

JÓZEF PILCH

Zakład Oceny Jakości i Metod Hodowli Zbóż

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Krakowie

Wpływ genomów *A*, *B* *Triticum durum* Desf. na wartość technologiczną ziarna pszenicy ozimej *Triticum aestivum* L.

**Effect of the *A* and *B* genomes *Triticum durum* Desf. on bread-making quality
in winter wheat *Triticum aestivum* L.**

Wpływ genomów *A*, *B* *Triticum durum* Desf. na wartość technologiczną ziarna badano u 64 ozimych form pszenicy (*Triticum aestivum* L. × *Triticum durum* Desf.) × *Triticum aestivum* L. pochodzących z krzyżowań międzygatunkowych monosomików 5B odmiany Chinese Spring i 5B Favorit *Triticum aestivum* L. z pszenicą tetraploidalną ozimą *Triticum durum* Desf. v. Mirable, Khapli i Fuensemduro. Mieszańce F_1 — bridge tych kombinacji przepylono pyłkiem 13 odmian i rodów hodowlanych *Triticum aestivum* L. Wartość technologiczną ziarna oceniano w okresie 3 lat na podstawie zawartości białka ogółem (%), wskaźnika sedymentacji Zeleny'ego (ml), liczby opadania (s) i wartości wypiekowej (klasy: E — elitarna, A — jakościowa, B — chlebowa, C — pozostałe), w porównaniu do odmiany Begra (*T. aestivum* L.). Zidentyfikowano wysokie parametry jakościowe (klasa E) przewyższające wzorzec jakościowy *Triticum aestivum* L. (tab. 2, 4), które mogą wskazywać na efekty introgresji genów z obcych genomów *A* i *B* pszenicy tetraploidalnej *T. durum* Desf. Wyselekcjonowane formy mogą w przyszłości być wykorzystane jako materiały wyjściowe w hodowli jakościowej pszenicy ozimej *T. aestivum* L.

Słowa kluczowe: *Triticum aestivum* L., *Triticum durum* Desf., wartość wypiekowa, ziarno

The effect of the genomes *A* and *B* of *Triticum durum* Desf. on bread-making quality was investigated in 64 winter forms of hybrids (*Triticum aestivum* L. × *Triticum durum* Desf.) × *Triticum aestivum* L. developed from the interspecific crosses of *Triticum aestivum* L. v. mono-5B Chinese Spring, mono-5B Favorit, and winter tetraploid wheat *Triticum durum* Desf. v. Mirable, Khapli, Fuensemduro. The hybrids F_1 — bridge were pollinated with 13 varieties and breeding strains of *T. aestivum* L. The grain quality was evaluated during the period of 3 years on the basis of protein content (%), Zeleny-sedimentation (ml), falling number (s) and baking value (the classes: E — exclusive, A — qualitative, B — bread, and C — remained), in the relation to the check variety Begra of *T. aestivum* L. The high quality parameters were identified (the class E) which exceeded the quality check of *Triticum aestivum* L. (Table 2, 4). It indicated the effects of introgression of alien *A* and *B* genome genes from the tetraploid wheat. The forms selected could be used in the future for development of new germplasm for quality breeding of winter wheat *T. aestivum* L.

Key words: bread-making quality, *Triticum aestivum* L., *Triticum durum* Desf., grain

WSTĘP

Wartość technologiczną ziarna pszenicy ozimej *Triticum aestivum* L. można poprawić nie tylko poprzez zwiększenie zawartości białka zapasowego, ale przez modyfikowanie jego składu i jakości. Pomimo, że poziom procentowy białka w ziarnie w dużym stopniu uzależniony jest od warunków uprawy jak nawożenia azotowego, przedplonu, warunków klimatycznych, terminu siewów i innych (Anderson i in., 1998) to jednak kontrolowany jest on genetycznie przez ponad 420 genów zarówno dominujących, jak i recesywnych rozmieszczonych prawie na wszystkich chromosomach genomów A, B i D (Halloran, 1975). Wiele dotychczasowych prac wskazywało na ujemną korelację zawartości białka i plonu ziarna z jednostki powierzchni, co oznaczało, że w wysokoplonujących odmianach pszenicy ozimej *T. aestivum* L. trudno jest uzyskać białko o wysokiej wartości wypiekowej. Jest to jednak możliwe albowiem odmiany pszenicy ozimej *T. aestivum* L. aktualnie uprawiane w Australii łączą wysoki plon z wysoką zawartością białka w ziarnie i wskazują one genetyczny efekt selekcji oparty na właściwych źródłach (Anderson i in., 1998). Jednak takich źródeł jest niewiele a dotychczas efektywnymi okazały się jedynie odmiany Atlas 66 i NapHal (Johnson i in., 1985).

Z kolei, wartość wypiekową ziarna *T. aestivum* L. limitują w białku odpowiednie jego frakcje gliadyn i glutenin a różne ich kombinacje wpływają na właściwości ciasta z różnym nasileniem (Gupta i in., 1991}. Są one kontrolowane genetycznie, z których podjednostki HMW glutenin — przez homeologiczne loci *Glu-A1*, *Glu-B1* i *Glu-D1* na chromosomach 1AL, 1BL i 1DL; podjednostki LMW glutenin — przez loci *Glu-A3*, *Glu-B3* i *Glu-D3* na krótkich ramionach tych samych chromosomów, zaś frakcje gliadyn — przez loci *Gli-A1*, *Gli-B1*, *Gli-D1*, *Gli-A2*, *Gli-B2* i *Gli-D2* na chromosomach I i VI grupy homeologicznej 1AS, 1BS, 1DS, 6AS, 6BS, 6DS (Mac Ritchie i in., 1990). Zwiększając zatem w danej odmianie liczbę podjednostek HMW glutenin czy też wprowadzając nowe podjednostki lub ich kombinacje można poprawić jej wartość wypiekową (Flavell i Payne, 1987). Jest to jednak niemożliwe do osiągnięcia konwencjonalnymi metodami hodowli, ale całkiem realne za pomocą inżynierii genetycznej poprzez introgresję obcych genów. Pszenice tetraploidalne o składzie genomowym AA BB znane są z wysokich parametrów jakościowych ziarna. Stąd też poszukiwanie takich podjednostek lub korzystnych ich kombinacji w gatunkach *Triticum* (4x) i przenoszenie ich do materiałów hodowlanych *T. aestivum* L. może okazać się jednym z możliwych sposobów zwiększania jakości ziarna nowych odmian.

Celem pracy było zbadanie u wybranych mieszańców *Triticum aestivum* L. z pszenicą tetraploidalną *Triticum durum* Desf. efektu obcych genomów A, B na wartość technologiczną ziarna jako możliwej introgresji genów dla nowych źródeł jakości w hodowli pszenicy ozimej *Triticum aestivum* L.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym było ziarno 64 form ozimych (*Triticum aestivum* L. × *Triticum durum* Desf.) × *Triticum aestivum* L. otrzymanych w wyniku międzygatunkowych

krzyżowań *T. aestivum* L. v. mono-5B Chinese Spring i mono-5B Favorit z ozimą pszenicą tetraploidalną *T. durum* Desf. v. Mirable, Khapli Fuensemiduro, według metodyki opisanej wcześniej (Pilch, 1996). W zapyleniach mieszańców F_1 — bridge uczestniczyły 2 odmiany (M. Marksmann, Milan) i 11 rodów hodowlanych (TAW 125974/84, CHD 661, SMH 17843, OLH 2925/17, OLH 3095/3, OLH 535, STH 290, STH 5576, STH 3432, AND 166, AND 103/84 gatunku *T. aestivum* L. Materiały rozmnażano corocznie na polu doświadczalnym, w tych samych warunkach uprawy i nawożenia, pestycydów i herbicydów nie stosowano.

Ocena jakości technologicznej ziarna obejmowała: zawartość białka ogółem (%), wskaźnik sedymentacji Zeleny'ego (ml), liczbę opadania (s) i wartość wypiekową (klasy: E — elitarna, A — jakościowa, B — chlebowa, C — pozostałe) wycenioną na podstawie tych wskaźników wg Klockiewicz-Kamińskiej i Brzezińskiego (1997). Oznaczenia wykonano w okresie 3 kolejnych lat metodami aktualnie stosowanymi dla pszenicy w Pracowni Biochemii i Technologii Zboż Zakładu Roślin Zbożowych IHAR w Krakowie (Pilch i in., 1999). Podział na klasy jakościowe E, A, B, C przedstawiono jako dystans do odmiany wzorcowej Begra według metodyki COBORU (Klockiewicz-Kamińska i Brzeziński, 1997), a wartości krytyczne podano w tabeli 1. Obliczenia statystyczne obejmowały analizę wariancji, NIR, odchylenie standardowe, współczynnik wariancji wg Little i Hills (1975); wartości w % transformowano na arcsine $e\sqrt{x}$.

WYNIKI I DYSKUSJA

W pracy badano materiały pochodzące z krzyżowań międzygatunkowych pszenicy *T. aestivum* L. z pszenicą tetraploidalną *T. durum* Desf. o składzie genomowym AA BB odznaczającą się bardzo wysokimi parametrami jakości ziarna (Szwed-Urbaś, i in., 1997). Analizy technologiczne wykonano w trzech kolejnych latach rozmnożeń, a następnie dokonano syntezy wyników. Wykonana analiza wariancji wykazała istotną zmienność (tab. 3) a wyliczone wartości NIR określiły zakresy istotności różnic (tab. 4). Na podstawie tej syntezy zidentyfikowano 30 form utrzymujących średni poziom białka klasy E (tab. 1, 2, 4). Wahał się on w granicach 14,5% — 16,0% (tab. 4). Klasę A, tj. poziomu wzorca, którym była odmiana Begra miało 30 form a niższą od niej (B, C) — 4 formy (tab. 4). Odmiany pszenicy tetraploidalnej *T. durum* Desf., pomimo że nie są jeszcze uprawiane w Polsce lecz w doświadczeniach polowych krajowych mają wysoką zawartość białka w ziarnie 15,5%–20,3% (Szwed-Urbaś i in., 1997). Geny zawartości białka zlokalizowano u tego gatunku pszenicy na 7 różnych chromosomach, tj. 4AL, 4BS, 5AL, 6A, 6BL, 7AL, 7BS, które mogły być wprowadzone w badanym materiale (Blanco i in., 1978).

Liczbę opadania klasy E (232,0 s–398,0 s) miały 62 formy, klasę niższą (A) — 2 formy (tab. 1, 2, 4). Cecha ta związana jest ściśle z wartością wypiekową ziarna pszenicy *T. aestivum* L. i kontrolowana przez geny z grupy *alfa-Amy*: 12–14 genów *alfa-Amy 1*; 10–11 genów *alfa-Amy 2*. Geny *alfa-Amy 1* występują na chromosomach VI grupy homeologicznej (6A, 6B, 6D), zaś geny *alfa-Amy 2* na chromosomach VII grupy homeologicznej, (7A, 7B i 7D; Mac Gregor i Mac Gregor, 1987). Zidentyfikowano również trzecią grupę genów *alfa-Amy 3*, które występują na chromosomach V grupy

homeologicznej, 5A, 5B i 5D (Baulcombe i in., 1987). A zatem, w badanych materiałach introgresji z pszenicy *T. durum* Desf. mogły podlegać jedynie geny *alfa-Amy 1* z chromosomów 6A i 6B, geny *alfa-Amy 2* z chromosomów 7A i 7B oraz geny *alfa-Amy 3* z chromosomów 5A, 5B, które mogły spowodować wysoki poziom liczby opadania klasy E.

Tabela 1

Wartości krytyczne klas jakościowych w porównaniu do odmiany wzorcowej Begra (*T. aestivum* L.)
Critical limits of the quality classes, in relation to the check variety Begra (*T. aestivum* L.)

Klasa Class	Zawartość białka Protein content (%)	Sedymentacja Sedimentation (ml)	Liczba opadania Falling number (s)
E	> 14,5	> 52,3	>226,0
A	13,3–14,4	38,3–52,2	225,9–186,0
B	13,2–12,8	38,2–24,3	185,9–146,0
C	< 12,7	< 24,2	< 145,9
Begra	13,9	45,3	315,7

Tabela 2

Liczba form (*T. aestivum* L. × *T. durum* Desf.) × *T. aestivum* L. w poszczególnych klasach jakości
Number of the forms (*T. aestivum* L. × *T. durum* Desf.) × *T. aestivum* L. in the quality classes

Klasa Class	Białko Protein (%)	Sedymentacja Sedimentation (ml)	Liczba opadania Falling number (s)	Wartość wypiekowa Baking value
E	30	14	62	12
A	30	39	2	39
B	3	11	0	12
C	1	0	0	1
Razem Total	64	64	64	64

Tabela 3

Średnie kwadraty zmienności z analizy wariancji dla zawartości białka, wskaźnika sedymentacji i liczby opadania
Mean squares of variance from the variance analysis for protein content, sedimentation index and falling number

Zmienność Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Średnie kwadraty Mean squares		
		białko protein	sedymentacja sedimentation	liczba opadania falling number
Genotypy (G) Genotypes	63	4633,78 *	163,57*	4633, 78*
Lata (L) Years	2	136273,90*	3572,02*	136273,90 *
G × L	126	1657,37	36,11	1657,37

* Istotność przy P = 0,05

* Significant at P = 0.05

Tabela 4

Jakość technologiczna ziarna 64 form (*T. aestivum* L. × *T. durum* Desf.) × *T. aestivum* L., w porównaniu do odmiany wzorcowej Begra

Technological quality of grain of 64 forms (*T. aestivum* L. × *T. durum* Desf.) × *T. aestivum* L., in relation to the check variety Begra

Nr No.	Białko Protein (%)	Sedymentacja Sedimentation (ml)	Liczba opadania Falling number (s.)
1	2	3	4
1	13,9 A	35,3 B	236,7 E
2	15,0 E	40,3 A	232,0 E
3	14,7 E	39,7 A	290,0 E
4	14,1 A	39,0 A	250,3 E
5	13,2 B	42,3 A	224,7 A
6	13,3 A	37,3 B	298,7 E
7	13,1 B	33,7 B	377,0 E
8	13,5 A	35,0 B	373,7 E
9	14,5 E	40,7 A	285,3 E
10	13,6 A	41,0 A	319,7 E
11	14,0 A	40,3 A	315,3 E
12	13,2 B	44,3 A	269,3 E
13	13,6 A	40,0 A	293,7 E
14	14,4 A	41,7 A	265,3 E
15	14,8 E	42,3 A	249,3 E
16	14,7 E	56,7 E	302,0 E
17	13,9 A	44,0 A	279,0 E
18	14,0 A	48,0 A	295,3 E
19	14,9 E	59,0 E	284,7 E
20	14,4 A	43,3 A	351,3 E
21	13,9 A	42,3 A	315,0 E
22	14,1 A	40,3 A	274,7 E
23	14,7 E	37,0 B	209,7 A
24	13,9 A	48,0 A	291,7 E
25	13,9 A	40,3 A	325,5 E
26	13,4 A	42,0 A	258,3 E
27	13,5 A	39,3 A	325,3 E
28	15,0 E	41,7 A	359,0 E
29	13,7 A	34,3 B	398,0 E
30	13,6 A	37,0 B	321,7 E
31	13,3 A	39,0 A	289,3 E
32	13,8 A	37,0 B	359,0 E
33	12,6 C	36,0 B	380,0 E
34	14,5 E	39,3 A	337,3 E
35	13,3 A	41,0 A	332,7 E
36	14,3 A	34,0 B	350,7 E
37	13,4 A	29,7 B	297,0 E
38	15,5 E	43,7 A	297,0 E
39	15,4 E	44,3 A	313,0 E
40	15,8 E	56,0 E	257,0 E
41	15,3 E	46,0 A	243,7 E
42	15,3 E	62,0 E	290,7 E
43	15,6 E	53,7 E	385,3 E
44	14,6 E	53,0 E	294,3 E
45	14,9 E	52,3 E	277,7 E

c. d. Tabela 4

1	2	3	4
46	14,6 E	52,3 E	332,7 E
47	15,0 E	58,7 E	320,7 E
48	14,6 E	57,0 E	296,3 E
49	16,0 E	58,3 E	283,0 E
50	14,6 E	49,7 A	319,3 E
51	13,9 A	39,3 A	313,7 E
52	13,3 A	37,7 A	275,0 E
53	14,3 A	46,3 A	259,0 E
54	14,6 E	41,7 A	271,3 E
55	14,6 E	50,3 A	330,3 E
56	15,1 E	50,7 A	313,7 E
57	14,5 E	49,0 A	323,7 E
58	15,9 E	55,0 E	325,3 E
59	13,9 A	52,3 E	290,3 E
60	15,2 E	49,7 A	358,7 E
61	13,8 A	52,3 E	303,0 E
62	14,4 A	43,3 A	299,7 E
63	15,3 E	44,3 A	281,7 E
64	14,6 E	43,0 A	343,3 E
Begra	13,9 A	45,3 A	315,7 E
Średnia Mean	14,32	44,43	303,40
Odchylenie standardowe Standard deviation	0,77	7,39	40,59
Wariancja Variance	0,59	54,61	1647,54
C.V.	2,86	16,63	13,38
NIR 0,05 LSD 0.05	0,31	2,14	14,51

Oznaczenia; Designations:

E, A, B, C — Klasy jakości; Quality classes

C.V. — Współczynnik wariancji; Variance coefficient

NIR_{0,05} — Najniższa istotna różnica; LSD_{0,05} — Lowest significant difference

Wskaźnik sedymentacji Zeleny'ego jest głównym parametrem oceny wartości wypiekowej ziarna pszenicy *T. aestivum* L. Klasę E miało 14 form (52,3 ml–62,0 ml), zaś klasę A — 39 form i klasę B — 11 form (tab. 4). Turchetta i wsp. (1995) badając zawartość białka i wskaźnik sedymentacji w 202 odmianach tetraploidalnej pszenicy uprawianych we Włoszech i Turcji wykazali obecność 14 różnych prążków HMW glutenin będących kombinacją 3 alleli genomu A i 7 alleli genomu B. Stwierdzili obecność 3 nowych alleli: 1 allel w locus *Glu-A1* i 2 allele w locus *Glu-B1*. Efektem była zawartość białka w ziarnie 11,0%–19,0% i wskaźnik sedymentacji 28 ml–85 ml. Ponadto u *T. durum* Desf. zidentyfikowano dodatkowe podjednostki HMW i LMW glutenin kodowanych przez loci *Glu-1* i *Glu-3* mające praktyczne zastosowanie w hodowli jakościowej tego gatunku (Ciaffi i in., 1992). Sabelli i Shewry (1991) wykazali duże różnice alleli w locus *Glu-1* pomiędzy odmianą Chinese Spring, będącą komponentem krzyżówkowym badanych materiałów w niniejszej pracy i odmianami *T. durum* Desf. Należy również zwrócić uwagę u *T. durum* Desf. na występowanie genu *Imw-gs* w locus *Glu-B3* kodującego specyficzną frakcję LMW glutenin, które decydują o wyjątkowych właściwościach tej pszenicy istotnych przy

wypieku chleba (D'Ovidio i in., 1997). Ponadto Rogers i wsp. (1990) zbadali efekt dodawania poszczególnych chromosomów 1A, 1B, 6A, 6B na właściwości technologiczne ziarna pszenicy *T. aestivum* L. Wykazali, że wzrost dawki chromosomów 1B, 6A połączony był z istotnym wzrostem jego jakości. Jak z powyższego widać przeniesienie fragmentów określonych chromosomów z *T. durum* Desf. do genotypu *T. aestivum* L. w badanych materiałach mogło wywołać pozytywne efekty parametrów technologicznych. Szczególnie, przeniesienie chromosomów 6A i 6B związane mogło być z równoczesnym poprawieniem wielu parametrów technologicznych albowiem występują tam równocześnie geny liczby opadania *alfa-Amy 1* i gliadyn *Gli-2*.

Wartość wypiekową klasy E ocenioną na podstawie 3 wskaźników lepszą od wzorca Begra (klasa A) miało 12 form, na poziomie wzorca — 39 form i niższą (klasy B, C) — 13 form (tab. 2, 4). Ta cecha ziarna związana jest głównie z homeologicznymi genami wysoko (HMW) i niskocząsteczkowych (LMW) glutenin rozmieszczonych na chromosomach 1A, 1B i 1D determinujących odpowiednie podjednostki białek zapasowych endospermu, z których podjednostki HMW-GS 5 + 10 genu *Glu-D1* miały największy pozytywny efekt na właściwości ciasta (Dong i in., 1991). Kombinacja ta przedstawiała korelację dodatnią ze wskaźnikami dobrej wartości wypiekowej u odmian w Niemczech (Wieser i Zimmermann, 2000), Wielkiej Brytanii (Payne i in., 1987), Norwegii (Uhlen, 1990), Syrii (MirAli i in., 1999), USA (Dong i in., 1991), Włoch (Redaelli i in., 1997). Wskazuje to na niezwykle istotność locusa *Glu-D1* w poprawianiu wartości wypiekowej ziarna, jednak nie mógł on uczestniczyć w ulepszeniach materiału badawczego na zasadzie introgresji, albowiem gatunek *T. durum* Desf nie był jego nośnikiem, tylko dawcą genomów A i B. Odmiana meksykańskiej pszenicy Anza o niskiej wartości wypiekowej miała podjednostki HMW glutenin: null (*Glu-A1c*), 7 + 8 (*Glu-B1b*), 2 + 12 (*Glu-D1a*); zaś odmiana Cajeme 71 o wysokiej jakości wykazywała obecność podjednostek: 1 (*Glu-A1a*), 17 + 18 (*Glu-B1i*) i 5 + 10 (*Glu-D1d*) (Carrillo i in., 1990).

Odmiana Chinese Spring wykorzystana w niniejszej pracy jako podstawowy genotyp w uzyskaniu mieszańców F_1 — bridge odznaczała się niskimi wskaźnikami jakości ziarna, podobnie jak odmiana Favorit. Zatem nie mogły one stanowić źródeł uzyskania wysokich wskaźników technologicznych i wartości wypiekowej materiału badawczego. Krzyżowanie odmian Chinese Spring i Favorit z *T. durum* Desf. wskazuje, że introgresji z genomów A i B mogły podlegać jedynie loci *Glu-A1*, *Glu-A3* glutenin i *Gli-A1*, *Gli-A2* gliadyn genomu A, oraz loci *Glu-B1*, *Glu-B3* glutenin i *Gli-B1*, *Gli-B2* gliadyn genomu B. A zatem poprzez krzyżowanie międzygatunkowe *T. aestivum* L. z *T. durum* Desf uzyskano w genomach A i B genotypu *T. aestivum* L. nową zmienność genetyczną cech jakościowych jaka nie występuje u tego gatunku. Ekspresją tej zmienności były wysokie wartości wskaźników technologicznych (klasa E) wykraczających poza najlepszy genotyp jakościowy, którym od wielu lat w hodowli jakościowej pszenicy ozimej w Polsce jest odmiana Begra.

U odmian pszenicy tetraploidalnej *T. durum* Desf. istnieją korelacje genetyczne loci genomów A i B, mogących podlegać introgresji z niektórymi wskaźnikami technologicznymi. Blanco i wsp. (1998) stwierdzili, że liczba sedymentacji kodowana była przez 7 loci na 7 różnych chromosomach 1AL, 1BS, 3AS, 3BL, 5AL, 6AL i 7BS. Sprzężenia

dotyczyły loci na chromosomach 5AL., 6AL, 7BS. Na chromosomie 1AL zlokalizowano locus *Glu-A1* a na chromosomie 1BS loci *Gli-B1/Glu-B3* kodujące niektóre gluteniny i gliadyny. Sedymentacja była dodatnio skorelowana z zawartością białka w ziarnie (Blanco i in., 1998). Z kolei Dexter i Matsuo (1987) stwierdzili wysoką korelację pomiędzy sedymentacją a silnym glutenem i jakością ugotowanego makaronu. Nie stwierdzono korzystnej zależności pomiędzy wskaźnikiem sedymentacji a podjednostkami HMW — glutenin 6 + 8, 7 + 22 (wprowadzone z *T. dicoccoides* L.) kodowanymi przez oba allele *Glu-B1*.

Również w odmianach pszenicy *T. aestivum* L. występują podobne zależności loci genomów A i B, ze wskaźnikami technologicznymi ziarna. Nieto-Taladriz i wsp. (1994) badali wpływ loci *Gli-A1*, *Gli-B1*, *Glu-A3*, *Glu-B1*, *Glu-D3* na właściwości ciasta. Wykazali, że locus *Gli-B1* istotnie wpływał na wszystkie właściwości ciasta natomiast locus *Glu-B1* jedynie na stałość ciasta. Żadne z loci *Glu-A3*, *Gli-A1*, *Glu-D3* nie miały istotnego wpływu na wskaźniki jakościowe. Branlard i Dardevet (1985) wykazali dodatnią korelację stałości ciasta i silnego glutenu z podjednostkami: 2 (*Glu-A1*), 7 + 9 (*Glu-B1*), 5 + 10 (*Glu-D1*) glutenin (HMW) oraz rozciągliwości ciasta z podjednostkami: 1 (*Glu-A1*), 13 + 16, 17 + 18 (*Glu-B1*). Z kolei największą oporność na rozciąganie ciasta powodowały podjednostki 5 + 10, 2 + 12 kodowane przez locus *Glu-D1d,a* a mniejszy efekt stwierdzono w przypadku podjednostek 2 > 1 > null kontrolowanych przez locus *Glu-A1* i podjednostek 7 + 9 > 20, 7 + 8 > 7 + 9 kodowane przez *Glu-B1* (Lawrence i in., 1987). Lorenzo i wsp. (1987) wykazali, że wysoka sedymentacja i objętość chleba zawsze związane były z podjednostkami 5 + 10 glutenin (HMW), zaś Odenbach i Mahgoub (1988), że wysoka sedymentacja — z podjednostkami 2* (*Glu-A1*), 7 + 8 (*Glu-B1*), 7 + 9 (*Glu-B1*), 5 + 10 (*Glu-D1 d*) a z niską sedymentacją związane były podjednostki: null (*Glu-A1*), 6 + 8 (*Glu-B1*), 2 + 12 (*Glu-D1*).

Lagudah i wsp. (1988) stwierdzili, że większa stałość ciasta i oporność na rozciąganie związane były z obecnością podjednostek 5 + 10 glutenin (HMW), locus *Glu-D1 d* w przeciwieństwie do allelicznych podjednostek 2 + 12, które ujemnie wpływały na tę cechę. Lawrence i wsp. (1988) udowodnili, że utrata podjednostek 5 + 10 glutenin (HMW) locusa *Glu-D1 d* i 17 + 18 locusa *Glu-B1* i miały duży wpływ na zmiany miksograficzne ciasta.

Carrillo i wsp. (1990) wykazali bardzo silny związek kremowej barwy ciasta i wskaźnika sedymentacji z podjednostkami glutenin (HMW) kodowanymi przez homeologiczne loci *Glu-A1*, *Glu-B1* i *Glu-D1*. Schepers i wsp. (1993) również wykazali w odmianach holenderskich silny związek wskaźnika sedymentacji z podjednostkami glutenin (HMW) zwłaszcza locus *Glu-D1 a d* (2 + 12, 5 + 10).

Jak z powyższego wynika, substytucja lub introgresja chromosomów 1A, 1B, 1D odpowiedzialnych za dobre parametry jakościowe w gatunku *T. aestivum* L. przez ich homeologów z pszenicy tetraploidalnej *T. durum* Desf. (1A, 1B) może prowadzić do wyraźnych wzrostów jakościowych ziarna. Ewentualność introgresji chromosomów 1A, 1B, 1D z *T. aestivum* L. również mogła mieć miejsce w przypadku uzyskanych materiałów. We wczesnych generacjach, szczególnie w F₂ wykorzystano 13 odmian i rodów *T. aestivum* L. w celu uzyskania płodnego potomstwa F₁. Mansur i wsp. (1990) wykazali, że

wprowadzenie chromosomów 1A, 1B, 1D, 3A, 3B, 7A, 7B z odmiany Cheyenne spowodowało zwiększenie objętości chleba u odmiany Chinese Spring. Podobny efekt u odmiany Cappelle Deprez spowodowały chromosomy 1A, 1D, 4A, 4D, 5D, 6B, 6D wprowadzone z odmiany Bezostaja 1 (Krattiger i in., 1987). Rogers i wsp. (1990) wykazali, że substytucja międzyodmianowa powoduje interakcję genów występujących na różnych chromosomach jakościowych dając nowe kombinacje w efekcie, których pojawiają się wyższe wskaźniki jakościowe.

Można sądzić, iż ulepszenie wartości technologicznej w badanym materiale mogło wynikać z polimorfizmu glutenin odmian matecznych Chinese Spring i Favorit albowiem zjawisko takie występuje u odmian *T. aestivum* L. (Graybosch i in., 1994). Taka ewentualność nie zachodziła, gdyż wcześniej wykonane analizy elektroforetyczne glutenin tych komponentów wykazały ich jednorodność.

Oprócz genów jądrowych należy również rozważyć efekt cytoplazmy gatunków obcych jak i różnych odmian *T. aestivum* L. na ulepszenia jakości ziarna. (Ekiz i in., 1998) jaki może zachodzić w krzyżowaniach. W badanych liniach efekt cytoplazmy nie mógł występować albowiem w mieszańcach F_1 — bridge zawsze były te same, znane cytoplazmy odmian Favorit i Chinese Spring *T. aestivum* L.

U *T. aestivum* L. podobnie jak u odmian pszenicy tetraploidalnej *T. durum* Desf nie obserwuje się korelacji wysokich wskaźników technologicznych ziarna z cechami polowymi (Schepers i in., 1993). Potwierdzają to również uzyskane wyniki. Należy zwrócić uwagę na selekcjonowanie i rozmnażanie badanych form, które począwszy od generacji F_2 związane było z silną selekcją korzystnych cech kłosa, jak długi kłos, duża liczba kłosek w kłosie i kwiatków w kłosku, duża liczba ziaren z kłosa, wysoka masa ziaren z kłosa, wielkość ziaren i odporność na choroby. Jak widać wraz z najlepszymi cechami kłosa mogły być selekcjonowane wysokie wskaźniki technologiczne, o ile byłyby z nimi sprzężone. Zatem przez tak wiele generacji mogły one być utrwalone na poziomie homozygot. Jednak uzyskane wyniki technologiczne wskazują, że takiego sprzężenia nie było, gdyż nie wszystkie badane formy prezentowały wysokie wskaźniki technologiczne (klasa E), a większość linii w I roku badań była heterozygotycznymi genotypami dając rozszczepienia w następnych latach badań, czyli późniejszych generacjach F. Należy sądzić, że uzyskanie homozygot pod względem wysokich wskaźników technologicznych ziarna wymaga prowadzenia w tym kierunku oddzielnej selekcji.

WNIOSKI

1. Odmiany ozime Mirable, Khapli, Fuensemiduro pszenicy tetraploidalnej *Triticum durum* Desf. okazały się efektywnymi źródłami wysokiej zawartości białka i sedymentacji klasy E lepszej od odmiany Begra i liczby opadania jej poziomu.
2. Występowanie wysokich parametrów jakościowych ziarna (klasa E) przekraczających wartości odmiany Begra wskazuje na efekty introgresji obcych genów z genomów A i B *Triticum durum* Desf. do genotypu heksaploidalnego *Triticum aestivum* L.
3. Zidentyfikowane formy o parametrach technologicznych ziarna klasy E i A stanowią dla hodowli jakościowej pszenicy ozimej *Triticum aestivum* L. nowe źródła o innych

uwarunkowaniach genetycznych tych wartości, pochodzących z genomów A i B pszenicy tetraploidalnej *Triticum durum* Desf.

LITERATURA

- Anderson W. K., Shakley B. J., Sawkins D. 1998. Grain yield and quality: does there have to be a trade-off. *Euphytica* 100: 183 — 188.
- Baulcombe D.C., Huttly A.K., Martienssen R., Barker R. F., Jarvis M.G. 1987. A novel wheat ∇ - amylase gen (L-Amy 3). *Mol. Gen. Genet.* 209: 33 — 34.
- Blanco A., Bellomo M.P., Lotti C., Pasquolone A. 1998. Mapping of quantitative trait loci for grain quality using recombinant inbred lines of durum wheat. *Proc. of the 10th EWAC Meeting, Viterbo — Italy* (Ed. C .Ceoloni, Worland A. J.): 106 — 109.
- Branlard G., Dardevet M. 1985. Diversity of grain protein and bread wheat quality. II. Correlation between high molecular weight subunits of glutenin and flour quality characteristics. *J. Cereal Sci.* 3: 345 — 354.
- Carrillo J. M., Rousset M., Qualset C. O., Kasarda D. D. 1990. Use of recombinant inbred lines of wheat for study of associations of high-molecular weight glutenin subunit alleles to quantitative traits. I. Grain yield and quality prediction tests. *Theor. Appl. Genet.* 73: 321 — 330.
- Ciaffi M., Benedeltelli S., Giorgi B., Porceddu E., Lafiandra D., 1991 Seed storage proteins of *Triticum turgidum* spp. *dicoccoides* and their effects on technological quality in durum wheat. *Plant Breeding*, 107: 309 — 319.
- Dexter J. E., Matsuo R. R. 1987. Relationship between durum wheat properties and pasta dough rheology and spaghetti cooking quality. *J. Agric. Food. Chem.* 26: 899 — 905.
- Dong H., Cox T. S., Sears R. G., Lockhard G. L. 1991. High molecular weight glutenin genes: Effects on quality in wheat. *Crop. Sci.* 31: 971 — 979.
- D'Ovidio R, Simeone M., Masci S., Porceddu E. 1997. Molecular characterization of a LMW-GS gene located on chromosome 1B and the development of primers specific for the Glu-B3 complex locus in durum wheat. *Theor. Appl. Genet.* 95: 119 — 126.
- Ekiz H., Safi Kinal A., Akain A., Simsek L. 1998. Cytoplasmic effects on quality traits of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica* 100: 189 — 196.
- Flavell R., Payne P. 1987. Introducing molecular biology into wheat breeding for better breadmaking quality. *Biotechnology in Agriculture*: 14 — 15.
- Graybosch R. A., Peterson C. J., Lee J. H., Shelton D. R. 1994. Effects of glutenin protein polymorphisms on breadmaking quality of winter wheats. *Crop Sci.* 34: 628 — 635.
- Gupta R. B., McRitchie F., Shepherd K. W., Ellison F. 1991. Relative contribution of LMW and HMW glutenin subunits to dough strength and dough stickness of bread wheat. *Proc. 4th Int. Workshop Gluten Proteins* (Ed. Bushuk W., Tkachuk R.): 71 — 80.
- Halloran G. M. 1975. Genetic analysis of grain protein percentage in wheat. *Theor. Appl. Genet.* 46: 79 — 86.
- Johnson V. A., Mattern P. J., Peterson C. J., Kuhr S. L. 1985. Improvement of wheat protein by traditional breeding and genetic techniques. *Cereal Chem.* 62 (5): 350 — 355.
- Klockiewicz-Kamińska E., Brzeziński W. J. 1997. Metoda oceny i klasyfikacji jakościowej odmian pszenicy. *Wiad. Odm. COBORU*, 67: 1 — 18.
- Krattiger A. F., Payne P. I., Law C. N. 1987. The relative contribution of proteins and other components to breadmaking quality of varieties determined using chromosome substitution lines. *Proc. 3rd Int. Workshop Gluten Proteins, Budapest-Hungary*: 254 — 265.
- Lagudah E. S., O'Brien L. Halloran G. M. 1988. Influence of gliadin composition and high molecular weight subunits of glutenin on dough properties in an F₃ population of a bread wheat cross. *J. Cereal Sci.* 7: 33 — 42.
- Lawrence G. J., Moss H. J., Shepherd K. W., Wrigley C. W. 1987. Dough quality of biotypes of eleven Australian wheat cultivars that differ in high-molecular-weight glutenin subunit composition. *J. Cereal. Sci.* 6: 99 — 101.

- Lawrence G. J., Mac Ritchie F., Wrigley C. W. 1988. Dough and baking quality of wheat lines deficient in glutenin subunits controlled by the *Glu-A1*, *Glu-B1* and *Glu-D1* loci. *J. Cereal Sci.* 7: 109 — 112.
- Little T. M., Hills F. J. 1975. Statistical methods in agricultural research. Eds. T. M. Little F. J. Hills, Univ. California, Davis 95616, 2nd ed. USA.
- Lorenzo A., Kronstad W. E., Vieira L. C. E., 1987. Relationship between high molecular weight glutenin subunits and loaf volume in wheat as measured by the sodium dodecyl sulphate sedimentation test. *Crop. Sci.* 27: 253 — 257.
- MacGregor E. A., Mac Gregor A. W. 1987. Studies of cereal L-amylases using cloned DNSA s. *Rev. Biotech.* 5: 129 — 142.
- MacRitchie F., DuCros D. L., Wrigley C. W. 1990. Flour polipeptides related to wheat quality. *Adv. In Cereal Sci. and Tech.*(Ed. Y. Pomeranz, Am.Assoc. of Cereal Chem., USA), vol. 10: 79 — 146.
- Mansur L. M., Qualset C. O., Kasarda D. D., Morris R. 1990. Effects of Cheyenne chromosomes on milling and baking quality of Chinese Spring wheat in relation to glutenin and gliadin storage proteins. *Crop Sci.* 30: 35 — 47.
- MirAli N., Arabi M. I. E., Al-Safadi B. 1999. High molecular weight glutenin subunits composition of Syrian grown bread wheat and its relationships with gluten strength. *J. Genet. Breed.* 53: 237 — 245.
- Nieto-Taladriz M. T., Perretant M. R., Rousset M. 1994. Effect of gliadins and HMW and LMW subunits of glutenin on dough properties in the F₆ recombinant inbred lines from a bread wheat cross. *Theor. Appl. Genet.* 88: 81 — 88.
- Odenbach W., Mahgoub E. S. 1988. Relationships between HMW glutenin subunit composition and the sedimentation value in reciprocal sets of inbred backcross lines derived from two winter wheat crosses. *Proc. 7th Int.Wheat Genet. Symp.*, Cambridge (England): 987 — 991.
- Payne P. J., Nightingale M. A., Krattiger A. F., Holt L. M. 1987. The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. *J. Sci. Food. Agric.* 40: 51 — 65.
- Pilch J. 1996. Performance of interspecific and intergeneric hybrids of *Triticum aestivum* L. for wheat improvements. Part II. Breeding value of spring-type generations F₆–F₁₀ of *T. aestivum* L. with *Triticum* (2x, 4x), *Aegilops* (2x, 4x), *Secale* (2x) and *Hordeum* (2x) species in respect of some characters of spike. *Plant Breeding and Seed Science*, Vol. 41, No. 1: 3 — 15.
- Pilch J., Głowacz E., Cygankiewicz A. 1999. Wartość wypiekowa ziarna mieszańców pszenicy pochodzących z krzyżowań międzygatunkowych i międzyrodzajowych. *Biul. IHAR* 210: 71 — 83.
- Redaelli R., Pogna N. E., Ng P. K. 1997. Effects of prolamins encoded by chromosomes 1B and 1D on the rheological properties of dough in near-isogenic lines of bread wheat. *Cereal Chem.* 74: 102 — 107.
- Rogers W. J., Rickatson J. M., Sayers E. J., Law C. N. 1990. Dosage effects of chromosomes of homoeologous group 1 and 6 upon bread-making quality of hexaploid wheat. *Theor. Appl. Genet.*, 80: 281 — 287.
- Sabelli P. A., Shevry P. R. 1991. Characterization and organization of gene families at the Gli-1 loci of bread and durum wheats by restriction fragment analysis. *Theor. Appl. Genet.* 83: 209 — 216.
- Schepers J., Keizer L. C. P., Kolster P. 1993. The relation between high molecular weight glutenin subunits, bread-making quality and agronomic properties of winter wheat. *Cereal Res. Comm.* 21, No.4: 289 — 296.
- Szwed-Urbaś K., Segit Z., Mazurek H. 1997. Parametry jakościowe ziarna krajowych linii pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). *Biul. IHAR* 204: 129 — 140.
- Turchetta T., Ciaffi M., Porceddu E., Lafiandra D. 1995. Relationship between electrophoretic pattern of storage proteins and gluten strength in durum wheat landraces from Turkey. *Plant Breeding*, 114: 406 — 412.
- Uhlen A. K. 1990. The composition of high molecular weight glutenin subunits in Norwegian wheats and their relation to bread-making quality. *Norweg. J. Agric. Sci.* 4: 1 — 17.
- Wieser H., Zimmermann G. 2000. Importance of amounts and proportions of high molecular weight subunits of glutenin for wheat quality. *Eur. Food Res. Technol.* 210: 324 — 330.