain with reference to the control not fertilized with microelements. Copper also increased the content of methionine. Total nitrogen content in oat grain was not modified by the microelements applied in this research. The changes in contents of the tested amino acids in grain were generally a consequence of the effect of the tested factors on the quality of the protein estimated from the content of total nitrogen in the tested grain. Molybdenum especially stood out above the tested factors, by inducing a clear increase in the total contents of the tested amino acids and an increase in the index of exogenous amino acids, a characteristic of the protein quality. Our research attracts with the fact that microelements applied together in chelated forms have a smaller effect on the contents of amino acids in oat grain than microelements used separately in ionic forms.

Key words: oat, microelements, amino acids, nitrogen in grain

WSTĘP

Białko ziarna owsa wyróżnia się wśród zbóż wysoką wartością biologiczną (Leszczyńska, 2002) wynikająca między innymi z faktu, że w nasionach tej rośliny nagromadzone są w większym stopniu zasobne w lizynę i metioninę gluteniny oraz globuliny (Kozera i in., 2004). W warunkach intensywnej produkcji roślinnej, poza makroskładnikami (NPK) w nawożeniu coraz częściej stosuje się także inne pierwiastki wykazujące działanie plonotwórcze. Wśród tych aktualnie szczególną uwagę przywiązuje się do takich mikroelementów jak: miedź, cynk, mangan, molibden i bor. Aplikacja tych pierwiastków, zwłaszcza stosowanych dolistnie, powoduje często zwiększenie plonu (Czuba, 1996; Nowak i in., 2004). Przyjmuje się też na ogół (Czuba, 1996), że uzupełnienie nawożenia podstawowego NPK mikroelementami polepsza jakość plonu roślin. Stosowane w agrotechnice roślin mikroelementy mogą też powodować zmiany w składzie aminokwasowym białka nawożonej rośliny (Kozera i in., 2003). Aby pogłębić znajomość tego zagadnienia w odniesieniu do ziarna owsa, w materiale ze ścisłego doświadczenia polowego, w którym badano wpływ mikroelementów na wielkość plonu ziarna, oznaczono zawartość aminokwasów. Wyniki tych oznaczeń prezentuje niniejsza praca.

MATERIAŁ I METODY

Podstawę badań stanowiło ziarno owsa pobrane z doświadczenia polowego prowadzonego w latach 1999–2001 w Stacji Badawczej ATR w Wierzchucinku k. Bydgoszczy. Doświadczenie zlokalizowano na lekko kwaśnej glebie płowej właściwej, kompleksu żyniego dobrego, klasy bonitacyjnej III b.

W eksperymencie tym badano oddziaływanie dolistnego nawożenia owsa roztworami mikroelementów (Cu, Zn, Mn, Mo, B) w formie pojedynczych soli nieorganicznych oraz w postaci nawozu zawierającego te pierwiastki w formie schelatowanej (Mikrochelat Gama), na plon ziarna owsa. Zastosowano następujące formy i dawki mikroelementów: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (25 g Cu·ha⁻¹), $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (30g Zn·ha⁻¹), $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (45 g Mn·ha⁻¹), $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (4,5 g Mo·ha⁻¹), $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (20 g B·ha⁻¹), dawka mikrochelatu Gama (5 dm³·ha⁻¹) zawierała takie same ilości mikroelementów, jak zastosowane w pojedynczych solach. Jednorazowy zabieg opryskiwania roślin wykonywano ręcznie w fazie

strzelania w żdźbło, rozpuszczając stosowane nawozy w objętości wody odpowiadającej $300 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. W badaniach stosowano jako nawożenie podstawowe $80 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ w postaci saletry amonowej, $20 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$ w formie superfosfatu potrójnego oraz $70 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$ jako 60% sól potasową. Owies odmiany Komes uprawiano w każdym roku po jęczmieniu jarym. Powierzchnia całkowita poletek doświadczenia wynosiła $20,25 \text{ m}^2$, powierzchnia do zbioru 14 m^2 . Eksperyment realizowano w 4 replikacjach, w układzie losowanych bloków. Stosowano typową dla rejonu uprawy agrotechnikę owsa.

Z poletek doświadczenia w każdym roku w czasie zbioru pobierano próby ziarna owsa. Przechowywano je przez okres ok. 8 tygodni w papierowych torbach. Następnie pobierano z nich próby laboratoryjne, które dokładnie mielono młynkiem żarnowym, a następnie udarowym. W zmielonym materiale roślinnym oznaczono, po mineralizacji w stężonym kwasie siarkowym wg Kiejdahla, zawartość azotu metodą destylacyjną wg Parnasa-Wagnera. W próbach tych oznaczano również skład aminokwasowy ziarna, stosując następujący tok postępowania: do szklanych ampulek o pojemności 20 ml odważono 250 mg materiału, następnie do ampulek dodawano 15 ml 6 M kwasu solnego. Po 1 godzinie ampulki podłączano na 30 min do pompy próżniowej wytwarzającej podciśnienie ok. 50 mb. W dalszej kolejności ampulki zatapiano pilnując, aby wewnątrz panowało podciśnienie. Zatopione ampulki umieszczano w łaźni olejowej w temperaturze 105°C na 20 godzin. Po ochłodzeniu do temperatury pokojowej, ampulki otwierano, a ich zawartość przenoszono ilościowo za pomocą 0,1 M HCl, poprzez twardy sącze do kolb miarowych o pojemności 50 ml. W tak uzyskanym hydrolizacie oznaczano zawartość aminokwasów metodą fluorescencyjną po aldehydacji za pomocą o-phtaldialdehydu, dokonując rozdziału aminokwasów na kolumnie o wymiarach $20 \times 0,5 \text{ cm}$ wypełnionej jonitem Hipersil ODS o uziarnieniu 5 μm .

Wyniki badań poddano analizie statystycznej z prawdopodobieństwem 95%, przeprowadzając analizę wariancji dla metody losowanych bloków w układzie doświadczenia wielokrotnego i wyliczając różnice graniczne wg testu Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość azotu w ziarnie owsa w niewielkim stopniu była różnicowana badanym czynnikami. W wartościach średnich, z trzech lat badań, w stosunku do nie nawożonej mikroelementami kontroli odnotowano nieznacznie wyższe zawartości azotu po zastosowaniu cynku, manganu i boru oraz zawierającego wszystkie badane pierwiastki nawozu Gama. Różnice w zawartości azotu mieściły się jednak w granicach błędu statystycznego badań.

O zawartości badanych aminokwasów w ziarnie owsa decydowały również zastosowane mikroelementy (Cu, Zn, Mn, Mo, B). W wartościach średnich dla trzech lat w ziarnie owsa opryskiwanego roztworem miedzi stwierdzono wyższą zawartość kwasu glutaminowego i metioniny niż w ziarnie uzyskanym z obiektu kontrolnego. Aplikacja cynku powodowała wyraźne zwiększenie zawartości kwasu glutaminowego i argininy.

Tabela 1

Wpływ stosowanych dolistnie mikroelementów na zawartość azotu ogółem i aminokwasów w ziarnie owsa (średnie z trzech lat)
The effect of foliar applied microelements on total nitrogen and amino acids content in oat grain (mean for three years)

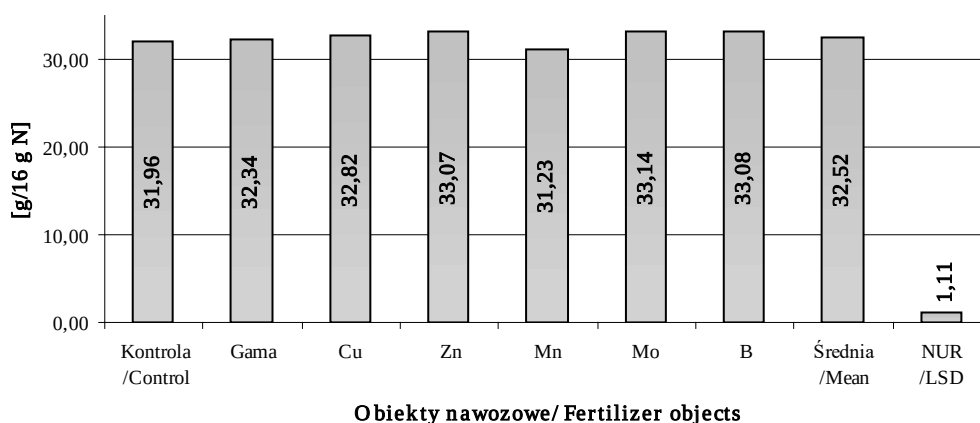
Aminokwas Amino Acid	Obiekty nawozowe Fertilization objects							Średnia Mean	NIR LSD p = 95%
	kontrola control	gama	miedź copper	cynk zinc	mangan manganese	molibden molybdenum	bor boron		
Zawartość azotu % Content nitrogen	1,68	1,70	1,68	1,71	1,71	1,69	1,71	1,70	n.i.
Aspartic acid	7,42	7,21	7,55	7,05	7,57	7,61	7,21	7,37	n.i.
Glutamic acid	18,79	17,86	19,38	19,13	19,07	19,53	18,75	18,93	0,70
Serine	4,44	4,18	4,54	4,31	5,12	4,94	4,79	4,62	n.i.
Glycine	6,12	5,74	5,75	5,78	6,15	6,12	5,41	5,87	n.i.
Alanine	3,47	3,74	3,91	3,73	3,63	3,75	3,55	3,68	n.i.
Tyrosine	3,55	3,58	3,51	3,46	3,26	3,52	3,73	3,52	0,20
Suma endogennych Sum non-essential	43,79	42,31	44,64	43,46	44,8	45,47	43,44	43,99	1,53
Histidine	2,81	3,05	2,89	2,93	2,84	2,91	2,93	2,91	n.i.
Threonine	2,80	2,90	3,06	2,93	3,11	3,06	3,36	3,03	n.i.
Arginine	5,46	5,53	5,40	6,10	5,28	6,26	6,11	5,73	0,52
Methionine	1,13	1,09	1,31	1,11	1,02	1,07	1,09	1,12	0,12
Valine	3,84	3,73	4,00	3,80	3,69	3,93	3,87	3,84	n.i.
Phenylalanine	4,95	4,69	4,98	4,71	4,52	4,92	4,75	4,79	n.i.
Isoleucine	2,81	2,75	2,87	2,78	2,73	2,92	2,83	2,82	0,12
Leucine	6,48	6,31	6,57	6,30	6,02	6,62	6,56	6,41	n.i.
Lysine	3,91	3,99	3,77	3,80	3,70	4,25	4,04	3,92	0,16
Suma egzogennych Sum essential	34,19	34,04	34,85	34,46	32,91	35,94	35,54	34,57	1,13
Suma aminokwasów Sum amino acids	77,96	76,35	79,49	77,90	77,72	81,41	79,00	78,55	1,68

Natomiast zastosowany dolistnie mangan wpływał na obniżenie w ziarnie zawartości tyrozyny, metioniny, lizyny i w mniejszym stopniu argininy oraz izoleucyny. Wyraźnie na zawartość szeregu aminokwasów w ziarnie oddziaływały: molibden i bor. Aplikacja molibdenu powodowała w stosunku do kontroli zwiększenie zawartości w ziarnie owsa kwasu glutaminowego, argininy i lizyny oraz w mniejszym stopniu izoleucyny. Aplikacja boru zwiększała zawartość argininy, tyrozyny i lizyny.

Białko ziarna owsa charakteryzuje się stosunkowo stabilnym składem aminokwasowym, co wiąże się z relatywnie mniejszą zawartością w jego składzie ubogich w aminokwasy egzogenne prolamin. Dlatego też nawet zdecydowanie obniżające jakość białka większości roślin nawożenie azotem, w odniesieniu do owsa wykazuje niejednoznacznie oddziaływanie (Nowak i in., 1991). W literaturze udało się znaleźć doniesienia jedynie ogólnie charakteryzujące problematykę zawartości aminokwasów w ziarnie owsa nawożonego mikroelementami (Ziółek i in., 1992). Badania prowadzone na roślinach okopowych wskazują, że stosowanie w agrotechnice rośliny mikroelementy mogą korzystnie zmieniać skład aminokwasowy białka (Kozera i in., 2003). Spotyka się również opinie, że mikroelementy nie wpływają na zawartość aminokwasów (Bolińska, 1995). Przeprowadzone przez Kozę i wsp. (2004) badania zawartości frakcji azotu

w ziarnie owsa wskazują, że zastosowane dolistnie: molibden i bor powodują zwiększenie w białku ziarna prolamin oraz obniżają zawartość niebiałkowych form azotu.

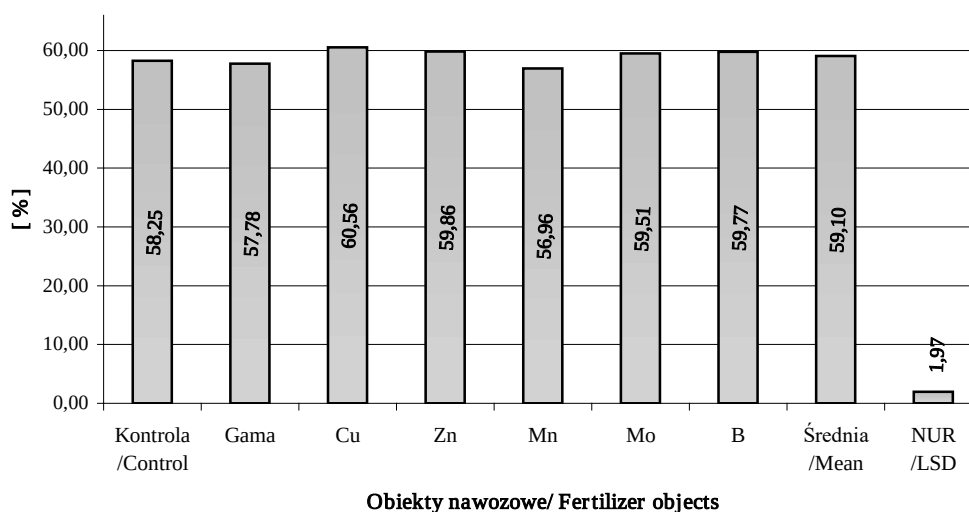
Przeprowadzone badania wskazują, że aplikowane dolistnie mikroelementy wpływają na zawartość aminokwasów w ziarnie owsa. Ponieważ stwierdzono również, że czynnik ten praktycznie nie zmieniał zawartości azotu ogółem w ziarnie, zaobserwowane różnice wynikają głównie ze zmian w składzie aminokwasowym białka. Analiza tego składu wskazuje, że zastosowane dolistnie: miedź, cynk, molibden oraz bor powodują wzrost sumy aminokwasów egzogennych w białku w stosunku do kontroli (rys. 1). Natomiast zastosowanie manganu powodowało obniżenie wartości tej sumy. Odnotowane różnice nie były znaczne (relatywnie w stosunku do kontroli zmiany mieściły się w przedziale od 2,69 do 3,22%), ale odnotowywano je systematycznie, w każdym roku badań i znalazły one potwierdzenie statystyczne.



Rys. 1. Suma aminokwasów egzogennych w białku ziarna owsa

Fig. 1. Sum of exogenous amino acids in oat grain protein

Dla wartości żywieniowej białka znaczenie ma nie tylko zawartość poszczególnych aminokwasów, ale także wzajemne proporcje między nimi. W odniesieniu do badanego ziarna owsa pierwszym aminokwasem limitującym wartość żywieniową białka była zawsze metionina, drugim izoleucyna. Zastosowane dolistnie mikroelementy wpływały jednak w dość znacznym stopniu na wartość wskaźnika aminokwasów egzogennych WAE syntetycznie opisującego wartość żywieniową białka (rys. 2). W wartościach średnich z trzech lat badań wartość tego wskaźnika dla białka ziarna owsa opryskiwanego roztworem miedzi wyniosła 60,56% i była wyższa o 3,91% niż dla białka ziarna uzyskanego z obiektu kontrolnego.



Rys. 2. Wartość wskaźnika aminokwasów egzogennych dla białka ziarna owsa
Fig. 2. Exogenous amino acid index for oat grain

Wysoką wartością wskaźnika WAE charakteryzowało się też białko ziarna uzyskane z obiektów gdzie stosowano: cynk, molibden i bor. Białko w ziarnie z poletek opryskiwanych manganem odznaczało się wyraźnie niską wartością tego wskaźnika.

WNIOSKI

1. Zastosowane dolistnie mikroelementy nie wpływały istotnie na zawartość azotu w ziarnie owsa.
2. Wysoką zawartość sumy badanych aminokwasów w ziarnie owsa stwierdzono po zastosowaniu dolistnie molibdenu. Wzrost tej sumy w porównaniu do nienawożonej mikroelementami kontroli, następował głównie w następstwie zwiększenia w ziarnie zawartości: kwasu glutaminowego, tyrozyny, argininy i lizyny. Zawartość aminokwasów w ziarnie owsa istotnie determinowało też zastosowanie dolistnie: miedzi i boru.
3. W białku ziarna owsa opryskiwanego cynkiem, molibdenem i borem oznaczano w porównaniu do białka ziarna z kontroli, wyższą sumę aminokwasów egzogennych. Wysoką wartość wskaźnika aminokwasów egzogennych wyliczano dla białka ziarna owsa nawożonego miedzią.

LITERATURA

- Boligłowa E. 1995. Wpływ dolistnego dokarmiania na plonowanie i jakość bulw ziemniaka. Rozpr. Nauk. WSR-P. Siedlce, 41: 79.
- Czuba R. 1996. Celowość i możliwości uzupełniania niedoborów mikroelementów u roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 55 — 64.
- Kozera W., Majcherczak E., Barczak B., Nowak K. 2005. Plon ziarna owsa w zależności od nawożenia mikroelementami. Biul. IHAR 239: 111 — 116.
- Kozera W., Barczak B., Majcherczak E. 2004. Zawartość i skład frakcyjny białka ziarna owsa uprawianego w warunkach dolistnego nawożenia molibdenem i borem. Annales UMCS, Sec. E, 59, 1: 375 — 382.
- Kozera W., Nowak K., Cwojdzinski W. 2003. Wpływ nawożenia wybranymi mikroelementami na zawartość i jakość białka bulw ziemniaka. Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura 2 (2): 73 — 82.
- Leszczyńska D. 2002. Uprawa owsa nieoplewionego — stan obecny i przyszłość. Pam. Puł. 130: 463 — 469.
- Nowak K., Kozera W., Majcherczak E. 2004. Wpływ nawożenia mikroelementami na plon bulw ziemniaka.. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 502: 247 — 251.
- Nowak K., Barczak B. 1991. Wpływ dawek nawożenia azotowego na jakość białka ziarna owsa odmiany Markus. Zesz. Nauk. AR Kraków, 262: 81 — 86.
- Ziółek E., Desoń-Barańska B., Szafranski W. 1992. Wpływ nawożenia makro i mikroelementami na zawartość i skład aminokwasowy białka w ziarnie owsa i jęczmienia jarego w zależności od warunków siedliskowych. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 32: 375 — 395.

WOJCIECH KOZERA
EDWARD MAJCHERCZAK
BOŻENA BARCZAK
KRYSTIAN NOWAK

Katedra Chemii Rolnej

Wydział Rolniczy, Akademia Techniczno-Rolnicza, Bydgoszcz

Plon ziarna owsa w zależności od nawożenia mikroelementami

Yield of oat in relation to fertilization with microelements

W latach 1999–2001 przeprowadzono jednoczynnikowe doświadczenie polowe, w którym określono plon ziarna i białka oraz zawartość azotu ogólnego w ziarnie owsa nawożonego dolistnie roztworami mikroelementów (Cu, Zn, Mn, Mo, B) w formie pojedynczych soli nieorganicznych oraz w postaci wieloskładnikowego nawozu, zawierającego schelatowane składniki (Mikrochelat Gama). Dolistne stosowanie miedzi, manganu, cynku oraz molibdenu istotnie podwyższało plon ziarna owsa. Jedynym mikroelementem, który zastosowany dolistnie istotnie podwyższał zawartość azotu ogólnego w ziarnie, był molibden. Opryskiwanie wodnymi roztworami miedzi, molibdenu, manganu oraz cynku powodowało statystycznie potwierdzony wzrost plonu białka ziarna. Pod wpływem mikroelementów zastosowanych łącznie w formie wieloskładnikowego nawozu Mikrochelat Gama uzyskano istotny wzrost plonu ziarna i białka owsa.

Słowa kluczowe: białko, mikroelementy, plon białka, plon ziarna

In the years 1999–2001, the one-factor field experiment was carried out, in which grain yield, content of proteins and total nitrogen in the oat grain were determined. The oat was foliar fertilized with solutions of microelements (Cu, Zn, Mn, Mo, B) in a form of individual inorganic salts and as a multi-component fertilizer (called Mikrochelat Gama) containing chelated constituents. Foliar applying of copper, manganese, zinc and molybdenum significantly increased yield of the oat grain. Foliarly applied molybdenum was the only microelement that significantly raised the total nitrogen content in the tested oat grain. Spraying with water solutions of copper, molybdenum, manganese and zinc resulted in a statistically proven increase in grain protein. Under the effect of microelements applied together as multi-component fertilizer Mikrochelat Gama, a significant increase in oat grain and protein yield was achieved.

Key words: grain yield, microelements, protein, protein yield

WSTĘP

Uzyskanie odpowiednio wysokiego i jakościowo dobrego plonu wiąże się z kompleksowym zaopatrzeniem roślin uprawnych we wszystkie niezbędne składniki pokarmowe, do których należą również mikroelementy. Nawożenie mikroelementami jest ważnym czynnikiem agrotechnicznym, stwarzającym warunki do pełniejszego wykorzystania potencjalnej zdolności produkcyjnej roślin (Ziółek i in., 1992). Mikroelementy dzięki fizjologicznej roli, jaką pełnią w roślinach (Ruszkowska, Wojcieszka-Wyskupajtys, 1996) wpływają na wzrost plonu ziarna oraz poprawiają jego biologiczną wartość. Jest to szczególnie istotne w odniesieniu do roślin odgrywających ważną rolę w żywieniu ludzi i zwierząt, do których należy owies. W jego ziarnie występuje korzystna kombinacja składników odżywczych, co świadczy o dużej wartości żywieniowej tego gatunku zboża (Gąsiorowski, 1995).

Ponieważ w piśmiennictwie przedmiotu niewiele jest danych dotyczących wpływu dolistnego nawożenia mikroelementami na plonowanie owsa, podjęto badania nad oddziaływaniem nawożenia miedzią, cynkiem, manganem, molibdenem i borem, zastosowanych w formie pojedynczych soli nieorganicznych oraz wieloskładnikowego nawozu na wielkość plonu, zawartość azotu ogólnego oraz plon białka ziarna owsa.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono, w oparciu o trzyletnie doświadczenie polowe realizowane w latach 1999–2001 w Stacji Badawczej Akademii Techniczno-Rolniczej, położonej w Wierzychucinku k. Bydgoszczy. Doświadczenie zostało założone jako jednoczynnikowe, metodą losowanych bloków w trzech powtórzeniach, na glebie płowej typowej, którą zaliczono do klasy bonitacyjnej IIIb. Zasobność gleby w przyswajalne formy fosforu, potasu, a także molibdenu i boru była średnia. Zawartość przyswajalnych form miedzi była niska. W każdym roku badań przedplonem owsa odmiany Komes był jęczmień jary. Powierzchnia poletka wynosiła 20,25 m².

Za badany czynnik przyjęto rodzaj nawozu mikroelementowego ($n = 6$). W doświadczeniu do opryskiwania roślin zastosowano wodne roztwory pojedynczych soli nieorganicznych. Zastosowano następujące formy i dawki mikroelementów: $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (4,5 g Mo·ha⁻¹), $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (20 g B·ha⁻¹), $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (30g Zn·ha⁻¹), $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (45 g Mn·ha⁻¹), $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (25 g Cu·ha⁻¹).

Kolejnym obiektem doświadczenia był obiekt opryskiwany Mikrochelatem Gama, który zawierał oprócz Zn, Mn, Cu, Mo i B, również Fe i Mg. Dawki stosowanych soli i Mikrochelatu (5 dm³·ha⁻¹) ustalono na takich poziomach, że zawartość odpowiednich mikroelementów w pojedynczych solach i w nawozie wieloskładnikowym była jednokowa.

Jednorazowy zabieg opryskiwania roślin wykonano ręcznie w fazie strzelania w źdźbło, rozpuszczając stosowane nawozy w objętości wody odpowiadającej 300 dm³·ha⁻¹. W obydwu latach badań stosowano jako nawożenie podstawowe 80 kg N·ha⁻¹ w postaci saletry amonowej, 20 kg P·ha⁻¹ w formie superfosfatu potrójnego oraz 70 kg K·ha⁻¹ jako

60% sól potasową. Po zbiorze owsa określono plon ziarna, w którym następnie oznaczono zawartość azotu ogólnego metodą Kjeldahla. Na podstawie wielkości plonu ziarna i zawartości azotu ogólnego w ziarnie obliczono plon białka ogółem.

W okresie prowadzenia badań zdecydowanie korzystniejszy dla wegetacji owsa, pod względem ilości opadów, był 1999 rok z bardziej obfitymi opadami w kwietniu, maju i czerwcu (tab. 1). W 2000 roku opady od kwietnia do czerwca były zdecydowanie niższe od średniej wieloletniej. Również niższe o 13,8% od średniej wieloletniej opady w maju 2001 roku nie sprzyjały prawidłowemu rozwojowi roślin. Temperatury powietrza w okresie prowadzenia doświadczenia tylko nieznacznie różniły się od średniej wielolecia dla rejonu, w którym prowadzono doświadczenie.

Tabela 1

Warunki meteorologiczne w okresie wegetacji owsa
Weather conditions during vegetation of oat

Rok Year	Miesiąc Month					Średnia Mean
	IV	V	VI	VII	VIII	
	Temperatura Temperature (°C)					
1999	8,6	12,2	16,5	20,0	17,4	14,9
2000	11,0	14,5	16,7	15,7	17,3	15,0
2001	7,0	13,1	14,3	19,3	18,3	14,4
Wielolecie Over many years	7,1	12,9	16,2	17,6	17,2	14,2
Opady Rainfall (mm)						suma sum
1999	62,1	45,5	58,6	43,9	53,8	263,9
2000	14,6	24,6	19,1	100,9	58,4	217,6
2001	42,4	34,9	80,5	146,1	49,7	353,6
Wielolecie Over many years	26,7	40,5	55,7	69,6	52,3	244,8

Wyniki opracowano statystycznie, stosując analizę wariancji w układzie zmiennych zależnych przy użyciu testu Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Średni dla trzech lat plon ziarna owsa uzyskany w doświadczeniu pod wpływem zastosowanego nawożenia mikroelementami wynosił $3,79 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. 2). Największy efekt plonotwórczy stwierdzono na obiektach opryskiwanych wodnymi roztworami miedzi, manganu, cynku oraz molibdenu. Średni plon ziarna zebrany z tych obiektów był istotnie wyższy w porównaniu z obiektem kontrolnym odpowiednio o: 14,0; 12,3; 11,7 oraz 8,8%. Według Wróbla (2000) owies wyraźnie reaguje przyrostem plonów w warunkach dobrego zaopatrzenia w mikroelementy. Zdaniem autora różnice w plonowaniu tej rośliny uprawianej na glebach zasobnych i ubogich w przyswajalne formy mikroelementów mogą dochodzić do 70%. Opryskiwanie mikroelementami zastosowanymi w formie wieloskładnikowego nawozu Gama również wyraźnie podwyższyło (o 10%) plon ziarna owsa w porównaniu do kombinacji nienawożonej dolistnie. Z kolei w badaniach Tobiasz-

Salach i Bobreckiej-Jamro (2003) nawożenie wieloskładnikowymi nawozami dolistnymi nie różnicowało w sposób istotny wysokości plonu owsa. Należy zauważyć, że w przeprowadzonych badaniach własnych nie stwierdzono plonotwórczego efektu dolistnego stosowania boru w uprawie owsa. Pomimo, że zboża według dotychczasowych poglądów, odznaczają się bardzo małym zapotrzebowaniem na bor i raczej nie wymagają nawożenia tym składnikiem pokarmowym, pojawiają się doniesienia o skutkach deficytu boru i pozytywnych efektach jego stosowania w uprawach zbóż (Wróbel, 2000). Konieczność zapewnienia odpowiedniej zawartości boru w ziarnie zbóż, a tym samym jego obecności w nawozach mikroelementowych, wynika również z wykazanej w badaniach z ostatnich lat ważnej roli tego pierwiastka w żywieniu ssaków (Nielsen, 2002).

Tabela 2

Plon ziarna, białka oraz zawartość azotu ogólnego w ziarnie owsa
Yield of grain, protein and total nitrogen content in grain of oat

Rok Year	Obiekty nawozowe Fertilization objects							Średnia Mean	NIR dla naw. LSD for fert.
	0	Gama	Cu	Zn	Mn	Mo	B		
Plon ziarna (t·ha ⁻¹) Yield of grain (t·ha ⁻¹)									
1999	3,90	4,04	4,39	4,30	4,56	4,32	3,95	4,21	0,328
2000	3,33	3,79	3,95	3,88	3,53	3,64	3,18	3,61	0,428
2001	3,31	3,75	3,66	3,58	3,74	3,51	3,34	3,56	0,245
Średnia Mean	3,51	3,86	4,00	3,92	3,94	3,82	3,49	3,79	0,180
Zawartość azotu ogólnego (g·kg ⁻¹) Total nitrogen content (g·kg ⁻¹)									
1999	17,0	16,5	16,0	16,2	16,6	17,1	16,7	16,6	n.i.
2000	17,3	17,4	17,9	17,2	17,4	18,2	18,2	17,7	0,22
2001	16,5	16,6	17,1	16,6	16,6	16,7	16,7	16,7	0,44
Średnia Mean	16,8	16,8	17,0	16,7	16,8	17,3	17,2	17,0	0,45
Plon białka (kg·ha ⁻¹) Yield of protein (kg·ha ⁻¹)									
1999	414,4	416,6	439,0	435,4	473,1	461,70	412,3	436,1	52,50
2000	360,1	412,2	441,9	417,1	383,9	414,1	361,7	398,7	47,90
2001	341,3	389,1	391,2	371,4	388,0	366,4	348,6	370,9	26,10
Średnia Mean	371,9	406,0	424,0	408,0	415,0	414,1	374,2	401,9	23,82

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono istotny wpływ dolistnego nawożenia mikroelementami na zawartość azotu ogólnego w ziarnie owsa (tab. 2). Największą zawartość azotu ogólnego w ziarnie uzyskano z obiektów nawożonych molibdenem, borem oraz miedzią. W 2001 roku jedynie nawożenie wodnym roztworem miedzi istotnie podwyższało zawartość azotu ogólnego w porównaniu do obiektu kontrolnego. Średnio dla trzech lat badań najwyższa zawartość azotu ogólnego cechowała ziarno zebrane z obiektów nawożonych dolistnie wodnym roztworem molibdenu i była wyższa od tej, którą uzyskano na obiekcie kontrolnym o 3%. Opryskiwanie pozostałymi mikroelementami i wieloskładnikowym nawozem nie różnicowało istotnie zawartości

azotu ogólnego w ziarnie owsa. Owies jest rośliną, która wykazuje małą wrażliwość na niedobór molibdenu w glebie (Szewczuk, Michałojć, 2003). Wielu autorów podkreśla jednak ważną rolę tego mikroelementu w syntezie białka i przemianach związków azotu (Spiak 2000; Ruszkowska, Wojcieszka-Wyskupajtyś, 1996), co potwierdzają uzyskane wyniki badań własnych. Zawartość azotu ogólnego była przeciętnie największa w 2000 roku, który w porównaniu z danymi z wielolecia należał do lat suchych.

W warunkach przeprowadzonego doświadczenia stwierdzono, że plon białka istotnie wzrastał pod wpływem zastosowanego nawożenia na wszystkich obiektach nawozowych w porównaniu do nieopryskiwanej mikroelementami kontroli, z wyjątkiem obiektu, na którym stosowano roztwór boru (tab. 2). Przyrost plonu białka wynosił od 9,2% na obiekcie opryskiwanym wieloskładnikowym nawozem Gama do 11,8% pod wpływem stosowanego dolistnie molibdenu.

Wielkość plonu białka zależy od wielkości plonu ziarna i zawartości w nim białka. Zawartość białka w obłuszczonej ziarnie owsa jest o 10–25% wyższa w porównaniu do innych zbóż. Jest ono również bogatsze w aminokwasy egzogenne, co wpływa na wzrost zainteresowania tym zbożem ze względów żywieniowych (Gąsiorowski, 1995). Wiedza o czynnikach oddziałujących na jakość odżywczą plonu owsa, a zwłaszcza o roli mikroelementów w kształtowaniu wysokości i jakości plonu jest jednak problemem mało rozpoznany.

Należy podkreślić, że w przeprowadzonych badaniach wzrost plonu białka był wynikiem przede wszystkim wzrostu plonu ziarna, gdyż wpływ mikroelementów na zawartość azotu ogólnego, a tym samym na zawartość białka w ziarnie, ograniczał się do potwierdzonego statystycznie działania molibdenu.

WNIOSKI

1. Dolistne stosowanie mikroelementów w postaci soli nieorganicznych powodowało na ogół istotny wzrost plonu ziarna owsa w porównaniu z obiektem kontrolnym.
2. Nawożenie molibdenem przyczyniło się do istotnego wzrostu zawartości azotu ogólnego w ziarnie.
3. Zastosowanie miedzi, molibdenu, manganu oraz cynku powodowało statystycznie potwierdzony wzrost plonu białka ziarna owsa.
4. Pod wpływem mikroelementów zastosowanych łącznie w formie schelatowanej w postaci wieloskładnikowego nawozu Gama, uzyskano istotny wzrost plonu ziarna i białka owsa.

LITERATURA

- Gąsiorowski H. (red.). 1995. Owies — chemia i technologia. PWRiL, Warszawa.
- Nielsen F. H. 2002. The nutritional importance of boron throughout the life cycle of higher animals and humans. In: Boron in plant and animal nutrition. Plenum Publishers, New York: 37 — 50.
- Ruszkowska M., Wojcieszka-Wyskupajtyś U. 1996. Mikroelementy — fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 1 — 11.
- Spiak Z. 2000. Mikroelementy w rolnictwie. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 471: 29 — 34.

- Szewczuk C., Michałojć Z. 2003. Praktyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin. *Acta Agroph.* 85: 19 — 29.
- Tobiasz-Salach R., Bobrecka-Jamro D. 2003. Wpływ wieloskładnikowych nawozów dolistnych na plonowanie i skład chemiczny owsa. *Acta Agroph.* 85: 89 — 98.
- Wróbel S. 2000. Poziom plonowania krajowych upraw produkcyjnych owsa a zawartość mikroelementów w glebie i roślinach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 471: 609 — 617.
- Ziółek E., Desoń-Barańska B., Szafrąński W. 1992. Wpływ nawożenia makro- i mikroelementami na zawartość i skład aminokwasowy białka w ziarnie owsa i jęczmienia jarego w zależności od warunków siedliskowych. *Zesz. Nauk AR w Krakowie* 32: 375 — 395.

EDWARD MAJCHERCZAK**WOJCIECH KOZERA****KRYSTIAN NOWAK****BOŻENA BARCZAK**

Katedra Chemii Rolnej

Wydział Rolniczy, Akademia Techniczno-Rolnicza, Bydgoszcz

Zawartość aminokwasów w ziarnie owsa nawożonego saletrą amonową z dodatkiem mikroelementów

Contents of amino acids in grain of oat fertilized with ammonium nitrate with addition of microelements

Badania polowe nad wpływem nawożenia saletrą amonową z dodatkiem mikroelementów na zawartość aminokwasów w ziarnie owsa realizowano w latach 1999–2001 w Stacji Badawczej ATR w Wierzychucinku k. Bydgoszczy na glebie płowej właściwej. Owies odmiany Komes nawożono saletrą amonową, Magmolem (saletrą amonową wzbogaconą w magnez i molibden), a także saletrą amonową uzupełnioną wieloskładnikowym nawozem mikroelementowym Sonata w dawkach $3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Uzyskane wyniki badań wykazały, iż nawożenie samą saletrą amonową spowodowało wyraźne obniżenie jakości białka owsa mierzonej wartością wskaźnika aminokwasów egzogennych o 13,21% w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Zastosowanie dodatku mikroelementów do saletry amonowej znacząco zmniejszyła niekorzystny wpływ nawożenia azotem na jakość białka omawianej rośliny. Wartość wskaźnika aminokwasów egzogennych na obiektach, na których stosowano dodatek mikroelementów jest niższa średnio o 7,96% w porównaniu do kontroli.

Słowa kluczowe: aminokwasy, białko, mikroelementy, nawożenie azotem, owies

The field experiment, concerning the effect of fertilization with ammonium nitrate with the addition of microelements on the oat grain protein, was realized in 1999–2001 at the ATR Research Station at Wierzychucinek near Bydgoszcz, on a good rye type soil. Oat of the Komes variety was fertilized with ammonium nitrate, the Magmol (i.e. ammonium nitrate enriched with magnesium and molybdenum), and with ammonium nitrate with the addition of the Sonata — a multi-component microelement fertilizer, in doses: $3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ and $6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Fertilization with ammonium nitrate only resulted in a distinct decrease in quality of the oat grain protein, measured with the value of the essential amino acid index, lower by 13.21% with reference to the control object. The value of essential amino acid index in the objects with microelements supplementation was lower only by 7.96% on average, in comparison to the control. The application of microelements with ammonium nitrate significantly decreased the negative effect of nitrogen fertilization on the protein quality of the tested plant.

Key words: amino acid, microelements, nitrogen fertilization, oat, protein

WSTĘP

Powszechnie wiadomo, że czynnikiem najsilniej wpływającym na zawartość i skład związków azotowych w roślinie jest nawożenie azotem. Panuje dość zgodny pogląd, iż intensywne nawożenie tym składnikiem powoduje wzrost zawartości białka ogółem w ziarnie zbóż, czemu towarzyszy obniżenie jego wartości pokarmowej (Świdarska-Ostapiak i Stankowski, 2002; Majcherczak i in., 2003). Jednym z czynników umożliwiających pełne wykorzystanie zdolności produkcyjnych roślin oraz nawożenia makroskładnikami jest stosowanie mikroelementów (Podleśna, 2002; Tobiasz-Salach i Bobrecka-Jamro, 2003). Niedobór mikroelementów może prowadzić do zahamowania niektórych reakcji biochemicznych, co w niekorzystny sposób wpływa na jakość plonu roślin uprawnych (Michałojć i Szewczuk, 2003).

Celem podjętych badań było porównanie wpływu saletry amonowej oraz saletry amonowej wzbogaconej w mikroelementy, na zawartość aminokwasów i jakość białka ogólnego w ziarnie owsa.

MATERIAŁ I METODY

Do badań wykorzystano ziarno owsa pobrane z doświadczenia polowego przeprowadzonego w latach 1999–2001 w Stacji Badawczej Akademii Techniczno-Rolniczej w Wierzychucinku k. Bydgoszczy. Badania polowe zlokalizowano na glebie lekko kwaśnej, płowej właściwej, kompleksu żytanego dobrego, klasy bonitacyjnej III b, o zawartości próchnicy wynoszącej 1,5%. Gleba charakteryzowała się średnią zasobnością w przyswajalne formy fosforu i potasu, a także boru, manganu, cynku i molibdenu oraz niską — miedzi. Doświadczenie realizowano jako jednoczynnikowe w układzie losowanych bloków w czterech replikacjach a badanym czynnikiem była zróżnicowana forma przedsięwzięcia nawożenia azotem zastosowanego w dawce 40 kg N·ha⁻¹. Wyróżniono następujące obiekty nawozowe:

- Kontrola — nienawożony azotem,
- NH₄NO₃ — nawożony saletrą amonową,
- Magmol — nawożony saletrą amonową wzbogaconą w magnez (1,4%) i molibden (0,04%),
- NH₄NO₃+Sonata3 — nawożony saletrą amonową i Sonatą w dawce 3 kg·ha⁻¹,
- NH₄NO₃+Sonata6 — nawożony saletrą amonową i Sonatą w dawce 6 kg·ha⁻¹.

W skład dogłębowego nawozu mikroelementowego Sonata wchodziły następujące pierwiastki: S — 13,0%, Mg — 10,0%, B — 0,1%, Mn — 0,9%, Zn — 0,6%, Cu — 0,8%, Fe — 0,6%, Co — 0,05% i Mo — 0,01%. Pogłównie w fazie strzelania w źdźbło na obiektach nawożonych azotem wysiano kolejne 40 kg N·ha⁻¹ w postaci saletry amonowej. W objętych badaniami latach zastosowano na wszystkich obiektach podstawowe nawożenie fosforowo-potasowe w następujących dawkach: 20 kg P·ha⁻¹ w formie superfosfatu potrójnego oraz 60 kg K·ha⁻¹ w postaci 57% soli potasowej. Zbiór ziarna owsa dokonywano kombajnem poletkowym z powierzchni 14 m². W pobranych w trakcie zbioru próbach oznaczono zawartość aminokwasów w ziarnie po hydrolizie w 6M HCl metodą HPLC

z OPA i obliczono sumę aminokwasów endogennych, egzogennych i całkowitą oraz wskaźnik aminokwasu ograniczającego dla izoleucyny, lizyny i metioniny. Wyniki badań poddano analizie statystycznej z prawdopodobieństwem 95%, przeprowadzając analizę wariancji dla metody losowanych bloków i wyliczając różnice graniczne wg testu Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

Uzyskane wyniki badań wykazały, iż zastosowane nawożenie nie powoduje istotnych zmian zawartości w ziarnie owsa następujących aminokwasów: seryny, histydyny, alaniny, waliny i lizyny (tab. 1).

Tabela 1

Wpływ nawożenia saletrą amonową z dodatkiem mikroelementów na zawartość aminokwasów w ziarnie owsa (średnie z 3 lat) ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)
Effect of fertilization with ammonium nitrate with addition of microelements on the content of amino acids in oat grain (the 3-year averages)

Aminokwas Amino acid	Obiekty nawozowe Fertilization objects					Średnia Mean	NIR LSD
	kontrola control	NH_4NO_3	Magmol	NH_4NO_3 +Sonata 3	NH_4NO_3 +Sonata 6		
Kwas asparaginowy — Aspartic acid	8,25	7,90	8,52	8,50	8,39	8,31	0,235
Kwas glutaminowy — Glutamic acid	20,12	19,21	20,55	20,94	20,32	20,23	0,731
Seryna — Serine	4,95	4,60	4,85	4,79	4,90	4,82	n.u.
Glicyna — Glycine	5,53	6,48	6,65	5,47	6,20	6,07	0,441
Alanina — Alanine	3,80	3,84	4,15	3,96	4,00	3,95	n.u.
Tyrozyna — Tyrosine	3,48	3,20	3,88	3,74	3,46	3,55	0,307
Suma endogennych Sum non-essential	46,13	45,23	48,59	47,40	47,28	46,92	12,71
Histydyna — Histidine	2,01	2,09	2,21	2,07	1,95	2,06	n.u.
Treonina — Threonine	3,36	2,95	3,63	3,07	3,66	3,34	0,386
Arginina — Arginine	5,68	5,46	5,64	6,37	7,17	6,06	0,408
Metionina — Methionine	1,79	1,42	1,67	1,65	1,48	1,60	0,130
Walina — Valine	4,21	4,00	4,35	4,30	4,38	4,25	n.u.
Fenylalanina — Phenylalanine	4,82	5,01	5,68	5,35	5,26	5,22	0,513
Izoleucyna — Isoleucine	2,94	2,86	3,08	3,12	3,04	3,01	0,129
Leucyna — Leucine	6,70	6,41	7,00	6,90	6,90	6,78	0,231
Lizyna — Lysine	4,14	4,11	4,31	4,18	4,22	4,19	n.u.
Suma egzogennych Sum essential	35,64	34,30	37,57	37,01	38,05	36,51	0,668
Suma całkowita Total amino acid	81,77	79,52	86,16	84,41	85,33	83,44	1,555

Zaobserwowano, iż nawożenie saletrą amonową owsa spowodowało udowodnione statystycznie obniżenie udziału w ziarnie większości pozostałych aminokwasów w odniesieniu do obiektu nienawożonego azotem, z wyjątkiem glicyny. Ilość glicyny w ziarnie owsa na tym obiekcie nawozowym jest istotnie wyższa niż na obiekcie kontrolnym o 17,2%. Wykazany wpływ nawożenia azotem na zawartość aminokwasów w ziarnie owsa nie potwierdza poglądu, iż nawożenie tym składnikiem pokarmowym w dawkach uzasadnionych produkcyjnie wyraźnie zwiększa ich ilość w ziarnie zbóż (Majcherczak, 2000). Stwierdzono, że zawartość omawianych aminokwasów na obiektach

nawożonych saletrą amonową z dodatkiem mikroelementów jest istotnie wyższa lub mieści się w zakresie błędu statystycznego w porównaniu do kontroli, wyjątek stanowi metionina na obiekcie NH_4NO_3 +Sonata6. Na uwagę zasługuje fakt, iż dodatek mikroelementów do saletry amonowej spowodował wzrost poziomu badanych aminokwasów w ziarnie owsa w stosunku do obiektu NH_4NO_3 , jednak nie wszystkie różnice zostały potwierdzone statystycznie. Jedynie udział glicyny w ziarnie owsa nawożonego saletrą amonową z dodatkiem Sonaty jest niższy niż na obiekcie NH_4NO_3 , średnio o $0,65 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Jak wskazują wartości sum aminokwasów: egzogennych, endogennych i całkowita dla ziarna owsa nawożenie saletrą amonową powodowało istotne obniżenie wartości sumy aminokwasów egzogennych i całkowitej w odniesieniu do obiektu kontrolnego odpowiednio o: 3,8% i 2,8%. Dodatek mikroelementów do saletry amonowej wpłynął na istotny wzrost wartości sum aminokwasów egzogennych w stosunku do kontroli i obiektu nawożonego saletrą amonową średnio o 5,3% i 9,5%. Badania Ziółka i wsp. (1992) potwierdzają, iż nawożenie mikroelementami powoduje korzystne zmiany zawartości aminokwasów egzogennych w ziarnie owsa, wzrost wartości sumy tych aminokwasów o 1,0%. Również suma całkowita aminokwasów w ziarnie owsa na obiektach z dodatkiem mikroelementów jest istotnie wyższa niż na obiekcie kontrolnym i NH_4NO_3 , średnio o 5,8%.

Zastosowane w badaniach nawożenie azotem powodowało istotne obniżenie wartości obliczonych wskaźników jakościowych dla białka ogółem ziarna owsa w odniesieniu do obiektu nienawożonego azotem (tab. 2).

Tabela 2

Wpływ nawożenia saletrą amonową z dodatkiem mikroelementów na wartość wskaźników jakości białka w ziarnie owsa (średnie z 3 lat) (%)
Effect of ammonium nitrate nitrogen with addition of microelements on quality indices of oat grain protein (the 3-year averages)

Wskaźnik Index	Obiekty nawozowe Fertilization objects					Średnia Mean	NIR LSD
	kontrola control	NH_4NO_3	Magmol	NH_4NO_3 +Sonata 3	NH_4NO_3 +Sonata 6		
WAO-metioniny CS-methionine	49,95	33,40	40,08	39,00	35,27	39,54	2,750
WAO-lizyny CS-lysine	62,15	51,78	55,35	52,97	53,75	55,20	2,488
WAO-izleucyny CS-isoleucine	42,63	35,15	38,37	38,23	37,62	38,40	1,509
WAE EAA-Index	66,35	53,14	59,73	57,24	58,21	58,93	0,888

WAO — Wskaźnik aminokwasu ograniczającego

CS — Chemical score

WAE — Wskaźnik aminokwasów egzogennych

EAA-Index — Essential amino acid index

Najniższe wielkości tych wskaźników dla białka ogółem owsa stwierdzono na obiekcie nawożonym saletrą amonową i są one niższe niż na obiekcie kontrolnym o: WAO-

metioniny — 16,55%, WAO-lizyny — 10,37%, WAO-izoleucyny — 7,48% i WAE — 13,19%. Wykazano, że dodatek mikroelementów do saletry amonowej powoduje wyraźny wzrost wartości obliczonych wskaźników jakościowych białka ogólnego owsa w stosunku do obiektu NH_4NO_3 . Potwierdza to pogląd, iż nawożenie mikroelementami warunkuje uzyskanie plonów o wysokiej wartości odżywczej (Ruszkowska i Wojcieszka-Wyskupajtyś, 1996; Wróbel, 2000). Wróbel (1993) i Pisulewska (1995) wykazali, iż aminokwasem ograniczającym wartość pokarmową białka ogólnego zbóż może być izoleucyna, co potwierdzają niniejsze badania i najniższą średnią wartość WAO (38,40%) w białku owsa stwierdzono właśnie dla tego aminokwasu.

WNIOSKI

1. Nie stwierdzono istotnych różnic między obiektami nawozowymi pod względem zawartości seryny, alaniny, histydyny, waliny i lizyny w ziarnie owsa. Zastosowanie w nawożeniu owsa saletry amonowej z dodatkiem nawozu Sonata oraz wzbogaconej w molibden i magnez, pozwoliło uzyskać ziarno charakteryzujące się wyższą zawartością kwasu asparaginowego i kwasu glutaminowego oraz argininy, fenyloalaniny, izoleucyny i leucyny.
2. Nawożenie samą saletrą amonową powodowało w stosunku do nienawożonego azotem obiektu kontrolnego wyraźne obniżenie jakości białka wyrażonej wartością wskaźnika aminokwasów egzogennych i sumą aminokwasów egzogennych. Dodatek mikroelementów do nawozu azotowego wyraźnie zmniejsza niekorzystny wpływ nawożenia azotem na jakość białka ziarna owsa.

LITERATURA

- Majcherczak E. 2000. Wpływ nawożenia azotowego na skład aminokwasowy białka ziarna jęczmienia ozimego. Pr. dokt. ATR Bydgoszcz: 1 — 91.
- 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.
- Michałojć Z., Szewczuk C. 2003. Teoretyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin. *Acta Agroph.* 85: 9 — 17.
- 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.
- Podleśna A. 2002. Wpływ mikroelementów na jakość zbóż w Polsce. *Więś Jutra* 5 (46): 36 — 37.
- Ruszkowska M., Wojcieszka-Wyskupajtyś U. 1996. Mikroelementy — fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 434: 1 — 11.
- Świderka-Ostapiak M., Stankowski S. 2002. Wpływ nawożenia azotem i siarką na plonowanie i komponenty plonu owsa nieoplewionego i oplewionego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 484: 711 — 717.
- Tobiasz-Salach R., Bobrecka-Jamro D. 2003. Wpływ nawozów dolistnych na plonowanie i skład chemiczny owsa. *Acta Agroph.* 85: 89 — 98.
- Wróbel E. 1993. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i jakość białka ziarna jęczmienia jarego i owsa uprawianego na paszę. *Zesz. Nauk. ART Olsztyn*, 56: 1 — 53.
- Wróbel S. 2000. Poziom plonowania krajowych odmian produkcyjnych owsa a zawartość mikroelementów w glebie i roślinach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 471: 609 — 617.

Ziółek E., Desoń-Barańska B., Szafranski W. 1992. Wpływ nawożenia makro- i mikroelementami na zawartość i skład aminokwasowy białka w ziarnie owsa i jęczmienia jarego w zależności od warunków siedliskowych. Zesz. Nauk. AR Kraków, 259: 375 — 395.

ROBERT MACIOROWSKI¹**NITA ZYGMUNT**²**KRYSTYNA WERWIŃSKA**²**SŁAWOMIR STANKOWSKI**¹¹ Zakład Doświadczalnictwa, Katedra Uprawy Roli, Roślin i Doświadczalnictwa, Akademia Rolnicza w Szczecinie² Hodowla Roślin „Strzelce” Sp. z o.o.

Plonowanie nowych krótkosłomych form owsa nagoziarnistego

Yielding of new dwarf and semi-dwarf naked oat varieties

Doświadczenia poletkowe przeprowadzono w latach 2003–2004. W 2003 roku porównywano 23 rody krótkosłome owsa nagoziarnistego z wprowadzonymi genami karłowatości z odmiany Bandicoot na tle wzorcowych odmian owsa nagoziarnistego Akt i Polar oraz odmiany oplewionej Chwat. W 2004 roku porównywano 18 rodów krótkosłomych owsa nagoziarnistego oraz jeden ród krótkosłomy — STH 5630 owsa oplewionego na tle wzorcowych odmian owsa: nagoziarnistego — Polar oraz oplewionego Chwat. U form krótkosłomych obserwowano redukcję wysokości roślin od 31% do 50% w stosunku do tradycyjnych nagoziarnistych odmian wzorcowych Polar i Akt. Względna redukcja wysokości roślin nie była uzależniona od warunków siedliskowych i przebiegu pogody w okresie wegetacji. Wyróżniono następujące rody: STH 7091 (nagoziarnisty) — charakteryzował się wysoką obsadą wiech oraz długą wiechą o małej liczbie ziaren, ale o wysokiej masie ziarniaków; STH 7146 (nagoziarnisty) — przy stosunkowo niższej obsadzie wiech uzyskiwał bardzo wysoki plon ziarna z wiechy, ale głównie dzięki dużej liczbie nieco słabiej wypełnionych ziaren; STH 5630 (oplewiony) — wytwarzał dużo wiech na jednostce powierzchni oraz wysoką liczbę słabiej wypełnionych ziaren w kłosie. Nie zanotowano wpływu genów karłowatości na przebieg i długość poszczególnych faz rozwojowych oraz na zmiany w liczbie ziaren oplewionych.

Słowa kluczowe: geny karłowatości, komponenty plonu, odmiany, owies nagi, plon ziarna

The field plot experiments were conducted in the years 2003–2004. In the first year 23 varieties were tested of dwarf and semi-dwarf naked oats (with dwarfing genes introduced from the Bandicoot variety) together with the traditional — tall naked varieties Akt and Polar and hulled variety Chwat. In the next year 18 naked oat dwarf and semi-dwarf varieties and one dwarf hulled oat variety — STH 5630 were compared with the traditional tall oat varieties Polar and Chwat. The introduction of dwarfing genes caused the reduction of plant height from 31 to 50%, compared with the tall varieties Akt and Polar. The height reduction was not dependent on field and weather conditions. The following varieties were distinguished: STH 7091 (naked) — characterized by high panicle density, long panicle with low number of grains per panicle with high weight of 1000 grains; STH 7146 (naked) — with relatively lower panicle density but high grain yield per panicle, caused by higher number of grains per panicle; STH 5630 — characterized by high panicle density and high number of grains per panicle.

Any effects of dwarfing genes on growth stages timing, plant development and number of hulled grains were not observed.

Key words: dwarfing genes, naked oat, varieties, yield, yield components

WSTĘP

Poziom plonowania owsa jest w Polsce niezadowalający, gdyż wynosi około 25 dt/ha, stąd głównym zadaniem hodowców owsa pozostaje w dalszym ciągu zwiększenie plonu ziarna. Jest to szczególnie widoczne u form nagoziarnistych, których plon ziarna jest nawet o 10% niższy od plonu ziarna bez łuski form oplewionych (Cyfert, 2005). Wielokwiatkowe kłoski, które wytwarzają wiele drobnych ziaren są uważane za główną tego przyczynę (Peltonen-Sainio, 1994, 1997; Valentine i Hale, 1990; Piech i in., 2001) a zmiany tej cechy na drodze hodowlanej są trudne ze względu na fakt, że jest to plejotropowy efekt genów warunkujących "nagoziarnistość" (Valentine, 1995; Barr i in., 1996). Jedną z możliwości poprawy wysokości plonowania jest wprowadzenie do uprawy odmian krótkosłomych owsa nagoziarnistego, z wprowadzonymi genami karłowatości (Nita, 1999, 2003). Są one efektywnym źródłem kontroli wylegania, co umożliwia zastosowanie intensywnej agrotechniki, głównie wysokiego nawożenia azotem, jako czynnika maksymalizującego plon ziarna. Skrócenie słomy uważa się za główny składnik sukcesu hodowanego w odniesieniu do pszenicy i ryżu w drugiej połowie 20 wieku (Austin, 1999; Calderini i Slafer, 1998; Slafer 2003). Pociąga to jednak za sobą liczne zmiany fizjologiczne i morfologiczne roślin, które znajdują odzwierciedlenie na poziomie komponentów kształtujących plon ziarna. Do najważniejszych zmian, które zostały udokumentowane w odniesieniu do owsa, można zaliczyć: zwiększone krzewienie produkcyjne wskutek mniejszej konkurencji wewnątrzgatunkowej i w związku z tym lepszą obsadę wiech, większą liczbę wykształconych i lepiej wypełnionych ziaren z jednostki powierzchni, co w konsekwencji powoduje zwiększenie indeksu plonowania, zmiany fotoperiodyczne prowadzące do skrócenia okresu wegetacji, zmniejszenie rozwoju systemu korzeniowego i zaburzenia w udziale części nadziemnej rośliny i w konsekwencji zwiększone potrzeby wodne i pokarmowe (Brown i in., 1980; McKey, 1988; Anderson i McLean, 1989; Mäkelä i in., 1996; Peltonen-Sainio i Rajala, 2001; Rajala i Peltonen-Sainio, 2001; Peltonen-Sainio i in., 2003; Mäkelä i in., 2004). Fizjologicznym obrazem działania genów karłowatości jest zakłócenie różnych etapów biosyntezy kwasu giberelinowego, uzależnione od rodzaju występującego genu. W owsie sklasyfikowano 7 głównych genów karłowatości, jednak potencjalne znaczenie w hodowli mogą mieć geny *Dw6*, *Dw7* i *Dw8* o dominującym lub pół dominującym charakterze (Milach i in., 1997, 1988; Morikawa, 1988; Milach i Federizzi, 2001; Milach i in., 2002; Morikawa i Kuriyama, 2004). Aktualnie wyhodowane odmiany karłowe lub półkarłowe owsa zostały wyhodowane z wykorzystaniem genu karłowatości *Dw6* (Milach i in., 2002). Do najbardziej znanych odmian owsa o krótkiej słomie należą: angielska — Icon (nagoziarnista), amerykańska — Pal (oplewiona), holenderska — Kontant (oplewiona), norweska — Grane (oplewiona) i australijska — Bandicoot (nagoziarnista) (Anonim, 1989; Barr, 1988; Peltonen-Sainio i Rajala, 2001). Ta ostatnia odmiana stała się donorem krótkiej słomy w programie

hodowlanym owsa w Hodowli Roślin "Strzelce", a także była wykorzystywana w programach hodowlanych w innych krajach. Wykorzystanie genu karłowatości *Dw6*, wiąże się jednak z pewnymi ograniczeniami w hodowli związanymi ze zmniejszeniem wysokości plonowania, rozmiaru nasion i ich jakości (Kibite i Clayton, 2000; Milach i Federizzi, 2001), stąd znalezienie wyrównanych, wysokoplonujących form jest trudne.

Celem niniejszych badań był wybór do dalszych prac hodowlanych rodów krótkosłomych owsa nagoziarnistego z wprowadzonymi genami karłowatości o optymalnej strukturze wiechy oraz ocena ich plonowania.

MATERIAŁY I METODY

Doświadczenia poletkowe przeprowadzono w latach 2003–2004 w RSD Lipnik. W 2003 roku porównywano 23 rody krótkosłome owsa nagoziarnistego z wprowadzonymi genami karłowatości z odmiany Bandicoot na tle wzorcowych odmian owsa nagoziarnistego Akt i Polar oraz odmiany oplewionej Chwat. W 2004 roku porównywano 18 rodów krótkosłomych owsa nagoziarnistego oraz jeden ród krótkosłomy — STH 5630 owsa oplewionego na tle wzorcowych odmian owsa: nagoziarnistego — Polar oraz oplewionego Chwat. Doświadczenia założono w układzie bloków losowych w $n = 3$ powtórzeniach. Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 9 m². Ilość wysiewu wynosiła 550 ziaren/m².

Badania przeprowadzono na glebie brunatnej wylugowanej. Poziom ornopróchniczny tych gleb wykazywał skład granulometryczny piasku gliniastego lekkiego. Gleby te zalicza się do kompleksu żyniego dobrego, klasy bonitacyjnej IV b. Pod względem rolniczym reprezentują one gleby lekkie. Zasobność gleby (mg/100 g) w składniki pokarmowe była w Lipkach następująca: P — 6,0–16,0; K — 7,7–10,8; Mg — 1,9–2,8; pH — 5,1–5,7. Przedplonem była pszenica ozima. Nawożenie azotowe, w ilości 90 kg N/ha (60+30), zastosowano w formie saletry amonowej w 2 terminach: bezpośrednio po siewie i 31–32 DC według Zadoksa. Siew przeprowadzono bezresztowym siewnikiem poletkowym. Nawożenie fosforowe i potasowe zastosowano przed siewem w formie superfosfatu pojedynczego i soli potasowej 60% w ilości odpowiednio, w kolejnych latach: P₂O₅ — 60–80 kg/ha i K₂O — 38–110 kg/ha. Dodatkowo w doświadczeniach stosowano nawożenie dolistne preparatami: Ekolist Z/J i Insol Mn oraz zabiegi pielęgnacyjne następującymi preparatami: Chwastox Trio 540 SL, Bancol 50 WP, Pirimor 500 WG, Alfazot 050 EC i Alert 375 SC.

Oceniano plon ziarna i komponenty plonu oraz wybrane cechy jakościowe ziarna. Komponenty plonu określono na podstawie 4 prób, z powierzchni 0,125 m² każda, pobranych ze wszystkich poletek, natomiast analizę cech jakościowych ziarna wykonano zgodnie ze standardową metodyką COBORU.

Analizę statystyczną wyników przeprowadzono wykorzystując metodę analizy wariancji dla każdego roku badań niezależnie. Porównania wielokrotne średnich wykonano testem Duncana.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

W 2003 roku odmiany owsa nagoziarnistego Akt i Polar plonowały na zbliżonym poziomie, odpowiednio 25,3 i 24,0 dt/ha, co stanowiło około 80% plonu odmiany oplewionej Chwat (rys. 1). Bardzo niski plon ziarna w tym roku był spowodowany suszą panującą wiosną i wczesnym latem (tab. 1). Rody krótkosłome plonowały przeciętnie niżej niż odmiany wzorcowe. Na wyróżnienie zasługiwał jedynie ród STH 7091, który plonował na podobnym poziomie — 24,2 dt/ha. Do grupy rodów perspektywicznych zaliczono także rody: STH 15994, 16224, 16344, 16315, 16316, które plonowały średnio w granicach 22 dt/ha. Przebieg pogody w okresie wegetacyjnym 2004 roku był zdecydowanie bardziej korzystny dla wzrostu i plonowania owsa. Charakteryzował się większą ilością opadów, jakkolwiek obserwowano niedobory opadów w okresie intensywnego wzrostu elongacyjnego owsa (kwiecień-maj) i temperaturami, które nie odbiegały od wielolecia (tab. 1).

Tabela 1

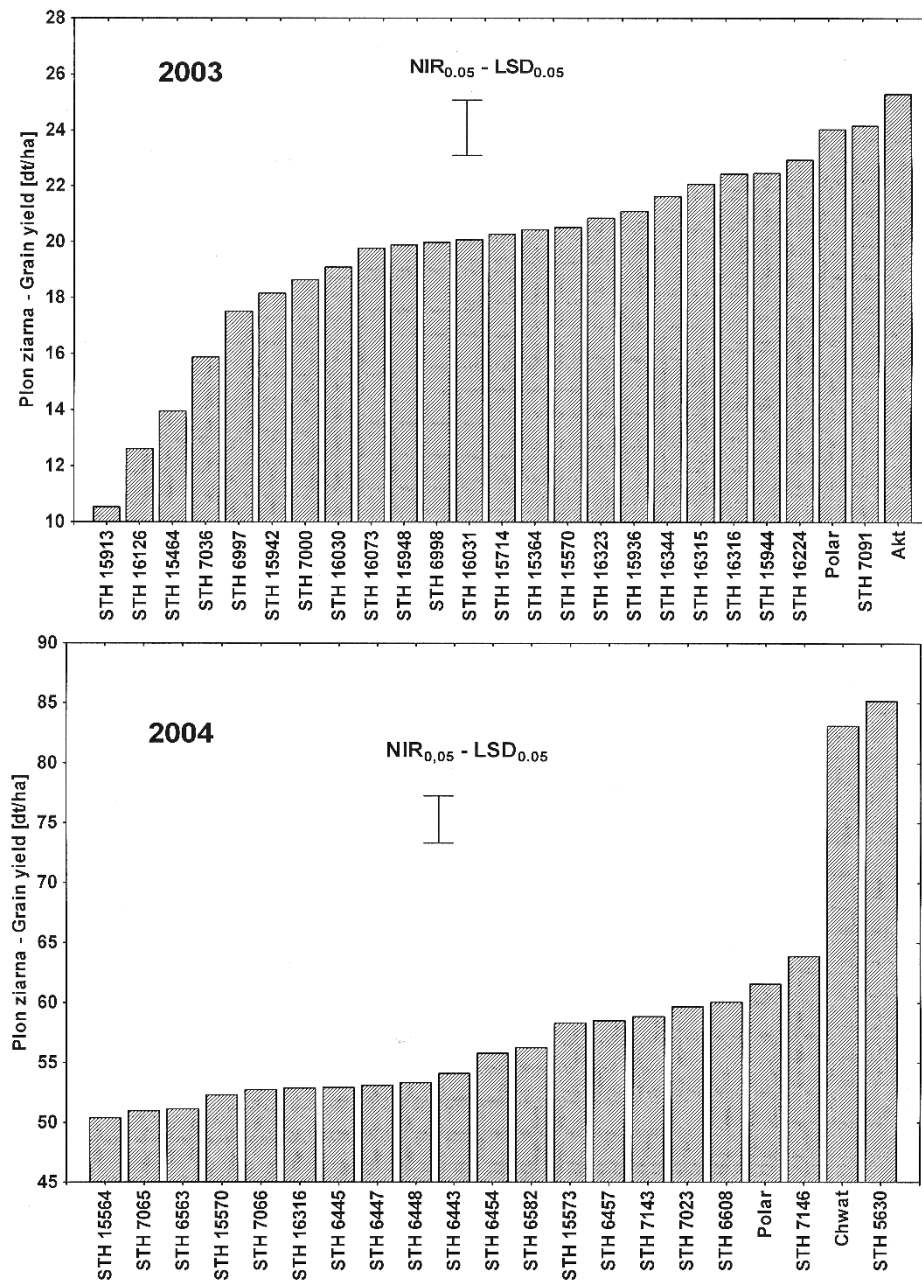
Warunki pogodowe w Rolniczej Stacji Doświadczalnej Lipnik w latach 2003–2004
Weather conditions in Agricultural Experimental Station at Lipnik in 2003–2004

Miesiąc Month	Średnia temperatura (°C) Mean temperature			Suma opadów (mm) Total precipitation		
	2003	2004	1961–1994	2003	2004	1961–1994
Marzec — March	2,7	4,4	2,7	19,9	44,2	32,8
Kwiecień — April	7,6	9,4	7,2	14,5	20,7	37,8
Maj — May	15,0	13,0	12,5	33,8	39,5	51,1
Czerwiec — June	19,6	16,0	15,9	29,7	61,0	61,3
Lipiec — July	20,4	17,9	17,4	80,7	69,8	63,2
Sierpień — August	20,6	19,9	17,4	16,0	47,2	56,1
Suma — Sum	—	—	—	194,6	282,4	302,3
Średnia — Mean	14,3	13,4	12,2	—	—	—

Odmiana nagoziarnista Polar plonowała na poziomie 61,6 dt/ha, co stanowiło 74% plonu osiągniętego przez odmianę oplewioną Chwat (rys. 1). Większość badanych rodów krótkosłomych plonowała niżej niż odmiana wzorcowa. Na wyróżnienie zasługiwał jedynie ród STH 7146, który przewyższał plonem ziarna odmianę wzorcową o około 2 dt/ha. Jedyny badany ród krótkosłomy owsa oplewionego — STH 5630 okazał się rodem najlepiej plonującym w całym doświadczeniu i plonował o 2 dt/ha lepiej niż odmiana wzorcowa Chwat.

Wysokość łanu rodów krótkosłomych w 2003 roku kształtowała się w przedziale od 31 do 42 cm, podczas gdy odmian wzorcowych wynosiła maksymalnie 62 cm (odmiana Akt). W następnym roku owies był znacznie wyższy. Wysokość łanu odmiany wzorcowej Polar wynosiła 95,3 cm, natomiast u rodów krótkosłomych kształtowała się w zakresie 49 do 63 cm.

Wyniki obserwacji kiełkowania i wschodów potwierdzają wyniki naszych wcześniejszych badań dotyczących słabszego kiełkowania ziarna rodów nagoziarnistych w warunkach polowych. Stąd obsada roślin tych rodów była zazwyczaj niższa w porównaniu z odmianą oplewioną.



Rys. 1. Plon ziarna owsa w latach 2003–2004
Fig. 1. Grain yield of oat in the years 2003–2004

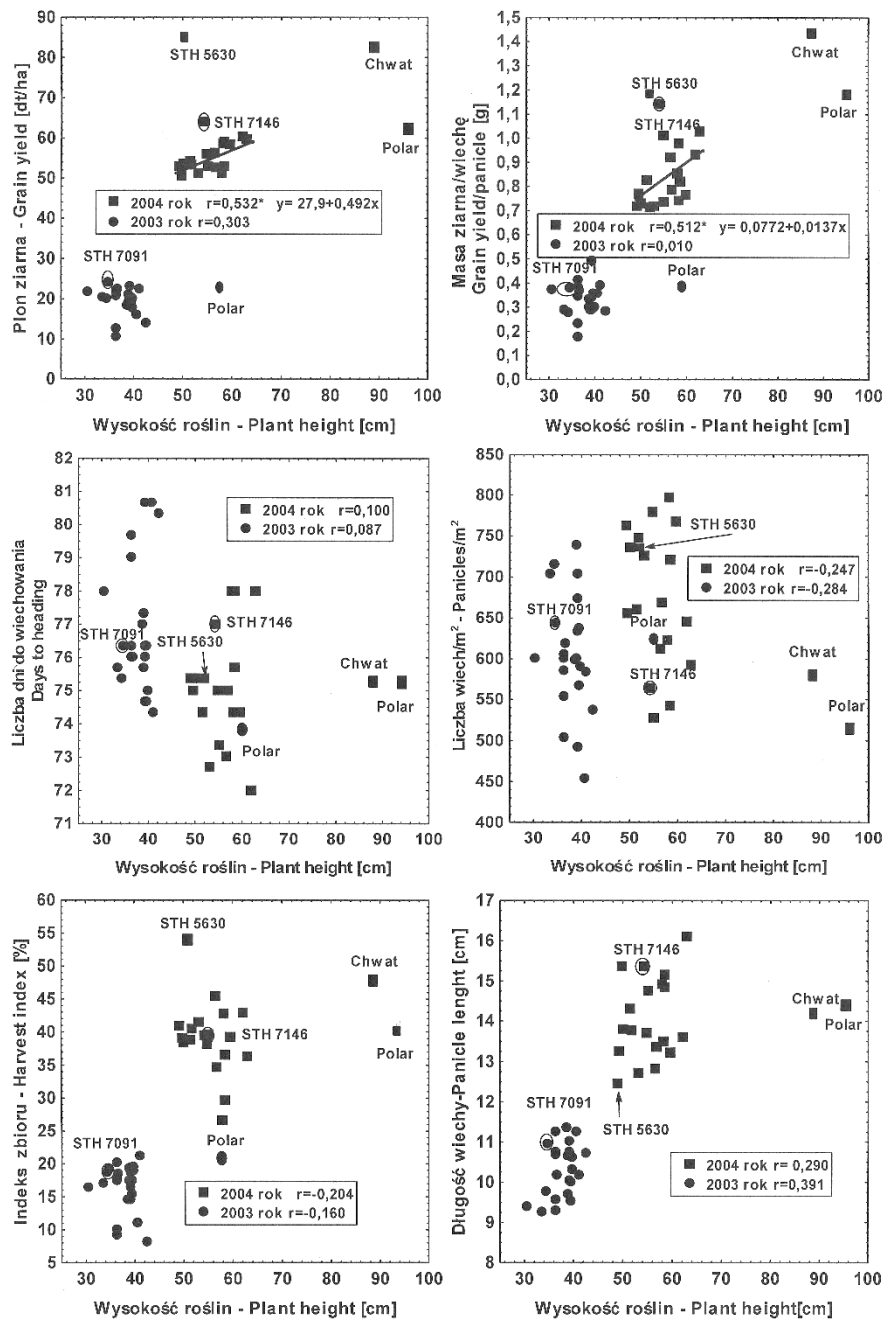
Wyższe krzewienie produkcyjne kompensowało niższą obsadę roślin, stąd różnice pomiędzy odmianą nagoziarnistą a oplewioną pod względem obsady wiech były nieistotne (tab. 2, 3). Natomiast rody krótkosłome wykazywały tendencję do silniejszego krzewienia produkcyjnego i w związku z tym obsada wiech tych rodów była wyższa w porównaniu z rodami tradycyjnymi. Jakkolwiek dla całego badanego spektrum rodów nie stwierdzono zależności pomiędzy obsadą wiech a wysokością roślin (rys. 2). W 2003 roku stwierdzono dodatnią korelację ($r = 0,532$) pomiędzy plonem ziarna a wysokością roślin, co było głównie wynikiem zmian w plonie z wiechy ($r = 0,515$) — rys. 2. Na podkreślenie zasługuje fakt braku związku pomiędzy długością okresu wegetacji a wprowadzeniem genów karłowatości. Stwierdzono tendencję do skrócenia długości wiechy w miarę skracania wysokości roślin owsa, jednak uzyskane współczynniki korelacji w poszczególnych latach badań, odpowiednio 0,29 i 0,39, okazały się nieistotne.

Tabela 2

Komponenty plonu i wybrane cechy jakościowe ziarna rodów owsa badanych w 2003 roku
Yield components and quality traits in 2003

Odmiana Variety	¹ LW/m ²	DW (cm)	LK/W	LZ/W	MTZ (g)	MZ/W (g)	HI (%)	ZP <1,65 (%)	WZ >2,2 (%)
STH 6997	589	10,3	7,4	12,7	23,4	0,297	18,9	2,48	38,7
STH 6998	567	10,6	9,7	15,7	23,0	0,358	19,5	2,4	37,62
STH 7000	637	9,5	6,9	12,9	22,8	0,296	17,4	1,91	39,39
STH 16030	600	10,6	8,2	14,6	22,4	0,332	17,4	2,05	42,97
STH 16073	633	10,0	9,0	14,4	23,5	0,340	14,5	0,62	42,46
STH 15913	605	9,3	6,7	6,5	26,6	0,174	9,9	0,25	68,79
STH 15936	739	9,7	8,2	13,1	21,8	0,288	19,2	1,16	48,93
STH 15948	715	9,8	7,8	10,6	26,4	0,280	18,6	0,71	60,39
STH 16031	673	11,0	8,7	12,9	23,2	0,300	18,6	1,78	41,35
STH 15714	703	10,0	8,1	12,8	22,4	0,287	15,4	1,3	45,84
STH 15942	598	11,4	10,6	11,3	26,4	0,302	14,6	0,47	68,1
STH 15944	583	10,2	8,4	14,2	27,3	0,389	21,0	0,7	66,7
STH 15464	536	10,7	6,6	9,6	29,7	0,282	8,0	0,22	70,12
STH 15364	704	9,3	6,1	11,9	24,3	0,290	17,1	2,8	32,04
STH 15570	600	9,6	7,7	14,9	23,2	0,346	20,1	2,59	29,54
STH 7036	453	11,3	9,7	13,5	26,1	0,354	11,0	0,58	61,43
STH 16126	553	10,7	9,0	10,3	22,2	0,231	9,1	1,18	45,09
STH 7091	644	11,0	9,3	13,9	27,0	0,375	19,0	0,49	69,12
STH 16224	492	10,8	10,6	21,6	22,8	0,493	16,5	3,77	24,17
STH 16323	503	10,7	9,8	17,1	24,3	0,414	17,7	0,98	51,86
STH 16344	599	9,4	9,6	16,9	22,0	0,370	16,5	2,48	39,19
STH 16315	585	11,2	9,7	15,7	24,4	0,383	17,5	1,04	60,53
STH 16316	618	10,2	7,3	14,4	25,4	0,364	18,5	1,1	58,81
Akt	557	11,0	9,7	19,8	23,1	0,457	23,4	4,59	20,05
Polar	608	10,3	9,1	14,8	26,8	0,396	21,6	1,44	37,91
NIR _{0,05}	161	1,27	1,56	4,22	2,81	0,31	3,2	—	—
LSD _{0,05}									

¹ LW/m² — obsada wiech, number of panicles per m²; DW — długość wiechy, length of panicle; LK/W — liczba kłosek z wiechy, number of spikelets per panicle; LZ/W — liczba ziaren z wiechy, number of grains per panicle; MTZ — masa 1000 ziaren, weight of 1000 grains; MZ/W — masa ziarna z wiechy, grain yield per panicle; HI — indeks plonowania, harvest index; ZP — zawartość pośladu, grain waste content; WZ — wyrównanie ziarna, uniformity of grain



Rys. 2. Kształtowanie cech plonotwórczych w zależności od wysokości rośliny w latach 2003–2004
 Fig. 2. The correlations between yield characters and plant height in 2003–2004

W 2003 roku udział części użytkowej plonu, czyli ziarna w masie części nadziemnej był bardzo mały gdyż indeks zbioru wynosił około 25% (tab. 2). Nie stwierdzono korelacji pomiędzy długością słomy a wartościami tego parametru, co wskazuje, że skrócenie słomy nie spowodowało zmian w dystrybucji puli wytworzonych asymilatów do ziarna. W następnym roku indeks zbioru był wyższy i kształtował się na poziomie 37%, a rody krótkosłome nie odbiegały wartościami tego parametru od odmian tradycyjnych (tab. 3).

Tabela 3

Komponenty plonu i wybrane cechy jakościowe ziarna rodów owsa badanych w 2004 roku
Yield components and quality traits in 2004

Odmiana Variety	LW/m ²	DW (cm)	LK/W	LZ/W	mtz (g)	MZ/W (g)	HI (%)	ZP <1,65 (%)	WZ >2,2 (%)	¹ CH (kg)	ZO (%)
STH 7066	542	14,9	17,9	43,7	22,4	0,976	29,6	5,05	18,6	62,4	9,8
STH 7023	592	16,1	14,7	35,7	28,7	1,026	36,3	0,95	62,4	62,4	9,8
STH 6447	747	13,8	11,7	30,6	23,3	0,711	40,3	4,05	18,6	63,3	1,3
STH 6457	797	13,5	11,3	28,2	26,1	0,736	42,7	2,40	32,0	61,6	7,0
STH 16316	527	14,8	14,0	45,3	22,3	1,007	39,5	2,20	33,0	60,6	1,0
STH 6448	736	13,8	12,6	29,5	24,6	0,727	38,2	3,60	21,9	63,5	1,3
STH 15564	656	15,4	16,4	33,1	23,2	0,768	39,0	5,45	18,3	61,8	0,5
STH 6445	761	13,3	10,9	29,3	24,4	0,719	40,9	3,25	22,4	64,4	2,5
STH 15570	669	13,4	12,1	32,4	24,2	0,784	34,6	1,75	27,6	58,6	2,3
STH 15573	767	13,2	13,8	30,2	25,2	0,760	39,0	2,40	29,5	61,1	5,3
STH 6454	778	13,7	12,1	29,5	25,1	0,736	38,1	2,00	20,3	60,9	1,0
STH 6563	725	12,7	13,2	28,1	25,5	0,717	41,5	1,70	41,9	64,9	4,3
STH 7143	721	15,2	16,8	37,0	22,1	0,817	36,4	2,50	27,2	62,8	5,8
STH 6443	660	14,3	13,1	32,7	25,3	0,825	38,6	3,10	29,4	63,4	1,8
STH 5630	735	12,5	21,5	40,8	29,7	1,182	54,2	0,00	78,9	48,0	—
STH 6582	611	12,8	14,9	39,6	23,3	0,920	45,2	3,35	22,6	63,3	14,0
STH 6608	644	13,6	16,0	39,4	23,7	0,933	42,8	2,15	28,9	61,4	17,0
STH 7146	564	15,4	14,5	53,3	21,4	1,139	39,4	2,85	24,8	60,8	3,8
STH 7065	622	14,9	19,6	38,0	22,5	0,852	26,6	4,70	18,8	60,4	6,5
Polar	519	14,6	17,4	44,7	26,5	1,185	38,0	2,65	34,1	69,9	3,0
Chwat	583	14,2	22,8	42,1	34,5	1,447	48,3	0,00	79,5	55,1	—
NIR _{0,05}	123	1,3	3,1	8,1	1,6	0,19	4,7	—	—	1,2	—
LSD _{0,05}											

¹CH — Ciężar hektolitra, test weight; ZO — Ilość ziaren oplewionych, Number of hulled grains

Pozostałe oznaczenia jak w tabeli 1, Other explanations — see table 1

Skrócenie słomy u owsa spowodowało niewielkie zmiany cech jakościowych ziarna. Jedynie w 2003 roku stwierdzono poprawę wyrównania ziarna w miarę skracania słomy. Nie odnotowano wpływu wprowadzonych genów karłowatości na ekspresję "nago-ziarnistości" u owsa.

W przeprowadzonych doświadczeniach, a szczególnie w 2003 roku stwierdzono, że wprowadzenie genów karłowatości spowodowało nasilenie występowania cech negatywnych, takich jak: niepełne wyrzucenie wiech z pochwy liścia flagowego oraz wytwarzanie większej liczby pędów nieproduktywnych.

Reasumując, należy stwierdzić, że warunki pogodowe w 2003 roku były zdecydowanie bardziej selektywne dla rodów krótkosłomych. Plon ziarna rodu najslabiej plonującego stanowił około 40% plonu ziarna tradycyjnych odmian wzorcowych, natomiast w następnym roku udział ten wynosił ponad 80%. Potwierdza to nasze wstępne założenia,

że formy krótkosłome przeznaczone są do uprawy w warunkach intensywnej agrotechniki i w lepszych stanowiskach oraz, że formy te mają jeszcze wyższe wymagania wodne niż formy tradycyjne.

W polskich warunkach odmiany owsa w doświadczeniach COBORU osiągają wysokość od 90 do 110 cm (Zych, 2001; Cyfert, 2002, 2003, 2004, 2005), natomiast na plantacjach produkcyjnych i w doświadczeniach PDO łan owsa może formować się na wysokość 120 cm i wyższej, zależnie od lat badań (Cyfert i in., 2005). W literaturze powszechnie używa się określeń formy półkarłowe i karłowe, ale brak jest jednoznacznego granicznego kryterium podziału odmian pod względem wysokości roślin. Można przyjąć, że w polskich warunkach, przy przeciętnych warunkach pogodowych, klasyfikacja odmiany do form tradycyjnych powinna nastąpić, gdy wysokość kształtuje się w zakresie od 90–120 cm, do form półkarłowych od 70–90 cm, natomiast do form karłowych, poniżej 70 cm.

Redukcja wysokości roślin poprzez wprowadzenie genów karłowatości jest uzależniona od: rodzaju wprowadzonego genu, tła genetycznego, w jakim on operuje oraz warunków siedliska, głównie dostępności wody. Milach i wsp. (2002) porównując linie izogeniczne: karłową (*Dw6/Dw6*) i wysoką (*dw6/dw6*) uzyskali skrócenie słomy w granicach 34 i 37%, zależnie od roku badań, natomiast Kibite i Clayton (2000) testując 7 par izogenicznych linii z tym samym genem karłowatości uzyskali skrócenie roślin w podobnym zakresie — 31 do 36%. W niniejszych doświadczeniach maksymalne skrócenie wysokości roślin było większe, gdyż dochodziło do 50%. Efekt fenotypowy działania genu karłowatości *Dw6* występuje na stosunkowo późnych etapach ontogenezy i polega na skróceniu 3 górnych międzywęźli, szczególnie dokłosa (Brown i in., 1980; Milach i in., 2002) i jest odmienny niż pozostałych genów karłowatości. Działanie genów *Dw7* i *Dw8* polega na skróceniu wszystkich międzywęźli, dodatkowo gen *Dw7* powoduje zmniejszenie liczby wytwarzanych węzłów (Milach i in., 2002). Ubocznym efektem skrócenia dokłosa u roślin z genem karłowatości *Dw6* jest problem niepełnego lub przedłużonego wiechowania, ze względu na trudności z wyrzuceniem wiechy z pochwy liścia flagowego obejmującego skrócone międzywęźle. Problem ten był raportowany od początku hodowli odmian krótkosłomych i został w Australii stosunkowo wcześniej rozwiązany, poprzez poznanie mechanizmu genetycznego tego zjawiska (Farnham i in., 1990). W niniejszych badaniach problem ten pojawił się w 2003 roku, kiedy długotrwała susza, spowodowała, że formy o najkrótszej słomie przeszły w fazę dojrzewania ziarna przy częściowo wyrzuconych wiechach.

Niższe rośliny form krótkosłomych były częściowo wynikiem skrócenia długości wiechy, maksymalnie o 14% w porównaniu z odmianami tradycyjnymi. W cytowanych wcześniej badaniach Milacha i wsp. (2002) skrócenie długości kłosa powodowane genem karłowatości *Dw6* wynosiło od 16%–18%. Wydaje się, że morfotyp owsa zakładający "kompaktową" formę wiechy, czyli wiechę o zwartej konstrukcji z dużą liczbą kłosków, jest pożądanym z punktu widzenia produktywności rośliny. Taka formuła wiechy powoduje mniejszy wydatek energetyczny rośliny na rozbudowę części szkieletowej rośliny, skrócenie drogi transportu asymilatów do akceptora, czyli ziarna. Jednak wydaje się to trudne do uzyskania, przy zastosowaniu genu karłowatości *Dw6*, gdyż w niniejszych

badaniach najlepiej plonujące krótkosłome rody nagoziarniste STH 7091 i STH 7146 miały jednocześnie najdłuższe wiechy i nie obserwowano u nich praktycznie efektu ograniczenia długości wiechy w porównaniu z rodami tradycyjnymi. Było to wynikiem dodatniej korelacji pomiędzy długością wiechy a plonem ziarna z wiechy. Zdecydowanie większy efekt w kształtowaniu struktury wiechy można uzyskać poprzez wykorzystanie genu karłowatości *Dw7*, który skraca wiechę o około 40% w porównaniu z formą wysoką (Milach i in., 2002). Kompaktowa wiecha jest wynikiem sprzężenia genu karłowatości *Dw7* z addytywnym genem odpowiedzialnym za długość wiechy a nie pleiotropowego charakteru genu karłowatości (Federizzi i Qualset, 1989).

Przeprowadzone badania potwierdziły, że skrócenie roślin powoduje zwiększenie krzewienia produkcyjnego i w związku z tym zwiększeniu ulega obsada wiech. Ma to szczególne znaczenie u odmian nagoziarnistych, gorzej kiełkujących w warunkach polowych, prawdopodobnie ze względu na występujące u nich mikrouszkodzenia ziarna (Valentine i Hale, 1990; Peltonen-Sainio, 1994). Zwiększone krzewienie produkcyjne stwarza możliwości uzyskania wyższego plonu ziarna, pod warunkiem zapewnienia optymalnej agrotechniki (nawożenie, ilość wysiewu) oraz korzystnych warunków siedliskowych. W innym wypadku pędy nieproduktywne redukują potencjał plonotwórczy (Berry i in., 2003). W warunkach fińskich okazało się, że wysoki potencjał krzewienia form krótkosłomych owsa nie jest w pełni wykorzystany ze względu na panujące tam warunki pogodowe (Mäkelä i in., 2004). Duży udział ziarna z pędów bocznych, które jak powszechnie wiadomo mają niższą produktywność względną mogło być powodem, że indeks zbioru nie różnił się znacząco u obu form owsa, jakkolwiek odmiany najlepiej plonujące miały jednocześnie najwyższy indeks zbioru. Zwiększenie indeksu zbioru jest jedną z głównych przyczyn wysokiego plonowania form półkarłowych i karłowych pszenicy w porównaniu z formami wysokimi (Austin i in., 1989; Shearman i in., 2005). Jak podają Miralles i wsp. (1998) jest to wynik zwiększenia liczby ziaren z kłosa, spowodowany większą liczbą ziaren z kłoska, przy braku zmian w liczbie wytworzonych kłosek w kłosie. Wydaje się, że wpływ genów karłowatości u owsa nagoziarnistego na komponenty wiechy może być odmienny, niż u pszenicy. W niniejszych doświadczeniach nie obserwowano wprawdzie zmian w liczbie wytworzonych kłosek w wiesze, ale także zmiany liczby ziaren w wiesze były niewielkie i notowane różnice pomiędzy obiema formami owsa nie miały charakteru trwałej tendencji. Stwierdzono, że skrócenie słomy powoduje zmniejszenie plonu ziarna z wiechy przy typowym przebiegu pogody, natomiast w warunkach suszy ta relacja nie zachodziła. Brak jest danych porównawczych odnośnie odmian krótkosłomych owsa nagoziarnistego i relacji zachodzących pomiędzy komponentami wiechy u tych form. Podobne wyniki jak w niniejszych badaniach uzyskano wcześniej w warunkach fińskich z krótkosłomymi odmianami oplewionymi owsa, gdzie nie stwierdzono większej liczby ziaren z rośliny w porównaniu z tradycyjnymi odmianami wysokimi, a nawet w niektórych warunkach uzyskano wyniki świadczące, że te formy wytwarzają mniej ziaren z rośliny niż formy tradycyjne (Mäkelä i in., 2004).

Dane uzyskane przez Kibite i Clayton (2000) wskazują, że gen karłowatości *Dw6* może powodować opóźnienie wiechowania od 5 do 11 dni oraz wydłużenie okresu wegetacji

owsa od 2 do 19 dni. Wyniki prezentowanych badań nie wskazują, aby ta sytuacja zachodziła u testowanych odmian.

Przeprowadzone badania potwierdzają wcześniejsze spostrzeżenia Browna i wsp. (1980) odnośnie braku wpływu genu karłowatości *Dw6* na ekspresję "nagoziarnistości" u owsa.

Reasumując należy stwierdzić, że wprowadzenie genów karłowatości do owsa nagoziarnistego spowodowało większe zmiany w obsadzie wiech, a mniejsze niż należało oczekiwać na przykładzie pszenicy, w strukturze wiechy. Z tego powodu w dalszych pracach hodowlanych, aby uzyskać rody dobrze plonujące należy dążyć do poprawy indeksu plonowania, który w polskich warunkach jest zdecydowanie zbyt niski. Jedną z możliwości jest preferowanie form o zwartej budowie wiechy z dużą liczbą kłosków, o mniejszej liczbie wytwarzanych ziaren. Ze względu na liczne negatywne cechy związane z zastosowaniem genu karłowatości *Dw6*, w hodowli odmian o skróconym źdźble, należy rozważyć możliwość wykorzystania w hodowli owsa innych genów karłowatości np. *Dw7* i *Dw8*.

WNIOSKI

1. U form krótkosłomych obserwowano redukcję wysokości roślin od 31% do 50% w stosunku do odmian wzorcowych Polar i Akt. Względna redukcja wysokości roślin nie była uzależniona od warunków siedliskowych i przebiegu pogody w okresie wegetacji.
2. W roku z niedoborami opadów jedyny ród, który plonował na poziomie odmian tradycyjnych — STH 7091 charakteryzował się wysoką obsadą wiech oraz długą wiechą o małej liczbie ziaren, ale o wysokiej masie ziarniaków.
3. W warunkach przeciętnego przebiegu pogody wyróżniono 2 rody krótkosłome: nagoziarnisty STH 7146 oraz oplewiony STH 5630. Ród nagoziarnisty przy stosunkowo niższej obsadzie wiech uzyskiwał bardzo wysoki plon ziarna z wiechy, ale głównie dzięki dużej liczbie nieco słabiej wypełnionych ziaren. Krótkosłomy ród oplewiony wytwarzał dużo wiech na jednostce powierzchni oraz wysoką liczbę słabiej wypełnionych ziaren w kłosie.
4. Nie zanotowano wpływu genów karłowatości na przebieg i długość poszczególnych faz rozwojowych oraz na zmiany w liczbie ziaren oplewionych.

LITERATURA

- Anderson W. K., McLean R. 1989. Increased responsiveness of short oat cultivars to early sowing, nitrogen fertilizer and seed rate. *Aust. J. Agric. Res.* 40: 729 — 744.
- Anonim. 1999. Oats in new era. Semundo Ltd, Cambridge.
- Austin R. B. 1999. Yield of wheat in the United Kingdom: recent advances and prospects. *Crop Sci.* 39: 1604 — 1610.
- Austin R. B., Ford M. A., Morgan C. L. 1989. Genetic improvement in yield of winter wheat: A further evaluation. *J. Agric. Sci. Cam.* 112: 295 — 301.
- Barr A. R. 1988. Breeding oats for Mediterranean-type environments. In: *Proceedings of 3rd International Oat Conference*, Lund, Sweden, Eds. Mattsson B., Lyhagen R. Svalöv AB, Sweden: 24 — 34.

- Barr A. R., Pelham S. D., Zwer P. K. 1996. Hulless oat — building a commercial future. Proceedings of the V International Oat Conference & VII International Barley Genetics. University of Saskatchewan, Saskatoon, USA. Eds. Slinkard A., Scoles G., Rossnagel B., University Extension Press, University of Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan: 97 — 105.
- Berry P. M., Spink J. H., Foulkes M. J., Wade A. 2003. Quantifying the contributions and losses of dry matter from non-surviving shoots in four cultivars of winter wheat. *Field Crops Res.* 80: 111 — 121.
- Brown P. D., McKenzie R. I. H., Mikaelson K. 1980. Agronomic, genetic and cytologic evaluation of vigorous new semi dwarf oat. *Crop Sci.* 20: 303 — 306.
- Calderini D. F., Slafer G. A. 1998. Changes in yield and yield stability in wheat during the 20th century. *Field Crops Res.* 57: 335 — 347.
- Cyfert R. 2002, 2003, 2004, 2005. Owies. Lista opisowa odmian. COBORU, Słupia Wielka.
- Cyfert R., Michalak A., Najewski A., Zych J. 2005. Wyniki porejestrowych doświadczeń odmianowych. Zboża jare. 2004 (pszenica, jęczmień, owies, pszenżyto). COBORU, Słupia Wielka. Numer 32.
- Farnham M. W., Stuthman D. D., Biesboer D. D. 1990. Cellular expression of panicle exertion in semidwarf oat. *Crop Sci.* 30: 323 — 328.
- Federizzi L. C., Qualset C. O. 1989. Genetic of plant height reduction and panicle type in oat. *Crop Sci.* 29: 551 — 557.
- Kibite S., Clayton G. 2000. Effects of the *Dw6* dwarfing gene on agronomic and grain quality features of oats. In: Proceedings International Oat Conference. Lincoln, NZ. Ed. Cross R. J. New Zealand Inst. for Crop and Food Res. Lmted., Christchurch, NZ: 312 — 316.
- Mäkela P., Muurinen S., Peltonen-Sainio P. 2004. Alterations in growth and canopy architecture among dwarf, semidwarf and tall oat lines grown under northern conditions. *Agric. Food Sci.* 13 (1–2): 170 — 185.
- Mäkela P., Väärälä L., Peltonen-Sainio P. 1996. Agronomic comparison of Minnesota-adapted dwarf oat with semi-dwarf, intermediate, and tall oat lines adapted to northern growing conditions. *Can. J. Plant Sci.* 76: 727 — 734.
- McKey J. 1988. Shoot:root interrelations in oats. In: Proceedings of 3rd International Oat Conference, Lund, Sweden, Eds. Mattsson B., Lyhagen R. Svalöv AB, Sweden: 340 — 344.
- Milach S. C. K., Rines H. W., Phillips R. L., Stuthman D. D., Morikawa T. 1998. Inheritance of new dwarfing gene in oat. *Crop Sci.* 38: 356 — 360.
- Milach S. C. K., Rines H. W., Phillips R. L. 1997. Molecular genetic mapping of dwarfing genes in oat. *Theor. Appl. Genet.* 95: 783 — 790.
- Milach S. C. K., Rines H. W., Phillips R. L. 2002. Plant height components and gibberellic acid response of oat dwarf lines. *Crop Sci.* 42: 1147 — 1154.
- Milach S. C. K., Federizzi L. C. 2001. Dwarfing genes in plant improvement. *Adv. Agron.* 73: 35 — 65.
- Miralles D. J., Katz S. D., Colloca A., Slafer G. A. 1998. Floret development in near isogenic wheat lines differing in plant height. *Field Crops Res.* 59: 21 — 30.
- Morikawa T. 1988. New genes for dwarfism transferred from wild oats *Avena fatua* into cultivated oat. In: Proceedings of 3rd International Oat Conference, Lund, Sweden, Eds. Mattsson B., Lyhagen R. Svalöv AB, Sweden: 41 — 46.
- Morikawa T., Kuriyama S. 2004. Genetic diversity among dwarf inbred lines of oats revealed by microsatellites. In: Proceedings 7th International Oat Conference. Helsinki, Finland. Eds. Peltonen-Sainio P., Topi-Hulmi M. MTT, Agrifood Res. Finland: 172.
- Nita Z. 1999. Stan aktualny i nowe kierunki hodowli owsa w Polsce. *Żywność Supl.* 1(18): 186 — 192.
- Nita Z. 2003. Współczesne osiągnięcia i perspektywy hodowli owsa w Polsce. *Biul. IHAR* 229: 13 — 20.
- Peltonen-Sainio P. 1994. Yield component differences between naked and conventional oat. *Agron. J.* 86: 510 — 513.
- Peltonen-Sainio P. 1997. Groat yield and plant stand structure of naked and hulled oat under different nitrogen fertilizer and seeding rates. *Agron. J.* 89: 140 — 147.
- Peltonen-Sainio P., Rajala A. 2001. Chloromequat chloride and ethephon affect growth and yield formation of conventional, naked and dwarf oat. *Agric. Food Sci. Finl.* 10: 165 — 174.

- Peltonen-Sainio P., Rajala A., Simmons S., Caspers R., Stuthman D. 2003. Plant growth regulator and day length effects on pre-anthesis main shoot and tiller growth in conventional and dwarf oat. *Crop Sci.* 43: 227 — 233.
- Piech M., Nita Z., Maciorowski R. 2001. Reakcja owsa nieoplewionego i oplewionego na nawożenie azotem. *Biul. IHAR* 217: 111 — 119.
- Rajala A., Peltonen-Sainio P. 2001. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. *Agron. J.* 93: 936 — 943.
- Shearman V. J., Sylvester-Bradley R., Scott R. K., Foulkes M. J. 2005. Physiological processes associated with wheat yield progress in the UK. *Crop Sci.* 45: 175 — 185.
- Slafer G. A. 2003. Genetic basis of yield as viewed from a crop physiologist's perspective. *Ann. App. Biol.* 142: 117 — 128.
- Valentine J. 1995. Naked oats. In: *The oat crop*. Ed. Welch R. W. Chapman & Hall, London: 504 — 532.
- Valentine J., Hale O. D. 1990. Investigation into reduced germination of seed of naked oats. *Plant Varieties and Seeds* 3: 21 — 30.
- Zych J. 2001. Owies. Lista opisowa odmian. COBORU, Słupia Wielka.

ROBERT MACIOROWSKI¹**KRYSTYNA WERWIŃSKA**²**ZYGMUNT NITA**²**SŁAWOMIR STANKOWSKI**¹¹ Zakład Doświadczalnictwa, Katedra Uprawy Roli, Roślin i Doświadczalnictwa, Akademia Rolnicza w Szczecinie² Hodowla Roślin „Strzelce” Sp. z o.o.

Reakcja owsa nagoziarnistego i oplewionego na działanie regulatorów wzrostu w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem

The reaction of naked and hulled oat on growth regulators treatment at different nitrogen regimes

Doświadczenia poletkowe przeprowadzono w latach 2002–2004 z następującymi czynnikami: regulatory wzrostu (Cycocel 750 SL — chlorek chloromekwatu, Moddus 250 EC — trineksapak etylu i kontrola); nawożenie azotowe (60, 90(60+30), 120(60+30+30) kg N/ha); odmiany owsa (Akt (forma nagoziarnista) i Sławko (forma oplewiona)). Przy braku wylegania, retradanty Moddus i Cycocel w niewielkim stopniu wpływały na plonowanie odmiany nagoziarnistej Akt i oplewionej Sławko. Efekt działania retardantów był uzależniony od przebiegu pogody w okresie wegetacji, głównie warunków wilgotnościowych gleby. Owies reagował zwykłą plonu ziarna na zwiększone nawożenie z 60 do 120 kg N/ha, jedynie w latach o wysokiej ilości opadów. Niski potencjał plonowania odmian nagoziarnistych w stosunku do oplewionych jest nadal głównym czynnikiem, który ogranicza ich szersze wprowadzenie do produkcji. Głównymi komponentami plonu odpowiedzialnymi za obniżony potencjał plonowania form nagoziarnistych owsa jest słaba polowa zdolność wschodów oraz niewystarczające wypełnienie ziarna.

Słowa kluczowe: komponenty plonu, nawożenie azotem, owies nagi, plon ziarna, regulatory wzrostu

Field plot experiments were conducted in the years 2002–2004 with the following factors: growth regulators (Cycocel 750 SL — chloromequat chloride, Moddus 250 EC — trinexapac-ethyl and control); nitrogen doses (60, 90 (60+30), 120 (60+30+30) kg N/ha), oat varieties (Akt (naked) and Sławko (hulled)). In the absence of lodging, growth regulators Moddus and Cycocel inconsiderably affected grain yield, depending on weather conditions during vegetation, mainly soil water capacity. The increased nitrogen treatment, from 60 to 120 kg N/ha, caused higher grain yield only in the high rainfall years. The low yielding capacity of naked oat is the main factor restricting the increase of its cultivation area. Lowered grain germination and filling of naked oat are responsible for lower yielding ability in comparison with the conventional oat.

Key words: grain yield, growth regulators, naked oat, nitrogen fertilization, yield components

WSTĘP

W Polsce nie zaleca się stosowania regulatorów wzrostu w owsie ze względu na fakt wystarczającej wytrzymałości mechanicznej słomy oraz mało intensywną jego uprawę. Jednak na dobrych glebach, w płodozmianach z dominacją zbóż, gdzie jest on coraz częściej brany pod uwagę jako fitosanitarny przerywacz, zdarzają się przypadki wylegania roślin. Od chwili zarejestrowania, w połowie lat 90., odmiany owsa nagoziarnistego są jednymi z najczęściej uprawianych odmian owsa (Cyfert, 2005).

Piśmiennictwo krajowe odnośnie potrzeb nawozowych form nagoziarnistych owsa jest stosunkowo obszerne (Kozłowska-Ptaszyńska i Pawłowska, 1997; Budzyński, 1999; Budzyński i in., 1999; Leszczyńska, 1999; Pawłowska i in., 1999; Piech i in., 2001; Sułek, 2003; Walens, 2003; Wróbel i in., 2003; Pisulewska i in., 2004). W większości przypadków stwierdzono, że maksymalne dawki nawożenia azotem nie powinny przekraczać 80 kg/ha, jakkolwiek przy sprzyjających warunkach wilgotnościowych gleb odmiany nagoziarniste są w stanie wykorzystać dawki azotu do wysokości 100 kg/ha. Ponadto większość autorów zalicza odmiany nagoziarniste do form wykorzystujących zwiększone dawki azotu, stosując jako kryterium potrzeby biologiczne oraz większą odporność na wyleganie. W Anglii, gdzie odmiany nieoplewione owsa uprawia się od 1984 roku, przy czym przeważają odmiany ozime (70%), dawki azotu określa się biorąc pod uwagę odporność na wyleganie odmian bez względu na to, czy jest to forma oplewiona czy nieoplewiona (Anonim, 1999). Badania fińskie (Peltonen-Sainio, 1997) wskazują, że reakcja odmian nagich i oplewionych owsa na nawożenie azotem jest podobna a zwiększenie dawki z 80 do 120 kg N/ha nie powoduje istotnych zmian plonu ziarna owsa.

Brak jest danych w warunkach Polski odnośnie stosowania regulatorów wzrostu w owsie. W Niemczech zaleca się stosowanie retardantów tylko przy intensywnej uprawie, natomiast w Anglii, głównie ze względu na wysokie opady, regulatory wzrostu są używane. Działanie regulatorów wzrostu na formowanie w polu ziarna nie wynika tylko z faktu eliminacji wylegania, ale poprzez zmiany w pokroju rośliny, większego rozwoju systemu korzeniowego i zmianach struktury kłosa może wpływać na plon ziarna. W Finlandii ze względu na stosowane w uprawie wysokie ilości wysiewu (500–600 ziaren/m²) oraz wydłużony dzień w początkowym okresie wzrostu owsa hamowane jest formowanie pędów produktywnych. W celu przełamania tych niekorzystnych oddziaływań oraz zwiększenia wzrostu systemu korzeniowego fińskie firmy agrochemiczne zalecają stosowanie regulatorów w uprawach owsa (Rajala i Peltonen-Sainio, 2001). Jednym z czynników ograniczających wysokie plonowanie odmian nieoplewionych jest niekorzystny typ struktury wiechy o małej liczbie kłosek i dużej liczbie ziaren z kłosa, co powoduje, że roślina wytwarza dużo ziaren o małej masie (Nita, 1999). Poprawę tych cech można osiągnąć zwiększając udział asymilatów w części generatywnej rośliny, czyli próbując zwiększyć indeks plonowania drogą stosowania regulatorów wzrostu. Innym potencjalnym celem stosowania regulatorów wzrostu może być ich wpływ na przełamywanie jednopędowego typu wzrostu na rzecz roślin bardziej rozkrzewionych (Peltonen-Sainio i in., 2003; Rajala, 2004). W przypadku odmian nagoziarnistych ma to duże znaczenie ze względu na gorsze wschody tych odmian w warunkach polowych

i w związku z tym mniejszą obsadę roślin niż u tradycyjnych form owsa (Valentine i Hale, 1990; Peltonen-Sainio, 1994; Piech i in., 2001). Dla odmiany, dane literaturowe w odniesieniu do owsa wskazują, że w sytuacji braku wylegania, zastosowanie regulatorów wzrostu może prowadzić do znaczącej redukcji plonu ziarna (Leitch i Hayes, 1990; Rajala i Peltonen-Sainio, 2002). Jest to prawdopodobnie wynikiem nieodpowiedniego czasu aplikacji oraz swoistej wrażliwości odmianowej.

Celem pracy było porównanie reakcji form oplewionych i nieoplewionych owsa na działanie regulatorów wzrostu w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotowego.

MATERIAŁY I METODY

Doświadczenia poletkowe przeprowadzono w latach 2002–2004 w RSD Lipnik k. Stargardu Szczecińskiego z następującymi czynnikami:

- regulatory wzrostu (Cycocel 750 SL — chlorek chloromekwatu, Moddus 250 EC — trineksapak etylu i kontrola);
- nawożenie azotowe (60, 90(60+30), 120(60+30+30) kg N/ha);
- odmiany owsa [Akt (forma nagoziarnista) i Sławko (forma oplewiona)].

Doświadczenia przeprowadzono w układzie split-split-plot w czterech powtórzeniach. Wielkość poletka do zbioru wynosiła 13,7 m². Retardanty zastosowano wykonując oprysk w ilości 1,2 l/ha Cycocel oraz 0,4 l/ha Moddus, w fazie 30–32 według Zadoksa, stosując 300 dm³/ha cieczy roboczej. Nawożenie azotowe stosowano w formie saletry amonowej na odpowiednich kombinacjach w 3 fazach: bezpośrednio po siewie, 31–32 DC oraz 45 DC. Siew przeprowadzono bezresztowym siewnikiem poletkowym.

Badania przeprowadzono na glebie brunatnej wylugowanej. Poziom ornopróchniczny tych gleb wykazywał skład granulometryczny piasku gliniastego lekkiego. Gleby te zalicza się do kompleksu żytniego dobrego, klasy bonitacyjnej IV b. Pod względem rolniczym reprezentują one gleby lekkie. Zasobność gleby (mg/100 g) w składniki pokarmowe była w Lipkach następująca: P — 6,0–16,0; K — 7,7–10,8; Mg — 1,9–2,8; pH — 5,1–5,7. Przedplony w kolejnych latach przedstawiały się następująco: pszenica jara i 2 kolejnych latach pszenica ozima. Nawożenie fosforowe i potasowe zastosowano przedsięwzięcie w formie superfosfatu pojedynczego i soli potasowej 60% w ilości odpowiednio: P₂O₅ — 60–80 kg/ha i K₂O — 38–110 kg/ha. Dodatkowo w doświadczeniach stosowano nawożenie dolistne preparatami: Ekolist Z/J i Insol Mn oraz zabiegi pielęgnacyjne następującymi preparatami: Chwastox Trio 540 SL, Bancol 50 WP, Pirimor 500 WG, Alfazot 050 EC i Alert 375 SC.

Badano: plon ziarna i komponenty plonu, wysokość roślin, wyleganie, zawartość łuski, frakcje ziarna, ilość ziaren oplewionych oraz ciężar hektolitra. Zawartość chlorofilu w liściach mierzono analizatorem SPAD 502 firmy Minolta na 10 liściach flagowych na poletku, wykonując 5 pomiarów na każdym liście i następnie je uśredniając. Analizę statystyczną wykonano przy pomocy analizy wariancji z poszczególnych lat oraz w formie syntezy wieloletniej. Porównania wielokrotne średnich wykonano procedurą Tukeya.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Przebieg pogody w poszczególnych latach badań był bardzo zróżnicowany, co w istotny sposób rzutowało na uzyskiwany plon ziarna (tab. 1) i pozostałe oceniane w doświadczeniach cechy. W 2003 roku długotrwały brak opadów spowodował ograniczenie wzrostu owsa w okresie wiosennym, co odbiło się na rozwoju wiechy a szczególnie na liczbie zawiązywanych ziaren. Najbardziej korzystny rok dla rozwoju owsa był 2004 rok, charakteryzujący się przeciętną, nieodbiegającą od wielolecia, ilością opadów w okresie wzrostu wegetacyjnego roślin. W badanych latach nie notowano wylegania roślin.

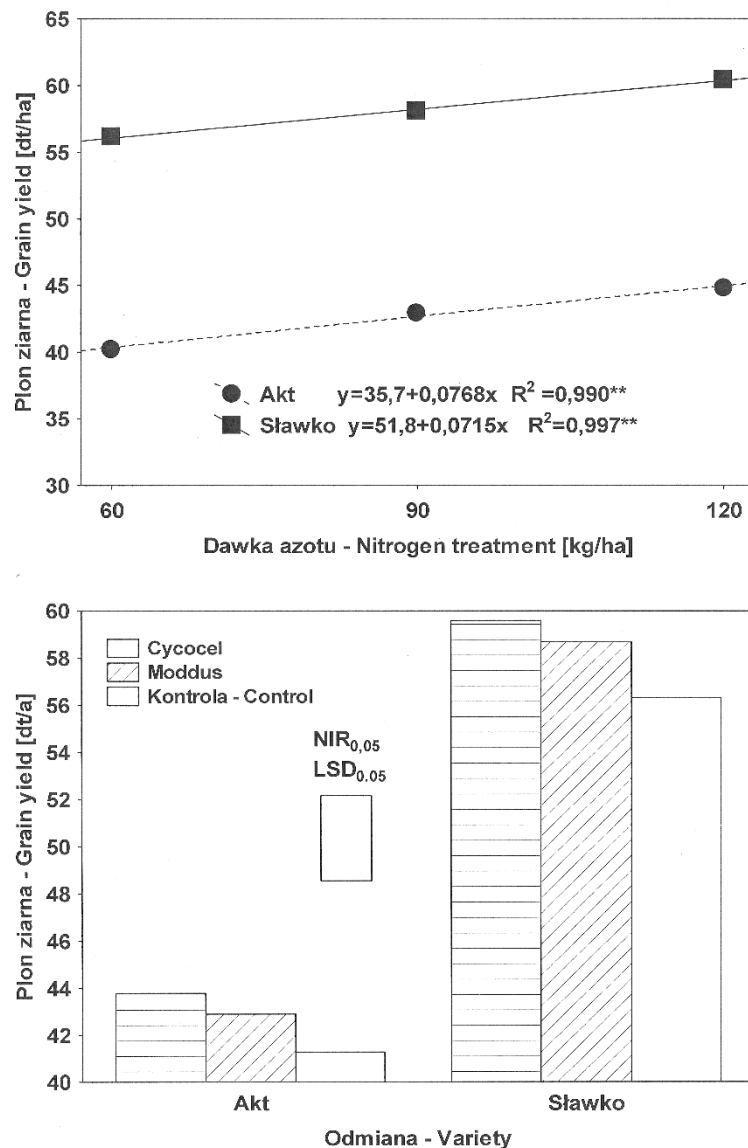
Zwiększenie nawożenia azotowego z 60 do 120 kg N/ha w istotny sposób różnicowało plon ziarna owsa, jakkolwiek reakcja była niejednakowa w poszczególnych latach badań (tab. 1, 2). W roku suchym (2003) nie notowano istotnego przyrostu plonu w miarę zwiększenia nawożenia azotowego, natomiast w roku 2004 notowano praktycznie prostoliniowy przyrost plonu ziarna w miarę zwiększania nawożenia azotowego, a różnica w plonie między skrajnymi dawkami wynosiła około 10 dt/ha.

Tabela 1

**Średnie kwadraty efektów L (lata), R (retardanty), N (dawki nawożenia azotowego), O (odmiany)
w analizie wariancji badanych cech**
**The mean squares of the effects of L (years), R (growth regulators), N (nitrogen doses), O (varieties)
in analysis of variance of the investigated traits**

Rodzaj zmienności Source of variation	Lss Df	Cecha — Trait ¹								
		plon ziarna grain yield (dt/ha)	LW/m ²	DW (cm)	LK/W	LZ/W	MTZ (g)	MZ/W (g)	HI (%)	WR (cm)
L	2	13365,3**	173344**	242,02**	139,7**	2634,1**	907,9**	5,056**	4281,7**	20637**
R	2	157,9	11532	2,14	1,7	33,3	4,4	0,021	54,4*	510**
L × R	4	54,1	4901	0,71	3,6	30,1	8,5	0,036	7,7	271**
E ₁	18	112,2	8627	1,86	6,5	20,8	4,6	0,018	11,2	36
N	2	356,7**	9723*	3,79*	18,3*	132,2**	12,1**	0,251**	29,5**	81**
L × N	4	159,1**	814	0,52	2,0	20,3	24,3**	0,048**	24,5**	32
R × N	4	14,5	2162	3,71*	4,7	11,2	1,3	0,004	21,8*	39*
L × R × N	8	15,1	2119	0,50	1,4	12,7	1,8	0,008	8,0	12
E ₂	54	11,3	2640	0,96	4,0	8,3	1,8	0,009	6,3	13
O	1	13067,7**	280738**	2,86	61,5**	3627,2**	12378,6**	1,034**	1733,3**	993**
L × O	2	201,6**	93604**	0,17	6,4**	1733,4**	302,2**	0,505**	141,9**	150**
R × O	2	3,5	1015	0,29	3,2*	3,2	1,4	0,001	8,3	17
N × O	2	2,8	6168	5,70*	7,8**	23,7	5,0	0,012	0,3	10
L × R × O	4	11,9	4377	0,99	2,2	4,9	2,7	0,009	21,0	28*
L × N × O	4	4,3	4560	1,92	19,7**	36,9*	4,3	0,023	12,7	29*
R × N × O	4	1,3	1126	0,38	3,3*	5,9	0,6	0,004	3,2	18
L × R × N × O	8	1,2	732	0,78	2,3	2,8	1,1	0,002	13,6	4
E ₃	81	3,6	3089	1,19	3,8	11,1	2,1	0,009	9,9	8
CV ₁ (%)		21,0	16,5	10,0	17,8	16,5	8,1	14,7	10,6	7,5
CV ₂ (%)		6,7	9,1	7,2	14,0	10,4	5,1	10,4	7,9	4,5
CV ₃ (%)		3,8	9,9	8,0	13,6	12,0	5,5	10,4	9,9	3,5

¹ LW/m² — obsada wiechy, number of panicles per m²; DW — długość wiechy, length of panicle; LK/W — liczba kłosek z wiechy, number of spikelets per panicle; LZ/W — liczba ziaren z wiechy, number of grains per panicle; MTZ — masa 1000 ziaren, weight of 1000 grains; MZ/W — masa ziarna z wiechy, grain yield per panicle; HI — indeks plonowania, harvest index; WR — wysokość roślin, plant height, CV — współczynnik zmienności, coefficient of variation



Rys. 1. Plon ziarna badanych odmian owsa w zależności od zastosowanego nawożenia azotowego i regulatora wzrostu (średnie z lat 2002–2004)
Fig. 1. The grain yield of the oat varieties depending on the nitrogen and growth regulator treatments (means from 2002–2004)

Przeciętnie zastosowanie wyższych dawek azotu powodowało stopniowy przyrost plonu o około 2 dt/ha, co przy średnim plonie owsa około 50 dt/ha nie miało uzasadnienia

ekonomicznego. Należy podkreślić, że reakcja obu badanych odmian owsa, czyli formy nagoziarnistej i oplewionej była podobna (rys. 1).

Tabela 2

Plon ziarna odmian owsa w zależności od nawożenia azotowego i działania regulatora wzrostu w poszczególnych latach badań
The grain yield of the oat varieties at three nitrogen doses and the growth regulator treatments in the years of trials

Lata Years	Retardant — Growth regulator				N (kg/ha)				Odmiana — Variety			$\bar{x}$
	Cycocel	Moddus	kontrola control	NIR _{0,05} LSD _{0,05}	60	90	120	NIR _{0,05} LSD _{0,05}	Akt	Sławko	NIR _{0,05} LSD _{0,05}	
2002	41,4	41,8	39,6	ns	39,6	40,6	42,6	1,56	34,9	47,1	0,89	41,0
2003	47,2	42,9	42,7	2,85	44,2	44,1	44,5	ns	34,8	53,7	1,01	44,2
2004	66,5	67,6	64,0	3,44	60,6	66,8	70,7	2,35	58,3	73,8	1,24	66,1
$\bar{x}$	51,7	50,8	48,8	ns	48,2	50,5	52,6	3,30	42,6	58,2	0,76	50,4

Biorąc pod uwagę średnie wyniki z 3 lat badań, działanie testowanych regulatorów wzrostu nie miało istotnego wpływu na plon ziarna ze względu na brak wylegania roślin. Należy jednak podkreślić pozytywną tendencję wzrostu plonowania, którą notowano we wszystkich latach badań i u obu form owsa (rys. 1). Retardant Cycocel miał bardziej pozytywny wpływ na plon ziarna, niż Moddus. Odmiana oplewiona Sławko plonowała istotnie wyżej od odmiany nagoziarnistej w poszczególnych latach badań, odpowiednio o 35, 54 i 26%. Przewaga plonowania odmiany oplewionej utrzymywała się nawet po przeliczeniu na plon ziarna bez łuski, której średnia zawartość wynosiła około 22,2%. Na podkreślenie zasługuje fakt, że im bardziej były niekorzystne warunki wzrostu tym różnica w plonie na korzyść odmiany oplewionej była większa.

Pozytywny wpływ nawożenia na plon ziarna z jednostki powierzchni był spowodowany zwiększeniem plonu ziarna z rośliny, poprzez wzrost liczby ziaren z wiechy i masy 1000 ziaren (tab. 3). Tak duże różnice w plonie ziarna pomiędzy obiema formami owsa wynikały oczywiście z barku łuski, ale także ze słabszych wschodów odmiany nagoziarnistej w związku z tym obsada wiech tej formy była o około 12% niższa. Drugim kluczowym komponentem plonu, który ograniczał plonowanie było słabiej wypełnione ziarno. Jest to typowy mankament odmian nagoziarnistych wynikający z budowy kłosek, które mają więcej kwiatków i z tego powodu wypełnienie ziarna jest słabsze u tych form. Jak należało oczekiwać nawożenie azotowe miało niewielki wpływ na indeks plonowania, gdyż ta cecha jest pod silną kontrolą genotypu.

Jedynie po zastosowaniu Cycocelu obserwowano przyhamowanie wzrostu elongacyjnego owsa (tab. 3). Plonotwórcze działanie regulatorów wzrostu było wynikiem ich wpływu na obsadę roślin, w przypadku retardantu Cycocel oraz wpływu na liczbę ziaren w wieszce i w związku z tym na uzyskiwany plon ziarna z wiechy. Stosowane regulatory wzrostu zwiększały także udział ziarna w masie całkowitej roślin, czyli indeks plonowania. Oprysk roślin owsa regulatorem Moddus powodował zwiększenie zawartości chlorofilu w liściu flagowym, jednak efekt ten był silniejszy u odmiany oplewionej Sławko (rys. 2). Nawożenie azotowe oraz retardanty wzrostu miały niewielki wpływ na badane cechy jakościowe ziarna. Odmiana nagoziarnista charakteryzowała się większą ilością pośladu

w masie ziarna oraz gorszym jego wyrównaniem. Istnieje uzasadnione przypuszczenie, że zastosowanie egzogennych substancji wywołujących zmiany w metabolizmie hormonów roślinnych, a takimi są regulatory wzrostu, może wpływać na ekspresję genów odpowiedzialnych za intensywność oplewienia form nagoziarnistych. Barr i wsp. (1996) podają, że główny gen odpowiedzialny za brak oplewienia form nagoziarnistych jest regulowany przez auksyny. Zastosowanie, w warunkach Płd. Australii herbicydów pochodnych auksyn (2,4-D) powodowało około 10% zwiększenie liczby ziaren oplewionych. W niniejszych badaniach nie zanotowano zmian w ilości ziaren oplewionych.

Tabela 3

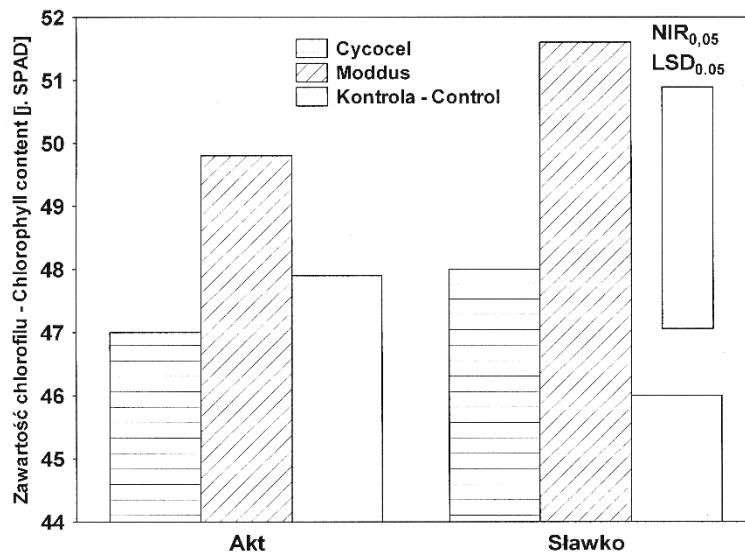
Komponenty plonu i wybrane cechy jakościowe ziarna odmian owsa w zależności od nawożenia azotowego i działania regulatora wzrostu (średnie z lat 2002–2004)
The yield components and the quality traits of the oat varieties depending on the nitrogen and growth regulators treatments (means from 2002–2004)

Czynnik Treatment	Cecha — Trait ¹												
	LW/m ²	DW (cm)	LK/W	LZ/W	MTZ (g)	MZ/W (g)	HI (%)	WR (cm)	CH (kg)	P (%)	W (%)	ZŁ (%)	OP (%)
Cycocel	577	13,6	14,1	27,8	33,6	0,910	31,9	77	54,0	1,35	59,3	22,4	10,8
Moddus	557	13,9	14,4	28,3	33,6	0,927	32,3	81	54,3	1,57	57,6	22,4	9,9
Kontrola Control	553	13,8	14,4	27,0	34,0	0,892	30,7	82	54,5	1,37	59,5	21,9	10,0
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1,43	2,6	0,1	0,13	1,1	ns	ns
60	575	13,6	14,0	26,2	33,2	0,846	31,3	79	54,5	1,34	59,0	22,6	10,7
90	557	13,7	14,1	28,0	34,0	0,921	32,4	81	53,7	1,49	58,7	22,1	9,8
120	554	14,0	14,9	28,9	33,9	0,962	31,2	81	54,5	1,47	58,7	22,0	10,1
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	20,8	0,40	0,81	1,16	0,54	0,038	1,01	1,4	0,1	0,13	ns	ns	ns
Akt	526	13,6	14,8	31,8	26,1	0,840	28,8	78	59,8	2,39	27,2	—	10,2
Sławko	598	13,9	13,8	23,6	41,3	0,979	34,5	82	48,7	0,47	90,5	22,2	—
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	15,0	ns	0,52	0,90	0,39	0,026	0,8	0,8	0,2	0,11	0,9	—	—
$\bar{x}$	562	13,7	14,3	27,7	26,5	0,910	31,7	80	54,3	1,43	58,8	—	—

1 CH — ciężar hektolitra, test weight; P — zawartość pośladu, grain waste content; W — wyrównanie ziarna; grain uniformity; ZŁ — zawartość łuski, hull content; OP — ilość ziaren oplewionych, number of hulled grains; pozostałe oznaczenia jak w tabeli 1, other explanations — see Table 1

Zastosowane w doświadczeniu regulatory wzrostu, należące do grupy inhibitorów biosyntezy gibereliny, w warunkach braku wylegania wpływały podobnie na plon ziarna owsa w zróżnicowanych warunkach nawożenia azotowego. Wyniki niniejszych badań nie odbiegają od danych uzyskanych w warunkach fińskich przez Peltonen-Sainio i Rajala (2001). Stwierdzili oni, że przy braku wylegania, CCC zastosowany w fazie 2 kolanka nieznacznie zwiększał plon ziarna. Było to spowodowane zwiększeniem obsady wiech oraz większym transportem asymilatów do ziarna. We wcześniejszych badaniach Peltonen i Peltonen-Sainio (1997) stwierdzili ponadto, że aplikacja CCC powoduje dłuższe utrzymanie aktywnej powierzchni asymilacyjnej. Należy jednak podkreślić, że w warunkach polowych otrzymywano także odmienne wyniki w odniesieniu do roślin owsa, a brak wpływu regulatorów wzrostu na strukturę łanu autorzy tłumaczyli

niedoborem opadów w okresie krzewienia (Peltonen-Sainio i in., 1997). Wyniki prezentowane w niniejszej pracy wskazują, że gdy okres, nawet długotrwałej suszy przypadał po okresie krzewienia (2003 rok) owies reagował pozytywnie na CCC, natomiast, gdy niedobory opadów występowały we wcześniejszych fazach rozwojowych oraz w okresie krzewienia (2002 rok) nie stwierdzono wpływu regulatora wzrostu.



Rys. 2. Zawartość chlorofilu w liściach odmian owsa w zależności od zastosowanego regulatora wzrostu (średnie z lat 2002–2004)

Fig. 2. The chlorophyll content in leaves of the oat varieties depending on the growth regulator treatments (means from 2002–2004)

Pozytywna reakcja roślin owsa na CCC w warunkach przedłużającej się suszy może wynikać z większego rozwoju systemu korzeniowego, o czym donoszono we wcześniejszych badaniach (Yang i Naylor, 1988; Steen i Wünsche, 1990). Nie potwierdzają tego szczegółowe badania laboratoryjne i polowe przeprowadzone przez Rajala i Peltonen-Sainio (2001). Stwierdzili oni, że zarówno CCC i trineksapak etylu, zastosowane we wczesnych okresach rozwoju roślin owsa, nie powodowały znaczących zmian we wzroście korzeni oraz pędów. Jedynie zastosowanie CCC w okresie liścia flagowego powodowało zwiększenie wzrostu korzeni oraz zwiększało stosunek masy korzeni do masy pędów. Rajala i wsp. (2002) nie stwierdzili wpływu omawianych substancji na syntezę etylenu w korzeniach i pędach owsa, co wskazuje na słabe zmiany elongacyjne tych organów.

W niniejszych badaniach kompensacyjna reakcja dwóch komponentów plonu: obsady wiech i liczby ziaren w wieszce decydowała o tendencji do zwiększenia plonu ziarna owsa w wyniku zastosowania regulatorów wzrostu. Podobne rezultaty osiągnięto we wcześniejszych badaniach z owsem z zastosowaniem CCC (Gendy i Höfner, 1989; Peltonen i Peltonen-Sainio, 1997). Jako interpretację uzyskanych danych autorzy wskazują na

możliwą rozszerzoną inicjację kłosków i kwiatków w wiesze. W niniejszych badaniach liczba kłosków nie zmieniała się (tab. 3), co wskazuje, że pozytywna reakcja na CCC wynikała z większej liczby wytworzonych ziarniaków w kłosku. Zarejestrowano także tendencję do utrzymania wyższej zawartości chlorofilu w liściach w okresie dojrzewania owsa po zastosowaniu regulatora wzrostu Moddus, szczególnie u odmiany oplewionej Sławko, co może wskazywać na lepsze wykorzystanie azotu. Pomimo stwierdzonego pozytywnego wpływu regulatorów wzrostu na plon ziarna należy jednak podkreślić niewielką rolę regulatorów w formowaniu łanu roślin owsa, gdyż maksymalny przyrost plonu tylko w jednym roku (2003) przekroczył 10%, natomiast w pozostałych latach wynosił około 5%. Regulatory wzrostu nie powodowały także odwrócenia niekorzystnej tendencji do formowania łanu z mniejszą liczbą wiech, wynikającej z gorszych wschodów odmiany nagoziarnistej owsa.

WNIOSKI

1. Przy braku wylegania, retradanty Moddus i Cycocel w niewielkim stopniu wpływały na plonowanie odmiany nagoziarnistej Akt i oplewionej Sławko. Efekt działania retardantów był uzależniony od przebiegu pogody w okresie wegetacji, głównie warunków wilgotnościowych gleby.
2. Owies reagował wyższą plonu na zwiększone nawożenie z 60 do 120 kg N/ha jedynie w latach o wysokiej ilości opadów.
3. Niski potencjał plonowania odmian nagoziarnistych w stosunku do oplewionych jest nadal głównym czynnikiem, który ogranicza ich szersze wprowadzenie do produkcji.
4. Głównymi komponentami plonu odpowiedzialnymi za obniżony potencjał plonowania form nagoziarnistych owsa jest słaba polowa zdolność wschodów oraz drobne, niewystarczająco wypełnione ziarno, formowane w małej liczbie wielokwiatkowych kłosków w wiesze, co rzutuje także na jego parametry jakościowe.

LITERATURA

- Anonim. 1999. Oats in new era. Semundo Ltd, Cambridge.
- Barr A. R., Pelham S. D., Zwer P. K. 1996. Hulless oat — building a commercial future. Proceedings of the V International Oat Conference & VII International Barley Genetics. University of Saskatchewan, Saskatoon, USA. Eds. Slinkard A., Scoles G., Rossnagel B., University Extension Press, University of Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan: 97 — 105.
- Budzyński W. 1999. Reakcja owsa na czynniki agrotechniczne przegląd wyników badań krajowych. Żywność Supl. 1 (18): 11 — 25.
- Budzyński W., Wróbel E., Dubis B. 1999. Reakcja owsa nagiego na czynniki agrotechniczne. Żywność Supl. 1 (18): 97 — 103.
- Cyfert R. 2005. Owies. Lista opisowa odmian. COBORU, Słupia Wielka.
- Gendy A., Höfner W. 1989. Stalk shortening of oat (*Avena sativa* L.) by combined application of CCC, DCiB and ethephon. *Vereinigung für Angewandte Botanik* 63: 103 — 110.
- Kozłowska-Ptaszyńska Z., Pawłowska J. 1997. Reakcja nowych odmian owsa na nawożenie azotem. *Pam. Puł.* 109: 7 — 18.
- Leitch M. H., Hayes J. D. 1990. Effects of single and repeated applications of chloromequat on early crop development, lodging resistance and yield of winter oats. *J. Agric. Sci. Camb.* 115: 11 — 14.

- Leszczyńska D. 2002. Uprawa owsa nieoplewionego — stan obecny i przyszłość. *Pam. Puł. Materiały Konf.* 130: 461 — 469.
- Nita Z. 1999. Stan aktualny i nowe kierunki hodowli owsa w Polsce. *Żywność Supl.* 1 (18): 186 — 192.
- Pawłowska J., Kozłowska-Ptaszyńska Z., Zych J. 1999. Charakterystyka i technologia uprawy odmian owsa. IUNG, IHAR, COBORU. Puławy, Radzików, Słupia Wielka.
- Peltonen J., Peltonen-Sainio P. 1997. Breaking unicum growth habit of spring cereals at high latitudes by crop management. II. Tillering, grain yield and yield components. *J. Agron. Crop Sci.* 178: 87 — 95.
- Peltonen-Sainio P. 1994. Yield component differences between naked and conventional oat. *Agron. J.* 86: 510 — 513.
- Peltonen-Sainio P. 1997. Growth yield and plant stand structure of naked and hulled oat under different nitrogen fertilizer and seeding rates. *Agron. J.* 89: 140 — 147.
- Peltonen-Sainio P., Forsman K., Poutala T. 1997. Crop management effects on pre- and post-anthesis changes in leaf area index and leaf area duration and their contribution to grain yield and yield components in spring cereals. *J. Agron. Crop Sci.* 179: 47 — 61.
- Peltonen-Sainio P., Rajala A. 2001. Chloromequat chloride and ethephon affect growth and yield formation of conventional, naked and dwarf oat. *Agric. Food Sci. Finl.* 10: 165 — 174.
- Peltonen-Sainio P., Rajala A., Simmons S., Caspers R., Stuthman D. 2003. Plant growth regulator and day length effects on pre-anthesis main shoot and tiller growth in conventional and dwarf oat. *Crop Sci.* 43: 227 — 233.
- Piech M., Nita Z., Maciorowski R. 2001. Reakcja owsa nieoplewionego i oplewionego na nawożenie azotem. *Biul. IHAR* 217: 111 — 119.
- Pisulewska E., Poradowski R., Witkiewicz R. 2004. Uprawa owsa oplewionego i nagoziarnistego w warunkach górskich. AR, Kraków (b.w.).
- Rajala A. 2004. Plant growth regulators to manipulate oat stands. *Agric. Food Sci.* 13: 186 — 197.
- Rajala A., Peltonen-Sainio P. 2001. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. *Agron. J.* 93: 936 — 943.
- Rajala A., Peltonen-Sainio P. 2002. Timing applications of growth regulators to alter spring cereal development at high latitudes. *Agric. Food Sci. Finl.* 11: 233 — 244.
- Steen E., Wünsche U. 1990. Root growth dynamics of barley and wheat in field trials after CCC application. *Swed. J. Agric. Res.* 20: 57 — 62.
- Sułek A. 2003. Wpływ dawek azotu na plon ziarna i jego komponenty u nowych odmian owsa. *Biul. IHAR* 229: 125 — 130.
- Valentine J., Hale O. D. 1990. Investigation into reduced germination of seed of naked oats. *Plant Varieties Seeds* 3: 21 — 30.
- Walens M. 2003. Wpływ nawożenia azotowego i gęstości siewu na wysokość i jakość plonu ziarna odmian owsa oplewionego i nagoziarnistego. *Biul. IHAR* 229: 115 — 124.
- Wróbel E., Krajewski T., Krajewski W. 2003. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i strukturę plonu owsa oplewionego i nagoziarnistego. *Biul. IHAR* 229: 95 — 102.
- Yang W., Naylor R. E. L. 1988. Effect of tetcyclacis and chloromequat applied to seed on seedling growth of triticale cv. Lasko. *Plant Growth Reg.* 7: 289 — 301.

WIESŁAW WOJCIECHOWSKIKatedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin
Akademia Rolnicza, Wrocław

Reakcja owsa siewnego na uprawę w płodozmianach uproszczonych

Oats response to growing in simplified crop rotations

W Akademii Rolniczej we Wrocławiu, w latach 2000–2002, przeprowadzono ściśle, jednoczynnikowe doświadczenie polowe założone metodą losowanych bloków, w czterech powtórzeniach. Doświadczenie zlokalizowano na madzie właściwej lekkiej zaliczanej do kompleksu żytniego słabego. Czynnikiem zmiennym było 5 płodozmianów z różnym udziałem owsa oraz obecność w nich międzyplonu ścierniskowego z przeznaczeniem na przyoranie: 1) ziemniak⁺⁺ — owies — groch pastewny — żyto, 2) ziemniak⁺ — owies — żyto, 3) ziemniak⁺ — owies — żyto + międzyplon ścierniskowy, 4) owies — żyto, 5) owies — żyto + międzyplon ścierniskowy. W międzyplonie ścierniskowym wysiewano gorczycę białą odmiany Salvo. Wykazano, że poziom plonowania owsa siewnego uprawianego w płodozmianach uproszczonych na glebie kompleksu żytniego słabego wyraźnie zależał od przebiegu pogody w okresie wegetacji. Najniżej plonował owies w 2000 roku, w którym ilość opadów w czerwcu była blisko 4-krotnie mniejsza od przeciętnych z wielolecia. Upraszczanie płodozmianów poprzez skracanie rotacji i zwiększanie w nich udziału owsa spowodowało pogorszenie plonowania tej rośliny. Plony owsa uprawianego w monokulturze zbożowej były o 25,5% niższe niż w płodozmianie czteropolowym. Przyorywanie międzyplonu ścierniskowego z gorczycy białej sprzyjało na ogół poprawie plonowania owsa, nie rekompensowało jednak całkowicie ujemnych skutków upraszczania płodozmianów.

Słowa kluczowe: międzyplon ścierniskowy, owies siewny, płodozmiany uproszczone

In 2000–2002, at Agricultural University at Wrocław a field experiment was conducted with the spit-block with four replications, on light alluvial soil of weak rye type. Five crop rotations with varying percentage of oats and option of stubble crop to be ploughed down were the factors of the experiment: 1) potato⁺⁺ — oats — field pea — winter rye, 2) potato⁺ — oats — winter rye, 3) potato⁺ — oats — winter rye + stubble crop, 4) oats — winter rye, 5) oats — winter rye + stubble crop. White mustard (cultivar Salvo) was sown as a stubble crop. It was found that level of oat yielding in simplified crop rotations on weak rye soil was significantly affected by weather conditions during growing season. The lowest yields were recorded in 2000, when rainfall sum in June was almost 4 times lower than average. Simplification in crop rotations by shortening of rotation cycle and increasing proportion of oat decreased yielding of the plant. Yield of oat grown in cereal monoculture was lower by 25.5% than in four-course rotation. In general ploughing down stubble crop (white mustard) was conducive to improve the oat yielding, but it did not totally compensate negative results of simplification in crop rotations.

Key words: stubble crop, oat, simplified crop rotations

WSTĘP

Udział zbóż w strukturze zasiewów w ostatnich latach systematycznie wzrasta. Problem ten nabiera szczególnego znaczenia na glebach kompleksów żytniego słabego i bardzo słabego, gdzie dobór roślin możliwych do uprawy jest ograniczony i zachodzi konieczność częstej uprawy zbóż po sobie. Skutkiem takich działań jest najczęściej spadek plonowania (Parylak i in., 2001). Z czynników ograniczających negatywne skutki zwiększonego udziału zbóż w strukturze zasiewów ważnym zarówno pod względem produkcyjnym, jak i ekologicznym jest stosowanie roślin tzw. „przerywających” ciąg zbożowy. Za takie rośliny uważane są często międzyplony ścierniskowe, a z roślin uprawianych w plonie głównym — owies siewny (Adamiakowie, 1999; Kuś i Jończyk, 2000). Owies jest jednak jednym z cenniejszych zbóż, a jego ziarno ma wyjątkową wartość fizjologiczno-żywnościową i dlatego powinien znajdować szersze zastosowanie nie tylko jako pasza dla zwierząt, ale także w żywieniu człowieka. Zawężanie roli owsa wyłącznie do czynnika regenerującego uproszczenia w uprawie roślin byłoby jednak wysoce niewłaściwe. Stąd ważnym jest poznanie dokładnej reakcji tej rośliny na uprawę w różnych płodozmianach uproszczonych, charakterystycznych dla obecnych gospodarstw, zwłaszcza z dużym udziałem gleb lekkich. Jest to o tyle istotne, gdyż dotychczasowe opracowania naukowe dotyczące tego problemu są dość znacznie rozbieżne i jednocześnie niezbyt aktualne.

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu uproszczeń w płodozmianie oraz czynnika regeneracyjnego w postaci przyorywanego międzyplonu ścierniskowego na wysokość plonu owsa siewnego uprawianego na glebie lekkiej.

METODY I MATERIAŁ

W Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Akademii Rolniczej we Wrocławiu, w latach 2000–2002, przeprowadzono ściśle, jednoczynnikowe doświadczenie polowe założone metodą losowanych bloków, w czterech powtórzeniach. Doświadczenie zlokalizowano na madzie właściwej lekkiej zaliczanej do kompleksu żytniego słabego, klasy bonitacyjnej VI. Powierzchnia poletek wynosiła 65 m².

Czynnikiem zmiennym było 5 płodozmianów z różnym udziałem owsa oraz obecność w nich międzyplonu ścierniskowego z przeznaczeniem na przyoranie: 1) ziemniak⁺⁺ — owies — groch pastewny — żyto, 2) ziemniak⁺ — owies — żyto, 3) ziemniak⁺ — owies — żyto + międzyplon ścierniskowy, 4) owies — żyto, 5) owies — żyto + międzyplon ścierniskowy. W międzyplonie ścierniskowym wysiewano gorczycę białą (odmiana Salvo) w ilości 20 kg·ha⁻¹, którą przyorywano jesienią orką średnią. Owies siewny odmiany Sławko wysiewano w ilości zapewniającej obsadę 450 sztuk roślin na 1 m². Nawożenie fosforem (30 kg·ha⁻¹) i potasem (50 kg·ha⁻¹) zastosowano przedsięwzięcie, a nawożenie azotem pogłównie w dwóch dawkach po 50 kg·ha⁻¹, przed siewem i w fazie wyrzucania wiech. Azot dostarczono w formie saletry amonowej 34% N, fosfor w postaci superfosfatu potrójnego 46%, a potas w formie soli potasowej 58%.

Przed zbiorem owsa określono ważniejsze cechy plonotwórcze: liczbę roślin i wiech z 1 m², rozkrzewienie produktywne oraz liczbę i masę ziarna z jednej rośliny. Plony ziarna owsa siewnego określono z powierzchni całego poletka.

WYNIKI I DYSKUSJA

Uprawa owsa siewnego w warunkach gleby lekkiej wykazała wyraźną zależność plonowania od warunków pogodowych panujących w czasie wegetacji tej rośliny, a szczególnie w okresie początkowego rozwoju generatywnego (tab. 1).

Tabela 1

Średnie miesięczne temperatury powietrza i sumy opadów Mean monthly air temperature and rainfall sums

Rok Year	Miesiąc Month					
	III	IV	V	VI	VII	VIII
Temperatura — Temperature (°C)						
2000	5,0	12,2	15,6	18,3	16,8	18,8
2001	3,4	8,1	15,1	15,3	19,5	19,4
2002	5,5	9,0	17,4	18,5	20,5	20,9
Średnio Mean 2000–2002	4,6	9,8	16,0	17,4	18,9	19,7
Średnio Mean 1968–2002	3,3	8,2	13,8	16,6	18,4	17,9
Opady — Rainfall (mm)						
2000	86,0	29,5	86,6	17,6	117,0	34,0
2001	62,7	38,2	43,9	91,5	180,0	40,3
2002	15,7	32,9	39,5	82,4	26,8	103,1
Średnio Mean 2000–2002	54,8	33,5	56,7	63,8	107,9	59,1
Średnio Mean 1968–2002	31,3	38,2	52,4	73,4	86,0	71,0

Najniżej plonował owies w 2000 roku, w którym ilość opadów w czerwcu była ponad 4-krotnie mniejsza od danych z wielolecia, a skutki niedoboru wody w siedlisku były dodatkowo potęgowane przez wyższą temperaturę powietrza (tab. 2). Plony rośliny testowej były wtedy istotnie mniejsze, o 57,6% od plonów określonych w roku 2002 oraz ponad 4,5-krotnie niż w roku 2001. Podobnego zdania o dużej zależności plonowania owsa od ilości opadów w czerwcu, czyli okresie intensywnego wzrostu wiechy i dużych potrzeb rozwijającego się ziarna są Michalski i wsp. (1999). Pogorszenie plonowania, choć w mniejszej skali, w porównaniu z najkorzystniejszym 2001 rokiem, obserwowano także w roku 2002 i było ono wynikiem niedoboru opadów w okresie wypełniania i dojrzewania ziarniaków (lipiec). Również Rudnicki (1995) uważa, że owies wykazuje znacznie, niż inne zboża jare większe potrzeby wodne w lipcu, a jego reakcja na ilość opadów w tym miesiącu jest tym silniejsza, im bardziej posuszny jest czerwiec. O dużej zależności plonowania zbóż uprawianych na glebie lekkiej od warunków pogodowych donoszą również Deryło i Szymankiewicz (1999), Michalski i wsp. (1999) czy Gandecki i wsp. (1997).

Tabela 2

Plony ziarna owsa (t·ha ⁻¹) Grain yields of oats (t·ha ⁻¹)				
Płodozmian Crop Rotation	Lata — Year			Średnio — Mean 2000–2002
	2000	2001	2002	
Ziemniak ⁺⁺ — owies — groch — żyto Potato ⁺⁺ — oats — field pea — winter rye	1,02	3,76	2,24	2,34
Ziemniak ⁺ — owies — żyto Potato ⁺ — oats — winter rye	0,65	3,55	1,69	1,96
Ziemniak ⁺ — owies — żyto+międzyplon ś. Potato ⁺ — oats — winter rye+stubble crop	0,77	3,60	1,88	2,07
Owies — żyto Oats — winter rye	0,66	3,22	1,48	1,79
Owies — żyto+międzyplon ś. Oats — winter rye+stubble crop	0,71	3,29	1,54	1,84
NIR _(a = 0,05) LSD _(a = 0,05)	0,18	0,32	0,16	0,13
Średnio w latach Mean in years	0,75	3,48	1,77	—
NIR _(a = 0,05) LSD _(a = 0,05)	0,10			—

Negatywny wpływ na poziom plonowania owsa wywarło także stopniowe zwiększanie udziału roślin zbożowych w płodozmianach. Najslabiej, istotnie mniej niż w pozostałych płodozmianach, plonował owies w płodozmianie dwupolowym z żytem. Plony rośliny testowej w tych warunkach uprawy były o 8,7% mniejsze niż w płodozmianie trójpolewym i o 25,5% od plonów uzyskanych w 4-polewym płodozmianie klasycznym. Podobnie zaskakująco wysokie zmniejszenie wydajności uprawy owsa w płodozmianach uproszczonych stwierdzili Krężel i wsp. (1988, 1994). Określili oni, że plony owsa uzyskane w płodozmianie klasycznym były średnio o 32% wyższe niż w pozostałych płodozmianach uproszczonych. Krześlak (2000) wykazał natomiast, że owies uprawiany w płodozmianie z 75% udziałem zbóż zredukował plon o 12,3%, a dopiero jego uprawa w monokulturze spowodowała 24,2% spadek plonu. Budzyński (1999) twierdzi, że uprawa owsa w płodozmianach uproszczonych, w tym w ciągłej uprawie tego gatunku jest mniejsza niż innych zbóż. Pawłowski i Deryło (1988) udowodnili natomiast, że na kompleksie glebowym pszennym dobrym plony ziarna owsa w zmianowaniach o dużej koncentracji zbóż (75 i 100%), w stanowisku po zbożach, przewyższały wydajność pszenicy ozimej. Podobnego zdania są również Adamiakowie (1999), a z kolei Jabłoński (1979) nie zaobserwował wyraźnej zależności plonowania owsa od typu płodozmiannu.

Wprowadzenie do płodozmianów uproszczonych międzyplonu ścierniskowego, w stosunku do plonów uzyskanych w płodozmianach bez tego elementu zmianowania, miało korzystny, chociaż nieistotny statystycznie wpływ na plonowanie owsa. Mimo poprawy plonowania owsa pod wpływem zielonego nawozu z gorczycy plony owsa w tych warunkach uprawy były i tak mniejsze niż w klasycznym płodozmianie typu norfolckiego. Gandecki i wsp. (1997) przyorując gorczycę białą w dwupolówce okopowo-zbożowej uzyskali plon ziarna rośliny kłosowej nawet na wyższym poziomie niż w płodozmianie klasycznym. Dworakowski (1998) wykazał, że pod wpływem przyorywanej gorczycy

białej plony owsa wzrosły o 5,9% w porównaniu do uprawy tej rośliny bez międzyplonu. Korzystne oddziaływanie międzyplonów na plonowanie zbóż uprawianych w różnych płodozmianach wykazali również Kuś i Jończyk (2000) oraz Parylak i wsp. (2001). Szylak (1998) stwierdziła natomiast, że zwiększanie w płodozmianie udziału międzyplonów do 20 i dalej do 40% może powodować spadek produktywności płodozmianów wyrażonej plonem jednostek owsianych.

Plony owsa siewnego warunkowane były głównie obsadą roślin owsa oraz w mniejszym stopniu produktywnością rośliny (tab. 3). Nie znajduje to potwierdzenia w badaniach Mazurek i wsp. (1980), którzy twierdzą, że właśnie u owsa plon ziarna uzależniony jest głównie liczbą ziaren z rośliny oraz masą ziarna z wiechy.

Tabela 3

Ważniejsze cechy plonotwórcze owsa siewnego (średnie z lat 2000–2002)
Some yield features of oats (mean for the years 2000–2002)

Płodozmian Crop rotation	Liczba roślin (szt.·m ²) Number of plants per m ²	Liczba wiech (szt.·m ²) Number of panicles per m ²	Krzewienie produktywne Productive tillering	Liczba ziaren z 1 rośliny (szt.) Number of grains per 1 plant	Masa ziarna z 1 rośliny (g) Weight of grain per 1 plant (g)
Ziemniak ⁺⁺ — owies — groch — żyto Potato ⁺⁺ — oats — field pea — winter rye	308	408	1,34	34,1	1,08
Ziemniak ⁺ — owies — żyto Potato ⁺ — oats — winter rye	289	399	1,38	33,3	1,01
Ziemniak ⁺ — owies — żyto+międzyplon ś. Potato ⁺ — oats — winter rye+stubble crop	268	394	1,51	33,8	1,05
Owies — żyto Oats — winter rye	271	385	1,50	32,5	0,95
Owies — żyto+międzyplon ś. Oats — winter rye+stubble crop	278	403	1,51	32,3	0,94
NIR _(a = 0,05)	20,8	r.n.	0,10	r.n.	r.n.
LSD _(a = 0,05)					

Liczba roślin owsa uprawianego w czteropolówce klasycznej była istotnie, o 6,6% wyższa od określonej w płodozmianie z 33% jego udziałem oraz o 13,7% niż w dwupolówce zbożowej. Owies rosnący w mniejszym zagęszczeniu charakteryzował się lepszym krzewieniem, jednak nie wpłynęło to na obsadę wiech, która wciąż była mniejsza w płodozmianach uproszczonych, niż w płodozmianie czteropolowym, chociaż różnice te nie zostały potwierdzone statystycznie. Niewiadomski i wsp. (1980) zmniejszenie plonowania owsa w ciągłej uprawie po sobie tłumaczą przede wszystkim obsadą wiech, która w tych warunkach uprawy była o około 8% mniejsza niż w poprawnie przyrodniczym zmianowaniu. Krężel i wsp. (1994) uważają natomiast, że uprawa owsa w płodozmianach ze zwiększonym jego udziałem nie musi wiązać się z pogorszeniem obsady wiech na jednostce powierzchni. Wykazali oni, że liczba wiech na 1 m² w płodozmianie klasycznym była istotnie niższa niż w trójpółówce ziemniaka, owsa i żyta i na podobnym poziomie jak w dwupółówce owsa i żyta.

Przyorywanie międzyplonu ścierniskowego nie miało istotnego i jednoznacznego wpływ na kształtowanie zagęszczenia łanu owsa, choć obserwowano, że obsada roślin, a zwłaszcza wiech na 1 m² w płodozmianie ze 100% udziałem zbóż była większa, kiedy wprowadzano do nich międzyplon, niż gdy nie uprawiano gorczycy. O korzystnym wpływie międzyplonu ścierniskowego na obsadę kłosów informuje również Deryło (1990).

Nie wykazano istotnego wpływu typu płodozmianu na kształtowanie się produktywności 1 rośliny owsa, chociaż zarówno liczba, jak i masa ziarna były najwyższe w płodozmianie norfolkskim, a w miarę zwiększania udziału rośliny testowej w płodozmianie wartości tych cech malały. Zbliżone wyniki uzyskali Roszak i wsp. (1982), którzy również nie stwierdzili istotnych statystycznie różnic w celności i masie tysiąca ziaren owsa od zwiększania udziału tej rośliny w płodozmianie. Krężel i wsp. (1994) twierdzą natomiast, że zmniejszenie plonowania owsa w płodozmianach uproszczonych warunkowana jest głównie pogorszeniem cech plonotwórczych rośliny, a szczególnie masą ziarna. O pogarszaniu się cech plonotwórczych kłosa w wyniku upraszczania zmianowań, aż do monokultury włącznie donoszą również Gandecki i wsp. (1997) oraz Kostrzewska i Zawisław (2002).

Przyorywanie w poszczególnych typach płodozmianów międzyplonu z gorczycy zawsze wpływało na zwiększenie liczby i masy ziarna z rośliny, chociaż wzrost ten nie był statystycznie udowodniony. Podobnie Deryło (1990) zaobserwował, że międzyplony pozytywnie wpływają na kształtowanie się cech plonotwórczych zbóż, w tym liczby i masy ziaren z kłosa.

WNIOSKI

1. Poziom plonowania owsa siewnego uprawianego w płodozmianach uproszczonych na glebie kompleksu żytniego słabego wyraźnie zależał od przebiegu pogody w okresie wegetacji. Obniżał się on drastycznie, gdy niedobór opadów występował w czerwcu, a w mniejszym stopniu, gdy obejmował okres dojrzewania ziarna (lipiec).
2. Upraszczenie płodozmianów poprzez skracanie rotacji i zwiększanie w nich udziału owsa spowodowało stałe pogorszenie plonowania tej rośliny. Plony owsa uprawianego w monokulturze zbożowej z żytem ozimym były średnio o 21,4% niższe niż w płodozmianie ziemniak⁺⁺ — owies — groch pastewny — żyto.
3. Przyorywanie międzyplonu ścierniskowego z gorczycy białej sprzyjało na ogół poprawie plonowania owsa siewnego jednak nie rekompensowało całkowicie ujemnych skutków upraszczania płodozmianów.

LITERATURA

- Adamiak E., Adamiak J. 1999. Plonotwórcza i plonochronna rola owsa w płodozmianach zbożowych. *Pam. Puł.* 114: 15 — 22.
- Budzyński W. 1999. Reakcja owsa na warunki agrotechniczne przegląd wyników badań krajowych. *Żywność Nauka Technologia. Jakość.* 1 (18) supl.: 11 — 25.
- Deryło S. 1990. Badania nad regenerującą rolą poplonów ścierniskowych w płodozmianach o różnym udziale zbóż. *Rozprawy Naukowe* 127, 2001, AR Lublin.

- Deryło S., Szymankiewicz K. 1999. Reakcja żyta ozimego na uprawę w płodozmianach i monokulturze na glebie lekkiej. *Pam. Puł.* 114: 57 — 62.
- Dworakowski T. 1998. Działanie międzyplonu ścierniskowego w ogniwie zmianowania zboża ozime — zboża jare. *Fragm. Agron.* 3 (59): 90 — 99.
- Gandecki R., Kordas L., Parylak D., Sebzda J. 1997. Plonowanie żyta ozimego w różnych zmianowaniach specjalistycznych i monokulturze na glebie lekkiej. *Fragm. Agron.* 56, 4: 50 — 56.
- Jabłoński B. 1979. Porównanie plonowania owsa i żyta w płodozmianach o różnym udziale zbóż w strukturze zasiewów na glebie lekkiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 218: 55 — 59.
- Kostrzewska M., Zawislak K. 2002. Plonowanie żyta ozimego w różnych warunkach następstwa i ochrony roślin. *Fragm. Agron.* 74, 2: 96 — 103.
- Krężel R., Mrówka M., Parylak D., Szumilak G., Hołyński E. 1988. Wpływ zmianowań specjalistycznych na plonowanie roślin i właściwości gleby lekkiej. *Fragm. Agron.* 4 (20), Cz. I.: 17 — 28.
- Krężel R., Parylak D., Szumilak G. 1994. Wpływ zróżnicowanych zmianowań na plonowanie roślin na glebie lekkiej. *Zesz. Nauk. AR Wroc., Rol.* 238: 35 — 47.
- Krześlak S. J. 2000. Optymalizacja struktury zasiewów na glebach lekkich. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Rozprawy i Monografie* 27.
- Kuś J., Jończyk K. 2000. Regenerująca rola międzyplonów w zbożowych członach zmianowania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 470: 59 — 65.
- Mazurek., Mazurek J., Maj L., Wilczyska-Kostrzewa W. 1980. Zależność między strukturą plonu a produktywnością zbóż jarych. *Pam. Puł.* 72: 77 — 90.
- Michalski T., Idziak R., Menzel L. 1999. Wpływ warunków pogodowych na plonowanie owsa. *Żywność. Nauka Technologia. Jakość.* 1 (18) supl.: 46 — 52.
- Niewiadomski W., Adamiak J., Zawislak K. 1980. Tolerancja 9 ważniejszych gatunków uprawnych na wieloletni siew po sobie. *Zesz. Nauk. ART w Olsztynie, Rol.* 29: 271 — 181.
- Parylak D., Sebzda J., Kordas L. 2001. Long-term influence of cereal crop rotation on the properties of light soil and winter rye yield. *Acta Agrophys.* 52: 201 — 208.
- Pawłowski F., Deryło S. 1988. Plonowanie i wartość przedplonowa owsa w zmianowaniach o dużej koncentracji zbóż. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 331: 101 — 109.
- Roszak W., Gawrońska-Kulesza A., Kowalski S. 1982. Rola owsa w zmianowaniach ze zwiększonym udziałem zbóż. *Rocz. Nauk Roln. ser. A, t.105, 2:* 97 — 106.
- Rudnicki F. 1995. Porównanie reakcji jęczmienia jarego i owsa na warunki opadowo-termiczne. *Fragm. Agron.* 3 (47): 21 — 32.
- Szylak A. 1998. Wpływ międzyplonów na produktywność płodozmianów zbożowych. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. Agricult.* 66: 175 — 180.

STANISŁAW WRÓBELInstytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa — Państwowy Instytut Badawczy w Puławach
Zakład Technik Uprawy Roli i Nawożenia w Jelczu-Laskowicach

Reakcja owsa na nawożenie borem

Oat response to boron fertilization

W trzech jednorocznych ścisłych doświadczeniach polowych badano reakcję owsa na nawożenie borem. Wyniki porównywano z uzyskanymi w doświadczeniach łanowych. Stwierdzono plonotwórcze działanie boru w latach z niedoborami wilgoci w okresie wiosny. Owies uprawiany na glebie o niskiej zawartości boru przyswajalnego odznaczał się ponad optymalną w świetle kryterium Bergmanna (1986) zawartością tego składnika. Pod wpływem nawożenia borem uzyskiwano istotne przyrosty masy plonów ziarna owsa oraz dalszy wzrost zawartości mikroskładnika w biomasie. Wyniki te wskazują na potrzebę weryfikacji stosowanych kryteriów zaopatrzenia gleb i roślin w bor. Stwierdzono przewagę doglebowego sposobu nawożenia w poprawie zaopatrzenia ziarna owsa w bor. Zgodność wyników uzyskanych w doświadczeniach ścisłych i łanowych umożliwia opracowanie na ich podstawie zaleceń nawożenia owsa borem dla praktyki rolniczej.

Słowa kluczowe: bor, doświadczenie łanowe, doświadczenie ścisłe, nawożenie borem, owies, plony owsa, testy chemiczne

Oat response to boron fertilization was evaluated in three one-year exact field experiments. The results were compared with those obtained in large-area trials. Yield forming influence of boron was found in the years characterized by water deficit in spring time. The boron content of oats grown on boron deficient soil exceeded the optimum proposed by Bergmann (1986). Fertilization with boron significantly increased oat grain yield and resulted in further increase in boron content of the biomass. The results indicate the need to verify the criteria applied for soil and plants supply with this microelement. They also show that better effects in improving oat grain supply with boron were obtained with soil than with foliar application of this fertilizer. Based on the close correspondence between the results obtained in exact experiments and in large-area trials, direct recommendations as to how to fertilize oat with boron in agricultural practice, can be made.

Key words: boron, boron fertilization, chemical tests, exact experiments, large-area trials, oat, oat yield

WSTĘP

W świetle badań ostatniego dziesięciolecia, weryfikacji uległy poglądy na temat znaczenia boru w metabolizmie ssaków. Ich wyniki dowodzą, że braki boru w diecie człowieka są przyczyną szeregu dolegliwości zdrowotnych (Newnham, 2002; Nielsen, 2002). Tak więc odpowiednie zaopatrzenie w ten składnik najważniejszych ziemiopłodów

(a więc ziarna zbóż) zyskuje obecnie znaczenie zarówno z punktu widzenia nawozowego, jak i żywieniowego (Biała księga..., 2000; Sacała i in., 2004; Wróbel, 2004 a; Wróbel i Hryńczuk, 2004). Zboża, tak jak inne rośliny z rodziny traw wykazują mniejsze od roślin dwuliściennych wymagania pokarmowe względem boru, czego nie należy jednak utożsamiać z brakiem potrzeb nawożenia tym mikroelementem. Spośród najważniejszych dla roślin mikroelementów (B, Cu, Mn, Mo, Zn), niedobory boru w glebie stwierdzone są najczęściej (Gembarzewski, 2000; Simojoki, 1991; Wróbel, 2000 b). Owies uprawiany jest z reguły na glebach lekkich, które odznaczają się niską zawartością form przyswajalnych boru. We wcześniejszych badaniach własnych autora, przeprowadzonych na krajowych polach produkcyjnych owsa ($n = 75$), niedobory boru w glebie występowały aż w 90,7%, a w roślinach w 62,1% badanych pól (Wróbel, 2000 a). Wielokierunkowe możliwości użytkowe owsa (paszowe, żywieniowe, dietetyczne, lecznicze, kosmetyczne) wskazują jednocześnie na konieczność zwrócenia większej uwagi na warunki jego uprawy decydującej o jakości plonów. Informacje te skłoniły autora do zbadania reakcji owsa na nawożenie borem. Badania przeprowadzono w doświadczeniach ścisłych polowych, których wyniki porównywano z działaniem boru w warunkach produkcyjnych (doświadczenia łanowe).

MATERIAŁ I METODY

Ścisłe doświadczenie polowe dwuczynnikowe (split-plot) w czterech powtórzeniach przeprowadzono na glebie lekkiej w Stacji Doświadczalnej IUNG Osiny. Jednoroczne doświadczenie powtarzano w ciągu trzech lat (1999–2001), na glebie lekkiej o niskiej zawartości boru dostępnego wg testu z 1 mol $\text{HCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ ($0,4\text{--}0,8 \text{ mg B} \cdot \text{kg}^{-1}$). Gleba pola doświadczalnego charakteryzowała się ponadto odczynem kwaśnym ($\text{pH}_{\text{KCl}} 4,8\text{--}5,3$), wysoką zawartością P, K, Mg i Zn, średnią Cu, Fe i Mn oraz niską Mo (Zalecenia nawozowe, 1985). Badano wpływ różnych dawek i sposobów stosowania boru na rozwój, plonowanie i zawartość tego mikroskładnika w owsie odmiany Borowiak. Schemat doświadczenia ścisłego:

Czynnik I (sposoby stosowania boru, $n = 2$):

A₁ — pogłównie doglebowo, H_3BO_3 w formie stałej (faza krzewienia)

A₂ — dolistnie, roztwór wodny H_3BO_3 (faza strzelania w źdźbło).

Czynnik II (dawki boru, $n = 5$):

B₁ — obiekt kontrolny (bez nawożenia borem)

B₂ — $0,6 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$, ($0,1\%* = 0,085 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$)

B₃ — $1,2 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$, ($0,2\%* = 0,170 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$)

B₄ — $1,8 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$, ($0,3\%* = 0,255 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$)

B₅ — $2,4 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$, ($0,4\%* = 0,340 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$)

* — stężenia roztworów H_3BO_3 w stosowaniu dolistnym przy zużyciu 500 l roztworu na powierzchnię 1 ha.

Niezależnie od doświadczenia ścisłego, w tych samych latach w ODR Kalsk (woj. Lubuskie) oraz Modliszewice (woj. Świętokrzyskie) przeprowadzono doświadczenia łanowe o uproszczonym schemacie, uwzględniającym dwie niższe dawki B stosowane

doglebowo oraz dolistnie w doświadczeniu ścisłym. Doświadczenia te założono w podobnych warunkach glebowych jak doświadczenia ścisłe (gleby lekkie o niskiej zawartości boru dostępnego ($0,4\text{--}0,9\text{ mg B}\cdot\text{kg}^{-1}$), odczynie kwaśnym i lekko kwaśnym (pH_{KCl} $5,4\text{--}6,3$), wysokiej zawartości P i K, średniej Mg, Cu, Mn i Zn) (Zalecenia Nawozowe, 1985). Zamieszczenie w niniejszej pracy i porównanie wyników tych doświadczeń z uzyskanymi w doświadczeniach ścisłych miało na celu stwierdzenie — w jakim stopniu wyniki badań ścisłych zostaną potwierdzone w warunkach produkcji polowej i czy mogą znaleźć tam praktyczne zastosowanie.

Schemat doświadczeń łąkowych:

Obiekty doświadczenia (nawożenie borem):

bez boru — obiekt kontrolny

nawożenie borem doglebowe — $0,6\text{ kg B}\cdot\text{ha}^{-1}$

nawożenie borem doglebowe — $1,2\text{ kg B}\cdot\text{ha}^{-1}$

nawożenie borem dolistne — $0,1\%$ roztwór H_3BO_3 ($0,085\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)*

nawożenie borem dolistne — $0,2\%$ roztwór H_3BO_3 ($0,170\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)*

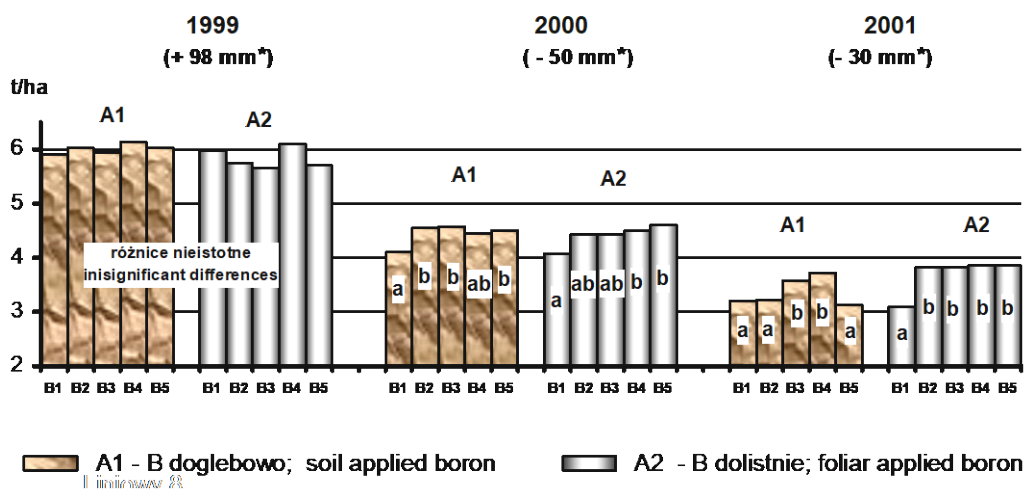
* — przy zużyciu 500 l roztworu na powierzchnię 1 ha.

Doświadczenia łąkowe prowadzono na polach o powierzchni 0,5 ha w dwóch powtórzeniach przez okres 3 lat. W ODR Kalsk uprawiano owies odmiany Jawor, a w ODR Modliszewice owies odmiany Akt.

W obu rodzajach doświadczeń (ścisłych i łąkowych) pobierano jednolity materiał roślinny i glebowy do analiz chemicznych: części nadziemne owsa na początku wysuwania wiech (części wskaźnikowe według Bergmanna, 1986), ziarno i słomę przy zbiorze oraz glebę z warstwy ornej poletek po zbiorze). Określano plony ziarna i słomy. W próbkach roślinnych oznaczono zawartość N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Mn i Zn, a w glebowych — pH_{KCl} oraz przyswajalnych form boru. Analizy roślin i gleby wykonano metodami stosowanymi w stacjach chemiczno-rolniczych (Metody badań... 1980 część I.; Metody badań..., 1980 część II.; Metody oznaczania..., 1986). Wyniki analiz gleb wyceniano na podstawie obowiązujących liczb granicznych (Zalecenia nawozowe, 1985). W opracowaniu wyników badań stosowano metody statystyczne — analizę wariancji, korelacji i regresji wielokrotnej metodą krokową (step-wise), (Filipiak, Wilkos, 1995; Filipiak, Wilkos, 1998). W analizie wariancji różnice międzyobiektywne oceniano stosując test Tukeya ($\alpha = 0,05$).

WYNIKI BADAŃ

Plonotwórcze działanie boru w doświadczeniach ścisłych stwierdzano w latach 2000–2001, w których występował niedobór wody w okresach intensywnego rozwoju roślin tj w miesiącach od kwietnia do czerwca. Uzyskane istotnie statystycznie wyższe plony pod wpływem boru nie wykazywały regularnej zależności od wielkości dawki i sposobu stosowania boru (rys. 1). Reakcja plonu ziarna owsa na nawożenie borem w doświadczeniach łąkowych była podobna (wzrost do około 20%), jednak występowała pod wpływem dawek dwukrotnie niższych. Notowano tutaj również większe różnicowanie międzyobiektywne plonów (rys. 2).

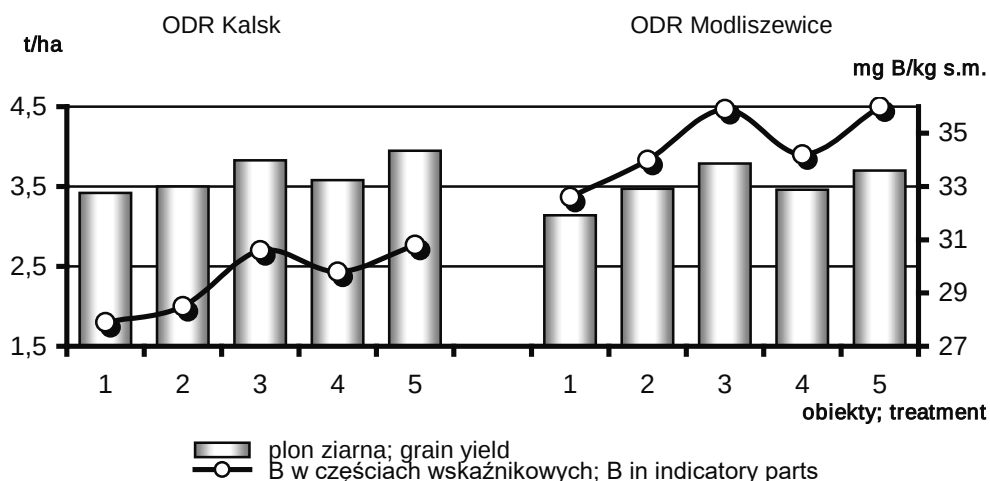


* Odchylenia sumy opadów w miesiącach IV-VI od odpowiedniej średniej wieloletniej; Deviation of rainfall in months IV-VI from the many-year mean

Różnice między plonami oznaczonymi tymi samymi literami w obrębie podbloków, były nieistotne w świetle testu Tukeya przy $\alpha = 0,05$ — Differences among yields within subblocks, marked with the same letters were insignificant acc. to Tukey's test at $\alpha = 0.05$

Rys. 1. Plony ziarna owsa w doświadczeniach ścisłych

Fig. 1. Oat grain yields in exact experiments



Rys. 2. Zawartość boru w częściach wskaźnikowych owsa w doświadczeniach łanowych na tle plonów ziarna (średnio z 3 lat)

Fig. 2. Boron content in oat indicator parts in large-area trials in relation to grain yield (mean for 3 years)

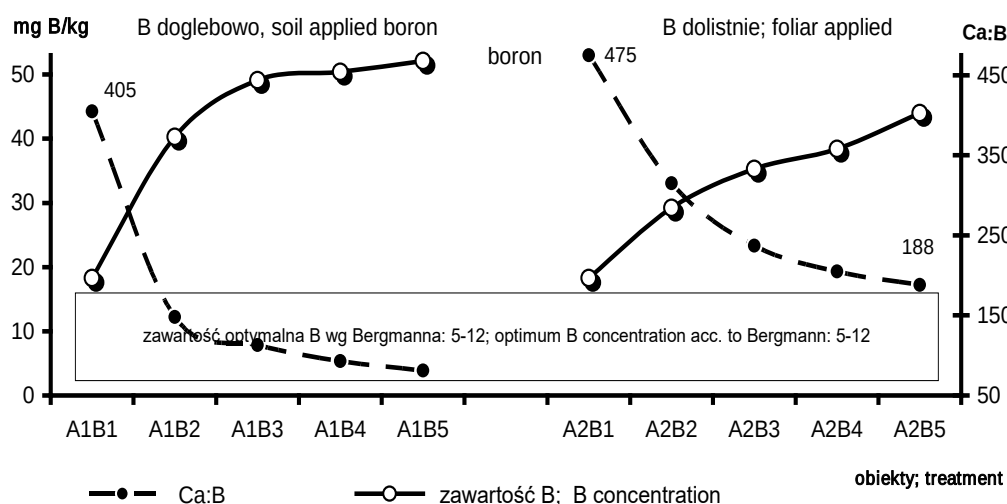
W obu rodzajach doświadczeń przyrost masy plonów ziarna następował w miarę poprawy zaopatrzenia młodych roślin owsa w bor. W doświadczeniach ścisłych zostało to

potwierdzone rachunkiem regresji wielokrotnej wykonanym metodą selekcji krokowej ($n = 120$). Przyjmując plon ziarna owsa za zmienną zależną „y”, a zawartość składników pokarmowych w częściach wskaźnikowych jako zmienne niezależne uzyskano równanie o następującej postaci:

$$y = 0,1804 + 1,1321 K + 0,0107 B + 0,0204 Mn \quad R^2 = 0,8679; \alpha = 0,005$$

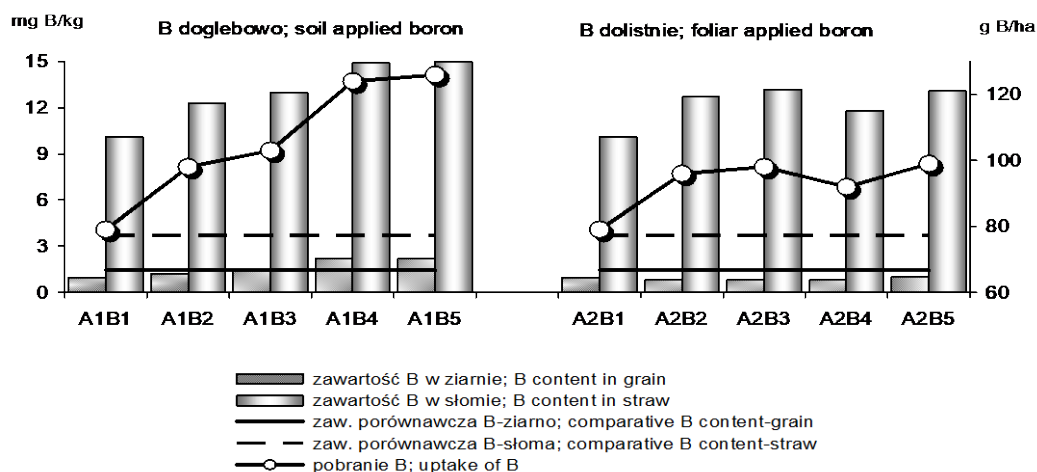
gdzie: y = plon ziarna owsa w tonach z 1 ha, K, B, Mn — zawartości składników w częściach wskaźnikowych owsa, w $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. Uzyskane równanie o wysokim współczynniku determinacji opisuje prawie 87% badanej zmienności plonowania. Obecność boru potwierdza jego plonotwórczy wpływ.

W doświadczeniach ścisłych wyjściowy poziom zawartości boru w częściach wskaźnikowych przekraczał górną granicę optimum Bergmanna (1986), tj. $12 \text{ mg B} \cdot \text{kg}^{-1}$ i pod wpływem nawożenia zwiększał się osiągając wartość około $50 \text{ mg B} \cdot \text{kg}^{-1}$ suchej masy roślin (rys. 3). W doświadczeniach łanowych, przy wyższym poziomie wyjściowym, zawartość boru w częściach wskaźnikowych zmieniała się w nieco mniejszym zakresie, wraz ze zmianami plonowania ziarna (rys. 2.). Znaczenie dostatecznego zaopatrzenia w bor młodych roślin owsa w krytycznych fazach rozwojowych w uzyskiwaniu ziarna o odpowiednim poziomie zawartości tego składnika oddaje tutaj korelacja $B_{\text{części wskaźnikowe}}/B_{\text{ziarno}}$ $r = 0,684; \alpha = 0,001$. Ze względu na występujący antagonizm wapnia w stosunku do boru, stosunek ilościowy tych dwóch pierwiastków w młodych częściach roślin jest lepszym wskaźnikiem zaopatrzenia w bor niż jego bezwzględna zawartość.



Rys. 3. Stosunek ilościowy Ca:B oraz zawartość boru w częściach wskaźnikowych owsa z doświadczeń ścisłych (średnio z 3 lat)

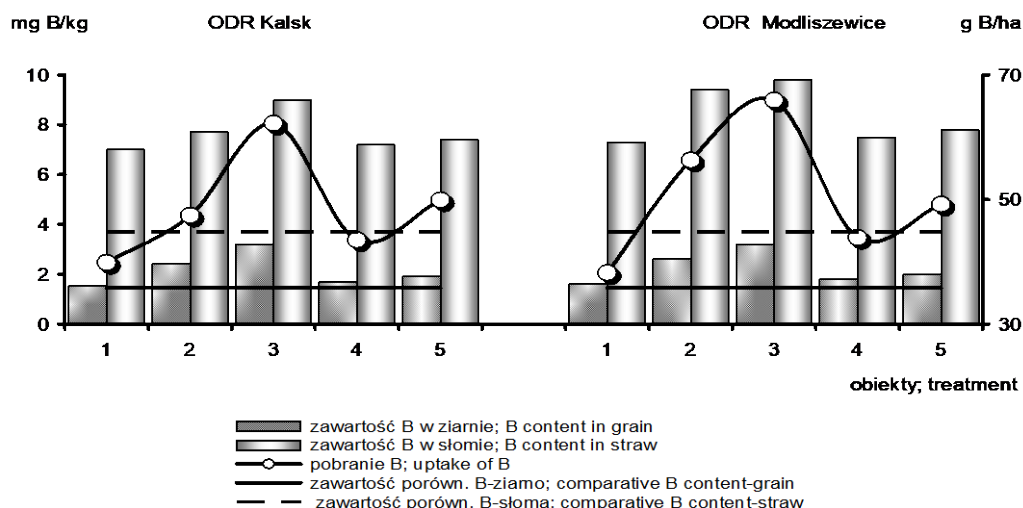
Fig. 3. Ca:B quantitative ratio and B concentration in oat indicator parts in exact experiments (mean for 3 three-years)



Zawartości porównawcze boru — przeciętne zawartości B w ziarnie ($1,44 \text{ mg B} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) i w słomie owsa ($3,70 \text{ mg B} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) wg Fotymy i Mercika (1995) — Comparative B content — average B concentration in grain ($1,44 \text{ mg B} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ DM}$) and in oat straw ($3,70 \text{ mg B} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ DM}$) acc. to Fotyma and Mercik (1995)

Rys. 4. Pobranie boru z plonami owsa w doświadczeniach ścisłych na tle zawartości tego składnika w ziarnie i słomie (wyniki średnie z 3 lat)

Fig. 4. Boron uptake by oat yields in exact experiments in relation to boron concentration in grain and straw (mean for 3 years)



Zawartości porównawcze boru — przeciętne zawartości B w ziarnie ($1,44 \text{ mg B} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) i w słomie owsa ($3,70 \text{ mg B} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) wg Fotymy i Mercika (1995) — Comparative B content — average B concentration in grain ($1,44 \text{ mg B} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ DM}$) and in oat straw ($3,70 \text{ mg B} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ DM}$) acc. to Fotyma and Mercik (1995).

Rys. 5. Pobranie boru z plonami owsa w doświadczeniach łanowych na tle zawartości tego składnika w ziarnie i słomie (wyniki średnie z 3 lat)

Fig. 5. Boron uptake by oat yields in large-area trials in relation to boron concentration in grain and straw (mean for 3 years)

W badaniach, stosunek Ca:B w roślinach owsa z doświadczeń ścisłych wykazał spadek wartości w miarę zwiększania dawek boru (bardziej wyraźny, gdy bor stosowano doglebowo), wskazujący na poprawę zaopatrzenia roślin owsa w bor (rys. 3.). Nawożenie borem zwiększało zawartość tego mikroelementu również w plonach końcowych, co uwidoczniło się bardziej wyraźnie w słomie owsa. Skuteczniejszym sposobem w oddziaływaniu na zawartość boru w ziarnie okazało się stosowanie doglebowe. Nie uzyskano zadawalającej poprawy zaopatrzenia ziarna w bor pod wpływem aplikacji dolistnej. Zależności te wpływały na wielkość pobrania badanego mikroskładnika z plonem owsa, które w obu rodzajach doświadczeń było wyraźnie wyższe w obiektach, gdzie bor stosowano doglebowo (rys. 4 i 5). Przewagę doglebowych metod nawożenia borem, potwierdza korelacja $B_{\text{gleba}}/B_{\text{ziarno owsa}}$ $r = 0,81$; $\alpha = 0,01$.

DYSKUSJA

Brak reakcji owsa na nawożenie borem w pierwszym roku doświadczeń ścisłych wiąże się z dobrą rozpuszczalnością i sposobem pobierania tego składnika przez rośliny z prądem transpiracyjnym wody. W pierwszym roku badań obfite zaopatrzenie w wodę w okresie wiosennym IV–VI, (suma opadów wyższa o 98 mm od średniej wieloletniej) zapewniało odpowiednią dostępność boru dla roślin z naturalnych zasobów glebowych, a więc nawożenie nie miało już wpływu już na poziom plonów. Okresowe susze wiosenne w dwu kolejnych latach (suma opadów w okresie IV–VI, niższa o 50 mm i 30 mm od normy wieloletniej, odpowiednio), ograniczały rozpuszczalność i dostępność boru a zastosowane wtedy nawożenie istotnie wpływało na poziom plonowania owsa (rys. 1). W doświadczeniach łąkowych, prowadzonych w innych warunkach glebowo-klimatycznych i na większych arealach działanie boru było w mniejszym stopniu uzależnione od przebiegu pogody. Średnie dekadowe temperatury i sumy opadów w tych punktach doświadczalnych wykazywały poza tym mniejsze odchylenia od norm wieloletnich, co warunkowało podobne działanie boru w trzech latach badań. Tym należy tłumaczyć również relatywnie lepszą skuteczność plonotwórczą niskich dawek boru w tych doświadczeniach.

Zarówno doświadczenia ściste jak i łąkowe zakładano na glebach lekkich o niskiej zawartości B przyswajalnego. Mimo to rośliny owsa z obiektów kontrolnych (bez nawożenia borem) odznaczały się wysoką wg kryterium Bergmanna (1986) zawartością tego mikroskładnika (rys. 2 i 3). Budzić to może określone wątpliwości co do przydatności diagnostycznej stosowanego testu glebowego z 1 mol HCl·dm⁻³ (Wróbel, 2004 b).

Wzrost zawartości boru w częściach wegetatywnych owsa z obu rodzajów doświadczeń pod wpływem nawożenia, mimo stwierdzonej na podstawie kryterium Bergmanna (1986) jego wysokiej wyjściowej zawartości wskazuje, że również to kryterium nie spełnia swojego zadania w odniesieniu do użytych w doświadczeniach odmian. Liczby graniczne określające optymalną zawartość boru w roślinach owsa, opracowane dla odmian starszych generacji, obecnie wymagają z pewnością weryfikacji. Świadczy o tym zarówno wyraźny wzrost zawartości boru w roślinach jak i istotne przyrosty plonów pod wpływem nawożenia tym mikroskładnikiem, przy braku objawów jego szkodliwości, jaką notowano

niekiedy w uprawie starszych odmian zbóż (Furlani i in., 2003; Stangoulis i Reid, 2002; Szukalski, 1989). Wyniki te dowodzą wyższych od podawanych w literaturze potrzeb pokarmowych nowych odmian owsa w stosunku do boru, a zatem i potrzebę korekty podawanej przez Bergmanna (1986) kalibracji zawartości B w częściach wskaźnikowych.

Wysoka zawartość boru w roślinach w czasie wegetacji znalazła swoje odzwierciedlenie w dobrym zaopatrzeniu w ten składnik słomy, w której poziom zawartości B znacznie przewyższał przeciętną określoną przez Fotymę i Mercika (1995) na $3,70 \text{ mg B} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ Ziarno cechujące się z reguły dużą stabilnością składu chemicznego, wykazywało stosunkowo niską zawartość boru i tylko pod wpływem nawożenia dogłębowego osiągnęło poziom zbliżony do porównawczego ($1,44 \text{ mg B} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), (rys. 4.).

W tym miejscu podkreślić należy jednak, że użyte dane porównawcze zaczerpnięte z literatury, podobnie jak zakresy optymalnych zawartości boru w częściach wskaźnikowych, opracowane zostały na bazie wyników analizy chemicznej plonów starszych odmian owsa, które cechowała naturalnie niższa zawartość składników mineralnych (Fotyma i Mercik, 1992). Bor nie podlega reutilizacji w roślinie, toteż jednokrotne dostarczenie dolistne stosunkowo niewielkich ilości deficytowego mikroskładnika w fazie strzelania w źdźbło, nie mogło w pełni zabezpieczyć potrzeb roślin w późniejszych terminach okresu wegetacji, w tym w okresie formowania ziarna. Zależność ta, świadcząca o przewadze dogłębowych metod nawożenia borem, została potwierdzona korelacją $B_{\text{gleba}}/B_{\text{ziarno}}$ o wysokim współczynniku $r = 0,81$; $\alpha = 0,001$. Przyjmując, że ziarno owsa stanowi ważny element diety ludzi i składnik paszowy dla zwierząt, uzyskane wyniki uważać można za wskaźnik potrzeb nawożenia borem. Ranga tego zagadnienia wiąże się z wynikami badań światowych nad znaczeniem boru w metabolizmie ssaków. Dowodzą one powstawania zaburzeń w przemianach wapnia i fluoru w warunkach niedostatku tego mikroelementu, prowadzących do schorzeń artretycznych, osteoporozy, a także nieprawidłowości pracy mózgu (Newnham, 2002; Nielsen, 2002).

W ocenie odniesienia praktycznego badań, stwierdzić należy zgodność wyników, tj. kierunków zmian plonowania i zaopatrzenia owsa w bor spowodowanych jego stosowaniem, w obu rodzajach doświadczeń (ścisłych i łanowych), a zatem możliwość bezpośredniego zastosowania wyników w praktyce rolniczej.

WNIOSKI

1. Stwierdzono plonotwórczy wpływ nawożenia owsa borem. Wpływ ten wiązał się z występowaniem okresów niedoboru wody w sezonie wiosennym.
2. Wykazano przewagę dogłębowego sposobu nawożenia borem pod względem poprawy zaopatrzenia w ten składnik ziarna owsa.
3. Uzyskane wyniki wskazują na potrzebę dostosowania dotychczasowych kryteriów zawartości boru w glebie i w roślinach owsa do wymagań odmian nowych generacji.
4. Zgodność wyników badań przeprowadzonych w doświadczeniach ścisłych z uzyskanymi w warunkach produkcyjnych pozwala na opracowanie zaleceń nawożenia owsa borem dla praktyki rolniczej.

LITERATURA

- Bergmann W. 1986. Farbatlas Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen Visuelle und analytische Diagnose. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena: 1 — 112.
- Biała księga bezpieczeństwa żywności (White paper on food safety). 2000. W: „Żywność Żywnienie Prawo a Zdrowie”. Rok IX. Nr 1. Wyd. IŻiŻ, Warszawa: 5 — 74.
- Filipiak K., Wilkos S. 1995. Obliczenia statystyczne. Opis systemu AWAR. IUNG Puławy, R (324): 1 — 52.
- Filipiak K., Wilkos S. 1998. Wybrane metody analizy wielozmiennej i ich zastosowanie w badaniach przestrzennych. IUNG Puławy R (349): 1 — 58.
- Fotyma M., Mercik S. 1995. Chemia rolna. Wydawnictwo Naukowe PWN: 1 — 356.
- Furlani A., Carvalho C., Freitag J., Verdial M. 2003. Wheat cultivar tolerance to boron deficiency and toxicity in nutrient solution. *Scientia Agricola* 60: 359 — 370.
- Gembarzewski H. 2000. Stan i tendencje zmian zawartości mikroelementów w glebach i roślinach z pól produkcyjnych w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* 471 (1): 171 — 177.
- Metody badań laboratoryjnych w stacjach chemiczno-rolniczych. 1980. Cz. I. Badanie gleb. IUNG Puławy: 1 — 76.
- Metody badań laboratoryjnych w stacjach chemiczno-rolniczych. 1980. Cz. II. Badanie materiału roślinnego., IUNG Puławy: 1 — 126.
- Metody oznaczania ruchomych form mikroelementów w glebie do rutynowych oznaczeń w stacjach chemiczno-rolniczych (wspólna ekstrakcja 1 M HCl). 1986. IUNG Wrocław. (niepublikowane): 1 — 11.
- Newnham R. E. 2002. How boron is being used in medical practice. In: *Boron in plant and animal nutrition*. Goldbach H. E. (ed.), Kluwer Acad. Pub. New York: 59 — 62.
- Nielsen F. H. 2002. The Nutritional importance of boron throughout the life cycle of higher animals and human. In: *Boron in plant and animal nutrition*. Goldbach H. (ed.), Kluwer Academic Publishers, New York: 37 — 50.
- Sacała E., Demczuk A., Grzyś E., Parylak D. 2004. Wpływ boru na aktywność reduktazy azotanowej oraz wzrost siewek pszenżyta. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* 502 (1): 333 — 339.
- Simojoki P. 1991. Boron deficiency in barley. *Ann. Agric. Fenn.* 30: 389 — 405.
- Stangoulis J., Reid R. 2002. Boron toxicity in plants and animals. In: *Boron in plant and animal nutrition*. Goldbach H. (ed.), Kluwer Academic Publishers, New York: 227 — 240.
- Szukalski H. 1989. Mikroelementy w produkcji roślinnej. PWRiL, Warszawa: 1 — 320.
- Wróbel S. 2000 a. Poziom plonowania krajowych upraw produkcyjnych owsa a zawartość mikroelementów w glebie i roślinach. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* 471: 609 — 617.
- Wróbel S. 2000 b. Wpływ wieloletniego produkcyjnego użytkowania pól uprawnych na zaopatrzenie gleb i pszenicy jarej w mikroelementy. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* nr 471: 619 — 626.
- Wróbel S. 2004 a. Reakcja pszenżyta ozimego na nawożenie borem w zależności od sposobu stosowania i dawki. *Pamiętnik Puławski* 138: 153 — 165.
- Wróbel S. 2004 b. Przydatność testu chemicznego w diagnozowaniu potrzeb nawożenia zbóż jarych borem. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* Nr 502: 443 — 450.
- Wróbel S., Hryńczuk B. 2004. Wpływ nawożenia borem na plonowanie i skład chemiczny pszenicy jarej. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* Nr 502: 451 — 457.
- Zalecenia Nawozowe. 1985. Praca zbiorowa. Część I. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. Wyd. IUNG Puławy, Seria P (26): 1 — 34.

SŁAWOMIR KOWALCZYK¹ROBERT MACIOROWSKI²¹ Katedra Fitopatologii Akademia Rolnicza w Szczecinie² Katedra Uprawy Roli, Roślin i Doświadczalnictwa, Akademia Rolnicza w Szczecinie

Grzyby zasiedlające ziarno krótkosłomego owsa nieoplewionego

Fungi colonizing seeds of dwarf and semi-dwarf naked oat

Porównano zbiorowiska grzybów wyizolowane z ziaren 23 rodów krótkosłomego owsa nagoziarnistego. Ziarna pochodziły z doświadczenia polowego przeprowadzonego w Rolniczej Stacji Doświadczalnej w Lipniku koło Stargardu Szczecińskiego w roku 2003. Grzyby ujawniono w następstwie inkubowania powierzchniowo odkażonych ziarniaków w szalkach Petriego z agarową pożywką glukozowo-ziemniaczaną. Łącznie wyizolowano 462 kolonie grzybów, wśród których rozpoznano 14 gatunków. Grzybami najczęściej występującymi były: *Alternaria alternata*, *Epicoccum purpurascens*, *Fusarium poae*, *Penicillium* spp. i kolonie niezarodnikujące. Pojawiła się tendencja do większego porażenia ziarna przez *Fusarium poae* w miarę skracania się wysokości roślin.

Słowa kluczowe: grzyby zasiedlające ziarno, rody krótkosłome owsa

The fungal populations isolated from seeds of 23 cultivars of dwarf naked oat were compared. The seeds derived from a field experiment conducted at the Agriculture Experimental Station Lipnik near Stargard Szczeciński in 2003. The fungi were revealed following the incubation of surface disinfected seeds in potato dextrose agar Petri dishes. A total of 462 fungal colonies were isolated, among which 14 species were recognized. The fungi most frequently identified were *Alternaria alternata*, *Epicoccum purpurascens*, *Fusarium poae*, *Penicillium* spp., and non-sporulating forms. There was a tendency to increasing infection of *Fusarium poae* when straw was shorter.

Key words: seed-borne fungi, dwarf naked oat

WSTĘP

Wartość odżywcza ziarna i produktywność roślin zależy od liczbowego i gatunkowego składu grzybów je zasiedlających (Neergaard, 1977). Wiele danych literaturowych świadczy, że na ziarnie zbóż występują różne zbiorowiska grzybów, wśród których mogą być także groźne patogeny roślin, groźne dla ludzi i zwierząt (Błaszkowski, 1989 a, b; Flannigan, 1974; Neergaard, 1977; Piech, Błaszkowski, 1993; Błaszkowski, Piech, 2002). Występowanie patogenów na ziarnach zależy od podatności roślin, warunków pogodowych, okresu wegetacji i przeprowadzonych zbiegów agrochemicznych (Hill,

Lacey, 1983; Mills, Wallace, 1979; Palti, 1981). Ponadto, aktywność obecnych patogenów może być hamowana przez mikroorganizmy saprotroficzne (Błaszowski, 1995).

W 1997 roku zarejestrowano pierwszą polską odmianę owsa nagoziarnistego Akt, która zdobyła szybko uznanie producentów i areal jej uprawy osiągnął nawet około 19% owsa uprawianego w siewie czystym (Nita, 2001, inf. ustna). Głównymi przyczynami zwiększonego zainteresowania owsem nagoziarnistym są: duża zawartość tłuszczu i niski poziom włókna w ich ziarnie (Valentine, 1995). Cechy te decydują o jego wysokiej wartości energetycznej dla trzody chlewnej, drobiu i nieprzeżuwaczy. Ponadto, tak jak wszystkie odmiany owsa łatwo wkomponowują się w zmianowanie, są tańsze w uprawie niż inne zboża i mogą zmniejszać występowanie chorób podsuszkowych w zmianowaniach z dużym udziałem pszenicy, które dominują w praktyce rolniczej. Jednak nie osłonięte plewkami ziarno jest bardziej narażone na uszkodzenia mechaniczne (Strzelecki, Zdradzisz, 1991) i w konsekwencji na infekcje przez grzyby patogeniczne. Uszkodzenia mechaniczne ziaren istotnie zwiększają ich zasiedlenie przez mikroorganizmy chorobotwórcze (Neergaard, 1977). Wadą odmian nagoziarnistych owsa jest także niski poziom plonowania. Jedną z metod zwiększenia plonu jest ograniczenie wylegania poprzez wprowadzenie do uprawy odmian krótkosłomych owsa. Skrócenie wysokości roślin, pociąga jednak za sobą także negatywne efekty w postaci podwyższenia temperatury łanu, co skutkuje większą podatnością na patogeny (Wallace, Yan, 1998).

Dane literaturowe o występowaniu i znaczeniu grzybów zasiedlających ziarno owsa nagoziarnistego są wyjątkowo ubogie i niejednolite (Michalski, Horoszkiewicz-Janka, 2003; Strzelecki, Zdradzisz, 1991; Hayes, 1992). Nie ma żadnych informacji o zbiorowiskach grzybów zasiedlających ziarno form krótkosłomych owsa nieoplewionego.

Dlatego celem niniejszej pracy było określenie składu liczbowego i gatunkowego grzybów zasiedlających ziarna krótkosłomych rodów owsa nagoziarnistego.

MATERIAŁ I METODY

Obiektem badań były próby nasion 23 rodów krótkosłomego owsa nagoziarnistego (*Avena sativa* var. *nuda* Koern.; tab. 4), zebrane z poletek doświadczalnych Rolniczej Stacji Doświadczalnej w Lipniku w roku 2003. Eksperymentalne rody pochodziły z Hodowli Roślin Strzelce. Geny karłowatości wprowadzono do wszystkich rodów z odmiany Bandiccot. Celem przeprowadzonych badań polowych było wyselekcjonowanie najlepszych rodów krótkosłomego owsa nagoziarnistego do dalszych prac hodowlanych.

W celu określenia składu gatunkowego grzybów zasiedlających ziarno owsa nieoplewionego, z każdej próby pobrano losowo po 100 ziarniaków. Ziarniaki odkażano powierzchniowo 0,1% roztworem sublimatu przez 1 min., po czym trzykrotnie płukano w sterylnej wodzie destylowanej i osuszano między arkuszami sterylnej bibuły. Następnie losowo wybrano po 5 ziaren i umieszczono je w szalkach Petriego o średnicy 10 cm z pożywką glukozowo-ziemniaczaną (PDA). Każda próba była reprezentowana przez 5 szalek. Inkubację prowadzono przez 12-14 dni w temperaturze pokojowej przy stałym 16-godzinnym naświetleniu lampą LF-40 umieszczoną na wysokości 40 cm nad szalkami. Rozwinięte kolonie grzybów po odczepieniu i doprowadzeniu do czystych kultur

oznaczano posługując się kluczami i opracowaniami mikologicznymi (Arx, 1970; Barnett, 1960; Booth, 1971; Gilman, 1945).

Współczynniki korelacji prostej pomiędzy cechami chorobotwórczymi ziarna a wysokością roślin obliczono na wartościach transformowanych. Wykorzystano transformację logarytmiczną w odniesieniu do: liczby całkowitej izolatów, liczby izolatów *Alternaria alternata*, udziału saprofitów i patogenów, natomiast liczbę izolatów *Fusarium poae* przekształcono transformacją pierwiastkową.

WYNIKI

Warunki pogodowe w 2003 roku były wyjątkowo niesprzyjające dla wzrostu owsa ze względu na jego wysokie wymagania wodne. W omawianym roku notowano niewielkie ilości opadów oraz wysokie temperatury, co spowodowało słaby rozwój roślin oraz bardzo wczesne zasychanie liści (tab. 1). Wysokość łanu badanych rodów krótkosłomych kształtowała się w zakresie od 31 do 43 cm, podczas gdy wysokość łanu tradycyjnych odmian nagoziarnistych Akt i Polar wynosiła około 60 cm. Uzyskane wartości dla obu form były bardzo niskie, co potwierdza wpływ niekorzystnego przebiegu pogody na rozwój owsa.

Tabela 1

Warunki pogodowe w Rolniczej Stacji Doświadczalnej Lipnik w roku 2003
Weather conditions in Agricultural Experiment Station in Lipnik in 2003

Miesiąc Month	Średnia temperatura (°C) Mean temperature		Suma opadów (mm) Total precipitation	
	2003	1961–1994	2003	1961–1994
Marzec — March	2,7	2,7	19,9	32,8
Kwiecień — April	7,6	7,2	14,5	37,8
Maj — May	15,0	12,5	33,8	51,1
Czerwiec — June	19,6	15,9	29,7	61,3
Lipiec — July	20,4	17,4	80,7	63,2
Sierpień — August	20,6	17,4	16,0	56,1

Stwierdzono tendencję do większego porażenia form krótkosłomych przez *Fusarium poae*, gdyż współczynnik korelacji wynosił -0,353 (tab. 2). Nie stwierdzono związku pomiędzy wysokością roślin owsa a częstotliwością występowania innych gatunków patogenów.

Z przeanalizowanych prób ziarna 23 rodów krótkosłomego owsa nagoziarnistego zebranego w roku 2003 łącznie wyrosły 462 kolonie grzybów (tab. 3). Reprezentowały one 14 gatunków i liczne kultury grzybów niezarodnikujących. Najczęściej izolowano *Alternaria alternata*, grzyby niezarodnikujące i kolonie grzybów z rodzaju *Penicillium*. Innymi grzybami stosunkowo często wyodrębnianymi były *Cladosporium herbarum*, *Epicoccum purpurascens*, *Fusarium poae*, *Harzia acremonoides*, *Mucor* spp. i *Nigrospora oryzae*. Pozostałe grzyby zasiedlały ziarniaki sporadycznie.

Tabela 2

Współczynniki korelacji prostej pomiędzy liczbą izolatów *Fusarium poae*, *Alternaria alternata*, udziałem poszczególnych form patogenów oraz wysokością roślin
The simple correlation coefficients between number of isolates of *Fusarium poae*, *Alternaria alternata*, pathogens fraction and plant height

	Liczba izolatów Number of isolates	Liczba izolatów No. of isolates <i>Fusarium poae</i>	Liczba izolatów No. of isolates <i>Alternaria alternata</i>	Udział saprofitów Saprotrophs fraction	Udział patogenów Pathogen fraction	Wysokość rośliny Plant height
Liczba izolatów No. of isolates	—					
Liczba izolatów No. of isolates <i>Fusarium poae</i>	0,333	—				
Liczba izolatów No. of isolates <i>Alternaria alternata</i>	0,287	-0,022	—			
Udział saprofitów Saprotrophs fraction	0,236	0,016	-0,683**	—		
Udział patogenów Pathogens fraction	-0,265	0,045	0,735**	-0,920**	—	
Wysokość rośliny Plant height	-0,085	-0,353	0,068	-0,163	0,015	—

Tabela 3

Gatunki grzybów wyizolowane z ziarna owsa nieoplewionego
Fungal species isolated from seeds of naked oat

Grzyby Fungi	Liczba wyizolowanych kolonii Number of colonies isolated	%
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler	199	43,1
<i>Acremonium</i> sp.	1	0,2
<i>Cladosporium herbarum</i> Link.: Fr.	9	1,9
<i>Cladosporium cladosporioides</i> Fres. (de Vries)	4	0,9
<i>Epicoccum purpurascens</i> Ehrenb. ex Schlecht	20	4,3
<i>Fusarium poae</i> (Peck) Wollenw.	27	5,8
<i>Gonatobotrys simplex</i> Corda	3	0,6
<i>Harzia acremonioides</i> (Harz) Cost.	14	3,0
<i>Mucor</i> spp.	8	1,7
<i>Nigrospora oryzae</i> (Berk. et Br.) Petch	7	1,5
<i>Paecilomyces</i> sp.	3	0,6
<i>Penicillium</i> sp.	64	13,9
<i>Rhizopus nigricans</i> Ehrenb.	2	0,4
<i>Stemphylium botryosum</i> Wallr.	2	0,4
Kultury niezarodnikujące Non-sporulating colonies	99	21,43
Razem Total	462	

Wśród ujawnionych kolonii grzybów związanych z ziarniakami badanych rodów owsa nagoziarnistego (tab. 3), gatunkami grzybów potencjalnie patogenicznymi dla tej rośliny były *F. poae*, *Nigrospora oryzae* i *Stemphylium botryosum*. Natomiast innymi gatunkami

mogące obniżyć jakość materiału siewnego, rozwój siewek owsa oraz wartość nabywczą jego ziarna były *A. alternata* i *E. purpurascens*. Jednak udział tych gatunków w wyodrębnionych zbiorowiskach różnił się znacznie w zależności od badanego rodzaju (tab. 4).

Tabela 4

Udział gatunków grzybów w zbiorowiskach wszystkich grzybów zasiedlających ziarna zbadanych rodów owsa nieoplewionego (%)
The participation of fungal species in the populations of all the fungi colonizing seeds of the examined strains of naked oat (%)

Rody Strains	Udział grzybów Participation of fungi (%)														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
STH 6997	76,4				5,9					5,9		11,8			
STH 6998	62,5		25,0		6,3			6,3							
STH 7000	61,1		16,7		5,6	11,1						5,6			
STH 16030	31,5		5,3	5,3	5,3				5,3			15,7	5,3		26,3
STH 16073	45,8		4,2			8,3									41,7
STH 15913	76,1				4,8			4,8				9,5			4,8
STH 15936	37,5					8,3					16,7				37,5
STH 15948	72,1					16,7						5,6			5,6
STH 16031	57,9									5,3			5,3		31,5
STH 15714	37,5					6,3					6,3	12,4			37,5
STH 15942	45,8											4,2			50,0
STH 15944	50,0				3,8										46,2
STH 15464	12,8			5,1	10,3	12,8		10,3				41,0			7,7
STH 15314	31,3	3,1			3,1	12,5		3,1	12,5			25,0		3,1	6,3
STH 15570	22,2				13,9	2,8		2,8	8,3			30,6			19,4
STH 7036	46,1						15,4					7,7			30,8
STH 16126	40,0					20,0									40,0
STH 7091	11,8			5,9	17,6					11,8					52,9
STH 16224	68,8						6,2				6,2				18,8
STH 16323	46,1					15,4				15,4	7,7	7,7		7,7	
STH 16344	57,1					14,3				7,1					
STH 16315	23,8				4,8			23,8				42,8			4,8
STH 16316	44,4					11,1		11,1							33,4

A — *Alternaria alternata* B — *Acremonium* sp. C — *Cladosporium herbarum* D — *Cladosporium cladosporioides* E — *Epiccoccum purpurascens* F — *Fusarium poae* G — *Gonatotryps simplex* H — *Harzia acremonioides* I — *Mucor* spp. J — *Nigrospora oryzae* K — *Paecilomyces* sp. L — *Penicillium* sp. M — *Rhizopus nigricans* N — *Stemphylium botryosum* O — Kultury niezarodnikujące — non-porulating cultures

Rodami, których ziarno zasiedlało najwięcej kolonii *A. alternata* (udział >50%) były: STH 6997, STH 6998, STH 7000, STH 15913, STH 15948, STH 16031, STH 16224 i STH 16344. *Epiccoccum purpurascens* dominowało (udział >10%) na ziarnie rodów: STH 15464, STH 15570 i STH 7091. Rodami (udział >10%) zasiedlanymi często przez *F. poae* były: STH 7000, STH 15948, STH 15464, STH 15314, STH 16126, STH 16323, STH 16344 i STH 16316.

DYSKUSJA

Wyizolowanie 462 kolonii należących do 14 gatunków grzybów związanych z 575 ziarniaków 23 badanych rodów krótkosłomowego owsa nagiego (tab. 3) potwierdza nieliczne

doniesienia literaturowe, że ziarno tej rośliny zasiedlają liczne i zróżnicowane zbiorowiska grzybów (Błaszowski, Piech, 2002; Michalski, Horoszkiewicz-Janka, 2003; Strzelecki, Zdradzisz, 1991).

Większość wyizolowanych grzybów należy do gatunków powszechnie zasiedlających ziarno zbóż, w tym ziarno owsa (Piech, Błaszowski, 1993; Błaszowski, Piech, 2002; Flannigan, 1970).

Podobnie częste występowanie *A. alternata*, *E. purpurascens*, *F. poae*, *Penicillium* spp. i grzybów niezarodnikujących na ziarniakach stwierdzili również np. Błaszowski (1989 a, b, 1994), Hill i Lacey (1983), Piech i Błaszowski (1993) oraz Błaszowski i Piech (2002) w badaniach zbiorowisk grzybów związanych z ziarnem owsa i innych zbóż. Spośród tych grzybów tylko *F. poae*, *Nigrospora oryzae* i *Stemphylium botryosum* są zaliczane do patogenów różnych zbóż (Neergaard, 1977). Według Champion (1999), Domscha i wsp. (1980) i Łacicowej (1963) *F. poae* wywołuje suche gnicie ziarna zarówno na pniu, jak i podczas jego kiełkowania. Grzyb ten tworzy mikotoksyny zwane F-2 i T-2 (Chełkowski, 1985). Natomiast *Nigrospora oryzae* i *Stemphylium botryosum* wywołują plamistości ziarna zbóż (Neergaard, 1977).

Opinie o oddziaływaniu *A. alternata* i *E. purpurascens* na ziarno i rośliny zbóż są sprzeczne. Na przykład, Gabińska i wsp. (1991) i Narkiewicz-Jodko (1991) podaje, że obecność tych gatunków w zbiorowiskach grzybów zasiedlających ziarno nie ma wpływu na jakość materiału siewnego. Natomiast Hudson (1978), Noble i Richardson (1968), Pokacka (1987) i Wiese (1977) uznali, że *A. alternata* i *E. purpurascens* są słabymi pasożytami, przyspieszającymi zamieranie ich roślin gospodarzy i wywołującymi odbarwienia i czernienie ziaren. Według Domscha i wsp. (1980) *E. purpurascens* tłumilo wzrost jęczmienia i było jednym z organizmów wywołujących plamistości liści owsa. Ponadto, obfite zasiedlenie ziaren przez *A. alternata* i *E. purpurascens* znacznie obniża ich wartość nabywczą z powodu „okopconego” wyglądu (Neergaard, 1977).

Pomimo częstego występowania kolonii niezarodnikujących w zbiorowiskach grzybów rozwiniętych ze zbadanych prób ziaren (tab. 4), to ich znaczenie dla zdrowotności ziaren i roślin pozostaje nieznane. Brak symptomów chorobowych na siewkach wyrosłych z ziarniaków zasiedlonych przez te grzyby w kulturach agarowych sugeruje, że grzyby te nie są patogenami.

Ziarno zebrane w latach wilgotnych zwykle jest bardziej zainfekowane przez grzyby niż ziarna pochodzące z lat suchych (Neergaard, 1977). Uzyskane dane wskazują jednak, że nawet w latach suchych należy się liczyć z występowaniem infekcji grzybowych ziarna owsa. Jest to prawdopodobnie wynik obniżonej odporności roślin w warunkach niekorzystnego przebiegu pogody, co skutkuje większą podatnością na stresy biotyczne.

LITERATURA

- Arx J. A. von. 1970. The genera of fungi sporulating in pure culture. Verlag J. Cramer. 3301 Lehre.
 Barnett H. L. 1960. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Minneapolis.
 Błaszowski J., Piech M. 2002. Comparison of seed-borne fungal communities of naked and husked oats and barley. Phytopath. Pol. 24: 71 — 74.

- Błaszkowski J. 1989 a. Badania nad mikoflorą ziarn jęczmienia uprawianego na obszarze województwa szczecińskiego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 374: 47 — 58.
- Błaszkowski J. 1989 b. Badania nad selektywną grzybotoksycznością fungicydów w stosunku do mikoflory ziarn jęczmienia. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 374: 59 — 77.
- Błaszkowski J. 1994. The occurrence of *Septoria nodorum* Berk. and associated mycoflora in seeds of wheat cultivated in the Szczecin voivodeship. Acta Mycol. 29: 43 — 52.
- Błaszkowski J. 1995. Biotic effects of mycoflora of leaves, glumes and seeds on *Septoria nodorum* following *Triticum aestivum* treatment with fungicides. Acta Mycol. 30: 223 — 232.
- Booth C. 1971. The genus *Fusarium*. Commonwealth Mycol. Inst. Kew., Surrey.
- Champion R. 1999. Erkennen und Bestimmen samenübertragbarer Pilze. Pflanzenschutz Nachrichten Bayer.
- Chelkowski J. 1985. Mikotoksyny, wytwarzające je grzyby i mikotoksykozy.
- Domsch K. H., Gams W., Anderson T. 1980. Compendium of soil fungi. Acad. Press. London-New York-Toronto-Sydney-San Francisco.
- Flannigan B. 1970. Comparison of seed-borne mycofloras of barley, oats and wheat. Trans. Br. Mycol. Soc. 55: 267 — 276.
- Flannigan B. 1974. Distribution of seed-borne microorganisms in naked barley and wheat before harvest. Trans. Br. Mycol. Soc. 62: 51 — 58.
- Gabińska K., Narkiewicz-Jodko M., Schneider J. 1991. Wpływ wieloletniego przechowywania na wartość siewną pszenżyta ozimego. Biul. IHAR 180: 43 — 52.
- Gilman I. C. 1945. A manual of soil fungi. Ames-Iowa.
- Hayes J. 1992. Naked oats. The Superioat Company Limited (2nd ed.).
- Hill R. A., Lacey J. 1983. The microflora of ripening barley grain and the effects of pre-harvest fungicide application. Ann. Appl. Biol. 102: 455 — 465.
- Hudson H. J. 1978. Introduction to the significance of interactions in successions in natural environments. Ann. Appl. Biol. 89: 155 — 158.
- Łacicowa B. 1963. Badania nad morfologią i biologią *Fusarium poae* (Pk.) Wr. oraz patogenicznością tego gatunku względem siewek pszenicy. Ann. Univ. M. Curie-Skłodowska, C-23: 419 — 439.
- Mańka K. 1974. Zbiorowiska grzybów jako kryterium oceny wpływu środowiska na choroby roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 160: 9 — 23.
- Michalski T., Horoszkiewicz-Janka J. 2003. Grzyby zasiedlające ziarna owsa nagiego i oplewionego w zależności od sposobu ochrony roślin w okresie wegetacji. Biul. IHAR 229: 211 — 219.
- Mills J. T., Wallace H. A. H. 1979. Microflora and condition of cereal seeds after a wet harvest. Can. J. Plant Sci. 59: 645 — 651.
- Narkiewicz-Jodko M. 1991. Wpływ warunków zbioru na mikoflorę przechowywanego ziarna pszenżyta ozimego. Biul. IHAR 180: 33 — 41.
- Neergaard P. 1977. Seed pathology. The Macmillan Press Ltd. London.
- Noble M., Richardson M. J. 1968. An annotated list of seed-borne diseases. Phytopath. Papers 8: 1 — 19.
- Palti J. 1981. Cultural practices and infectious crop diseases. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg, New York.
- Piech M., Błaszkowski J. 1993. The influence of the degree of reproduction on the mycoflora of winter *XTriticosecale* seeds. Bull. Pol. Ac. Sci., Biol. Sci. 41: 393 — 399.
- Pokacka Z. 1987. Wyniki badania patogeniczności grzybów wyosobnionych z ziarna żyta (*Secale cereale* L.). Prace Naukowe IOR 29: 59 — 70.
- Strzelecki A. W., Zdradzisz E. 1991. Owies nagi (*Avena nuda*) — wartość użytkowa oraz niektóre problemy hodowli i nasiennictwa. Hod. Rośl. Nasien. Biul. Branż. 5–6: 11 — 14.
- Valentine J. 1995. Naked oats. In: The oat crop. Ed. R. W. Welch. Chapman & Hall.: 504 — 532.
- Wallace D H., Yan W. 1998. Plant breeding and whole-system crop physiology. Improving adaptation, maturity and yield. CAB International, Wallingford.
- Wiese M. V. 1977. Compendium of wheat diseases. Am. Phytopath. Soc.

KINGA SZAREK**KAZIMIERZ KLIMA**Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin
Akademia Rolnicza w Krakowie

Porównanie plonowania i elementów struktury plonu owsa uprawianego w różnych warunkach klimatyczno-glebowych

The comparison of yield levels and constituents in oats grown under different climatic and soil conditions

W dwóch jednoczynnikowych doświadczeniach polowych zrealizowanych w latach 2003–2005, porównywano plon oraz elementy struktury plonu owsa uprawianego w siewie czystym oraz w mieszkach z jęczmieniem jarym jak również z pszenżytem jarym. Eksperymenty przeprowadzono w Górskiej Stacji Doświadczalnej KOURiR w Czyrnej k. Krynicy oraz w Mydlnikach k. Krakowa. Owies uprawiany w okolicy Krakowa (Mydlniki) uzyskał większy plon ziarna w porównaniu do uprawy w warunkach górskich (Czyrna), zarówno gdy był wysiewany w siewie czystym (o 61,6%) jak i w mieszkach (o 30,3–52,3%). Zastosowana metoda Rudnickiego wykazała, że bez względu na sposób siewu, o większym plonie owsa, uprawianego w Mydlnikach względem doświadczenia w Czyrnej, decydowała większa obsada wiech średnio w 66,0%, większa MTN w 31,6%, oraz dorodniejsze wiechy w 2,4%.

Słowa kluczowe: owies, struktura plonu, warunki uprawy, mieszanki zbożowe

Two one-factored field experiments were carried out in the years 2003–2005. Yield levels and constituents in oats grown in a pure stand and in mixtures with spring barley and spring triticale were compared. The investigations were performed at the Mountain Experimental Station in Czyrna near Krynica and at the Experimental Station in Mydlniki near Kraków. The yield of oats grown under better conditions of Kraków surroundings was higher than that of oats grown in the mountainous region, whether the oats was cultivated in pure stand (about 61.6%) or in mixtures (about 30.3–52.3%). Rudnicki's method applied in the work showed that the higher yield of oats grown in Mydlniki was the effect of the greater number of panicles / 1 m² (about 66.0%), higher weight of 1000 grains (about 31.6%) and the greater number of grains per panicle (about 2.4%).

Key words: growing conditions, oats, spring cereals mixtures, yield constituents

WSTĘP

Wielkość i jakość plonów roślin uprawnych zależy w dużym stopniu od lokalnego układu czynników przyrodniczych. Rzadko się zdarza, aby układ czynników klimatycznych i glebowych w okresie wegetacji był zgodny z potrzebami w danym stadium rozwoju. Zatem rośliny rosną i rozwijają się w warunkach stałego stresu, który przyczynia się do zmniejszenia plonu (Dzieżyc, 1993; Górecki i Grzesiuk, 2002). W wielu doświadczeniach polowych wykazano, że uprawa zbóż w mieszankach, w porównaniu do siewów czystych, zapewnia większą wierność plonowania (Klima i Struś, 2001; Rudnicki, 1994). Poprawa stabilności plonu jest konsekwencją zróżnicowanych wymagań siedliskowych gatunków tworzących mieszankę, a tym samym zdolności do pełniejszego, niż w przypadku zasiewów jednogatunkowych, wykorzystania warunków przyrodniczych. Jednocześnie rośliny przez swoją obecność wpływają na wzrost i rozwój roślin sąsiadujących. Wzajemny wpływ rosnących obok siebie osobników wiąże się zwykle ze zjawiskiem konkurencji. Fakt, że oddziaływania konkurencyjne roślin rosnących w siewie czystym są inne niż w mieszankach sprawia, że wywierają one różny wpływ na elementy struktury plonu w zależności od gatunku, odmiany i proporcji wysiewu (Michalski i Idziak, 1999).

Celem badań było porównanie plonowania owsa i mieszanek z jego udziałem uprawianych w różnych warunkach klimatyczno-glebowych oraz określenie wpływu elementów struktury plonowania owsa uprawianego w siewie czystym i mieszankach, na różnice w plonach wynikające z presji czynników siedliskowych.

MATERIAŁ I METODY

Dwa jednoczynnikowe doświadczenia polowe założone metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach przeprowadzono w latach 2003–2005. Pierwsze w Górskiej Stacji Doświadczalnej KOURiR Akademii Rolniczej w Krakowie, zlokalizowanej w Czyrnej k. Krynicy (545 m n.p.m. Beskid Niski), drugie w Mydlnikach k. Krakowa (306 m n.p.m.). Na poletkach o pow. 18 m² do zbioru, uprawiano owies odmiana Borowiak, jęczmień jary odmiana Boss i pszenżyto jare odmiana Wanad oraz dwie dwuskładnikowe mieszanki: owsa z jęczmieniem jarym oraz owsa z pszenżytem jarym przy 50% udziale obu komponentów. Ilość wysiewu dla upraw jednogatunkowych wynosiła 500 ziaren/m², zaś dla mieszanek 250+250 ziaren/ m². W Stacji Czyrna wykonywano siewy w kolejnych latach 17.04.2003, 15.04.2004 i 12.04.2005, natomiast w Stacji w Mydlnikach 14.04.2003, 13.04.2004 i 06.04.2005. Zbiory odbyły się 12.08.2003, 19.08.2004 i 20.08.2005 w Górskiej Stacji w Czyrnej oraz 05.08.2003, 08.08.2004 i 12.08.2005 w Mydlnikach koło Krakowa. Zawartość przyswajalnych form fosforu i potasu w glebie pól doświadczalnych była średnia, zaś pH (w KCl) w Stacji Mydlniki wynosiło 5,9, a w Czyrnej 5,4. Nawożenie mineralne stosowano wiosną przed siewem w ilości 50 kg N 70 kg K₂O 50 kg P₂O₅. W trakcie okresu wegetacyjnego corocznie wykonywano oprysk przeciwko chwastom w końcu fazy krzewienia. Zastosowano mieszankę herbicydową Granstar 75 WP (15 g/ha) + Starane 250 SL (0,5 l/ha). Porażenia zbóż przez choroby atakujące liście i źdźbła

(mączniak prawdziwy zbóż i traw, rdza żdźbłowa, rdza koronowa owsa, rynchosporioza jęczmienia) oceniano według skali 9°. W części wynikowej pracy zrezygnowano z przedstawienia rezultatów analiz porażenia, ponieważ porażenie na badanych obiektach było niewielkie i wahało się w granicach 6°–9°. Analizę liczby kłosów (wiech), liczby ziaren w kłosie (wiesze) i MTN przeprowadzono na materiale roślinnym z poletek kontrolnych o pow. 1 m². Wyniki poddano analizie wariancji, a ocenę istotności różnic między obiektami wykonano z zastosowaniem testu t Studenta na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Dwuczynnikową analizą statystyczną, uwzględniającą warunki klimatyczno-glebowe i sposób uprawy objęto liczbę ziaren w kłosie (wiesze) oraz MTN, ponieważ liczba kłosów (wiech) na jednostce powierzchni (jak wynika z metody badań) dla siewów czystych i mieszanek była różna z założenia. Wpływ elementów struktury plonu na różnice w plonie owsa pomiędzy doświadczeniem w Czyrnej a doświadczeniem w Mydlnikach określono na podstawie metody opracowanej przez Rudnickiego (2000).

Warunki siedliskowe

W Górskiej Stacji Badawczej w Czyrnej k. Krynicy doświadczenie realizowano na glebie brunatnej wytworzonej ze zwietrzliny skał fliszowych o składzie granulometrycznym gliny średniej szkieletowej. Zaliczono ją do V klasy bonitacyjnej i 12 kompleksu rolniczej przydatności gleb (owsiano-ziemniaczanego górskiego). Średnia roczna temperatura powietrza za wielolecie (1981–2002) wyniosła 6,1°C, co pozwala zaliczyć rejon badań do piętra klimatycznego umiarkowanie ciepłego, natomiast średnia wieloletnia temperatura okresu wegetacyjnego wyniosła 12,6°C (tab. 1). Średnia roczna suma opadów zanotowana w wieloleciu wyniosła 838,9 mm, natomiast suma opadów okresu wegetacyjnego za wielolecie osiągnęła 482,3 mm (tab. 1).

Tabela 1

Miesięczny rozkład opadów i temperatura powietrza w okresie wegetacji w latach 2003–2005 w Stacji Czyrna
Monthly distribution of precipitation and air temperatures during the vegetation period in 2003–2005 at Czyrna Station

Lata Years	Miesiące Months					Suma opadów, średnia temperatura Rainfall and average temperature	
	IV	V	VI	VII	VIII	IV–VIII	I–XII
Opady — Precipitation (mm)							
2003	33,1	138,1	83,0	87,9	4,6	346,6	586,3
2004	46,8	84,5	119,7	191,5	45,9	488,4	781,3
2005	51,9	97,2	101,7	140,0	100,9	553,2	827,9
1981–2002	63,0	102,1	118,3	97,5	96,0	482,3	838,9
Temperatury — Temperatures (°C)							
2003	5,0	13,2	15,8	16,8	16,6	13,5	6,2
2004	7,1	10,2	14,3	15,6	16,3	12,7	7,2
2005	6,5	12,4	14,1	16,3	16,6	11,8	5,4
1981–2002	6,2	11,5	14,2	16,0	14,8	12,6	6,06

W Stacji Badawczej Mydlniki k. Krakowa (Rów Krzeszowicki) (Kondracki, 1977) doświadczenie realizowano na glebie brunatnej właściwej wytworzonej z lessów. Zaszeregowano ją do II klasy bonitacyjnej i 2 kompleksu rolniczej przydatności gleb (pszennego

dobrego). Stacja położona jest w obrębie piętra klimatycznego ciepłego ze średnią roczną temperaturą powietrza za wielolecie (1961–1990) 7,7°C oraz średnią wieloletnią w sezonie wegetacyjnym (IV–VIII) 14,3°C (tab.2). Roczna suma opadów w wieloleciu osiągnęła 681 mm, zaś średnia wieloletnia suma opadów w sezonie wegetacyjnym wyniosła 400 mm (tab. 2).

Tabela 2

Miesięczny rozkład opadów i temperatura powietrza w okresie wegetacji w latach 2003–2005 w Stacji Mydlniki
Monthly distribution of precipitation and air temperatures during the vegetation period in 2003–2005 at the Mydlniki Station

Lata Years	Miesiące Months					Suma opadów, średnia temperatura Rainfall and average temperature	
	IV	V	VI	VII	VIII	IV–VIII	I–XII
Opady — Precipitation (mm)							
2003	44,4	127,2	38,1	136,5	32,3	378,5	567,5
2004	32,0	42,6	56,4	91,8	75,4	398,2	581,8
2005	61,3	40,6	113,4	102,6	26,5	367,0	579,0
1961–1990	48	83	97	85	87	400	681
Temperatury — Temperatures (°C)							
2003	5,0	14,4	16,5	18,3	17,3	14,3	6,9
2004	7,3	10,6	14,6	16,0	17,0	13,1	6,8
2005	6,8	11,4	14,4	17,6	15,4	13,1	6,9
1961–1990	7,9	13,1	16,2	17,5	16,9	14,3	7,7

Biorąc pod uwagę sumy opadów atmosferycznych w okresach wegetacyjnych (kwiecień — sierpień) oraz kryteria opracowane przez Kaczorowską (1962), to w Stacji Czyrna sezon 2004 można zaliczyć do przeciętnych, sezon 2003 do bardzo suchych, zaś sezon 2005 do wilgotnych. W Stacji Mydlniki wszystkie sezony można zaliczyć do przeciętnych.

WYNIKI I DYSKUSJA

Średni plon siewów czystych oraz mieszanek badanych zbóż jarych uzyskany w korzystniejszych dla uprawy warunkach glebowo-klimatycznych okolic Krakowa (Mydlniki) był o 1,26 t·h⁻¹ (tj. o 35%) większy od uzyskanego w warunkach górskich (Czyrna) (tab. 3). Największa różnica między plonami zbóż w porównywanych stacjach wystąpiła w ostatnim roku badań, tj. 2005 (46,6%). Rok ten charakteryzował się stosunkowo dużymi opadami atmosferycznymi w lipcu i sierpniu w Czyrnej (suma opadów dla tych miesięcy była większa o 24,5% w porównaniu analogicznych danych z wielolecia), co przyczyniło się do późnego zbioru (20. 08) i mogło mieć również wpływ na słabe plonowanie zbóż w 2005 roku w rejonie górskim. Najczęściej wymienianymi czynnikami limitującymi plon w terenach górskich jest zakwaszenie i niska jakość gleb, późny termin siewu oraz krótki okres wegetacji (Zawora i in., 1990). Biorąc pod uwagę sposób siewu, największą różnicę plonu wynikającą z gorszych warunków uprawy odnotowano w przypadku siewu czystego owsa (o 61,6%) oraz mieszanki owsa z pszenżytem (o 61,1%). Silna reakcja owsa, który uważany jest za najbardziej

predysponowany do uprawy w górach ze względu na największe wymagania wodne oraz stosunkowo niewielkie ciepłne w porównaniu do innych zbóż jarych (Pisulewska i Poradowski, 2004), mogła być związana z właściwościami stosowanej odmiany Borowiak, charakteryzującej się średniej długości okresem wegetacyjnym oraz stosunkowo małą odpornością na zakwaszenie gleby (Sulek i in., 2001). Z kolei słaby poziom plonowania mieszanki owsa z pszenżytem w regionie górskich, a co za tym idzie w warunkach lepszego zaopatrzenia w wodę, znajduje potwierdzenie w wynikach uzyskanych przez Wasilewskiego (1994), który stwierdził ujemną korelację pomiędzy plonem tej formy uprawy a ilością opadów.

Tabela 3

Plonowanie (t·ha⁻¹) siewów czystych i mieszanek zbożowych w zależności od warunków pogodowych występujących w kolejnych latach badań oraz warunków klimatyczno-glebowych w stacjach doświadczalnych

Yielding of cereal pure stands and cereal mixtures depending on weather conditions in the years of investigations and climatic-soil conditions at the Experimental Stations

Stacja doświadczalna Experimental station	Lata badań Years of investigations	Siewy czyste i mieszanki zbożowe Pure stands and mixtures of small grain cereals					Średnio Mean
		owies oats	jęczmień barley	pszenżyto triticale	owies + jęczmień oats + barley	owies + pszenżyto oats + triticale	
Mydlniki	2003	4,93	5,00	4,86	4,48	5,36	4,93
	2004	4,79	4,15	4,30	5,02	4,45	4,54
	2005	4,67	4,40	4,86	5,89	5,69	5,10
	średnio mean	4,80	4,52	4,67	5,13	5,17	4,86
Czyrna	2003	2,76	4,24	3,71	3,77	3,01	3,50
	2004	3,14	4,36	4,08	4,10	3,47	3,83
	2005	3,01	4,09	3,98	3,20	3,16	3,48
	średnio mean	2,97	4,23	3,92	3,69	3,21	3,60
Średnio dla lat Mean for years	2003	4,215	średnio dla stacji mean for stations		Mydlniki	4,86	
	2004	4,185			Czyrna	3,60	
	2005	4,290	NRI $\alpha = 0,05$ — LSD $\alpha = 0,05$			0,1291	
Średnio dla siewów czystych i mieszanek Mean for pure stands and mixtures	NRI $\alpha = 0,05$ — LSD $\alpha = 0,05$	r.n.; n.s.					
	owies oats	3,89	współdziałanie NRI $\alpha = 0,05$ interaction LSD $\alpha = 0,05$				
	jęczmień barley	4,38					
	pszenżyto triticale	4,30	stacje doświadczalne × sposób siewu experimental station × way of sowing			0,3774	
	owies + jęczmień oats + barley	4,41	stacje doświadczalne × lata experimental stations × years			0,2086	
	owies + pszenżyto oats + triticale	4,23	sposób siewu × lata way of sowing × years			0,3833	
	NRI $\alpha = 0,05$ — LSD $\alpha = 0,05$	0,2808	stacje doświadczalne × sposób siewu × lata experimental stations × way of sowing × years			0,4518	

W 2004 roku średnie plony uzyskane w Mydlnikach były mniejsze w porównaniu do lat pozostałych, tj. 2003 i 2005 (tab. 3). Przyczyną słabego plonowania zbóż w drugim roku badań mogły być stosunkowo małe opady atmosferyczne w pierwszej części okresu

wegetacyjnego (od kwietnia do czerwca). Średnia suma opadów za te miesiące w 2004 roku stanowiła zaledwie 57% analogicznej średniej z wielolecia. (tab. 2). Odwrotną zależność stwierdzono w Czyrnej, gdzie rok 2004, w którym zanotowano przeciętne warunki plonotermiczne (tab. 1), okazał się najkorzystniejszy dla plonowania zbóż w porównaniu do roku 2003 (sezon bardzo suchy) i 2005 (sezon wilgotny).

Tabela 4

Plony i elementy plonowania owsa uprawianego w siewie czystym i w mieszankach w różnych warunkach klimatyczno-glebowych
Yield level and constituents in oats grown in pure stands and mixtures under different climatic and soil conditions

Plon i elementy plonowania Yield and its constituents	Czyrna			Mydlniki		
	owies oats	owies w mieszance z jęczmieniem oats in mixture with barley	owies w mieszance z pszenżytem/ oats in mixture with triticale	owies oats	owies w mieszance z jęczmieniem oats in mixture with barley	owies w mieszance z pszenżytem oats in mixture with triticale
Plon ziarna (t × ha ⁻¹) Yield of grain (t per ha)	2,97	1,52	1,47	4,80	1,98	2,24
Obsada wiech (szt. × m ⁻²) Number of panicles / 1 m ²	321,3	165,3	162,7	422,6	231,5	186,7
Liczba ziaren w wieście Number of grains per panicle	32,5	32,7	32,3	35,5	24,8	36,3
Średnio dla stacji Mean for stations	Czyrna		32,5	Mydlniki		32,2
NIR $\alpha = 0,05$ — LSD $\alpha = 0,05$	r.n.— n.s.					
Średnio dla sposobu siewu (bez względu na stację) Mean for way of sowing	34,0	28,8	34,3			
NIR $\alpha = 0,05$ — LSD $\alpha = 0,05$	3,057					
Masa 1000 ziaren (g) Weight of 1000 grains	29,5	29,8	29,4	33,5	34,0	34,9
Średnio dla stacji Mean for stations	Czyrna		29,6	Mydlniki		34,1
NIR $\alpha = 0,05$ — LSD $\alpha = 0,05$	2,480					
Średnio dla sposobu siewu (bez względu na stację)/ Mean for way of sowing	31,5	31,9	32,2			
NIR $\alpha = 0,05$ — LSD $\alpha = 0,05$	r.n.— n.s.					

W dogodnych dla plonowania warunkach uprawy (w Mydlnikach) porównywane mieszanki plonowały lepiej niż siewy czyste średnio o 10,5% (tab. 3), przy czym największą różnicę w plonie na korzyść mieszanek odnotowano w 2005 roku (24,8%). W regionie górskim mieszanka owsa z jęczmieniem wydała większy plon niż owies w siewie czystym (o 24,2%), ale poniżej poziomu plonowania jęczmienia z siewu czystego. W przypadku drugiej z testowanych mieszanek owsa z pszenżytem uzyskano plon na poziomie gatunku gorzej plonującego, tj. owsa. Uzyskane plony potwierdzają powszechnie panujący pogląd (Rudnicki, 1994), że korzystne efekty siewów współrzędnych nie zawsze się ujawniają, a plony mieszanek najczęściej układają się w poziomie pośrednim między wydajnością odpowiednich gatunków w siewach czystych.

MTN owsa zależała od warunków klimatyczno-glebowych, natomiast sposób uprawy nie różnicował istotnie tej cechy (tab. 4). Odwrotną tendencję odnotowano w przypadku liczby ziaren w wiesze. Z kolei MTN jęczmienia zależała zarówno od warunków uprawy jak i sposobu siewu, zaś liczba ziaren w kłosie jedynie od warunków uprawy (tab. 5). Czynniki doświadczenia nie miały istotnego wpływu na kształtowanie się MTN i liczby ziaren w kłosie pszenżyta (tab. 6). Tabele 5–6 przedstawiają dane dotyczące plonowania i elementów struktury plonów jęczmienia i pszenżyta. Z uwagi na ograniczenia objętości pracy, dokładna interpretacja danych zawartych w tabelach 5–6 będzie przedmiotem osobnej pracy.

Tabela 5

Plony i elementy plonowania jęczmienia jarego w siewie czystym i w mieszance z owsem w różnych warunkach klimatyczno-glebowych
Yield level and constituents in spring barley grown in pure stands and mixture with oats under different climatic and soil conditions

Plon i elementy plonowania Yields and its constituents	Czyrna		Mydlniki	
	jęczmień barley	jęczmień w mieszance z owsem barley in mixture with oats	jęczmień barley	jęczmień w mieszance z owsem barley in mixture with oats
Plon ziarna ($t \times ha^{-1}$) Yield of grain (t per ha)	4,23	2,17	4,52	3,15
Obsada wiech ($szt \times m^{-2}$) Number of panicles / $1m^2$	509,1	286,3	778,0	365,3
Liczba ziaren w wiesze Number of grains per panicle	21,1	20,0	11,6	15,9
Średnio dla stacji Mean for stations	Czyrna	20,6	Mydlniki	13,8
NIR $\alpha=0,05$ — LSD $\alpha=0,05$	4,449			
Średnio dla sposobu siewu (bez względnie na stacje) Mean for way of sowing	16,4	18,0		
NIR $\alpha=0,05$ — LSD $\alpha=0,05$	r.n. — n.s.			
Masa 1000 ziaren (g) Weight of 1000 grains (g)	40,8	39,4	47,1	42,0
Średnio dla stacji Mean for stations	Czyrna	40,1	Mydlniki	44,6
NIR $\alpha=0,05$ — LSD $\alpha=0,05$	1,419			
Średnio dla sposobu siewu (bez względnie na stacje) Mean for way of sowing	44,0	40,7		
NIR $\alpha=0,05$ — LSD $\alpha=0,05$	1,071			

Owies uprawiany w okolicach Krakowa uzyskał większy plon ziarna w porównaniu do uprawy w rejonie górskim, zarówno gdy był wysiewany w siewie czystym, jak i w mieszankach (tab. 4). Największą różnicę w plonie owsa pomiędzy doświadczeniami w Mydlnikach i w Czyrnej obserwowano, gdy owies uprawiano w siewie czystym (o 61,6%), najmniejszą zaś w przypadku owsa wysiewanego z jęczmieniem (30,3%).

Tabela 6

Plon i elementy plonowania pszenżyta jarego uprawnego w siewie czystym i w mieszance z owsem w różnych warunkach klimatyczno-glebowych
Yield level and constituents in spring triticale grown in pure stands and mixture with oats under different climatic and soil conditions

Plon i elementy plonowania Yield and its constituents	Czarna		Mydlniki	
	pszenżyto triticale	pszenżyto w mieszance z owsem triticale in mixture with oats	pszenżyto triticale	pszenżyto w mieszance z owsem triticale in mixture with oats
Plon ziarna ($t \times ha^{-1}$) Yield of grain (t per ha)	3,92	1,74	4,67	2,93
Obsada wiech (szt. $\times m^{-2}$) Number of panicles / $1m^2$	359,9	185,3	391,0	218,7
Liczba ziaren w wiesze number of grains per panicle	31,4	31,3	33,3	31,7
Średnio dla stacji Mean for stations	Czarna	31,4	Mydlniki	32,5
NIR $\alpha=0,05$ — LSD $\alpha=0,05$	r.n. — n.s.			
Średnio dla sposobu siewu (bez względu na stację) Mean for way of sowing	32,4	31,5		
NIR $\alpha=0,05$ — LSD $\alpha=0,05$	r.n. — n.s.			
Masa 1000 ziaren (g) Weight of 1000 grains (g)	36,7	36,9	38,8	37,9
Średnio dla stacji Mean for stations	Czarna	36,8	Mydlniki	38,4
NIR $\alpha=0,05$ — LSD $\alpha=0,05$	r.n. — n.s.			
Średnio dla sposobu siewu (bez względu na stację) Mean for way of sowing	37,8	37,4		
NIR $\alpha=0,05$ — LSD $\alpha=0,05$	r.n. — n.s.			

Zastosowana metoda Rudnickiego (tab. 7) wykazała, że większy plon owsa uzyskany w korzystniejszych warunkach w porównaniu do uprawy w górach wynikał w największym stopniu z większej obsady wiech stwierdzonej w Mydlnikach. Z tego tytułu plon ziarna owsa był większy średnio o 28,8% z rozpiętością od 16,7% dla owsa w mieszance z pszenżytem do 38,1% dla owsa z siewu czystego. Wyniki takie znajdują potwierdzenie w pracy Ścigalskiej (1997), która stwierdziła że w warunkach górskich może wypadać z łanu nawet do 39% roślin zbożowych, podczas gdy zjawisko to nie występuje z takim nasileniem w lepszych warunkach klimatycznych. Uprawa owsa w Mydlnikach sprzyjała wykształceniu dorodniejszego ziarna, zwiększając plon średnio o 15,1% w stosunku do owsa z Czarnej. Najsilniej efekt ten zaznaczył się u owsa z mieszanki z pszenżytem (21,9%), zaś najslabiej w siewie czystym (14,2%). Masa 1000 ziaren w większym stopniu zależy od warunków pogodowych niż od czynników agrotechnicznych (Rudnicki i Wasilewski, 1994; Ścigalska, 1999), dlatego też jednym z elementów, które wpłynęły na uzyskanie większej MTN owsa w doświadczeniu przeprowadzonym w okolicach Krakowa mógł być wcześniejszy termin siewu w tym regionie w porównaniu do terenu górskiego oraz fakt, że obszar ten należy do piętra klimatycznego ciepłego, podczas gdy Czarna

położona jest w piętrze klimatu umiarkowanie ciepłego. Z kolei wpływ dorodności wiech na plonowanie owsa rosnącego w różnych warunkach był niewielki. Wkład tego elementu w różnice plonu był większy, gdy owies wysiewano w mieszance z pszenżytem (13,7%) oraz w siewie czystym (9,3%). Natomiast owies w mieszance z jęczmieniem wykładał mniej dorodne wiechy, gdy był uprawiany w okolicach Krakowa, w porównaniu do uprawy w Czyrnej, co pomniejszało efekty pozostałych elementów plonowania o 10,3%. Mniejsza liczba ziaren w wieszce w tym przypadku mogła być konsekwencją słabszego nasilenia zjawiska tzn. samoregulacji roślin w łanie w warunkach dogodniejszych dla uprawy, a tym samym większego zagęszczenia wiech, które zwykle wpływa ujemnie na liczbę ziaren w wieszce (Ścigalska, 1999).

Tabela 7

Wpływ elementów plonowania na różnice w plonie owsa rosnącego w różnych warunkach siedliskowych w zależności od sposobu siewu
Effects of individual yield constituents on yielding of oats grown under different climatic and soil conditions, depending on a way of sowing

Elementy plonowania Yield constituents	Owies Oats	Owies w mieszance z jęczmieniem Oats in mixture with barley	Owies w mieszance z pszenżytem Oats in mixture with triticale	Średnio Mean
Wkład elementów plonowania w różnice względne plonów (%) Contribution of yield constituents to relative differences in oat yielding				
Obsada wiech ($sz \times m^{-2}$) Number of panicles	38,1	31,5	16,7	28,8
Liczba ziaren w wieszce Number of grains per panicle	9,3	-10,3	13,7	4,2
Masa 1000 ziaren Weight of 1000 grains	14,2	9,1	21,9	15,1
Suma Sum	61,6	30,3	52,3	48,1
Udział elementów plonowania w zmianie plonu (%) lub ($kg \times dt^{-1} \times ha^{-1}$) Share of yield constituents in differences in oat yielding				
Obsada wiech Number of panicles	61,9	104,1	31,9	66,0
Liczba ziaren w wieszce Number of grains per panicle	15,1	-34,0	26,2	2,4
Masa 1000 ziaren Weight of 1000 grains	23,0	29,9	41,9	31,6
Suma Sum	100,0	100,0	100,0	100,0
Błąd oceny (%) Error of estimate (%)	4,4	3,6	5,4	—

W podsumowaniu należy stwierdzić, że w przyjętej metodzie Rudnickiego o zmianie wielkości plonu owsa o jednostkę masy ($1 dt \cdot ha^{-1}$) w wyniku prowadzenia uprawy w różnych warunkach klimatyczno-glebowych, bez względu na sposób siewu, obsada wiech decydowała średnio w 66,0%, MTN w 31,6% oraz liczba ziaren w wieszce w 2,4%. Udział tych elementów plonowania był jednak znacząco różny zależnie od sposobu siewu owsa (tab. 7).

WNIOSKI

1. W korzystniejszych dla uprawy warunkach klimatyczno-glebowych okolic Krakowa średni plon siewów czystych i mieszanek zbóż jarych był o 35% większy niż w terenach górskich.
2. Największą różnicę w plonie owsa pomiędzy doświadczeniami przeprowadzonymi w różnych warunkach klimatyczno-glebowych obserwowano, gdy owies uprawiano w siewie czystym (o 61,6%).
3. Większy plon owsa uzyskany w lepszych warunkach, niezależnie od sposobu siewu, był wynikiem większej obsady wiech w 66,0%, większej MTN w 31,6%, dorodniejszych wiech w 2,4%.
4. Oddziaływanie konkurencyjne pomiędzy roślinami owsa uprawianymi w czystym siewie i w mieszankach było zróżnicowane. Pod względem obsady wiech najlepszym sąsiedztwem dla owsa okazały się rośliny jęczmienia, zaś najgorszym rośliny pszenżyta jarego w mieszance.
5. Wypełnieniu ziarna owsa bardziej sprzyjało sąsiedztwo pszenżyta jarego w mieszance, aniżeli owsa w siewie czystym i jęczmienia jarego w mieszance.
6. Biorąc pod uwagę uzyskane plony należy zalecać do uprawy zarówno w rejonie Krakowa jak i w terenach górskich wszystkie testowane rośliny zbożowe. O przydatności do uprawy poszczególnych gatunków i sposobów wysiewu powinny decydować wyniki analizy efektywności ekonomicznej uprawy siewów czystych i mieszanek zbożowych.

LITERATURA

- Dzieżyc J. 1993. Regionalne zróżnicowanie środowiska przyrodniczo-rolniczego. W: Czynniki plonotwórcze — plonowanie roślin. PWN, Warszawa-Wrocław: 453 — 458.
- Górecki J., Grzebiuk S. 2002. Reakcje roślin na stresy. W: Fizjologia plonowania roślin. Wyd. UWM, Olsztyn: 448 — 451.
- Kaczorowska Z. 1962. Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. Prace Geogr. IG PAN. 33: 1 — 107.
- Klima K., Struś L. 2001. Plonowanie mieszanek zbożowych z udziałem owsa w warunkach górskich Beskidu Niskiego. Zesz. Nauk. AR w Krakowie nr 375, Sesja Naukowa 77: 43 — 47.
- Kondracki J. 1977. Regiony fizjograficzne Polski. Wyd. Uniw. Warszawskiego, Warszawa.
- Michalski T., Idziak R. 1999. Plonowanie owsa rosnącego w mieszankach i siewie czystym w zależności od nawożenia azotowego. Żywność 1 (18). Supl.: 38 — 45.
- Pisulewska E., Poradowski R. 2004. Uprawa owsa oplewionego i nagoziarnistego w warunkach górskich. AR Kraków: 1 — 52.
- Rudnicki F. 1994. Biologiczne aspekty uprawy zbóż w mieszankach. Mat. konf.: Stan i perspektywy uprawy mieszanek zbożowych. AR Poznań: 7 — 15.
- Runicki F. 2000. Wyznaczanie wpływu poszczególnych elementów plonowania na różnice plonów między obiektami doświadczalnymi. Fragm. Agronom. 3 (67): 53 — 65.
- Rudnicki F., Wasilewski P. 1994. Dorodność kłosów i ziarna zbóż w mieszankach. Mat. konf.: Stan i perspektywy uprawy mieszanek zbożowych. AR Poznań: 45 — 50.
- Sulek A., Leszczyńska D., Zych J. 2001. Charakterystyka i technologia uprawy odmian owsa. IUNG, Puławy.
- Ścigalska B. 1997. Plonowanie owsa w zależności od gęstości siewu w warunkach Beskidu Niskiego. Zesz. Nauk. AR Kraków, ser. Sesja Nauk. 48: 157 — 166.
- Ścigalska B. 1999. Plonowanie odmian owsa w zależności od gęstości siewu w warunkach regionu południowo-wschodniego. Żywność 1 (18) Supl.: 153 — 160.

- Wasilewski P. 1994. Wpływ proporcji wysiewu i warunków meteorologicznych na plonowanie mieszanek pszenżyta jarego z owsem. Mat. konf.: Stan i perspektywy uprawy mieszanek zbożowych. AR Poznań: 88 — 93.
- Zawora T., Olechnowicz-Bobrowska B., Pasela E. 1990. Wpływ ilości i częstości opadów atmosferycznych na plonowanie roślin uprawnych w Karpatach Zachodnich. Probl. Zagosp. Ziem Górs. 30: 89 — 102.

TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI

Zakład Oceny Jakości i Metod Hodowli Zbóż

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Kraków

Wartość hodowlana rodów owsa badanych w doświadczeniach wstępnych w latach 2002–2004

The value of spring oat strains tested in preliminary field trials in the years 2002–2004

Celem pracy było ustalenie aktualnego stanu i perspektyw hodowli owsa na podstawie badań rodów owsa w zespołowych doświadczeniach wstępnych w latach 2002–2004. Doświadczenia zlokalizowano w 5 miejscowościach; Kopaszewo, Małyszyn, Polanowice, Sobiejuchy i Strzelce w 3 powtórzeniach na poletkach o powierzchni 10 m². Badaniami objęto 78 rodów i 3 odmiany wzorcowe: Deresz, Chwat i Bohun. Badano rody owsa z 3 firm hodowlanych; Danko, Małopolskiej Hodowli Roślin HBP i HR Strzelce. Ocena rodów owsa była wykonana w oparciu o 13 cech: plon ziarna z poletka, odporność na wyleganie i choroby (mączniak, rdzę koronową, *helminthosporium* i wirus żółtej karłowatości), wysokość roślin, datę wiechowania, masę 1000 ziaren, procent ziaren z łuską, zawartość białka i tłuszczu w ziarnie. Na tej podstawie wytypowano liczną grupę rodów owsa plenniejszych od odmian wzorcowych oraz odznaczających się korzystnymi cechami rolniczymi. Wyniki zespołowych doświadczeń wstępnych wskazują na skuteczną pracę selekcyjną w stacjach hodowlanych, umożliwiającą sukcesywne zastępowanie starych odmian nowymi o lepszych parametrach rolniczych i użytkowych.

Słowa kluczowe: owies jary, doświadczenia polowe, rody hodowlane, plon i cechy rolnicze

The aim of the studies was assessment of current state and prospects of oats breeding in Poland, based on performance of breeding strains in the joint preliminary field trials of the years 2002–2004. The experiments were situated in five localities: Kopaszewo, Małyszyn, Polanowice, Sobiejuchy and Strzelce, as three incomplete blocks, on 10 m² plots. The testing embraced 78 strains and three standard varieties: Deresz, Chwat and Bohun. The investigated strains came from three plant breeding companies: Danko, MHR HBP and HR Strzelce. The evaluation of the strains was executed for 13 traits: grain yield, plant height, heading date, 1000 kernels mass, percentage of hulled grains, protein and fat content in grain, resistance to lodging and to the following diseases: powdery mildew, crown rust, leaf blotch and barley yellow dwarf virus. On this basis, the group of promising lines was distinguished, which outyielded the standards and showed other profitable agricultural traits. The results of the preliminary trials have proven a high efficiency of the selection work in the breeding stations, making possible successive substitution of the old varieties with the new ones, showing better parameters of agricultural usefulness.

Key words: spring oat, field experiments, strains of breeding, the yield and agricultural strains

WSTĘP

Wpisanie do rejestru nowej oryginalnej odmiany owsa poprzedzane jest wszechstronną oceną wartości rolniczej rodów owsa przeprowadzaną we wstępnych zespołowych doświadczeniach polowych. Badania lokalizowane są w odmiennych warunkach klimatycznych, glebowych i agrotechnicznych, które różnicują badane odmiany zarówno pod względem wysokości plonu oraz szeregu ważnych cech użytkowych rodów owsa. Umożliwia to wyselekcjonowanie z licznych nowych wyhodowanych form, takich rodów owsa, które charakteryzują się wyższym plonem oraz lepszymi cechami od odmian wzorcowych. Wykorzystuje się w tym przypadku silną reakcję odmian owsa na zmienne warunki agrotechniczne i klimatyczne. Zjawisko takie opisano w wielu publikacjach (Budzyński, 1999; Deryło i in., 1999; Kołodziej i in., 2005; Koziara, 2004; Michalski i in., 1999; Moś i in., 2005; Piech i in., 2003; Pisulewska i in., 2004). Prowadzone w Polsce prace hodowlane powodują dopływ nowych odmian owsa (Nita, 2003; Sułek i in., 2004), które umożliwiają rotację materiału hodowlanego. Jest to bardzo ważny problem, którego zaniedbanie jak wskazuje historia hodowli owsa w Polsce, może powodować spadek produkcji towarowej (Spiss, 2003). Dlatego też celem niniejszych badań było poznanie wartości hodowlanej nowych rodów owsa, badanych w zespołowych doświadczeniach hodowlanych w latach 2002–2004. Dokonana na tej podstawie ocena może określić perspektywy dalszej hodowli owsa w Polsce.

MATERIAŁ I METODY

Zespołowe doświadczenia wstępne przeprowadzono w latach 2002–2004 w 5 miejscowościach; Kopaszewie, Małyszynie, Polanowicach, Sobiejuchach i Strzelcach metodą niekompletnych bloków w 3 powtórzeniach na poletkach o powierzchni 10 m². Warunki glebowe, na których zakładano doświadczenia z owsem były zróżnicowane, od bardzo żyznych lessów w Polanowicach, do ubogich w składniki pokarmowe kompleksów żyznych w Małyszynie. Powszechnie stosowanym przedplonem były buraki cukrowe i rzepak ozimy, a także zboża jare w Małyszynie (tab. 1). Odpowiednio do zasobności gleby zastosowano zróżnicowane nawożenie wahające się od 172 kg/NPK/ha w Strzelcach, do 327 kg NPK w Polanowicach. Tak odmienne warunki agrotechniczne dopełniała zróżnicowana wysokość opadów atmosferycznych, która w okresie wegetacji wahała się od bardzo wysokiego poziomu w Polanowicach (>300 mm) do bardzo niskiego Małyszynie i Sobiejuchach (ok. 150 mm). Zatem doświadczenia polowe zlokalizowano w miejscowościach charakteryzujących się zróżnicowanymi warunkami glebowo-klimatycznymi, a więc istotnymi dla poznania wartości hodowlanej nowych rodów owsa.

Liczba badanych obiektów w 2002 i 2003 roku wynosiła 25 oraz 36 w 2004 roku (razem 78 rodów hodowlanych oraz 2 odmiany wzorcowe w każdym roku) (tab. 2). Niektóre rody były powtarzane w kolejnych latach, łącznie w doświadczeniach wykonano ocenę 60 rodów hodowlanych pochodzących z HR Strzelce (29), Danko (22) i MHR Polanowice (9). Obserwacjami polowymi i analizami laboratoryjnym objęto 13 cech; plon ziarna z poletka,

wysokość roślin, termin wyrzucania wiech, odporność na choroby (mączniaka, plamistości-*helminthosporium*, wirusa żółtej karłowatości, rdzę koronową) i wyleganie. W laboratorium wykonano analizy zawartości łuski, tłuszczu i białka oraz oznaczono masę 1000 ziaren. Na podstawie wykonanych doświadczeń polowych w Zakładzie Oceny Jakości i Metod Hodowli Zbóż IHAR w Krakowie opracowano statystycznie wyniki. Obejmowały one analizę wariancji dla plonu oraz syntezę wszystkich cech ujętą w postaci tabelarycznej umożliwiając kompleksową ocenę wartości hodowlanej badanych rodów (Śmiałowski i in., 2002, 2003, 2004).

Jako podstawowe kryterium wysokiej wartości hodowlanej przyjęto wyższy plon rodów owsa od średniego plonu odmian wzorcowych owsa; Chwat, Deresz i Bohun.

WYNIKI BADAŃ

W tabeli 1 porównano plony ziarna owsa w latach 2002–2004 w poszczególnych miejscowościach. Charakteryzowały się one wysokim zróżnicowaniem od bardzo słabych w Małyszynie (28,7 dt/ha w 2003 roku, do rekordowych w Sobiejuchach (88,3 dt/ha) w 2004 roku (tab. 1). W tym okresie tylko w Polanowicach i Strzelcach odnotowano wysokie i stabilne plony owsa, natomiast duże wahania plonu ziarna wystąpiły w Sobiejuchach i Małyszynie (tab. 1).

Tabela 1

Średnie plony owsa w miejscowościach
Mean yields of the oat in the localities

Lokalizacja doświadczeń Location of experiments	Region kraju Region	Suma opadów (w mm) Rainfall (in mm)			Typ gleby Type of soil	Nawożenie (lata) Fertilization			Średnie plony w latach Mean yields in the years			Średni plon za 3 lata Average yield for 3 years
		2002	2003	2004		2002	2003	2004	2002	2003	2004	
Kopaszewo (CHD)	Wielkopolska	315	222	337	pszenny wheat soil	185	195	221	59,7	57,2	77,5	64,8
Małyszyn (MAH)	Ziemia Lubuska	153	162	218	żytni dobry good rye	282	245	273	40,0	28,7	60,8	43,2
Polanowice (POB)	Małopolska	349	241	418	less loess	248	327	112	75,2	72,6	79,5	75,6
Sobiejuchy (SOA)	Kujawy	174	149	238	szczyrki sand and clay	233	221	226	78,0	46,9	88,3	71,1
Strzelce (STH)	Mazowsze	153	163	352	brunatna właściwa brown proper	172	195	221	72,2	73,7	82,6	76,2

Przyczyną takich wyników były opisane wcześniej warunki klimatyczne, glebowe i agrotechniczne. Potwierdziły się zatem opisane w pracach (Deryły i in., 1999; Piecha i in., 2003; Kołodzieja i in., 2005; Koziary, 2005; Michalskiego i in., 1999) zróżnicowane reakcje odmian i rodów owsa na odmienne warunki środowiskowe (tab. 1).

W tabeli 2 dokonano syntetycznej charakterystyki doświadczeń wstępnych w latach 2002–2004. Plony badanych rodów i odmian owsa wykazywały tendencje rosnącą. Niewielką depresję plonu odnotowano tylko w 2003 roku.

Tabela 2

Charakterystyka zespołowych doświadczeń wstępnych z rodami owsa
The characterization of joint preliminary experiments with strains of oat

Lata badań Years of research	Liczba badanych obiektów Number of investigated objects	Średnie plony (dt/ha) Mean yields	Zakresy plonów (dt/ha) The range of yields		Współczynnik zmienności Coefficient of variability CV (%)	Średnie plony 2 wzorców (dt/ha) Mean of yields of two standards	Liczba rodów lepsza od średniego plonu 2 wzorców Number of strains better than average standard	Liczba rodów istotnie lepszych od plonu 2 wzorców Number of strains significantly better than average standard
			maksymalna wartość max.	minimalna wartość min.				
2002	25	65,0	69,6	57,1	6,8	65,4*	13	1
2003	25	55,8	59,3	51,3	6,8	53,3*	20	8
2004	36	77,8	81,9	69,6	5,6	75,6**	29	6

* Chwat, Deresz

** Bohun, Deresz.

Okazało się, że plony owsa w każdym roku charakteryzowały się niskim zróżnicowaniem (CV w 2004 roku = 5,6% a w 2002 i 2003 roku = 6,8 %; tab. 2). Niską zmienność plonu owsa w badanym okresie potwierdziły wąskie zakresy pomiędzy maksymalnymi a minimalnymi wartościami (tab. 2). Zjawisko takie odnotowano również we wcześniejszych latach (Śmiałowski, 2003). Wartość hodowlana nowych rodów owsa odnosi się do odmian wzorcowych, a więc ich wysoki plon w omawianych doświadczeniach wstępnych mieści się na poziomie średniej ogólnej, co stwarzało wysoką poprzeczkę dla badanych rodów hodowlanych (tab. 2). Liczba rodów istotnie lepszych niż średni plon 2 odmian wzorcowych w badanych latach była niewielka (tab. 2 i 3). Natomiast liczba rodów owsa plenniejszych od średniego plonu 2 odmian wzorcowych wykazywała tendencję rosnącą, od 13 rodów w 2002 do 29 w 2004. W tabeli 3 przedstawiono ocenę postępu hodowlanego z rozbiciem na poszczególne hodowle. Stwierdzono, że rody owsa z Danko i HR Strzelce stanowią najliczniejszą grupę rodów plenniejszych od średniego plonu odmian wzorcowych (tab. 3). Należy podkreślić również postęp w hodowli owsa w Małopolskiej Hodowli Roślin (tab. 3). Spośród badanych rodów wysokim stabilnym potencjałem plonowania charakteryzował się ród CHD 1332/98, który zarówno w 2002, jak i powtórnie badany w 2003 roku zajął czołową lokatę w doświadczeniach wstępnych (tab. 3). Nowe odmiany owsa oprócz wysokiej plenności powinny charakteryzować się również korzystnymi cechami rolniczymi i użytkowymi. Krótką ocenę badanych rodów owsa na podstawie 12 cech dokonano w tabeli 4. Stwierdzono na ogół wyrównane wartości, a tylko nieliczne cechy odznaczały się większym zróżnicowaniem, szczególnie porażenie mączniakiem, rdzą koronową i odpornością na wyleganie (tab. 4).

Tabela 3

Postęp w hodowli nowych rodów owsa w poszczególnych firmach hodowlanych
The progress in breeding of new strains of oat in the firms of plant breeding

Lata badań Years of research	Danko		Małopolska Hodowla Roślin HBP		HR Strzelce	
	liczba rodów owsa lepszych od średniego plonu dwóch wzorców number of strains yielding better than average standard	rody o najwyższym plonie the strains with the highest yield	liczba rodów owsa lepszych od średniego plonu dwóch wzorców number of strains yielding better than average standard	rody o najwyższym plonie the strains with the highest yield	liczba rodów owsa lepszych od średniego plonu dwóch wzorców number of strains yielding better than average standard	rody o najwyższym plonie the strains with the highest yield
2002	4 (-)	CHD 1332/98	- (-)	—	9 (1)	STH 245
2003	8 (3)*	CHD 1332/98	1 (-)	POB 11965/99	11 (6)	STH 40
2004	13 (4)	CHD 1759/99	3 (-)	POB 2765/00	13 (2)	STH 243

(3)* — Oznacza liczbę rodów istotnie lepszych od średniego plonu 2 wzorców na poziomie $\alpha = 0,05$

(3)* — Marks the number of strains significantly better than average yield of two standards, for $\alpha = 0.05$

Na uwagę zasługuje korzystna tendencja skracania słomy u owsa obserwowana w kolejnych latach (tab. 4). Konsekwencją tego może być lepsza odporność nowych rodów owsa na wyleganie, będąca efektem przełamania niekorzystnej korelacji pomiędzy tymi cechami (tab. 4).

Tabela 4

Porównanie cech rodów owsa na podstawie przeprowadzonych obserwacji polowych i analiz laboratoryjnych

The comparison of the traits of oat strains, based on field observations of field and laboratory analyses

Cechy Traits	Lata badań Years of research					
	2002		2003		2004	
	średnie means	CV (%)	średnie means	CV (%)	średnie mean	CV (%)
Wiechowanie — Date of heading	38	5,17	43	2,81	47	3,05
Wysokość — Plant height (cm)	101	3,23	86	3,52	97	7,0
Wyleganie — Lodging	7,8	5,45	5,7	9,06	7,3	10,0
Mączniak — Powdery mildew	6,9	10,57	8,3	6,48	5,9	30,36
Rdza koronowa — Crown rust	7,3	25,57	8,8	6,14	8,8	5,08
Wirus karłowatości — Barley yellow dwarf virus	7,5	5,61	—	—	7,3	9,3
MTZ — 1000 grain mass (g)	36,1	5,86	36,0	7,06	36,9	7,05
Procent łuski — Content of hull (%)	26,1	10,14	24,6	6,33	24,7	5,84
Zawartość białka — Content of protein (%)	11,0	10,32	—	—	—	—
Zawartość tłuszczu — Content of fat (%)	3,7	10,14	—	—	—	—
<i>Rhynchosporium</i> — <i>Rhynchosporium</i> of leaf	—	—	—	—	7,5	11,3
<i>Helminthosporium</i> — Blotch of leaf	—	—	—	—	8,1	7,09

Takie próby w procesie hodowli owsa trwają od wielu lat (Nita, 2003; Śmiałowski i in., 2005). Podsumowując prezentowane badania można stwierdzić, że przeprowadzona w latach 2002–2004 polowa i laboratoryjna ocena 60 rodów owsów jarych pozwoliła dokonać przeglądu potencjału hodowlanego, jakim dysponują krajowe stacje hodowlane. Na tej podstawie należy przypuszczać, że w wysoka liczba wyhodowanych rodów owsa

przewyższających plonem odmiany wzorcowe w badaniach wstępnych stwarza dobre perspektywy rejestracji nowych odmian o lepszych parametrach rolniczych i użytkowych. Umożliwi to sukcesywne zastępowanie starych odmian owsa. Zatem wyniki zespołowych doświadczeń wstępnych wskazują na skuteczną pracę selekcyjną w stacjach hodowlanych.

WNIOSKI

1. Przeprowadzane w latach 2002–2004 polowe i laboratoryjne doświadczenia wstępne z rodami i odmianami wzorcowymi owsa pozwoliły dokonać szczegółowej charakterystyki kilkudziesięciu obiektów hodowlanych stanowiących potencjalną bazę nowych odmian owsa.
2. Wyniki zespołowych doświadczeń wstępnych wskazują na skuteczną pracę selekcyjną w stacjach hodowlanych umożliwiając sukcesywne zastępowanie starych nowymi odmianami owsa o lepszych parametrach rolniczych i użytkowych. Wyróżniającymi pod względem liczby wysokoplennych rodów owsa okazały się firmy Danko (SHR Kopaszewo) i Hodowli Roślin Strzelce (SHR Strzelce). Odnotowano również postęp w Małopolskiej Hodowli Roślin (SHR Polanowice).
3. Wykonana w zespołowych doświadczeniach wstępnych w latach 2002–2004 ocena polowa i laboratoryjna kilkudziesięciu rodów owsa jarego pozwoliła dokonać przeglądu potencjału hodowlanego, jakim dysponują stacje hodowli roślin w Polsce.

LITERATURA

- Budzyński W. 1999. Reakcja owsa na czynniki agrotechniczne przegląd wyników badań krajowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 1 (18): 11 — 25.
- Deryło S., Szymankiewicz K. 1999. Wpływ poziomu agrotechniki na plonowanie i zachwaszczenie owsa siewnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 1 (18): 104 — 111.
- Kołodziej J., Kulig B. 2005. Wpływ warunków pogodowych na kształtowanie się plonu wybranych cech owsa. *Biul. IHAR* 235: 269 — 280.
- Koziara W. 2004. Reakcja trzech odmian owsa na deszczowanie i nawożenie azotem. *Biul. IHAR* 231: 397 — 404.
- Michalski T., Idziak R. 1999. Plonowanie owsa rosnącego w mieszkach i w siewie czystym w zależności od nawożenia azotowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 1(18): 46 — 52.
- Moś M., Kula A., Wójtowicz T., Zieliński A. 2005. Wigor nagich i oplewionych ziarniaków owsa w warunkach stymulowanej suszy. VII Międzynarodowe Sympozjum „Genetyka Ilościowa Roślin Uprawnych: 65 — 66.
- Nita Z. 1999. Stan aktualny nowe kierunki hodowli owsa w Polsce. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 1 (18): 186 — 192.
- Nita Z. 2003. Współczesne osiągnięcia i perspektywy hodowli owsa w Polsce. *Biul. IHAR* 229: 13 — 20.
- Piech M., Maciorowski R., Krum P. 2003. Plon ziarna i składników pokarmowych owsa nieoplewionego i oplewionego uprawianych przy dwóch poziomach nawożenia azotem. *Biul. IHAR* 229: 103 — 114.
- Pisulewska E., Poradowski R., Witkiewicz R. 2004. Uprawa owsa oplewionego i nagoziarnistego w warunkach górskich. AR Kraków. Sprawozdanie z Grantu KBN nr 3PO6R 096 24: 3 — 52.
- Sułek A., Leszczyńska D. 2004. Stan aktualny i perspektywy uprawy owsa w Polsce. *Biul. IHAR* 231: 387 — 396.
- Śmiałowski T. 2003. Zmienność oraz zależność między plonem a cechami użytkowymi owsów oplewionych, nieoplewionych i wczesnych. *Biul. IHAR* 230: 399 — 408.

- Śmiałowski T., Węgrzyn S., Lorek W. 2002, 2003, 2004. Syntezy wyników doświadczeń hodowlanych z rodami owsa. Dane niepublikowane.
- Śmiałowski T. Węgrzyn S. 2005. Fenotypowo-genotypowa zależność oraz genetyczne uwarunkowanie cech owsa uprawnego. VII Międzynarodowe Sympozjum „Genetyka Ilościowa Roślin Uprawnych: 91 — 93.
- Spiss L. 2003. Historia hodowli owsa w Polsce. Biul. IHAR 229: 7 — 11.

MARIA RALCEWICZ
TOMASZ KNAPOWSKI

Katedra Chemii Rolnej, Akademia Techniczno-Rolnicza, Bydgoszcz

Ocena oddziaływania wybranych czynników agrotechnicznych na wielkość plonu ziarna i skład aminokwasowy białka owsa

The effect of some agrotechnical factors on grain yield and amino acid composition of protein of oat

W latach 1995–1997 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Minikowie koło Bydgoszczy przeprowadzono doświadczenie polowe, którego celem było prześledzenie wpływu terminu siewu oraz zróżnicowanego nawożenia azotem na wielkość plonu ziarna, zawartość i plon białka ogółem oraz skład aminokwasowy owsa odmiany German. Badano dwa terminy siewu (I czynnik, $n = 2$): optymalny i opóźniony o dwa tygodnie oraz 3 poziomy nawożenia azotem (II czynnik, $n = 3$): 0, 60 i 120 kg N·ha⁻¹. Stwierdzono, że wielkość plonu ziarna owsa odmiany German była istotnie determinowana terminem siewu i zastosowanymi dawkami azotu. Opóźnienie terminu siewu o dwa tygodnie spowodowało istotne obniżenie wielkości plonu ziarna o 37,2%. Natomiast statystycznie istotne różnice w plonach ziarna uzyskano po zastosowaniu dawki 60 kg N·ha⁻¹. Zastosowane zróżnicowane nawożenie azotem w zakresie dawek od 0 do 120 kg·ha⁻¹ powodowało istotny wzrost zawartości białka ogółem w ziarnie owsa. Udowodnione różnice w plonie białka uzyskano jedynie przy dawce 60 kg N·ha⁻¹. Na podstawie przeprowadzonych badań, poza tendencjami do spadku zawartości w białku fenyloalaniny, izoleucyny, leucyny, lizyny, metioniny, treoniny, waliny, alaniny i kwasu glutaminowego, nie stwierdzono istotnego wpływu terminu siewu na skład aminokwasowy białka owsa odmiany German. Zastosowanie dawki azotu na poziomie 60 kg·ha⁻¹ spowodowało, w stosunku do obiektu kontrolnego, istotny wzrost zawartości argininy i leucyny oraz spadek udziału histydyny, lizyny, treoniny, alaniny, glicyny oraz kwasu glutaminowego. Natomiast po zastosowaniu kolejnej dawki — 120 kg·ha⁻¹ stwierdzono wzrost zawartości argininy oraz obniżenie zawartości fenyloalaniny, metioniny, alaniny, glicyny oraz kwasu asparaginowego, co zostało udowodnione statystycznie tylko w stosunku do obiektu kontrolnego.

Słowa kluczowe: aminokwasy, nawożenie azotem, owies, plon białka ogółem, plon ziarna, termin siewu, zawartość białka ogółem

A field experiment was performed with the oat cultivar German in the Agricultural Research Station in Minikowo near Bydgoszcz in the years 1995–1997. The effects were studied of sowing date (optimal and two weeks delayed) and nitrogen fertilization level (0, 60, 120 kg·ha⁻¹) on grain yield, total protein content and yield, as well as on amino acid composition of the protein. The grain yield was significantly influenced by both sowing date and N-fertilization. The two weeks delay of seeding caused a 37.2% mean reduction of grain yield. Application of the 60 kg N-dose significantly raised grain yield. Significant increases of total protein content were parallel to the increasing N-fertilization, but the

protein yield grew significantly only after application of the 60 kg N dose. The amino acid composition did not change significantly when sowing was late, however concentration decrease tendencies were observed for phenylalanine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, threonine, valine, alanine and glutamic acid. The 60 kg N dose caused a significant increase of concentration of arginine and leucine, and decrease of that for histidine, lysine, threonine and glutamic acid. The doubled N-dose, 120 kg·ha⁻¹, resulted in far more small rise of the arginine level, but the concentrations of phenylalanine, methionine, alanine, glycine and aspartic acid significantly dropped below the 0 kg N·ha⁻¹ control level.

Key words: amino acids, grain yield, nitrogen fertilization, oat, sowing date, total protein content, total protein yield

WSTĘP

Małe wymagania termiczne, dobre wykorzystanie zwiększonej ilości opadów, rola rośliny fitosanitarnej i regenerującej w płodozmianach ze znaczną przewagą zbóż, co ma duże znaczenie dla plonowania innych gatunków, ale przede wszystkim wysoka wartość odżywcza owsa skłaniają do większego zainteresowania się tym gatunkiem zboża (Adamiak, Adamiak, 1994; Gąsiorowski, 1995; Adamiak, Adamiak, 1999; Leszczyńska 2002; Sułek, Leszczyńska, 2004). O ile problem efektywności plonotwórczej czynników agrotechnicznych, szczególnie nawożenia azotem, jest od pewnego czasu przedmiotem wielu badań, tak zagadnienie oddziaływania terminu siewu i nawożenia azotem na jakość plonu ziarna, nie zostało dotychczas szczegółowo zbadane (Brinkman, Rho 1984; Darwinkel i in., 1995; Kozłowska-Ptaszyńska i in., 2000; Koziara, 2004; Sułek, Leszczyńska, 2004). Jak podają Maciejewicz-Ryś i Sokół (1999) oraz Leszczyńska (2002) wartość biologiczna białka owsa jest najwyższa wśród zbóż, charakteryzuje się bowiem dużą zawartością lizyny i metioniny oraz małą zawartością prolamin. Dotychczasowy stan wiedzy na temat wpływu zróżnicowanego nawożenia azotem na jakość białka ziarna owsa nie wskazuje na kierunek zmian w jego składzie aminokwasowym (Völker, 1975; Klupczyński, 1986; Wróbel, 1993; Kączkowski, 1995). Stosowanie azotu należałoby rozpatrywać w powiązaniu z innymi czynnikami, m. in. terminem siewu, który może warunkować jego działanie.

W związku z powyższym przeprowadzono doświadczenie polowe, którego celem było określenie wpływu terminu siewu i nawożenia azotem oraz ich interakcji na wielkość plonu ziarna, zawartość i plon białka oraz skład aminokwasowy białka owsa odmiany German.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 1995–1997 w RZD w Minikowie na glebie płowej typowej, według międzynarodowej klasyfikacji FAO-UNESCO jest to Albic Luvisols. Gleba ta zaliczana do kompleksu żynnego bardzo dobrego charakteryzowała się średnią i wysoką zasobnością w przyswajalne formy fosforu i potasu oraz obojętnym odczynem. Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków w czterech powtórzeniach. Przedmiotem badań był owies odmiany German, którego wysiew wykonano w następujących terminach (I czynnik, n = 2): 1 — optymalny termin siewu (03.04.–24.04.), 2 — opóźniony termin siewu (21.04.–10.05.). Nawożenie azotem (II

czynnik, $n = 3$) zastosowano w formie saletry amonowej uwzględniając dwa poziomy nawożenia + obiekt kontrolny bez azotu według poniższego schematu:

Poziom Level	Dawka Dose (kg N·ha ⁻¹)	Nawożenie — Fertilization time :		
		przedsiewnie Before sowing	strzelanie w źdźbło shooting	początek kłoszenia beginning of earing
N0	0	—	—	—
N1	60	60	—	—
N2	120	60	30	30

Stosowano jednolity poziom nawożenia fosforem i potasem, odpowiednio: 26 kg P·ha⁻¹ w formie superfosfatu potrójnego i 100 kg K·ha⁻¹ w formie 60% soli potasowej. Przedplonem był owies zbierany na zieloną masę. Zabiegi agrotechniczne, poza czynnikami doświadczenia, przeprowadzono zgodnie z wymaganiami agrotechnicznymi dla danego gatunku roślin. W doświadczeniu określono wielkość plonu ziarna owsa, oznaczono zawartość białka ogółem, którą wyliczono według wzoru: zawartość N (g·kg⁻¹)·6,25 (wg Kjeldahla) oraz obliczono plon białka ogółem. Skład aminokwasowy białka oznaczono po hydrolizie kwasowej metodą chromatografii cieczowej HPLC na aparacie firmy Knauer. Detekcję aminokwasów prowadzono metodą fluorescencyjną po aldehydacji phtaldialdehydem (OPA). Nie oznaczono proliny i cystyny, ponieważ zastosowana metoda detekcji nie identyfikuje tych aminokwasów. Zawartość metioniny oznaczono w oddzielnym cyklu analitycznym, po uprzednim utlenieniu kwasem mrówkowym z H₂O₂ i hydrolizie kwasowej.

Uzyskane wyniki badań opracowano statystycznie wykorzystując analizę wariancji, a różnice graniczne oszacowano według testu Tukeya przy poziomie istotności $p = 0,05$. W celu poznania związków i zależności pomiędzy czynnikami doświadczenia a otrzymanymi wartościami badanych parametrów owsa, uzyskane wyniki poddano analizie korelacji prostych i regresji liniowej.

Warunki meteorologiczne w okresie prowadzenia doświadczenia przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Warunki pogodowe w latach prowadzenia doświadczenia w RZD Minikowo
Weather conditions of the experimental period at the RZD Minikowo

Miesiąc Month	Średnia temperatura powietrza Mean air temperature (°C)			Średnia wieloletnia Multi-year mean (1985–1997)	Suma opadów Total rainfall (mm)			Średnia wieloletnia Multi-year mean (1985–1997)
	1995	1996	1997		1995	1996	1997	
Kwiecień — April	7,8	8,2	5,6	6,7	35,5	16,9	31,6	34,0
Maj — May	12,7	12,7	12,1	13,0	39,3	73,0	75,4	43,0
Czerwiec — June	16,4	16,6	17,4	16,1	111,5	43,3	56,5	66,7
Lipiec — July	20,4	15,7	18,0	18,5	3,9	117,9	118,4	56,6
Sierpień — August	18,8	18,4	20,1	17,8	51,9	60,6	79,3	48,9

W objętych badaniami latach (1995–1997) średnia temperatura powietrza od siewu do zbioru była w stosunku do średniej wieloletniej w pierwszym roku wyższa, natomiast w dwóch pozostałych latach na zbliżonym poziomie. Z kolei suma opadów w sezonie

wegetacyjnym w 1995 roku kształtowała się na poziomie średniej z wielolecia, a w latach 1996–1997 była wyższa o około 28%.

WYNIKI I DYSKUSJA

Niezależnie od czynników doświadczenia plon ziarna owsa uzyskany w trzyletnim okresie badań wahał się od 2,17 do 4,12 t·ha⁻¹ (tab. 2). Średnio najniższy plon ziarna odnotowano w 1995 roku charakteryzującym się najmniej korzystnym układem warunków pogodowych i w porównaniu do plonów ziarna otrzymanych w 1996 i 1997 roku był niższy odpowiednio o: 28,4% i 47,3%. Zależność plonu ziarna owsa od warunków pogodowych stwierdził również w swoich doświadczeniach Szafranski (1995 a).

Tabela 2

Wielkość plonu ziarna owsa odmiany German (t·ha⁻¹) Oat cv. German grain yield (t·ha⁻¹)

Lata Years	Termin siewu (I czynnik) Sowing date (I factor)	Nawożenie (II czynnik) Fertilization (II factor) (kg·ha ⁻¹)			Średnia Mean
		N = 0	N = 60	N = 120	
1995	optimalny optimal	2,47	3,73	2,90	3,03
	opóźniony late	1,13	1,38	1,44	1,32
Średnia — Mean		1,80	2,55	2,17	2,17
1996	optimalny optimal	3,10	3,85	4,67	3,87
	opóźniony late	2,02	2,34	2,23	2,20
Średnia — Mean		2,56	3,10	3,45	3,03
1997	optimalny optimal	4,14	4,78	4,75	4,56
	opóźniony late	3,45	3,80	3,78	3,67
Średnia — Mean		3,79	4,29	4,26	4,12
Lata Years	optimalny optimal	3,24	4,12	4,11	3,82
	opóźniony late	2,20	2,50	2,48	2,40
Średnia — Mean		2,72	3,31	3,29	3,11
NIR — LSD _{p = 0,05} dla — for:		(I) — termin siewu (I) — sowing date	(II) — nawożenie N (II) — fertilization N	I × II	II × I
1995		0,035	0,097	0,094	0,137
1996		0,253	0,134	0,241	0,189
1997		0,213	0,183	0,228	0,258
Lata Years		1,164	0,514	n.i.	n.i.

n.i. — Nieistotne; Not significant

Jednym z czynników agrotechnicznych, który decyduje o plonowaniu owsa jest termin siewu. Jak podają Kozłowska-Ptaszyńska i wsp. (2001) badane odmiany tej rośliny były dość tolerancyjne na opóźnienie siewu o 10 dni w stosunku do najwcześniejszego (1 dekada kwietnia). Natomiast bardzo późny siew (koniec kwietnia) powodował istotną

obniżkę plonu ziarna, a szczególnie dużą (o 42%) dla odmiany Szakal. W przeprowadzonych badaniach średnio istotnie najwyższy plon ziarna owsa odmiany German uzyskano w optymalnym terminie siewu, który wynosił $3,82 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. 2). Podobne zależności stwierdzono w kolejnych latach prowadzenia badań. Opóźnienie terminu siewu owsa o dwa tygodnie w stosunku do terminu optymalnego spowodowało istotne obniżenie wielkości plonów ziarna w zakresie od 19,5% do 56,4%. Plonotwórcze działanie azotu jest szeroko udokumentowane w literaturze, jednak nie ma zgodności, co do optymalnej dawki azotu dla owsa (Darwinkel i in., 1995; Szafrński, 1995 a, Kozłowska-Ptaszyńska i in., 2000; Świdorska-Ostapiak i Stankowski, 2002; Koziara, 2004). Według Kozłowskiej-Ptaszyńskiej i Pawłowskiej (1997), korzystny wpływ azotu na wzrost, rozwój i plonowanie roślin owsa ujawnia się tylko w przypadku zastosowania optymalnej dawki tego składnika. Jak podają w zaleceniach agrotechnicznych Sułek i wsp. (2005), na kompleksie żytnim bardzo dobrym potrzeby nawożenia azotem pod owies wahają się w granicach $40\text{--}90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. W badaniach Budzyńskiego (1999) stwierdzono, że zboże to reaguje zwiększając plonu do dawki $60\text{--}70 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, podczas gdy wyższe dawki w warunkach sprzyjających wyleganiu mogą przyczynić się do obniżenia plonu ziarna owsa. W przeprowadzonych badaniach, jedynie w odniesieniu do optymalnego terminu siewu, stwierdzono istotną dodatnią korelację pomiędzy zastosowanym nawożeniem azotowym a plonem ziarna owsa ($r = 0,45$; tab. 3). Niezależnie od lat uprawy i terminu siewu, podobnie jak w doświadczeniach Budzyńskiego (1999), średnio istotnie najwyższy plon ziarna stwierdzono po zastosowaniu dawki $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ i był on wyższy w porównaniu do obiektu kontrolnego o 21,7% (tab. 2). Z kolei Szafrński (1995 a) istotnie najwyższy plon ziarna (średnio dla odmian) uzyskał po zastosowaniu $80 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Dalsze podwyższanie poziomu nawożenia azotem w badaniach własnych (do $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$), nie powodowało udowodnionych statystycznie zmian wartości omawianej cechy, podobnie jak w pracy Peltonena-Sanio (1997) zwiększenie dawki z 80 do $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Tabela 3

Współczynniki korelacji prostej badanych zależności
Simple correlation coefficients among the studied variables

Parametr Parameter	1 termin siewu — 1 st sowing date			
	nawożenie N fertilization N	plon ziarna grain yield	zawartość białka protein content	plon białka protein yield
Plon ziarna — Grain yield	0,45	—	n.i.	0,85
Zawartość białka — Protein content	0,64	n.i.	—	n.i.
Plon białka — Protein yield	0,72	0,85	n.i.	—
	2 termin siewu — 2 nd sowing date			
	n.i.	—	-0,71	0,97
	0,37	-0,71	—	-0,55
	n.i.	0,97	-0,55	—

n.i. — Nieistotne; Not significant

Zawartość białka ogółem w ziarnie owsa, średnio, nie była istotnie determinowana terminem siewu (tab. 4). Natomiast w poszczególnych latach prowadzenia badań opóźnienie terminu siewu owsa o dwa tygodnie, powodowało udowodniony statystycznie

wzrost zawartości białka ogółem w ziarnie i wynosił on 20 g·kg⁻¹ (1995 r.), 11 g·kg⁻¹ (1996 r.) i 5 g·kg⁻¹ (1997 r.).

Tabela 4

Zawartość białka ogółem w ziarnie owsa odmiany German (g·kg⁻¹)
Total protein content in the oat cv. German grain (g·kg⁻¹)

Lata Years	Termin siewu (I czynnik) Sowing date (I factor)	Nawożenie (II czynnik) Fertilization (II factor) (kg·ha ⁻¹)			Średnia Mean
		N = 0	N = 60	N = 120	
1995	optymalny optimal	100	108	120	110
	opóźniony late	122	132	135	130
Średnia — Mean		111	120	127	120
1996	optymalny optimal	87	90	99	92
	opóźniony late	99	103	108	103
Średnia — Mean		93	97	103	98
1997	optymalny optimal	88	94	105	95
	opóźniony late	94	97	111	100
Średnia — Mean		91	95	108	98
Lata Years	optymalny optimal	92	97	108	99
	opóźniony late	105	110	118	111
Średnia — Mean		98	104	113	105
NIR — LSD _{p = 0,05} dla — for:		(I) — termin siewu (I) — sowing date	(II) — nawożenie N (II) — fertilization N	I × II	II × I
1995		2,2	2,5	2,8	3,6
1996		1,9	4,1	4,0	5,8
1997		1,0	1,0	1,2	1,4
Lata Years		n.i.	5,9	n.i.	n.i.

n.i. — Nieistotne; Not significant

Stwierdzono natomiast średnio istotny wzrost zawartości białka ogółem w ziarnie owsa pod wpływem zastosowanego nawożenia azotem. Niezależnie od lat uprawy, po zastosowaniu dawki 120 kg N·ha⁻¹ uzyskano istotny wzrost zawartości białka w ziarnie w stosunku do obiektu kontrolnego i obiektu, na którym zastosowano 60 kg N·ha⁻¹, odpowiednio o: 15 g·kg⁻¹ i 9 g·kg⁻¹. Uzyskany w badaniach własnych dodatni wpływ wzrastających dawek nawożenia azotem na zawartość białka ogółem w ziarnie owsa znajduje z reguły potwierdzenie w danych literaturowych (Szafrński, 1995 b; Lásztity, 1998; Idziak i Michalski, 2004; Sułek i Leszczyńska, 2004). W przeprowadzonych badaniach stwierdzono istotnie dodatnią korelację pomiędzy dawką azotu a zawartością białka ogółem w ziarnie owsa (tab. 3). Zależność tę uzyskano zarówno dla optymalnego (r = 0,64), jak i opóźnionego o dwa tygodnie terminu siewu (r = 0,37). W doświadczeniu przeprowadzonym przez Śmiałowskiego (2003) uzyskano ujemną korelację pomiędzy

zawartością białka ogółem a plonem ziarna owsa. W badaniach własnych opóźnienie terminu siewu najprawdopodobniej powodowało, że uwidoczniły się poza nawozowe czynniki ograniczające wielkość plonu. W tych warunkach wykazano ujemną korelację między plonem ziarna a zawartością białka ($r = -0,71$; tab. 3). W korzystniejszych warunkach optymalnego terminu siewu korelacja ta nie uwidoczniła się. Zawartość białka ogółem stwierdzona w ziarnie owsa była prawdopodobnie zależna od warunków pogodowych panujących podczas okresu wegetacyjnego. Średnio najwyższą jego wartość uzyskano w pierwszym roku uprawy (1995) i była ona wyższa w porównaniu do zawartości białka ogółem w 1996 i 1997 roku o $23 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (tab. 1 i 4).

Na podstawie obliczonej analizy wariancji stwierdzono, że wielkość plonu białka owsa była istotnie determinowana zastosowanym nawożeniem azotowym (tab. 5).

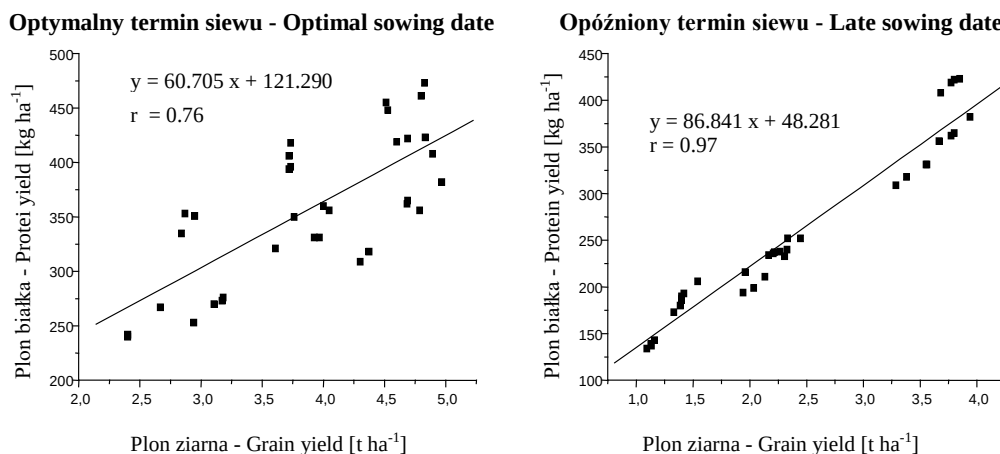
Tabela 5

Plon białka owsa odmiany German ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) Protein yield of the oat cv. German ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)					
Lata Years	Termin siewu (I czynnik) Sowing date (I factor)	Nawożenie (II czynnik) Fertilization (II factor) ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)			Średnia Mean
		N = 0	N = 60	N = 120	
1995	optymalny optimal	248	404	348	333
	opóźniony late	138	182	194	171
Średnia — Mean		193	293	271	252
1996	optymalny optimal	268	347	459	358
	opóźniony late	205	241	240	229
Średnia — Mean		237	294	350	294
1997	optymalny optimal	363	447	498	436
	opóźniony late	322	366	418	367
Średnia — Mean		342	407	458	402
Lata Years	optymalny optimal	293	399	435	376
	opóźniony late	222	263	284	256
Średnia — Mean		257	331	359	316
NIR — LSD _{p = 0.05} dla — for:		(I) — termin siewu (I) — sowing date	(II) — nawożenie N (II) — fertilization N	I × II	II × I
1995		9,4	10,8	11,9	15,3
1996		18,6	13,1	18,4	18,5
1997		16,9	16,6	19,3	23,5
Lata Years		n.i.	54,2	n.i.	n.i.

n.i. — Nieistotne; Not significant

Średnio, niezależnie od lat uprawy i terminu siewu, dawka azotu na poziomie $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ spowodowała istotny wzrost plonu białka o $74 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w porównaniu do obiektu kontrolnego. Zwiększenie dawki azotu do $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ powodowało uzyskanie kolejnych

28 kg białka ogółem z hektara, jednak nie przekroczyło ono progu statystycznej istotności. W badaniach Szafrąńskiego (1995b) istotną dawką w stosunku do wartości omawianej cechy okazała się dawka azotu na poziomie $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Plon białka istotnie dodatnio korelował z plonem ziarna owsa, zarówno w pierwszym jak i drugim terminie siewu, odpowiednio: $r = 0,85$ i $r = 0,97$ (tab. 3). Równania regresji liniowej dla powyższych zależności przedstawiono na rysunku 1 i na ich podstawie można obliczyć, że wraz ze wzrostem plonu ziarna, np. o $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, może nastąpić wzrost plonu białka ogółem owsa o $60,71 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (1 termin siewu) i $86,84 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (2 termin siewu) (rys. 1).



Rys. 1. Zależności pomiędzy plonem ziarna a plonem białka owsa
Fig. 1. Relationships between grain yield and protein yield of oat

W przeprowadzonym doświadczeniu nie stwierdzono średnio jak i w poszczególnych latach, istotnego wpływu optymalnego i opóźnionego o dwa tygodnie terminu siewu na zawartość aminokwasów egzo- i endogennych w białku ogółem ziarna owsa odmiany German. Jednak w ziarnie owsa wysianego w terminie opóźnionym w porównaniu do ziarna wysianego w terminie optymalnym, niezależnie od lat uprawy, zaobserwowano tendencje do spadku zawartości aminokwasów egzogennych, za wyjątkiem argininy i histydyny. Stwierdzono natomiast wzrost zawartości aminokwasów endogennych takich jak: glicyna, kwas asparaginowy, seryna i tyrozyna oraz spadek zawartości alaniny i kwasu glutaminowego. Opóźnienie terminu siewu spowodowało obniżenie wartości sumy aminokwasów egzogennych średnio o 1,2% i wzrost wartości sumy aminokwasów endogennych o około 2% w stosunku do terminu optymalnego. Warto zwrócić uwagę na uzyskaną w oznaczanej w oddzielnym cyklu analitycznym metioninie interakcję pomiędzy terminem siewu a dawką azotu na zawartość omawianego aminokwasu. Wpływ terminu siewu uwidacznia się na obiekcie nienawożonym azotem. Natomiast ziarno z obiektów nawożonych tym składnikiem charakteryzuje się zawartością metioniny niezależną od terminu siewu. W tym przypadku prawdopodobnie zmniejszenie zawartości metioniny zachodziło pod wpływem zastosowanego azotu, a termin siewu nie pogłębiał tego spadku.

Najmniejszą zawartość metioniny stwierdzono po zastosowaniu $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ i to mniejszą w porównaniu do obiektu kontrolnego i obiektu, na którym zastosowano $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, odpowiednio o: 11,8% i 6,6%.

Należy podkreślić, że wyniki dotychczasowych badań na temat wpływu nawożenia azotem nie rozstrzygają jednoznacznie kierunku zmian składu aminokwasowego białka w warunkach zróżnicowanego zaopatrzenia owsa w ten składnik (Nowak, Barczak, 1991; Wróbel, 1993; Lásztity, 1998). W przeprowadzonym doświadczeniu, niezależnie od lat uprawy, podwyższanie poziomu nawożenia azotem powodowało, w przypadku aminokwasów egzogennych, wzrost zawartości argininy i leucyny (tab. 6).

Tabela 6

Zawartość aminokwasów w białku owsa ($\text{g} \cdot 16\text{g}^{-1} \text{N}$). Średnie z trzech lat
Content of amino acids in the oat protein ($\text{g} \cdot 16\text{g}^{-1} \text{N}$). Mean for three years

Aminokwas Amino acid	Nawożenie azotem (II czynnik) Nitrogen fertilization (II factor) ($\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$)			Średnia Mean	NIR _{p=0,05} dla nawożenia N LSD _{p=0,05} for N fertilization
	N ₀ = 0	N ₁ = 60	N ₂ = 120		
Arginina — Arginine	5,51	6,06	6,14	5,90	0,497
Fenylalanina — Phenylalanine	5,23	5,05	4,91	5,06	0,232
Histydyna — Histidine	2,30	2,14	2,22	2,22	0,136
Izoleucyna — Isoleucine	3,94	3,95	3,83	3,91	n.i.
Leucyna — Leucine	5,84	6,18	6,02	6,01	0,254
Lizyna — Lysine	3,42	3,16	3,31	3,29	0,217
Metionina * — Methionine *	1,56	1,53	1,44	1,51	0,114
Treonina — Threonine	3,66	3,29	3,46	3,37	0,285
Walina — Valine	4,69	4,64	4,84	4,72	n.i.
Suma egzogennych — Essential sum	36,12	35,98	36,18	36,09	n.i.
Alanina — Alanine	4,79	4,34	4,38	4,50	0,355
Glicyna — Glycine	4,86	4,45	4,46	4,59	0,311
Kwas asparaginowy — Aspartic acid	7,04	6,65	6,24	6,64	0,575
Kwas glutaminowy — Glutamic acid	21,04	19,75	20,07	20,28	0,100
Seryna — Serine	3,88	3,83	3,79	3,83	n.i.
Tyrozyna — Tyrosine	3,21	2,96	3,26	3,14	n.i.
Suma endogennych — Non-essential sum	44,59	42,60	43,45	43,55	n.i.
Suma całkowita — Total amino acids sum	80,70	78,53	79,63	79,62	n.i.
*NIR _{p = 0,05} dla współdziałania		I × II	0,252	II × I	0,323
*LSD _{p = 0,05} for interaction					

n.i. — Nieistotne; Not significant

Przy czym wzrost udziału argininy w białku owsa zaobserwowano po zastosowaniu kolejnych dawek azotu (60 i $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), natomiast leucyny jedynie po zastosowaniu pierwszej dawki tego składnika. W odniesieniu do obydwu aminokwasów osiągnięto próg statystycznej istotności tylko po zastosowaniu $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Zastosowanie $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ powodowało, w porównaniu do dawki $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, obniżenie zawartości leucyny w białku owsa (tab. 6). W doświadczeniu przeprowadzonym przez Nowaka i Barczak (1991) stosowanie wzrastającego nawożenia azotem powodowało, oprócz stwierdzonego w niniejszych badaniach wzrostu zawartości argininy, wzrost udziału lizyny i metioniny w białku ziarna owsa. Zawartość pozostałych aminokwasów egzogennych, według Nowaka i Barczak (1991), pod wpływem dawek azotu nie zmieniała się, natomiast w prezentowanych badaniach nastąpił średnio spadek zawartości takich aminokwasów jak:

fenyloalanina, histydyna, lizyna, metionina i treonina (tab. 6). Nawożenie azotem w dawce $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ powodowało, w porównaniu do kontroli, istotne obniżenie zawartości histydyny, lizyny i treoniny odpowiednio o: 7%; 7,6%; 10,1%. Z kolei zwiększenie dawki do poziomu $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ powodowało, w stosunku do obiektu nawożonego dawką $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, wzrost średniej zawartości tych aminokwasów (tab. 6). W przypadku fenyloalaniny i metioniny kolejne dawki azotu powodowały spadek udziału tych aminokwasów w białku ogólnym owsa, przy czym próg statystycznej istotności osiągnięto tylko dla dawki $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ w porównaniu do kontroli.

W przeprowadzonym doświadczeniu zastosowanie $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, w porównaniu do obiektu kontrolnego, powodowało średnio obniżenie udziału wszystkich aminokwasów endogennych w białku owsa, a w przypadku alaniny, glicyny i kwasu glutaminowego zostało to statystycznie udowodnione (tab. 6). Po zastosowaniu dawki $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ stwierdzono, w stosunku do dawki $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, obniżenie średniej zawartości kwasu asparaginowego i seryny, natomiast w stosunku do obiektu kontrolnego wszystkich badanych aminokwasów endogennych. Przy czym istotny spadek zawartości w wyniku zastosowania drugiej dawki azotu w porównaniu do obiektu kontrolnego, stwierdzono jedynie w odniesieniu do kwasu asparaginowego, alaniny oraz glicyny i wynosił on odpowiednio: 11,4%, 8,6%, 8,2% (tab. 6). Uzyskane wyniki badań nie potwierdziły wykazanego w doświadczeniu przeprowadzonym przez Nowaka i Barczak (1991) z owsem odmiany "Markus" wzrostu zawartości seryny pod wpływem zróżnicowanego nawożenia azotem.

WNIOSKI

1. Opóźnienie terminu siewu o dwa tygodnie w porównaniu do terminu optymalnego spowodowało istotne obniżenie wielkości plonu ziarna owsa odmiany German. Po zastosowaniu dawki $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ stwierdzono istotny wzrost wielkości plonu ziarna badanej odmiany w stosunku do obiektu kontrolnego.
2. Zastosowane zróżnicowane nawożenie azotem do dawki $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ spowodowało istotny wzrost zawartości białka ogółem w ziarnie owsa, natomiast istotny wzrost plonu białka ogółem z hektara stwierdzono po zastosowaniu dawki $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$.
3. Na podstawie przeprowadzonych badań nie stwierdzono istotnego wpływu terminu siewu na skład aminokwasowy białka owsa odmiany German. Zaobserwowano jedynie tendencje do obniżania zawartości aminokwasów egzogennych i endogennych, z wyjątkiem argininy, histydyny, glicyny, seryny i tyrozyny.
4. Po zastosowaniu azotu na poziomie $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, w stosunku do obiektu kontrolnego, stwierdzono średnio istotny:
 - wzrost zawartości argininy i leucyny,
 - spadek udziału histydyny, lizyny, treoniny, alaniny, glicyny oraz kwasu glutaminowego w białku owsa.
 Zastosowanie kolejnej dawki — $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ — powodowało:
 - wzrost zawartości argininy,

- obniżenie zawartości fenyloalaniny, metioniny, alaniny, glicyny oraz kwasu asparaginowego, co zostało udowodnione statystycznie tylko w stosunku do obiektu kontrolnego.

LITERATURA

- Adamiak E., Adamiak J. 1994. Plonotwórcza i plonochronna rola owsa w płodozmianach zbożowych. *Pam. Puł.* 114: 15 — 21.
- Adamiak J., Adamiak E. 1999. Reakcja owsa na udział zbóż w płodozmianie i na monokulturze. *Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, Roln.* 35: 53 — 60.
- Brinkman M. A., Rho Y. D. 1984. Response of three oat cultivars to N fertilizer. *Crop Sci.* 24 (5): 973 — 977.
- Budzyński W. 1999. Reakcja odmian owsa na czynniki agrotechniczne, przegląd wyników badań krajowych. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość. Suplement 1* (18): 11 — 25.
- Darwinkel A., Rops A. H., Wijnholds K. 1995. Nitrogen, seed rate and growth regulation in oats. *Proefst. voor Acker. En. Groent* 188: 4 — 52.
- Gąsiorowski H. (red.). 1995. Owies. *Chemia i technologia. PWR i L. Poznań.*
- 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*, 59, 1: 75 — 82.
- Kączkowski J. 1995. Białka owsa. W: *Owies. Chemia i technologia.* (red. H. Gąsiorowski). *PWR i L, Poznań:* 68 — 77.
- Kłupczyński Z. 1986. Wpływ nawożenia azotem na jakość plonów. *IUNG Puławy, Mat. Symp. Olsztyn* 24 — 25. 06. 1986., zesz. I: 82 — 102.
- Koziara W. 2004. Reakcja trzech odmian owsa na deszczowanie i nawożenie azotem. *Biul. IHAR* 231: 397 — 403.
- Kozłowska-Ptaszyńska Z., Pawłowska J. 1997. Reakcja nowych odmian owsa na nawożenie azotem. *Pam. Puł.* 109: 7 — 18.
- Kozłowska-Ptaszyńska Z., Pawłowska J., Woch J. 2000. Wpływ dawek azotu na plon i jego strukturę u nowych polskich odmian owsa. *Biul. IHAR* 215: 239 — 244.
- Kozłowska-Ptaszyńska Z., Pawłowska J., Woch J. 2001. Wpływ terminu i gęstości siewu na plonowanie nowych odmian owsa. *Biul. IHAR* 217: 121 — 125.
- Lásztity R. 1998. Oat grain — a wonderful reservoir of natural nutrients and biologically active substances. *Food Rev. Int.* 14: 99 — 119.
- Leszczyńska D. 2002. Uprawa owsa nieoplewionego — stan obecny i przyszłość. *Pam. Puł., z. 130:* 463 — 469.
- Maciejewicz-Ryś J., Sokół K. 1999. Wartość pokarmowa ziarna owsa oplewionego (*Avena sativa* var. *nuda*). *Żywność. Nauka Technologia Jakość. Kwartalnik PTTŻ* 6, (suplement 1): 273 — 279.
- Nowak K., Barczak B. 1991. Wpływ dawek nawożenia azotowego na jakość białka ziarna owsa odmiany Markus. *Zesz. Nauk. AR Kraków*, 262: 81 — 86.
- Peltonen-Sainio P. 1997. Grain yield and plant stand structure of naked and hulled oat under different nitrogen fertilizer and seeding rates. *Agron. J.* 89: 510 — 513.
- Sulek A., Leszczyńska D. 2004. Stan aktualny i perspektywy uprawy owsa w Polsce. *Biul. IHAR* 231: 387 — 395.
- Sulek A., Leszczyńska D., Cyfert R. 2005. Charakterystyka i technologia uprawy odmian owsa. *IUNG, IHAR, COBORU, Puławy-Radzików-Słupia Wielka:* 33 ss.
- Szafranski W. 1995 a. Wpływ poziomu i sposobu nawożenia azotowego na plonowanie wybranych odmian jęczmienia jarego i owsa w zróżnicowanych warunkach siedliskowych Pogórza. *Cz. I. Współczynnik zbioru i wysokość plonu ziarna. Zesz. Nauk. AR Kraków* 300, *Roln.* 32: 99 — 111.
- Szafranski W. 1995 b. Wpływ poziomu i sposobu nawożenia azotowego na plonowanie wybranych odmian jęczmienia jarego i owsa w zróżnicowanych warunkach siedliskowych Pogórza. *Cz. II. Komponenty struktury plonu oraz jakość ziarna. Zesz. Nauk. AR Kraków* 300, *Roln.* 32: 113 — 124.

- Śmiałowski T. 2003. Zmienność oraz zależność między plonem a cechami użytkowymi owsów oplewionych, nieoplewionych i wczesnych. Biul. IHAR 230: 399 — 407.
- Świdarska-Ostapiak M., Stankowski S. 2002. Wpływ nawożenia azotem i siarką na plonowanie i komponenty plonu owsa nieoplewionego i oplewionego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 484: 711 — 717.
- Völker T. 1975. Untersuchungen über den Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Zusammensetzung der Weizen und Haferprotein. Arch. Acker u Pflanzenbau. u. Bodenkd., 19 (4): 267 — 276.
- Wróbel E. 1993. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i jakość białka ziarna jęczmienia jarego i owsa uprawianych na paszę. Zesz. Nauk. ART. Olsztyn, Agriculturae, suppl. B., 56: 29 — 46.

WIOLETTA BIEL¹**KRUM PETKOV**¹**ROBERT MACIOROWSKI**²**ZYGMUNT NITA**³**IZABELA JASKOWSKA**¹¹ Katedra Żywienia Zwierząt i Gospodarki Paszowej, Akademia Rolnicza, Szczecin² Zakład Doświadczalnictwa, Akademia Rolnicza, Szczecin³ Hodowla Roślin Strzelce, Sp. z o.o.

Ocena jakości ziarna różnych form owsa na podstawie składu chemicznego

Estimation of oat grain quality on the basis of chemical composition

Materiał badawczy stanowiło ziarno pochodzące z doświadczenia poletkowego przeprowadzonego w RSD Lipnik k. Stargardu Szczecińskiego w 2003 roku. Do badań jakościowych wybrano rody: STH 15944, STH 7091, STH 16316 i porównywano je z odmianami nagoziarnistymi (Polar i Akt) oraz z odmianą oplewioną — Chwat. Owies nagoziarnisty zawiera około 20% więcej białka ogólnego w ziarnie i ponad 66% tłuszczu surowego. Mniejsza zawartość włókna surowego oraz strukturalnych frakcji włókna w odmianach owsa nagoziarnistego stwarzają nowe możliwości wykorzystania tego zboża w żywieniu zwierząt monogastrycznych. Badane rody krótkosłome owsa nagoziarnistego tylko sporadycznie wykazywały gorsze parametry jakościowe ziarna w porównaniu z wzorcowymi odmianami nagoziarnistymi Akt i Polar.

Słowa kluczowe: frakcje włókna, makroelementy, owies, podstawowy skład chemiczny, skład aminokwasowy

The grain harvested in the field experiment carried out in 2003 at Lipnik station was evaluated. The study included 7 objects: three dwarf strains of naked oat (STH 15944, STH 7091, STH 16316), two naked oat varieties (Akt, Polar) and husked var. Chwat. The naked oats contained more crude protein (20%) and crude fat (66%) than the covered form. The lower content of crude fibre and structural fibre fractions in naked oat grain make naked oats a valuable fodder for monogastric animals. Quality parameters of the dwarf oat strains were only sporadically poorer than those of the standard naked oat cvs Akt and Polar.

Key words: amino acid composition, basic chemical composition, fractions of dietary fibre, macroelements, naked oat

WSTĘP

Ziarno owsa ze względu na charakterystyczne właściwości lecznicze, profilaktyczno-dietetyczne oraz żywieniowe budzi coraz większe zainteresowanie. Prowadzone są liczne badania biotechnologiczne i biochemiczne nad właściwościami tego zboża. Ziarno owsa jest doskonałym źródłem białka o najwyższej jakości w porównaniu z innymi zbożami (Bartnikowska i in., 2000 a; Brand i in., 2003). Właściwością białek owsa nagiego i oplewionego jest wysoki poziom aminokwasów egzogennych, a zwłaszcza lizyny i metioniny (Piech i in., 2003). Owies oplewiony ma ograniczone zastosowanie w żywieniu monogastrycznych ze względu na dużą zawartość włókna surowego oraz niekorzystny poziom frakcji węglowodanowych. Genetyczne pozbawienie owsa włóknistej łuski, istotnie poprawiło wartość paszową tego zboża i zwiększyło możliwość jego wykorzystania w żywieniu zwierząt. Odmiany nagoziarniste mogą być stosowane zarówno w żywieniu trzody chlewnej, jak i drobiu ze względu na korzystniejszy skład włókna (Brand i Merve, 1996; Fabijańska, 2002; Petkov i in., 2001).

Produkty owsiane są bogatym źródłem mikro i makroelementów: wapnia, manganu, miedzi, cynku i żelaza (Bartnikowska i in., 2000 b; Givens i in., 2004).

Bardzo dobre cechy użytkowe owsa nagoziarnistego stwarzają szansę produkcji żywności o wysokiej jakości biologicznej i pełnowartościowej paszy dla zwierząt w ekologicznych gospodarstwach rolnych (Bobrecka-Jamro i Tobiasz-Salach, 1999; Kozłowska-Ptaszyńska, 2000). Podstawowym problemem we wprowadzeniu odmian nagoziarnistych do szerszej produkcji pozostaje niski plon ziarna. Jedną z możliwości poprawy wysokości plonowania jest wprowadzenie do uprawy odmian krótkosłomych owsa nagoziarnistego. Dzięki genom karłowatości wprowadzonym z odmiany Bandicoot do linii i rodów wysokoplonujących polskich form nagoziarnistych uzyskano rody, które w badaniach przedwstępnych plonują nawet o około 20% wyżej w porównaniu z zarejestrowanymi odmianami nagoziarnistymi Akt i Polar (Nita i Werwińska, 2003).

Mając powyższe na uwadze celem niniejszego opracowania była ocena jakości polskich odmian owsa nagoziarnistego o skróconym źdźbłe oraz owsa oplewionego pod względem zawartości podstawowych składników chemicznych.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło ziarno 3 krótkosłomych rodów owsa nagoziarnistego pochodzące z doświadczenia poletkowego przeprowadzonego w RSD Lipnik k. Stargardu Szczecińskiego. Wybrane rody (STH 15944, STH 7091, STH 16316) do badań jakościowych najlepiej plonowały spośród 23 uczestniczących w badaniach polowych i porównywano je z wzorcowymi odmianami nagoziarnistymi (Polar i Akt) oraz z odmianą oplewioną — Chwat. Doświadczenie przeprowadzono na glebie lekkiej, klasy bonitacyjnej IVb. Ilość wysiewu wynosiła 550 ziaren/m², natomiast nawożenie azotowe — 90 kg N/ha.

Podstawowy skład chemiczny ziarna oznaczono metodą standardową opracowaną przez Henneberga i Stohmanna (Skulmowski, 1974).

Składniki włókna oznaczono metodą detergentową przeprowadzoną w oparciu o metodę Van Soesta (1963 i 1967) na analizatorze frakcji włókna ANCOM 220. Do oznaczenia włókna neutralno-detergentowego NDF (neutral detergent fiber), po korekcie na popiół użyto siarczanu sodowo-laurylowego (Merc822050), włókna kwaśno-detergentowego ADF (acid detergent fibre) użyto bromku cetylo-trój-metylo-amonowego (Merc 102342) oraz ligninę ADL (acid detergent lignin) oznaczono przez hydrolizę próbek ADF w 72% kwasie siarkowym.

Udział aminokwasów w białku ocenianego ziarna owsa, z wyjątkiem metioniny i tryptofanu, po hydrolizie próbek w 6 M HCl oznaczono na analizatorze produkcji czeskiej AAA-400. W celu oznaczenia metioniny i tryptofanu próbki paszy hydrolizowano enzymatycznie papainą. W hydrolizacie oznaczono metioninę metodą kolorymetryczną podaną przez Pawlika (1972). Tryptofan natomiast oznaczony był metodą kolorymetryczną z p-dwumetyloaminobenzaldehydem według Lombarda (Skibniewska i Kakowska-Lipińska, 1970).

Wybrane składniki mineralne: wapń, potas, sód oznaczono metodą fotometrii płomieniowej na aparacie Flapho 4, natomiast fosfor wg PN-76/R-64781.

WYNIKI I DYSKUSJA

Czynnikiem decydującym o wartości pokarmowej paszy jest jej skład chemiczny. Wyniki badań własnych umieszczone w tabelach 1–4 potwierdzają korzystny skład chemiczny ziarna odmian nagoziarnistych owsa w porównaniu z odmianą oplewioną.

Jednym z najważniejszych składników chemicznych decydującym o jakości żywieniowej jest białko. W badanym materiale najwyższą zawartość białka stwierdzono w pierwszej polskiej odmianie owsa nagoziarnistego Akt (197 g/kg s.m.). Spośród przebadanych rodów krótkosłomych na uwagę zasługuje STH 16316, którego poziom białka najmniej odbiega od nagoziarnistych odmian wzorcowych. Badania innych autorów (Czubaszek, 2003; Maciejewicz-Ryś i Sokół, 1999) potwierdzają niższą ilość białka ogółem w odmianach owsa oplewionego.

Należy zwrócić również uwagę na wysoką zawartość tłuszczu surowego w ziarnie owsa nagoziarnistego. Składnik ten decyduje o wartości energetycznej pasz. W badaniach własnych oraz innych autorów (Fabijańska i in., 2003; Nita, 1999), można zauważyć prawie dwukrotnie więcej tłuszczu u odmian nagoziarnistych w porównaniu z owsem oplewionym. Spośród rodów krótkosłomych najwięcej tłuszczu stwierdzono w ziarnie rodu STH 16316.

Zawartość włókna surowego w ziarnie owsa jest związana z udziałem łuski. Owies nagoziarnisty w porównaniu z oplewionym charakteryzuje się mniejszą ilością włókna, odpowiednio 14,5–19,5 i 106,9 g (tab. 1).

O jakości włókna w dużej mierze decyduje lignina, która wpływa ujemnie na strawność i wartość odżywczą pasz szczególnie dla zwierząt monogastrycznych, które nie trawią ligniny (Kowalczyk, 1997). Zawartość frakcji ADL w badanych odmianach owsa nagoziarnistego w porównaniu z oplewionym jest ponad trzykrotnie niższa (tab. 2). Podobną zależność można zauważyć w przypadku ilości frakcji włókna neutralno-

detergentowego, jak i kwaśno-detergentowego, co potwierdzają badania Branda i wsp. (2003).

Tabela 1

Zawartość podstawowych składników pokarmowych (g/kg suchej masy) w ziarnie owsa**Chemical composition of oat grain (g/kg dry matter)**

Odmiana Cultivar		Sucha masa Dry matter	Popiół surowy Crude ash	Białko ogółem Crude protein	Tłuszcz surowy Crude fat	Włókno surowe Crude fibre	Bezazotowe wyciągowe N-free extracts
Chwat	op ¹	906,1	31,8	167,9	45,8	106,9	647,6
Akt	nz	906,6	25,4	197,1	75,2	14,5	687,7
Polar	nz	906,6	26,8	195,7	74,3	15,2	688,0
STH 15944	nzk	902,1	23,4	175,0	72,3	16,3	713,0
STH 7091	nzk	906,2	23,5	183,8	77,7	15,1	699,8
STH 16316	nzk	902,0	21,7	188,2	80,9	19,5	689,6

op¹ — Odmiana oplewiona (husked cultivar); nz — Odmiana nagoziarnista (naked cultivar)

nzk — Odmiana nagoziarnista krótkosłoma (naked dwarf cultivar)

Tabela 2

Zawartość frakcji włókna (g/kg s.m.) w ziarnie owsa**Fibre fraction (g/kg DM) of oat grain**

Odmiana Cultivar		ADF	ADL	NDF
Chwat	op	142,8	24,9	353,5
Akt	nz	42,9	8,1	142,5
Polar	nz	30,2	6,8	111,1
STH 15944	nzk	41,1	8,5	110,9
STH 7091	nzk	40,8	8,2	111,6
STH 16316	nzk	40,5	7,2	100,7

Oznaczenia jak w tabeli pierwszej

Symbols as in Table 1

Tabela 3

Skład aminokwasów egzogennych białka ziarna owsa (g/16 g N)**Essential amino-acids composition (g/16 g N) of oat grain protein**

Aminokwas Amino acid	Chwat op	Akt nz	Polar nz	STH 15944 nzk	STH 7091 nzk	STH 16316 nzk
Lys	3,40	3,46	3,60	2,79	2,88	2,80
Met	1,36	1,54	1,59	1,16	1,02	1,22
Cys	2,35	2,77	2,89	2,60	2,61	2,13
Thr	2,88	2,90	3,23	2,62	2,64	2,70
Ile	4,27	3,29	3,82	2,56	2,51	2,51
Trp	0,79	0,89	0,91	1,08	1,01	1,00
Val	5,75	4,67	5,30	3,53	3,68	3,76
Leu	7,94	6,66	7,44	5,40	5,58	5,02
His	2,06	2,26	2,63	1,80	1,61	1,81
Arg	6,02	5,89	7,90	5,81	6,37	5,89
Phe	4,58	4,62	5,37	3,88	3,93	3,61
Tyr	1,93	1,33	2,21	2,35	2,59	2,52

Oznaczenia jak w tabeli 1

Symbols as in Table 1

Skład aminokwasowy decyduje o wartości odżywczej białka, a ściślej ilość aminokwasów niezbędnych w nim zawarta. Odmiany owsa nagoziarnistego przy większym udziale białka wyróżnia również korzystniejszy udział najważniejszych aminokwasów (tab. 3), zwłaszcza lizyny, metioniny, treoniny i tryptofanu, co jest zgodne z wynikami Givensa i wsp. (2004). Jak podaje Barneveld (1998), czy Fabijańska i wsp. (2003) zawartość niemal każdego aminokwasu jest wyższa w białku owsa nagoziarnistego niż w białku innych zbóż, takich jak pszenica czy nawet jęczmienia, który może być stosowany bez ograniczeń w żywieniu zwierząt wrażliwych na wartość odżywczą białka. Skład aminokwasowy białka nowych rodów krótkosłomych odbiegał ujemnie od składu wzorcowych odmian nagoziarnistych. Jedynie zawartość tryptofanu i tyrozyny u tych rodów była wyższa.

Wartość pokarmową pasz uzupełniają składniki mineralne. Poziom wybranych makroelementów przedstawiona w tabeli 4 jest zbieżna z wynikami otrzymanymi przez Givensa i wsp. (2004). Zawartość popiołu w całym ziarnie owsa waha się w granicach od 21,7 g/kg s.m. ziarna w odmianie nagoziarnistej do 31,8 g w odmianie oplewionej. Największy udział w składzie popiołu ma fosfor, na drugim miejscu znajduje się potas. Przedstawione zawartości składników mineralnych nie różnicują znacznie ocenianych odmian owsa.

Tabela 4

Zawartość składników mineralnych (g/kg s.m.) ziarna owsa
Mineral elements (g/kg DM) in oat grain

Odmiana Cultivar	Wapń Calcium	Fosfor Phosphorus	Potas Potassium	Sód Sodium
Chwat op	1,06	4,62	3,67	0,83
Akt nz	0,81	5,37	2,78	0,60
Polar nz	0,77	4,85	2,45	0,72
STH 15944 nzk	0,61	5,38	1,95	0,73
STH 7091 nzk	0,53	4,81	2,04	0,55
STH 16316 nzk	0,70	4,99	2,16	0,54

Oznaczenia jak w tabeli 1

Symbols as in Table 1

Wyniki niniejszych badań wskazują na duże zróżnicowanie pomiędzy cechami jakościowymi ziarna badanych odmian owsa nagoziarnistego, co wskazuje na możliwość selekcji w kierunku polepszenia cech jakościowych. Wielu autorów zwraca uwagę, że owies wykazuje dużą zmienność składu chemicznego w zależności od warunków agrometeorologicznych, co wpływa równocześnie na zróżnicowanie wartości pokarmowej (Maciejewicz-Ryś i Sokoł, 1999). Przedstawione wyniki wskazują na konieczność prowadzenia szerokiej oceny wartości pokarmowej nowych odmian owsa jako integralnej części prac hodowlanych nad tym cennym gatunkiem.

WNIOSKI

1. Owies nagoziarnisty charakteryzuje się stosunkowo wysoką zawartością białka, przy małej ilości włókna surowego i dużym udziale tłuszczu. Zawiera około 20% więcej białka ogółem w ziarnie i ponad 66% tłuszczu surowego.

2. Mniejsza zawartość włókna surowego oraz strukturalnych frakcji włókna w odmianach owsa nagoziarnistego stwarzają nowe możliwości wykorzystania tego zboża w żywieniu zwierząt monogastrycznych.
3. Białko owsa nagoziarnistego charakteryzuje korzystny skład aminokwasów egzogen-nych, co stawia go na czołowym miejscu wśród zbóż.
4. Badane rody krótkosłome w porównaniu z wzorcowymi odmianami nagoziarnistymi Akt i Polar zawierały średnio mniej białka i popiołu, więcej tłuszczu surowego i NFE.

LITERATURA

- Barneveld R. J., Szarvas S. R., Barr A. R. 1998. The apparent ileal digestibility of amino acids and the digestible energy content of naked oats (*Avena sativa* cv. Bandicoot) fed to growing pigs. *J. Sci. Food Agr.* 76: 277 — 284.
- Bartnikowska E., Lange E., Rakowska M. 2000 a. Ziarno owsa — niedoceniane źródło składników odżywczych i biologicznie czynnych, Cz. I. Ogólna charakterystyka owsa. Białka, tłuszcze. *Biul. IHAR* 215: 209 — 222.
- Bartnikowska E., Lange E., Rakowska M. 2000 b. Ziarno owsa — niedoceniane źródło składników odżywczych i biologicznie czynnych, Cz. II. Polisacharydy i włókno pokarmowe, składniki mineralne, witaminy. *Biul. IHAR* 215: 223 — 237.
- Borecka-Jamro D., Tobiasz-Salach R. 1999. Ocena wartości gospodarczych nowych rodów owsa nagoziarnistego, uprawianego w województwie rzeszowskim. *Żywność* 1 (18) Supl.: 90 — 96.
- Brand T. S., Cruywagen C. W., Brandt D. A., Vijoer M., Burger W. W. 2003. Variation in the chemical composition, physical characteristics and energy values of cereals grains produced in the Western Cape area of South Africa. *South Africa J. Anim. Sci.* 33 (2): 117 — 126.
- Brand T. S., van der Merve J. P. 1996. Naked oats (*Avena nuda*) as a substitute for maize in diets for weanling and grower — finisher pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 57: 139 — 147.
- Czubaszek A. 2003. Wybrane cechy fizyczne i skład chemiczny ziarna kilku odmian owsa. *Biul. IHAR* 229: 307 — 316.
- Fabijańska M., Kosieradzka I., Bekta M. 2003. Owies nagi w żywieniu trzody chlewnej i drobiu. Cz. I. Owies nagi w żywieniu tuczników. *Biul. IHAR* 229: 317 — 328.
- Fabijańska M., Kosieradzka I., Sokół J. L., Bekta M., Bobel B. 2002. Polskie odmiany zbóż nagoziarnistych w żywieniu zwierząt. *Zesz. Nauk. PTZ Przegląd Hodowlany* 60: 197 — 210.
- Givens D. I., Davies T. W., Laverick R. M. 2004. Effect of variety, nitrogen fertiliser and various agronomic factors on the nutritive value of husked and naked oats grain. *Anim. Feed Sci. Tech.* 113: 169 — 181.
- Kwalczyk J., Żebrowska T. 1997. Włókno w żywieniu przeżuwaczy. W: *Włókno pokarmowe — skład chemiczny i biologiczne działanie*. Mat. Konf. Nauk. Radzików: 119 — 127.
- Kozłowska-Ptaszyńska Z. 2000. Owies nagi — agrotechnika, wartość użytkowa i perspektywy uprawy. *Biul. Inf. JUNG*. 12: 33 — 37.
- Maciejewicz-Ryś J., Sokół J. 1999. Wartość pokarmowa ziarna owsa oplewionego (*Avena sativa* L.) i nagoziarnistego (*A. sativa* var. *nuda*). *Żywność, Technologia, Jakość* 1 (18). Supl. 273 — 277.
- Nita Z. T. 1999. Stan aktualny i nowe kierunki hodowli owsa w Polsce. *Żywność*. 1 (18). Supl. 186 — 191.
- Nita Z., Werwińska K. 2003. Efekt zastosowania genów karłowatości w owsie. Konferencja Naukowa „Nauka w hodowli zbóż”, Zakopane 27–31 styczeń 2003 r, poster.
- Pawlik I. 1972. Oznaczanie zawartości metioniny w niektórych materiałach paszowych. *Biul. Cent. Stacji Oceny Pasz. Czechnica* 2: 39 — 42.
- Petkov K., Piech M., Lubowicki R., Łukaszewski Z., Jaskowska I., Biel W. 2001. Ocena wartości pokarmowej ziarna owsa nieoplewionego i oplewionego w żywieniu trzody chlewnej. *Rocz. Nauk. Zootech.* 28 (2): 165 — 173.
- Piech M., Petkov K., Maciorowski R. 2003. Plon ziarna i składników pokarmowych owsa nieoplewionego i oplewionego uprawianego przy dwóch poziomach nawożenia azotem. *Biul. IHAR* 229: 103 — 113.

- Skibniewska T., Kakowska-Lipińska J. 1970. Oznaczanie tryptofanu w produktach spożywczych. *Rocz. PZH.* 21. 3: 303 — 310.
- Skulmowski J., 1974. *Metody określania składu pasz i ich jakości.* PWRiL, Warszawa.
- Van Soest P. J. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. Preparation a fiber residues of low nitrogen content. *J. A. O. A. C.* 46, 5.
- Van Soest P. J. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. Determination of plant cell wall constituents. *J. A. O. A. C.* 50, 50.

MAREK GIBIŃSKI**WIKTOR BERSKI**Katedra Technologii Węglowodanów
Akademia Rolnicza w Krakowie

Właściwości skrobi z wybranych polskich odmian owsa

Properties of starch from selected Polish cultivars of oat

Skrobia owsiana znacznie różni się właściwościami od innych rodzajów skrobi. Wśród skrobi zbóż uprawianych w naszym kraju należy do skrobi o najmniejszych rozmiarach galeczek. Celem podjętych badań było określenie wybranych właściwości skrobi owsianej wyodrębnionej z polskich odmian owsa. Przebadano ziarnistość, zawartość fosforu i amylozy, zdolność wiązania wody i rozpuszczalność, a także zbadano przebieg charakterystyki kleikowania wodnych zawiesin skrobiowych. Przebadane skrobie wykazywały znaczne zróżnicowanie w zawartości fosforu. Średnia zawartość amylozy wynosiła 14,2%. Ponadto stwierdzono związek pomiędzy jej zawartością a lepkością. Przebieg charakterystyki kleikowania wskazał na odmienne w porównaniu z innymi skrobiami właściwości skrobi owsianej.

Słowa kluczowe: amyloza, charakterystyka kleikowania, fosfor, skrobia owsiana, ziarnistość

The properties of oat starch differ from those of other starches. The aim of the study was to analyze selected properties of starch extracted from Polish varieties and strains of oat. Starch granularity, and the content of phosphorus and apparent amylose were analyzed. Water binding capacity and solubility were also evaluated. Moreover, pasting profiles of water-starch suspensions were performed. The investigated starches were characterized by small size of granules. They considerably varied in the content of phosphorus. The average amylose content was 14.2%. Correlation between amylose content and viscosity was found. Pasting profiles confirmed particular properties of oat starch.

Key words: amylose, granularity, oat starch, phosphorus, pasting characteristics

WSTĘP

Produkcja skrobi owsianej w skali światowej jest nieznaczna, mimo, że charakteryzuje się ona szczególnymi właściwościami jak np. niewielkimi rozmiarami ziaren przy niewielkim rozrzucie ich wielkości, najwyższą zawartością tłuszczu, występowaniem tzw. frakcji pośredniej, odmiennym charakterem reologicznym oraz niską skłonnością do retrogradacji. Cennymi właściwościami żeli skrobi owsianej są również: powolna

krystalizacja, stabilność zamrażalnicza oraz trwałość w warunkach wysokiej temperatury i niskiego pH. (Wang i White, 1994 a; Zhou i in., 1998; Hoover i in., 2003).

W przemyśle spożywczym skrobia owsiana może być wykorzystana w produkcji wyrobów mleczarskich, mięsnych czy zbożowych, a także do otrzymywania malto-dekstrynowych zamienników tłuszczu (Gibiński i in., 1999). Interesujące wydają się być w tym aspekcie właściwości kompleksu skrobiowo-lipidowego występującego w skrobi owsianej i jego zdolności do powstrzymywania starzenia się pieczywa (Gambuś i in., 1996; Gambuś i Gibiński 2003).

Na szerszą skalę skrobia owsiana jest używana w produkcji artykułów kosmetycznych takich jak: kremy, żele, pudry kosmetyczne, dezodoranty o przedłużonej trwałości, zasyпки do rękawiczek chirurgicznych (Svanson i Olson, 2002). Stosowanie skrobi owsianej jest szczególnie zalecane w przypadku kosmetyków dla dzieci (Mateševac i Bennett, 2001; McCuaig, 1997; Paton i in., 1995), w których skrobia owsiana została użyta ze względu na niewielki rozmiar ziarenek oraz na fakt, że nie powoduje odczynów alergicznych (Swanson i Olson, 2002). W przemyśle farmaceutycznym używana jest do powlekania tabletek (Webster, 1986). Może też stanowić surowiec do produkcji papierów fotograficznych, folii biodegradowalnych, jako wypełniacz mas formierskich oraz składnik farb powlekających (Gąsiorowski i Kowalewski, 1993; Kuutti i in., 1998; Forssell i in., 1999).

Gatunek rośliny, z której wyodrębniono skrobię znacząco wpływa na takie jej cechy jak: wielkość ziarenek, ilość amylozy, zawartość fosforu, rozpuszczalność, zdolność wiązania wody oraz charakterystykę kleikowania. Niewielka ilość doniesień na temat właściwości skrobi pochodzącej z polskich odmian owsa (Pałasiński i Gibiński, 1991; Gibiński i in., 1993; Pałasiński 1994 skłoniła autorów do podjęcia pracy, której celem było określenie, w jakim stopniu różni się między sobą skrobia wyosobniona z polskich odmian owsa.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiło ziarno ośmiu odmian owsa, w tym sześciu oplewionych: Szakal, Chwat, Sam, Deresz, Cwał, Skrzat i dwóch odmian bezplewkowych (nagich): Akt i Polar. Ziarno pochodziło z trzech (Strzelce, Chorynia i Polanowice) stacji hodowli roślin z upraw z roku 2004.

Odluszczone w łuszczarce tarczowej ziarna owsa zmielono w młynku laboratoryjnym Cyclotec 1093 firmy Foss Tecator. Otrzymane śruty zostały wykorzystane jako materiał do ekstrakcji skrobi. W oparciu o wcześniejsze badania (Gibiński 1992) do wyizolowania skrobi użyto procedury opisaną przez Patona (1977).

W ziarnach odmian owsa przed i po obłuszczeniu oznaczono zawartość skrobi metodą Clendeninga (ICC Standard No 122). Natomiast na wyosobnionych skrobiach przeprowadzono następujące oznaczenia:

- rozkładu wielkości ziaren skrobiowych przy użyciu laserowego analizatora laserowego Analysette 22 firmy Fritsch,
- zawartości amylozy pozornej metodą Morrisona i Laignelet (1983),
- zawartości fosforu całkowitego według Marsha (1959),

- zawartość tłuszczu całkowitego w skrobi metodą ekstrakcyjno-wagową Soxhletta (Richter i in., 1969),
- zdolności wiązania wody i rozpuszczalności modyfikowaną metodą Leacha (Richter i in., 1969),
- charakterystykę kleikowania 7,5% wodnych dyspersji skrobiowych w wiskografie Brabendera, według programu podstawowego (Richter i in., 1969). Zastosowano puszkę pomiarową 250 cm × g, oraz szybkość mieszania 75 obr/min. Przy ocenie brano pod uwagę następujące wskaźniki charakterystyki kleikowania: temperaturę kleikowania, lepkość maksymalną, temperaturę przy maksimum lepkości, lepkość po 20 min. w temperaturze 96°C, lepkość minimalną oraz lepkość po schłodzeniu do temperatury 25°C.

Wszystkie oznaczenia wykonano w co najmniej dwóch powtórzeniach. Średnie wyniki zawartości składników podano w przeliczeniu na suchą substancję. Dane poddano analizie statystycznej z zastosowaniem testu a posteriori Tukeya. Wyznaczono także współczynniki korelacji Pearsona, przeprowadzono analizę wariancji oraz wyliczono współczynnik NIR (Najmniejszej Istotnej Różnicy).

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki oznaczania zawartości skrobi w ziarnie owsa przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Zawartość skrobi w polskich odmianach owsa
Starch content in Polish varieties of oat

Rok Year	Ziarno — Grain					Ziarno obłuszczone — Grain after husking					
	Chwat	Cwał	Deresz	Sam	Szakał	Chwat	Cwał	Deresz	Sam	Szakał	Akt*
1999	46,6	44,8	46,0	41,7	46,8	53,4	59,0	56,1	54,4	55,5	49,9
2000	43,6	47,5	46,5	45,6	45,5	58,4	64,2	64,2	58,4	64,1	64,2
2001	30,7	43,0	36,7	36,9	42,8	55,0	57,3	57,1	58,6	60,2	51,8
2002	41,2	44,2	41,0	44,8	41,1	57,1	62,9	62,1	54,5	63,9	57,6
$\bar{x}$	40,5	44,9	42,6	42,3	44,1	56,0	60,9	59,9	56,5	60,9	55,9

*Ziarno odmiany Akt nie zostało poddane obłuszczeniu; Grain of cv. Akt was not subjected to the process of husking

Średnia zawartość skrobi w całym ziarnie wynosiła ponad 40%, najmniej w ziarnie odmiany Chwat — 40,5%, najwięcej w ziarnie odmiany Cwał 44,9%. Po obłuszczeniu średnia zawartość skrobi wzrosła. Najniższą wartość odnotowano w przypadku odmian Akt oraz Chwat — około 56%, najwyższą w ziarnach odmiany Cwał i Szakał — 60,9%.

Oznaczenie wielkości ziaren skrobi z ośmiu odmian owsa przedstawiono w tabeli 2.

Charakterystyczna dla skrobi różnego pochodzenia wielkość ich gałeczek jest dość zróżnicowana. Dla przykładu skrobia ziemniaczana opisywana jest w literaturze jako skrobia dużo ziarnista, a rozpiętość w wielkości ziarenek mieści się w przedziale od 10–110 μm . Natomiast ziarenka skrobi owsianej opisywanej jako skrobia drobnoziarnista mieszczą się w przedziale od 3 do 30 μm , aczkolwiek w obu tych przypadkach znaleźć można ziarenka tak mniejsze jak i większe. Stąd też przynależność ziaren do odpowiedniej grupy wielkości jest umowna i uzależniona od pochodzenia skrobi. Dla skrobi owsianej do

ziaren małych zaliczane będą ziarenka w zakresie do 3 μm , do średnich od 3–15 μm , a powyżej 15 μm do ziaren dużych (Fortuny i Łuszczaka, 2000). Najbardziej liczną frakcję stanowiła frakcja ziarenek od 3–15 μm — 59,0%. Ziaren małych (do 3 μm) było 13,9%, a dużych (powyżej 15 μm) 26,9%. Wartości te pokrywają się z badaniami Hoovera i wsp. (2003) przeprowadzonych na 6 kanadyjskich odmianach i tylko nieznacznie odbiegają od wartości podawanych przez innych autorów (Paton, 1977; Wang i White, 1994 b; Zhou, 1998).

Tabela 2

Ziarnistość badanych skrobi
Granularity of investigated starches

Odmiana Cultivar	Wielkość ziaren w przedziale (μm) — Size of grains in range (μm)												
	0,3–1	1–3	3–5	5–7	7–10	10–13	13–15	15–17	17–20	20–23	23–30	30–40	40–55
Chwat	3,1	13,0	10,3	14,9	19,8	11,7	4,8	3,4	3,7	3,0	5,8	4,7	1,7
Cwał	2,2	11,0	10,3	13,6	19,1	12,6	5,5	4,0	4,3	3,4	6,2	4,8	2,2
Deresz	2,7	10,9	7,3	12,2	19,7	13,2	5,7	4,1	4,5	3,6	6,9	6,7	2,4
Sam	2,9	10,5	6,4	11,6	20,7	14,8	6,5	4,6	4,8	3,6	6,3	5,1	2,0
Skrzat	1,9	11,3	10,1	12,3	18,9	13,4	6,0	4,3	4,7	3,6	6,2	5,0	1,9
Szakal	2,9	11,2	7,9	12,4	18,7	12,1	5,2	3,8	4,3	3,6	7,5	6,9	2,8
Polar	2,4	11,2	8,6	11,0	17,1	12,3	5,7	4,3	5,0	4,0	7,9	7,1	2,9
Akt	1,7	12,0	9,1	12,7	18,4	12,8	5,4	4,0	4,4	3,5	6,8	5,9	2,4
NIR	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,6	0,4
LSD	2,5	11,4	8,8	12,6	19,1	12,9	5,6	4,1	4,5	3,5	6,7	5,8	2,3
$\bar{x}$	13,9		59,0					26,9					

Szczególnie interesująca jest frakcja małych ziaren, której tak wysokiego udziału nie potwierdzają wspomniani wcześniej autorzy. W rozkładzie na poszczególne odmiany jej udział mieścił się w zakresie od 13,2% (Skrzat) do 16,1% (Chwat).

Najliczniejszą frakcję stanowiły ziarenka o rozmiarach 3–15 μm (59,0%), co znajduje potwierdzenia w badaniach Patona (1977), Wanga i White'a (1994 b) oraz Zhou i wsp. (1998).

W stosunku do analogicznych oznaczeń wykonanych wcześniej dla 11 polskich odmian owsa (Pałasiński i Gibiński, 1991; Pałasiński, 1994), w badanym materiale obserwuje się niższe wartości ziarnistości w poszczególnych zakresach.

Zaobserwowane różnice mogą być wynikiem doboru innych odmian owsa, która to cecha w znacznym stopniu wpływa na ziarnistość skrobi. Na wielkość ziarenek skrobi oprócz właściwości genetycznych mają wpływ także warunki glebowe, agrotechniczne oraz meteorologiczne (Gudmundsson i Eliasson, 1989; Nowotny, 1969; Kołodziej, 1994).

W tabeli 3 podano wyniki oznaczenia zawartości amylozy pozornej, której poziom jest ważnym wyróżnikiem, ponieważ w znacznym stopniu wpływa na właściwości fizyczno-chemiczne skrobi oraz na możliwość jej wykorzystania. Jej ilość w badanych skrobiach kształtowała się na niskim poziomie i mieściła w zakresie 13,8% (Cwał) — 14,6% (Akt i Polar). Nie stwierdzono znaczących różnic odmianowych. Zawartość amylozy oznaczona przez Fortunę i Juszczaka (2000) wynosiła 19,1%, natomiast w badaniach Gudmundsson i Eliason (1989) odnotowano wartości pomiędzy 27,3 a 29,4%. Jeszcze wyższe wartości

oznaczyli Hartunian-Sowa i White (1992) od 30,3% do 33,6%. W swoich pracach Hoover i Senanayake (1996) oraz Hoover i wsp. (2003) określili zawartość amylozy w zakresie 16%–20%.

Tabela 3

Zawartość amylozy, fosforu i tłuszczu w badanych skrobiach
The content of amylose, phosphorus and fat in the investigated starches

Odmiana Cultivar	Zawartość — Content		
	amyloza (%) — amylose (%)	fosfor — phosphorus (mg % P)	tłuszcz (%) — lipids (%)
Chwat	14,0	56,5	1,3
Cwał	13,8	70,1	1,5
Deresz	14,2	67,6	1,4
Sam	14,3	64,2	1,4
Skrzat	14,1	90,3	1,7
Szakal	14,4	77,8	1,6
Akt	14,6	111,5	1,9
Polar	14,6	98,9	1,8
NIR			
LSD	0,7	1,8	0,5
$\bar{x}$	14,3	79,6	1,6

W tabeli 3 przedstawiono również wyniki zawartości fosforu w badanych skrobiach. Są one znacznie zróżnicowane i mieszczą się w zakresie od 56,5 mg /100 g s.s. (skrobia z odmiany Chwat) do 111,5 mg /100 g s.s. (skrobia z odmiany Akt). Uzyskane wartości odpowiadają danym literaturowym. Paton (1977) podaje jego ilość na poziomie 0,06–0,08%. Zawartość fosforu w podobnym zakresie zaobserwował Gibiński i wsp. (1993). Ponadto zauważył on, że skrobia owsiana w stosunku do skrobi z innych zbóż zawiera więcej fosforu, co potwierdzają badania Fortuny i Juszczaka (2000), którzy oznaczyli zawartość tego składnika na poziomie 87,1 mg/100 g s.s. Według Pałasińskiego i Gibińskiego (1991) oraz Pałasińskiego (1994) wartość ta znajduje się w przedziale 52,4–71,2 mg/100 g s.s. W skrobiach zbożowych około 90% fosforu skrobiowego zawarta jest w lizofosfolipidach (Morrison, 1981). Według tego autora fosfor zawarty w lizofosfolipidach skrobi zbożowych jest akumulowany podczas syntezy ziarenka skrobiowego tworząc kompleksy z amylozą. Kompleksy te obniżają pęcznienie ziarenek skrobiowych i rozpuszczalność amylazy, w wyniku czego opóźniają kleikowanie oraz ograniczają tworzenie żelu (Gambuś i Nowotna 1989). Ocena zawartości tłuszczu w badanych skrobiach owsianych (tab. 4) potwierdziła powyższe przypuszczenia. Wyższymi zawartościami tłuszczu odpowiadają wyższe zawartości fosforu.

Wykazano (Gambuś i Nowotna, 1989), że szybkie chłonięcie wody przez ziarenka skrobi zbożowych następuje w temperaturze powyżej 80–85°C. Wang i White (1994 a) oznaczyli stopień pęcznienia skrobi trzech odmian owsa w temperaturze 85°C i 95°C. W temperaturze 85°C stopień ten wyniósł (8,7–9,6%), co wskazuje na ograniczoną wodochłonność ziarenek w tej temperaturze. Podwyższenie temperatury o 10°C spowodowało ponad trzykrotny wzrost pęcznienia (27,8–34,8%). Na zdolność pęcznienia ziarenek skrobiowych wywiera wpływ obecność amylopektyny, a szczególnie jej masa cząsteczkowa, kształt i przestrzenne ułożenie. Amyloza natomiast, wzmacniając wew-

nętrzną strukturę ziarenka, wpływa na obniżenie zdolności do jego pęcznienia (Tester i Morrison, 1990).

Tabela 4

Rozpuszczalność i zdolność wiązania wody (ZWW) skrobi owsianych
Solubility and water binding capacity (WBC) of the investigated starches

Odmiana Cultivar	Rozpuszczalność w wodzie (%) w temperaturze Water solubility (%) at temperature				ZWW (g wody/g s.s. skrobi) w temperaturze/ WBC (g of water/g db starch) at temperature			
	70°C	80°C	85°C	90°C	70°C	80°C	85°C	90°C
Akt	1,4	1,5	1,6	2,5	3,4	3,5	5,2	5,4
Chwat	1,1	1,2	1,5	4,0	3,6	3,9	4,8	5,3
Sam	1,0	1,2	1,5	4,0	3,5	4,0	4,6	6,2
Szakal	1,0	1,1	1,5	3,7	3,1	3,5	5,2	6,0
Polar	1,0	1,5	1,5	2,9	3,3	3,5	5,2	5,7
Deresz	1,8	2,0	2,4	3,2	3,5	3,7	4,3	5,8
Cwał	1,3	1,6	1,7	3,8	3,7	4,1	5,6	6,1
Skrzat	1,1	1,4	1,5	2,6	3,6	4,0	5,2	5,7
NIR								
LSD	0,4	0,5	0,9	0,2	0,3	0,3	0,1	0,2
$\bar{x}$	1,2	1,4	1,7	3,3	3,5	3,8	5,0	5,8

Ważnym wskaźnikiem pęcznienia skrobi jest jej rozpuszczalność oraz zdolność wiązania wody.

W tabeli 5 zebrano wyniki rozpuszczalności i zdolności wiązania wody w badanych próbkach skrobi owsianych. Rozpuszczalność badanych skrobi rośnie wraz ze wzrostem temperatury. Najniższe wartości odnotowano w temperaturze 70°C i 80°C. W temperaturze 85°C rozpuszczalność badanych skrobi owsianych nieznacznie różni się między sobą, średnia wynosi 1,6%. Wyjątek stanowi skrobia z odmiany Deresz, która w tej temperaturze wykazała najwyższą rozpuszczalność (2,4%). Wzrost temperatury do 90°C spowodował w większości przypadków około dwukrotny wzrost rozpuszczalności badanych skrobi. Wyjątek stanowią skrobie z odmian Akt i Skrzat oraz Polar, które tylko nieznacznie zwiększyły rozpuszczalność. Zaobserwowano również, że w porównaniu z innymi skrobiami odznaczały się one najwyższą zawartością fosforu i tłuszczu w fosfolipidach, co mogło mieć wpływ na obniżenie rozpuszczalności. Potwierdzają to dane rozpuszczalności w 90°C, skrobi Chwat i Sam, w których zawartość fosforu i tłuszczu były niskie a u których stwierdzono najwyższy poziom rozpuszczalności. Skrobie zbożowe w przedziale temperatur 60–80°C wykazują słaby wzrost rozpuszczalności. Jest on istotny dopiero powyżej temperatury 80°C. Zachowanie takie wykazali Whang i White (1994 a i c). Ponadto dla temperatur 85°C i 95°C określili oni następujący zakres rozpuszczalności: 4,1–6,0% w 85°C i 33,5–43,3% w 95°C. Wzrost temperatury (o 10°C) spowodował znaczny wzrost rozpuszczalności skrobi owsianej, co zaobserwowali również Paton (1979) oraz Doublier i wsp. (1987). Rozpuszczalność badanych skrobi w temperaturze 70°C jak i 80°C była niższa niż skrobi polskich odmian owsa podana w literaturze (Gibiński i Pałasiński, 1992; Pałasiński, 1994). Różnice te były zdecydowanie znaczniejsze w temperaturze 90°C. Podobnie Fortuna i Juszczak (2000) odnotowali wyższe wartości rozpuszczalności skrobi w temperaturze 80°C.

Pod względem zdolności wiązania wody skrobie badanych odmian owsa w temperaturze 70°C i 80°C absorbują wodę w ograniczonym zakresie. Wraz ze wzrostem temperatury — do 85°C — zdolność wiązania wody nieznacznie wzrasta. W 90°C najwyższą sorpcję wody wykazała skrobia z odmian Sam (6,2 g/g s.s.) i Cwał (6,1 g/g s.s.).

Tabela 5

Charakterystyka kleikowania skrobi owsianych oznaczona w amylografie Brabendera
Pasting characteristics of oat starch determined using Brabender amylograph

Odmiana Cultivar	Temperatura kleikowania Pasting temperature	Lepkość maksymalna Maximum viscosity	Temperatura w maksimum lepkości Temperature at maximum viscosity	Lepkość po 20 min. w 96°C Viscosity after 20min. at 96°C	Lepkość minimalna Minimal viscosity	Temperatura w minimum lepkości Temperature at minimal viscosity	Lepkość w 25°C Viscosity at 25°C
	(°C)	(j.B.)/(A.u)	(°C)	(j.B.)/(A.u)	(j.B.)/(A.u)	(°C)	(j.B.)/(A.u)
Chwat	90,0	2000	96,0	1120	1050	87,0	2970
Cwał	90,0	1510	96,0	1100	1030	91,5	3020
Deresz	90,0	2190	96,0	1410	1370	91,5	3100
Sam	90,0	2390	96,0	1430	1360	90,0	3230
Skrzat	89,5	2030	96,0	1240	1210	92,5	3040
Szakał	88,0	2580	96,0	1310	1260	91,5	3380
Akt	89,5	2330	96,0	1360	1310	92,5	3480
Polar	88,0	2070	96,0	1540	1530	91,5	3470
NIR							
LSD	0,5	220	0	190	170	0,5	210
$\bar{x}$	89,4	2138	96,0	1314	1265	91,0	3211

Wartości rozpuszczalności i zdolności wiązania wody badanych skrobi są zbliżone do wyników prezentowanych w literaturze. Gibiński i wsp. (1993) badając rozpuszczalność skrobi z trzech odmian owsa podaje następujący zakres wartości 2,1–2,7% (w temperaturze 85°C) i 23,4–32,4% (w temp. 95°C). Wykazał również, że w temperaturze 85°C badane skrobie wiążą wodę w ograniczonym zakresie (7,0–8,1 g/g s.s.), dopiero w 95°C wykazują one znacznie wyższą zdolność wiązania wody (31–40,1 g/g s.s.). Podobne zależności w skrobiach owsianych wykazali Wang i White (1994 a i c). W pracach Gibińskiego i Pałasińskiego (1992), Pałasińskiego (1994) oraz Fortuny i Juszcza (2000) odnotowano wyższe wartości zdolności wiązania wody.

W tabeli 5 zebrano wyniki charakterystyki kleikowania 7,5% kleików badanych skrobi, oznaczonych za pomocą amylografu Brabendera.

Temperatura początkowa kleikowania pomiędzy poszczególnymi skrobiami była mało zróżnicowana i wahała się od 88°C do 90°C. Najniższą temperaturę początkową kleikowania wykazały skrobie z odmiany Szakał i Polar (88°C). Maksimum lepkości wszystkie skrobie osiągnęły w temperaturze 96°C, a otrzymane wartości były znacznie zróżnicowane i wahały się w granicach od 1510 j.B. (Cwał) do 2580 j.B. (Szakał).

Tabela 6

Współczynniki korelacji obliczone dla badanych skrobi
Correlation coefficients for the investigated starches

	0,3-1	1-3	3-5	5-7	7-10	10-13	13-15	15-17	17-20	20-23	23-30	30-40	40-55	Amy- loza	Fos- for	Lipi- dy	R70	R80	R85	R90	W70	W80	W85	W90
1-3	0,050	1,000																						
3-5	-0,416	0,622	1,000																					
5-7	0,181	0,737	0,653	1,000																				
7-10	0,494	-0,093	-0,309	0,335	1,000																			
10-13	-0,087	-0,667	-0,588	-0,509	0,533	1,000																		
13-15	-0,175	-0,789	-0,542	-0,717	0,249	0,930	1,000																	
15-17	-0,292	-0,809	-0,525	-0,833	0,017	0,836	0,969	1,000																
17-20	-0,338	-0,749	-0,472	-0,950	-0,331	0,580	0,816	0,924	1,000															
20-23	-0,276	-0,680	-0,468	-0,956	-0,563	0,284	0,562	0,727	0,924	1,000														
23-30	-0,035	-0,325	-0,409	-0,690	-0,712	-0,226	0,004	0,203	0,518	0,797	1,000													
30-40	0,068	-0,279	-0,493	-0,620	-0,571	-0,224	-0,058	0,107	0,403	0,696	0,952	1,000												
40-55	-0,088	-0,357	-0,356	-0,604	-0,704	-0,269	-0,059	0,146	0,441	0,736	0,972	0,916	1,000											
Amy- loza	-0,169	-0,075	-0,478	-0,656	-0,517	0,039	0,128	0,286	0,491	0,628	0,754	0,714	0,664	1,000										
Fos- for	-0,671	-0,085	0,108	-0,591	-0,889	-0,130	0,128	0,345	0,614	0,723	0,659	0,509	0,609	0,691	1,000									
Lipi- dy	-0,694	-0,097	0,137	-0,561	-0,890	-0,145	0,105	0,321	0,582	0,698	0,648	0,480	0,618	0,667	0,990	1,000								
R70	0,073	-0,281	-0,161	-0,186	-0,088	-0,051	0,050	0,090	0,185	0,269	0,249	0,403	0,255	-0,135	-0,026	-0,114	1,000							
R80	-0,334	-0,266	-0,042	-0,159	-0,109	0,083	0,126	0,180	0,215	0,231	0,118	0,256	0,169	-0,097	0,112	0,041	0,881	1,000						
R85	0,126	-0,315	-0,315	-0,116	0,171	0,093	0,072	0,057	0,064	0,124	0,128	0,352	0,157	-0,162	-0,230	-0,302	0,925	0,869	1,000					
R90	0,688	0,075	-0,148	0,542	0,736	0,041	-0,194	-0,356	-0,594	-0,650	-0,486	-0,442	-0,397	-0,502	-0,877	-0,830	-0,259	-0,395	-0,085	1,000				
W70	-0,084	0,044	0,447	0,380	0,370	0,200	0,188	0,079	-0,115	-0,372	-0,725	-0,731	-0,710	-0,775	-0,371	-0,412	0,275	0,313	0,179	0,134	1,000			
W80	0,061	-0,124	0,290	0,380	0,631	0,398	0,317	0,143	-0,152	-0,449	-0,836	-0,868	-0,799	-0,852	-0,583	-0,568	-0,075	-0,044	-0,054	0,433	0,852	1,000		
W85	-0,552	0,076	0,635	0,120	-0,594	-0,395	-0,235	-0,110	0,003	0,082	0,105	-0,133	0,221	-0,079	0,463	0,555	-0,394	-0,244	-0,557	-0,197	-0,029	0,017	1,000	
W90	0,022	-0,743	-0,465	-0,235	0,453	0,605	0,514	0,447	0,228	0,125	-0,087	-0,118	0,040	-0,190	-0,320	-0,242	-0,140	-0,035	0,072	0,432	-0,064	0,324	0,046	1,000
Tk	0,328	-0,149	0,044	0,147	0,463	0,282	0,302	0,186	0,026	-0,184	-0,489	-0,451	-0,526	-0,634	-0,484	-0,557	0,473	0,305	0,366	0,247	0,859	0,719	-0,368	-0,038
Lmax	0,429	-0,216	-0,732	-0,584	-0,063	0,153	0,188	0,215	0,340	0,466	0,605	0,647	0,470	0,709	0,176	0,160	-0,148	-0,365	-0,084	-0,081	-0,767	-0,605	-0,421	0,015
L20	-0,236	-0,291	-0,677	-0,652	-0,110	0,447	0,403	0,483	0,515	0,520	0,475	0,528	0,420	0,828	0,424	0,390	0,015	0,191	0,145	-0,373	-0,571	-0,603	-0,368	0,130
Lmin	-0,310	-0,254	-0,613	-0,633	-0,157	0,410	0,371	0,457	0,502	0,514	0,473	0,529	0,419	0,828	0,470	0,438	0,014	0,215	0,142	-0,437	-0,574	-0,622	-0,327	0,093
Tmin	-0,642	-0,636	-0,122	-0,715	-0,590	0,190	0,427	0,583	0,744	0,819	0,594	0,508	0,623	0,352	0,714	0,732	0,256	0,402	0,179	-0,715	-0,249	-0,297	0,374	0,262
L25	-0,223	-0,164	-0,409	-0,630	-0,610	-0,042	0,076	0,265	0,480	0,653	0,814	0,710	0,790	0,941	0,718	0,727	-0,196	-0,139	-0,245	-0,411	-0,804	-0,832	0,179	-0,025

Podczas przetrzymywania badanych kleików w temperaturze 96°C (z mieszaniem) przez 20 minut lepkość ich malała. W trakcie obniżania temperatury kleików we wszystkich przypadkach następuje wzrost ich lepkości, który w temperaturze 25°C mieści się w przedziale od 2970 j.B. — Chwat do 3480 j.B. — Akt. Wyniki oznaczania temperatury początkowej kleikowania skrobi owsianych były zbliżone do podawanej dla polskich odmian owsa (Gibiński i Pałasiński, 1992; Gibiński i in., 1993; Pałasiński, 1994).

Charakterystykę skrobi z kanadyjskich odmian owsa przeprowadzili w amylografie Brabendera Wang i White (1994 b). Porównując otrzymane wyniki z danymi Kanadyjskimi zauważa się odmienną w otrzymanych danych, która poza zróżnicowaniem odmianowym wynika przede wszystkim z odmiennych warunków przeprowadzania pomiaru (stężenie, puszka pomiarowa). Zaobserwowano jedynie identyczne zachowanie się kleików skrobiowych z polskich oraz kanadyjskich odmian owsa podczas ich schładzania w trakcie, którego osiągają zdecydowanie większe wartości lepkości niż kleiki innych skrobi zbożowych.

Przy poziomie ufności $\alpha = 0,01$ i liczbie stopni swobody $df = 7$ wykazano silne (pow. $\pm 0,8$) korelacje (tab. 6):

- ujemne — pomiędzy wielkością ziaren od 7–10 μm a zawartością fosforu (-0,889) i lipidów (-0,890), rozpuszczalnością w 90°C a zawartością fosforu (-0,877) i lipidów (-0,830), wodochłonnością w 80°C a ziarnami wielkości od 23–55 μm (-0,836; -0,868; -0,799) i amylozą (-0,852); lepkością w 25°C i wodochłonnością w 70°C (-0,804) i wodochłonnością w 80°C (-0,832),
- dodatnią — pomiędzy zawartością amylozy a lepkością po 20 minutach w temp. 96°C (0,828), lepkością minimalną (0,828) i lepkością w temperaturze 25°C po ochłodzeniu (0,941); wielkością ziarenek skrobiowych w zakresie od 23–30 μm i 40–55 μm a lepkością w temperaturze 25°C po ochłodzeniu (0,814), (0,790) oraz temperaturą początkową kleikowania a wodochłonnością w 70°C (0,859).

Współczynnik NIR wyliczono dla liczby stopni swobody $df = 8$, liczby zabiegów $a = 8$, przy poziomie ufności $\alpha = 0,05$. Pozwoliło to na stwierdzenie, że zarówno zawartość fosforu jak i ziarnistość badanych skrobi jest cechą odmianową. Od odmiany zależna jest również zdolność wiązania wody i rozpuszczalność w wyższych (od 85°C) temperaturach. Wykazano ponadto, że wartości lepkości we wszystkich punktach charakterystyki kleikowania są cechą odmianową.

WNIOSKI

1. Analizowane skrobie polskich odmian owsa odznaczają się ziarnistością w przedziale 0,3–55 μm , przy czym frakcją najbardziej liczną jest grupa ziarenek o wymiarach 3–15 μm . Z przebadanych skrobi owsianych odmiana Chwat charakteryzuje się skrobią o najdrobniejszych ziarenkach a odmiana Polar do skrobi gruboziarnistych.
2. Zawartość amylozy w badanych skrobiach występowała na zbliżonym poziomie (13,8–14,2%). Zaobserwowano związek pomiędzy ilością amylozy a lepkością w poszczególnych punktach charakterystyki kleikowania.

3. Badane skrobie owsiane charakteryzowały się zróżnicowaną zawartością fosforu całkowitego, od 56,5 do 111,5 mg P/100 g s.s. Najwyższą jego ilość, a także najwyższą zawartość amylozy stwierdzono w nagich odmianach owsa (Akt i Polar). Poziom zawartości fosforu związany był (ujemnie) z frakcją ziarenek o wymiarach 7-10µm i wpływał na rozpuszczalność skrobi w 90°C.
4. Badane skrobie wykazywały podobny przebieg charakterystyki kleikowania. Wszystkie próbki charakteryzowały się zbliżoną temperaturą początkową kleikowania 88,0°C–90,0°C. Najbardziej lepkie kleiki skrobi owsianych uzyskano dla skrobi z odmian Szkal i Sam. Skrobią o najniższym przebiegu charakterystyki lepkości była skrobia wyosobniona z odmiany Cwał.

LITERATURA

- Doublier J. L., Paton D., Llamas G. 1987. A rheological investigation of starch pastes. *Cereal Chemistry* 1: 21 — 26.
- Forssell P. M., Hulleman S. H. D., Myllärinen P. J., Moates G. K., Parker R. 1999 Ageing of rubbery thermoplastic barley and oat starches. *Carbohydrate Polymers*, 39: 43 — 51.
- Fortuna T., Juszczak L. 2000. Wybrane właściwości skrobi różnego pochodzenia. *Zesz. Naukowe AR w Krakowie*, 367: 39 — 50.
- Gambuś H., Nowotna A. 1989. Właściwości reologiczne skrobi. *Materiały Letniej Szkoły Skrobiowej*, Wrocław.
- Gambuś H., Gibiński M., Achremowicz B. 1996. Effect of addition of oat starch component on bread quality and staling. *Żywność, Technologia Jakość* 2 (7): 166 — 174.
- Gambus H., Gibiński M. 2003. Wpływ dodatku skrobi owsianej na jakość i starzenie się pieczywa pszennego. *Biul. IHAR* 229: 291 — 299.
- Gąsiorowski H., Kowalewski W. 1993. Owies — roślina XXI wieku. Wykorzystanie dla celów konsumpcyjnych i przemysłowych. *Przegląd Zbożowo — Młynarski* 3: 14 — 16.
- Gąsiorowski H. 1995. Owies — chemia i technologia. PWRiL, Poznań.
- Gibiński M. 1992. Funkcjonalne właściwości skrobi owsianej. Porównanie różnych metod wyosabniania skrobi. *Zesz. Naukowe AR w Krakowie*, 274: 33 — 43.
- Gibiński M., Pałasiński M., Tomasiak P. 1993. Physicochemical properties of defatted oat starch. *Starch* 10: 354 — 357.
- Gibiński M., Pisulewski P., Achremowicz B. 1999. Możliwości wykorzystania owsa jako surowca do otrzymywania substytutów tłuszczowych. *Żywność, Technologia, Jakość*, 1 (18) Supl.: 205 — 213.
- Gudmundsson M., Eliasson A. C. 1989. Some physico-chemical properties of oat starches extracted from varieties with different oil content. *Acta Agric Scand.* 39: 101 — 111.
- Hartunian-Sowa M., White P. J. 1992. Characterization of starch isolated from oat growths with different amount of lipid. *Cereal Chemistry* 69: 521 — 527.
- Hoover R., Senanayake S. P. J. N. 1996 Composition and physicochemical properties of oat starches. *Food Research International* 29 (1): 15 — 26.
- Hoover R., Smith C., Zhou Y., Ratnayake R. M. W. S. 2003. Physicochemical properties of Canadian oat starches. *Carbohydrate Polymers*, 52: 253 — 261.
- ICC — Standards. 1995. Standards Methods of the International Association for Cereal Science and Technology (ICC). Printed by ICC-Vienna.
- Kołodziej Z. 1994. Zmienność właściwości ziemniaka jako surowca krochmalniczego. *Zeszyty Naukowe AR w Krakowie*, nr 191.
- Kuutti L., Peltonen J., Myllärinen P., Teleman O., Forssell P. 1998. AFM studies of thermoplastic starches during ageing. *Carbohydrate Polymers* 37: 7 — 12.
- Marsh B. B. 1959. The estimation of inorganic phosphate in the presence of adenosine triphosphate. *Biochem. Biophys. Acta* 32: 357.

- Matesevac R. A., Bennett B. N. 2001. Cream cosmetic base with powdery feel. United States Patent 6,267,970.
- McCuaig D. 1997. Long life deodorant composition. United States Patent 5,662,937.
- Morrison D. R. 1981. Lipid in cereal starches: a review *J. Cereal Science* 8: 1 — 15.
- Morrison W. R., Laignelet B. 1983. An improved calorimetric procedure for determining apparent and total amylose in cereal and other starches. *J. Cereal Sci.* 1: 9 — 20.
- Nowotny F. 1969. Skrobia. WNT, Warszawa.
- Pałasiński M., Gibiński M. 1991. Untersuchungen über die Stärke aus polnischen Hafersorten. *Wissenschaftliche Zeitschrift der TH Köthen*, 2 (4): 45 — 52.
- Pałasiński M. 1994. Właściwości skrobi różnego pochodzenia. *Post. Nauk Rol.* 3: 47 — 59.
- Paton D. 1977. Oat starch I. Extraction, purification and pasting properties. *Starch/Stärke*, 29: 149 — 153.
- Paton D. 1979. Oat Starch: Some Recent Developments. *Starch* 6: 184 — 187.
- Paton D., Bresciani S., Han N. F., Hart J. 1995. Oats: chemistry, technology and potential uses in the cosmetic industry. *Cosmetics and Toiletries*, 110: 63 — 70.
- Richter M., Augustat S., Schierbaum F. 1969. *Ausgewählte Methoden der Stärkchemie*. VEB, Fachbuchverlag, Leipzig.
- Swanson, M., Olson D. W. 2002. Latex Allergen Affinity for Starch Powders Applied to Natural Rubber Gloves and Released as an Aerosol: From Dust to Don. *Canadian Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 5: 328 — 334.
- Tester R., Morrison W. 1990. Swelling and gelatinization of cereal starches I. Effects of amylopectin, amylose and lipids. *Cereal Chemistry*, 67: 551 — 552.
- Wang L. Z., White, P. J. 1994a. Structure and properties of amylose, amylopectin, and intermediate materials of oat starches. *Cereal Chemistry*, 71: 263 — 268.
- Wang L. Z., White P.J. 1994 b Structure and physicochemical properties of starches from oats with different lipid contents. *Cereal Chemistry* 5: 443 — 450.
- Wang L. Z., White P.J. 1994 c. Functional properties of oat starches and relationships among functional and structural characteristics. *Cereal Chemistry* 5: 451 — 458.
- Webster F. H. 1986. (red.). *Oats: chemistry and technology*. AACCC, ST. Paul, Minnesota, USA.
- Zhou M., Robards K., Glennie-Holmes M., Helliwell S. 1998. Structure and pasting properties of oat starch. *Cereal Chemistry* 3: 273 — 281.

WIKTOR BERSKI**ANNA PTASZEK¹****PAWEŁ PTASZEK¹****BOHDAN ACHREMOWICZ**

Katedra Technologii Węglowodanów

¹ Katedra Inżynierii i Aparatury Przemysłu Spożywczego

Akademia Rolnicza w Krakowie

Porównanie wybranych właściwości natywnej i częściowo odtłuszczonej skrobi owsa odmiany Akt*

Comparison of some properties of native and partially defatted starch of oat cultivar Akt

Skrobia owsiana w porównaniu ze skrobią innych roślin charakteryzuje się wysoką zawartością lipidów, które w istotny sposób wpływają na jej właściwości. Celem pracy było określenie właściwości skrobi wyodrębnionej z nagiej odmiany owsa Akt. By określić wpływ tłuszczu skrobie poddano procesowi odtłuszczenia, którego warunki tak dobrano by zminimalizować wpływ na właściwości skrobi. W celu określenia zmian właściwości fizykochemicznych, w badanych skrobiach (natywnej i odtłuszczonej) oznaczono: zawartość amylozy, lipidów oraz fosforu; scharakteryzowano rozpuszczalność i zdolność wiązania wody oraz oceniono zdolność kleikowania i rozkład ziarnistości. Wykonano też badanie oscylacyjne oraz jakościowy test pętli histerezy oraz przeprowadzono termodynamiczną charakterystykę kleikowania (DSC). Odtłuszczenie skrobi owsianej doprowadziło do wzrostu pozornej zawartości amylozy i przeciętnej średnicy ziaren, oraz zmniejszenia ilości związków fosforowych i lipidów. Zaobserwowano też wzrost zdolności wiązania wody oraz rozpuszczalności, obniżenie entalpii kleikowania i poszerzenie zakresu temperatur piku przemiany. Ponadto nastąpiło obniżenie temperatury kleikowania wodnej zawiesiny skrobi odtłuszczonej oraz jej lepkości. Kleik sporządzony ze skrobi owsianej odtłuszczonej charakteryzował się niższymi wartościami zespolonego modułu sprężystości niż kleik skrobi natywnej, przy zachowaniu zbliżonego przebiegu odpowiednich krzywych. Zmiany te świadczą o częściowym uszkodzeniu struktury ziarna w trakcie odtłuszczenia.

Słowa kluczowe: odtłuszczenie, skrobia owsiana, właściwości fizyko-chemiczne

Oat starch, compared to the starches of other plants, is characterized by a high content of lipids, which strongly determines its properties. The aim of this work was to evaluate the properties of starch isolated from Polish naked oat cultivar Akt. In order to assess a role of lipids in determining starch

* Praca naukowa finansowana ze środków Komitetu Badań Naukowych jako projekt badawczy 3 P06T 00124

properties, the starch was subjected to the fat removal process. Special conditions were set to minimize harmful effects of the process upon a grain structure. Both, the native oat starch and the defatted starch were analyzed for their amylose, lipids and phosphorus content. Moreover, water binding capacity (WBC) and solubility as well as pasting ability and granules size distribution were characterized. In addition, oscillatory and hysteresis loop tests were carried out, and gelatinization parameters were determined using a differential scanning calorimetry (DSC) method. The removal of fat effected in the increase in granules size and apparent amylose content as well as in the decrease in lipids and phosphorus content. Also, the increase both in WBC and solubility, and the decrease in gelation enthalpy and broadening of enthalpy peak were observed. Moreover, the decrease in gelatinization temperature and viscosity parameters was recorded. Starch gel prepared from the defatted starch was characterized by lower values of loss and storage modules, but shapes of curves were similar to those obtained with gel prepared using the native starch. These changes indicate the partial destruction of starch granules structure in the process of fat removal.

Key words: defatting, oat starch, physico-chemical properties

WSTĘP

Wzrastające zapotrzebowanie na skrobię jest przesłanką do poszukiwania nowych źródeł tego surowca (Tomasik i Gładkowski, 2001). Pochodzenie botaniczne skrobi będzie determinować jej właściwości, zarówno fizyczne jak i chemiczne. Skrobia owsiana swoimi właściwościami znacznie odbiega od innych, produkowanych na masową skalę skrobi, takich jak kukurydziana, pszenna czy ziemniaczana. Jej ziarna często występują w skupiskach, natomiast tworzące je pojedyncze ziarna charakteryzują się niewielkimi i mało zróżnicowanymi rozmiarami. Cechą, którą odróżnia ją od innych skrobi jest wysoka zawartość lipidów skrobiowych, które to w znaczny stopniu wpływają na jej właściwości. Inną cechą jest występowanie tzw. frakcji pośredniej, czyli materiału o właściwościach łączących cechy zarówno amylozy jak i amylopektyny (Pałasiński, 1994; Zhou i in., 1998; Tester i in., 2004).

O ile można dotrzeć do licznych zagranicznych publikacji poświęconych skrobi owsianej, to wiedza dotycząca skrobi z polskich odmian owsa jest dość skąpa (Pałasiński i Gibiński, 1991; Gibiński, 1992; Gibiński i in., 1993; Pałasiński, 1994). Chęć wzbogacenia stosunkowo ubogiej wiedzy na temat właściwości skrobi wyizolowanej z polskich odmian owsa skłoniła autorów do podjęcia tych badań.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiła natywna oraz odtłuszczona skrobia owsiana. Skrobia natywna została wyizolowana z nagej odmiany owsa Akt, pochodzącego z stacji doświadczalnej w Strzelcach, z uprawy w 2002 roku. Opierając się o wyniki wcześniejszych badań (Gibiński, 1992) do izolacji skrobi posłużono się metodyką opracowaną przez Patona (1997). By móc określić wpływ lipidów obecnych w ziarnie skrobi na jej właściwości, część uprzednio wyizolowanej skrobi poddano procesowi odtłuszczenia stosując ekstrakcję „na zimno” (Gibiński i in., 1993). Było to podyktowane chęcią spowodowania jak najmniejszych zmian w strukturze ziarna. Tak więc materiałem badawczym stanowiły skrobia owsiana oraz odtłuszczona skrobia owsiana.

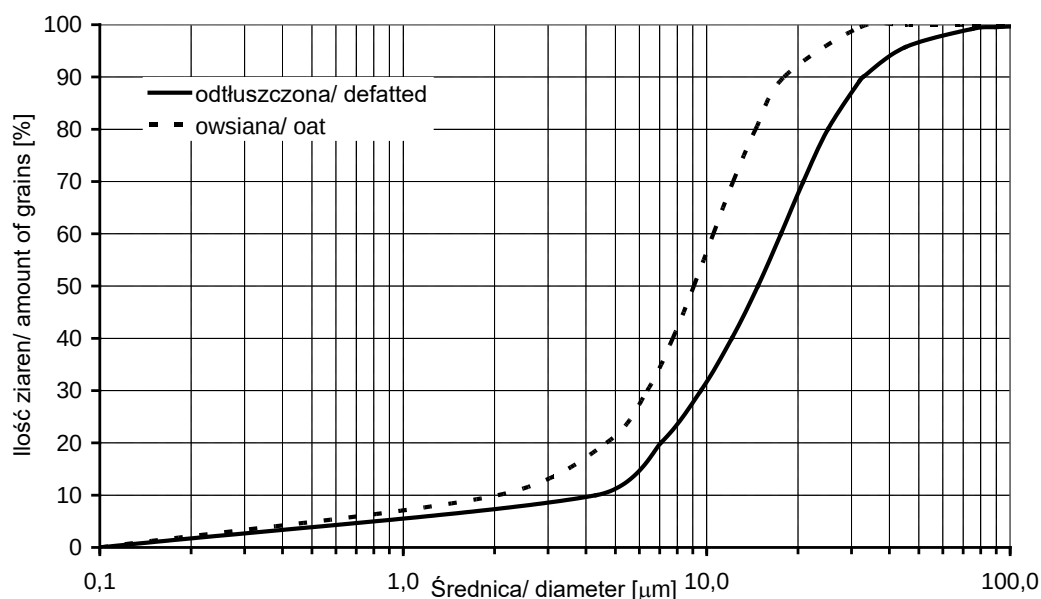
Materiał badawczy został podany następującym analizom:

- rozkład wielkości ziaren przy pomocy laserowego miernika wielkości Analysette 22 firmy Fritsch,
- zawartości amylozy pozornej (Morrison i Laignelet, 1983),
- zawartości lipidów metodą ekstrakcyjno-wagową Soxhlet'a (Richter i in., 1969),
- zawartości fosforu całkowitego wg Marsha (1959),
- zdolności wiązania wody oraz rozpuszczalności w temperaturze 60, 80 i 95°C (Richter i in., 1969),
- termodynamicznej charakterystyki kleikowania skrobi, które oznaczono za pomocą różnicowego kalorymetru skaningowego firmy Shimadzu DSC-60. Próbkę o masie 5 mg umieszczano w naczyniach kalorymetrycznych, następnie dodawano do nich wodę w ilości 10 mg i po zamknięciu pozostawiano na 2 godziny celem nawilżenia. Następnie próbki ogrzewano w kalorymetrze w zakresie temperatur 20°C–115°C z szybkością wzrostu temperatury 10°C/min. Jako próbę odniesienia stosowano puste, identyczne naczynie kalorymetryczne. Z termogramów kleikowania skrobi oznaczono temperaturę (°C) początku reakcji (T_r), temperaturę pikę (T_p), temperaturę zakończenia reakcji (T_k) oraz entalpię przemiany ΔH (J/g) odniesioną do masy skrobi,
- wyznaczeniu charakterystyki kleikowania 8,5% wodnych zawiesin skrobi przy pomocy Rheotestu 2 (Gambuś i Nowotna, 1992),
- jakościowemu testowi pętli histerezy, który wykonano przy użyciu reometru RheoStress RS 1500 firmy Haake, z układem pomiarowym stanowiącym walec w cylindrze (układ współosiowy), natomiast w przypadku kleików skrobi odtłuszczonych zastosowano układ pomiarowy stożek-płytkę (układ stożek-płytkę został zastosowany z uwagi na niewielką ilość materiału badawczego). Badania przeprowadzono na 5% wodnych kleikach skrobiowych w temperaturze 20°C. Zarówno wzrost szybkości (w przedziale 0–600 1/s), jak i jej zmniejszenie do wartości 0 1/s realizowano w czasie 10 min. Dla otrzymanych wyników wykreślono tzw. „pętle histerezy”. Do ramion pętli dopasowano model reologiczny Ostwalda de Waele (Steffe, 1996). Na podstawie znajomości wartości powierzchni zawartej pomiędzy „górnym” a „dolnym” ramieniem pętli histerezy określono strumień energii wymieniony pomiędzy próbką a środowiskiem,
- oscylacyjnym badaniom zespolonego modułu lepkości sprężystości liniowej, które wykonano za pomocą reometru RheoStress RS 1500 firmy Haake, z układem pomiarowym stanowiącym walec w cylindrze (układ współosiowy), natomiast w przypadku kleików skrobi odtłuszczonych zastosowano układ pomiarowy stożek — płytkę. Badania przeprowadzono na 5% wodnych kleikach skrobiowych po schłodzeniu i relaksacji próbki w temperaturze 20°C. Badania prowadziło w zakresie częstotliwości do 0,01 do 10 Hz.

Ocenę statystyczną wyników (Łomnicki, 2003) wykonano wykorzystując program komputerowy Microsoft Excel 2002 XP. Analiza statystyczna obejmowała analizę wariancji. Jej celem było wykazanie istnienia różnic między średnimi (test Duncana). Obliczenia wykonano przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Rozkład wielkości ziaren skrobi owsianej przedstawiono na rysunku 1. Zarówno skrobia owsiana jak i odtłuszczona są skrobiami drobnoziarnistymi — 10% ich populacji ma średnice odpowiednio do 2 i 4 μm , 50% populacji odpowiednio 9 i 15 μm , 90% ma średnicę odpowiednio poniżej 20 oraz powyżej 30 μm . Podobne wartości dotyczące ziarnistości skrobi polskiego owsa przedstawili inni autorzy (Gibiński i in., 1993; Pałasiński, 1994). Wielkości te są również zbliżone do danych prezentowanych przez innych autorów (Gudmundsson i Eliasson, 1989; Hoover i in., 2003). Jak można zauważyć proces odtłuszczania spowodował wzrost średnicy ziaren skrobi. Jest to prawdopodobnie spowodowane zlepianiem się pojedynczych ziarenek skrobi przez pozostałości rozpuszczalnika, czy też przez wydostającą się z ziarenek amylozę.



Rys. 1. Rozkład wielkości ziaren skrobi owsianej wyjściowej oraz odtłuszczonej
Fig. 1. Granules size distribution of native and defatted oat starch

W tabeli 1 przedstawiono wyniki chemicznych analiz skrobi owsianej. Zawartość amylozy w znaczący sposób wpływa na właściwości skrobi (Zobel, 1998). Po odtłuszczeniu stwierdzono istotny wzrost zawartości amylozy, co było spowodowane usunięciem lipidów z wnętrza helisy amylozy, dzięki czemu większa jej ilość jest dostępna i może zostać oznaczona kolorymetrycznie (Morrison i in., 1993; Shamekh i in., 1994; Buleon i in., 1998). Badania Morrisona i wsp. (1993) określiły, że około 33% amylozy owsianej występuje w postaci kompleksu amylozowo-lipidowego. Według danych literaturowych zawartość amylozy w skrobi owsianej waha się pomiędzy 19 a 33%

(Hartunian-Sowa i White, 1992; Hoover i Senanayake, 1996; Hoover i in., 2003). Zawartość amylozy w badanych skrobiach zbożowych okazała się być niższa niż wartości podawane w literaturze, co jest prawdopodobnie spowodowane zróżnicowanymi właściwościami materiału pochodzenia roślinnego i/lub zastosowaniem różnych metod oznaczania amylozy.

Tabela 1

Zawartość amylozy pozornej, fosforu całkowitego oraz lipidów w skrobi owsianej
Apparent amylose, total phosphorus and lipids contents in oat starch

	Owsiana — Oat	Odłuszczona — Defatted
Amyloza — amylose (%)	12,6	16,3
Lipidy — lipids (%)	1,36	0,80
Fosfor — phosphorus (mg%P)	95,3	86,6

Lipidy występują w skrobiach zbożowych w ilościach nieprzekraczających zwykle 1%. Skrobia owsiana jest szczególnie zasobna w ten składnik. Obecność lipidów wpływa na właściwości skrobi, gdyż kompleksy lipidowo-amylozowe utrudniają pęcznienie ziaren, opóźniają i utrudniają powstawanie kleiku (Morrison, 1988; Zhou i in., 1998). W badanej skrobi stwierdzono 1,36% lipidów, a po odłuszczeniu wartość ta spadła do 0,80% (tab. 1). Oznaczona zawartość tłuszczu w skrobi owsianej jest zgodna z danymi podawanymi przez licznych autorów (Gibiński i in., 1993; Hoover i Senanayake, 1996; Tester i Karkalas, 1996; Hoover i in., 2003). Zdecydowanie wyższe wartości podali jednak Gudmundsson i Eliasson (1989) 1,8–2,3% oraz Hartunian-Sowa i White (1992) 2,1–2,5%. Zastosowana metoda odłuszczenia „na zimno” spowodowała obniżenie zawartości tłuszczu o około 40%, co jest zbliżone do uzyskanej przez Gibińskiego i wsp. (1993) czy Fortunę i wsp. (1999). W zależności od wyboru metody ilość usuniętego tłuszczu może wynosić nawet ponad 90% jego początkowej ilości (Gambuś i Nowotna, 1992; Gibiński i in., 1993; Fortuna i Pałasiński, 1994; Gambuś i in., 1996).

Zawartość fosforu w skrobi natywnej wynosiła powyżej 95 mg% (tab. 1). Jest ona wyższa niż podawana przez Gibińskiego i wsp. (1993) czy Patona (1977) 60–70 mg%, ale też niższa od wartości oznaczonych przez Hartunian-Sowa i White (1992) 150–190 mg%. Odłuszczenie owsa spowodowało obniżenie zawartości fosforu w skrobi owsianej o około 10%, co jest zgodne z danymi Gibińskiego i wsp. (1993). Ponieważ większość fosforu w skrobiach zbożowych jest związana w postaci fosfolipidów, to zmniejszenie jego ilości może być traktowane jako wskaźnik odłuszczenia (Morrison, 1988). Ilość usuniętego fosforu jest uzależniona od zastosowanej metody, ostrzejsze warunki spowodują większe jego usunięcie (Gambuś i Nowotna, 1992; Gibiński i in., 1993; Fortuna i Pałasiński, 1994; Gambuś i in., 1996; Fortuna i in., 1999).

Odłuszczona skrobia owsiana charakteryzuje się większą zdolnością wiązania wody niż skrobia owsiana natywna (tab. 2) różnica ta maleje wraz ze wzrostem temperatury oznaczania. Niewielkie wartości zdolności wiązania wody osiągane przez skrobie owsiane mają związek z obecnością w nich lipidów, które utrudniają pęcznienie ziaren (Nowotny, 1969). Zdolność wiązania wody przez skrobie owsianą okazała się zgodna z danymi podanymi przez Fortunę i wsp. (1999) oraz Fortunę i Juszczaka (2000). Usunięcie tłuszczu

umożliwiło głębszą penetrację ziaren skrobi przez wodę, co doprowadziło do wzrostu zdolności wiązania wody. Podobne wyniki otrzymali dla skrobi owsianej Shamekh i wsp. (1994) oraz Fortuna i wsp. (1999). Wyraźny wzrost zdolności wiązania wody na skutek odtłuszczenia skrobi zaobserwowali Gambuś i wsp. (1996). Jednakże w badaniach prowadzonych nad odtłuszczonej skrobią pszenżytnią (Gambuś i Nowotna, 1992) stwierdzono, że w wyższym zakresie temperatur odtłuszczone skrobia niektórych odmian pszenżyta charakteryzowała się mniejszą zdolnością wiązania wody niż skrobia nieodtłuszczonej.

Rozpuszczalność skrobi owsianej (tab. 2) była niższa od tej podawanej w literaturze (Pałasiński, 1994; Shamekh i in., 1994; Fortuna i in., 1999). Odtłuszczenie skrobi owsianej spowodowało wzrost jej rozpuszczalności. Zjawisko to zaobserwował również Shamekh i wsp. (1994) oraz Fortuna i wsp. (1999). Także w przypadku skrobi pszenżytniej usunięcie lipidów spowodowało wzrost jej rozpuszczalności w stosunku do skrobi wyjściowej (Gambuś i Nowotna, 1992; Gambuś i in., 1996).

Tabela 2

Zdolność wiązania wody (ZWW) oraz rozpuszczalność skrobi owsianych
Water binding capacity (WBC) and solubility of oat starches

	ZWW (g/g sm)/ WBC (g/g db)			Rozpuszczalność — Solubility (%)		
	60°C	80°C	90°C	60°C	80°C	90°C
Owsiana — oat	3,3	5,5	6,0	0,7	1,1	1,6
Odtłuszczonej — defatted	5,8	6,5	6,8	4,7	5,1	6,3

Wartość entalpii kleikowania wyjściowej skrobi owsianej (tab. 3) była nieznacznie mniejsza od wartości podanych w literaturze (10–13 J/g), natomiast temperatury wystąpienia piku mieściły się w zakresie podawanym przez różnych autorów (Shamekh i in., 1994; Wang i White, 1994; Hoover i in., 2003). Hoover i Senanayake (1996) otrzymali podobne wartości entalpii kleikowania: 8,4 i 5,9 J/g. Wartości entalpii kleikowania dla skrobi owsianej są niższe niż dla skrobi innych zbóż, co może sugerować mniejsze uporządkowanie struktury krystalicznej niż w innych skrobiach zbożowych (Zhou i in., 1998). Gudmundsson i Eliasson (1989) przeprowadzili badania nad kleikowaniem skrobi owsianej przy różnych poziomach zawartości wody (75, 60 i 45%). Temperatury kleikowania skrobi zmieniały się wraz z zawartością wody, przy czym najwyższą entalpie kleikowania odnotowano przy zawartości wody 60%. Jak wynika z tabeli 3 proces odtłuszczenia doprowadził do prawie dwukrotnego zwiększenia różnicy pomiędzy temperaturą początku a zakończenia piku przemiany (ΔT), obniżenia temperatury początku kleikowania oraz do znacznego obniżenia entalpii kleikowania w porównaniu do skrobi natywnej. Zmiany te świadczą o uszkodzeniu struktury ziarna oraz potwierdzają wcześniejsze badania (Shamekh i in., 1994). Badania Forsella i wsp. (1995) na odtłuszczonej skrobi jęczmiennej wykazały zmniejszenie entalpii kleikowania i wzrost temperatury piku przemiany po odtłuszczeniu. Obniżenie entalpii kleikowania na skutek odtłuszczenia jest spowodowane uszkodzeniem struktury ziarna (pęcznieniem) w trakcie tego procesu (Forsell i in., 1995).

Tabela 3

Termodynamiczna charakterystyka kleikowania badanych skrobi
Thermodynamic characteristics of oat starch gelatinization

	Temperatura przejścia — Transition temperature (°C)				ΔH (J/g)
	T_r	T_p	T_k	ΔT	
Owsiana — oat	58,0	62,6 ^a	69,5 ^a	11,5	8,2
Odtłuszczone — defatted	49,6	62,8 ^a	71,0 ^a	21,4	3,3

T_r , T_p i T_k to odpowiednio temperatura rozpoczęcia, piku oraz końca kleikowania

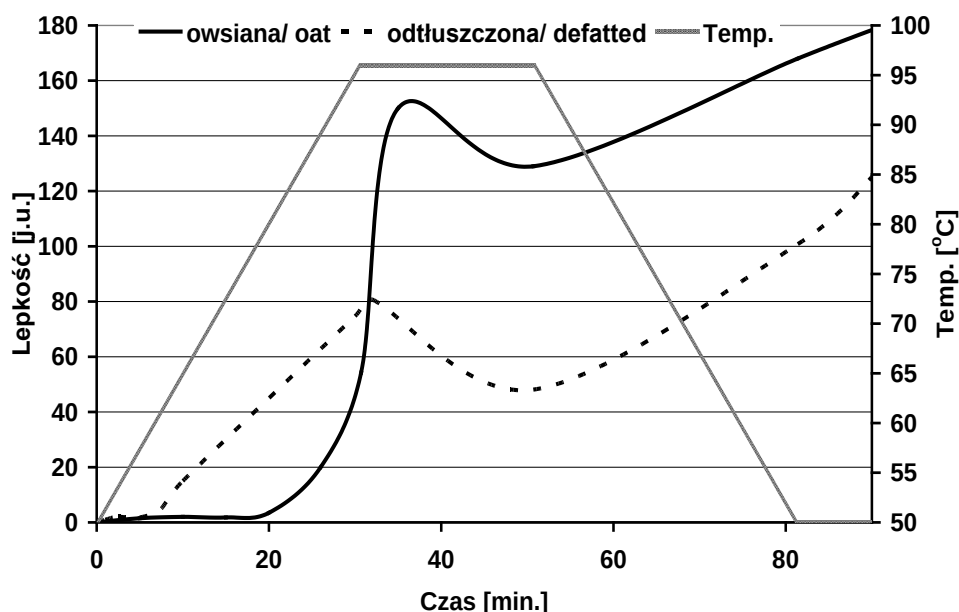
T_r , T_p and T_k indicate the temperature of the onset, midpoint and end of gelatinization, respectively

$\Delta T = T_k - T_r$

ΔH — entalpia kleikowania/ gelatinization enthalpy

Wartości oznaczone tą samą literą w kolumnie nie różnią się istotnie ($P < 0,05$)

Values marked with the same superscript in each column are not significantly different ($P < 0.05$)

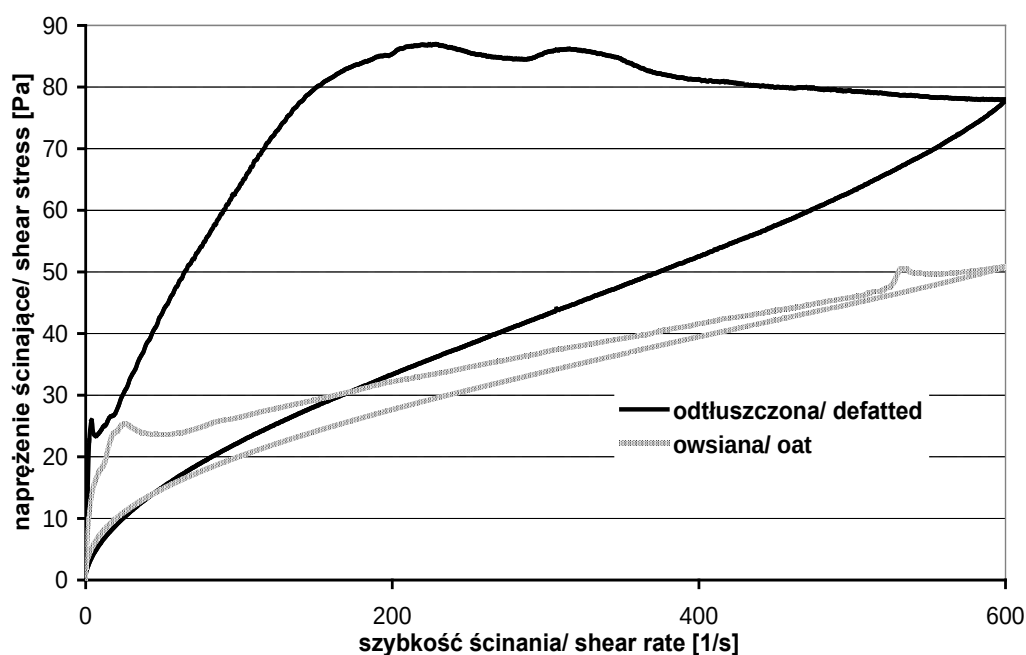


Rys. 2. Charakterystyka kleikowania skrobi owsianych
Fig. 2. Oat starch pasting characteristics

Charakterystyki kleikowania badanych skrobi przedstawiono na rysunku 2. Kleikowanie skrobi owsianej nastąpiło w zakresie temperatur podawanym przez licznych autorów (Gibiński in., 1993; Pałasiński, 1994; Wang i White, 1994; Mua i Jackson, 1995; Hoover i Senanyake, 1996; Hoover i in., 2003). Odtłuszczenie skrobi owsianej spowodowało obniżenie temperatury kleikowania, co potwierdza wcześniejsze badania (Fortuna i in., 1999). Również badania prowadzone na innych rodzajach skrobi zbożowych (Gambuś i Nowotna, 1992; Fortuna i Pałasiński, 1994; Gambuś i in., 1996) wskazują na obniżenie temperatury kleikowania odtłuszczonej skrobi. Odtłuszczenie skrobi owsianej spowodowało również obniżenie wskaźników lepkości w stosunku do skrobi wyjściowej, co

potwierdza wyniki wcześniejszych badań (Gibiński i in., 1993; Fortuna i in., 1999). Usunięcie lipidów powierzchniowych ze skrobi owsianej, a tym samym ułatwienie migracji amylozy do roztworu przyczynia się do obniżenia temperatury kleikowania (Gibiński i in., 1993). Yoo i Jane (2002) w swoich badaniach przeprowadzonych na zwykłych i woskowych skrobiach zbożowych wykazali, że skrobie zawierające lipidy lub fosfolipidy charakteryzują się wyższą temperaturą kleikowania oraz niższą lepkością kleiku, co nie znalazło całkowitego potwierdzenia w wynikach niniejszych badań.

Na rysunku 3 oraz w tabeli 4 przedstawiono przebieg pętli jakościowego testu histerezy oraz parametry odpowiadające jej modelu Ostwalda de Waele. Skrobia natywna i odtłuszczona charakteryzowały się zróżnicowanym zachowaniem reologicznym, co przejawiało się odmiennym kształtem pętli histerezy, jak i różnymi wartościami jej pola powierzchni, czy też osiąganymi wartościami naprężenia ścinającego (τ). Jak można zauważyć (rys. 3) usunięcie lipidów doprowadziło do wzrostu wartości τ , jak i wzrostu wartości pola powierzchni histerezy (tab. 4). Doszło też do zmniejszenia wartości współczynnika konsystencji K, natomiast wykładnik potęgowy n zwiększył swą wartość. W kleiku skrobi owsianej występowały wyraźne lokalne maksima τ przy niskich i wysokich wartościach szybkości ścinania, zaś po odtłuszczeniu skrobi nie zaobserwowano ich, co świadczy o zmianie struktury kleiku.



Rys. 3. Pętla jakościowego testu histerezy oznaczona dla badanych skrobi
Fig. 3. Hysteresis loop of the investigated oat starches

Tabela 4

Parametry reologicznego modelu Ostwald'a de Waele dla badanych skrobi
Parameters of Ostwald de Waele rheological model for the investigated starches

Skrobia Starch		Parametry modelu Model parameters			Strumień energii Energy flux Q_H (W/m ³)
		K(Pa·s ⁿ)	n	R ²	
Owsiana* — oat*	↑	4,605	0,370	0,988	2381
	↓	1,881	0,510	0,998	
Odtłuszczona — defatted	↑	26,170	0,192	0,827	19286
	↓	0,840	0,695	0,996	

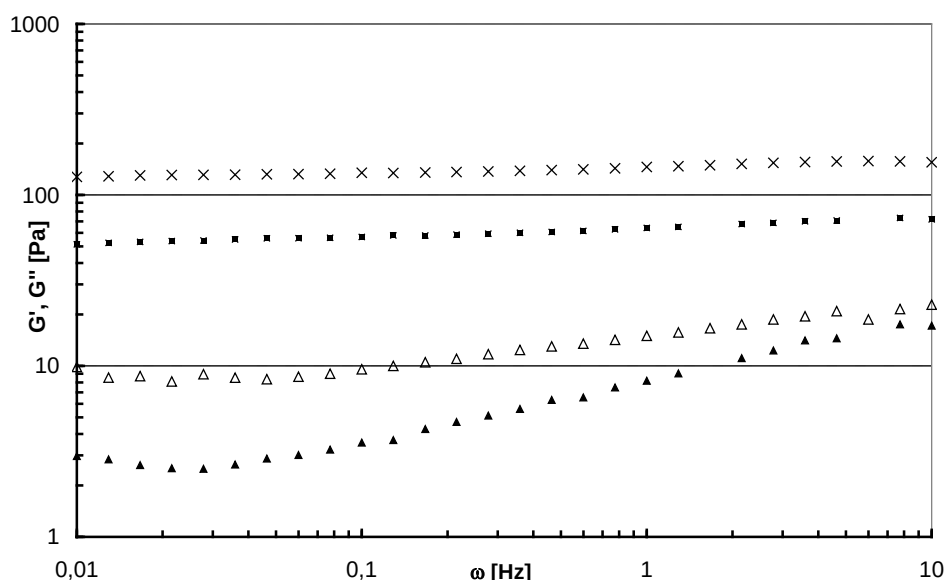
*Parametry równania dla krzywej w „górze” wyliczono dla zakresu szybkości ścinania 50–550 1/s

*Parameters of upper arm of hysteresis loop were calculated for shear rates of 50–550 1/s

↑ Oznacza wzrastającą szybkość ścinania, ↓ Oznacza malejącą szybkość ścinania

↑ Top arm of hysteresis loop, ↓ Bottom arm of hysteresis loop

Na rysunku 4 przedstawiono moduł sprężystości G' i moduł stratności G'' . W przypadku kleiku skrobi owsianej wartości G' ponad dziesięciokrotnie przewyższają wartości G'' . Pozwala to stwierdzić, że kleik znajduje się w tzw. strefie równowagi, co świadczy o powstaniu żelu i sieciowaniu jego struktury. Definicja silnego żelu określa, że część rzeczywista modułu G' musi być niezależna od częstotliwości, a wartość G'' znacznie mniejsza od G' (Kavanagh i Ross-Murphy, 1998).



Rys. 4. Część rzeczywista G' (×) i urojona G'' (Δ) zespolonego modułu sprężystości zmierzona dla kleiku natywnej skrobi owsianej (odpowiednio × i Δ) oraz odtłuszczonej skrobi owsianej (odpowiednio ■ i ▲)

Fig. 4. Storage G' (×) and loss G'' (Δ) moduli for oat starch paste (× and Δ respectively) and for defatted oat starch (■ and ▲ respectively)

Stała wartość G' wskazuje, że występuje niewielka relaksacja i żel zachowuje się jak elastyczne ciało stałe (Harrison i in., 1999). Wartość G' jest niezależna od częstotliwości, natomiast G'' zmienia się. Wartość G'' w funkcji ω ma słabo zauważalne minimum przy częstotliwościach pomiędzy 0,02 a 0,03 Hz. Wartość G'' jest aż do 10-krotnie mniejsza od wartości G' . Można więc powiedzieć, że kleik skrobi owsianej wykazuje charakter lepkosprężysty. Kleik sporządzony ze skrobi owsianej odtłuszczonej charakteryzował się niższymi wartościami G' i G'' zespolonego modułu sprężystości w porównaniu do kleiku skrobi owsianej (rys. 4). Jednakże charakter przebiegu odpowiednich krzywych był zbliżony. Można więc założyć, że tłuszcz obecny wewnątrz helis amylozy przyczynia się do wzmocnienia (usztynienia) struktury sieci przestrzennej żelu. Odtłuszczenie powoduje usunięcie czynnika stabilizującego, jakim są łańcuchy kwasów tłuszczowych, a przez to sztywność żelu maleje. Założenie to zdają się potwierdzać wyniki oznaczania charakterystyki kleikowania.

PODSUMOWANIE

Odtłuszczenie skrobi owsianej doprowadziło do wzrostu wielkości ziaren. Spowodowało też zmniejszenie ilości związków lipidowych (fosfolipidów), czemu towarzyszy wzrost zdolności wiązania wody oraz rozpuszczalności. Obniżeniu uległa entalpia kleikowania, zaś zakres temperatur piku przemiany uległ rozszerzeniu. Ponadto obniżono temperaturę kleikowania wodnej suspensji skrobi odtłuszczonej oraz jej lepkości. Zmiany te świadczą o częściowym zniszczeniu struktury ziarna skrobi. W kleiku sporządzonym ze skrobi odtłuszczonej zaobserwowano wyższą wartość naprężenia ścinającego oraz większe pole powierzchni histerezy. Ponadto charakteryzował się on niższymi wartościami zespolonego modułu sprężystości niż kleik z natywnej skrobi owsianej, przy zachowaniu zbliżonego przebiegu odpowiednich krzywych.

LITERATURA

- Buleon A., Colonna P., Planchot V., Ball S. 1998. Starch granules: structure and biosynthesis. *Intern. J. Biol. Macromolecul.* 23: 85 — 112.
- Forsell P., Hamunen A., Autio K., Suorti T., Poutanen K. 1995. Hypochlorite oxidation of barley and potato starch. *Starch/Stärke* 47: 371 — 377.
- Fortuna T., Juszcak L. 2000. Wybrane właściwości skrobi różnego pochodzenia. *Zeszyty Naukowe AR w Krakowie*, 367: 39 — 50.
- Fortuna T., Juszcak L., Pałasiński M. 1999. Physico-chemical properties of defatted starches. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 49: 177 — 184.
- Fortuna T., Pałasiński M. 1994. Właściwości fosforanów dwuskrobiowych otrzymanych z odtłuszczonych skrobi zbożowych. *Zeszyty Naukowe AR w Krakowie*, 6: 67 — 75.
- Gambuś H., Gutterch R., Nowotna A., Praznik W. 1996. Physico-chemical properties of defatted triticale starch. *Żywność. Technologia. Jakość.* 2: 158 — 164.
- Gambuś H., Nowotna A. 1992. Physicochemical properties of defatted triticale starch. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 42: 101 — 107.
- Gibiński M. 1992. Funkcjonalne właściwości skrobi owsianej. Porównanie różnych metod wyosabniania skrobi. *Zeszyty Naukowe AR w Krakowie* 274: 33 — 43.
- Gibiński M., Pałasiński M., Tomasik P. 1993. Physicochemical properties of defatted oat starch. *Starch/Stärke*, 45: 354 — 357.

- Gudmundsson M., Eliasson A. C. 1989. Some physico-chemical properties of oat starches extracted from varieties with different oil content. *Acta Agric Scand.* 39: 101 — 111.
- Harrison G., Franks G. V., Tirtaatmadja V., Boger D. V. 1998. Suspensions and polymers — Common links in rheology. *Korea-Australia Rheology Journal* 11: 197 — 218.
- Hartunian-Sowa M., White P. J. 1992. Characterization of starch isolated from oat grain with different amount of lipid. *Cereal Chemistry*, 69: 521 — 527.
- Hoover R., Senanayake S. P. J. N. 1996. Composition and physicochemical properties of oat starches. *Food Research International* 29 (1): 15 — 25.
- Hoover R., Smith C., Zhou Y., Ratnayake R. M. W. S. 2003. Physicochemical properties of Canadian oat starches. *Carbohydrate Polymers* 52: 253 — 261.
- Kavanagh G. M., Ross-Murphy S. B. 1998. Rheological characterization of polymer gel. *Prog. Polym. Sci.* 23: 533 — 562.
- Łomnicki A. 2003. Wprowadzenie do statystyki dla przyrodników. PWN, Warszawa.
- Marsh B. B. 1959. The estimation of inorganic phosphate in the presence of adenosine triphosphate. *Biochem. Biophys. Acta* 32: 357.
- Morrison W. R. 1988. Lipids in cereal starches: a review. *J. Cereal Sci.* 8: 1 — 15.
- Morrison W. R., Laignelet B. 1983. An improved calorimetric procedure for determining apparent and total amylose in cereal and other starches. *J. Cereal Sci.* 1: 9 — 20.
- Morrison W. R., Law R. V., Snape C. E. 1993. Evidence for inclusion complexes of lipids with V-amylose in maize, rice and oat starches, *J. Cereal Sci.* 18: 107 — 109.
- Mua J. P., Jackson D. S. 1995. Gelatinization and solubility properties of commercial oat starches. *Starch/Stärke* 47: 2 — 7.
- Nowotny F. (red.). 1969. Skrobia. WNT, Warszawa.
- Pałasiński 1994 Właściwości skrobi różnego pochodzenia. *Postępy Nauk Rolniczych* 3: 47 — 59.
- Pałasiński M., Gibiński M. 1991. Untersuchungen über die Stärke aus polnischen Hafersorten. *Wissenschaftliche Zeitschrift der TH Köthen*, 2 (4): 45 — 52.
- Paton D. 1977. Oat starch I. Extraction, purification and pasting properties. *Starch/Stärke* 29: 149 — 153.
- Richter M., Augustat S., Schierbaum F. 1969. *Ausgewählte Methoden der Stärkchemie*. VEB, Fachbuchverlag, Leipzig.
- Shamekh S., Forssell P., Poutanen K. 1994. Solubility pattern and recrystallization behaviour of oat starch. *Starch/Stärke*, 46: 129 — 133.
- Steffe J. M. 1996. *Rheological methods in food process engineering*. Freeman Press, Lansing MI, USA.
- Tester R. F., Karkalas J. 1996. Swelling and gelatinization of oat starches. *Cereal Chemistry* 73: 271 — 277.
- Tester R. F., Karkalas J., Qi X. 2004. Starch — composition, fine structure and architecture. *J. Cereal Sci.* 39: 151 — 16.
- Tomasik P., Gładkowski J. 2001. Polisacharydy a ekonomia XXI wieku. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 2: 17 — 27.
- Wang L. Z., White P. J. 1994. Functional properties of oat starches and relationships among functional and structural characteristics. *Cereal Chemistry* 71: 451 — 458.
- Yoo S. H., Jane J. 2002. Structural and physical characteristics of waxy and other wheat starches. *Carbohydr. Polym.* 49: 297 — 305.
- Zhou M., Robards K., Glennie-Holmes M., Helliwell S. 1998. Structure and pasting properties of oat starch. *Cereal Chem.* 75: 273 — 281.
- Zobel H. F. 1988. Molecules to granules: a comprehensive starch review. *Starch/Stärke* 40 (2): 44 — 50.

ALICJA KAWKA**TOMASZ KROLL**Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego
Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu

Wpływ otrąb owsianych na jakość ciasta i pieczywa pszennego

Effects of oat bran on wheat dough and bread quality

W pracy określano wpływ otrąb owsianych na jakość ciasta i pieczywa. Otręby owsiane stosowano jako zamiennik mąki pszennej w ilości 20%, 30% i 40% w stosunku do ogólnej masy. Fizyczne właściwości ciasta pszennego i pszenno-owsianego określono stosując farinograf firmy Brabendera. Pieczywo pszenne produkowano stosując metodę jednofazową, a pieczywo pszenno-owsiane przy zastosowaniu metody z fazą wstępnego rozmięczania otrąb owsianych. Zaobserwowano, że 20%–40% udział otrąb owsianych w mieszance pszenno-owsianej wyraźnie wpływał na zwiększenie jej wodochłonności oraz poprawę właściwości fizycznych ciasta takich jak: czas rozwoju i czas stałości oraz wskaźnik tolerancji na miesienie. Udział otrąb owsianych w masie ciasta pszenno-owsianego przyczynił się do zwiększenia wydajności ciasta oraz skrócenia czasu fermentacji końcowej kęsów ciasta w porównaniu z ciastem pszenным. Otręby owsiane jako zamiennik mąki pszennej w ilości do 40% powodowały zmniejszenie objętości pieczywa, co jest związane z mniejszą zdolnością zatrzymywania gazu niż jego wytwarzania w kęsach ciasta. Wilgotność i kwasowość pieczywa pszenno-owsianego była większa niż pieczywa pszennego. Zaobserwowano pewne zróżnicowanie w wartościach oceny sensorycznej pieczywa zawierającego otręby owsiane.

Słowa kluczowe: jakość pieczywa pszennego, pieczywo pszenno-owsiane, otręby owsiane, właściwości fizyczne ciasta

White wheat flour was substituted with up to 40% of oat bran to determine the effects on dough and bread quality. Physical dough properties of the wheat flour and the oat-wheat blends were determined with a Brabender farinograph by the constant flour weight. The wheat and wheat-oat breads were produced by one-stage method and oat bran 'soak-stage' method, respectively. 20%–40% of oat bran in flour blends increased water absorption, improved dough development, dough stability and mixing tolerance index as the amounts of oat bran in the blends increased. Oat bran in dough mass increased dough yield and decreased fermentation of dough pieces compared with the wheat dough. Replacing up to 40% of wheat flour with oat bran decreased the loaf volume. The decrease probably resulted from the lower gas retention rather than gas production. The higher moisture and acidity of wheat-oat crumb were found. Some differences in scores for overall acceptability of breads containing oat bran were observed.

Key words: oat bran, physical properties of dough, wheat bread quality, wheat-oat bread

WSTĘP

Pieczywo jako podstawowy produkt zbożowy zajmuje wysoką pozycję w racji pokarmowej Polaka i stanowi około 70% ogólnej ilości spożywanych przetworów zbożowych. Z wielu rodzajów pieczywa konsumenci krajowi nadal preferują pieczywo jasne, produkowane z mąki jasnej zawierającej mniej wartościowych składników odżywczych, niż pieczywo ciemne. Poprawę wartości odżywczej tego rodzaju pieczywa możemy uzyskać stosując naturalne surowce bogate w bioaktywne składniki decydujące o jego jakości żywieniowej (Dojczew i in., 2001; Gąsiorowski, 2004; Flaczyk i Kawka, 1999; Kawka, 2004; Świdorski, 1999).

W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania zbożami niechlebowymi, w szczególności owsem i jęczmieniem uznanymi za rośliny XXI wieku. Zboża te, o odmiennym od innych zbóż składzie chemicznym, zawierają składniki odżywcze, które stanowią o ich przydatności do wykorzystania w żywieniu człowieka, jak również do produkcji wzbogacanej żywności, w tym pieczywa (Gąsiorowski, 1994; Kawka, 2004; Kiryluk i in., 1994; Slavin i in., 2001).

Owies, w odróżnieniu od zbóż chlebowych, cechuje się mniejszą zawartością skrobi oraz większą ilością nieskrobiowych polisacharydów, w szczególności β -glukanów i pentozanów jako istotnych składników błonnika pokarmowego. Białka owsa charakteryzują się wysoką wartością odżywczą i są zasobne w aminokwasy egzogenne. Owies zawiera też cenne witaminy grupy B i wszystkie natywne formy witaminy E (Doehlert i Moore, 1997; Gąsiorowski, 1992, 1995; Petkov i in., 1999; Webster, 1986).

W świetle pojawiających się coraz częściej informacji zwiększenie udziału produktów owsianych w diecie jest szczególnie polecane dla osób z zaburzeniami gospodarki lipidowej. Bogate w błonnik pokarmowy, w tym jego frakcję rozpuszczalną produkty owsiane przyczyniają się do obniżenia poziomu cholesterolu całkowitego i jego frakcji (Bartnikowska, 1997; Bartnikowska i Lange, 2000; Czerwiński i in., 2004; Gąsiorowski, 1994; Kahlon i Chow, 1997; Mäklki i Virtanen, 2001).

Produkty przetwarzania owsa, bogate w białko, lipidy, błonnik pokarmowy i jego składniki, sole mineralne i witaminy, stanowią wartościowy surowiec, który w maksymalnym stopniu należy wykorzystać w celu zwiększenia produkcji nowych rodzajów pieczywa.

W technologii piekarstwa, owies i jego przetwory, ze względu na swoisty skład frakcyjny substancji białkowych i sacharydowych mogą być stosowane jako zamienniki mąki chlebowej do produkcji pieczywa (Gąsiorowski i Kawka, 1998; Kawka, 1995; Kawka i Gąsiorowski, 1995; Webster, 1986).

Celem pracy było określenie wpływu otrąb owsianych na jakość ciasta i pieczywa pszenno-owsianego. Otręby owsiane stosowano jako zamiennik mąki pszennej w ilości 20%, 30% i 40% w stosunku do ogólnej masy. Wykonano cykl doświadczeń obejmujących analizę farinograficzną ciasta pszennego i z 20%–40% udziałem otrąb owsianych oraz ocenę pieczywa pszennego i pszenno-owsianego otrzymanego podczas wypieków laboratoryjnych.

MATERIAŁ I METODY

Materiał doświadczalny stanowiły handlowa mąka pszenna typu 550 oraz otręby owsiane, które stosowano jako zamiennik mąki pszennej w doświadczeniach technologicznych dla uzyskania pieczywa o wysokiej jakości żywieniowej.

Handlową mąkę pszenną typu 550 otrzymano z zakładów Komplexmłyn w Wągrowcu. Otręby owsiane, produkowane według technologii opracowanej w Instytucie Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego Akademii Rolniczej w Poznaniu, otrzymano z Przedsiębiorstwa Zbożowo-Młynarskiego w Kruszwicy.

Charakterystykę surowców stosowanych w doświadczeniach wykonano uwzględniając oznaczenia: wilgotności, zawartości składników mineralnych, białka, β -glukanów (ICC-Standards Methods, 1998), lipidów (Standard-Methoden, 1971), błonnika pokarmowego według metody Asp i wsp. (1983), przy użyciu aparatu Fibertec System E, kwasowości według normy PN-A-74007:1960 oraz ilości i jakości glutenu zgodnie z metodą zamieszczoną w normie PN-A-74043-2:1994, a wyniki badań przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Charakterystyka surowców stosowanych w doświadczeniach Characteristics of raw material used in experiments		
Wskaźniki Indices	Mąka pszenna typu 550 Wheat flour type 550	Otręby owsiane Oat bran
Wilgotność (%) Moisture (%)	13,2	7,4
Zawartość popiołu (% s.m.) Ash content (% d.m.)	0,53	3,11
Zawartość białka (% s.m.) Protein content (% d.m.)	12,8	18,4
Zawartość lipidów (% s.m.) Lipids content (% d.m.)	1,5	6,2
Zawartość błonnika pokarmowego (% s.m.): Dietary fiber content (% d.m.):		
nierozpuszczalnego — insoluble dietary fiber	2,4	13,2
rozpuszczalnego — soluble dietary fiber	2,0	7,1
ogółem — total dietary fiber	4,4	20,3
Zawartość β -glukanów (% s.m.) β -glucans content (% d.m.)	0,2	6,0
Kwasowość (°) Acidity (°)	2,8	3,8
Gluten:		—
wydajność glutenu mokrego (%) — wet gluten yield (%)	34	—
rozpływalność glutenu (mm) — gluten spreadability (mm)	6	—
liczba glutenowa — gluten number	55	—

Badano wpływ 20%, 30% i 40% udziału otręb owsianych (w stosunku do masy mieszanek) na właściwości fizyczne ciasta wykorzystując farinograf firmy Brabender. Określono wodochłonność mąki pszennej i mieszanek pszenno-owsianych przy konsystencji 500 j.B. oraz wykreślano ich krzywe normalne (ICC-Standards Methods, 1998).

Dla określenia wpływu otręb owsianych na cechy jakościowe pieczywa pszenno-owsianego wykonano próbne wypieki laboratoryjne. Wstępnie wykonano serię wypieków

laboratoryjnych dla ustalenia konsystencji ciast pszenno-owsianych. Przygotowywano ciasta z 20%–40% udziałem otrębów owsianych o zróżnicowanej konsystencji — 160, 165, 170 i 175. W oparciu o uzyskane wyniki, w dalszych doświadczeniach zastosowano konsystencje 170 oraz 175 przy wytwarzaniu ciasta odpowiednio z 20%–30% oraz 40% udziałem otrębów owsianych.

Ciasta pszenne przygotowywano metodą jednofazową (Jakubczyk i Haber, 1981). Ciasta z 20%–40% udziałem otrębów owsianych wytwarzano metodą z fazą wstępnego rozmiękania produktu owsianego. W metodzie tej otręby owsiane w ilości 20%, 30% i 40% masy mąki zalewano wodą ($t = 20^{\circ}\text{C}$) w stosunku 1:1,5 i pozostawiano w temperaturze pokojowej w czasie 12 godzin. Następnie do rozmięczonych otrębów owsianych (20%, 30%, 40%) dodawano odpowiednie ilości mąki pszennej typu 550, drożdże, sól i wodę w ilości niezbędnej do uzyskania konsystencji ciasta 170 oraz 175 odpowiednio przy sporządzaniu ciasta zawierającego do 30% otrębów owsianych oraz ciasta z 40% ich udziałem. Ciasta mieszone w mieszarce szybkoobrotowej zachowując stały czas mieszenia 1,5 min.

W próbkach ciasta, po wstępnej fermentacji, oznaczano kwasowość zgodnie z normą PN-A-74100:1992.

Charakterystykę jakościową pieczywa wykonano po 24 godz. od wypieku uwzględniając oznaczenia: objętości w aparacie Sa-Wy, wilgotności i kwasowości miękkiszu zgodnie z normą PN-A-74108:1996 oraz przeprowadzono ocenę sensoryczną według skali punktowej 1-10 (Kawka i in., 1999) i porowatości według tablic Dallmanna (Jakubczyk i Haber, 1981).

Analizy wykonano w 3 równoległych powtórzeniach, a wyniki badań przedstawione w tabelach i na wykresach stanowią ich średnie wartości.

WYNIKI I DYSKUSJA

W badaniach stosowano mąkę pszenną typu 550 o średniej wartości wypiekowej oraz otręby owsiane o wyższej zawartości składników mineralnych, białka, lipidów i nieskrobiowych polisacharydów (tab. 1) niż w mące pszennej. Różnice w składzie chemicznym mąki pszennej i otrębów owsianych wynikają zarówno ze zróżnicowanego składu chemicznego komórek poszczególnych części anatomicznych ziarna jak również rodzaju zboża i procesu jego przetwarzania.

Charakterystykę farinograficzną ciasta pszennego z udziałem otrębów owsianych (20%–40%) w stosunku do mąki ogółem przedstawiono w tabeli 2. Otręby owsiane w mieszance z mąką pszenną wpływają na zmianę jej wodochłonności i cech fizycznych ciasta, takich jak: rozwój, stałość, wskaźnik tolerancji na miesienie (MTI). Zwiększenie udziału otrębów owsianych w mieszance pszenno-owsianej powodowało wyraźny wzrost jej wodochłonności. Udział otrębów owsianych w ilości do 40% w masie ciasta wpływał na wydłużenie czasu jego rozwoju. Czas stałości ciasta natomiast wyraźnie zwiększył się przy 20% udziale otrębów owsianych, a przy 30%–40% ich udziale jego wartości były mniejsze w porównaniu z ciastem pszennym. Oporność ciasta na miesienie, jako wskaźnik sumy czasu rozwoju i czasu stałości ciasta, jest zdecydowanie większa w odniesieniu do ciasta

z otrębami owsianymi. Większe udziały otręb owsianych (30%, 40%) powodowały obniżenie wartości MTI, co wskazuje na lepszą tolerancję ciasta na tzw. przemieszenie.

Tabela 2

Wpływ otręb owsianych na charakterystykę farinograficzną ciasta
Effects of oat bran on farinographic characteristic of dough

Ciasto Dough	Otręby owsiane Oat bran (%)	Wodochłonność Water absorption (%)	Rozwój Development (min)	Stołość Stability (min)	MTI* (j. B.)
Pszenne — Wheat	0	59,4	2,0	3,0	80
Pszemno-owsiane	20	63,9	2,5	6,0	75
Wheat-oat	30	67,2	5,0	3,2	70
	40	70,4	7,5	2,5	65

* Wskaźnik tolerancji na mieszenie.* Mixing tolerance index.

Powyższe wyniki badań potwierdzają wcześniejsze doniesienia piśmiennictwa (Kawka i Gąsiorowski, 1995; Kirshnan i in., 1987; Webster, 1986) dotyczące wpływu produktów owsianych na właściwości fizyczne ciasta. Wykazano, że skład chemiczny produktów owsianych, ich procentowy udział w mieszance, jak również granulacja mają istotny wpływ na właściwości fizyczne ciasta pszenno-owsianego.

Oomah i Lefkovitch (1988), Pomeranz i wsp. (1977) sugerują, że zmiany właściwości fizycznych ciasta pszenno-owsianego, w porównaniu z ciastem pszennym, są spowodowane wzrostem ilości białek rozpuszczalnych i frakcji azotu niebiałkowego oraz obniżeniem ilości prolamin.

W cyklu wypieków laboratoryjnych wykonano ciasta pszenne i z 20%–40% udziałem otręb owsianych, a wyniki przedstawiono w tabelach 3, 4, 5. Wydajność ciasta pszennego wynosiła 162,4%, a ciasta z 20%, 30% i 40% udziałem otręb owsianych była wyższa odpowiednio o 4,8, 4,9 i 11,2% w porównaniu z ciastem pszennym (tab. 3). Wartości kwasowości ciasta pszennego i pszenno-owsianego były zróżnicowane, przy czym w ciastach z udziałem otręb owsianych były wyższe niż w cieście pszennym.

Tabela 3

Wpływ otręb owsianych na parametry technologiczne prowadzenia ciasta i wypieku pieczywa pszenno-owsianego

Effects of oat bran on technological parameters of wheat-oat bread making

Próbka Sample	Otręby owsiane Oat bran (%)	Wydajność ciasta Dough yield (%)	Kwasowość ciasta Dough acidity (°)	Czas fermentacji (min) Fermentation time		Czas wypieku Baking time (min)
				ciasta dough	kęsów pieces	
Pszenna — wheat	0	162,4	2,6	60	47	27
Pszemno-owsiana	20	167,2	2,9	20	40	26
Wheat-oat	30	167,3	3,2	20	38	27
	40	173,6	3,3	20	37	26

Tabela 4

Cechy jakościowe pieczywa pszennego i pszenno-owsianego*
Quality of wheat and wheat-oat bread*

Pieczywo Bread	Otręby owsiane (%) Oat bran (%)	Objętość pieczywa (cm ³ /100 g mąki) Volume of bread (cm ³ /100 g of flour)	Współczynnik porowatości (punkty) Porosity index (score)	Wilgotność miękiszu (%) Crumb moisture (%)	Kwasowość miękiszu (°) Crumb acidity (°)	Ocena sensoryczna* (punkty) Sensory evaluation* (score)
Pszenne Wheat	0	484	95	45,1	1,1	10,0
Pszенно- owsiane Wheat-oat	20	433	95	46,7	1,3	9,9
	30	395	90	47,5	1,3	9,7
	40	346	85	47,6	1,4	9,7

* Według skali 1–10 punktów: wygląd zewnętrzny — 1 punkt; wygląd wewnętrzny — 9 punktów (barwa, porowatość — 5 punktów; smak i zapach — 4 punkty).

* According to 1–10 points scale: external appearance — 1 point; internal appearance — 9 points (color, grain of crumb — 5 points; flavor — 4 points).

Kwasowość ciasta z udziałem produktów ze zbóż niechlebowych np. owsa, jęczmienia, a tym samym kwasowość pieczywa, jest zależna od ich ilości wprowadzanych jako zamiennik mąki chlebowej, sposobu wytwarzania ciasta, wydajności poszczególnych faz oraz warunków prowadzenia procesu technologicznego (Kawka, 1995, 2004).

Czas fermentacji końcowej kęsów ciasta z 20% 30% i 40% udziałem otrębów owsianych wahał się w granicach od 37 do 40 min i był krótszy w porównaniu z ciastem pszenным (47 min). Wypieki laboratoryjne wszystkich rodzajów pieczywa prowadzono przy stałym ubytku wypiekowym — 7%, a czas wypieku kęsów ciasta wahał się w granicach 26–27 minut.

W oparciu o wyniki badań własnych stwierdzono, że otręby owsiane jako zamiennik mąki pszennej w ilości 20%–40% ogólnej jej masy wpływają na zwiększenie wydajności i kwasowości ciasta oraz skrócenie czasu fermentacji końcowej kęsów ciasta.

Uzyskane rezultaty pozostają w zgodności z sugestiami wielu autorów (Kawka i Gąsiorowski, 1995; Krishnan i in., 1987; Pomeranz i in., 1977; Webster, 1986), którzy podają, że zmniejszenie udziału mąki pszennej przez wprowadzenie produktów owsianych przyczynia się do zwiększenia wodochłonności mieszanki pszenno-owsianej, a tym samym wydajności ciasta pszenno-owsianego. Zwiększona zdolność wiązania wody w cieście pszenno-owsianym uzależniona jest od składu chemicznego, granulacji, a także obróbki termicznej otrębów owsianych.

Procentowy udział otrębów owsianych w masie ciasta wpływa na zróżnicowanie wskaźników jakościowych pieczywa pszenno-owsianego, takich, jak objętość, współczynnik porowatości oraz wilgotność i kwasowość miękiszu (tab. 4). Pieczywo z udziałem otrębów owsianych, cechowało się mniejszą objętością niż pieczywo pszenne. Największą jednak objętość uzyskało pieczywo z 20% udziałem otrębów owsianych. Wilgotność i kwasowość pieczywa zawierającego do 40% otrębów owsianych była większa niż pieczywa pszennego.

Tabela 5

Wyniki oceny sensorycznej pieczywa pszennego i pszenno-owsianego
Sensory evaluation results of wheat and wheat-oat-breads

Pieczywo Bread	Otręby owsiane Oat bran (%)	Wygląd zewnątrzny Appearance	Miękiśz Crumb			Smak i zapach Flavour
			elastyczność elasticity	porowatość porosity	pozostałe cechy other properties	
Pszenne Wheat	0	dobrze wyrośnięty, barwa skórki złocista well grown, golden crust colour	bardzo dobra very good	równomierna, pory drobne, cienkościenne uniform, pores small, with thin walls	równomiernie zabarwiony, o dobrej krajalności uniform pigmentation easy slicing	właściwy, typowy proper, typical
Pszenno- owsiane Wheat- oat	20	dobrze wyrośnięty gładka powierzchnia, barwa skórki ciemnozłocista well grown, surface smooth, dark-golden crust	bardzo dobra very good	równomierna pory drobne, cienkościenne uniform, pores small, with thin walls	równomiernie zabarwiony, barwa miękkiszu nieco ciemniejsza, lekko wilgotny w dotyku, o dobrej krajalności uniform pigmentation, crumb slightly darkened, slight moisture palpable, easy slicing	aromatyczny, delikatnie wyczuwalny smak orzeszkowy aromatic, delicate walnut flavour
	30	lekko chropowata powierzchnia, barwa skórki ciemnozłocista slightly coarse surface, dark-golden crust	dobra good	dość równomierna, pory drobne rather uniform, pores small	równomiernie zabarwiony, barwa miękkiszu szara, bardziej wilgotny w dotyku, o dobrej krajalności uniform pigmentation crumb pigmentation grey, more moisture palpable, easy slicing	właściwy, przyjemny, wyczuwalny smak orzeszkowy proper, nice delicate walnut flavour
	40	delikatne pęknięcia na powierzchni, barwa skórki ciemnozłocista surface subtly cracked dark-golden crust	mało elastyczny poor	równomierna, pory drobne, zbite uniform, pores small, dense	barwa miękkiszu ciemnoszara, bardzo wilgotny w dotyku crumb dark-grey, much moisture palpable	przyjemny, wyraźnie wyczuwalny smak orzeszkowy nice, distinct walnut flavour

W wyniku ogólnej oceny sensorycznej pieczywo z 20% udziałem otrąb owsianych uzyskało 9,9 punktów, a z 30%–40% ich udziałem 9,7 punktów (tab. 4). Pieczywo to

uzyskało niższe noty ze względu na mniejszą objętość i bardziej zbity, o mniejszej elastyczności miękisz, ale jego wyjątkowa smakowitość nie uległa zmianie.

Miękisz pieczywa pszenno-owsianego był lekko wilgotny w dotyku, o barwie nieco ciemniejszej, dobrej elastyczności i dość równomiernej porowatości oraz wysokiej smakowitości (tab. 5)

Podsumowując powyższe rezultaty należy stwierdzić, że zastosowanie otrąb owsianych jako zamiennika mąki pszennej do wypieku pieczywa, przy pewnej modyfikacji receptury oraz procesu technologicznego, pozwala uzyskać pieczywo o cechach jakościowych akceptowanych przez konsumenta.

WNIOSKI

1. Otręby owsiane stosowane jako zamiennik mąki pszennej przy produkcji pieczywa wpływają na zmianę cech fizycznych ciasta i jakości pieczywa.
2. Zaobserwowano, że 20–40% udział otrąb owsianych w mieszance pszenno-owsianej wyraźnie wpływa na zwiększenie jej wodochłonności oraz poprawę właściwości fizycznych ciasta, takich jak: czas rozwoju i czas stałości oraz wskaźnik tolerancji na miesienie.
3. Udział otrąb owsianych przy wytwarzaniu ciasta metodą z fazą wstępnego ich rozmiękania przyczynia się do zwiększenia jego wydajności oraz skrócenia czasu fermentacji końcowej kęsów ciasta w porównaniu z ciastem pszennym.
4. Zwiększając do 40% udział otrąb owsianych w pieczywie obserwuje się wyraźne zmniejszenie objętości pieczywa, nieznaczne pogorszenie struktury miękiszu, zwiększenie jego wilgotności i kwasowości, przy zachowaniu wysokiej smakowitości wyrobu.

LITERATURA

- Asp N. G., Johansson C. G., Hallmer H., Siljestrom M. 1983. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. *J. Agric. Chem.* 31: 476 — 482.
- Bartnikowska E. 1997. Włókno pokarmowe w żywieniu człowieka zdrowego i chorego. W: Mater. Symp. Nauk., Radzików: 101 — 118.
- Bartnikowska E., Lange E. 2000. Znaczenie dietetyczne przetworów owsianych i ich wpływ na stężenie cholesterolu w osoczu oraz poposiłkową glikemię. *Żyw. Techn. Jakość* 7: 18 — 36.
- Czerwiński J., Bartnikowska E., Leontowicz H., Lange E., Leontowicz M., Katrich E., Trakhtenberg S., Gorinstein S. 2004. Oat (*Avena sativa* L.) and amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) meals positively affect plasma lipid profile in rats fed cholesterol-containing diets. *J. Nutritional Biochem.*, 15: 622 — 629.
- Dojczew D. M., Kosiewicz D., Lewczuk J. 2001. Wpływ dodatków naturalnych na jakość pieczywa pszennego. *Przegl. Piek. i Cukiern.*, 49: 16 — 19.
- Doehlert C. D., Moore R. W. 1997. Composition of oat bran and flour prepared by three different mechanism of dry milling. *Cereal Chem.*, 74: 403 — 406.
- Flaczyk E., Kawka A. 1999. Zastosowanie wybranych dodatków technologicznych do pieczywa. W: Surowce, technologia i dodatki a jakość żywności. J. Czapski, W. Grajek, E. Pospiech (red.), Wyd. Akad. Rol., Poznań: 177 — 183.
- Gąsiorowski H. 1992. Owies w żywieniu zdrowego i chorego człowieka. Włkp. Oddz. PTTŻ, Poznań.
- Gąsiorowski H. 1994. Opracowanie racjonalnego sposobu wykorzystania ziarna owsa i produktów jego przerobu do celów konsumpcyjnych. Projekt badawczy KBN Nr 5 0009 91 01.

- Gąsiorowski H. 1995. Owies. Chemia i Technologia. PWRiL, Poznań.
- Gąsiorowski H. 2004. Pszenica. Chemia i technologia. PWRiL, Poznań.
- Gąsiorowski H., Kawka A. 1998. Jak wykorzystać żyto, jęczmień i owies do produkcji pieczywa specjalnego. Mater. Międzynar. Konf. Nauk., Bydgoszcz: 49 — 55.
- ICC — Standards Methods 1998. ICC-Methods, Vienna, Austria.
- Jakubczyk T., Haber T. 1981. Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Skrypt SGGW, Warszawa.
- Kahlon T. S., Chow F. I. 1997. Hypocholesterolemic effects of oat, rice, and barley dietary fibers and fractions. Cereal Foods World 2: 86 — 92.
- Kawka, A. 1995. Wykorzystanie produktów owsianych do produkcji pieczywa. W: Owies. Chemia i Technologia. H. Gąsiorowski (red.), PWRiL, Poznań: 269 — 174.
- Kawka A. 2004. Jęczmień i jego produkty. Charakterystyka, otrzymywanie i wykorzystanie w żywieniu człowieka. Rocz. AR Poznań, Rozpr. Nauk. 342: 1 — 78.
- Kawka, A., Gąsiorowski, H. 1995. Produkty owsiane w piekarstwie. Cz. I. Wpływ otrąb owsianych dietetycznych na jakość chleba. Przegl. Piek. i Cukiern., 43: 4— 5.
- Kawka A., Górecka D., Gąsiorowski, H. 1999. The effect of commercial barley flakes on dough characteristic and bread composition. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Food Science and Technology 2 (2): 1 — 8.
- Kiryłuk J., Gąsiorowski H., Kowalewski W. 1994. Otręby owsiane - produkt, który zdobywa świat. Przegl. Zboż.-Młyn. 38: 2 — 4.
- Krishnan P. G., Chang K. C., Brown G. 1987. Effect of commercial oat bran on the characteristics and composition of bread. Cereal Chem. 64: 55 — 58.
- Mäkki Y., Virtanen E. 2001. Gastrointestinal effects of oat bran and oat gum — a review. Lebensm. Wiss. Technol. 34: 337 — 347.
- Polskie normy: PN-A-74007:1960. Przetwory zbożowe. Oznaczenie kwasowości.
- PN-A-74043-2:1994. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczenie glutenu mokrego. Mąka pszenna.
- PN-A-74100:1992. Półprodukty piekarskie. Metody badań.
- PN-A-74108:1996. Pieczywo. Metody badań i ocena punktowa.
- Oomah B. D., Lefkovich L. P. 1988. Optimal oxidant of wheat-oat composite flours. Die Nahrung 32: 527 — 538.
- Petkov K., Piech M., Łukaszewski Z., Kowieska A. 1999. Porównanie składu chemicznego i wartości pokarmowej owsa nieoplewionego i oplewionego. Żyw. Techn. Jakość. 6: 253 — 259.
- Pomeranz Y., Shorgen M. D., Finney K. F., Bechtel D. B. 1977. Fiber in breadmaking — effects on functional properties. Cereal Chem. 54: 25 — 41.
- Slavin J. L., Jacobs D., Marquart L., Wiemer K. 2001. The role of whole grains in disease prevention. J. Am. Dietetic. Associat., 101: 780 — 785.
- Standard Methoden für Getreide Mehl und Brot 1971. Arbeitsgemeinschaft Getreide Forschung. Verlag Moritz Schäfer, Detmold, Deutschland.
- Świdorski F. 1999. Żywność wygodna i żywność funkcjonalna. PWNT, Warszawa.
- Webster F. H. 1986. Oats: Chemistry and Technology. AACC, St. Paul, MN, USA.

ANNA CZUBASZEKKatedra Technologii Owoców, Warzyw i Zbóż
Akademia Rolnicza, Wrocław

Ocena właściwości reologicznych ciasta i jakości chleba pszennego z dodatkiem śruty owsianej

Evaluation of rheological properties of dough and quality of wheat bread with ground oat grain addition

Materiał badawczy stanowiła handlowa mąka pszenna typu 550 i ziarno 6 odmian owsa (Akt, Bajka, Borowiak, Chwat, Cwał, Kasztan). Wykonano analizy mające na celu scharakteryzowanie materiału badawczego oraz przeprowadzono oznaczenia farinograficzne, ekstensograficzne i wypiek laboratoryjny ciasta z udziałem 5 i 10% śruty owsianej. Mąka pszenna typ 550 charakteryzowała się dobrą wartością wypiekową. Odmiany owsa zawierały dużo białka ogółem oraz mało skrobi, pentozańców i popiołu. Odmiany owsa wykazywały wysoką aktywność enzymów proteolitycznych i liczbą opadania. Dodatek śruty owsianej do mąki pszennej powodował zwiększenie wodochłonności mieszanek, a wraz ze wzrostem ilości śruty wydłużał się czas rozwoju, skracał czas stałości ciasta i zwiększała wartość współczynnika tolerancji na mieszenie. Ciasta z dodatkiem 5% śruty owsianej miały największą wartość walorymetryczną. Stwierdzono, że spośród wszystkich badanych ciast pszenno-owsianych najlepsze właściwości farinograficzne miały ciasta z udziałem śruty z odmian Bajka i Chwat. W ocenie ekstensograficznej uzyskano pogorszenie jakości ciasta pod wpływem dodatku śruty owsianej. Zaobserwowano zróżnicowane oddziaływanie odmian na właściwości ekstensograficzne przy różnym udziale śruty owsianej w mieszanke. Przy dodatku 5% najlepsze rezultaty uzyskiwano ze śrutą z odmian Kasztan i Akt, a przy 10% ze śrutą odmiany Bajka. Chleb pszenno-owsiany był wyrośnięty i charakteryzował się przyjemnym aromatem. Chleb z dodatkiem 5% śruty owsianej miał nieznacznie większą objętość niż chleb pszenny, a z 10% udziałem był najmniejszy. Największe były chleby zawierające śrutę owsianą z odmian Cwał i Borowiak. Nadpiek chleba nie ulegał zmianom pod wpływem stosowanych dodatków. Zastąpienie mąki pszennej dodatkiem 10% śruty owsianej spowodowało poprawę struktury miękkiszu chleba.

Słowa kluczowe: ekstensograf, farinograf, mieszanek pszenno-owsiane, wypiek chleba

The experimental material consisted of commercial wheat flour (type 550) and grains of 6 oat cultivars: Akt, Bajka, Borowiak, Chwat, Cwał and Kasztan. Analyses were done to characterize the material, and both farinograph and extensigraph measurements as well as baking tests were performed to evaluate the properties of dough containing 5% or 10% of ground oat grain. The wheat flour type 550 was characterized by a good baking quality. The content of total protein in the oat was high, whereas that of starch, pentosans and ash was low. The cultivars showed a high activity of proteolytic enzymes, and a high level of the falling number. Ground oat grain added to wheat flour increased the water absorption of the mixture. With increasing content of ground oat, the time of dough development lengthened, the time of dough stability shortened, and the mixing tolerance index increased. The dough

with 5% share of ground oat had the highest valorimetric value. The best farinographic values, of those recorded for all the types of wheat-oat dough, were obtained with the dough containing the grain of oat cvs Bajka and Chwat. The extensographic assessment showed that the addition of oat grain decreased the quality of dough. The oat cultivars differed in their effects upon the extensographic properties at different amounts of grain in the mixture. The best results for the mixtures containing 5% of oat were obtained with the ground grain of cvs Kasztan and Akt, and for the mixtures with 10% oat share — with cv. Bajka. The wheat-oat baker's products were well risen and had a pleasant aroma. The bread containing 5% of ground oat was characterized by a slightly higher loaf volume as compared to that of the wheat bread. The 10% share of oat grain in dough effected the lowest loaf volume. The largest loaves were made with the addition of grain of cvs Cwał and Borowiak. Bread overbake was not affected by the additives used. The replacement of 10% of wheat flour with ground oat grain resulted in the improvement of the bread crumb structure.

Key words: bread baking, extensigraph, farinograph, wheat-oat blends

WSTĘP

W czasach rozwoju przemysłowego, na rynku pojawiają się produkty coraz bardziej przetworzone, o wysokim stopniu oczyszczenia. Z tego powodu utraciły one wiele swoich walorów odżywczych (Bartnikowska i Lange, 2000). Przykładowo, uważa się, że duże spożycie białej mąki i ryżu jest przyczyną występowania chorób cywilizacyjnych takich jak choroby serca, układu trawienego i nadwagi (Kubiak, 1995). Racjonalne odżywianie, może poprawić stan zdrowia społeczeństw. W związku z tym w ostatnich latach zmieniły się poglądy dotyczące prawidłowego odżywiania. Pewne składniki żywności zostały docenione, ze względu na ich rolę w zapobieganiu lub łagodzeniu chorób układu krwionośnego i niektórych nowotworów (Peterson, 2001). Szczególnie ważne są surowce roślinne bogate w substancje korzystnie wpływające na organizm ludzki (Dolatowski i in., 2002).

Podstawę codziennej diety zdrowego człowieka powinny stanowić produkty zbożowe (Bartnikowska i in., 2000). Mieszkaniec Unii Europejskiej w ciągu roku zjada średnio 67 kg chleba, a przeciętny Polak 75,8 kg (Rocznik Statystyczny, 2003). Porcja 100g chleba pokrywa dzienne zapotrzebowanie człowieka na energię i białko w 11%. Z chlebem dostarczamy organizmowi niektóre pierwiastki (żelazo, fosfor, magnez) oraz witaminy (B₁, B₂, PP) (Gawęcki, Hryniewski, 2000). Szczególnie zaleca się spożywanie pieczywa razowego lub pieczywa z udziałem zbóż niechlebowych. Do zbóż, które mogą poprawiać wartość odżywczą pieczywa zalicza się owoce.

Walory żywieniowe owsa odkryto w latach 1970–1980 i od tego czasu zboże to postrzegane jest jako doskonałe źródło aktywnych biologicznie fitozwiązków (Peterson, 2001). Substancje te mają zdolność obniżania cholesterolu i poziomu lipidów we krwi oraz korzystnie zwiększają stosunek frakcji cholesterolu HDL do LDL, wspomagają profilaktykę i leczenie miażdżycy (Piesiewicz, 1996; Lee i in., 1997). Dodawanie produktów z owsa do codziennej diety obniża także poposiłkowe stężenie glukozy we krwi u osób bez zaburzeń gospodarki lipidowej i cierpiących na hiperlipidemię czy cukrzycę (Bartnikowska i Lange, 2000; Halfrisch i in., 2003; Halfrisch i Behall, 2003). Dodatek owsa do żywności może wpływać nie tylko na zwiększenie wartości odżywczej, lecz także może mieć działanie poprawiające stabilność i smak produktów (Peterson, 2001).

Przeprowadzone dotychczas badania (Krishnan i in., 1987; Oomah i Lefkovitch, 1988; Kawka i Gąsiorowski, 1995; Zhang i in., 1998; Gambuś i Gibiński, 2003) wskazują, że możliwe jest wykorzystanie produktów owsianych do produkcji pieczywa. Jednak należy pamiętać, że częściowe zastąpienie mąki chlebowej mąką owsianą, czy też innym produktem z tego zboża oddziałuje na fizykochemiczne cechy wyrobu sporządzonego z takiej mieszanki. Wpływ na te cechy mogą wywierać nie tylko rodzaj i skład chemiczny produktu owsianego, ale także jego procentowy udział i granulacja (Gąsiorowski, 1995).

Celem niniejszej pracy było określenie, jaki wpływ na właściwości reologiczne ciasta i jakość chleba ma dodatek do mąki pszennej śruty z ziarna kilku odmian owsa.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiła mąka pszenna handlowa typ 550 wyprodukowana przez PPUH „WOSEBA”, Młyn Jaczkowice oraz ziarno pięciu oplewionych odmian owsa (Bajka, Borowiak, Chwat, Cwał, Kasztan) i jednej nieoplewionej — Akt, ze zbioru 2003 roku w Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian w Jeleniej Górze. Przed przystąpieniem do badań ziarno owsa ręcznie obłuszczone i rozdrobniono w młynku laboratoryjnym WŻ-1 (ZBPP Bydgoszcz). Z mąki pszennej i śruty owsianej sporządzono mieszanki zawierające 5 i 10% śruty owsianej. Próbkę kontrolną stanowiła mąka pszenna.

Dla ziarna owsa wykonano oznaczenia zawartości białka ogółem metodą Kjeldahla (Nx6,25) i aktywności enzymów proteolitycznych (Subda, 1984 a). Ponadto określono zawartość skrobi (Lue i in., 1991), pentozanów ogółem (Subda, 1984 b) i popiołu (PN 2171:1994) oraz liczbę opadania metodą Hagberga-Pertena (PN-ISO:3093:1996). W mące pszennej oznaczono zawartość białka metodą Kjeldahla (Nx5,7), wydajność glutenu mokrego i jego rozpuszczalność (PN 74/A-74043-3:1994), liczbę sedimentacji w roztworze SDS (Axford i in., 1979) i liczbę opadania (PN-ISO:3093:1996). Sporządzone mieszanki pszenno-owsiane zbadano za pomocą farinografu i ekstensografu Brabendera (AACC, 2000) określając w ten sposób właściwości reologiczne ciasta pszenno-owsianego. Wypiek laboratoryjny przeprowadzono metodą Biskupskiego (Karolini-Skaradzińska i in., 2001). Dla wypieczonych chlebów określono nadpiek oraz objętość za pomocą aparatu SA-WY (ZBPP Bydgoszcz). Porowatość miękiszu oceniono według 8 punktowej skali Dallmana.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie. Dla cech jakościowych odmian owsa obliczono wartości średnie i współczynniki zmienności. Dla wyróżników oceny farinograficznej, ekstensograficznej i cech wypiekowych wykonano analizę wariancji przy jednokierunkowej klasyfikacji dla dwóch zmiennych (wielkość dodatku i odmiana owsa). Wartości średnie wyceniono testem Duncana.

WYNIKI I DYSKUSJA

Dane literaturowe dotyczące zawartości białka ogółem w ziarnie owsa są bardzo zróżnicowane. Niektórzy autorzy (Pizło i in., 1999; Bartnikowska i in., 2000) podają, że w obłuszczonej ziarnie owsa znajduje się 20%–25% białka ogółem, inni (Kamińska i in., 1999; Czubaszek, 2003) uważają, że jest go o około 10% mniej (12-15%). Wykazano także

zależność tej cechy od miejsca pochodzenia ziarna (Czubaszek, 2003). W badaniach obecnych zawartość białka ogółem w ziarnie odmian oplewionych wynosiła od 15,8% (Borowiak) do 17,8% (Kasztan), a w ziarnie odmiany nieoplewionej Akt było go 17,6% (tab. 1). Mąka pszenna typ 550 użyta do badań miała mniej białka (13,3%) niż dodawana do niej śruta owsiana (tab. 2). Na podstawie oznaczenia wydajności glutenu mokrego, jego rozpywalności i liczby sedymentacji w roztworze SDS stwierdzono jej dobrą wartość wypiekową.

Tabela 1

Charakterystyka cech chemicznych odmian owsa
Characterization of chemical traits of oat cultivars

Odmiana Cultivar	Cecha Trait	Białko ogółem Total protein (%)	Aktywność enzymów proteolitycznych Activity of proteolytic enzymes (jednostki; units)	Popiół Ash (%)	Skrobia Starch (%)	Pentozany ogółem Total pentosans (%)	Liczba opadania Falling number (s)
Akt*		17,6	4,51	1,94	48,9	2,12	316
Bajka		17,5	3,89	1,91	50,7	2,19	292
Borowiak		15,8	4,43	1,77	47,1	2,47	303
Chwat		16,2	4,51	1,83	45,3	1,98	335
Cwał		16,2	5,71	1,81	48,9	2,75	315
Kasztan		17,8	3,16	1,96	45,3	2,33	307
$\bar{x}$		16,9	4,37	1,87	47,7	2,31	311
V (%)		5,3	19,2	4,13	4,6	11,9	4,5

* Odmiana nieoplewiona; Naked cultivar

Tabela 2

Wskaźniki jakościowe mąki pszennej typ 550
Qualitative coefficients for wheat flour type 550

Cecha Trait	Jednostka Unit	Wartość Value
Zawartość białka ogółem Total protein content	%	13,3
Wydajność glutenu mokrego Yield of wet gluten	%	37,2
Rozpywalność glutenu Flowness of gluten	mm	15,5
Liczba sedymentacji Sedimentation value	cm ³	72,5
Liczba opadania Falling number	s	308

W technologii piekarstwa zwraca się uwagę na aktywność enzymów, ponieważ mogą one modyfikować właściwości podstawowych składników mąki (Michniewicz, 1995 a). Duża aktywność enzymów proteolitycznych może powodować rozluźnienie struktury ciasta, co jest korzystne przy stosowaniu mąk o mocnym glutenie, ale niekorzystne dla mąki słabej (Korus i Achremowicz, 1994). Aktywność enzymów proteolitycznych w ziarnie owsa użytego do badań była wysoka i zróżnicowana (V = 19,2%) (tab. 1). Wartości tej cechy wahały się od 3,16 jednostki (odmiana Kasztan) do 5,71 jednostki

(odmiana Cwał). Podobne wyniki dla innych odmian owsa uzyskano we wcześniejszych badaniach (Czubaszek, 2003).

O wartości odżywczej decydują także składniki mineralne, czyli popiół. Według Maciejewicz-Ryś i Sokół (1999) odmiany oplewione zawierają 2,50%—3,06% popiołu, a nieoplewione 2,23%–2,40%. Wyniki uzyskane przez Kamińską i wsp. (1999) oraz w badaniach własnych są niższe. Spośród ocenianych obecnie odmian największą zawartością popiołu w ziarnie charakteryzowała się odmiana Kasztan (1,96%), a najmniejszą odmiana Borowiak (1,77%) (tab. 1). Zawartość popiołu oznaczano w ziarnie obłuszczonym w związku z tym nie zaobserwowano różnic pomiędzy odmianami oplewionymi a odmianą nieoplewioną Akt (1,94%).

Najważniejszą substancją zapasową ziarna zbóż jest skrobia. Jej ilość w ziarnie owsa waha się w szerokim zakresie od 39 do 67% (Subda i in., 1998 a; Zhou i in., 1998; Pizło i in., 1999; Gibiński, 2000). Wcześniejsze badania własne (Czubaszek, 2003) wykazały, że ilość tego składnika w ziarnie zależy od warunków uprawy, a różnice pomiędzy odmianami są nieistotne. Również w badaniach obecnych odmiany nieznacznie różniły się zawartością skrobi ($V = 4,6\%$), a jej ilość średnio wynosiła 47,7% (tab. 1). Spośród ocenianych odmian wyróżniała się odmiana Bajka (50,7%).

Według Michniewicza (1995 b) znaczący wpływ na cechy reologiczne ciasta i jakość pieczywa mają pentozany. Mogą one powodować zmiany własności glutenu (Michniewicz i in., 1991). Subda i wsp. (1998 a) oraz Czubaszek (2003) podają, że w obłuszczonym ziarnie owsa znajduje się od 3,75 do 4,38% pentozanów ogółem. Spośród ocenianych obecnie odmian owsa najwięcej pentozanów zawierała odmiana Cwał (2,75%), a najmniejszą odmiana Chwat (1,98%) (tab. 1).

Aktywność α -amylazy w mące pszennej określa się pośrednio na podstawie liczby opadania. Natomiast nie stwierdzono czy dla owsa istnieje zależność pomiędzy aktywnością tego enzymu a czasem upłynięcia kleiku. Uzyskana dla mąki pszennej typ 550 wysoka liczba opadania świadczy o niskiej aktywności α -amylazy (tab. 2). Liczby opadania dla odmian owsa były także wysokie. Najmniejszą liczbę opadania stwierdzono dla odmiany Bajka (292 s), a największą dla odmiany Chwat (335 s). Inni autorzy (Subda i in., 1998 a; Lapveteläinen i in., 2001; Czubaszek, 2003) uzyskiwali podobne lub wyższe wartości tej cechy dla ziarna owsa.

W ocenie wartości wypiekowej mąki zwraca się uwagę na właściwości reologiczne ciasta określane najczęściej przy użyciu farinografu. Na podstawie tego oznaczenia uzyskuje się informacje o wodochłonności mąki oraz o zachowaniu ciasta podczas zarabiania i mieszenia (Zhang i in., 1998). W badaniach własnych zastąpienie mąki pszennej śrutą owsianą powodowało osłabienie struktury ciasta. Wszystkie cechy farinograficzne zależały od wielkości dodatku owsa, a właściwości odmianowe wpływały tylko na wodochłonność mąki i wartość walorymetryczną (tab. 3). Odnotowano wzrost wodochłonności mieszanek pszenno-owsianych w porównaniu do mąki pszennej, a różnice pomiędzy dwoma poziomami dodatku były nieistotne.

Tabela 3

Wartości średnie cech farinograficznych mieszanek pszenno-owsianych
Mean values for farinographics traits in wheat oat blends

Próbki Samples	Cecha Trait	Wodochłonność mąki Water absorption (%)	Rozwój ciasta Dough development (min)	Stalność ciasta Dough stability (min)	Współczynnik tolerancji na miesienie Mixing tolerance index (jB)	Wartość walorymetryczna Valorimetric value (j.u.)
Mąka pszenna typ 550 Wheat flour type 550		56,8 b	1,5 c	5,5 a	40 c	51 c
— z udziałem 5% owsa — with 5% oat share		61,4 a	1,9 b	4,7 b	47 b	55 a
— z udziałem 10% owsa — with 10% oat share		62,4 a	2,3 a	2,9 c	63 a	52 b
Mąka pszenna z dodatkiem ziarna owsa odmiany: Wheat flour with addition of grain of oat cultivar:						
Akt*		61,9 a	2,1 a	4,2 a	50 a	52 b
Bajka		61,2 ab	1,9 a	4,6 a	47 a	53 ab
Borowiak		57,4 c	1,9 a	4,3 a	57 a	53 ab
Chwat		61,8 a	1,9 a	4,5 a	47 a	54 a
Cwał		58,5 bc	1,6 a	4,6 a	50 a	52 b
Kasztan		60,6 ab	2,1 a	4,0 a	50 a	52 b

*Odmiana nieoplewiona; Naked cultivar

a, b, c, d, — Grupy jednorodnie wyznaczone testem Duncana ($P \geq 0,95$); Homogenous groups distinguished with Duncan test ($P \geq 0,95$)

Przy stosowaniu różnych odmian owsa zwiększenie wodochłonności mąki wynosiło średnio od 0,6% (Borowiak) do 5% (Akt i Chwat). O wzroście chłonności wody mąki pszennej po dodaniu mąki owsianej donoszą również inni autorzy (Kawka i Gąsiorowski, 1995; Subda i in., 1998 b; Zhang i in., 1998). Wang i wsp. (2002) podają, że znaczna wodochłonność mieszanek pszenno-owsianych jest spowodowana dużą liczbą wolnych grup hydroksylowych należących do struktur błonnika i umożliwiających większe wiązanie wody za pomocą wiązań wodorowych. Zhang i wsp. (1998) tłumaczą to obecnością β -glukanów w produktach owsianych. Przyczyną mogą być także pentozany, związki o dużej zdolności do absorpcji wody Michniewicz (1995 b). Czas rozwoju i stałości ciasta są wyznacznikami siły mąki i ciasta (Wang i in., 2002). Lapveteläinen i wsp. (1994) zaobserwowali wydłużenie czasu rozwoju przy dodatku 6% wysokobiałkowej mąki owsianej. Natomiast Kawka i Gąsiorowski (1995) oraz Subda i wsp. (1998b) stwierdzili skrócenie czasu rozwoju ciasta po zastosowaniu mąki i śruty owsianej jako dodatku do mąki pszennej. W przeprowadzonych obecnie badaniach im więcej śruty owsianej miała w swoim składzie mieszanka tym dłuższy był rozwój ciasta, a skróceniu ulegała jego stałość (tab. 3). Oznacza to, że substancje wniesione ze śrutą owsianą miały długi czas wchłaniania wody oraz pogarszały właściwości glutenu. Czas stałości ciasta przy udziale 10% śruty owsianej, w porównaniu do ciasta pszennego, był krótszy prawie o połowę (2,9 min — ciasto z 10% dodatkiem śruty z owsa, 5,5 min — ciasto pszenne). Podobnie Subda i wsp. (1998 b) donosili o skróceniu czasu stałości,

natomiast Krishnan i wsp. (1987) oraz Kawka i Gąsiorowski (1995) uzyskali wydłużenie czasu stałości ciasta z mieszanek mąki pszennej z mąką i otrębami owsianymi. W badaniach własnych oraz Subdy i wsp. (1998 b) stwierdzono, że w miarę wzrostu ilości śruty owsianej w mące pszennej zwiększał się współczynnik tolerancji na mieszenie. W obecnej pracy wartości te zmieniały się od 40 jB dla mąki pszennej do 63 jB przy udziale 10% śruty (tab. 3). Wskazuje to na wzrost rozmiękczenia ciasta pszenno-owsianego podczas mieszenia. Może być ono wynikiem większej zawartości lipidów w owsie i osłabieniem glutenu pszennego przez śrutę owsianą (Oomah, 1983). Jednak można spotkać się także z doniesieniami o zmniejszeniu rozmiękczenia ciasta pszennego z udziałem mąki owsianej (Kawka i Gąsiorowski, 1995). Wartość walorymetryczna uzyskana dla badanej mąki pszennej pozwala sklasyfikować ją jako mąkę o dostatecznej wartości wypiekowej (tab. 3). Dodatek 5% jak i 10% śruty z ziarna owsa poprawiał ten parametr (wartość walorymetryczna odpowiednio 55 i 52 j.u.), przy czym korzystniejszy był wpływ mniejszej ilości śruty owsianej. Według Subdy i wsp. (1998 b) dodatek śruty owsianej zmniejsza wartość walorymetryczną.

Charakterystykę reologii ciasta wzbogaca oznaczenie ekstensograficzne. Mąka pszenna typ 550, o energii ciasta $179,2 \text{ cm}^2$ (tab. 4) zgodnie z klasyfikacją Boyacioğlu i D'Appolonia (1994) ($120\text{--}200 \text{ cm}^2$) zaliczała się do mąk mocnych. O jej dobrej jakości świadczył również duży opór ciasta na zrywanie (486 jB). Dodatek śruty owsianej niekorzystnie wpływał na wszystkie cechy ekstensograficzne. Wraz ze zwiększeniem udziału śruty zmniejszeniu ulegały: energia ciasta, opór ciasta na zrywanie i współczynnik ekstensograficzny (tab. 4). Istotne znaczenie dla omawianych parametrów ciasta miały właściwości odmianowe owsa. Okazało się, że przy 5% udziale śruty najmniejsze zmiany w porównaniu do ciasta pszennego wywoływał dodatek odmian Kasztan i Akt (odpowiednio: opór ciasta na zrywanie 345 i 337 jB, energia ciasta 156 i 162 cm^2 , współczynnik ekstensograficzny 1,5 i 1,4). Najgorsze właściwości miało ciasto z udziałem śruty owsianej z odmiany Chwat (odpowiednio 267 jB; 129 cm^2 ; 1,1). Inaczej przedstawiały się różnice przy 10% udziale śruty owsianej. Przy tej wielkości dodatku najlepsze właściwości miały ciasta z udziałem śruty z odmian Bajka (320 jB ; 131 cm^2 ; 1,4), a następnie Kasztan (265 jB ; 116 cm^2 ; 1,1). Najgorsze właściwości miało ciasto z dodatkiem śruty z odmiany Cwał (212 jB ; 91 cm^2 ; 0,9). Lapveteläinen i wsp. (1994) stosując jako dodatek wysokobiałkową mąkę owsianą obserwowali także osłabienie właściwości ekstensograficznych ciasta i uważają, że przyczyną tego są zawarte w niej enzymy.

Bezpośrednio wartość wypiekową określa się przeprowadzając wypiek laboratoryjny. Uzyskane chleby pszenne z dodatkiem śruty owsianej charakteryzowały się dobrymi cechami organoleptycznymi. Skórka była gładka bez popękań o odpowiedniej barwie. Miękkisz odznaczał się dużą elastycznością i miał jasną barwę. Smak był typowy dla chleba pszennego.

Wielu autorów donosi o małej objętości chleba pszenno-owsianego (Oomah, 1983; Oomah i Lefkovitch, 1988; Gambuś i Gibiński, 2003).

Tabela 4

Wartości średnie cech ekstensograficznych mieszanek pszenno-owsianych
Mean values for extensographics traits in wheat oat blends

Próbki Samples	Cecha Trait	Opór ciasta na zrywanie Resistance to extension (jB)	Energia ciasta Dough energy (cm ²)	Współczynnik ekstensograficzny Extensographics index
Mąka pszenna typ 550 Wheat flour type 550		468 a	179,2 a	2,4 a
— z udziałem 5% owsa — with 5% oat share		306 b	144,0 b	1,3 b
— z udziałem 10% owsa — with 10% oat share		251 c	110,1 c	1,0 c
Mąka pszenna z dodatkiem ziarna owsa odmiany: Wheat flour with addition of grain of oat cultivar:				
5%	Akt*	337 ab	162 a	1,4 ab
	Bajka	292 cd	146 bc	1,2 cd
	Borowiak	287 cd	135 cd	1,2 cd
	Chwat	267 d	129 d	1,1 d
	Cwał	308 bc	137 cd	1,3 bc
	Kasztan	345 a	156 ab	1,5 a
10%	Akt*	235 bc	107 b	1,0 bc
	Bajka	320 a	131 a	1,4 a
	Borowiak	230 c	108 b	0,9 c
	Chwat	241 bc	108 b	1,0 bc
	Cwał	212 c	91 c	0,9 c
	Kasztan	265 b	116 b	1,1 b

*Odmiana nieoplewiona; Naked cultivar

a, b, c, d, — Grupy jednorodne wyznaczone testem Duncana ($P \geq 0,95$); Homogeneous groups distinguished with Duncan test ($P \geq 0,95$)

Uważają oni, że przyczyną tego zjawiska jest osłabienie glutenu pszennego spowodowane wzrostem ilości białek rozpuszczalnych i azotu niebiałkowego (Oomah, 1983; Oomah i Lefkovitch, 1988; Magnus i in., 2000), albo odmienne właściwości skrobi owsianej (małe rozmiary ziaren skrobiowych) (Gambuś i Gibiński, 2003). Istnieją także informacje o zwiększeniu objętości chleba po dodaniu niewielkich ilości mąki z owsa (Subda i in., 1998 b). W badaniach własnych wykazano, że zmiany objętości chleba pszenno-owsianego w porównaniu do pszennego były nieistotne. Chleby z udziałem 5% śruty owsianej miały większą objętość od tych z 10% dodatkiem (tab. 5). Ponadto wykazano, że wszystkie odmiany jednakowo oddziaływały na wartość tej cechy. Można było jednak zauważyć, że chleby ze śrutą z odmian Cwał i Borowiak były większe od pozostałych chlebów pszenno-owsianych (504–512 cm³) i pszennego (514 cm³).

Dodatek śruty owsianej, podobnie jak w badaniach Subdy i wsp. (1998 b), nie spowodował istotnych zmian w nadpieku chleba (tab. 5). Przy różnych udziałach śruty owsianej wartości tej cechy zmieniały się od 48,1% dla chleba pszennego do 49,8% dla chleba z udziałem 5% śruty. Zaś nadpiek chlebów zawierających śrutę z różnych odmian owsa wahał się w zakresie od 47,0% (Borowiak) do 50,6% (Akt).

Miękisz chleba pszennego miał mało równomierną porowatość. W 8 punktowej skali Dallmana oceniono go na 4,5 punktu. Dodatek 5% owsa zmieniał strukturę w bardzo niewielkim stopniu, a przy 10% udziale obserwowano znaczną poprawę tej cechy (6,2

punktu). Gambuś i Gibiński (2003) przypisują poprawę właściwości miękiszu chleba pszenno-owsianego obecności tłuszczu w skrobi owsianej. Według tych autorów skrobia owsiana przyczynia się do wydłużenia okresu świeżości pieczywa pszenno-owsianego. Podobnie Zhang i wsp. (1998), uważają, że dodatek mąki owsianej do pszennej spowalnia proces czerstwienia chleba.

Tabela 5

Wartości średnie cech wypiekowych mieszanek pszenno-owsianych
Mean values for baking traits in wheat-oat blends

Próbki Samples	Cecha Trait	Objętość pieczywa ze 100 g mąki Bread volume from 100 g flours (cm ³)	Nadpiek chleba Bread overbake (%)	Porowatość miękiszu wg skali Dallmana Crumb porosity according to Dallmans scale
Mąka pszenna typ 550 Wheat flour type 550		514 ab	48,1 a	4,5 b
— z udziałem 5% owsa — with 5% oat share		523 a	49,8 a	4,7 b
— z udziałem 10% owsa — with 10% oat share		503 b	48,7 a	6,2 a
Mąka pszenna z dodatkiem ziarna owsa odmiany: Wheat flour with addition of grain of oat cultivar:				
Akt*		504 a	50,6 a	4,5 a
Bajka		508 a	49,2 a	5,8 a
Borowiak		520 a	47,0 a	4,8 a
Chwat		506 a	49,8 a	6,5 a
Cwał		530 a	49,2 a	4,2 a
Kasztan		512 a	47,4 a	4,8 a

*Odmiana nieoplewiona; Naked cultivar

a, b, c, d, — Grupy jednorodne wyznaczone testem Duncana ($P \geq 0,95$); Homogeneous groups distinguished with Duncan test ($P \geq 0,95$)

WNIOSKI

1. Mąka pszenna typ 550 charakteryzowała się dobrą wartością wypiekową określaną pośrednio i bezpośrednio. Odmiany owsa zawierały dużo białka ogółem, a mało skrobi, pentozanów i popiołu. Odznaczały się wysoką aktywnością enzymów proteolitycznych i liczbą opadania.
2. Dodatek śruty owsianej do mąki pszennej powodował zwiększenie wodochłonności i wartości walorymetrycznej mieszanki, lecz osłabiał wytrzymałość ciasta na obróbkę mechaniczną. Ciasta zawierające śrutę owsianą z odmian Bajka i Chwat miały lepsze właściwości niż ciasta z udziałem śruty z pozostałych odmian.
3. Im większy był dodatek śruty owsianej tym słabsze było ciasto w ocenie ekstensograficznej. Przy 5% udziale śruty owsianej w mieszance z mąką pszenną najmniejsze zmiany wywoływał dodatek odmiany Akt i Kasztan, a przy 10% udziale dodatek odmiany Bajka.
4. Ze wzrostem udziału śruty owsianej poprawiała się struktura miękiszu, a nie zmieniał się nadpiek chleba. Chleby z dodatkiem 5% śruty owsianej miały większą objętość od

chlebów z 10% dodatkiem. Największą objętością wyróżniały się chleby z udziałem śruty z odmian Cwał i Borowiak. Korzystną strukturę porowatości wykazywał chleb z dodatkiem śruty z odmian Chwat i Bajka.

LITERATURA

- AACC 2000. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of the AACC. St. Paul M. N.
- Axford D. W. E., Mc Detmott E. E., Retman D. G. 1979. Note on the sodium dodecyl sulfate test of breadmaking quality. Comparison with Pelshenke and Zeleny test. *Cereal Chem.* 56 (6): 582 — 584.
- Bartnikowska E., Lange E. 2000. Znaczenie dietetyczne przetworów owsianych i ich wpływ na stężenie cholesterolu w osoczu oraz poposiłkową glikemię. *Żywność. Nauka. Technol. Jakość.* 1: 18 — 36.
- Bartnikowska E., Lange E., Rakowska M. 2000. Ziarno owsa — niedoceniane źródło składników odżywczych i biologicznie czynnych. Cz. I. Ogólna charakterystyka owsa. Białka, tłuszcze. *Biul. IHAR* 215: 209 — 221.
- Boyacıoğlu M. H., D'Appolonia B. L. 1994. Characterization and utilization of durum wheat for breadmaking. Comparison of chemical, rheological and baking properties between bread wheat flours and durum wheat flours. *Cereal Chem.* 71: 21 — 28.
- Czubaszek A. 2003. Wybrane cechy fizyczne i skład chemiczny ziarna kilku odmian owsa. *Biul. IHAR* 229: 307 — 315.
- Dolatowski Z. J., Stasia D. M., Pisarek S. 2002. Wpływ obróbki hydrotermicznej ziarna owsa na jego wybrane właściwości fizyczne. *Acta Sci. Pol. Technologia Alimentaria* 1: 91 — 102.
- Gambuś H., Gibiński M. 2003. Wpływ dodatku skrobi owsianej na jakość i starzenie się pieczywa pszennego. *Biul. IHAR* 229: 291 — 299.
- Gawęcki J., Hryniewski L. 2000. *Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu.* Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Gąsiorowski H. 1995. *Owies — chemia i technologia.* PWRiL, Poznań.
- Gibiński M. 2000. Chemical composition of the selected varieties and strains of oat. *Żywność. Nauka. Technol. Jakość.* 2 (23), Supl.: 84 — 91.
- Halfrisch J., Behall K.M. 2003. Physiological responses of men and women to barley and oat extracts (Nu - Trim X). I. Breath hydrogen, methane and gastrointestinal symptoms. *Cereal Chem.* 80: 76 — 79.
- Halfrisch J., Scholfield D. J., Behall K. M. 2003. Physiological responses of men and women to barley and oat extracts (Nu-Trim X). II. Comparison of glucose and insulin responses. *Cereal Chem.* 80: 80 — 83.
- Kamińska B. Z., Koreleski J., Skraba B. 1999. Efekt obłuszczenia ziarna owsa oraz uzupełnienia paszy preparatem enzymatycznym na wyniki odchowu brojlerów. *Żywność. Nauka. Technol. Jakość.* 1 (18) Supl.: 231 — 239.
- Karolini-Skaradzinska Z., Subda H., Korczak B., Kowalska M., Żmijewski M., Czubaszek A. 2001. Ocena technologiczna ziarna i mąki wybranych odmian pszenicy ozimej. *Żywność. Nauka. Technol. Jakość.* 27 (2): 68 — 77.
- Kawka A., Gąsiorowski H. 1995. Produkty owsiane w piekarstwie. *Przegl. Piek. Cuk.* 5: 8 — 10.
- Korus J., Achremowicz B. 1994. Substancje stosowane do poprawienia jakości pieczywa (cz. I). *Przegl. Piek. Cuk.* 2: 6.
- Krishnan P. G., Chang K. C., Brown G. 1987. Effect of commercial oat bran on characteristic and composition of bread. *Cereal Chem.* 64: 55 — 58.
- Kubiak W. 1995. Chrupiące bułeczki czy zdrowie? *Zdrowa Żywność.* 3 (29): 25 — 27.
- Lapveteläinen A., Puolanne E., Salovaara H. 1994. High-protein oat flour functionality assessment in bread and sausage. *J. Food Sci.* 59 (5):1081 — 1085.
- Lapveteläinen A., Alho-Lehto P., Sinn L., Laukkanen T., Lindman T., Kalio H., Kaitaranta J., Katajisto J. 2001. Relationships of selected physical, chemical and some sensory parameters in oat grain, rolled oats, cooked oat meal — a three year study with eight cultivars. *Cereal Chem.* 78: 322 — 329.
- Lee C. J., Horsley R. D., Manthey F. A., Schwartz P. B. 1997. Comparisons of β -glucan content of barley and oat. *Cereal Chem.* 74: 571 — 575.

- Lue S., Hsieh F., Huff H. E. 1991. Extrusion cooking of corn meal and sugar beet fiber: Effects on expansion properties, starch gelatinization, and dietary fiber content. *Cereal Chem.* 68: 227 — 234.
- Maciejewicz-Ryś J., Sokół K. 1999. Wpływ L-lizyny lub preparatu enzymatycznego na wartość pokarmową białka owsa nagoziarnistego (*Avena sativa* var. *Nuda*) i oplewionego (*A. sativa* L.). *Żywność. Nauka. Technol. Jakość.* 1 (18) Supl.: 267 — 272.
- Magnus E. M., Bråthen E., Salstrøm S., Vogt G., Færgestad E. M. 2000. Effects of flour composition, physical dough properties and baking process on hearth loaf properties studied by multivariate statistical methods. *J. Cereal Sci.* 32: 199 — 212.
- Michniewicz J., Biliaderis C. G., Bushuk W. 1991. Effect of added pentosans on some physical and technological characteristics of dough and gluten. *Cereal Chem.* 68: 252 — 258.
- Michniewicz J. 1995 a. Dodatki funkcjonalne stosowane w technologii piekarskiej. *Przegl. Piek. Cuk.* 9: 2 — 4.
- Michniewicz J. 1995 b. Pentozany w technologii zbóż. *Rocz. AR w Poznaniu. Rozpr. Nauk. Zesz.* 261.
- Oomah B. D. 1983. Baking and related properties of wheat-oat composite flours. *Cereal Chem.* 60: 220 — 225.
- Oomah B. D., Lefkovich L. P. 1988. Optimal oxidant requirement of wheat-oat composite flours. *Nahrung* 32 (6): 527 — 538.
- Peterson D. M. 2001. Oat antioxidants. *J. Cereal Sci.* 33: 115 — 129.
- Piesiewicz H. 1996. Cholesterol a zdrowie. *Przegl. Piek. Cuk.* 6: 2 — 3.
- Pizło H., Bobrecka-Jamro D., Tobiasz-Salach R. 1999. Skład chemiczny nowych rodów owsa uprawianego w warunkach Beskidu Niskiego. *Żywność. Nauka. Technol. Jakość.* 1 (18) Supl.: 142 — 146.
- PN 2171. 1994. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczenie popiołu całkowitego. Wyd. Normal.
- PN 74/A-74043-3:1994. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie glutenu mokrego. Mąka pszenna. Wyd. Normal.
- PN-ISO:3093:1996. Zboża. Liczba opadania. Wyd. Normal.
- Rocznik Statystyczny 2003. GUS. Wyd. Statyst., Warszawa.
- Subda H. 1984 a. Instrukcja wdrożeniowa oznaczania aktywności enzymów proteolitycznych. *Biul. IHAR* 152: 139 — 141.
- Subda H. 1984 b. Metoda oznaczania zawartości pentozanów rozpuszczalnych w wodzie (instrukcja). *Biul. IHAR* 155: 325 — 326.
- Subda H., Karolini-Skaradzińska Z., Czubaszek A., Gil Z. 1998 a. Skład chemiczny kilku polskich odmian owsa. *Biul. IHAR* 208: 103 — 109.
- Subda H., Karolini-Skaradzińska Z., Czubaszek A. 1998 b. Skład chemiczny i wartość technologiczna wybranych odmian owsa. *Biul. IHAR* 208, 111 — 121.
- Wang J., Rosell C. M., Benedito de Barber C. 2002. Effect of the addition of different fibers on wheat dough performance and bread quality. *Food Chem.* 79: 221 — 226.
- Zhang D., Moore W. R., Doehlert D. C. 1998. Effect of oat grains hydrothermal treatments on wheat-oat flour dough properties and breadmaking quality. *Cereal Chem.* 75: 602 — 605.
- Zhou M., Robards K., Glennie-Holmes M., Helliwell S. 1998. Structure and pasting properties of oat starch. *Cereal Chem.* 75: 273 — 281.

HALINA GAMBUŚ¹**FLORIAN GAMBUŚ²****ELŻBIETA PISULEWSKA³**¹ Katedra Technologii Węglowodanów, Akademia Rolnicza w Krakowie² Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Krakowie³ Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Akademia Rolnicza w Krakowie

Całozziarnowa mąka owsiana jako źródło składników dietetycznych w chlebach pszennych

Oats wholemeal as a source of dietary elements in wheat bread

Ziarno owsa żółtoplewkowej odmiany Kasztan i czarnoplewkowego z rodu D2244 zmielono razem z plewką i po odsianiu na sitach użyto jako surowca do wypieku chlebów pszennych, w ilości 5%, 7% i 10% masy mąki. Oceniono jakość, proces starzenia się oraz skład chemiczny uzyskanych chlebów. W analizie organoleptycznej wszystkie chleby zostały zakwalifikowane do I klasy jakości, mimo mniejszej objętości chlebów z udziałem mąki owsianej. Zróżnicowany dodatek całozziarnowej mąki owsianej nie wpłynął istotnie na zmiany parametrów tekstury miększu ocenianych chlebów podczas trzydobowego przechowywania, zwiększył natomiast istotnie zawartość włókna pokarmowego (frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej) oraz zawartość Fe i Mn, zwłaszcza w chlebach z dodatkiem mąki z owsa czarnoplewkowego.

Słowa kluczowe: owies czarnoplewkowy, owies żółtoplewkowy, parametry oceny jakości pieczywa, składniki mineralne, włókno pokarmowe

Yellow hull oat, variety Kasztan and black hull oat cultivar D2244 were ground with hull, and sieved. The resulting wholemeal was used as a replacement of 5%, 7% and 10% of flour in the recipe for wheat bread. The quality and chemical composition of loaves were assessed after baking. Based upon an organoleptic evaluation all bread types were qualified as I quality class, in spite of the lower volume of bread with oats wholemeal. The differentiated share of oats did not significantly influence the texture parameters during a 3-day of storage. However the oat replacer effected a significant increase in the content of dietary fibre (soluble and insoluble fractions) and of Fe and Mn, especially in bread with black hull oats wholemeal.

Key words: black hull oat, dietary fibre, mineral components, quality assessment parameters of bread, yellow hull oat

WSTĘP

Już od czasów starożytnych znana jest zależność pomiędzy prawidłowo zestawioną dietą a utrzymaniem zdrowia, a nawet leczeniem wielu chorób. Hipokrates żyjący w latach

460–377 p.n.e. pouczał: „Chleb z pełnego ziarna oczyszcza jelita i przechodzi przez nie jako ekskrementy. Jasny chleb jest bardziej odżywczy, ponieważ wytwarza mniej kału” (Anonim, 1980). Hipokrates nie potrafił wprowadzić zdefiniować pojęcia włókna pokarmowego, ale bardzo trafnie określił zarówno rolę jaką ten składnik spełnia w organizmie człowieka jak i najważniejszą jego właściwość — oporność na hydrolizę przez enzymy trawienne (Trowell, 1972). Z powodu tej właściwości składniki włókna pokarmowego przez długie lata uważane były za substancje balastowe w żywieniu człowieka i usuwane z niego podczas procesów przetwórczych. I tak w ciągu niecałych 50 lat na przełomie XIX i XX wieku spożycie włókna z przetworów zbożowych zmniejszyło się o ponad połowę, a w czasie kolejnych 50 lat o dalsze 50%. W latach 70 XX wieku spożycie włókna z przetworów zbożowych osiągnęło jedynie około 16% wielkości jego spożycia sprzed wieku (Bartnikowska, 2003). Taka sytuacja doprowadziła do masowego wystąpienia tzw. chorób cywilizacyjnych, zwłaszcza w krajach rozwiniętych gospodarczo.

W modelu optymalnego żywienia w Polsce, zalecane jest aby codziennie spożywać 5 lub więcej porcji produktów zbożowych, ponieważ obok warzyw i owoców są one podstawowym źródłem włókna pokarmowego (Bartnikowska i Piesiewicz, 1999). Najpopularniejszym produktem zbożowym spożywanym codziennie jest pieczywo, dlatego włókno w nim zawarte decyduje w dużym stopniu o jego udziale w naszej diecie (Hasik i in., 1997).

Do produkcji pieczywa w Polsce wykorzystuje się jednak najczęściej jasne mąki pszenne i żytnie, a więc surowce zubożone nie tylko w włókno pokarmowe, ale i inne cenne składniki, takie jak: białko, sole mineralne czy witaminy (Piesiewicz, 1996 a i b). W celu poprawienia wartości żywieniowej pieczywa można stosować różne dodatki technologiczne. Biorąc pod uwagę szczególnie wartościowy skład chemiczny ziarna owsa i jego przetworów, zaleca się ich wykorzystanie w większym stopniu w przemyśle piekarskim i cukierniczym (Oomah, 1983; Klopstein i Hoskeny, 1987; Oomah i Lefkovitch, 1988; Kawka i Gąsiorowski, 1993; Kawka i Gąsiorowski, 1995; Ceglińska i in., 2003; Gambuś i in., 2003). Jednakże dla technologów zajmujących się przetwórstwem owsa duże trudności sprawia obecność plewki kwiatowej w ziarnie, czyli tzw. łuski, którą niełatwo jest oddzielić w procesie technologicznym. Z tego powodu ciągle brak jest w Polsce większego zainteresowania produkcją przetworów owsianych, mimo popularyzowania wiedzy o ich walorach zdrowotnych w żywieniu człowieka (Gąsiorowski, 1995; Bartnik i Rothkaehl, 1997; Bartnikowska i in., 2000; Gąsiorowski 2003; Bartnikowska, 2003).

Celem badań było więc sprawdzenie możliwości wykorzystania całościarnowej mąki owsianej, uzyskanej przez zmielenie ziarna owsa razem z plewką kwiatową, do produkcji chleba pszenno-owsianego. Założenia pracy obejmowały nie tylko ustalenie optymalnego dodatku takiej mąki, ale także określenie jej wpływu na parametry jakości, skład chemiczny i proces starzenia się miękiszu uzyskanych chlebów.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły chleby pszenne, w których część mąki pszennej typu 750 zastąpiono całoziaarnową mąką owsianą, w ilości 5, 7 i 10% masy mąki. Całoziaarnową mąkę owsianą uzyskano z laboratoryjnego przemiału ziarna żółtoplewkowej odmiany Kasztan oraz czarnoplewkowego rodzaju D₂244. Całe ziarno zmielono w młynku bijakowym, po czym dwukrotnie odsiano większe fragmenty plewki na sitach o oczkach kwadratowych, o boku 1 mm i 0,75 mm.

Chleby wypiekano metodą bezpośrednią. Objętość chlebów mierzono w materiale sypkim, posługując się nasionami rzepaku. Ocenę sensoryczną przeprowadził 10-osobowy panel, o sprawdzonej wrażliwości sensorycznej, metodą punktową wg PN-A-7410:1996. Po 1,5 h chłodzenia chleby ważono i wyliczano stratę wypiekową całkowitą oraz wydajność pieczywa (Analiza..., 1981). Badając proces starzenia się chlebów przechowywano je w woreczkach foliowych w stałych warunkach przez 3 dni i w kolejnych dniach oznaczano wilgotność miękiszu metodą suszarkową wg PN-A-7410:1996 oraz parametry jego tekstury, takie jak: twardość, odbojność, spójność, żujność, sprężystość — analizatorem tekstury typu TAXT2 z oprogramowaniem XTR1. Oceniając wartość dietetyczną badanych chlebów oznaczano w nich metodami AOAC zawartość: białka ogółem, włókna pokarmowego (frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej) oraz składników mineralnych wyrażonych jako popiół całkowity. Ponadto oznaczono zawartość wybranych makro- i mikroelementów spektrofotometrem absorpcji atomowej PU 9100X firmy Philips, z korekcją tła prowadzoną przy użyciu lampy deuterowej (D₂). Jednoczynnikową analizę wariancji przeprowadzono posługując się programem komputerowym STAT Skierniewice. Istotność różnic pomiędzy średnimi określono testem Duncana. Wszystkie analizy wykonano w 3 powtórzeniach.

W celu ułatwienia prezentacji uzyskanych wyników całoziaarnową mąkę z owsa odmiany Kasztan nazwano “mąką z owsa białego”, a z rodzaju D₂244 “mąką z owsa czarnego”.

WYNIKI I DYSKUSJA

Po zmieleniu ziarna owsa i odsianiu niecałkowicie rozdrobnionych elementów plewki kwiatowej uzyskano mąkę, która użyta do wypieku chlebów pszennych nawet w ilości 10% w miejsce mąki pszennej, nie pogorszyła ich smakowitości, a nawet przeciwnie — pozytywnie wpłynęła na tę cechę w ocenie organoleptycznej. Wszystkie chleby z całoziaarnową mąką owsianą były bardzo smaczne i dobrze wyrośnięte, co znalazło odbicie w wysokiej akceptacji konsumentów i zaliczeniu ich do I klasy jakości (tab. 1). Wprawdzie w miarę zwiększania udziału mąki owsianej od 5 do 10% masy mąki pszennej, sukcesywnie obniżała się objętość bochenków, ponieważ zmniejszała się w cieście ilość białek glutenowych, a łuska owsiana przerywając ciągłość błon białkowych tworzących pory zmniejszała zdolność zatrzymywania CO₂ (Oomah i Lefkowitz, 1988; Kawka i Gąsiorowski, 1993; Gambuś i in., 2003), jednak zmniejszenie objętości było niewielkie, a porowatość miękiszu była nadal bardzo dobra.

Tabela 1

Ocena jakości chlebów z dodatkiem całościarnowej mąki owsianej
Evaluation of wheat breads with the addition of oats wholemeal flour

Rodzaj chleba King of bread	Masa chleba zimnego Weight of cold bread (g)	Objętość chleba Total volume of bread (cm ³)	Objętość chleba z 100g mąki Bread volume from 100g of flour (cm ³)	Wydajność pieczywa Yield of bread (%)	Strata wypiekowa całkowita Total baking loss (%)	Wilgotność miękiszu Moisture of crumb (%)	Ocena organoleptyczna Sensoric evaluation	
							suma punktów scores	klasa jakości grade
Mąka pszenna typu 750 Wheat flour type 750 (standard)	219 c*	675 d	446 d	144,5 c	12,4 b	42,9 a	40	1
Standard + 5% MOB**	218 c	653 c	431 c	143,9 c	12,8 b	42,6 a	39	1
Standard + 5% WOF								
Standard + 5% MOC***	222 d	653 c	431 c	145,5 d	11,8 a	42,6 a	40	1
Standard + 5% BOF								
Standard + 7% MOB	220 c	620 b	409 b	145,2 d	12,0 a	42,7 a	39	1
Standard + 7% WOF								
Standard + 7% MOC	220 c	620 b	409 b	145,2 d	12,0 a	42,9 a	39	1
Standard + 7% BOF								
Standard + 10% MOB	211 a	588 a	388 a	139,3 a	15,6 d	43,0 a	39	1
Standard + 10% WOF								
Standard + 10% MOC	214 b	618 b	408 b	141,2 b	14,4 c	43,0 a	39	1
Standard + 10% BOF								

* Różne litery oznaczają statystycznie istotne różnice przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$

* Different letters indicate statistically significant differences at $\alpha = 0.05$

** MOB — mąka z owsa białego; WOF — white oats flour

*** MOC — mąka z owsa czarnego; BOF — black oats flour

Nie zaobserwowano różnic w objętości uzależnionych od rodzajów użytej mąki całościarnowej w ilości 5% i 7% masy mąki pszennej. Natomiast istotna różnica pod względem tej cechy wystąpiła przy największym, 10% udziale tej mąki, na korzyść mąki z owsa czarnego. Prawdopodobnie było to spowodowane większą zawartością aminokwasów egzogennych w tej mące, na co wskazują wyniki zawarte w tabeli 3, świadczące o 2,5% większej w niej zawartości białka, w porównaniu z mąką z owsa białego. Jak wiadomo natomiast z badań wcześniejszych (Gąsiorowski, 1995; Bartnikowska i in., 2000) białka owsiane zawierają około dwukrotnie więcej aminokwasów egzogennych w porównaniu z innymi zbożami, które z kolei zawarte w większej ilości w mące z owsa czarnego mogły stanowić lepszą pożywkę dla drożdży.

Wydajność pieczywa zmniejszyła się znacząco dopiero przy największym, 10-procentowym udziale mąki owsianej, co spowodowało tym samym największą stratę wypiekową, a co mogło być związane z wodochłonnością mieszanki mąki pszennej i owsianej (Gambuś i in., 2003). Podczas wcześniejszych badań nie zaobserwowano bowiem większych zmian wodochłonności lub zanotowano jej zmniejszenie się wraz ze

wzrostem udziału mąki owsianej w mieszanke (Oomah, 1983; Gąsiorowski, 1995). Przy 5% i 10% udziale całościarnowej mąki owsianej w mieszanke zanotowano korzystniejszy wpływ mąki z owsa czarnego na wydajność i stratę wypiekową uzyskanego pieczywa (tab. 1).

Tabela 2

Wpływ dodatku całościarnowej mąki owsianej na wilgotność i parametry tekstury miękiszu chlebów pszennych podczas przechowywania
Influence of oats wholemeal addition on moisture and texture parameters of crumb in wheat breads during storage

Dni przechowywania Days of storage	Rodzaj chleba Kind of bread	Wilgotność miękiszu Moisture of crumb (%)	Twardość (kg) Hardness	Odbojność Resilience	Spójność Cohesiveness	Żujność Chewiness	Sprężystość Springiness
1	2	3	4	5	6	7	8
0	Standard (Snd)	42,9 ab*	0,65 c	0,94 c	0,79 d	0,45 b	0,46 c
	Snd +5% MOB**	42,6 a	0,59 bc	0,91 bc	0,74 c	0,39 ab	0,40 bc
	Snd +5% WOF						
	Snd +5% MOC***	42,6 a	0,35 a	0,86 ab	0,74 c	0,25 a	0,40 bc
	Snd +5% BOF						
	Snd+7% MOB	42,6 ab	0,57 bc	0,88 abc	0,71 bc	0,37 ab	0,38 b
	Snd+7% WOF						
	Snd+7% MOC	42,9 ab	0,47 abc	0,89 abc	0,70 bc	0,30 a	0,37 b
	Snd+7% BOF						
	Snd+10% MOB	43,0 b	0,50 abc	0,84 a	0,69 ab	0,27 a	0,37 b
1	Snd+10% WOF						
	Snd+10% MOC	43 ab	0,46 ab	0,85 ab	0,65 ab	0,30 a	0,29 a
	Snd+10% BOF						
	Standard (Snd)	42,75a	1,04 b	0,92 b	0,53 ab	0,48 b	0,25 ab
	Snd+5% MOB	42,5 a	1,01 b	0,85 ab	0,50 ab	0,41 ab	0,21 ab
	Snd+5% WOF						
	Snd+5% MOC	42,5 a	1,03 b	0,78 a	0,45 a	0,31 a	0,17 a
	Snd+5% BOF						
	Snd+7% MOB	42,5 a	0,68 a	0,85 ab	0,58 b	0,47 b	0,27 b
	Snd+7% WOF						
2	Snd+7% MOC	42,6 a	0,87 ab	0,78 a	0,50 ab	0,38 ab	0,19 ab
	Snd+7% BOF						
	Snd+10% MOB	42,8 a	0,71 a	0,78 a	0,50 ab	0,31 a	0,20 ab
	Snd+10% WOF						
	Snd+10% MOC	42,9 a	0,96 b	0,85 ab	0,50 ab	0,36 ab	0,18 a
	Snd+10% BOF						
	Standard (Snd)	42,7 ab	1,10 bc	0,86 b	0,42 a	0,40 a	0,16 ab
	Snd+5% MOB	42,3 a	1,03 ab	0,61 a	0,44 a	0,39 a	0,17 b
	Snd+5% WOF						
	Snd+5% MOC	42,5 ab	1,08 bc	0,75 ab	0,43 a	0,40 a	0,16 ab
	Snd+5% BOF						
	Snd+7% MOB	42,4 ab	1,24 c	0,77 ab	0,41 a	0,39 a	0,15 ab
	Snd+7% WOF						
	Snd+7% MOC	42,7 ab	1,18 bc	0,78 ab	0,40 a	0,38 a	0,15 ab
	Snd+7% BOF						
	Snd+10% MOB	43,1 b	0,86 a	0,85 ab	0,39 a	0,25 a	0,13 ab
	Snd+10% WOF						
	Snd+10% MOC	42,8 ab	1,16 bc	0,78 ab	0,45 a	0,32 a	0,12 a
	Snd+10% BOF						

c.d. Tabela 2

1	2	3	4	5	6	7	8
3	Standard (Snd)	42,6 a	1,18 ab	0,78 bcd	0,36 a	0,32 a	0,12 bc
	Snd+5% MOB	42,3 a	1,03 a	0,40 a	0,31 a	0,27 a	0,10 a
	Snd+5% WOF						
	Snd+5% MOC	42,3 a	1,23 ab	0,62 b	0,32 a	0,22 a	0,10 a
	Snd+5% BOF						
	Snd+7% MOB	42,0 a	1,40 b	0,80 bcd	0,33 a	0,38 a	0,11 ab
	Snd+7% WOF						
	Snd+7% MOC	42,7 a	1,35 b	0,93 d	0,35 a	0,42 a	0,13 c
	Snd+7% BOF						
	Snd+10% MOB	41,9 a	1,17 ab	0,70 bc	0,34 a	0,32 a	0,13 c
	Snd+10% WOF						
	Snd+10% MOC	41,9 a	1,27 bc	0,87 cd	0,33 a	0,40 a	0,13 a
	Snd+10% BOF						

* Różne litery oznaczają statystycznie istotne różnice przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$

* Different letters indicate statistically significant differences at $\alpha = 0.05$ *

** MOB — Mąka z owsa białego, WOF — White oats flour

*** MOC — Mąka z owsa czarnego, BOF — Black oats flour

Zróznicowany udział obu rodzajów całościarnowej mąki owsianej w ocenianych chlebach nie wpłynął istotnie na zmiany wilgotności oraz takich parametrów tekstury miękiszu, jak: twardość, odbojność, spójność, żujność i sprężystość, podczas przechowywania, w porównaniu z chlebem standardowym (tab. 2). Daje się jednak zauważyć minimalne pogorszenie wszystkich tych badanych cech odnośnie miękiszu chlebów z mąką z owsa czarnego. W mące tej bowiem oznaczono wyraźnie większą zawartość nierozpuszczalnej frakcji włókna pokarmowego w stosunku do mąki z owsa białego, która to frakcja niekorzystnie wpływa na teksturę miękiszu (Gambuś i in., 1999).

Substytucja mąki pszennej całościarnową mąką owsianą nie wpłynęła istotnie na zawartość białka ogółem w ocenianych chlebach, natomiast spowodowała zwiększenie zawartości popiołu i włókna pokarmowego, zwłaszcza frakcji nierozpuszczalnej (tab. 3).

Wzrost zawartości obu tych składników okazał się nieco większy przy udziale mąki z owsa czarnego. Wprawdzie korzystna fizjologiczna rola przetworów owsianych m.in. w obniżaniu wartości wskaźnika glikemicznego posiłku czy też ich działanie hipocholesterolemiczne przypisywane jest głównie rozpuszczalnej frakcji włókna pokarmowego (Bartnikowska i in., 2000; Bartnikowska, 2003), ale niedobory w diecie włókna nierozpuszczalnego mogą stanowić przyczynę rozwoju wielu chorób przewodu pokarmowego, takich jak: nawykowe zaparcia, stany zapalne uchyłków jelit, guzki krwawicze oraz polipy i nowotwory jelita grubego (Bartnikowska i in., 2000).

Z informacji zgromadzonych w piśmiennictwie wynika, że ziarno owsa przewyższa ziarno innych zbóż pod względem zawartości makro- i mikroelementów, takich jak: wapń, żelazo, cynk, mangan i miedź (Gąsiorowski, 1995). Analiza wybranych składników mineralnych podczas badań modelowych w tej pracy potwierdziła te informacje, szczególnie w odniesieniu do mąki z owsa czarnego. Oznaczono w niej istotnie większą zawartość fosforu, magnezu, cynku, miedzi, manganu i dwukrotnie większą zawartość żelaza, w porównaniu z mąką z owsa białego (tab. 4).

Tabela 3

Skład chemiczny calozziarnowej mąki owsianej oraz chlebów pszennych z dodatkiem tej mąki
Chemical composition of wholemeal oats flour and wheat breads baked with the addition of this flour

Produkt Product	Popiół całkowity Total ash (%)	Włókno pokarmowe — Dietary fibre (%)			Białko ogółem Protein (N × 5,7) (%)
		nierozpuszczalne insoluble	rozpuszczalne soluble	całkowite total	
MOB** WOF	3,35 a*	21,79 e	3,40 e	25,19 e	10,2 a
MOC*** BOF	3,66 b	25,42 f	3,46 e	28,88 f	12,7 b
Chleb pszenny Wheat bread (standard)	3,33 a	2,59 a	1,40 a	3,99 a	12,8 b
Standard + 5% MOB Standard + 5% WOF	3,70 b	3,17 a	1,58 b	4,75 b	12,6 b
Standard + 5% MOC Standard + 5% BOF	3,75 c	3,23 b	1,58 b	4,81 b	12,8 b
Standard + 7% MOB Standard + 7% WOF	3,80 d	3,53 b	1,68 c	5,21 c	12,5 b
Standard + 7% MOC Standard + 7% BOF	3,86 e	3,74 c	1,68 c	5,42 c	12,7 b
Standard + 10% MOB Standard + 10% WOF	3,88 e	4,07 d	1,83 d	5,90 d	12,2 b
Standard + 10% MOC Standard + 10% BOF	4,00 e	4,19 d	1,76 d	5,95 d	12,4 b

* Różne litery oznaczają statystycznie istotne różnice przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$

* Different letters indicate statistically significant differences at $\alpha = 0.05$

** MOB — Mąka z owsa białego, WOF — White oats flour

*** MOC — Mąka z owsa czarnego, BOF — Black oats flour

Tabela 4

Zawartość składników mineralnych w calozziarnowej mące owsianej oraz chlebach pszennych z dodatkiem tej mąki
Content of some macro- and microelements in the oats wholemeal and wheat breads baked with the addition of this flour

Produkt Product	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn
	mg/kg							
MOB** WOF	3610 d*	3237 b	1048 c	941 b	27,5 c	4,27 c	59,0 f	52,6 f
MOC *** BOF	4111 e	2921 a	991 c	1000 c	34,6 c	5,38 d	132,9 g	67,9 e
Chleb pszenny Wheat bread (standard)	1955 a	2869 a	334 a	459 a	21,2 b	1,73 a	22,8 a	13,5 a
Standard + 5% MOB Standard + 5% WOF	1965 a	2890 a	350 a	463 a	19,0 a	1,80 a	25,8 b	14,2 b
Standard + 5% MOC Standard + 5% BOF	2053 b	2795 a	347 a	465 a	18,1 a	1,76 a	29,0 c	14,3 b
Standard + 7% MOB Standard + 7% WOF	2070 b	2933 a	374 b	477 a	19,2 a	1,66 a	24,8 b	14,3 b
Standard + 7% MOC Standard + 7% BOF	2128 c	2933 a	364 b	494 a	21,3 b	2,12 b	31,7 d	15,7 c
Standard + 10% MOB Standard + 10% WOF	2095 b	2946 a	391 b	480 a	20,9 a	2,07 b	25,9 b	15,2 c
Standard + 10% MOC Standard + 10% BOF	2075 b	2931 a	374 b	494 a	19,4 a	2,08 b	35,2 e	16,6 d

Patrz tabela 3 See Table 3

Natomiast w chlebach ze zróżnicowanym udziałem obu rodzajów mąk, oznaczono wyraźnie większą zawartość żelaza i manganu, zwłaszcza przy największym, 10% zastąpieniu mąki pszennej całościarnową mąką z owsa czarnego.

Mimo wielu badań epidemiologicznych nie ma jasnego poglądu wśród lekarzy i żywieniowców, czy spożycie Mn w skali populacyjnej jest zbyt małe. Wiadomo jest natomiast, że produkty zbożowe dostarczają do 60% ogólnej zawartości manganu w całodzienniej racji pokarmowej oraz, że w pieczywie jasnym zawarte jest 4–5 razy mniej tego pierwiastka niż w pieczywie z mąki całościarnowej (Piesiewicz, 1996 b).

Szczególną uwagę należy zwrócić na znaczący wzrost zawartości jonów żelaza w badanych chlebach, bowiem jeden z najbardziej powszechnych, współczesnych problemów żywieniowych zaobserwowanych na świecie związany jest z niedoborem żelaza w organizmach ludzi, zarówno społeczeństw rozwijających się, jak i rozwiniętych gospodarczo. Niedobór tego pierwiastka u dzieci może być przyczyną nieodwracalnego, słabszego uczenia się, a u dorosłych może wpłynąć niekorzystnie na sprawność i wydajność pracy (Piesiewicz, 1996 b).

W Anglii żelazo jest substancją, którą na mocy prawa można dodawać do mąki. W Polsce podjęto pewne inicjatywy dotyczące wzbogacania chleba siarczanem żelazawym, ale są to na razie próby (Piesiewicz, 1996 b). Znacznie bardziej korzystnym wydaje się uzupełnianie niedoborów tego pierwiastka dodatkami naturalnymi bogatymi w ten pierwiastek np. całościarnową mąką z owsa czarnoplewkowego.

Uzyskane wyniki sugerują, że aby otrzymać pieczywo o wyraźnie zwiększonej zawartości składników dietetycznych z powodzeniem można stosować 10% dawki całościarnowej mąki owsianej, uzyskanej ze zmielenia całego ziarna owsa (łącznie z plewką kwiata). Mimo nieco ciemniejszego miękiszu, szczególnie do tego celu nadaje się mąka z owsa czarnego.

WNIOSKI

1. Wszystkie chleby z udziałem obu rodzajów całościarnowej mąki owsianej uzyskały wysoką akceptację konsumentów i zostały zakwalifikowane do pierwszej klasy jakości pieczywa.
2. Udział w chlebach pszennych całościarnowej mąki owsianej wpłynął na zmniejszenie ich objętości, nie pogarszając jednak cech organoleptycznych.
3. Chleby z dodatkiem całościarnowej mąki z owsa czarnoplewkowego odznaczały się większą wydajnością pieczywa, a mniejszą stratą wypiekową w odniesieniu do tych z udziałem mąki z owsa żółtoplewkowego.
4. Zróżnicowany udział obu rodzajów całościarnowej mąki owsianej w ocenianych chlebach nie wpłynął istotnie na zmiany wilgotności oraz parametrów tekstury miękiszu podczas przechowywania, w porównaniu z chlebem standardowym.
5. Udział obu rodzajów całościarnowej mąki owsianej nie wpłynął istotnie na zawartość białka ogółem w chlebach pszennych natomiast wzbogacił je we włókno pokarmowe, zarówno frakcję nierozpuszczalną jak i rozpuszczalną, oraz w zawartość żelaza i manganu, zwłaszcza w chlebach z udziałem mąki z owsa czarnoplewkowego.

LITERATURA

- Analiza zbóż i przetworów zbożowych. 1981. Praca zbiorowa pod red. T. Habera i T. Jakubczyka. Skrypty SGGW-AR, Warszawa.
- Anonim 1980. Historical perspective: the fall and rise dietary fibre. In: Medical aspects of dietary fibre. A report of the Royal College of Physicans. Pitman Medical Ltd.: 3 — 7.
- AOAC 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists, 15th Edition, Arlington, Virginia, USA.
- Bartnik M., Rothkaehl J. 1997. Owies — zboże warte zainteresowania. *Przem. Spoż.* 51/ 6: 17 — 19 i 38.
- Bartnikowska E. 2003. Przetwory z ziarna owsa jako źródło ważnych substancji prozdrowotnych w żywieniu człowieka. *Biul. IHAR* 229: 235 — 245.
- Bartnikowska E., Lange E., Rakowska M. 2000. Ziarno owsa — niedocenione źródło składników odżywczych i biologicznie czynnych. Część I. Ogólna charakterystyka owsa. Białka, tłuszcze. Część II. Polisacharydy, włókno pokarmowe, składniki mineralne, witaminy. *Biul. IHAR* 215: 209 — 222 i: 223 — 237.
- Bartnikowska E., Piesiewicz H. 1999. Rola produktów zbożowych w profilaktyce chorób nowotworowych. *Przegl. Piek. i Cuk.* 47/ 7: 2 — 3.
- Ceglińska A., Haber T., Stelebiak A. 2003. Próba wykorzystania otrąb owsianych do wypieku wyrobów ciastkarskich. *Biul. IHAR* 229: 301 — 306.
- Gambuś H., Golachowski A., Nowotna A., Bala-Piasek A., Gumul D. 1999. Wpływ dodatku ekstrudowanych otrąb na jakość chleba pszennego. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość*, 4 (21): 128 — 140.
- Gambuś H., Pisulewska E., Gambuś F. 2003. Zastosowanie produktów przemiału owsa niecoplewionego do wypieku chleba. *Biul. IHAR* 229: 283 — 290.
- Gąsiorowski H. (red.). 1995. Owies. Chemia i technologia. PWRiL, Poznań.
- Gąsiorowski H. 2003. Wartość fizjologiczno-żywnościowa owsa. *Przegl. Zboż. Młyn.* 47/ 3: 26 — 28.
- Hasik J., Dobrzańska A., Bartnikowska E. 1997. Rola włókna roślinnego w żywieniu człowieka. *Wyd. SGGW*, Warszawa: 38 — 39 i 86 — 87.
- Kawka A., Gąsiorowski H. 1993. Wykorzystanie produktów owsianych do produkcji chleba. *Przegl. Piek. i Cuk.* 41, 9: 7 — 9.
- Kawka A., Gąsiorowski H. 1995. Produkty owsiane w piekarstwie. *Przegl. Piek. i Cuk.* 43, 4: 4 — 5.
- Klopfstein C. F., Hosney R. C. 1987. Cholesterol lowering effects of beta-glukans enriched bread. *Nutr. Rep. Intern.* 36: 1091 — 1096.
- Oomah B. D. 1983. Baking and related properties of wheat-oat composite flours. *Cereal Chem.* 60: 220 — 225.
- Oomah B. D., Lefkowitz L. P. 1988. Optimal oxidant of wheat-oat composite flours. *Die Nahrung* 32: 527 — 528.
- Piesiewicz H. 1996 a. Konsumpcja pieczywa w Polsce na tle nowoczesnych tendencji w żywieniu. Część I. Wartość energetyczna, znaczenie białka, błonnika i witamin. *Przegl. Piek. i Cuk.* 44, 3: 8 — 9.
- Piesiewicz H. 1996 b. Konsumpcja pieczywa w Polsce na tle nowoczesnych tendencji w żywieniu. Część II. Znaczenie związków mineralnych. *Przegl. Piek. i Cuk.* 44, 4: 4 — 7.
- PN-A-7410:1996. Pieczywo. Metody badań. Polski Komitet Normalizacyjny, Wyd. Normalizacyjne Alfa-Wero, Warszawa.
- Trowell H. 1972. Ischemic heart disease and dietary fiber. *Am. J. Clin. Nutr.* 25: 926 — 932.

ZBIGNIEW RZEDZICKIZakład Inżynierii i Technologii Zbóż
Akademia Rolnicza w Lublinie

Charakterystyka składu chemicznego wybranych przetworów owsianych

Characteristics of chemical composition of some oat breakfast cereals

Badaniom składu chemicznego poddano wybrane, najbardziej dostępne w sieci handlowej Lublina, asortymenty przetworów owsianych: otręby owsiane stabilizowane, płatki owsiane, dwa asortymenty płatków owsianych błyskawicznych (oznaczone jako A i B), dwa asortymenty płatków owsianych górskich (A i B), dwa asortymenty płatków zwykłych (A i B), otręby owsiane preparowane, oraz dla porównania płatki kukurydziane zwykłe i koekstrudaty kukurydziane czekoladowo-mleczne. W badanych próbach oznaczano zawartość wody, popiołu surowego, białka, tłuszczu oraz włókna surowego. Przebadano także skład frakcyjny błonnika pokarmowego metodą detergentową oraz metodą enzymatyczną. Wykazano, że badane owsiane zboża śniadaniowe zdecydowanie różnią się składem chemicznym od przetworów kukurydzianych. Przetwory owsiane charakteryzowały się szczególnie niskimi wartościami rozpuszczalności suchej masy (WSI). Zawartość białka dwukrotnie przekraczała poziom białka w przetworach kukurydzianych. Produkty owsiane charakteryzowały się także znacznie wyższą zawartością błonnika pokarmowego, szczególnie jego rozpuszczalnych frakcji. Mogą one być zaliczane do zbożowych produktów podstawy piramidy żywienia.

Słowa kluczowe: błonnik pokarmowy, owies, zboża śniadaniowe

The main purpose of this study was to determine chemical composition of the most popular assortments of oat breakfast cereals, available in the market in Lublin. Detailed examinations were performed on: stabilized oat bran, oat flakes, two assortments of RTE oat flakes (named A & B), two assortments of mountain oat flakes (A & B), two assortments of ordinary oat flakes (A & B), and prepared oat bran. These products were compared with corn RTE products: corn flakes and corn chocolate — milk coextrudates. In the samples, the contents of moisture, crude ash, crude protein, crude fat and crude fibre were assessed. A fractional composition of dietary fibre was analyzed using both a detergent and an enzymatic method. The results obtained showed that the examined oat products greatly differed in chemical composition from ready -to-use corn breakfast cereals. Oat products were characterized by a very low WSI value. The protein content was twice as high as that in corn cereals. The analyzed oat breakfast cereals were found to be very rich in dietary fibre, particularly in a soluble one. Hence, they can be numbered among the cereals products constituting the basis of a nutrition pyramid.

Key words: breakfast cereals, dietary fibre

WSTĘP

Plagą XXI wieku, atakującą społeczeństwa krajów wysokorozwiniętych są trzy główne choroby cywilizacyjne: choroby serca, nowotwory i otyłość. Według najnowszych statystyk, prawie 127 milionów Amerykanów w USA to osoby otyłe. Ponad 9 milionów dzieci amerykańskich ma nadwagę lub otyłość. Przeszło 6 milionów Amerykanów cierpi na otyłość chorobową. Polskie społeczeństwo kilkanaście lat temu przejęło z Zachodu nie tylko ustrój społeczno-polityczny, ale także styl życia oraz wadliwe nawyki i zwyczaje żywieniowe. Nadwaga i spadek aktywności fizycznej są główną przyczyną chorób serca, cukrzycy, nowotworów itd. Przyczyną tego stanu jest między innymi niewłaściwe komponowanie posiłków i brak w pożywieniu cennych składników błonnika pokarmowego, które pozwalają nie tylko na zaspokojenie głodu, ale są także nośnikiem wielu niezwykle cennych związków biologicznie aktywnych, oddziałujących prozdrowotnie na organizm człowieka. Rozwiązaniem tego problemu miały być wylansowane na początku lat 80. XX wieku „zboża śniadaniowe”. Wprowadzono na rynek szereg produktów zbożowych mających dostarczać nie tylko składników odżywczych, ale także błonnika pokarmowego. Nie wszystkie „zboża śniadaniowe” spełniły stawiane przed nimi wymagania. Pogoń producentów za zyskiem była przyczyną wylansowania całej grupy wyrobów mających niewiele wspólnego z produktami zbożowymi, które powinny być bardziej zaliczane do słodczy i galanterii cukierniczej niż do produktów zbożowych.

Niestety, rynek zbóż śniadaniowych został zdominowany przez produkty kukurydziane. Są to wyroby produkowane z kaszki kukurydzianej, a więc surowca o bardzo ubogim składzie chemicznym, pozyskiwanym z obłuszczonego i odzarodkowanego ziarna kukurydzy (Rzedzicki, 2005). Niedoceniane są surowce o znakomitym składzie chemicznym, wysokiej zawartości białka, bardzo wysokiej zawartości błonnika pokarmowego, wysokiej zawartości błonnika pokarmowego rozpuszczalnego, bardzo dobrych charakterystykach reologicznych, wysokiej zawartości NNKT; mówiąc dosłownie owies nadal oczekuje na swój renesans (Rzedzicki i in., 2005; Rzedzicki i in., 2004 c; Wood, 1993).

Celem niniejszej pracy było przeprowadzenie porównawczych badań składu chemicznego dziewięciu najbardziej popularnych, wybranych asortymentów przetworów owsianych oraz porównanie ich składu do dwóch przykładowych asortymentów płatków kukurydzianych, ze szczególnym uwzględnieniem składu frakcyjnego błonnika pokarmowego.

MATERIAŁ I METODY

Do badań zakupiono najbardziej dostępne w sieci handlowej Lublina asortymenty przetworów owsianych: otręby owsiane stabilizowane, płatki owsiane, dwa asortymenty (od różnych producentów) płatków owsianych błyskawicznych (oznaczone jako A i B), dwa asortymenty (od różnych producentów) płatków owsianych górskich (A i B), dwa asortymenty (od różnych producentów) płatków zwykłych (A i B), otręby owsiane preparowane, oraz dla porównania płatki kukurydziane zwykłe i koekstrudaty kukurydziane czekoladowo-mleczne. Każdy asortyment zakupiono w trzech różnych punktach

sprzedaży po 3 opakowania, z których przygotowano próbę średnią. Próby mielono na młynku żarnowym o wielkości szczeliny 0,2 mm.

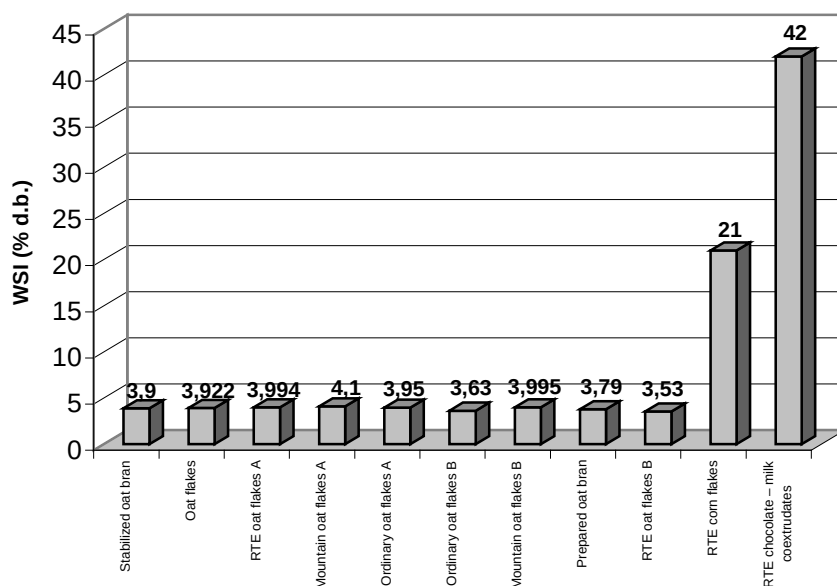
W badanych próbach, według metodyk AACC i AOAC [AACC, 2000], oznaczono zawartość wody metodą suszarkową (AACC, Method 44-15A), azotu ogólnego metodą Kjeldahla (AACC, Method 46-08) stosując przelicznik 5,70 na białko, tłuszczu surowego metodą Soxhleta (AACC, Method 30-26), włókna surowego metodą weendejską (AACC, Method 32-10) oraz popiołu (AACC, Method 08-01). Ponieważ metoda weendejska nie obrazuje rzeczywistej zawartości błonnika w pożywieniu, w celu dokładniejszego określenia jego charakterystyki wykonano oznaczenia składu frakcyjnego błonnika pokarmowego według metody detergentowej, opracowanej przez Van Soesta (1963) i Van Soesta i wsp. (1967), tj.: włókna neutralno-detergentowego (NDF), włókna kwaśno-detergentowego (ADF), celulozy (CEL), hemicelulozy (HCEL) i ligniny kwaśno-detergentowej (ADL). Wyniki oznaczeń metodą weendejską i detergentową zweryfikowano trzecią metodą oznaczając także zawartość błonnika metodą enzymatyczną (AOAC, Method 991.43; AACC, Method 32-07; AACC, Method 32021; AOAC, Method 985.29; AACC, Method 32-05). Według metody enzymatycznej oznaczono błonnik całkowity (TDF), nierozpuszczalny (IDF) i rozpuszczalny (SDF). Próby poddano również badaniom właściwości fizycznych: wodochłonności metodą wirówkową oraz określono rozpuszczalność suchej masy według metody (AACC, Method 56-20) w modyfikacji (Rzedzicki i in., 2004 b).

Poszczególne oznaczenia wykonywano w 3 powtórzeniach, obliczano wartość średnią, odchylenie standardowe i współczynnik zmienności. Jeżeli współczynnik zmienności przekraczał szacowany błąd dla danej metody, analizy wykonywano ponownie aż do uzyskania właściwego rozrzutu wyników.

WYNIKI I DYSKUSJA

Badane produkty owsiane i kukurydziane zdecydowanie różniły się między sobą składem chemicznym i właściwościami fizycznymi. Rozpuszczalność suchej masy WSI (rys. 1) notowano w granicach od 3,5% s.m. w płatkach owsianych błyskawicznych B do 4,1% s.m. w płatkach owsianych górskich A. Dla porównania w koekstrudatach kukurydzianych odnotowano WSI aż 42% s.m. W dotychczasowych badaniach najwyższe wartości WSI odnotowano w prażonym ziarnie pszenicy w miodzie, wynoszące aż 48,86% s.m. (Rzedzicki, 2005), mówiąc dosłownie, ponad 48% suchej masy takich produktów to cukry rozpuszczalne w wodzie.

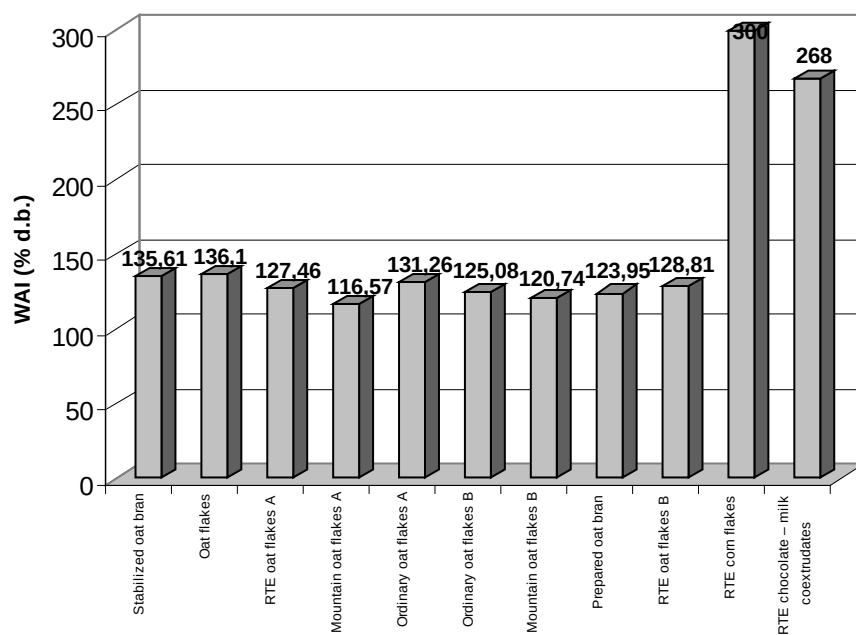
Wartości wodochłonności WAI (rys. 2) plasują się na poziomie od 116,57% s.m. w płatkach owsianych górskich A do 136,1% s.m. w płatkach owsianych. Odnotowane niskie wartości WAI są tu trochę mylące nie oznaczają generalnie niskiej wodochłonności produktów owsianych. Należy, bowiem pamiętać, że badane produkty nie były ugotowane i nie posiadały skleikowanej skrobi; po ugotowaniu ich wodochłonność wzrasta do około 1000%.



Nazwy produktów w języku polskim w tabeli 1

Rys. 1. Wyniki badań rozpuszczalności suchej masy (WSI) wybranych asortymentów zbóż śniadaniowych

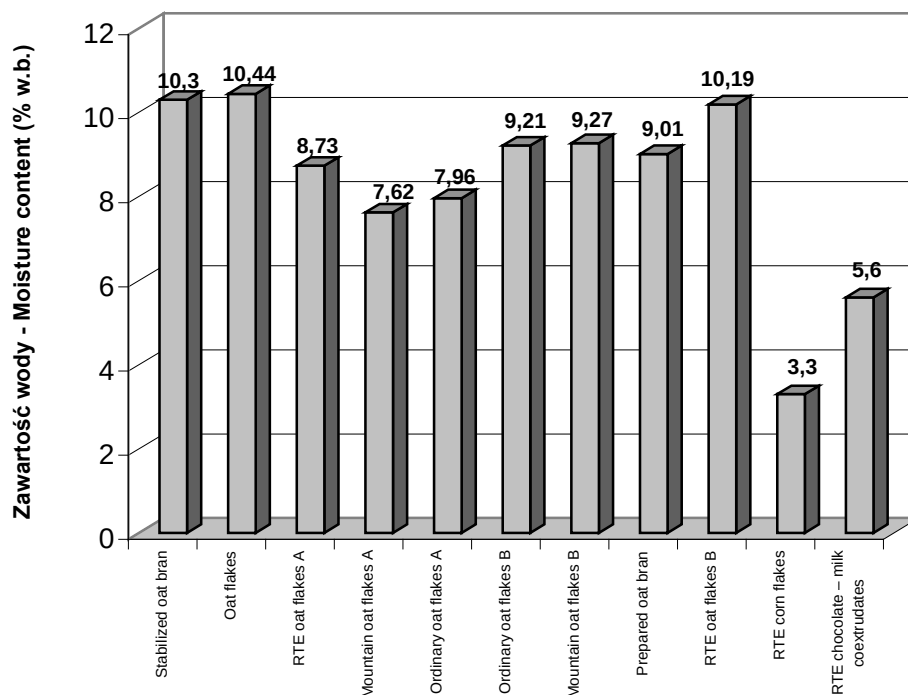
Fig. 1. The WSI content of different kinds of breakfast cereals



Rys. 2. Wyniki badań wodochłonności (WAI) wybranych asortymentów zbóż śniadaniowych

Fig. 2. The WAI values of different kinds of breakfast cereals

Zawartość wody wahała się w przedziale od 7,62% w płatkach owsianych górskich A do 10,44% w płatkach owsianych. Wilgotność badanych produktów (rys. 3) wynikała z technologii produkcji oraz warunków składowania. Nie odnotowano znaczących różnic wilgotności od wartości oczekiwanych, wynikających z technologii produkcji, co świadczyło o poprawności przeprowadzonego procesu pakowania produktu gotowego.

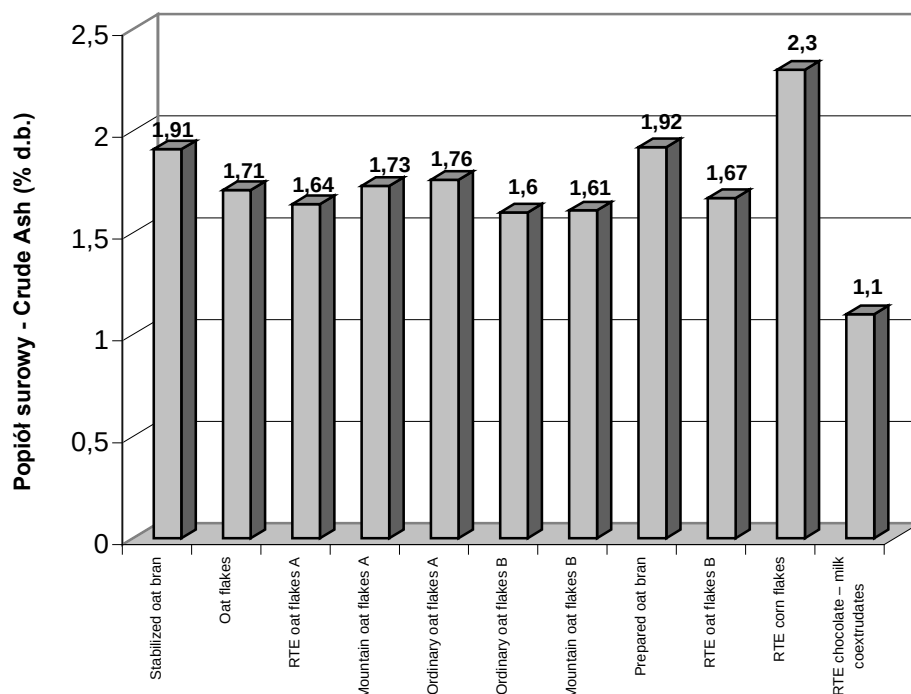


Rys. 3. Wyniki badań zawartości wody wybranych asortymentów zbóż śniadaniowych
Fig. 3. Moisture content of different kinds of breakfast cereals

Zawartość popiołu (rys. 4) zawiera się od 1,60% s.m. w płatkach owsianych zwykłych B do 1,92% s.m. w otrębach owsianych preparowanych. Bardzo wysoką zawartość popiołu 2,3% odnotowano w płatkach kukurydzianych, pomimo że są to produkty pozyskiwane z obłuszczonego i odzardokowanego ziarna kukurydzy.

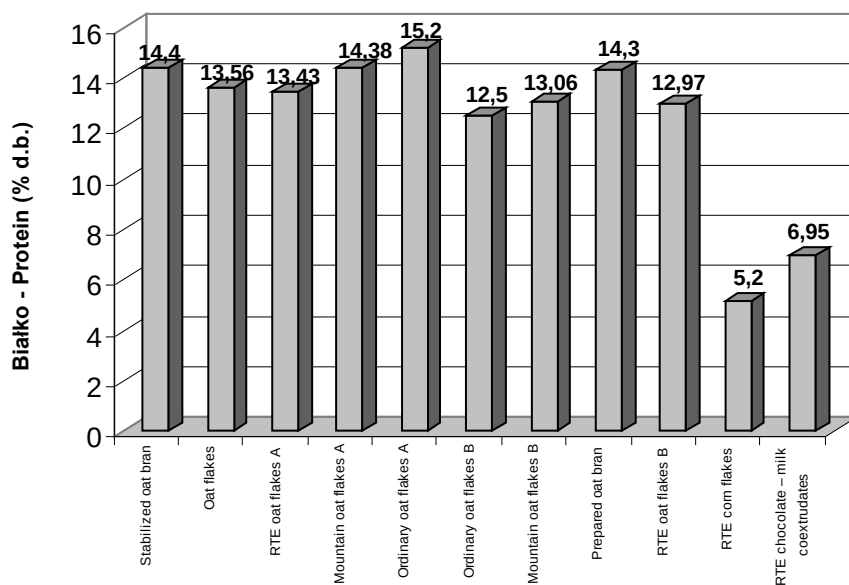
Przetwory owsiane, w porównaniu do płatków kukurydzianych, charakteryzowały się bardzo wysoką zawartością białka (rys. 5) od 12,50% s.m. w płatkach owsianych zwykłych B do 15,20% s.m. w płatkach owsianych zwykłych A; w płatkach kukurydzianych zwykłych odnotowano zaledwie 5,2% białka w s.m., w koekstrudatach kukurydzianych tylko 6,9%. Białko owsiane posiada wysoką wartość biologiczną, bowiem składa się prawie w 80% z frakcji globulin, najcenniejszej z punktu widzenia wartości żywieniowej. W produktach owsianych odnotowano duże zróżnicowanie zawartości białka. Wynikało ono z różnorodności odmianowej. W naszych niepublikowanych jeszcze badaniach, w różnych odmianach owsa nagonasiennego i oplewionego obłuszczonego, odnotowano

zawartość białka w przedziale 13,46–8,92% s.m. Na 16 badanych odmian, w ośmiu odnotowano zawartość białka powyżej 15,2% s.m. Marlet (1993) w łuszczoneym owsie odmiany Hinoat odnotowała nawet zawartość białka na poziomie 24,4%, w odmianie Goodland 21,5%.

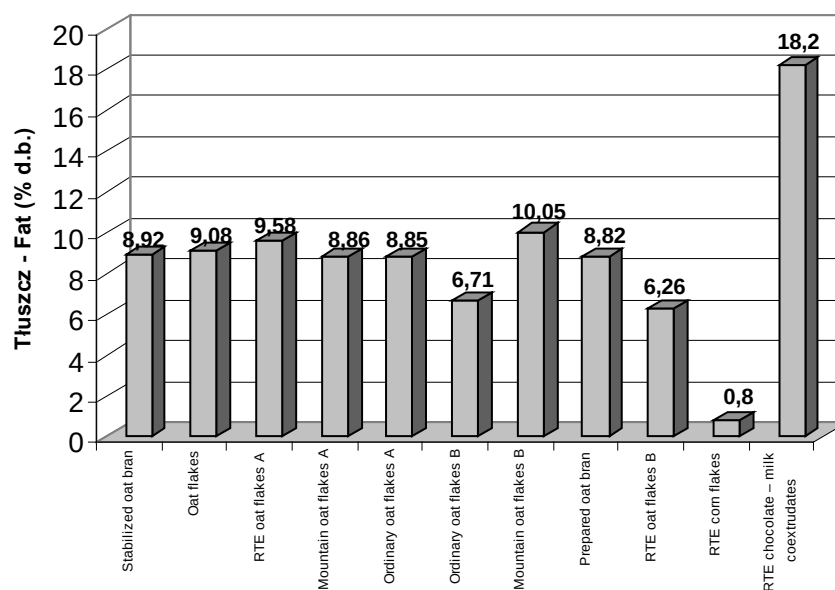


Rys. 4. Wyniki oznaczeń zawartości popiołu wybranych asortymentów zbóż śniadaniowych
Fig. 4. The crude ash content of different kinds of breakfast cereals

Zawartość tłuszczu, zgodnie z oczekiwaniami, jest w produktach owsianych znacząca, ponieważ owies jest zbożem bogatym w ten cenny składnik. W przebadanych produktach zawartość tłuszczu wolnego (rys. 6) wynosiła od 6,26% s.m. w płatkach owsianych błyskawicznych B do 10,05% s.m. w płatkach owsianych górskich B. Tłuszcz owsiany jest bogaty w NNKT i jest wyjątkowo cenny w żywieniu człowieka. Z tymi wartościami kontrastują wyniki uzyskane dla przetworów kukurydzianych. W płatkach kukurydzianych zwykłych odnotowano tylko 0,8% tłuszczu w s.m., natomiast w koekstrudatach kukurydzianych aż 18,2% tłuszczu w s.m. Koekstrudaty są bowiem natłuszczane, a więc w cenie wyrobu gotowego producenci sprzedają wtłoczony do ekstrudatu olej. Odrębnym zagadnieniem jest tu wartość energetyczna takiego pożywienia i co to ma wspólnego z produktem zbożowym. Jeżeli weźmie się pod uwagę, że omawiane wyżej WSI tego produktu wynosi 42%, oznacza to, że w takim produkcie 42% suchej masy stanowią cukry rozpuszczalne, następne 18,2% stanowi tłuszcz a tylko pozostałe 39,8% inne składniki.



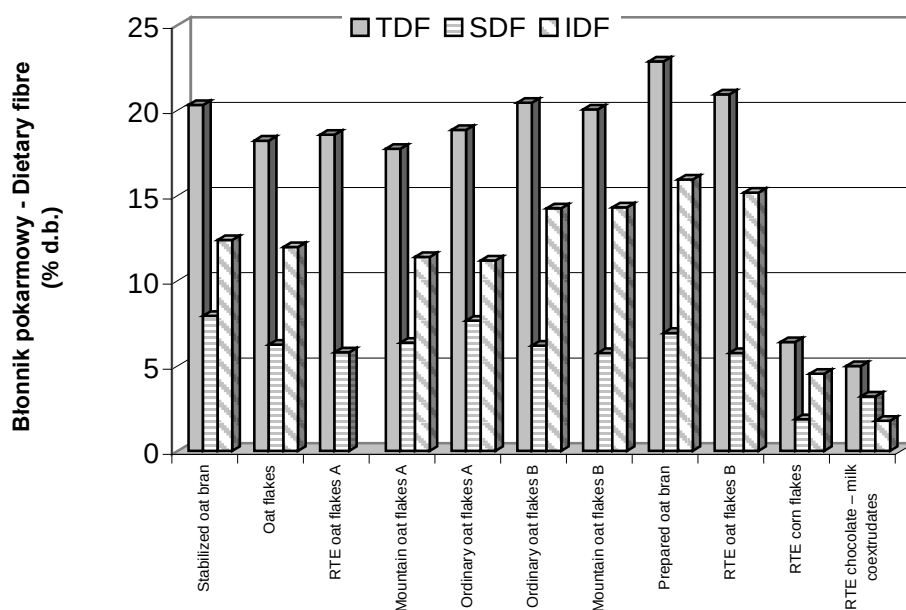
Rys. 5. Wyniki oznaczeń zawartości białka wybranych asortymentów zbóż śniadaniowych
Fig. 5. The protein content of different kinds of breakfast cereals



Rys. 6. Wyniki oznaczeń zawartości tłuszczu wolnego wybranych asortymentów zbóż śniadaniowych
Fig. 6. The free fat content of different kinds of breakfast cereals

Mówiąc o tłuszczu należy mieć na uwadze fakt, że wartości te odnoszą się do tłuszczu wolnego, a więc takiego, który może być wyekstrahowany rozpuszczalnikami niepolarnymi. Otwartą kwestią jest tłuszcz związany wchodzący w interakcje. Dotyczy to w szczególności produktów obrabianych termicznie, gdzie notuje się ilość tłuszczu związanego na poziomie nawet 62% tłuszczu całkowitego (Rzedzicki i in., 2004 a). Podobnie wysokie wartości wiązania tłuszczu odnotowali Guzman i wsp. (1992) oraz Wang i wsp. (1993).

W świetle najnowszych badań, najcenniejszym składnikiem owsa jest błonnik pokarmowy. Zawartość błonnika całkowitego oznaczonego metodą enzymatyczną (rys. 7) wynosiła od 17,89% s.m. w płatkach owsianych górskich A do prawie 22,87% s.m. w otrębach owsianych preparowanych. Są to znakomite wyniki, gdy zestawimy je z zawartością tego składnika w płatkach kukurydzianych w ilości 6,4% oraz koekstrudatach kukurydzianych w ilości 4,9%. O wyjątkowej wartości owsa decyduje jednak udział błonnika rozpuszczalnego w błonniku całkowitym; odnotowano jego udział w granicach 27,5–40,6% błonnika całkowitego. Największą zawartość błonnika pokarmowego rozpuszczalnego w suchej masie odnotowano w otrębach owsianych stabilizowanych (7,93% s.m.), natomiast najmniej było go w płatkach owsianych górskich B (5,75% s.m.). Zdecydowanie mniejszą zawartością tego składnika odznaczają się płatki kukurydziane (1,87% s.m.) i koekstrudaty kukurydziane (3,2% s.m.). Bardzo ostrożnie należy interpretować zawartość błonnika pokarmowego rozpuszczalnego w płatkach i koekstrudatach kukurydzianych.

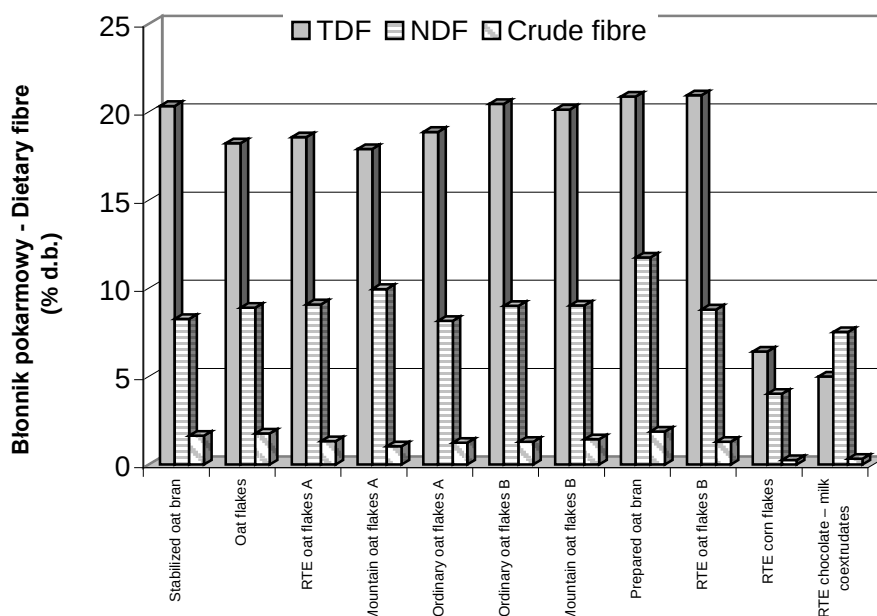


Rys. 7. Wyniki oznaczeń zawartości błonnika pokarmowego wybranych asortymentów zbóż śniadaniowych

Fig. 7. The dietary fibre content of different kinds of breakfast cereals

Są to bowiem produkty poddawane bardzo intensywnej obróbce termoplastycznej metodą ekstruzji. W wyniku oddziaływania wysokiej temperatury, ciśnienia i naprężeń stycznych rozbić ulegają nie tylko struktury skrobi powiększające drastycznie wartości WSI, ale takim samym procesom destrukcyjnym podlega także błonnik pokarmowy. W wyniku tych przemian odnotowuje się spadek zawartości błonnika całkowitego i nierozpuszczalnego i jednocześnie wzrost frakcji błonnika rozpuszczalnego (Rzedzicki i in., 2004 a). Podobny wpływ ekstruzji na zmiany zachodzące w poszczególnych frakcjach błonnika pokarmowego obserwowali także Larrea i wsp. (2005), Martin-Cabrejas i wsp. (1999) oraz Camire i wsp. (1993). „Sztucznie wytworzony” błonnik rozpuszczalny nie posiada jednak właściwości charakterystycznych dla błonnika rozpuszczalnego natywnego; nie jest więc prebiotykiem i nie posiada charakterystycznych właściwości sorbcyjnych (Camire i in., 1993). Znaczna część błonnika rozpuszczalnego w płatkach kukurydzianych to właśnie frakcja „sztucznie wytworzona”.

Błonnik rozpuszczalny w owsie tworzą głównie $(1\rightarrow3)$, $(1\rightarrow4)$ - β -D glukany, które poprawiają perystaltykę jelit, przedłużają czas przebywania treści w żołądku spowalniając tym samym proces trawienia, są niezwykle cennym prebiotykiem, najskuteczniej wpływającym na produkcję kwasu masłowego silnie zakwaszającego treść jelitową, hamującego tym samym rozwój bakterii gnilnych i chroniącego dolne odcinki przewodu pokarmowego przed chorobami nowotworowymi.



Rys. 8. Porównanie zawartości błonnika (różne metody) w wybranych asortymentach zbóż śniadaniowych

Fig. 8. Comparison of the contents of dietary fibre (different methods) of different kind of breakfast cereals

Rysunek 8 przedstawia porównawcze zestawienie wyników zawartości błonnika oznaczonego metodą enzymatyczną, detergentową i włókna surowego. Przy zastosowaniu metody detergentowej i przy oznaczaniu włókna surowego uzyskano bardzo rozbieżne wyniki w porównaniu do metody enzymatycznej. Wartości NDF wynosiły od 8,14% s.m. w płatkach owsianych zwykłych A do 11,74% s.m. w otrębach owsianych preparowanych (tab. 1). W metodzie weendejskiej wyniki także różniły się zasadniczo; zawartość włókna surowego odnotowano na poziomie od 1,03% s.m. w płatkach owsianych górskich A do 1,86% s.m. w otrębach owsianych preparowanych (tab. 1). Dwie ostatnie metody są metodami bardzo zawodnymi i niedokładnymi. Nie należy stosować tych metod szczególnie do produktów wysoko przetworzonych. Metody enzymatyczne AACC i AOAC są najbardziej dokładne, ponieważ oddają sens fizjologicznej definicji błonnika pokarmowego i są rekomendowane do praktyki analitycznej przez trzy kolejne Światowe Kongresy Błonnika Pokarmowego (Van der Kamp i in., 2004; Mc Cleary i in., 2001; Kritchewsky i in., 1995).

Tabela 1

Wyniki oznaczeń NDF, ADF, ADL, CEL, HCEL i włókna surowego
The content of NDF, ADF, ADL, CEL, HCEL and crude fiber (% d.b)

Nazwa produktu Product	NDF % s.m.	ADF % s.m.	ADL % s.m.	CEL % s.m.	HCEL % s.m.	Włókno surowe Crude fiber % s.m.
Otręby owsiane stabilizowane Stabilized oat bran	8,25	1,93	1,01	0,92	6,31	1,63
Płatki owsiane Oat flakes	8,89	1,96	1,08	0,88	6,93	1,76
Płatki owsiane błyskawiczne A RTE oat flakes A	9,08	1,79	0,96	0,83	7,28	1,32
Płatki owsiane górskie A Mountain oat flakes A	9,95	1,58	0,84	0,73	8,36	1,03
Płatki owsiane zwykłe A Ordinary oat flakes A	8,14	1,73	0,93	0,79	6,4	1,24
Płatki owsiane zwykłe B Ordinary oat flakes B	9,0	1,92	1,05	0,86	7,07	1,29
Płatki owsiane górskie B Mountain oat flakes B	9,02	1,90	0,96	0,93	7,12	1,43
Otręby owsiane preparowane Prepared oat bran	11,74	2,71	1,45	1,26	9,02	1,86
Płatki owsiane błyskawiczne B RTE oat flakes B	8,79	2,02	1,1	0,92	6,77	1,29
Płatki kukurydziane zwykłe RTE corn flakes	4,01	0,77	0,35	0,42	3,24	0,26
Koekstrudaty kukur. czekol.-mleczne RTE chocolate-milk coextrudates	7,51	1,61	0,95	0,66	5,9	0,32

NDF — Włókno neutralno-detergentowe; Neutral detergent fiber; ADF — Włókno kwaśno-detergentowe; Acid detergent fiber, HCEL — Hemiceluloza; Hemicellulose; CEL — Celuloza; Cellulose; ADL — Lignina; Lignin

Odnotowane zróżnicowanie składu chemicznego produktów owsianych, z wyjątkiem otrąb, nie wynika z parametrów obróbki (technologie ich produkcji są bardzo zbliżone), ale ze zróżnicowania odmianowego. Tylko w przypadku otrąb owsianych różnice w składzie

chemicznym mogą wynikać z parametrów przemiału i intensywności działania odsiewaczy.

Współczesna technologia żywności stawia przed hodowcami trudne zadanie wyhodowania odmian owsa o możliwie wysokiej zawartości białka, wysokiej zawartości błonnika całkowitego, wysokim udziale błonnika rozpuszczalnego w błonniku całkowitym oraz wysokim udziale (1→3), (1→4)-β-D glukanów w błonniku rozpuszczalnym. Oznacza to definitywne rozdzielenie kierunków hodowli odmian pastewnych i odmian na cele spożywcze. Takie prowadzenie prac hodowlanych wymaga intensywnej współpracy hodowców z technologami żywności. Tylko właściwy dobór materiału wyjściowego do krzyżówek, właściwy dobór metod analitycznych, zgodnych z najnowszymi światowymi standardami AACC i AOAC może zagwarantować sukces hodowlany i ukierunkować prace hodowlane we właściwych kierunkach. Prowadzona aktualnie współpraca naukowa „Hodowli Roślin, Strzelce” i Zakładu Inżynierii i Technologii Zbóż AR w Lublinie daje szansę na właściwe ukierunkowanie prac badawczych w tym zakresie.

WNIOSKI

1. Produkty owsiane charakteryzowały się szczególnie niską rozpuszczalnością suchej masy.
2. Badane produkty owsiane mogą wchodzić w skład postawy piramidy żywienia; nie można tego stwierdzić w przypadku przetworów kukurydzianych.
3. W badanych przetworach owsianych odnotowano wysoką zawartością błonnika pokarmowego całkowitego, nierozpuszczalnego i rozpuszczalnego.
4. Udział frakcji rozpuszczalnej błonnika pokarmowego w błonniku całkowitym zawierał się w przedziale 27,5–40,6%.
5. W porównaniu do przetworów kukurydzianych, produkty owsiane cechowały się wysokim udziałem tłuszczu wolnego i białka ogółem.
6. Wyniki oznaczeń składników balastowych przy zastosowaniu trzech różnych metod charakteryzowały się bardzo dużą rozbieżnością. Do dalszych badań poleca się tylko metodę enzymatyczną.
7. Do oceny zawartości składników strukturalnych zdecydowanie nie nadaje się metoda włókna surowego. Metoda detergentowa może być stosowana tylko do orientacyjnego śledzenia kierunkowości zmian zawartości tego składnika.
8. Istnieje pilna konieczność wykreowania kierunku prac hodowlanych nowych odmian owsa na cele spożywcze, cechujących się wysoką zawartością białka, wysoką zawartością błonnika pokarmowego, wysoką zawartością błonnika rozpuszczalnego, możliwie wysokim udziałem (1→3), (1→4)-β-D glukanów w błonniku rozpuszczalnym oraz niską zawartością tłuszczu.

LITERATURA

- Camire M. E., Zhao J., Violette D. A. 1993. In vitro binding of bile acids of extruded potato peels. *J. Agric. Food Chem.* 41: 2391 — 2394.
- Fornal Ł., Koziorok W. 2000. Charakterystyka wybranych cech chemicznych i funkcjonalnych produktów owsianych. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 6: 21 — 22.
- Guzman L. B., Lee T. C., Chichester C. O. 1992. Lipid binding during extrusion cooking. In: *Food Extrusion Science and Technology*, Marcel Dekker, Inc., New York: 427 — 436.
- Krichewsky D., Bonfield C. 1995. *Dietary fiber in health and disease*. Eagan Press, St. Paul, Minnesota, USA.
- Larrea M. A., Chang Y. K., Martinez Bustos F. 2005. Effect of some operational extrusion parameters on the constituents of orange pulp. *Food Chemistry* 89: 301 — 308.
- Marlet J. A. 1993. Comparison of dietary fiber and selected nutrient compositions of oat and other grain fractions. In: Wood J.: *Oat Bran*. AACC, St. Paul, Minnesota, USA: 49 — 82.
- Martin-Cabrejas M. A., Jamie L., Karanja C., Downie A. J., Parker M. L., Lopez-Andreu F. J., Maina G., Esteban R. M., Smith A. C., Waldron K. W. 1999. Modification to physicochemical and nutritional properties of hard-to-cook beans (*Phaseolus vulgaris* L.) by extrusion cooking. *J. Agric. Food Chem.*, 47 (3): 1174 — 1182.
- Mc Cleary B., Prosky L. 2001. *Advanced dietary fibre technology*. Blackwell Science. U. K.
- Rzedzicki Z. 2005. Badania składu chemicznego wybranych błyskawicznych zbóż śniadaniowych. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, Tom XXXVII: 141 — 146.
- Rzedzicki Z., Zarzycki P. 2005. Badania procesu ekstruzji mieszanin z udziałem lędwianu i razówki owsianej. *Acta Agrophysica*: In press.
- Rzedzicki Z., Kozłowska H., Troszyńska A. 2004 a. Application of pea hulls for extrudate production. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 13/54: 363 — 368.
- Rzedzicki Z., Mysza A., Kasprzak M. 2004 b. Badania nad metodą oznaczania współczynnika rozpuszczalności suchej masy. *Annales UMCS*, vol. LIX, Sectio E, no 1: 323 — 328.
- Rzedzicki Z., Zarzycki P., Sobota A. 2004 c. Badania właściwości reologicznych ekstrudatów z udziałem komponentów owsianych. *Annales UMCS Sec. E*, 59: 315 — 322.
- Van der Kamp J. W., Asp N. G., Miller-Jones J., Schaafsma G. 2004. *Dietary fibre bio-active carbohydrates for food and feed*. Wageningen, Academic Publisher.
- Van Soest P. J., Wine R. H. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous Leeds. IV: Determination of plant cell-wall constituents. *J. A.O.A.C.*, 50: 50 — 51.
- Van Soest P. J. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous Leeds. II: A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. A.O.A.C.*, 46: 829 — 835.
- Wang W. M., C. F. Klopfenstein, J. G. Ponte. 1993. Effects of twin-screw extrusion on the physical properties of dietary fiber and other components of whole wheat and wheat bran and of the baking quality of the wheat bran. *Cereal Chemistry*, 70: 712 — 717.
- Wood J. P. 1993. *Oat bran*. AACC, St. Paul, Minnesota, USA.

ZBIGNIEW RZEDZICKI**PIOTR ZARZYCKI**

Zakład Inżynierii i Technologii Zbóż

Akademia Rolnicza w Lublinie

Wpływ ekstruzji na skład frakcyjny błonnika pokarmowego ekstrudatów z udziałem owsa nagonasiennego

Influence of extrusion cooking on fractional composition of dietary fibre of the extrudates with a share of naked oat

Przeprowadzono badania procesu ekstruzji mieszanin kaszki kukurydzianej z razówką owsa nagonasiennego w ekstruderze jednoślismakowym przy zróżnicowanym składzie surowcowym i zróżnicowanych parametrach procesu. Badano wpływ udziału razówki owsa nagonasiennego, wilgotności ekstrudowanej mieszanki i temperatury cylindra na przemiany chemiczne ekstrudatów ze szczególnym uwzględnieniem polisacharydów nieskrobiowych. Wykazano, że mieszanina kaszki kukurydzianej z razówką owsa nagonasiennego może być wartościowym surowcem przy produkcji wyrobów ekstrudowanych. Zwiększenie udziału razówki owsianej, w ekstrudowanej mieszance, pozwalała na obniżenie wodnej rozpuszczalności (WSI) otrzymanych ekstrudatów oraz zwiększenie zawartości białka i błonnika pokarmowego. Proces ekstruzji wpłynął destrukcyjnie na polisacharydy nieskrobiowe. Odnotowano obniżenie zawartości błonnika pokarmowego całkowitego (TDF) i jego frakcji nierozpuszczalnej (IDF), jednocześnie ekstruzja powodowała wzrost zawartości frakcji rozpuszczalnej błonnika (SDF). Wielkość tych zmian była uzależniona od składu mieszanki oraz parametrów procesu takich jak temperatura i wilgotność surowca. Nie stwierdzono znaczącego wzrostu zawartości żelaza, manganu i niklu w wyrobach ekstrudowanych w porównaniu do mieszanek surowcowych.

Słowa kluczowe: błonnik pokarmowy, ekstruzja, owies nagonasienny

Mixtures of the whole grain meal of naked oat and corn semolina were extruded with a single-screw extrusion-cooker under different processing conditions to determine the effects of the oat meal constituent and extrusion cooking process on chemical composition of extrudates. It was found that the mixtures of corn semolina and naked oat whole grain meal are a valuable raw material for extrudate production. An increase in the oat whole grain meal share in the mixture decreased the WSI value and increased the content of protein and dietary fibre in extrudates. The extrusion cooking process resulted in the decrease in the content of dietary fibre (TDF) and its insoluble fraction (IDF), and effected the lowered content of a soluble fraction of fibre (SDF). These changes depended on: the composition of the mixture subjected to extrusion, temperature during the process and moisture content of raw material. Only a slight increase in the content of Fe, Mn and Ni in the extrudates compared to the amounts of these microelements in the raw material was found.

Key words: dietary fibre, extrusion cooking, naked oat

WSTĘP

Prowadzone od wielu lat badania żywieniowe wykazują, że jednym z podstawowych i niezastąpionych składników żywności jest błonnik pokarmowy. Spożywanie żywności bogatej w błonnik korzystnie wpływa na organizm człowieka i zmniejsza ryzyko wielu chorób cywilizacyjnych (Kahlon, 2001; Aldori i in., 1997). Jednym z bardziej wartościowych źródeł błonnika, o szczególnym oddziaływaniu fizjologicznym jest ziarno owsa. Badania kliniczne potwierdziły istotny wpływ przetworów owsianych m.in. na obniżenie stężenia cholesterolu całkowitego we krwi oraz korzystne zmiany w relacji cholesterolu frakcji HDL do LDL (Onning i in., 1999; Gerhardt i in., 1998; Bratten i in., 1994). Braaten i wsp. (1994) wykazali istotne obniżenie poziomu cholesterolu całkowitego, w tym szczególnie frakcji LDL, we krwi osób z hiperlipidemią po wzbogaceniu diety tych osób w β -glukany w ilości 6g/dzień. Nie odnotowano natomiast zmian we frakcji HDL. Onning i wsp. (1999) uzyskali podobne efekty po wprowadzeniu do codziennej diety osób z hiperlipidemią przetworów owsianych o średniej zawartości 3,8 g β -glukanów. Także w przypadku dzieci i młodzieży obserwowano obniżenie stężenia cholesterolu całkowitego i frakcji LDL we krwi po wzbogaceniu diety w β -glukany w ilości 3 g/dzień. W szczególności dotyczyło to młodzieży o wyższym niż średnia indeksie masy ciała (BMI) (Maki i in., 2003). Działanie hipocholesterolemiczne owsa przypisuje się głównie rozpuszczalnym frakcjom włókna pokarmowego, zwłaszcza (1 $\rightarrow$ 3) (1 $\rightarrow$ 4) β -D glukanom, które tworzą w świetle przewodu pokarmowego struktury żelowe o dużej lepkości. W strukturach tych wiązany jest cholesterol pochodzący ze spożywanego pokarmu jak i złuszcających się komórek nabłonka jelitowego. Powoduje to zwiększone wydalanie metabolitów cholesterolu i kwasów żółciowych wraz z kałem. Cholesterol syntetyzowany w wątrobie jest w takim przypadku „kierowany” do odnowienia puli kwasów żółciowych. Powyższy mechanizm uznaje się za jedną z ważniejszych przyczyn obniżenia cholesterolu całkowitego w osoczu krwi (Lairon, 2001). Badaniach *in vivo* przeprowadzone przez Drzikova i wsp. (2005) wykazały, że zdolność wiązania kwasów żółciowych przez ekstrudaty owsiane wzrasta wraz ze wzrostem zawartości błonnika pokarmowego całkowitego oraz (1 $\rightarrow$ 3) (1 $\rightarrow$ 4) β -D glukanów.

Szczególnie korzystne działanie wykazują także produkty fermentacji bakteryjnej błonnika owsianego, w szczególności kwas masłowy, któremu przypisuje się istotną rolę w profilaktyce nowotworów jelita grubego (Johnson, 2004; Edwards, 1995).

Głównym „dostarczycielem” błonnika pokarmowego w naszej diecie są produkty zbożowe. Niestety, wiele procesów i operacji technologicznych stosowanych w przemyśle spożywczym przyczynia się do znacznego zubożenia ziarna zbóż we frakcje bogate w błonnik pokarmowy. Również zbożowe produkty ekstrudowane wytwarzane są głównie na bazie kaszki kukurydzianej, pozyskiwanej z „odzarodkowanego” i obłuszczonego ziarna kukurydzy. Technologia ekstruzji w czasie upłynniania masy daje możliwość wkomponowania frakcji błonnikowej w skład produktu i otrzymania wyrobów ekstrudowanych o bardzo dobrych cechach sensorycznych (Rzedzicki i in., 2004 a, Sobota i in.,

2004). Wielu autorów zwraca uwagę, że w procesach termoplastycznej obróbki surowców poszczególne frakcje błonnika pokarmowego ulegają nie tylko zmianom ilościowym, ale także jakościowym (Rzedzicki i in., 2004 b; Poutanen, 2001). W czasie ekstruzji dochodzi do całkowitej zmiany fizycznej przetwarzanego surowca jak również istotnych przemian chemicznych w składnikach ekstrudowanej masy. Obserwuje się m.in. wzrost wodnej rozpuszczalności suchej masy nawet powyżej 50% (Rzedzicki, 2005; Rzedzicki i in., 2005), spadek zawartości błonnika pokarmowego całkowitego (TDF) i frakcji nierozpuszczalnej (IDF) oraz wzrost zawartości frakcji rozpuszczalnej (SDF) (Larrea i in., 2005; Rzedzicki i in., 2004 b; Martin-Cebrejas i in., 1999; Vasanthan i in., 1998). Niektórzy autorzy zwracają uwagę na możliwość zwiększonego ścierania elementów roboczych ekstrudera i zwiększenia zanieczyszczeń metalicznych w produkcie gotowym, w szczególności w czasie ekstruzji surowców o wysokiej zawartości komponentów błonnikowych (Camire i in., 1993).

Celem badań było określenie wpływu udziału komponentów owsianych, wilgotności ekstrudowanego surowca oraz profilu rozkładu temperatur cylindra na przebieg ekstruzji, przemiany chemiczne składników ekstrudowanej masy, w szczególności zmiany zawartości poszczególnych frakcji błonnika pokarmowego i możliwości wzrostu zanieczyszczeń metalami.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach zastosowano kaszkę kukurydzianą oraz ziarno owsa nagonasiennego odmiany Akt i dwóch rodów STH 3997 i STH 4097, pochodzące z Zakładu Doświadczalnego IHAR w Strzelcach. Charakterystykę składu chemicznego surowców i właściwości fizyczne przedstawiono w tabelach 1, 2 i 3.

Tabela 1

Skład chemiczny surowców (% s.m.)
Chemical composition of raw materials (% d.b.)

Komponent Component	Białko Protein	Tłuszcz Fat	Popiół Ash	Błonnik pokarmowy Dietary fibre			Mikroelementy Microelements (mg/kg s.m.)		
				TDF	IDF	SDF	Fe	Mn	Ni
Kaszka kukurydziana Corn semolina	8,41	1,18	1,45	6,26	5,32	0,94	13,05	1,21	0,23
Razówka owsiana — Akt Oat whole grain meal — Akt	15,10	6,60	2,48	19,88	16,13	3,75	36,84	41,91	0,57
Razówka owsiana Oat whole grain meal STM 3997	18,20	7,21	2,27	17,41	12,73	4,68	40,54	29,94	0,87
Razówka owsiana Oat whole grain meal STM 4097	16,39	5,97	2,73	17,42	12,86	4,56	46,58	31,64	0,79

TDF — Błonnik pokarmowy całkowity; Total dietary fibre

IDF — Błonnik pokarmowy nierozpuszczalny; Insoluble dietary fibre

SDF — Błonnik pokarmowy rozpuszczalny; Soluble dietary fiber

Tabela 2

Zawartość poszczególnych frakcji włókna detergentowego w surowcach (% s.m.)
The contents of particular dietary fibre fraction in raw materials (% d.b.)

Komponent Component	NDF (% d.b.)	ADF (% d.b.)	HCEL (% d.b.)	CEL (% d.b.)	ADL (% d.b.)	Włókno surowe Crude fibre (% d.b.)
Kaszka kukurydziana Corn semolina	3,65	0,86	2,79	0,75	0,11	0,45
Razówka owsiana — Akt Oat whole grain meal — Akt	13,89	4,93	8,96	3,03	1,89	3,22
Razówka owsiana Oat whole grain meal STM 3997	11,30	3,33	7,97	2,06	1,26	2,58
Razówka owsiana Oat whole grain meal STM 4097	13,56	3,57	9,99	1,98	1,59	2,69

NDF — Włókno neutralno-detergentowe; Neutral detergent fibre

ADF — Włókno kwaśno-detergentowe; Acid detergent fibre

HCEL — Hemiceluloza/hemicellulose; CEL — celuloza; cellulose; ADL — lignina; lignin

Tabela 3

Wartości WSI i WAI surowców zastosowanych w badaniach
WSI and WAI of the raw materials applied in the experiments

Komponent Component	Kaszka kukurydziana Corn semolina	Razówka owsiana Akt Oat whole grain meal Akt	Razówka owsiana Oat whole grain meal STM 3997	Razówka owsiana Oat whole grain meal STM 4097
WSI	5,8	6,94	6,85	6,59
WAI	248	175	180	201

WSI — Współczynnik rozpuszczalności suchej masy (% s.m.); Water solubility index (% db)

WAI — Współczynnik wodochłonności (% s.m.); Water absorption index (% db).

Ziarno owsa rozdrabniano przy użyciu rozdrabniacza udarowego typ H-111/3 aż do uzyskania średnicy zastępczej $\Phi_z = 0,7$ mm. Komponenty mieszano i nawilżano zgodnie z zastosowanym modelem doświadczenia (tab. 4), a następnie kondycjonowano przez 12 h, w celu zapewnienia właściwej dyfuzji wody w surowcu. W badaniach zastosowano ekstruder jednoślimakowy (L:D = 12:1, stopień sprężania ślimaka 3:1). Na podstawie badań pilotażowych przyjęto średnicę matrycy 3,5 mm oraz obroty ślimaka 110 obr/min.

W surowcach oraz otrzymanych ekstrudatach oznaczono zawartość białka [AACC, Method 46-08, N × 6,25], tłuszczu [AACC, Method 30-10] i popiołu [AACC, Method 08-01]. Oznaczono również błonnik pokarmowy całkowity (TDF), nierozpuszczalny (IDF) i rozpuszczalny (SDF). Oznaczenia wykonano według metod AOAC oraz AACC, [Method 991.43; AOAC Method 985.29; AACC, Method 32-07; AACC, Method 32-21; AACC, Method 32-05] wykorzystując zestawy enzymów i procedury firmy Megazyme. Oznaczenia poszczególnych frakcji włókna detergentowego wykonano zgodnie z metodyką opracowaną przez Van Soest (1963) oraz Van Soest i wsp. (1967). Zawartość żelaza, manganu, i niklu w poszczególnych ekstrudatach określono metodą atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej (ASA) przy użyciu aparatu Unicam 939 [AOAC, Method 975.03]. Próby poddano także badaniom właściwości fizycznych: wodochłonności metodą wirówkową (WAI) oraz określono współczynnik rozpuszczalności suchej masy (WSI) [AACC, Method 56-20] w modyfikacji Rzedzicki i wsp. (2004 c).

Tabela 4

Model doświadczenia i wyniki badań WSI i WAI (% s.m.)
Model of the experiment and results of WSI and WAI analyses (% d.b.)

Model doświadczenia Model of the experiment				WSI (% s.m.)	WAI (% s.m.)
odmiana owsa type of oats	dodatek owsa (%) amount of oats meal	wilgotność (%) moisture content (%)	temperatura (°C) temperature (°C)		
Akt	3	13	145/165/120	32,83	846,93
	6			31,42	917,46
	9			27,50	1011,73
	12			22,66	1049,69
	15			22,02	1060,54
STM 3997	3	13	145/165/120	24,79	750,07
	6			20,96	805,02
	9			18,26	867,49
	12			18,03	901,50
	15			17,55	940,55
STM 4097	3	13	145/165/120	35,69	662,74
	6			33,98	763,99
	9			19,88	914,59
	12			15,04	873,40
	15			14,45	920,00
STM 3997	9	13	145/165/120	18,26	867,49
		13,5		17,93	900,50
		14		17,82	904,08
		14,5		16,95	915,83
		15		16,57	910,19
		15,5		16,79	909,34
		16		13,81	911,95
STM 3997	9	13	120/140/120	15,35	851,51
			125/145/120	16,78	865,25
			130/150/120	16,67	901,84
			135/155/120	17,94	892,14
			140/160/120	17,54	888,42
			145/165/120	18,26	867,49
			150/170/120	18,93	860,66
			155/175/120	22,48	859,49

WSI — Współczynnik rozpuszczalności suchej masy (% s.m.); Water solubility index (% db)

WAI — Współczynnik wodorochłonności (% s.m.); Water absorption index (% db).

Poszczególne oznaczenia wykonywano w trzech powtórzeniach; obliczano wartość średnią, odchylenie standardowe i współczynnik zmienności. Jeżeli wartości współczynnika zmienności przekraczały wyznaczone granice błędu dla danej metody, badania powtarzano. Dla zmiennych ciągłych przeprowadzono analizę regresji. Wyznaczono równania regresji i współczynniki determinacji R^2 .

WYNIKI I DYSKUSJA

Zastosowanie ekstrudera jednoślakowego (L:D = 12:1, stopień sprężania ślimaka 3:1), przy założonych parametrach procesu (tab. 4), pozwoliło na przetwarzanie mieszanek zawierających w swoim składzie maksymalny 15% dodatek razówki owsa

nagonasiennego. Wyższy udział powodował „płynięcie materiału”, występowanie poślizgu i brak możliwości ustabilizowania warunków wytłaczania.

Uzyskane wyniki wskazują na znaczny wzrost rozpuszczalności suchej masy (WSI) w ekstrudatach w porównaniu do surowca. Wartości WSI dla kaszki kukurydzianej i badanych razówek owsianych (AKT, STH 3997, STH 4097) zawierały się w przedziale od 5,8 do 6,95% s.m. (tab. 3). W ekstrudowanych próbach z 3% udziałem razówki wartości WSI wzrosły wielokrotnie i wynosiły odpowiednio dla poszczególnych razówek owsianych 32,83; 24,79 i 35,69% s.m (tab. 4). WSI jest nie tylko miarą intensywności obróbki, ale wskazuje także na degradację polimerów, które przechodzą w formę rozpuszczalną w wodzie. Produkty silnie zdegradowane będą podlegały nie tylko szybszemu trawieniu, ale również bardzo szybkiemu wchłanianiu. Wprowadzenie do mieszanin z kaszką kukurydzianą dodatku razówki owsianej pozwala na modyfikację wartości WSI. Wzrastający udział poszczególnych razówek owsianych w ekstrudowanych mieszankach każdorazowo powodował znaczące obniżenie wartości WSI. W niektórych ekstrudowanych przetworach kukurydzianych Rzedzicki (2005) notował wartości WSI przekraczające nawet 50%.

Znaczny wpływ na WSI wywarła również wilgotność przetwarzanego surowca oraz temperatura procesu (tab. 4). Dla ekstrudatów z udziałem razówki owsa nagiego STH 3997, zwiększenie wilgotności surowca z 13 do 16% przyczyniło się do obniżenia WSI z 18,26 do 13,81% s.m., z kolei zwiększenie temperatury cylindra z 140°C do 175°C spowodowało zwiększenie WSI od 15,35 do 22,48% s.m. Tendencje takie mogą być spowodowane zwiększeniem naprężeń stycznych oddziaływujących na obrabiany materiał (Gujral i in., 2001; Smith, 1992). Prowadzi to do wzrostu stopnia „pocięcia” polimerów na cząsteczki o małej masie, które nie ulegają wydzielaniu z płynu nadosadowego przy zastosowanych przeciążeniach (2200 g). Podobny wpływ wilgotności surowca i temperatury procesu notowano dla łuski grochowej, kukurydzy, otrąb pszennych, śruty pszennej, mąki owsianej i manioku (Sobota i in., 2004; Hashimoto i in., 2003; Gujral i in., 2001; Singh i in., 1997).

Otrzymane ekstrudaty charakteryzowały się bardzo wysoką wodochłonnością (tab. 4). Każdorazowo wzrostowi udziału razówki owsianej towarzyszył wzrost wodochłonności ekstrudatu. Najniższą wodochłonność 750% odnotowano dla 3% udziału razówki STH 3997, najwyższą 1060% posiadały ekstrudaty z 15% udziałem razówki owsa Akt.

Wprowadzenie razówki owsianej do mieszanek spowodowało znaczący wzrost zawartości białka oraz poszczególnych frakcji błonnika pokarmowego (tab. 5). W celu wszechstronnej oceny frakcji błonnika pokarmowego, przeprowadzono badania porównawcze zawartości składników strukturalnych przy zastosowaniu trzech różnych metod analitycznych: metody Weende (włókno surowe), metody detergentowej oraz metody enzymatycznej (tab. 5, rys. 1–5). Porównując oznaczone zawartości błonnika pokarmowego z wartościami oczekiwanymi, wynikającymi ze składu surowcowego mieszanki stwierdzono, że ekstruzja jednoślizmakowa powoduje istotne zmiany w składzie błonnika pokarmowego. Odnotowano obniżenie zawartości frakcji włókna detergentowego i surowego w ekstrudatach w porównaniu do wartości oczekiwanych (tab. 5). Tylko dla

frakcji lignin, przy niskich udziałach razówki, wartości oznaczone były zbliżone do oczekiwanych.

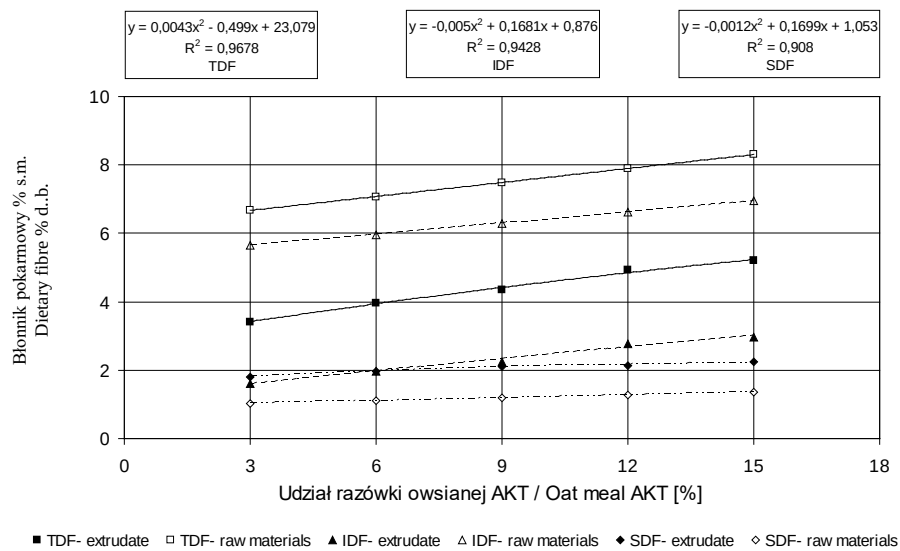
Tabela 5

Zawartość białka, popiołu, elementów mineralnych, włókna surowego i detergentowego w ekstrudatach (%s.m.)
The contents of protein, ash, mineral components, crude fibre and detergent fibre in extrudates (% d.b.)

Białko Protein (% d.b.)	Fracje włókna pokarmowego Dietary fibre fraction (% d.b.)					Włókno surowe Crude fibre (% d.b.)	Popiół Ash (% d.b.)	Fe (mg/kg d.b.)	Mn mg/kg (d.b.)	Ni mg/kg (d.b.)
	NDF	ADF	HCEL	CEL	ADL					
8,45	2,75	0,61	2,14	0,48	0,13	0,46	1,50	13,77	2,43	0,25
8,67	3,12	0,65	2,52	0,51	0,14	0,45	1,54	14,65	3,62	0,32
8,85	3,26	0,71	2,51	0,54	0,17	0,51	1,60	15,62	5,05	0,38
8,99	3,54	0,78	2,86	0,52	0,26	0,56	1,64	15,93	6,24	0,42
9,25	3,79	0,82	3,14	0,49	0,33	0,58	1,67	16,63	7,31	0,49
8,44	2,54	0,63	1,91	0,46	0,17	0,40	1,53	15,75	2,63	0,26
8,64	2,85	0,64	2,21	0,48	0,19	0,46	1,55	16,20	3,22	0,29
8,93	3,55	0,71	2,84	0,54	0,18	0,48	1,57	16,68	4,14	0,32
8,97	3,12	0,83	2,29	0,66	0,17	0,49	1,59	16,88	4,76	0,33
9,23	3,34	0,88	2,46	0,71	0,17	0,50	1,63	17,32	5,58	0,37
8,49	2,52	0,63	1,89	0,45	0,18	0,42	1,50	14,45	2,77	0,27
8,71	2,88	0,75	2,13	0,51	0,20	0,48	1,54	15,34	3,46	0,27
8,82	3,42	0,82	2,53	0,61	0,21	0,54	1,57	16,14	3,77	0,30
8,98	3,14	0,79	2,35	0,56	0,23	0,54	1,60	17,84	4,59	0,31
9,15	3,43	0,83	2,57	0,61	0,22	0,56	1,63	19,56	5,79	0,33
8,93	3,55	0,71	2,84	0,54	0,18	0,48	1,57	16,68	4,14	0,32
8,90	3,57	0,79	2,78	0,61	0,18	0,53	1,57	16,27	3,75	0,37
8,88	3,55	0,81	2,63	0,59	0,22	0,49	1,56	16,62	3,80	0,34
8,92	3,40	0,81	2,59	0,60	0,22	0,45	1,59	16,57	3,74	0,34
8,94	3,20	0,80	2,40	0,60	0,20	0,44	1,59	15,75	3,46	0,32
8,86	3,25	0,85	2,40	0,64	0,21	0,42	1,58	15,69	3,64	0,33
8,89	3,32	0,90	2,35	0,68	0,22	0,45	1,57	15,75	3,53	0,35
8,91	2,59	0,83	1,76	0,58	0,25	0,45	1,58	15,70	3,32	0,38
8,78	2,51	0,75	1,76	0,54	0,21	0,43	1,58	15,85	3,86	0,37
8,88	2,83	0,75	2,08	0,54	0,21	0,45	1,55	15,70	3,90	0,34
8,78	2,89	0,74	2,11	0,54	0,20	0,43	1,60	16,82	4,01	0,35
8,70	2,97	0,73	2,24	0,53	0,20	0,42	1,57	17,09	4,12	0,38
8,93	3,55	0,71	2,84	0,54	0,18	0,48	1,57	16,68	4,14	0,32
8,77	3,10	0,69	2,41	0,52	0,17	0,45	1,60	16,64	4,32	0,38
8,64	3,40	0,74	2,65	0,57	0,17	0,50	1,59	16,68	4,49	0,40

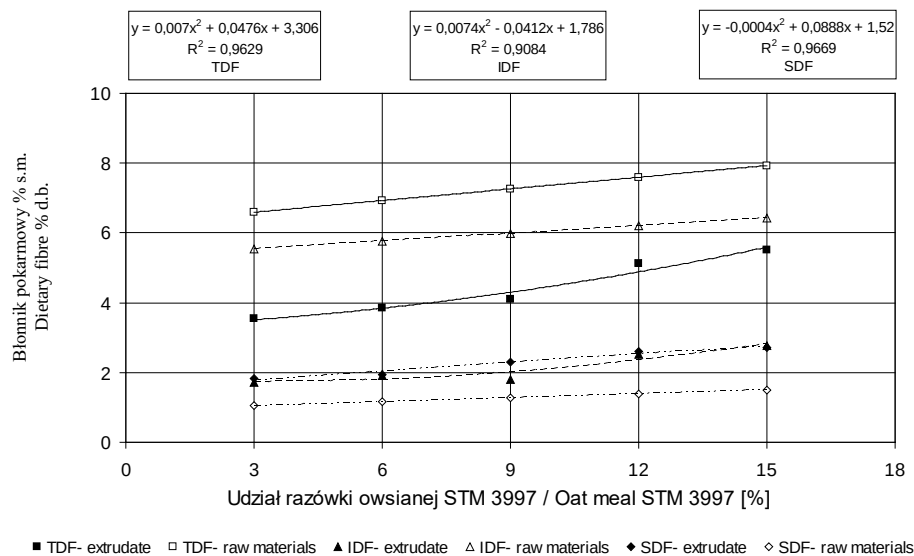
NDF — włókno neutralno-detergentowe; Neutral detergent fibre; ADF — włókno kwaśno-detergentowe; Acid detergent fibre; HCEL — hemiceluloza; hemicellulose; CEL — celuloza/cellulose; ADL — lignina; lignin

Chemiczne metody oznaczania błonnika nie oddają w pełni fizjologicznych warunków trawienia. Przeprowadzono więc badania z wykorzystaniem metod enzymatycznych. W wyniku procesu ekstruzji w każdej z mieszanin obserwuje się wzrost zawartości frakcji rozpuszczalnych (SDF) i jednocześnie obniżenie zawartości błonnika pokarmowego całkowitego (TDF) oraz frakcji nierozpuszczalnych (IDF) (rys. 1–5). Przyrost frakcji błonnika rozpuszczalnego nie rekompensuje ubytku błonnika nierozpuszczalnego, stąd odnotowano także obniżenie zawartości błonnika całkowitego.



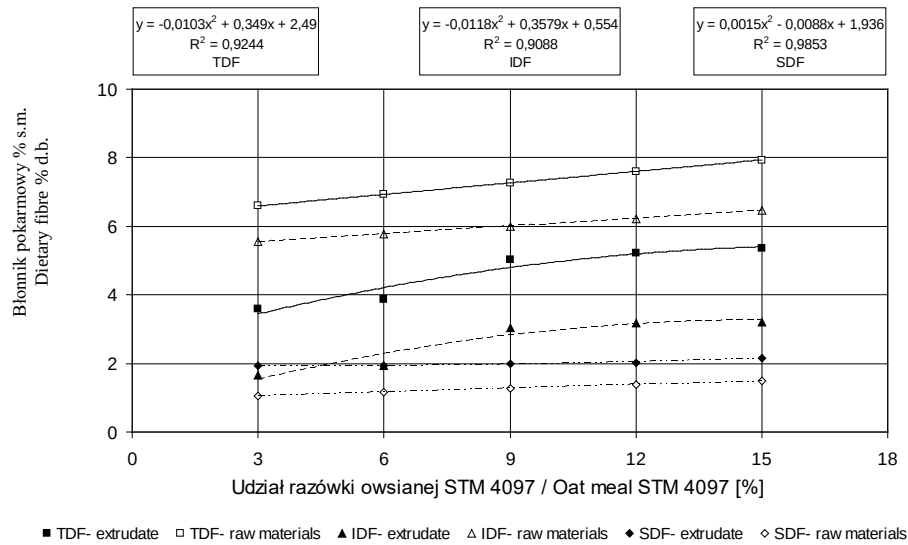
Rys. 1. Wpływ udziału razówki owsa nagonasiennego Akt na zawartość błonnika całkowitego (TDF) oraz frakcji rozpuszczalnej (SDF) i nierozpuszczalnej (IDF).

Fig. 1. Influence of the whole grain meal of naked oat on the contents of total dietary fibre (TDF) and its SDF and IDF fractions

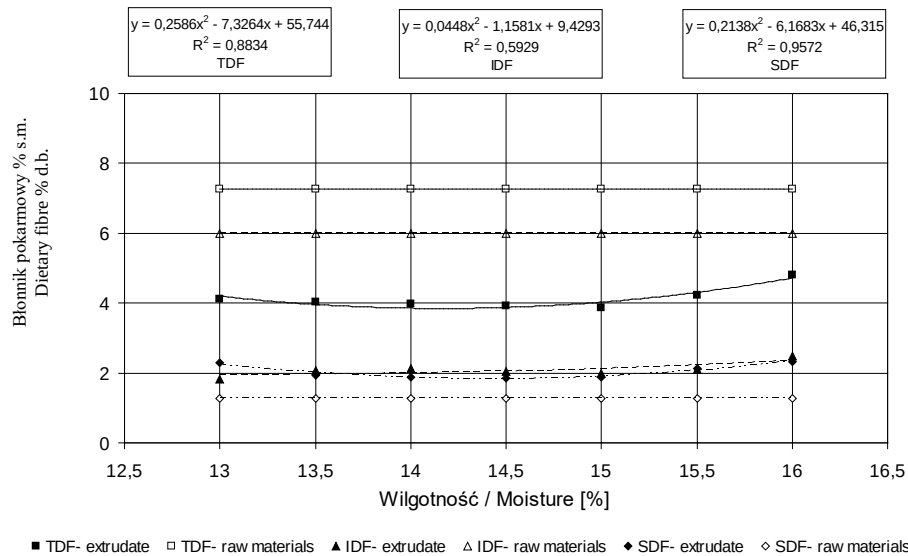


Rys. 2. Wpływ udziału razówki owsa nagonasiennego STM 3997 na zawartość błonnika całkowitego (TDF) oraz frakcji rozpuszczalnej (SDF) i nierozpuszczalnej (IDF).

Fig. 2. Influence of the whole grain meal of naked oat on the contents of total dietary fibre (TDF) and its SDF and IDF fractions



Rys. 3. Wpływ udziału razówki owsa nagonasiennego STM 4097 na zawartość błonnika całkowitego (TDF) oraz frakcji rozpuszczalnej (SDF) i nierozpuszczalnej (IDF)
Fig. 3. Influence of the whole grain meal of naked oat on the contents of total dietary fibre (TDF) and its SDF and IDF fractions

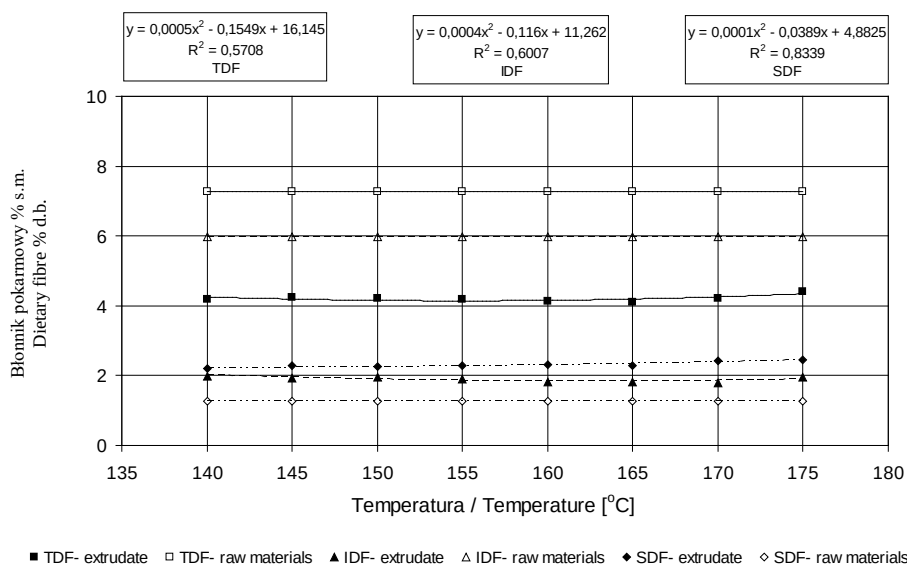


Rys. 4. Wpływ wilgotności surowca na zawartość błonnika całkowitego oraz frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej (razówka owsa STM 3997 — 9%, temp. 165°)

Fig. 4. Influence of the moisture content of the raw material on the contents of total dietary fibre (TDF) and its IDF and SDF fractions (oat meal STM 3997 — 9%, temp. 165°C)

Podobne zmiany obserwowali także Larrea i wsp. (2005), Maritn-Cabrejas i wsp. (1999) oraz Camire i wsp. (1993). Tak intensywna obróbka, jaką jest ekstruzja, powoduje rozrywanie długich łańcuchów frakcji IDF na mniejsze fragmenty o rozmiarach zbliżonych do rozmiarów frakcji SDF. Tak powstała sztucznie wytworzona frakcja błonnika rozpuszczalnego posiada nadal strukturę chemiczną frakcji nierozpuszczalnej, jakkolwiek traci niektóre ze swoich właściwości jak np.: zdolność wiązania kwasów żółciowych (Camire i in., 1993).

Istotny wpływ na zachodzące zmiany wywarł nie tylko skład surowcowy (rys. 1–3), ale także wilgotność surowca (rys. 4) oraz temperatura procesu (rys. 5). Dla ekstrudatów z udziałem razówki owsa nagiego STH 3997, przy zwiększeniu wilgotności surowca z 13 do 16%, notowano zwiększenie frakcji nierozpuszczalnej z 1,81 do 2,49% s.m. (rys. 4). Trzeba jednak zaznaczyć, że zawartość tej frakcji była nadal niższa od wartości oczekiwanej. Analiza przebiegu krzywej zawartości błonnika rozpuszczalnego (SDF) wskazuje na charakterystyczne minimum zawartości tej frakcji przy wilgotności surowca 14,5%. Każdorazowo zawartość SDF w ekstrudacie jest wyższa od wartości oczekiwanej, wynikającej ze składu surowcowego.



Rys. 5. Wpływ temperatury procesu na zawartość błonnika całkowitego oraz frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej (razówka owsa STM 3997 — 9%, wilgotność 13%)

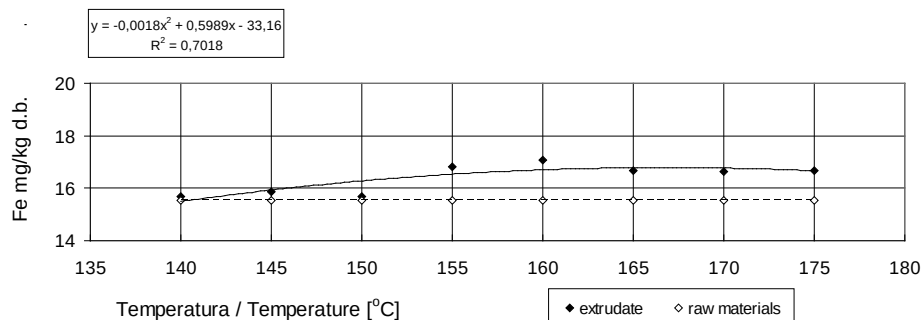
Fig. 5. Influence of barrel temperature on the contents of total dietary fibre (TDF) and its IDF and SDF fractions (oat meal STM 3997 — 9%, moisture content 13%)

W badanych zakresach, nie odnotowano wyraźnego wpływu temperatury na kierunkowość zmian zawartości błonnika (rys. 5). Zaobserwowane różnice są niewielkie.

Wraz ze wzrostem temperatury procesu ze 140°C do 175°C odnotowano wzrost zawartości SDF z 2,2 do 2,45% s.m. Zawartość IDF oraz TDF w przedziale temperatur 165–170°C ulega obniżeniu, co wskazuje na wzrost intensywności procesu. Po przekroczeniu temperatury 170°C obserwuje się wzrost zawartości tych frakcji. Podobną kierunkowość zmian obserwował także Rzedzicki i wsp. (2004 b). Według autorów w wyższych temperaturach procesu może dochodzić do tworzenia się skrobi odpornej, której towarzyszy właśnie wzrost IDF i TDF.

W pracy zestawiono wyniki analiz błonnika przy zastosowaniu trzech różnych metod (tab. 5, rys. 1–5). Zestawienie takie pozwala na porównawczą ocenę metod oznaczania błonnika pokarmowego. Zupełnie nieprzydatną metodą do oznaczania składników strukturalnych, zwłaszcza produktów wysoko przetworzonych, jest metoda weendejska. Wskazują na to bardzo duże rozbieżności pomiędzy włóknom surowym a błonnikiem pokarmowym całkowitym (TDF). Dużą zawodnością odznacza się również metoda detergentowa. Przeprowadzone badania oraz badania wcześniejsze (Rzedzicki, 2005) wskazują, że może być ona stosowana tylko do orientacyjnego śledzenia kierunkowości zmian w ramach danej grupy surowców.

Wielu autorów twierdzi, że proces ekstruzji może prowadzić do poważnego wzrostu zanieczyszczeń metalami w produktach. Artz i wsp. (1992) wykazał ponad 6-krotny wzrost zawartości żelaza w ekstrudatach, Szpendowski i wsp. (1996) notował 5-krotnie wyższą zawartość Fe w ekstrudowanym produkcie w porównaniu do surowca. Według Camire (2000), do zwiększonego przechodzenia mikroelementów do ekstrudatów przyczyniać się może wzrost zawartości włókna w surowcach. Przeprowadzone badania wykazały, że nie zawsze takie tendencje muszą wystąpić. Przy zachowaniu właściwych parametrów procesu, wzrost udziału komponentów owsianych nie wpłynął znacząco na zwiększenie zawartości metali w ekstrudatach. Obserwowane zmiany wynikały głównie ze zmiany składu mieszanki. Notowano natomiast nieznaczny wzrost zawartości Fe, Mn i Ni wraz z podniesieniem temperatury procesu i obniżeniem wilgotności przetwarzanego materiału (tab. 5).



Rys. 6. Wpływ temperatury procesu na zawartość żelaza (razówka owsa STM 3997 — 9%, wilgotność 13%)

Fig. 6. Influence of the process temperature on the iron content (oat meal STM 3997 — 9%, moisture content 13%)

Rysunek 6 przedstawia przykładowe porównanie zawartości Fe w produkcie gotowym i surowcu dla ekstrudatów z 9% udziałem razówki STH 3997 przy zmiennej temperaturze procesu. Potwierdziły się zatem informacje o wpływie czynników procesu na zużycie elementów roboczych ekstrudera i przechodzenie metali do produktów (Szpendowski i in., 1996; Camire i in., 1993; Artz i in., 1992). Skala występujących zmian w naszych badaniach jest jednak kilkakrotnie niższa.

WNIOSKI

1. Wprowadzenie do kaszki kukurydzianej dodatku razówki owsa nagonasiennego pozwala na otrzymanie ekstrudatów o zdecydowanie niższym współczynniku rozpuszczalności suchej masy (WSI)
2. Ekstruzja powoduje istotne zmiany zawartości poszczególnych frakcji błonnika pokarmowego w wyrobach ekstrudowanych w porównaniu do surowca. Notuje się obniżenie zawartości błonnika pokarmowego całkowitego (TDF) oraz frakcji nierozpuszczalnej (IDF) z jednoczesnym wzrostem frakcji rozpuszczalnej (SDF).
3. Ekstruzja mieszanin kaszki kukurydzianej z razówką owsa nagonasiennego nie wpłynęła na znaczny wzrost zanieczyszczeń metalicznych. Notowano tylko kilkuprocentowy wzrost zawartości Fe, Mn i Ni w ekstrudatach w porównaniu do wartości oczekiwanych wynikających ze składu surowcowego.
4. Badane odmiany owsa nagonasiennego mogą być dobrym surowcem dla przemysłu spożywczego. Pozwalają one na uzyskanie produktów o podwyższonej zawartości białka i błonnika pokarmowego, w szczególności frakcji rozpuszczalnych SDF.

LITERATURA

- Aldoori W. H., GioVannucci E. L., Rockett H. R. H., Sampson L., Rimm E. B., Willett W. C. 1997. A prospective study of dietary fiber types and symptom diverticular disease in men. *J. Nutr.* 127: 714 — 719.
- Artz W. E., Rao S. K., Sauer R. M. 1992. Lipid oxidation in extruded products during storage as affected by extrusion temperature and selected antioxidants. In: *Food Extrusion Science and Technology*. Marcel Dekker Inc., New York: 449 — 461.
- Braaten J. T., Wood P. J., Scot F. W. 1994. Oat β -glucan reduces serum cholesterol concentration in hypercholesterolemic subject. *European Journal of Clinical Nutrition*, 48: 465 — 474.
- Camire M. E. 2000. Chemical and nutritional changes in food during extrusion. *Extruders in food application*. Lancaster: 127.
- Camire M. E., Zhao J., Violette D. A. 1993. *In vitro* binding of bile acids of extruded potato peels. *J. Agric. Food Chem.* 41: 2391 — 2394.
- Drzikowa B., Dongowski G., Gebhardt E., Habel A. 2005. The composition of dietary fibre-rich extrudates from oat affects bile binding and fermentation *in vitro*. *Food Chemistry* 90: 181 — 192.
- Edwards Ch. A. 1995. The physiological effects of dietary fibre. In: *Dietary fiber in health and disease*. St. Paul, Minnesota, USA: 58 — 71.
- Gerhardt A. L., Gallo N. G. 1998. Full-fat rice bran and oat bran similarly reduce hypercholesterolemia in humans. *J. Nutr.* 128: 865 — 869.
- Gujral H. S., Singh N., Singh B. 2001. Extrusion behaviour of grits from flint and sweet corn. *Food Chemistry* 74: 303 — 308.

- Hashimoto J. M., Grossmann M. V. E. 2003. Effects of extrusion conditions on quality of cassava bran/cassava starch extrudates. *Int. J. Food Sci. Technol.* 38: 511 — 517.
- Johnson I. T. 2004. New approaches to the role of diet in the prevention of cancers of the alimentary tract. *Mutation Research*, 551: 9 — 28.
- Kahlon T. S. 2001. Cholesterol-lowering properties of cereal fibre and fractions. In: *Advanced dietary fibre technology*. Blackwell Science, UK: 206 — 220.
- Lairon D. 2001. Dietary fibres and dietary lipids. *Advanced dietary fibre technology*. Blackwell Science UK: 177 pp.
- Larrea M. A., Chang Y. K., Martinez Bustos F. 2005. Effect of some operational extrusion parameters on the constituents of orange pulp. *Food Chemistry* 89: 301 — 308.
- Maki K. C., Davidson M. H., Ingram K. A., Veith P. E., Bell M., Gugger E. 2003. Lipid responses to consumption of a beta-glucan containing ready-to-eat in children and adolescents with mild-to-moderate primary hypercholesterolemia. *Nutrition Research* 23: 1527 — 1535.
- Martin-Cabrejas M. A., Jamie L., Karanja C., Downie A. J. Parker M. L., Lopez-Andreu F. J., Maina G., Esteban R. M., Smith A. C., Waldron K. W. 1999. Modification to physicochemical and nutritional properties of hard-to-cook beans (*Pahsedus vulgaris L.*) by extrusion cooking. *J. Agric. Food Chem.*, 47 (3): 1174 — 1182.
- Onning G., Wallmark A., Persson M., Akesson B., Elmastahl S., Öste R., Luddiquisit I. 1999. Consumption of oat milk for 5 weeks lowers serum cholesterol and LDL cholesterol in free-living men with moderate hypercholesterolemia. *Annals in Nutrition and Metabolism*, 43: 301 — 309.
- Poutanen K. 2001. Effect of processing on the properties of dietary fibre. In: *Advanced dietary fibre technology*. Blackwell Science, UK: 277 — 282.
- Rzedzicki Z. 2005. Badania składu chemicznego wybranych błyskawicznych zbóż śniadaniowych. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, Tom XXXVII: 141 — 146.
- Rzedzicki Z., Zarzycki P. 2005. Badania procesu ekstruzji mieszanin z udziałem lędwianu i razówki owsianej. *Acta Agrophysica* 6 (2): .
- Rzedzicki Z., Zarzycki P., Sobota A. 2004 a. Badania właściwości reologicznych ekstrudatów z udziałem komponentów owsianych. *Annales UMCS Sec. E*, 59: 315 — 322.
- Rzedzicki Z., Kozłowska H., Troszyńska A. 2004 b. Application of pea hulls for extrudate production. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, vol. 13/54, no 4: 363 — 368.
- Rzedzicki Z., Mysza A., Kasprzak M. 2004 c. Badania nad metodą oznaczania współczynnika rozpuszczalności suchej masy. *Annales UMCS. Sec. E.*, 59: 323 — 328.
- Singh N., Smith C. 1997. A Comparison of wheat starch, whole wheat meal and oat flour in the extrusion cooking process. *J. Food Eng.* 34: 15 — 32.
- Smith A. C. 1992. Studies on the physical structure of starch based material in the extrusion cooking process. In: *Food Extrusion Science and Technology*. M. Dekker, New York: 573 — 619.
- Sobota A., Rzedzicki Z. 2004. Badania nad technologią ekstruzji dwuślimakowej ekstrudatów z udziałem otrąb pszennych. *Annales UMCS Sec. E*, 59: 303 — 313.
- Szpendowski J., Śmietana Z., Świgoń J. 1996. The effect of extrusion on the content of minerals in selected extruded products. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. Technologia Alimentorum* 29: 15 — 23.
- Van Soest P. J. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous Leeds. II: A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. A.O.A.C.*, 46: 829 — 835.
- Van Soest P. J., Wine R. H. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous Leeds. IV: Determination of plant cell-wall constituents. *J. A.O.A.C.*, 50: 50 — 51.
- Vasanthan T., Bhatta R. S. 1998. Enhancement of resistant starch (RS3) in amyl maize, barley, field pea and lentil starches. *Starch/Staerke*, 50: 286 — 291.

ZBIGNIEW J. DOLATOWSKI**SYLWIA PISAREK-PIOTROWSKA**Zakład Przetwórstwa Surowców Pochodzenia Zwierzęcego
Akademia Rolnicza w Lublinie

Wpływ dodatku owsa po obróbce hydrotermicznej na przemiany oksydoredukcyjne modelowego wyrobu mięsnego

The effect of addition of hydrothermally processed oat on the oxidation-reduction potential of a model meat product

Przedmiotem badań było poznanie wpływu wymiany tłuszczu (2,5%, 5,0%, 7,5%, 10,0%) owsem odmiany Polar po obróbce hydrotermicznej na zmiany oksydoredukcyjne podczas przechowywania (1, 7, 14 dob) modelowego wyrobu mięsnego. Owies po obróbce hydrotermicznej (90°C / 80 min.) dodawano do wyrobu mięsnego (65% mięso chude wołowe, 25% tłuszcz wieprzowy i 10% wody) z odpowiednią redukcją surowca tłuszczowego. Przemiany oksydoredukcyjne w gotowym wyrobie badano metodą pomiaru potencjału oksydoredukcyjnego i wskaźnika TBA. Otrzymane wyniki wykazały, że obróbka hydrotermiczna owsa ma istotny wpływ na wartość potencjału oksydoredukcyjnego. Zastąpienie tłuszczu owsem (po obróbce hydrotermicznej) zwiększa istotnie stabilność oksydoredukcyjną wyrobu podczas 14 dobowego przechowywania w porównaniu ze stosowanymi obecnie dodatkami.

Słowa kluczowe: owies, obróbka termiczna, właściwości oksydoredukcyjne, wyrób mięsny, TBA

The influence of exchanging fat (2.5%, 5.0%, 7.5%, 10.0%) by oat (Polar) on oxidation-reduction changes during meat storage (1, 7, 14 days) was the object of the investigation. The oat, after hydrothermal processing (90°C / 80 min.), was added to the model meat product (65% thin beef meat, 25% pig's fat and 10% water) with a suitable reduction of fat material. The oxidation-reduction changes in the final product were measured by means of oxidation-reduction potential as well as by the TBA index. Replacement of fat by suitably prepared oat (after hydrothermal processing) increased the oxidation-reduction stability of the product during 14 days of storage.

Key words: oat, hydrothermal processing, oxidation-reduction potential, meat product, TBA index

WSTĘP

Oksydacja tłuszczów jest ważnym czynnikiem, który wpływa na kolor, zapach i smakowitość wyrobu mięsnego. Poszukuje się sposobu zwiększania poziomu przeciwutleniającego w mięsie metodami żywienia zwierząt rzeźnych, odpowiedniego wychła-

dzania mięsa po uboju oraz stosowaniem różnych dodatków do wyrobów mięsnych. Dodatek przeciwutleniaczy do produktów mięsnych został obecnie ograniczony do witaminy C. Wielu badaczy informuje o możliwości wykorzystania w produkcji żywności naturalnych przeciwutleniaczy (Bartnikowska, 2004; Peterson, 2001).

Bogatym źródłem przeciwutleniaczy są rośliny, zarówno owoce, kwiaty, liście, korzenie, a także i przetworzone produkty roślinne — soki, dżemy, herbata, a nawet czerwone wino. Surowcem zawierającym przeciwutleniacze są również ziarna zbóż szczególnie owies i gryka (Fernandez i in., 1997; Grau i in., 2000). Od kilkunastu lat na rynku żywnościowym znajduje się naturalny przeciwutleniacz pozyskany z ziarna owsa. Jest to substancja stanowiąca kompleks kwasów: kofeinowego i ferulowego, połączonych łańcuchem hydroksykwasy tłuszczowych. Aktywność substancji zależy od poziomu kwasu kofeinowego i jest na poziomie aktywności syntetycznych przeciwutleniaczy (BHT). Owies jest również znanym, ale częściowo zapomnianym zbożem, który pełni i może pełnić ważną rolę w żywieniu człowieka. Jest bogaty w białko o wysokiej wartości biologicznej, zawiera cenne kwasy tłuszczowe i jest bogatym źródłem błonnika pokarmowego, wielu witamin i innych biologicznie aktywnych związków (Gąsiorowski, 1995; Peterson, 2001).

Celem prowadzonych badań była ocena stabilności oksydacyjnej wyrobu mięsnego z dodatkiem ziarna owsa odmiany Polar poddanego obróbce hydrotermicznej.

MATERIAŁY I METODY

Surowcem do produkcji modelowego wyrobu było mięso chude wołowe — 65%, tłuszcz wieprzowy twardy — 25% i woda lodowa — 10%. W trakcie przygotowania wyrobu część tłuszczu wymieniano owsem po obróbce hydrotermicznej (G) lub izolat białka sojowego (S) w ilości 2,5%, 5,0%, 7,5%, i 10,0%. Próbę odniesienia stanowił wyrób mięsny bez wymiany tłuszczu (próba K).

Mięso wołowe peklowano mieszanką peklującą w ilości 2% (99,5% NaCl, 0,5% NaNO₂), surowiec tłuszczowy solono 2% dodatkiem chlorku sodu. Surowce pozostawiono w pomieszczeniu chłodniczym (4±1°C) na okres 24h. Ziarno owsa poddano obróbce hydrotermicznej w wodzie w temperaturze 90°C przez 80 minut (Dolatowski i in., 2003; Zhoua i in., 1999) w stosunku 1:3 (owies:woda). Po obróbce hydrotermicznej ziarno schładzano do temperatury pokojowej, a następnie przetrzymywano w warunkach chłodniczych (4°C) przez 24 godz. Następnie ziarno rozdrabniano 3-krotnie na wilku laboratoryjnym o średnicy oczek siatki 2,7 mm. Dla bliższego poznania wpływu owsa na jakość do równoległej próby, zamiast owsa dodawano w tych samych ilościach izolat białka sojowego (SOYPRO 900) uwodniony wodą w stosunku 1:3 (izolat białka sojowego: woda). Przygotowanym farszem mięsno-roślinnym napełniano szklane słoiki 200g i poddawano pasteryzacji (85°C — 10 minut, następnie w 75°C do osiągnięcia temperatury 70°C w geometrycznym punkcie wyrobu mięsnego). Po obróbce cieplnej wyroby schładzano wodą i przechowywano w warunkach chłodniczych (4°C) przez okres badawczy. Próbę kontrolną (K) stanowił wyrób bez dodatku surowca roślinnego.

Potencjał oksydoredukcyjny (ORP) homogenatu wyrobu mięsnego mierzono zmodyfikowaną metodą John i wsp. (2005). Próbkę farszu lub gotowego wyrobu mięsnego homogenizowano z wodą dejonizowaną i butylohydroksytoluenem (BHT). Wartości potencjału oksydoredukcyjnego (mV) oznaczano przy pomocy konduktometru ze specjalną elektrodą zespoloną (ER-PT-13).

Wskaźnik TBA mierzono w homogenizowanej próbce wyrobu z roztworem kwasu nadchlorowego i butylohydroksytoluenem (BHT). Otrzymany homogenat sączono przez bibułę (Whatman nr 1). Otrzymany filtrat przemywano na sączku roztworem kwasu nadchlorowego. Następnie pobierano filtrat i dodawano kwasu 2-tiobarbiturowego (odczynnik TBA). Następnie całość ogrzewano we wrzącej łaźni wodnej przez 60 min. Po ogrzewaniu próbki schładzano do temperatury otoczenia zimną wodą. Pomiaru absorbancji dokonano przy 532 nm na spektrofotometrze Nicolet Evolution 300. Próbę zerową stanowił 4-procentowy roztwór kwasu nadchlorowego i odczynnik TBA.

Wartość wskaźnika TBA oznaczono w mg aldehydu malonowego na 1 kg wyrobu z następującej zależności: $L_{TBA} = A \times K$

gdzie:

L_{TBA} —wskaźnik TBA

A — wartość absorbancji próby badanej

K — współczynnik przeliczeniowy równy 5,5 (Pikul i in., 1989).

Potencjał oksydoredukcyjny i wskaźnik TBA oznaczano po 1, 7 i 14 dobach przechowywania wyrobu mięsnego. Badania wykonano w trzykrotnym powtórzeniu.

Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej. Przeprowadzono analizę wariancji oraz wykorzystano test Tukeya, obliczono istotności różnic przy $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie otrzymanych wyników przeprowadzonych badań stwierdzono, że wartość potencjału oksydoredukcyjnego owsa surowego i pozostałych surowców to jest izolat białka sojowego; farsz mięsny są na tym samym poziomie i nie stwierdzono między nimi różnic statystycznie istotnych (tab. 1).

Tabela 1

Wartości potencjału oksydoredukcyjnego surowców roślinnych i mięsnego
The value of oxidation-reduction potential of plant materials and the meat material

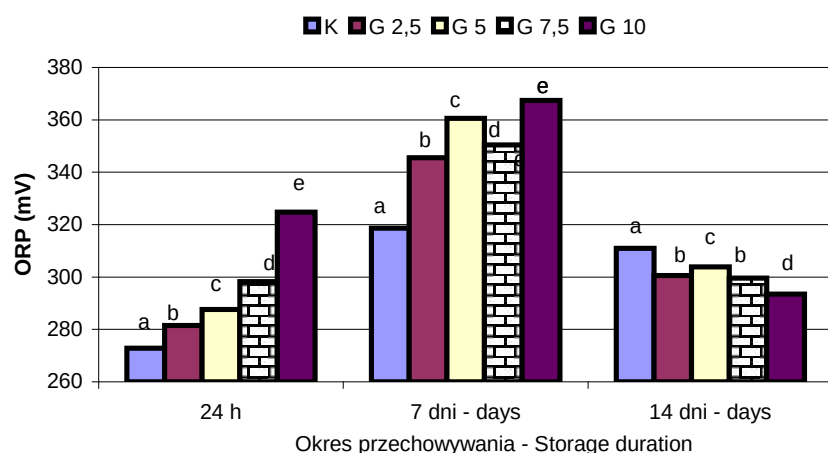
Nazwa surowca Name of material	ORP [mV]
Owies surowy — Oat	297,57 ^a
Owies po obróbce hydrotermicznej — Oat after hydrothermal processing	371,03 ^b
Izolat białka sojowego — Soy protein hydrolyzate	292,13 ^a
Surowiec mięsny (farsz bez dodatku roślinnego) — Meat material (stuffing without addition)	292,17 ^a

a – b -wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $\alpha = 0,05$

a – b - the values with the same letters are not significantly different at $\alpha = 0.05$

Natomiast wartość potencjału oksydoredukcyjnego owsa po obróbce hydrotermicznej jest istotnie wyższa od wartości dla pozostałych surowców. Badania zmian potencjału

oksydoredukcyjnego wyrobów wykazały, że po pierwszej dobie przechowywania (rys. 1 i 2) wartości dla wyrobów z wymianą tłuszczu surowcem roślinnym są statystycznie istotnie wyższe w porównaniu do próby kontrolnej.

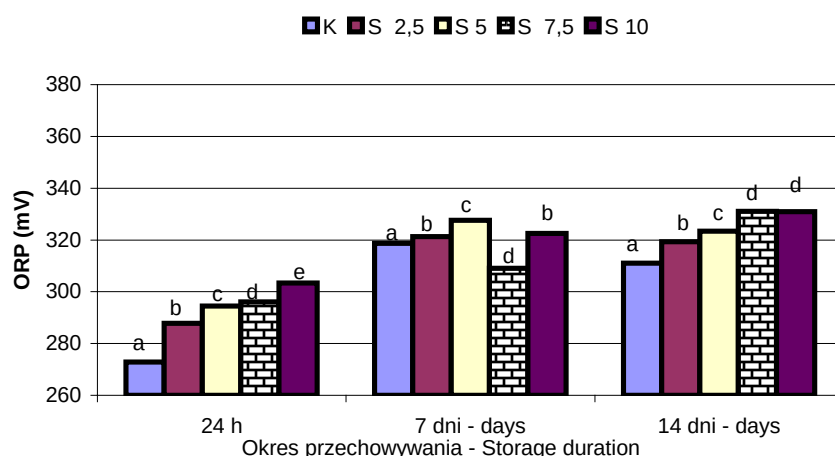


a – e - wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $\alpha = 0,05$

Rys. 1. Wartości potencjału oksydoredukcyjnego (ORP) wyrobów z dodatkiem owsa gotowanego w wodzie podczas przechowywania

a – e - the values with the same letters are not significantly different at $\alpha = 0.05$

Fig. 1. The value of oxidation–reduction potential (ORP) during storage of products with addition of oat boiled in water



a – e - wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $\alpha = 0,05$

Rys. 2. Wartości potencjału oksydoredukcyjnego (ORP) wyrobów z dodatkiem izolatu białka sojowego podczas przechowywania

a – e - the values with the same letters are not significantly different at $\alpha = 0.05$

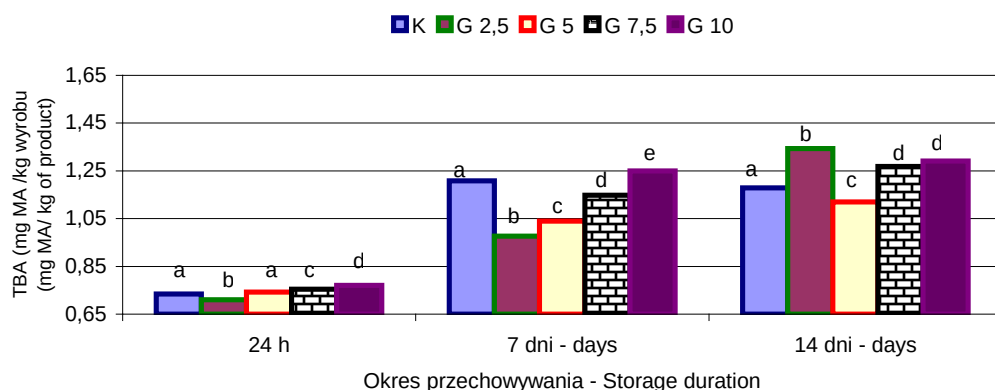
Fig. 2. The value of oxidation-reduction potential (ORP) during storage of products with addition of soy protein hydrolysate

Najwyższą wartością potencjału charakteryzował się wyrób z 10% zamianą tłuszczu gotowanym owsem (324,77 mV). Wyroby z dodatkiem izolatu białka sojowego posiadały potencjał oksydoredukcyjny od 287,80 mV dla wyrobu z 2,5% wymianą tłuszczu do 331,07 mV dla wyrobu z 7,5% wymianą tłuszczu.

Po 7 dobie przechowywania obserwuje się istotny statystycznie wzrost wartości potencjału oksydoredukcyjnego wyrobów we wszystkich badanych produktach z dodatkiem owsa po obróbce hydrotermicznej w porównaniu do próby kontrolnej.

Po 14 dobie przechowywania wartości potencjału oksydoredukcyjnego wyrobów z wymianą tłuszczu owsem po obróbce hydrotermicznej zmniejszyły się w porównaniu do próby kontrolnej, obserwowane różnice pomiędzy wartością potencjału oksydoredukcyjnego dla próby kontrolnej (311,00 mV) i prób z wymianą tłuszczu owsem po obróbce hydrotermicznej (293,50 mV — 10%, 303,83 mV — 5%) są statystycznie istotne. Natomiast wyroby z zastąpieniem części tłuszczu izolatem białka sojowego po 14 dobie przechowywania posiadały istotnie wyższe wartości potencjału oksydoredukcyjnego niż wyrób kontrolny. Wartości potencjału oksydoredukcyjnego wynosiły od 319,27 mV dla wyrobu z 2,5% wymianą tłuszczu do 331,07 mV dla wyrobu z 7,5% wymianą izolatem białka sojowego (rys. 2).

Podobną zależność jak w badaniach potencjału oksydoredukcyjnego obserwuje się w pomiarach wskaźnika TBA (rys. 3 i 4). Wyroby mięsne z wymianą tłuszczu izolatem białka sojowego podczas 14 dobowego przechowywania charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością aldehydu malonowego w wyrobie niż wyroby z wymianą tłuszczu owsem poddany obróbce hydrotermicznej w wodzie.



a – e - wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $\alpha = 0,05$

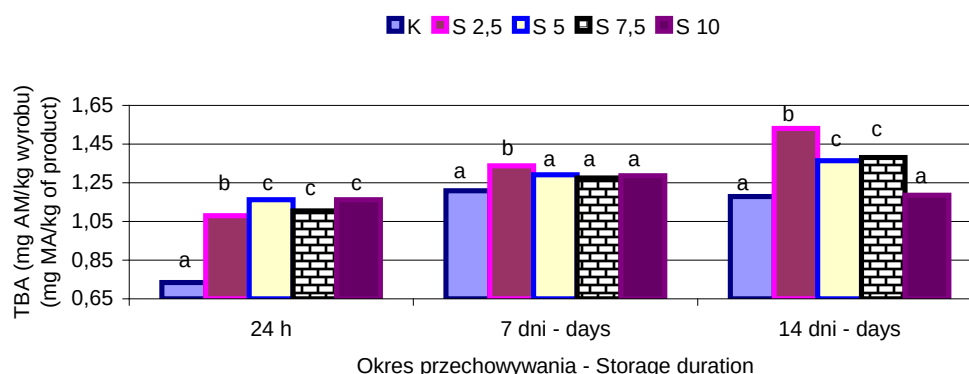
Rys. 3. Wartości TBA wyrobów z dodatkiem owsa gotowanego w wodzie podczas przechowywania

a – e - the values with the same letters are not significantly different at $\alpha = 0.05$

Fig. 3. The TBA value during storage of products with addition of oat boiled in water

Po pierwszej dobie zawartość aldehydu malonowego (rys. 4) w wyrobie z wymianą tłuszczu izolatem białka sojowego wynosiła 1,080 mg/kg wyrobu (S 2,5), zaś dla wyrobów z 5% i 10% wymianą tłuszczu zawartość aldehydu malonowego kształtowała się na tym

samym poziomie i wynosiła 1,162 mg/kg. Natomiast wyroby z wymianą tłuszczu owsem po obróbce hydrotermicznej posiadały zawartość aldehydu malonowego od 0,710 dla wyrobu z 2,5% wymianą tłuszczu do 0,770 mg/kg dla wyrobu z 10% wymianą tłuszczu.



a – e - wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $\alpha = 0,05$

Rys. 4. Wartości TBA wyrobów z dodatkiem izolatu białka sojowego podczas przechowywania

a – e - the values with the same letters are not significantly different at $\alpha = 0.05$

Fig. 4. The TBA value during storage of products with addition of soy protein hydrolyzate

Otrzymane wyniki po 7 dobie przechowywania wyrobów wykazały, że istotny statystycznie wzrost wskaźnika TBA nastąpił w próbie z 2,5% dodatkiem izolatu białka sojowego 1,337 mg/kg, zaś wyrób z 2,5% wymianą tłuszczu owsem po obróbce hydrotermicznej cechował się istotnie najmniejszą zawartością aldehydu malonowego (0,977 mg /kg), która po 14 dobie przechowywania wzrosła istotnie do 1,344 mg/kg wyrobu (rys. 3).

Otrzymane wyniki badań potencjału oksydoredukcyjnego i TBA wykazały, że w wyrobach mięsnych podczas przechowywania istnieje tendencja do oddawania elektronów przez znajdujące się w układzie substraty. Dodatek substancji, które przyjmują elektrony ma bardzo ważne znaczenie dla trwałości przechowalniczej wyrobów mięsnych szczególnie w jakości zdrowotnej. W niniejszych badaniach wykorzystano substancje roślinne z pełnych nasion zbóż, które wzmagają redukcyjne właściwości układu. Otrzymane wyniki wskazują, że dodatek odpowiednio przygotowanego owsa wspomaga właściwości redukcyjne układu, w porównaniu z próbą kontrolną (bez dodatku) i dodawanymi powszechnie do przetworów mięsnych produktami z nasion soi (w badaniach izolat białka).

Otrzymane wyniki badań wykazują, że po 14 dniach przechowywania wyrobów z dodatkiem izolowanego białka soi istotnie wzrasta utlenialność składników produktu mięsnego, czyli izolat nie wykazuje hamującego wpływu na potencjał oksydoredukcyjny, w przeciwieństwie do dodawanego owsa po obróbce hydrotermicznej, gdzie po 14 dniach przechowywania obserwujemy zahamowanie procesów utleniania, natomiast owies po obróbce hydrotermicznej wzmacnia właściwości redukujące układu, szczególnie w dłuższym okresie przechowywania (w badaniach 14 dni). Można sądzić, że obserwo-

wana zależność może się powtórzyć i w dalszych dniach chłodniczego przechowywania wyrobów mięsnych. Jest możliwe, że przy wykorzystaniu proponowanego w badaniach dodatku owsa w praktyce, można zwiększyć bezpieczeństwo zdrowotne wyrobów szczególnie z dużą zawartością tłuszczu poprzez zmniejszenie w nim produktów utleniania, które stanowią bardzo ważny element toksyczności żywieniowych produktów.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania wykazały, że obróbka ziarna owsa ma istotny wpływ na jego potencjał oksydoredukcyjny. Zastąpienie części tłuszczu w wyrobie mięsnym owsem po obróbce hydrotermicznej (90°C przez 80 min.) zwiększa stabilność oksydacyjną (zmniejszenie wartości potencjału oksydoredukcyjnego i wskaźnika TBA) wyrobu podczas dłuższego okresu przechowywania. Obserwujemy istotne statystycznie zmniejszenie wartości potencjału oksydoredukcyjnego, szczególnie po 14 dobie przechowywania wyrobu, w porównaniu z próbą kontrolną i stosowanym powszechnie izolatem białka sojowego.

Wymiana tłuszczu izolatami białka sojowego nie wpływa na zahamowanie dynamiki zmian oksydacyjnych wyrobu podczas przechowywania. W próbach z jego dodatkiem, wartość potencjału istotnie wzrastała, a dynamika wzrostu była większa niż w próbach z dodatkiem owsa. Podczas 14 dniowego przechowywania zawartość aldehydu malonowego w wyrobie z dodatkiem izolatu sojowego była istotnie wyższa niż w wyrobach z owsem i w próbie kontrolnej.

LITERATURA

- Bartnikowska E. 2004. Przeciwdziałanie procesom utleniania w mięsie i przetworach mięsnych. *Przemysł Spożywczy* 5: 52 — 55.
- Dolatowski Z. J., Stasiak D. M., Pisarek-Piotrowska S. 2003. Badania właściwości reologicznych oraz oceny sensorycznej modelowego wyrobu mięsno-owsianego o walorach dietetycznych. *Acta Scientiarum Polonorum (Technologia Alimentaria)* 2 (2): 67 — 75.
- Fernandez J., Perez-Alvarez J. A., Fernandez-López J. A. 1997. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chemistry* 59 (3): 345 — 353.
- Gąsiorowski H. 1995. *Chemia i technologia*. PWRiL, Poznań.
- Grau A., Guardiola F., Boatella J., Baucells M. D., Codony R. 2000. Evaluation of lipid ultraviolet absorption as a parameter to measure lipid oxidation in dark chicken meat. *J. Agric. Food Chem.* 48: 4128 — 4135.
- John L., Cornforth D., Carpenter C. E., Sorheim O., Pettee B. C., Whittier D. R. 2005. Color and thiobarbituric acid values of cooked top sirloin steaks packaged in modified atmospheres of 80% oxygen, or 0.4% carbon monoxide, or vacuum. *Meat Science* 69: 441 — 449.
- McKibben J., Engeseth N. 2002. Honey as a protective agent against lipid oxidation in ground turkey. *J. Agric. Food Chem.* 50: 592 — 595.
- Peterson D. M. 2001. Oat antioxidants. *J. Cereal Science* 33: 115 — 129.
- Pikul J., Leszczyński D. E., Kummerow F. A. 1989. Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. *J. Agric. Food Chem.* 37: 1309 — 1313.
- Zhou M., Robards K., Glennie-Holmes M., Helliwell S. 1999. Oat lipids. *JAACS* 79: 585 — 592.

MAREK GIBIŃSKI**JAROSŁAW KORUS**Katedra Technologii Węglowodanów
Akademia Rolnicza w Krakowie

Maltodekstryny jako skrobiowe zamienniki tłuszczu

Maltodextrins as starch-based fat replacers

Choroby układu krążenia, których przyczyną często jest nadmierna otyłość powodują, że poszukujemy rozwiązań w doborze i komponowaniu codziennej diety, ograniczając m.in. zawartość tłuszczu. Maltodekstryny otrzymane ze skrobi różnego pochodzenia (np. ziemniaczanej, kukurydzianej, tapiokowej, ryżowej, owsianej, czy grochu), mogą być użyte jako zamienniki tłuszczu. Ich zastosowanie pozwala na znaczne ograniczenie zawartości tłuszczu w żywności, sprzyjając zachowaniu właściwości sensorycznych i teksturalnych. Maltodekstryny mają wpływ na wilgotność żywności współdziałając z niektórymi jej składnikami (błonnik, gumy) i oddziałując na zdolności wiązania i zatrzymywania wody. Z drugiej strony mogą wpływać na skrócenie czasu przechowywania, czy wzrost poziomu skażenia mikroorganizmami. Stosowane w nadmiernych ilościach mogą nadawać żywności posmak skrobiowy. Ułatwieniem procedury wprowadzania maltodekstryn do żywności jest ich całkowite bezpieczeństwo żywnościowe oraz szerokie spektrum ich pochodzenia, właściwości i możliwości zastosowania.

Słowa kluczowe: hydrolizaty, maltodekstryny, nadwaga, otyłość, skrobia, zamienniki tłuszczu,

Blood circulation diseases, which are known to be frequently due to obesity, make us search for diets with a reduced content of lipids. Maltodextrins obtained from starch of various plant origin (potato, corn, tapioca, rice, oat or pea) may be successfully used as fat replacers. Their application greatly diminishes the content of lipid components in foodstuffs, at the same time making possible to remain textural and sensory characteristics of food. Maltodextrins have an influence upon food moisture, both by co-acting with some food components (fibre and gums) and by affecting the ability of water binding and retention. However, they can decrease the duration of food storage, and enhance the food susceptibility to infestation by microorganisms. Moreover, when applied in the excessive doses, maltodextrins can make the food have a starchy aftertaste. Nevertheless, both harmlessness of maltodextrins as food compounds, their availability and a broad spectrum of applications make these components very useful as fat replacers in foodstuffs industry.

Key words: hydrolizate, maltodextrin, overweight, obesity, starch, fat replacers

WPROWADZENIE

Otyłość powiązana jest przyczynowo z rozwojem choroby niedokrwiennej serca na podłożu miażdżycowym, cukrzycy insulinoniezależną, nadciśnieniem tętniczym, kamicią żółciową a także sprzyja rozwojowi raka trzonu macicy, jajników i sutka u kobiet oraz rakowi okrężnicy, odbytu i prostaty u mężczyzn. Jest także powodem zmian zwyrodnieniowych układu kostno-stawowego, a także powoduje zmniejszenie wentylacji płuc i po wielu latach może nawet być powodem rozwinięcia się zespołu sercowo-płucnego. Z tych względów otyłość stanowi problem zdrowotny i społeczny w krajach rozwiniętych gospodarczo, tym bardziej, że coraz częściej występuje u dzieci (Akoh 1998; Gronowska-Senger, 1995).

Dlatego wiele rządowych i pozarządowych organizacji zajmujących się problemami zdrowia i żywienia sformułowało rekomendacje w sprawie redukcji spożywanego tłuszczu (Giese, 1996; Jonem, 1999; Miller, 1996). Ustalono, że należy obniżyć spożycie tłuszczów ogółem poniżej 30% dziennego zapotrzebowania na energię, a podstawą dziennej racji pokarmowej mają być produkty niskotłuszczowe (Polski Consensus Tłuszczowy, 1996). Nasycone kwasy tłuszczowe powinny dostarczać do 10% energii, a spożycie cholesterolu nie powinno przekraczać 300 mg (Klisz, 1997). W skład tłuszczów pokarmowych wchodzi niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe i witaminy rozpuszczalne w tłuszczach. Minimalne spożycie tłuszczu przez dorosłego człowieka powinno zapewnić 15% energii dziennej racji pokarmowej (Ziemiański, 1996).

Ograniczenie spożycia tłuszczów może być realizowane na wiele sposobów, wśród nich wprowadzanie do żywności tzw. zamienników lub substytutów tłuszczu.

Stosowanie tych ostatnich rozwinęło się w ostatnich latach jako rezultat zapotrzebowania na żywność o obniżonej kaloryczności. W USA w 1995 roku rynek produktów niskokalorycznych szacowano na około 600 mln dolarów (Orthofer, 1995). Przesłanki ekonomiczne skłaniają producentów żywności do opracowywania technologii produkcji i wdrażania zamienników tłuszczu na coraz większą skalę.

TŁUSZCZ W ŻYWNOSCI I MOŻLIWOŚCI JEGO ZASTĄPIENIA

Pierwszym krokiem w poznawaniu procesu zastępowania tłuszczu jest zrozumienie jego oddziaływania na zdrowie człowieka (Clark, 1994). Jako składnik żywności tłuszcz wpływa na sensoryczne właściwości, oddziałując na: smak, zapach, odczucie w jamie ustnej, kremistość, wygląd, smakowitość, teksturę, smarowność (Akoh, 1998; Giese, 1996). Będąc nośnikami związków smakowych i zapachowych, tłuszcze i oleje uwalniają i wzmacniają zapach innych składników, przyczyniając się do poprawy wrażenia doustnego, smarowności oraz tekstury. Temperatura topnienia tłuszczu ma wpływ na miękkość, kremistość i przeżuwalność żywności (Giese, 1996).

W produktach piekarskich tłuszcz współtworzy strukturę ciasta, która zatrzymuje powietrze podczas procesu mieszenia, a pozwala na wyrównane uwalnianie gazów i pary wodnej podczas pieczenia. Udział tłuszczu wpływa także na wygląd powierzchni poprzez nadanie połysku takich produktów jak przekąski, krakersy, słodycze i produkty smażone.

Od zawartości tłuszczu zależne są też technologiczne parametry procesów otrzymywania produktów oraz ich trwałość (Giese, 1996).

Z fizjologicznego punktu widzenia, tłuszcz to najbardziej skoncentrowane źródło energii, której dostarcza człowiekowi ponad dwa razy więcej niż węglowodany czy białka. Jest także źródłem niezbędnych kwasów tłuszczowych, prekursorów prostaglandyn, oraz rozpuszczalnych w nim witamin. (www.calorieconcil.com, Anonim, 1991; Giese, 1996; Singhal, 1991; Tyszkiewicz, 1992).

Istotne są również upodobania i tradycje żywieniowe konsumentów, którzy często niechętnie aprobują zmiany w doznaniach sensorycznych przy spożywaniu żywności o obniżonej zawartości tłuszczu. Te funkcje i właściwości tłuszczu sprawiają, że praktycznie nie istnieje w chwili obecnej żaden zamiennik, mogący całkowicie samodzielnie go zastąpić (Akoh, 1998; Anonim, 1991; Anonim, 1992; Roller 1996; Tyszkiewicz, 1992; Yackel, 1992).

RODZAJE ZAMIENNIKÓW TŁUSZCZU

Badania nad opracowaniem zamienników tłuszczu zmierzają w dwóch kierunkach. Pierwszy rodzaj zamienników to mikromolekuły, które fizycznie i chemicznie przypominają triacyloglicerole i teoretycznie mogą zastąpić tłuszcz na zasadzie gram za gram, określa się je jako zamienniki oparte na tłuszczach (Mattes, 1998). Produkowane są głównie na drodze enzymatycznej modyfikacji z tradycyjnych tłuszczów i oleju, większość pozostaje trwała podczas gotowania i smażenia. Drugą grupę stanowią tak zwane **fat mimetic** — naśladownik tłuszczu. Substancje te imitują sensoryczne i fizyczne właściwości tłuszczu, ale nie mogą zastąpić tłuszczu na zasadzie gram za gram. **Fat mimetic** — to głównie zamienniki oparte na węglowodanach lub białkach (Akoh, 1998; Jonem, 1999; Mattes, 1998; Schmidt, 1993). **Fat mimetic** winien przypominać ważne gęstościowo-absorbcyjne i poślizgowe właściwości tłuszczu. Ponieważ żaden z zamienników tłuszczu nie będący pochodną tłuszczu nie spełnia powyższych wymagań, konieczne staje się użycie kombinacji substancji, które mogą przybliżyć takie właściwości.

Większość zamienników tłuszczu w produktach takich jak dressingi oparta jest na prostym jednoskładnikowym systemie, gdzie w celu zastąpienia tłuszczu używa się pojedynczego hydrokoloidu lub kombinacji hydrokoloidów.

W bardziej skomplikowanych produktach, takich jak lody, używa się trzyskładnikowego systemu, składającego się z hydrokoloidu, rozpuszczalnego wypełniacza i mikrocząsteczkowego materiału (Glicksman, 1991).

Składnik hydrokoloidowy zapewnia smarowność. Tworzą go głównie skrobie rozpuszczalne w wodzie i/lub pęczniejące, które w żywności stwarzają efekt płynności podobny do tłuszczu.

Rozpuszczalny wypełniacz uzyskuje się z różnych uwodnionych skrobiowych hydrolizatów, polidekstrozy, hydrokoloidów o niskiej gęstości. Wypełniacze wpływają na ocenę żywności naśladując efekty sensoryczne tłuszczu. Stwarzają zatem możliwość percepcji niskotłuszczowej żywności jako żywności bogato tłuszczowej (Glicksman, 1991).

Mikrocząsteczki dostarczają gładkości i płynności systemowi zamiennika, poprawiając „tłustą percepcję” żywności. Zwykle są nierozpuszczalne; o średnicy mniejszej niż 3 nm, dzięki czemu stają się nieodczuwalne przez receptory znajdujące się na języku. Należą do nich mikrokrystaliczna celuloza, białka jaj, serwatki i mleka, drożdżowy ekstrakt zawierający β -glukany o wymiarach cząstek 2–5 nm.

Selektywny dobór tych trzech składników umożliwia stworzenie wysokiej jakości niskotłuszczowych produktów (Glicksman, 1991). Surowcem wyjściowym do otrzymywania zamienników tłuszczu są głównie białka i węglowodany. Te ostatnie reprezentowane są głównie przez skrobię i jej modyfikowane pochodne (tab. 1–6).

Tabela 1

Skrobiowe zamienniki tłuszczu produkowane ze skrobi kukurydzianej
Maize starch based fat replacers

Zamiennik/ Producent Replacer / Producer	Kompozycja Composition	Właściwości Properties	Zastosowanie Applications	Literatura References
1	2	3	4	5
Amalean I American Products Company	Skrobia modyfikowana wysokoamylozowa Modified high- amylose starch	8% trwały żel o kaloryczności 1,3 kJ/g zastępuje 100% tłuszczu. Toleruje wysoką temp., kwasy i działanie sił ścinających. Stosowany do żywności wymagającej przezroczystych past 8% gel, calorific value of 1.3 kJ/g replaces 100% of fat. Tolerant to high temperature, acids and coagulation. For food requiring transparent pastes.	Serki, kwaśna śmietana, płynne i gęste dresingi, kielbaski, wypełnienie do ciastek, pieczywo, semiki, niskotłuszczowe ciastka, produkty mrożone Various kinds of cream cheese; thin and thick dressings; sausages; dough filling; bread; cheese cakes; low-fat cakes; frozen products	Altschul, 1993 Best, 1990 Duxbury, 1992 Giese, 1996, Słowińska, 1999
Amalean Instant II jw. As above	jw. As above	jw. As above	Zupy, dresingi do sałatek, desery, produkty piekarskie, sosy do mięs, polewy, smarowne sery Soups; salad dressings; desserts; baker's products; sauces; icings; spreading cheese	Bradley, 1997 Roller, 1996 Toma, 1997
Lycadex 200 Roquete, Francja	Maltodekstryna kukurydziana Maize maltodextrin	Dostarcza połysku, przyczynia się do wzrostu objętości Gives sheen, enlarges the volume	Do zastępowania tłuszczu płynnych To replace liquid fat	Anonim, 1999 Jonem, 1999 Roller, 1996
Rodzina Maltrin w tym Maltrin M040, M100, M150, M180 Grain Processing Corp. Muscatine,	Maltodekstryny o różnym DE: / Maltodextrins of various DE: M040 - 4-7, M100 - 9-12, M150 - 13-17, M180 - 16,5 – 19,5,	Rozpuszczalne w zimnej wodzie, w pełni rozkładane przez organizm. Użycie zamiennika może zredukować ilość tłuszczu do 46% Soluble in cold water, full decomposition. Can reduce fat content to 46%.	Przekąski, produkty piekarskie, słodczyce, produkty mleczne, dresingi do sałatek, produkty do smarowania pieczywa, mrożone desery, produkty mięsne, produkty rybne, z drobiu Hors d'oeuvres; baker's, dairy, meat, fish, chicken and bread spreading products; salad dressings; sweets (candy); frozen desserts	Alexsander, 1995 Bowes, 1993 Fanta, 1995, Jones, 1999 Lucca, 1994, Shemer, 1992

1	2	3	4	5
N-Lite B National Starch & Chemical Company	Maltodekstryna ze skrobi woskowej Maltodextrin wax starch	Kaloryczność 9,6 kJ/g Calorific value of 9.6 kJ/g	Produkty piekarskie Baker's products	Walter, 1993
N-Lite S dawniej N-Lite L jw	Skrobia modyfikowana woskowa Modified wax starch	Odporny na pasteryzację, UHT i procesy aseptyczne, może zastąpić do 100% tłuszczu Resistant to pasteurization, UHT and aseptic processes, can substitute up to 100% of fat	Do żywności o konsystencji płynnej przygotowanych w temp. pow. 70°C (dresingi, zupy, sosy), zupy odgrzewane w mikrofalówkach For food of liquid consistency, prepared at temperature >70°C (dressings, soups, sauces), soups heated in microwave cookers	Walter, 1993
N-Lite SP dawniej N- Lite LP jw. As above	Skrobia modyfikowana Modified starch	Oleisty bez smaku o doskonałej lepkości w produktach płynnych Oily, no taste, perfect viscosity in liquid products.	Stosowana do żywności o konsystencji płynnej przygotowywanych w niskich temperaturach np. sosy, suche mieszanki zup, płynne dresingi For food of liquid consistency, prepared at low temperatures, e.g. sauces, dry soup mixtures, liquid dressings	Bowes 1993, Byrne 1992 Duxbury 1992 Hewitt 1993
Novelose jw. As above	Maltodekstryna z mieszańców wysoko amylozowej kukurydzy; zawartość skrobi odpornej RS min. 15% Maltodextrin from highly amylozed maize hybrids; 15% content of RS resistant starch	Kaloryczność 11,5 kJ/g, neutralny smak, biały kolor. Mała zdolność chłonięcia wody, częściowo rozpuszczalny. Przed użyciem musi być częściowo skleikowany. Redukuje do 20% tłuszczu Calorific value of 11.5 kJ/g, neutral taste, white. Low ability to adsorb water, partially soluble. Requires pasting before use. Can reduce to 20% of fat	Produkty ekstrudowane, produkty piekarskie, makarony, snaki, produkty zbożowe wzbogacane w błonnik Extruded and baker's products; pasta; snacks; cereal products enriched with cellulose	Bradley 1997, Górecka 1999
Optagrate, Optamist Opta Food Ingredients Inc.,	Fizycznie modyfikowana skrobia o dużej zawartości amylazy Physically modified starch of high amylose content	Doskonała stabilność w różnych warunkach przechowywania, odporny na ciepło i kwasy, zmieniają teksturę przez kontrolowanie zawartości wody Perfect stability at different storage conditions; resistant to heat and acids; changing of texture by controlling of water content	Fermentowane produkty mleczne, sery, mrożone desery, śmietany do sałatek, produkty do smarowania pieczywa o dużej zawartości wody Fermented dairy products; cheese; frozen desserts; salad creams; high-water products for spreading bread	Duxbury, 1992, Murray, 1995, Rudolph, 1997
Pure-Gel-990 Grain Processing Corporation Avebe American Inc.	Skrobia modyfikowana Modified starch	Łatwo ulegają hydratacji. Powodują wzrost stabilności sosów, redukują do 50% tłuszczu Hydratable, increases stability of sauces, reduces to 50% of fat.	Sosy, produkty do smarowania pieczywa, polewy, kielbaski, szynka i inne Sauces; bread spreading products; icings; sausages; ham, and others	Roller, 1996, Song, 1995

c.d. Tabela 1

1	2	3	4	5
Star-Dri A.E. Staley Manufacturing Company	Aglomerowana maltodekstryna ze skrobi woskowej Agglomerated maltodextrin from wax starch	Brak danych No data	Produkty piekarskie, napoje, sosy, produkty mleczne, dresingi do sałatek, zupy Baker's and dairy products; sauces; drinks; salad dressings; soups	Fortuna, 2000
Stellar, Instant Stellar A.E. Staley Manufacturing Company	Skrobia hydrolizowana kwasem Acid-hydrolyzed starch	Zamienia 60 – 100% tłuszczu, prawie nierozpuszczalna, tworzy krem o kaloryczności 4,2kJ/g, stabilny w szerokich zakresach temp. i pH Substitutes 60-100% of fat. Rather insoluble, cream consistency, calorific value of 4.2 kJ/g, stable at broad spectrum of temperature and pH.	Produkty piekarskie, polewy, nadzienia, sosy, produkty mleczne, dresingi do sałatek, sery, zupy, słodyczne, desery mrożone, produkty mięsne, produkty do smarowania pieczywa Baker's, dairy and meat products; icings; salad dressings; cheese; soups; stuffing; sweets (candy); frozen desserts; bread spreading products	Glicksman, 1991 Harris, 1993 Jones, 1999, Pszczola, 1991 Stanton, 1996

Tabela 2

Skrobiowe zamienniki tłuszczu produkowane ze skrobi tapiokowej
Tapioca starch based fat replacers

Zamiennik/ Producent Replacer / Producer	Kompozycja Composition	Właściwości Properties	Zastosowanie Applications	Literatura References
1	2	3	4	5
N-Lite D National Starch &Chemical Company, Food Product Division	Skrobia modyfikowana Modified starch	Duża stabilność, specyficzne właściwości topnienia na języku, odporny na procesy UHT, pasteryzację, homogenizację, stabilny pow. 65°C, dobrze rozpuszczalne w wodzie High stability, specific melting properties on tongue; resistant to: UHT processes, pasteurization and homogenization; stable at temperature >65°C; highly soluble in water	Produkty mleczne, napoje, puddingi, lody Dairy products; drinks puddings; ice-cream	Bowes, 1993 Duxbury, 1992 Hewitt, 1993 Walter, 1993
N-Oil, Instant N-OIL, Instant N-Oil II jw. As above	Dekstryna Maltodekstryna Dextrin Maltodextrin	Odporne na wysoką temperaturę, kwasy i siły ścinające, kaloryczność 5,0 kJ/g Resistant to high temperature, acids and coagulation. Calorific value of 5.0 kJ/g.	Słodyczne, zupy, mrożone desery, dresingi do sałatek, produkty typu kwaśna śmietana, jogurty, sosy Sweets (candy); soups; frozen desserts; salad dressings; sour cream; yoghurts; sauces	Alexander, 1995 Glicksman, 1991 Jones, 1999 Miller, 1996

c.d. Tabela 2

1	2	3	4	5
Slenderlean jw. As above	Skrobia modyfikowana Modified starch	Brak danych No data	Produkty mięsne, kiełbaski, burgery Meat products; sausages; burgers	Lucca, 1994 Sanchez, 1995 Schenk, 1992
Sta-Slim 150 Sta-Slim 151 A.E. Staley Manufacturing Comp.	Skrobia modyfikowana (instant), Skrobia modyfikowana (poddana gotowaniu) Modified starch (instant), Modified starch (boiled)	Wpływają na teksturę, wrażenie doustne oraz polepszają właściwości tłuszczów pozostałych w produktach. Przed użyciem należy je poddać gotowaniu. Effects upon texture and flavour. Improves properties of fats remaining in products. Requires boiling before use	Produkty piekarskie, sosy, produkty mleczne, desery, dresingi do sałatek, zupy Baker's and dairy products; sauces; desserts; salad dressings; soups	Alexander, 1995 Bowes, 1993 Glicksman, 1991 Lucca, 1994 Rudolph, 1997 Warner, 1997
Tapi [®] Zumbro Inc., Hayfield	Maltodekstryna Maltodextrin	DE poniżej 3, duża zdolność wiązania wody, daje termoodwracalne żele odporne na siły ścinające i odparowanie DE below 3, high ability to adsorb water, gives thermoreversible gels resistant to coagulation and evaporation	Sery, śmietana, mleczne sosy do namaczania, sosy serowe, produkty do smarowania pieczywa, mrożone desery i jogurt, majonezy, sosy do mięs, napoje Cheese; sour cream; milk and cheese sauces; frozen desserts, yoghurts; mayonnaise; sauces to meat; drinks; bread spreading products	Zumbro, 1998
Tapiocaline Tipiak Inc.	Skrobia modyfikowana Modified starch	Kaloryczność 15,0 kJ/g, ograniczona odporność termiczna, słabo rozpusz. Duża zdolność wiązania wody Calorific value of 15.0 kJ/g, limited thermic resistance, low solubility. High ability to adsorb water.	Produkty mięsne, bardzo dobra w produkcji kiełbas; gotowe posiłki, sosy, produkty mleczne Meat and dairy products; sauces; ready-to-use meals; excellent for making sausages.	Bowes, 1993 Hart, 1993 Mleko, 1994

Tabela 3

Skrobiowe zamienniki tłuszczu produkowane ze skrobi ziemniaczanej
Potato starch based fat replacers

Zamiennik /Producent Replacer / Producer	Kompozycja Composition	Właściwości Properties	Zastosowanie Applications	Literatura References
1	2	3	4	5
C*Pur 01096 C*delight MD 01970 Cerestar Application Center Food	Maltodekstryna Maltodextrin	20% roztwór zamiennika tworzy stałe masłowate termoodwracalne żele, odporne na mieszanie, ogrzewanie, homogenizację, UHT, kaloryczność 16 kJ/g optymalna tekstura w temp.85°C 20 % solution makes stable thermoreversible gels, resistant to stirring, heating, homogenization and UHT; calorific value of 16 kJ/g; optimum texture at 85°C	Dresingi do sałatek, sosy, lody, margaryna, produkty mięsne Salad dressings; sauces; ice-cream; margarine; meat products	Bowes. 1993, Cerestar. 1996, Lawson. 1992, Roller. 1996

1	2	34	4	5
Lycadex 100 Roquette, Francja	Maltodekstryna Maltodextrin	Stosowany tam, gdzie konieczna jest niska koncentracja, smarowna tekstura, tworzy miękkie żele Useful if low concentration and spreading texture are necessary; gives soft gels	Zastępowanie tłuszczu stałych, produkty do smarowania pieczywa, dresingi, lody, produkty piekarskie To replace hydrogenated fats; bread spreading products; dressings; ice-cream; baker's products.	Bowes, 1993 Roller, 1996
Paselli SA2, Paselli Excel Avebe American Inc.	Maltodekstryna Maltodextrin	Niska lepkość, odporny na zamrażanie/rozmarzanie, procesy mikrofalowe, ogrzewanie konwencjonalne. Wykazuje znakomitą smarowność. Low viscosity, resistant to: freezing/thawing, microwave processing and conventional heating. Excellent spreading.	Dresingi sosy, produkty do smarowania pieczywa, mrożone desery, polewy, ciastka, wypełnienie typu maślanego. Dressings; sauces; bread spreading products; frozen desserts; icings; cakes; milk-type filling	Alexander, 1995 Harkema, 1991 Kearsley, 1995 McAuley, 1994
SHP	Maltodekstryna Maltodextrin	DE 5-8, rozpuszczalna w wodzie do stężenia 30%, formuje miękkie smarowne termoodwracalne żele, topniejące w ustach, nadaje kremistą teksturę. DE 5-8, water-soluble to concentration of 30%; gives soft, spreading and thermoreversible gels; melting in mouth; makes cream-type texture	Dresingi, produkty do smarowania pieczywa, kielbaski, pasztety, słodczyce, desery mrożone, majonezy. Dressings; bread spreading products; sausages; pies; sweets (candy); frozen desserts; mayonnaise.	Richter 1976 a, 1976 b Schenk, 1993
Sta-Slim 142 Sta-Slim 143 A.E. Staley Manufacturing Company	Skrobia modyfikowana (instant), Skrobia modyfikowana (poddana gotowaniu) Modified starch (instant), Modified starch (boiled)	Wpływają głównie na teksturę, wrażenie doustne, nie wiążą całkowicie wody. Kaloryczność ok. 17 kJ/g Effects upon texture and flavour. Water adsorption highly limited. Calorific value of approx. 17 kJ/g.	Produkty piekarskie. Sosy, produkty mleczne, desery, dresingi do sałatek, zupy Baker's and dairy products; sauces; desserts; salad dressings; soups.	Alexander, 1995 Altschul, 1993 Glicksman, 1991 Jones, 1999

SKROBIE MODYFIKOWANE — MALTODEKSTRYNY

Skrobie stosowane w produkcji żywności najczęściej modyfikuje się chemicznie lub enzymatycznie. Skrobie modyfikowane chemicznie stanowią największy udział na rynku skrobi modyfikowanych. Ich otrzymanie polega w większości przypadków na depolimeryzacji cząsteczki skrobi za pomocą kwasów lub alkaliów, a także kombinacji wielu typów reakcji chemicznych najczęściej utleniania, estryfikacji czy eteryfikacji (Fortuna, 2000; Tomasiak, 2000).

Szczególnym przypadkiem skrobi modyfikowanych są maltodekstryny — powstające w wyniku częściowej hydrolizy skrobi, zwłaszcza poprzez jej upłynnienie bakteryjną α -amylazą, rozkładającą wiązania α -1,4 glikozydowe.

Tabela 4

Skrobiowe zamienniki tłuszczu produkowane ze skrobi ryżowej
Rice starch based fat replacers

Zamiennik /Producent Replacer /Producer	Kompozycja Composition	Właściwości Properties	Zastosowanie Applications	Literatura References
1	2	3	4	5
Remyline, Remygel Remy Industries S.A. Leuven, Belgia/ A&B Ingredients Inc.	Remyline – skrobia z woskowych mieszkańców ryżowych w stosunku amylopektyny do amylozy 98: 2 Remygel – woskowa modyfikowana skrobia ryżowa Remyline – starch from wax rice hybrids; amylopectin : amylose ratio 98 : 2. Remygel – modified wax rice starch.	Dobrze adsorbują i stabilizują wodę, wytrzymują temperaturę sterylizacji, cykle zamrażania i rozmrężania. Wartość kaloryczna ok.17 kJ/g. Jeden gram skrobi zastępuje 4–5g tłuszczu. Good water adsorption and stabilizing, resistant to: sterilization temperature, freezing and defrosting cycles. Calorific value of approx. 17 kJ/g. One gram of starch substitutes 4-5 g of fat.	Produkty mleczarskie, żywność dla dzieci, sosy, zupy, dressingi do sałatek, majonez, produkty piekarskie, margaryny, żywność mrożona, lody, produkty mięsne Baker's, dairy and meat products; food for children; sauces; soups; salad dressings; mayonnaise; margarine; frozen foods; ice-cream.	Alexander, 1995 LaBell, 1991
Rice*Trim 3 Complete Rice*Trim 10 Complete Rice*Trim 18 Complete Rice*Trim 10 Rice*Trim 18 Rice*Trim Complete 3 Zumbro Inc.	Skrobie hydrolizowane Hydrolyzed starchs	Całkowicie trawiony, wartość kaloryczna 1 g 25% żelu wynosi 4 kJ/g Entirely digestible. Calorific value of one gram of 25% gel is 4 kJ/g	Produkty piekarskie, składniki do produktów piekarskich, produkty śniadaniowe typu płatki itp., żywność dla dzieci, sosy, produkty mleczne, produkty mięsne, rybne oraz z drobiu, dressingi do sałatek, serki do rozsmarowywania Baker's, dairy, meat, fish and chicken products; components to baker's products; breakfast products (e.g. corn flakes); salad dressings; cream cheese.	Bowes, 1993 Giese, 1996 Pszczola, 1991 Zumbro, 1998 a
Starch Plus SPR California Natural Products	Skrobia naturalna Natural starch	Posiada duże pozostałości białka przy braku błonnika i tłuszczu. Odporny na cykle rozmrężania/ zamrażania, dobrze rozpuszczalny w wodzie High content of residual protein, no cellulose, no fat. Resistant to freezing/defrozing; highly soluble in water.	Produkty piekarskie Baker's products.	[Juttelstad 1994]
Starch Plus SPW – LP California Natural Products	Skrobia o dużej zawartości amylopektyny Starch with high content of amylopectine	Łatwo się miesza, ma dobra stabilność na zamrażanie/ rozmrężanie, często używana w połączeniu z karawanem Easy to stir, resistant to freezing/defrosting; often used in combination with carragen	Produkty mrożone Frozen products.	Bowes, 1993 Juttelstad, 1994

1	2	3	4	5
Superbase Exscelson	Mixture of hydolyzed rice, concentrate of whey proteins and xanthan gum	Doskonały nośnik związków smakowo-zapachowych, wartość kaloryczna 17 kJ/g. Łatwo rozprowadzana w wodzie i gazach. Duża stabilność na cykle zamrażania i rozmrażania Excellent carrier of taste-flavour compounds. Calorific value of 17 kJ/g. Easily dissolved in water and gases. High stability at freezing/thawing	Puddingi, szejki, dresingi, niskotłuszczowe kielbaski, zupy kremowe, sery Puddings; shakes; dressings; low-fat sausages; cream soups; cheese.	Duxbury, 1990 Jones, 1999 Lucca, 1994

Znany już od XIX w. termin maltodekstryna na szerszą skalę został użyty w 1950 roku, aby opisać oligosacharydy, zawierające glukozę połączoną wiązaniami α -1-4 glikozydowymi, wliczając maltozę, maltotriozę, maltotetrozę, maltopentozę i wyższe oligosacharydy (Schenk, 1992). Obecnie maltodekstryny definiowane są jako skrobie pochodzenia roślinnego poddane częściowej hydrolizie enzymatycznej o równoważniku glukozowym (DE) poniżej 20 (Roller, 1996).

Często maltodekstryny nazywa się skrobiowymi produktami hydrolizowanymi lub w skrócie SHP (starch hydrolysis products) (Richter, 1976 a, 1976 b). Skrobiowe produkty hydrolizowane, to termin używany w bardzo szerokim znaczeniu do opisanie mieszaniny oligosacharydów i monosacharydu — glukozy — otrzymanych na drodze kwasowej lub enzymatycznej degradacji skrobi. Zgodnie z tą definicją maltodekstryny i syropy skrobiowe zaliczane są do SHP.

Według Grupy Ekspertów Skrobiowych (STEX), maltodekstryna jest wytwarzana przez częściową hydrolizę skleikowanej skrobi spożywczej, za pomocą kwasów dopuszczonych do stosowania w przemyśle spożywczym i/lub enzymów (Roller, 1996).

Podstawową właściwością opisującą maltodekstryny jest równoważnik glukozowy — DE (dextrose equivalent), który jednak nie charakteryzuje oligosacharydowego spektrum hydrolizatów. Identyczna wartość DE dwóch różnych hydrolizatów nie świadczy automatycznie, że mają one identyczny skład cząsteczkowy. W 100 stopniowej skali, DE skrobi wynosi 0, a glukozy 100.

Maltodekstryny, których wartość równoważnika glukozowego (DE) zawiera się w przedziale DE = 7–10 — to maltodekstryny niskoscukrzane, o DE do 15 — to maltodekstryny średnioskukrzane. DE do 20 oznacza maltodekstryny wysokoscukrzane. Wszystkie one mają postać białego proszku o zawartości wody do 6%, dzięki czemu są dogodne w stosowaniu (Fortuna, 2000). Wraz ze wzrostem DE maltodekstryny charakteryzują się lepszą rozpuszczalnością w wodzie oraz bardziej słodkim smakiem. Rozpuszczone w wodzie dają przezroczyste lub opalizujące roztwory, nie ulegające retrogradacji, z tłuszczami tworzą też emulsje, w znaczny sposób wiążące wodę (Anonim, 1991).

Fizykochemiczne właściwości maltodekstryn zmieniają się zależnie od stopnia skurczenia. Hydroliza enzymatyczna jest bardziej selektywna, co przy właściwym doborze enzymów i parametrów reakcji umożliwia otrzymanie maltodekstryn o zróżnicowanych właściwościach. Proces ten w porównaniu z hydrolizą kwasową przebiega w łagodniejszych warunkach temperatury, pH, ciśnienia (Anonim, 1990 a; Anonim, 1990 b).

Tabela 5

Skrobiowe zamienniki tłuszczu produkowane ze skrobi owsianej
Oats starch based fat replacers

Zamiennik/ Producent Replacer/ Producer	Kompozycja Composition	Właściwości Properties	Zastosowanie Applications	Literatura References
Oatrim Quaker Oats Company	Enzymatycznie hydrolizowana mąka owsiana Enzymatically hydrolyzed oat flour	Odporny na ciepło, silnie chłonie wodę, wytrzymuje odparowanie oraz krótkie pobyty w wysokiej temperaturze. Jest nie odporny na smażenie. Kaloryczność 4,0 kJ/g, zawiera nawet do 25% β - glukanów Resistant to heat; good water adsorption; tolerant to evaporation and short exposure to high temperatures. Not resistant to frying. Calorific value of 4.0 kJ/g. Contains up to 25% of β -glucans.	Produkty piekarskie i składniki do produktów piekarskich, przekąski, sosy, produkty mleczne, produkty mięsne, produkty rybne i produkty z drobiu, dresingi do sałatek, zupy, produkty do smarowania pieczywa Baker's, dairy, meat, fish and chicken products; components to baker's products; snacks; sauces; salad dressings; soups; bread spreading products	Akoh, 1998 Baure, 1993 Anonim, 1996 Inglett, 1991 Inglett, 1994 Miller, 1996
Trim Choice A.E. Staley Manufacturing Co.	Zhydrolizowana mąka owsiana o DE = 5 oraz z 5% zawartością β -glukanu Hydrolyzed oat flour, DE=5, 5% content of β -glucans	Brak danych No data	Dresingi sałatkowe, majonezy, produkty mięsne, produkty piekarnicze, ciastkarskie, lody, napoje, sosy, zupy, sery, margaryny, żywność dietetyczna, produkty rozsmarowujące się, żywność dla zwierząt domowych Salad dressings; mayonnaise; baker's and meat products; cakes; ice-cream; drinks; sauces; soups; cheese; margarine; dietetic food; spreading products; food for domestic animals	Fortuna, 2000

Komercyjnie produkowane maltodekstryny obecne na rynku mają zbliżony skład i w konsekwencji podobne właściwości zastępujące tłuszcz. Różnice w tych własnościach tłumaczone są głównie jako efekt odmiennej struktury chemicznej skrobi (tab. 1–6). Zarówno amyloza jak i amylopektyna odgrywają ważną rolę w oddziaływaniu na funkcjonalne właściwości maltodekstryn. Dlatego też rozmiar i ukształtowanie

przestrzennej struktury molekuł w maltodekstrynach ma wpływ na naśladowcze właściwości tłuszczu (Roller, 1996). Z badań przeprowadzonych na zamiennikach tłuszczu wynika, że ciężar cząsteczkowy nie ma większego znaczenia w kontekście substytucji tłuszczu (Roller, 1996).

Maltodekstryny są jednorodnym materiałem używanym jako pozbawiony słodczy nośnik związków smakowo-zapachowych oraz jako wypełniacz niewpływający niekorzystnie na właściwości fizykochemiczne produktu, a także niewywierający niepożądanych efektów w organizmie (Roller, 1996).

Obecność maltodekstryn o DE do 20 nie wpływa w sposób znaczący na takie procesy i parametry jak: reakcje brązowienia, punkt krytyczny zamarzania, hydrofobowość, słodkość, rozpuszczalność, osmotyczność, gęstość, zdolność do formowania filmu, kohezja.

W zastępowaniu tłuszczu najbardziej pożądaną właściwością jest zdolność do formowania miękkich, smarownych, termoodwracalnych żeli z właściwościami topienia się na języku, co daje odczucie obecności tłuszczu w produktach (Roller, 1996). Dla konsumentów właściwości takie w połączeniu z innymi składnikami żywności dają przyjemny profil sensoryczny: wilgotność, smarowność, smak i teksturę (Monaka, 1997).

Dzięki swym właściwościom maltodekstryny mogą być wykorzystywane m.in. jako stabilizatory, emulgatory, spulchniacze, wypełniacze (tab. 1–6). Wywierają też duży wpływ na wilgotność żywności. W zakresie zdolności wiązania i zatrzymywania wody, naśladując właściwości wypełniaczy, doskonale współdziałają z gumami i błonnikami.

Zdolność do tworzenia termoodwracalnych żeli o konsystencji bardzo zbliżonej do tłuszczów sprawiła, że niskoscukrzone maltodekstryny prawdopodobnie już na stałe znalazły swoje główne zastosowanie jako niskokaloryczne zamienniki tłuszczowe.

Tabela 6

Skrobiowe zamienniki tłuszczu produkowane ze skrobi z grochu
Pea starch based fat replacers

Zamiennik/ Producent Replacer/ Producer	Kompozycja Composition	Właściwości Properties	Zastosowanie Applications	Literatura References
Still Water Crystal Woodstone Foods Corporation	Krystaliczne cząstki zmodyfikowanego węglowodanu z grochu Crystalline molecules of modified carbohydrate from pea	Cząsteczki zamiennika mają zdolność do zatrzymywania wody na stałe, silnie absorbują wodę, żel jest odporny na cykle zamrażania i rozmrażania, kwasy i odparowywanie Molecules of replacer are highly able to adsorb water; gel is resistant to: freezing/thawing cycles, acids and evaporation	Pieczyno, produkty mięsne i mleczne Bread; meat and dairy products	Anonim, 1993 Roller, 1996 Singer, 1989

Aby wprowadzić węglowodanowy zamiennik tłuszczowy do żywności stosuje się dwa sposoby. Pierwszy to połączenie substancji pełniącej rolę zamiennika z suchymi składnikami przyszłego produktu, a następnie rozprowadzenie z wodą (stosowany na przykład przy produkcji ciastek). Drugi sposób polega na uprzednim połączeniu substancji zamiennika z wodą, w wyniku czego tworzy się krem lub żel o właściwościach podobnych

do tłuszczu, i w takiej postaci jest następnie dodawany do przyszłego produktu (Yackel, 1992). W pierwszej metodzie przygotowania redukcja kaloryczności wynosi najczęściej 21 kJ/g, w drugiej średnio 34 kJ/g.

Zastąpienie tłuszczu może spowodować zmiany w produktach, których zniwelowanie wymagać będzie wprowadzenia korekt w składzie produktu. Wzrost aktywności wodnej wywołany zastosowaniem maltodekstryn wpływa na zachwianie stabilności mikrobiologicznej, a to powoduje konieczność użycia konserwantów, wypełniaczy oraz zastosowania aseptycznych procesów obróbki (Schirle-Keller, 1996; Yackel, 1992). Niektóre zamienniki tłuszczu zwiększają wilgotność produktów, co nadaje im niewłaściwą charakterystykę i skróca trwałość. W przypadku wyrobów piekarskich maltodekstryny wiążąc trwale wodę powiększają ich objętość, wpływają równocześnie na teksturę i przedłużenie jakości sensorycznej w okresie przechowywania. Z drugiej strony zbyt duża wilgotność może doprowadzić do niestabilności i wzrostu liczby drobnoustrojów w uzyskanych produktach (Nonaka, 1997).

W niskokalorycznych artykułach spożywczych zauważono również zmiany smakowitości. Zamiana naturalnego tłuszczu w składnikach żywności nie wpływa korzystnie na smakowitość, gdyż związki smakowe i zapachowe inaczej reagują z węglowodanami (oligosacharydami) niż z tłuszczami (Schirle-Keller, 1996). Poza tym uwalnianie substancji smakowo-zapachowych następuje szybciej z systemów woda/węglowodany niż z układów tłuszczowych, gdyż związki nadające smak są najczęściej rozpuszczalne w tłuszczu. Natomiast w przypadku węglowodanów są one „skompleksowane” lub inkluzyjnie włączone między łańcuchami amylozy lub amylopektyny dzięki interakcjom hydrofobowym (Gronowska-Senger, 1995). Aby zamiennik tłuszczu mógł rzeczywiście zastępować tłuszcz, proces nadawania zapachu produktom musi być zmodyfikowany tak, by odzwierciedlał różnice, jakie występują w oddziaływaniach między aromatem a tłuszczem czy zamiennikiem (Mleko, 1994). Podczas komponowania formuły produktu należy zwrócić również uwagę na takie zjawiska, jak reakcje Maillarda, które mogą przyczynić się do zmiany smaku i zapachu w produkcie (Gronowska-Senger, 1995).

Maltodekstryny, jako pochodne skrobi, mogą też wykazywać niepożądane cechy dla przykładu: złą odporność na kwasy, zamrażanie i rozmrażanie oraz wysoką temperaturę. Nadmierne zastosowanie maltodekstryn w kompozycji składników żywności może również przyczynić się do powstania posmaku skrobiowego w produkcie.

Bezpieczeństwo stosowania zamienników tłuszczu oparte jest na takich wskaźnikach, jak efekt toksykologiczny, wpływ na dietę i oczekiwany poziom spożycia przez populację.

Większość zamienników tłuszczu pochodzenia skrobiowego określana jest jako „modyfikowane skrobie” lub „maltodekstryny”. Stosowanie skrobi modyfikowanych w produkcji środków spożywczych znalazło swój status w umieszczeniu ich na liście dodatków do żywności, gdzie określa się ich rodzaj, zakres dawkowania i wskazuje, w jakich środkach spożywczych lub używkach mogą być wykorzystywane (Lawendowicz, 1994). Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 17 marca 2003 w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych, substancji pomagających w przetwarzaniu i warunków ich stosowania (Dziennik Ustaw z dnia 19.05.2003, nr 87, poz. 805, § 2. pkt. 4) podaje, że wykaz dozwolonych substancji dodatkowych nie obejmuje: dekstryny białej lub żółtej,

prażonej lub dekstrynizowanej skrobi, skrobi modyfikowanej działaniem kwasów lub zasad, skrobi bielonej, fizycznie modyfikowanej skrobi i skrobi traktowanej enzymami amylolitycznymi. Do tej grupy związków należy zaliczyć zatem również maltodekstryny, które również w UE uznawane są za bezpieczne składniki żywności i dlatego nie są klasyfikowane jako dodatki do żywności, a ich stosowanie sprowadza się głównie do przestrzegania zasady zgodności z dobrą praktyką produkcyjną (Schmidt, 1993). W USA użycie maltodekstryń w żywności określają Federalne Regulacje (921 CFR 184.4444) (Roller, 1996). Departament Żywności i Leków wymaga, aby produkty z zawartością powyżej 15 g maltodekstryń były oznakowane, co ma ostrzec konsumentów przed nadmiernym spożyciem produktów zawierających w swym składzie maltodekstryny, mogące wywołać biegunki (Roller, 1996; USA Food & Drug Administration Regulation 21 CFR Part 105). Przypadki takie dotyczą popularnego na rynku amerykańskim Oatrimu, zamiennika tłuszczowego opartego na skrobi owsianej, w składzie którego występuje nawet do 10% β -glukanów, prawdopodobnie odpowiedzialnych za powstawanie tej dolegliwości.

Zamienniki takie jak Paselli SA 2 mogą być oznaczone jako skrobie lub jako maltodekstryny zależnie od lokalnego prawa, zaś w przypadku Sta-Slim™, preparat ten musi być oznakowany jako skrobia zmodyfikowana, gdy używany jest jako dodatek do żywności (Roller, 1996).

Użycie zamienników tłuszczu może powodować też pewne ograniczenia w nazewnictwie. Np. margaryna z wprowadzonym zamiennikiem tłuszczu powodującym obniżenie kaloryczności nie może być nazwana „margaryną”, gdyż nie ma odpowiedniej zawartości tłuszczu wymaganej w tym produkcie (Stanton, 1996). To samo dotyczy produktów mlecznych, np.: użycie maltodekstryń w lodach niskotłuszczowych nie zezwala na użycie nazwy „lody” i dlatego nazywa się je „mrożonymi deserami” (Roller, 1996).

PODSUMOWANIE

Dzięki wprowadzeniu na szeroką skalę zamienników tłuszczowych do produkcji artykułów spożywczych, na rynku znalazło się wiele atrakcyjnych z żywieniowego punktu widzenia produktów. Zastosowanie maltodekstryń przyczyniło się do zaoferowania konsumentom nowej generacji żywności o obniżonej kaloryczności, a jednocześnie pozwala obniżyć zawartość cholesterolu w diecie, przy walorach organoleptycznych nieodbiegających od żywności tradycyjnej.

LITERATURA

- Akoh C. 1998. Fat replacers. *Food Technol.* 52: 47 — 53.
- Alexsander R. 1995. Fat replacers based on starch, *Cereal Foods World* 40: 366 — 368.
- Altschul A. 1993. *Low Calorie Foods Handbook* (ed. Marcel Decker), Inc. New York.
- Anonim. 1990 a. Fat substitute update. *Food Technol.* 44: 92 — 97.
- Anonim. 1990 b. USDA's Oatrim replaces fat in many food products. *Food Technol.* 44: 100.
- Anonim. 1991 a. Rice-based fat replacer introduced. *Food Eng.* 63: 43 — 46.
- Anonim. 1991 b. Turn on the lites. *Food Eng.* 63: 41 — 44.
- Anonim. 1991 c. Ultra-funcional dairy blend. *Dairy Foods* 92: 72.

- Anonim. 1992. Low fat cold-pack. Dairy Foods 93: 60 — 61.
- Anonim. 1993. Frontiers in fat substitution. Prepared Foods 162: 87 — 88.
- Anonim. 1999. Lycadex®. The natural choice for light products. Roquette.
- Baure S. 1993. Two thumbs up for oatrim, Agric. Research, 12: 4 — 7.
- Best D. 1990. IFT spotlights health foods. Food Man. Inter. 7/8: 15 — 16.
- Bowes S. 1993. Fat substitutes, Leatherhead Food R. A. Leatherhead, UK.
- Bradley G., Wroniak M. 1997. Skrobia oporna i jej wykorzystanie jako źródło błonnika pokarmowego w produkcji żywności. Przem. Spoż. 12: 19 — 20.
- Byrne M. 1992. Fat replacers in focus. Food Eng. Intern. 17: 41 — 44.
- Cerestar. 1996. Fat replace will help encourage healthier eating. Confect. Prod. 62: 8 — 9.
- Clark D. 1994. Fat replacers and fat substitutes. Food Technol. 48: 86 — 53.
- Duxbury D. 1990 a. Fat — sparing starch can replace 100% fat/oil for 96% calorie reduction. Food Proc. 51: 38.
- Duxbury D. 1990 b. Modified food starches partially replacers fats, oils and provide smooth texture. Food Proc. 50: 86 — 88.
- Fanta G., Eskins K. 1995. Stable starch — lipid compositions prepared by steam jet cooking. Carb. Polym. 28: 171 — 175.
- Fortuna T., Sobolewska J. 2000. Maltodekstryny i ich wykorzystanie w przemyśle spożywczym. Żywność. Nauka, Technologia, Jakość, 23: 100 — 109.
- Giese J. 1996. Fats, oils, and fat replacers. Food Technol. 50: 77 — 83.
- Glicksman M. 1991. Hydrocolloids and the search for the 'oily grail'. Food Technol. 45: 94, 96 — 101, 103.
- Gronowska-Senger A. 1995. Zalecenia żywieniowe — korzyści i kontrowersje. Żywnienie Człowieka i Metabolizm 22: 184 — 191.
- Górecka D. 1999. Anioła J. Kierunki wykorzystania preparatów błonnikowych w przemyśle spożywczym. Przem. Spoż. 9: 46 — 48.
- Harkema J. Paselli S. A. 1991. A fat replace based on potato starch. European Food & Drink Review, Summer: 17 — 18.
- Harris D., Day G. 1993. Structure versus functional relationships of a new starch-based fat replacer. Starch/Stärke, 45: 221 — 226.
- Hart B., Price K. 1993. New potential for low fat beefburgers. Food Man. 68: 42 — 43.
- Hewitt L. 1993. The low fat no fat boom. Food Manufact. 68: 23 — 24.
- Inglett G., Girasmore S. 1991. Maltodextrin fat substitute lowers cholesterol. Food Technol. 45: 104.
- Inglett G., Warner K., Newman R. 1994. Sensory and nutritional evaluations of Oatrim. Cereal Food World, 39: 755 — 756, 758 — 759.
- Jones S. 1999. Fat replacers — the broad perspective I. World of Ingredients, 05/06: 8 — 13.
- Juttelstad A. 1994. New Interest in Grains & Fiber. <http://www.foodexplorer.com/product/apps/techut/FF11641.htm>.
- Kearsley M., Dziedzic S. 1995. Handbook of starch hydrolysis products and their derivatives. Blackie Academic & Professional, London.
- Klish W. 1997. Tłuszcze w żywieniu dzieci w USA —perspektywiczne spojrzenie. Przem. Spoż. 4: 14 — 15.
- LaBell F. 1991. Rice starch reduces fat, adds creamy texture without impairing flavour. Food Proc. 52: 95 — 96.
- Lewandowicz G., Walkowski A. 1994. Aspekty żywieniowe i toksykologiczne stosowania skrobi modyfikowanych. Przem. Spoż. 11: 365 — 368, 376.
- Lucca P., Tepper B. 1994. Fat replacers and the functionality of fat in foods. Trends in Food Sci. & Techn. 5: 12 — 19.
- Mattes R. 1998. Position of the American dietetic association: fat replacers. J. Am. Dietetic Assoc. 98: 463 — 468.
- Miller Jones J. 1996. Fat substitutes: nutritional promise or potential disaster? Chemistry & Industry, 13: 494 — 498.
- Mleko S., Achremowicz B. 1994. Zamienniki tłuszczu otrzymywane w procesie mikrokoagulacji koncentratów i izolatów białek serwatkowych. Przem. Spoż. 6: 166 — 167.

- Murray P. 1995. Exploring the foundation of fat replacement. *Food Techn.* 49, 2: 24 — 28.
- Nonaka H. 1997. Plant carbohydrate-derived products as fat replacers and calorie reducers. *Cereal Food World*, 42: 376 — 378.
- Orthoefer F., McCaskill D., Cooper D. 1995. Rice based fat replacers. *Food Techn.* 49: 36, 38, 40.
- Polski Consensus Tłuszczowy. 1996. *Przem. Spoż.* 10: 12.
- Pszczola D. 1991. Carbohydrate based ingredient performs like fat for use in a variety of food applications. *Food Techn.* 45: 262 — 263.
- Richter M., Schierbaum F., Augustat S., Knohch D. 1976 a. Method of producing starch hydrolysis products for use as food additives. U.S. Patent 3, 962, 465.
- Richter M., Schierbaum F., Augustat S., Knohch D. 1976 b. Process for the production of starch hydrolysis products. U.K. Patent 1, 423, 780.
- Roller S., Jones S. (ed.). 1996. *Handbook of Fat Replacers*. CRC Press, Inc. New York.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 17. 03. 2003. Dz. U. nr 87, poz. 805 w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych, substancji pomagających w przetwarzaniu i warunków ich stosowania.
- Rudolph M. 1997. Can low fat and fat free dairy foods taste great?. *Dairy Field* 180: 27 — 29.
- Sanchez C., Klopfenstein C., Walker C. 1995. Use of carbohydrate based fat substitutes and emulsifying agents in reduced fat shortbread cookies. *Cereal Chem.* 72: 25 — 29.
- Schenk F., Hebeda R. 1992. Maltodextrins: Production, properties and applications. *Starch hydrolysis products*. VCH Publishers, New York, USA.
- Schirle-Keller J. P. X. 1996. Flavour interaction with fat replacers and aspartame. *Dissertation Abstracts International*, -B, 56 (12): 6483 — 6484.
- Schmidt K., Lundy A., Reynolds J., Yee L. 1993. Carbohydrate or protein based fat mimicker effects on ice milk properties. *J. Food Sci.* 58: 761 — 779.
- Shemer M., Shemer S. 1992. Fat substitute for food products. W.O. 92/021470.
- Singer N., Tang P., Cahng H., Dunn J. 1989. Carbohydrate cream substitute. European Patent Application, 0493,696. NutraSweet Co.
- Singhal R., Gupta A., Kulkarni P. 1991. Low calorie fat substitutes. *Trends in Food, Sci. & Techn.* 2, 10: 241.
- Słomińska L. 1999. Węglowodanowe zamienniki tłuszczu. *Przem. Spoż.* 7: 12 — 15.
- Song E., Lee C. 1995. Selection and physical characterization of starch- based fat replacer for low-fat frankfurters. IFA Annual Meeting.
- Stanton J. 1996. *Fat substitutes*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester UK.
- Toma D. 1997. Formulation of a sugar-free fat-free cake: role of water and functional properties of fat replacers and bulking agents. *Dissertation Abstracts International*, B; 58, 3: 1036 — 1037.
- Tomasik P. 2000. Skrobie modyfikowane i ich zastosowania. *Przem. Spoż.* 4: 16 — 18.
- Tyszkiewicz I. 1992. Zamienniki tłuszczu w technologii żywności o obniżonej energetyczności. *Przem. Spoż.* 5/6: 132 — 134.
- Walter T. 1993. New application specific fat replacers for the dairy industry. *Intern. Food Ingredients* 4: 29 — 32.
- Warner K., Inglett G. 1997. Flavor and texture. Characteristics of foods containing. Trim corn and oat fibers. as fat and flour replacers. *Cereal Food World* 42: 821 — 825.
- Yackel W., Cox C. 1992. Application of starch-based fat replacers. *Food Techn.* 46: 146 — 148.
- Ziemlański Ś. 1996. Tłuszcze w żywieniu człowieka-nowe koncepcje i zalecenia. *Przem. Spoż.* 10: 10 — 11.
- Zumbro. 1998 a. Inc., Zumbro, Inc. Speciality Food Ingredients, Rice*Complete®3. Hayfield, Minnesota.
- Zumbro. 1998 b. Inc., Zumbro, Inc. Speciality Food Ingredients, Tapi®, Hayfield, Minnesota.

HALINA GAMBUŚ¹
MAREK GIBIŃSKI¹
FLORIAN GAMBUŚ²

¹ Katedra Technologii Węglowodanów, Akademia Rolnicza w Krakowie

² Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Krakowie

Możliwość zastąpienia tłuszczu w herbatnikach maltodekstryną owsianą

Oat maltodextrin as a replacer of fat in biscuits

Do wypieku herbatników Piccolino użyto maltodekstryny owsianej otrzymanej ze zmielonego ziarna owsa poprzez hydrolizę α -amylazą bakteryjną, zastępując nią margarynę w ilości 5, 10 lub 15%. Uzyskano nowe produkty cukiernicze o obniżonej kaloryczności i zwiększonej wartości dietetycznej, w porównaniu z herbatnikami tradycyjnymi, przy czym najwyższą ocenę konsumentką uzyskały wyroby z 5% udziałem maltodekstryny w miejsce tłuszczu. Herbatniki z maltodekstryną odznaczały się istotnym wzrostem zawartości białka ogółem, większą zawartością rozpuszczalnej frakcji włókna pokarmowego oraz wyraźnym zwiększeniem zawartości Zn i Ca, w porównaniu z herbatnikami tradycyjnymi. Zastąpienie maltodekstryną owsianą części tłuszczu w badanych herbatnikach wpłynęło na przedłużenie ich przydatności do spożycia.

Słowa kluczowe: jakość herbatników, maltodekstryna owsiana, wartość dietetyczna i kaloryczna, zamiennik tłuszczu

Biscuits Piccolino were prepared with oat maltodextrin, obtained from the milled oat grain by treatment with bacterial α -amylase. The maltodextrin was used to replace 5, 10 or 15% of margarine. The obtained pastry was characterized by a reduced calorific value, and a higher dietary one as compared to the standard. The highest consumer scores were obtained with the products containing 5% of oat maltodextrin. In the biscuits with maltodextrin, compared to the standard ones, a significant increase in the content both of protein and soluble dietary fibre was recorded. The amounts of Zn and Ca were also higher. Partial replacement of fat with maltodextrin lengthened the shelf life of the products.

Key words: biscuits, dietary value, fat replacer, oat maltodextrin

WSTĘP

Propagowane przez żywieniowców, a motywowane względami zdrowotnymi dążenie do zmniejszenia spożycia tłuszczu przejawia się opracowywaniem coraz to nowych technologii produktów żywnościowych, które w miejsce tłuszczu zawierają tzw. zamienniki lub substytuty tłuszczu. Są to substancje otrzymywane różnymi sposobami,

głównie przez obróbkę naturalnych produktów żywnościowych, takich jak: białko jaja, serwatka i owies. Celem tej obróbki jest uzyskanie właściwości sensorycznych (struktura, smak) cechujących tłuszcz, przy jednoczesnym dostarczaniu mniejszej ilości kalorii oraz uleganiu w mniejszym stopniu przemianie materii niż tłuszcz (Słomińska, 1999).

Węglowodanowe zamienniki tłuszczu to najwcześniej wprowadzone na rynek preparaty zastępujące tłuszcz, a spośród nich szczególnymi zaletami zdrowotnymi wyróżniają się maltodekstryny pod nazwą handlową Oatrim i Trim Choise, otrzymywane przez enzymatyczną hydrolizę produktów przemiału owsa i wykazujące zdolność obniżania poziomu cholesterolu we krwi (Duxbury, 1990; Inglett i Grisamore, 1991; Słomińska, 1999). Zdolność ta jest tym większa im większa jest zawartość w preparacie β -glukanu, który jest składnikiem rozpuszczalnej frakcji owsianego włókna pokarmowego (Inglett i in., 1994 a i b; Bartnikowska i Lange, 2000).

W produkcji żywności, zastępując tłuszcz zamiennikami należy pamiętać, że konsument żąda produktu o smaku i teksturze nieodbiegających od ich naturalnej charakterystyki. Ponieważ tłuszcz wpływa istotnie na obie te cechy, ograniczenie jego zawartości przy konieczności zachowania naturalnego smaku i wyglądu produktu, wcale nie jest łatwe (Tyszkiewicz, 1992; Górecka i Anioła, 1999).

Celem pracy było opracowanie receptury pieczywa cukierniczego trwałego, w którym, bez obniżenia akceptacji konsumenckiej, zredukowano zawartość tłuszczu zastępując go maltodekstryną owsianą, otrzymaną z całego ziarna owsa w warunkach laboratoryjnych.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym były herbatniki o nazwie Piccolino wypiekane według zmodyfikowanej receptury zaczerpniętej z podręcznika S. Wyczańskiego pt. „Cukiernictwo” (1994). Herbatniki wypieczone według oryginalnej receptury przyjęto jako standard. Do wypieku stosowano mąkę pszenną Krupczatkę typu 500 oraz maltodekstrynę owsianą otrzymaną w Katedrze Technologii Węglowodanów poprzez hydrolizę enzymatyczną zmielonego, całego ziarna owsa odmiany Cwał, α -amylazą bakteryjną o nazwie handlowej Nervanase T, stosując postępowanie wg patentu Ingletta (1991). Ziarno owsa dostarczono ze Stacji Hodowli Roślin w Strzelcach.

Wypieczono, a następnie poddano analizie cztery rodzaje herbatników Piccolino: standardowe oraz te, w których margarynę zastąpiono maltodekstryną owsianą w ilości 5%, 10% i 15%. Ze względu na założony cel i trudności technologiczne podczas formowania ciasta z zamiennikiem tłuszczu, skład surowcowy ciasta musiał ulec zmianie w stosunku do oryginalnej receptury. Ponieważ ciasto z maltodekstryną charakteryzowało się małą spójnością, dodawano do niego 3 g 2% płynnego mleka. Ponadto cukier kryształ zastąpiono cukrem pudrem, a w celu poprawienia smaku do wszystkich prób dodano cukier wanilinowy i zrezygnowano z udziału proszku do pieczenia.

Ocenę organoleptyczną uzyskanych produktów przeprowadził 17. osobowy panel o sprawdzonej wrażliwości sensorycznej, wg BN-70/8090-13, stosując pięciopunktową skalę ocen i odpowiednie współczynniki ważkości. Ponadto oznaczono twardość

herbatników w dniu wypieku i po 30 dniach przechowywania w słoikach szklanych zgodnie z PN-A-74859:1994, tekstuometrem TA-XT2 z oprogramowaniem XTR1.

W badanych herbatnikach oceniono zawartość następujących składników chemicznych: tłuszczu surowego, białka ogółem, włókna pokarmowego (frakcji nierozpuszczalnej i rozpuszczalnej) oraz popiołu całkowitego, metodami AOAC (1990). Oznaczono także zawartość wybranych makro- i mikroelementów oraz niektórych metali ciężkich spektrofotometrem absorpcji atomowej PU 9100X firmy Philips z korekcją tła prowadzoną przy użyciu lampy deuterowej (D_2). Mineralizację rozdrobnionego materiału przeprowadzono w mieszaninie stężonych kwasów $HNO_3 + HClO_4$ (3:1).

Badając proces starzenia się tłuszczu zawartego w herbatnikach podczas 3-miesięcznego przechowywania, co miesiąc oznaczano w nim stałe tłuszczowe, tj. liczbę kwasową wg PN-79/A-88024 i zawartość nadtlenków wg PN-ISO 3960:1996.

Jednoczynnikową analizę wariancji przeprowadzono posługując się programem komputerowym STAT Skierniewice. Istotność różnic pomiędzy średnimi określano testem Duncana.

WYNIKI I DYSKUSJA

W tabeli 1 przedstawiono skład chemiczny otrzymanego hydrolizatu owsianego. DE (Dextrose Equivalent) określający zdolność redukcyjną hydrolizatu wynosi 5,5, zgodnie więc z definicją Grupy Ekspertów Skrobiowych Europejskich Towarzystw Skrobiowych (STEX) można go zaliczyć do maltodekstryn niskoscukrzonych (Anonim, 1991; Fortuna i Sobolewska, 2000). Zawartość popiołu w uzyskanym preparacie jest większa niż w preparacie handlowym "Oatrim 5" o około 1%, a oznaczoną w znacznej ilości (6,1%) zawartość włókna pokarmowego stanowią wyłącznie β -glukany, podczas gdy w ziarnie owsa oznaczono tylko 4,1% s.s. tego składnika, a preparat handlowy zawiera od 4,5 do 5,5% β -glukanów (Gibiński i in., 1999).

Tabela 1

Skład chemiczny maltodekstryny owsianej
The chemical composition of oat maltodextrin

Rodzaj oznaczenia Analysis	Wartość Value
Sucha substancja — Dry substance (%)	94,2
Równoważnik glukozowy — Dextrose Equivalent (DE)	5,5
Białko ogółem — Total protein (N x 6,25)(%)	2,8
Tłuszcz — Fat (%)	0,6
Popiół całkowity — Total ash(%)	4,2
Włókno pokarmowe całkowite — Total dietary fibre(%)	6,1
— Rozpuszczalne — Soluble(%)	6,1
— Nierozpuszczalne — Insoluble(%)	0
B-glukany — β -glucans(%)	6,1

Ocena herbatników przez 17-osobowy zespół o sprawdzonej wrażliwości sensorycznej (tab. 2) wypadła najmniej korzystnie dla herbatników z 15% udziałem maltodekstryny owsianej, które uzyskały ocenę mniej niż dobrą. W następnej kolejności uplasowały się

herbatniki z 10% udziałem maltodekstryny owsianej, które uzyskały minimalnie więcej punktów za konsystencję i dzięki temu oceniono je o 0,1 punktu lepiej niż te poprzednie. Najwięcej punktów i ocenę więcej niż dobrą uzyskały herbatniki z 5% udziałem maltodekstryny owsianej, w których takie parametry jak kształt, konsystencja i smak zostały ocenione zdecydowanie lepiej w porównaniu ze standardem.

Tabela 2

Ocena organoleptyczna herbatników
Organoleptic analysis of biscuits

Wyróżnik jakościowy Quality factor	Piccolino 1*	Piccolino 2*	Piccolino 3*	Piccolino 4*
Kształt — Shape	0,39	0,42	0,41	0,39
Barwa — Colour	0,43	0,39	0,39	0,35
Powierzchnia — Surface	0,66	0,65	0,65	0,61
Konsystencja — Consistency	0,67	0,71	0,57	0,52
Przełom — Cleavage	0,45	0,45	0,44	0,43
Zapach — Odour	0,44	0,45	0,41	0,42
Smak — Taste	1,06	1,22	0,95	1,00
Suma punktów — Total score	4,1	4,3	3,8	3,7

* Piccolino 1 — Herbatniki wypiekane tylko z dodatkiem tłuszczu — Biscuits baked with no fat replacer (standard)

* Piccolino 2 — Herbatniki, w których użyto 5% zamiennika — Biscuits baked with 5% of fat replacer

* Piccolino 3 — Herbatniki, w których użyto 10% zamiennika — Biscuits baked with 10% of fat replacer

* Piccolino 4 — Herbatniki, w których użyto 15% zamiennika — Biscuits baked with 15% of fat replacer

W wypieku herbatników tłuszcz odgrywa istotną rolę wpływając na konsystencję i przełom tego pieczywa cukierniczego, dlatego nie zawsze zmniejszenie tego dodatku sprzyja wzrostowi akceptacji przez konsumentów.(Tyszkiewicz, 1992; Zawadzki, 1998).

Wydaje się, że 5% zastąpienie margaryny maltodekstryną owsianą jest dodatkiem optymalnym ze względu na teksturę trwałego pieczywa cukierniczego. Ponadto taki właśnie udział zamiennika tłuszczu pogłębił smak i zapach ocenianego produktu, bowiem znana jest właściwość maltodekstryn wzmacniania odczucia aromatów i przypraw (Fortuna i Sobolewska, 2000).

Analizatorem tekstury TA-XT2 oznaczono twardość uzyskanych wyrobów, w dniu wypieku i po jednym miesiącu przechowywania w znormalizowanych warunkach zgodnie z PN-A-74859:1994. Najmniejszą twardością odznaczały się herbatniki z największą zawartością tłuszczu, czyli herbatniki standardowe, a istotnie większą wartość tego parametru uzyskały herbatniki już z 5% udziałem maltodekstryny (tab. 3).

To pogorszenie tekstury trwałych wyrobów cukierniczych nie było jednak wyczuwalne przez panel oceniający, o czym świadczą wyniki zawarte w tabeli 4. Po miesiącu przechowywania twardość herbatników zwiększyła się niezależnie od udziału maltodekstryny, przy czym nie zaobserwowano liniowej zależności pomiędzy ilością dodanej maltodekstryny, a wzrostem twardości (tab. 3).

Zastępując w herbatnikach Piccolino margarynę maltodekstryną owsianą, uzyskano sukcesywny wzrost zawartości białka ogółem, popiołu oraz włókna pokarmowego (tab. 4). W herbatnikach Piccolino 4, gdzie 15% tłuszczu zastąpiono maltodekstryną owsianą wzrost zawartości białka wyniósł 0,5%, co można już uznać za wzrost znaczący.

Tabela 3

Twardość herbatników
Hardness of biscuits

Rodzaj herbatnika Kind of biscuit	Twardość w dniu wypieku Hardness on the day of baking (kG)	Twardość po miesiącu przechowywania Hardness after 1 month of storing (kG)
Piccolino 1**	8,6 a*	9,3 a
Piccolino 2	12,3 b	13,6 b
Piccolino 3	16,0 c	16,9 c
Piccolino 4	16,1 c	17,2 c

* Różne litery oznaczają statystycznie istotne różnice przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$

* Different letters indicate statistically significant differences $\alpha = 0.05$

** Objaśnienia jak w tabeli 2 — Explanations like in Table 2

Tabela 4

Zawartość suchej substancji oraz podstawowych składników odżywczych w herbatnikach
Content of dry mass and basic nutrients in biscuits

Rodzaj herbatnika Kind of biscuit	Sucha substancja Dry mass (%)	Białko ogółem Total protein N $\times$ 5,7 (%)	Tłuszcz surowy Raw fat (%)	Popiół całkowity Total ash (%)	Włókno pokarmowe Dietary fibre (%)	
					nierozpuszczalne insoluble	rozpuszczalne soluble
Piccolino 1**	96,1 b	7,2 a	23,0 c	0,67 a	0,44 a	2,95 a
Piccolino 2	95,9 ab	7,4 b	22,6 c	0,73 a	0,48 ab	3,70 b
Piccolino 3	95,8 a	7,9 c	20,7 b	0,75 a	0,57 b	4,30 c
Piccolino 4	95,7 a	8,0 c	19,8 a	0,76 a	0,61 b	4,30 c

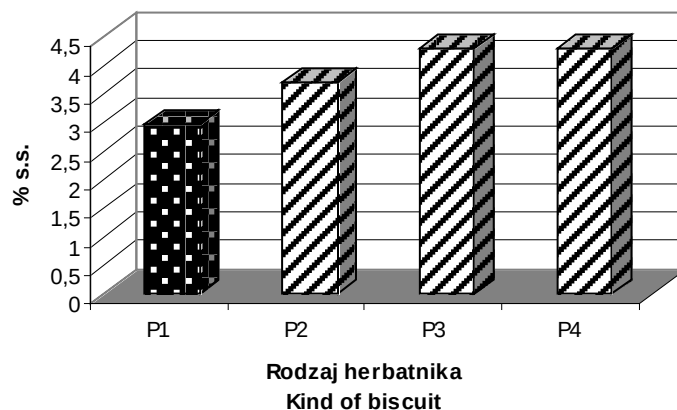
* Różne litery oznaczają statystycznie istotne różnice przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$

* Different letters indicate statistically significant differences $\alpha = 0.05$

** Objaśnienia jak w tabeli 2 — Explanations like in Table 2

Jednakże w herbatnikach Piccolino 2, najbardziej akceptowanych przez konsumentów wzrost ten wyniósł 0,2%, więc choć był on istotny w tym przypadku nie można mówić o wzbogaceniu ocenianych wyrobów cukierniczych w ten cenny składnik budulcowy. Znacznie lepiej przedstawia się zawartość włókna pokarmowego, zwłaszcza jego rozpuszczalnej frakcji, której ilość wzrosła już w herbatnikach z 5% udziałem maltodekstryny o 0,75% (rys. 1). Taki wzrost zawartości włókna pokarmowego w wyrobach cukierniczych bez specjalnych dodatków błonnikowych, można również uznać za znaczący, zwłaszcza, że znane są korzystne fizjologiczne efekty tej frakcji włókna (Bartnikowska i Lange, 2000). Tak istotny wzrost zawartości tego pożądanego we współczesnej diecie składnika, przypisać należy obecności beta-glukanu w maltodekstrynie owsianej, który stanowi rozpuszczalną frakcję włókna pokarmowego, a który jest obecny w tym preparacie dzięki sporządzeniu go z całego ziarna owsa (Inglett i in., 1994 a i b). Dodatkowym atutem przemawiającym za celowością zastosowania otrzymanej w warunkach laboratoryjnych maltodekstryny w miejsce tłuszczu, jest zaobserwowane istotne zwiększenie się koncentracji nierozpuszczalnej frakcji włókna pokarmowego w produkcie finalnym (tab. 4), mimo braku tej frakcji w użytym do badań hydrolizacie owsianym (tab. 1). Pod wpływem wysokiej temperatury wypieku nastąpiło bowiem skompleksowanie nierozgałęzionych łańcuchów skrobiowych wniesionych do ciasta herbatnikowego wraz z niskoscukrzonym hydrolizatem, z substancjami tłuszczowymi

zawartymi w cieście. Powstałe kompleksy, jako odporne na działanie enzymów trawiennych, zwiększyły niejako „sztucznie” zawartość włókna pokarmowego (Soral-Śmietana, 1992). Tego typu interakcjami składników ciasta zachodzącymi podczas wypieku należy też tłumaczyć nie wprost proporcjonalne do poziomu zastosowanego zamiennika zmniejszenie koncentracji tłuszczu w analizowanych herbatnikach.



Rys. 1. Zawartość rozpuszczalnej frakcji włókna pokarmowego w herbatnikach
Fig. 1. Content of soluble dietary fibre in biscuits

Zastąpienie tłuszczu maltodekstryną przyniosło spodziewany efekt w obniżeniu kaloryczności gotowych wyrobów (tab. 5), co w połączeniu ze zwiększoną zawartością włókna pokarmowego podnosi walory dietetyczne tego nowego asortymentu herbatników. Wydaje się, że obniżenie zawartości tłuszczu mogłoby być bardziej znaczące, gdyby do sporządzenia ciasta użyto mleka płynnego odtłuszczonego, zamiast 2%.

Tabela 5

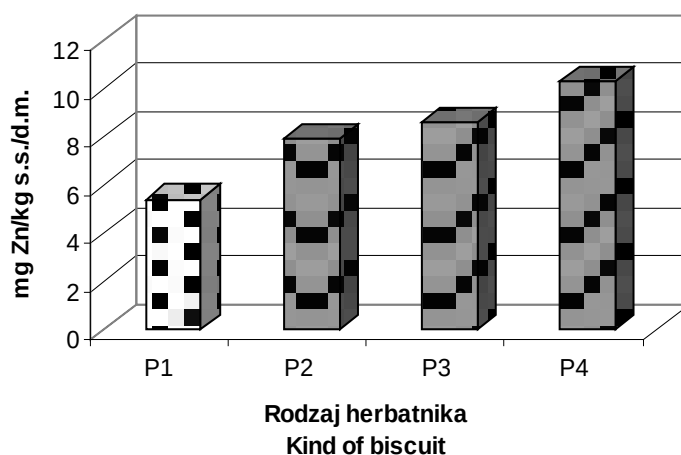
Kaloryczność 100 g herbatników
Caloric value 100g biscuits

Rodzaj herbatnika Kind of biscuit	kcal	kJ
Piccolino 1*	500	2094
Piccolino 2	494	2073
Piccolino 3	482	2022
Piccolino 4	477	2005

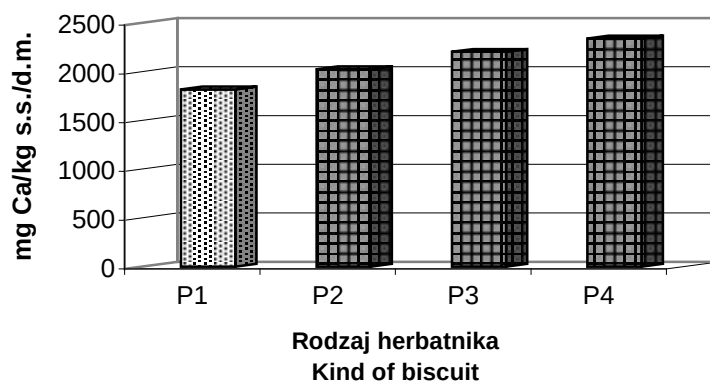
* objaśnienia jak w tabeli 2 — Explanations like in Table 2

We wszystkich rodzajach herbatników Piccolino użycie do wypieku maltodekstryny owsianej spowodowało w herbatnikach o największej akceptacji konsumenckiej, czyli Piccolino 2, znaczący wzrost tylko dwóch spośród oznaczanych pierwiastków (tab. 6), a mianowicie cynku (Zn) — o 46% w porównaniu do standardu (rys. 2) i wapnia (Ca) o 11% (rys. 3). Zarówno cynk, jak i wapń są obecne w większych ilościach w produktach

zbożowych z pełnego przemiału, a stosowana maltodekstryna była właśnie sporządzona z całego, zmielonego ziarna owsa. Ponieważ wzrost zawartości cynku jest istotny, należy wspomnieć o jego ważnej roli w funkcjonowaniu organizmu ludzkiego. Jest on mianowicie niezbędny do funkcjonowania ponad 200 enzymów m.in. polimeraz DNA i RNA, do syntezy białka, stabilności błon komórkowych, produkcji hormonów, odczuwania smaku i zapachu, metabolizmu alkoholu i obrony immunologicznej organizmu (Brzozowska, 1999).



Rys. 2. Zawartość Zn w herbatnikach
Fig. 2. Content of Zn in biscuits



Rys. 3. Zawartość Ca w herbatnikach
Fig. 3. Content of Ca in biscuits

Tabela 6

Zawartość wybranych makro- i mikroelementów w suchej masie herbatników (mg/kg)
The content of selected macro- and microelements in dry mass of biscuits (mg/kg)

Rodzaj herbatnika Kind of biscuit	P	Ca	K	Mg	Mn	Cu	Zn	Fe
Piccolino 1**	1023 a*	1821 a	597,6 a	156,7 a	3,0 a	0,69 a	5,4 a	5,6 a
Piccolino 2	1070 a	2027 b	602,2 a	161,6 a	3,0 a	0,74 a	7,9 b	5,6 a
Piccolino 3	1128 b	2206 c	617,0 b	170,0 b	3,1 a	0,74 a	8,6 c	5,7 a
Piccolino 4	1131 b	2343 d	626,0 b	177,5 b	3,1 a	0,76 a	10,3 d	5,9 a

* Różne litery oznaczają statystycznie istotne różnice przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$

* Different letters indicate statistically significant differences at $\alpha = 0.05$

** Objaśnienia jak w tabeli 2 — Explanations like in Table 2

Herbatniki badane w tej pracy były przechowywane przez 3 miesiące i co miesiąc oznaczano w nich stałe tłuszczowe charakteryzujące świeżość zawartego w nich tłuszczu. Wyniki tych badań zestawione są w tabeli 7. Według danych zawartych w PN-92/A-86907, w przypadku świeżej margaryny liczba kwasowa nie powinna przekraczać 1,5 mg KOH/g tłuszczu, a zawartość nadtlenków nie powinna przekraczać 4 μg tlenu aktywnego na 1g tłuszczu. Po trzech miesiącach przechowywania obie te stałe w tłuszczu wyekstrahowanym z badanych herbatników nie przekroczyły dopuszczalnych wartości, co świadczy o ich przydatności do spożycia przez ten okres.

Tabela 7

Zmiany liczby kwasowej i zawartości nadtlenków w tłuszczu wyekstrahowanym z herbatników w czasie 3 miesięcy przechowywania
Changes in the acid number and peroxide content of the oil extracted from biscuits during storing for 3 months

Rodzaj herbatnika Kind of biscuit	Dzień wypieku Day of baking		Czas przechowywania (miesiące) Storing period (months)					
			1		2		3	
	AN **	PC ***	AN	PC	AN	PC	AN	PC
Piccolino 1*	0,53 c^	0,93 b	0,68 c	1,13 b	0,91 b	1,26 a	0,93 c	1,32 b
Piccolino 2	0,51 bc	0,86 a	0,63 bc	0,97 a	0,89 b	1,12 a	0,90 bc	1,13 a
Piccolino 3	0,49 ab	0,84 a	0,59 ab	0,93 a	0,83 ab	1,03 a	0,84 ab	1,07 a
Piccolino 4	0,46 a	0,83 a	0,56 a	0,92 a	0,78 a	1,00 a	0,80 a	1,04 a

* Objaśnienia jak w tabeli 2 — Explanations like in Table 2

** AN - Liczba kwasowa — Acid number (mg KOH/g tłuszczu / fat)

*** PC - Zawartość nadtlenków — Peroxide content (μg O₂/g tłuszczu / fat)

[^] Różne litery oznaczają statystycznie istotne różnice przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$

Different letters indicate statistically significant differences at $\alpha = 0.05$

Zauważa się ponadto wyraźne obniżenie wartości obu oznaczanych stałych tłuszczowych w herbatnikach ze zmniejszoną zawartością tłuszczu, zastąpionego maltodekstryną owsianą, a więc jest to dodatkowy efekt stosowania tego zamiennika tłuszczu w herbatnikach, przyczyniający się do wydłużenia ich przydatności konsumpcyjnej.

WNIOSKI

1. Maltodekstrynę owsianą sporządzoną metodą enzymatyczną z całego ziarna owsa należy uznać za efektywny zamiennik tłuszczu w trwałych wyrobach cukierniczych.

2. Zastąpienie margaryny w herbatnikach Piccolino maltodekstryną owsianą pozwoliło na otrzymanie nowego, atrakcyjnego produktu cukierniczego o obniżonej kaloryczności i zwiększonej wartości dietetycznej w porównaniu z herbatnikami tradycyjnymi.
3. Herbatniki z 5% udziałem maltodekstryny owsianej w miejsce tłuszczu, uzyskały lepszą ocenę konsumencką niż standardowe, głównie z powodu wyróżniającego się smaku, mimo ich większej twardości.
4. Użycie do wypieku herbatników maltodekstryny owsianej wpłynęło na istotny wzrost zawartości białka ogółem oraz rozpuszczalnej frakcji włókna pokarmowego.
5. Spośród oznaczanych w herbatnikach składników mineralnych, udział maltodekstryny owsianej spowodował znaczący wzrost zawartości cynku i wapnia, w porównaniu z wypiekami standardowymi.
6. Po trzech miesiącach przechowywania, stałe tłuszczowe oznaczone w tłuszczu wyekstrahowanym z badanych herbatników, nie przekroczyły dopuszczalnych wartości, co świadczy o przydatności do spożycia herbatników Piccolino przez cały ten okres.
7. Zastąpienie części tłuszczu w badanych herbatnikach maltodekstryną owsianą wpłynęło na przedłużenie ich przydatności do spożycia.

LITERATURA

- Anderson J. W. 1980. Oat bran ingestion selectively lowers serum low density lipoprotein concentration in man. *Am. J. Clin. Nutr.* 33: 915 — 919.
- Anonim 1991. Definition and specification for maltodextrin. *Starch* 43: 247.
- AOAC 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists 15th Edition, Arlington, Virginia, USA.
- Bartnikowska E., Lange E. 2000. Znaczenie dietetyczne przetworów owsianych, ich wpływ na stężenie cholesterolu w osoczu oraz poposiłkową glikemię. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość* 1 (22): 18 — 33.
- BN-70/8090-13. 1970. Wyroby cukiernicze trwałe. Badania organoleptyczne. Wydawn. Norm., Warszawa.
- Brzozowska A. 1999. Funkcje składników mineralnych w organizmie człowieka, w „Składniki mineralne w żywieniu człowieka”. Praca zbiorowa pod redakcją prof. Anny Brzozowskiej, Wyd. AR w Poznaniu.
- Duxbury D. D. 1990. Oatrim: fat reducer, cholesterol fighter. *Food Processing* 10: 25 — 28.
- Fortuna T., Sobolewska J. 2000. Maltodekstryny i ich wykorzystanie w przemyśle spożywczym. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość*. 2 (23): 100 — 109.
- Gibiński M., Pisulewski P., Achrem-Achremowicz B. 1999. Możliwości wykorzystania owsa jako surowca do otrzymywania substytutów tłuszczowych, *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość*. 1 (18) supl.: 205 — 213.
- Górecka D., Anioła J. 1999. Kierunki wykorzystania preparatów błonnikowych w przemyśle spożywczym, *Przem. Spoż.* 53, 9: 46 — 49.
- Inglett G. E. 1991. Method for making a soluble dietary fiber composition from oats. United States Patent nr 4, 996, 063.
- Inglett G. E., Grisamore S. B. 1991. Maltodextrin fat substitute lowers cholesterol, *Food Technol.* 7: 104.
- Inglett G. E., Newman R. K. 1994 a. Oat β -glucan-amylopectins: preliminary and biological properties. *Plant Foods for Human Nutrition*. 45: 53 — 61.
- Inglett G. E., Warner K., Newman R. K. 1994 b. Sensory and nutritional evaluations of Oatrim, *Cereal Foods World* 10: 755 — 759.
- PN-A-74859. 1994. Wyroby cukiernicze trwałe. Pakowanie, przechowywanie i transport. Wydawn. Norm., Warszawa.

- PN-ISO 3960. 1996. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby nadtlenkowej. Wydawn. Norm., Warszawa.
- PN-79/A-88024. 1979. Wyroby cukiernicze trwałe. Oznaczanie kwasowości. Wydawn. Norm., Warszawa.
- PN-92/A-86907. 1992. Margaryna. Wspólne wymagania i starania. Wydawn. Norm., Warszawa.
- Słomińska L. 1999. Węglowodanowe zamienniki tłuszczu, *Przem. Spoż.* 53, 7: 12 — 15.
- Soral-Śmietana M. 1992. Badania interakcji skrobi zbożowych z tłuszczowcami, indukowanych cieplnie w procesach technologicznych. *Acta. Acad. Agricult. Tech. Olst. Technol. Aliment.* 24 B: 3 — 57.
- Tyszkiewicz J. 1992. Zamienniki tłuszczu w technologii żywności o obniżonej energetyczności. *Przem. Spoż.* 5-6: 132 — 134.
- Wyczański S. 1994. *Cukiernictwo*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa: 343 — 375.
- Zawadzki K. 1998. Ważna rola błonnika w ograniczeniu kaloryczności diety żywieniowej, *Przegl. Zboż.* — *Młyn.* 43: 5 — 6.

SPIS TREŚCI — CONTENTS

Elżbieta Pisulewska	III Ogólnopolska Konferencja Naukowa. Owies — Hodowla, Uprawa i Wykorzystanie. 29–30 sierpnia 2005, Krynica	5
Jolanta Korzeniowska Ewa Stanisławska- Głubiak	Reakcja owsa na różne metody nawożenia PKMg w tradycyjnym i zerowym systemie uprawy roli The response of oat to different methods of PKMg application at conventional and no-tillage systems	7
Bożena Barczak Wojciech Kozera Krystian Nowak Edward Majcherczak	Wpływ nawożenia saletą amonową z mikroelementami na plon ziarna i białka owsa odmiany Komes The effect of fertilization with ammonium nitrate and microelements on yields of grain and protein of the oat cultivar Komes	19
Aleksander Szmigiel Andrzej Oleksy	Wpływ nawożenia azotem na plonowanie nagoziarnistej i oplewionej formy owsa The effect of nitrogen fertilization on yielding of one naked and one husked oat cultivars	27
Aleksander Szmigiel	Wykorzystanie azotu z nawozów przez nagoziarnistą i oplewioną formę owsa Utilization of nitrogen from fertilizers by naked and husked oat forms	35
Renata Tobiasz-Salach Dorota Bobrecka-Jamro	Wpływ nawożenia azotowego na plon ziarna, zawartość białka i elementy struktury plonu owsa Effects of nitrogen fertilization on grain yield, protein content and yield components of oats	41
Grażyna Podolska Leszek Maj Zygmunt Nita	Wielkość plonu i komponentów plonu u nagoziarnistej formy owsa karłowego w zależności od gęstości siewu i dawki nawożenia azotem Effect of sowing density and nitrogen fertilization doses on grain yield and yield components of naked short-shoot oat	49
Władysław Nowak Józef Sowiński	Wpływ przedplonów na biomasę owsa w systemie uprawy tradycyjnej i uproszczonej The effect of forecrops on biomass of oats in traditional and reduced tillage system	61
Franciszek Rudnicki Lech Gałęzewski	Efekty oddziaływań brzegowych w doświadczeniach z owsem wysiewanym w różnych gęstościach Border effect in experimental study with sowing rate of oat	73
Grzegorz Szumiło Leszek Rachoń	Porównanie plonowania i jakości owsa nagoziarnistego i oplewionego w warunkach zróżnicowanej ochrony chemicznej Comparison of yielding and quality of naked and hulled oats at different systems of chemical protection	85
Magdalena Świdarska- Ostapiak Sławomir Stankowski	Wpływ ilości wysiewu i zaprawiania ziarna na plon i komponenty plonu owsa nagoziarnistego i oplewionego The effects of sowing rates and seed dressing on the level and structure of yield of hulless and hulled oats	93

Krystian Nowak Edward Majcherczak Bożena Barczak Wojciech Kozera	Wpływ stosowanych dolistnie mikroelementów na zawartość azotu i aminokwasów w ziarnie owsa oraz wskaźniki wartości biologicznej białka Effect of foliar applied microelements on the contents of nitrogen and amino acids in oat grain and on the indices of biological value of protein	103
Wojciech Kozera Edward Majcherczak Bożena Barczak Krystian Nowak	Plon ziarna owsa w zależności od nawożenia mikroelementami Yield of oat in relation to fertilization with microelements	111
Edward Majcherczak Wojciech Kozera Krystian Nowak Bożena Barczak	Zawartość aminokwasów w ziarnie owsa nawożonego saletrą amonową z dodatkiem mikroelementów Contents of amino acids in grain of oat fertilized with ammonium nitrate with addition of microelements	117
Robert Maciorowski Zygmunt Nita Krystyna Werwińska Sławomir Stankowski	Plonowanie nowych krótkosłomych form owsa nagoziarnistego Yielding of new dwarf and semi-dwarf naked oat varieties	123
Robert Maciorowski Krystyna Werwińska Zygmunt Nita Sławomir Stankowski	Reakcja owsa nagoziarnistego i oplewionego na działanie regulatorów wzrostu w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem The reaction of naked and hulled oat on growth regulators treatment at different nitrogen regimes	137
Wiesław Wojciechowski	Reakcja owsa siewnego na uprawę w płodozmianach uproszczonych Oats response to growing in simplified crop rotations	147
Stanisław Wróbel	Reakcja owsa na nawożenie borem Oat response to boron fertilization	155
Sławomir Kowalczyk Robert Maciorowski	Grzyby zasiedlające ziarno krótkosłomego owsa nieoplewionego Fungi colonizing seeds of dwarf and semi-dwarf naked oat	165
Kinga Szarek Kazimierz Klima	Porównanie plonowania i elementów struktury plonu owsa uprawianego w różnych warunkach klimatyczno-glebowych The comparison of yield levels and constituents in oats grown under different climatic and soil conditions	173
Tadeusz Śmiałowski	Wartość hodowlana rodów owsa badanych w doświadczeniach wstępnych w latach 2002–2004 The value of spring oat strains tested in preliminary field trials in the years 2002–2004	185
Maria Ralcewicz Tomasz Knapowski	Ocena oddziaływania wybranych czynników agrotechnicznych na wielkość plonu ziarna i skład aminokwasowy białka owsa The effect of some agrotechnical factors on grain yield and amino acid composition of protein of oat	193
Wioletta Biel Krum Petkov Robert Maciorowski Zygmunt Nita Izabela Jaskowska	Ocena jakości ziarna różnych form owsa na podstawie składu chemicznego Estimation of oat grain quality on the basis of chemical composition	205
Marek Gibiński Wiktor Berski	Właściwości skrobi z wybranych polskich odmian owsa Properties of starch from selected Polish cultivars of oat	213

Wiktor Berski Anna Ptaszek Paweł Ptaszek Bohdan Achremowicz	Porównanie wybranych właściwości natywnej i częściowo odtłuszczonej skrobi owsa odmiany Akt Comparison of some properties of native and partially defatted starch of oat cultivar Akt	225
Alicja Kawka Tomasz Kroll	Wpływ otrąb owsianych na jakość ciasta i pieczywa pszennego Effects of oat bran on wheat dough and bread quality	237
Anna Czubaszek	Ocena właściwości reologicznych ciasta i jakości chleba pszennego z dodatkiem śruty owsianej Evaluation of rheological properties of dough and quality of wheat bread with ground oat grain addition	247
Halina Gambuś Florian Gambuś Elżbieta Pisulewska	Całoziałowa mąka owsiana jako źródło składników dietetycznych w chlebach pszennych Oats wholemeal as a source of dietary elements in wheat bread	259
Zbigniew Rzedzicki	Charakterystyka składu chemicznego wybranych przetworów owsianych Characteristics of chemical composition of some oat breakfast cereals	269
Zbigniew Rzedzicki Piotr Zarzycki	Wpływ ekstruzji na skład frakcyjny błonnika pokarmowego ekstrudatów z udziałem owsa nagonasiennego Influence of extrusion cooking on fractional composition of dietary fibre of the extrudates with a share of naked oat	281
Zbigniew J. Dolatowski Sylvia Pisarek- Piotrowska	Wpływ dodatku owsa po obróbce hydrotermicznej na przemiany oksydoredukcyjne modelowego wyrobu mięsnego The effect of addition of hydrothermally processed oat on the oxidation- reduction potential of a model meat product	295
Marek Gibiński Jarosław Korus	Maltodekstryny jako skrobiowe zamienniki tłuszczu Maltodextrins as starch-based fat replacers	303
Halina Gambuś Marek Gibiński Florian Gambuś	Możliwość zastąpienia tłuszczu w herbatnikach maltodekstryną owsianą Oat maltodextrin as a replacer of fat in biscuits	319