

BOGUSŁAW ŁAPIŃSKI¹
ZYGMUNT NITA²
ALEKSANDRA SZOŁKOWSKA³
PATRYCJA WIECZOREK⁴

¹ Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy, Radzików

² Hodowla Roślin Strzelce Sp. z o. o.

³ DANKO Hodowla Roślin Sp. z o. o.

⁴ Małopolska Hodowla Roślin HBP Sp. z o.o.

Mieszaniec owsa uprawnego z dzikim gatunkiem *Avena macrostachya* jako nowe źródło zmienności do poprawy jakości plonu owsa nagoziarnistego*

A hybrid of cultivated oat with the wild species *Avena macrostachya* as a source of new variation for yield quality improvement in naked oats

Ród 5T8.33 otrzymany jako mieszaniec owsa ozimego z *Avena macrostachya* był badany w doświadczeniach polowych na poletkach 5 m², w czterech miejscowościach, w latach 2012 i 2013. W porównaniu z wzorcową odmianą Siwek ród miał lepsze średnie oceny kilku istotnych cech. Łączył w sobie wysokie i stabilne wartości masy tysiąca ziaren (MTZ = 32,7 g, 139,2% wzorca), zawartości w ziarnie białka (18,8%, 112% wzorca) i stosunkowo wysokiej zawartości włókna (7,0%, 117,9% wzorca) ze znacznie mniejszym udziałem w plonie ziarna oplewionego (4,0% w stosunku do 16,9% u wzorca) i z dobrą odpornością na wyleganie i rdzę koronową. W przeciwieństwie do odmiany wzorcowej, wysokie parametry jakości plonu nie były negatywnie skorelowane z plonem. Potencjał plonowania był również wysoki, ale stabilność plonowania niska. Dyskutowana jest przydatność rodu jako źródła nowej zmienności dla hodowli owsa.

Słowa kluczowe: *Avena macrostachya*, MTZ, nowa zmienność, owies nagi, włókno pokarmowe, zawartość białka, ziarno oplewione

The naked oat strain 5T8.33, derived from wide crosses between winter oats and *Avena macrostachya*, was investigated in field trials, on 5 m² plots, in four locations, in the years 2012 and

* Projekt MRRiW Nr 48 801 Badań Podstawowych na Rzecz Postępu Biologicznego w Produkcji Roślinnej

2013. In relation to the standard naked oat cultivar Siwek the strain showed better average scores for several important characters. High and stable values of thousand kernels mass (TKM = 32.7 g, 139.2% of the standard), grain protein content (18.8%, 112% of the standard), dietary fibre content (7.0%, 117.9% of the standard), resistances to lodging and to crown rust were combined with low contamination with husked grain (4.0% in relation to 16.9% in the standard). Contrary to the Siwek cultivar, the high grain quality parameters were not negatively correlated with yield. The yield potential was also high, but its stability was low. Usefulness of the strain as a source of new variation is discussed for application in oat breeding.

Key words: *Avena macrostachya*, dietary fibre, grain protein, husked grain, naked oat, new variation, TKM, yield

WSTĘP

Owies nagoziarnisty (zwany też nagim) odznacza się najwyższą wśród zbóż wartością odżywczą i energetyczną. W związku z nieobecnością łuski w plonie zawiera on o 20–25% więcej białka ogółem, ponad 50% więcej tłuszczu surowego i ok. 5-krotnie mniej włókna pokarmowego niż owies oplewiony. Białko owsa charakteryzuje się wysoką zawartością aminokwasów egzogennych, a jego korzystny skład frakcyjny cechuje wysoka zawartość albumin, globulin i glutelin. Tłuszcz odznacza się wysokim udziałem nienasyconych kwasów tłuszczowych. W niektórych materiałach stwierdzono stosunkowo wysoki poziom zawartości beta-glukanu, przy ogólnie mniejszej zawartości włókna pokarmowego (Biel i in., 2006; Fabijańska i in., 2003; Maciejewska-Ryś i Sokół, 1999; Pisulewska i in., 1997). Obfitość i skład związków odżywczych, a także składników mineralnych, witamin, przeciwutleniaczy i innych substancji bioaktywnych czyni z owsa, a w szczególności z owsa nagonasiennego, najwartościowszy zbożowy składnik diet prozdrowotnych i mieszanek paszowych (Bartnikowska i in., 2000 a).

Wybitne walory odżywcze owsa nagonasiennego nie znajdują jednak odzwierciedlenia w wielkości arealu jego upraw. Mimo znacznego zmniejszenia kosztów transportu, składowania i obróbki technologicznej ziarna owsa nagiego w porównaniu z owsem oplewionym, zboże to nie jest pozbawione cech zmniejszających jego atrakcyjność dla rolników i dla przetwórstwa. Istotne wady wiążą się głównie z fizycznymi parametrami plonu. Zbiór jest utrudniony w związku z niską masą ziarniaków. Przy zbiorze kombajnowym frakcja najmniejszych ziaren jest często wywiewana wraz z plewami (Burrows, 2011). Problemem jest także podatność ziarna na uszkodzenia mechaniczne, z którymi wiąże się obniżenie siły kiełkowania i jełczenie zawartych w ziarnie tłuszczów, znacznie obniżające jego wartość technologiczną i spożywczą (Burrows, 2011; Zieliński i in., 2014).

Możliwość hodowlanego poprawienia tych wad wiąże się z poszukiwaniem źródeł zmienności genetycznej. Wyodrębniono już w obrębie gatunku, głównie w kanadyjskim ośrodku AAFC w Ottawie, materiały wyjściowe do poprawy poszczególnych cech owsa nagiego. Zidentyfikowano formy o bardziej wyrównanym ziarnie, o mniejszej podatności na uszkodzenia mechaniczne, zmniejszonym pokryciu ziarna włoskami (Burrows, 2011). Pozwala to mieć nadzieję na pojawienie się w niedalekiej przyszłości nowych odmian owsa nagiego o istotnie poprawionej jakości plonu.

Dzięki prowadzonym pracom w Radzikowie nad mieszańcami owsa uprawnego (*Avena sativa* L.) z dzikim afrykańskim gatunkiem *Avena macrostachya* Bal. et Durieu wyodrębniono m.in. ród 5T8.33 łączący w sobie wyjątkowo wysoką masę ziarniaka, niski stopień zanieczyszczenia plonu ziarnem z łuską, wysoką zawartość białka i włókna pokarmowego. Niniejsza praca zawiera wyniki obserwacji tego rodu z dwóch lat w zróżnicowanych warunkach środowiskowych Radzikowa i polskich ośrodków zajmujących się hodowlą odmian owsa. Proponowane jest zastosowanie tego rodu jako oryginalnego źródła zmienności w hodowli nowych polskich odmian owsa nagonasiennego. Podana charakterystyka poszczególnych cech powinna umożliwić komplementarny dobór odpowiednich partnerów do krzyżowań.

MATERIAŁ I METODY

Nagonasienny ród 5T8.33 otrzymano po dwukrotnym spontanicznym krzyżowaniu wstępnym międzygatunkowym mieszańca F_1 z krzyżowania (*A. sativa* cv. LPWH992212 \times *A. macrostachya* klon B6) z owsami ozimymi. Mieszaniec F_1 miał 35 chromosomów (w tym 14 z *A. macrostachya*) i był kilkakrotnie rozmnożony wegetatywnie przez podział oraz poddany kolchicynowaniu. Klon okazał się wysoce sterylny i zawiązał w ponad 9800 wiechach, w warunkach dostępu pyłku z kolekcji ozimych zagranicznych form owsa, tylko 54 zdolne do kiełkowania nasiona. Roślina BC_1 następnego pokolenia oznaczona jako 5T8 była również całkowicie męskosterylna, mimo euploidalnej liczby 42 chromosomów. Poddano ją klonowaniu i w warunkach wolnego zapylenia wydała 85 nasion (z 324 wiech). Roślina następnego pokolenia oznaczona 5T8.3 była płodna i miała cechy owsa nagiego. W dalszych pokoleniach utworzono z niej linie zarówno ozime, jak i jare. Opisywane w niniejszej pracy jare sublinie 5T8.33011 i 5T8.33018 powstały z rozmnożenia różnych roślin pokolenia F_5 z 2009 roku.

Sublinie te trafiły do szkółek obserwacyjnych, a rok później do doświadczeń prowadzonych w latach 2012 i 2013 w Radzikowie i w trzech ośrodkach hodowli owsa: w Kopaszewie (Danko HR), Polanowicach (Małopolska HR) i w Strzelcach (Strzelce HR). W szkółkach owies rósł w warunkach siewu rozrzedzonego (w rozstawie 30×5 cm w Kopaszewie i w Radzikowie; 20×5 cm w Polanowicach i w Strzelcach), a w doświadczeniu w siewie gęstym (ok. 28 g/m²), na pojedynczych poletkach 5 m².

Masę 1000 ziaren (MTZ) i udział ziaren z łuską określano na podstawie dwóch prób po 200 nasion. Ciężar objętościowy zmierzono przy pomocy urządzenia Mini GAC Plus firmy DICKEY-john. Zawartości białka, tłuszczu i włókna zostały zbadane w HR Strzelce z zastosowaniem metody NIRS z użyciem spektrofotometru bliskiej podczerwieni INFRATEC.

Istotność różnic zweryfikowano analizując wariancję oraz obliczając najmniejszą istotną różnicę (NIR) w doświadczeniach z nagim owsem, które wraz ze wzorcową odmianą Siwek liczyły w latach 2012 i 2013 odpowiednio 5 i 6 obiektów. W analizie udziału ziaren oplewionych w plonie zastosowano dodatkowo transformację Bliss.

WYNIKI

W tabelach 1 i 2 podano wyniki plonowania i oceny podstawowych fizycznych cech plonu dla dwóch sublinii rodu 5T8.33 oraz odmiany wzorcowej w środowiskach uformowanych przez cztery miejscowości i dwa lata badań.

Tabela 1

Plon i ciężar objętościowy ziarna owsa nagonasiennego z rodu 5T8.33 w porównaniu do wzorcowej odmiany Siwek w doświadczeniach z lat 2012 i 2013
Yield and test weight (TW) of the naked oat strain 5T8.33 and the standard cultivar Siwek in the 2012 and 2013 field trials

Obiekt Object	Plon — Yield (kg/5m ²)					Ciężar objętościowy — Test weight (kg/hl)				
	Kopaszewo	Polanowice	Radzików	Strzelce	średnia average	Kopaszewo	Polanowice	Radzików	Strzelce	średnia average
Rok — Year 2012										
5T8.33011	2,8	1,1	1,3	1,3	1,6	68,3	62,8	58	64,2	63,3
5T8.33018	2,8	1,3	1,5	1,5	1,8	70	62,9	56,7	62,4	63,0
Siwek	2,7	2,5	2,2	2,1	2,4	61,9	57,5	53,9	61	58,6
NIR _{0,01} — LSD _{0,01}	0,49					4,2				
Rok — Year 2013										
5T8.33.011	2,5	0,5	2,4	0,7	1,5	57,4	56,7	44,6	55,9	53,7
Siwek	2,75	1,02	1,6	0,36	1,43	58,8	56,8	50	63,6	57,3
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,47					6,5				
Średnie za 2 lata — 2 years average										
5T8.33	2,69	0,95	1,72	1,15	1,63	65,2	60,8	53,1	60,8	60,0
Siwek	2,73	1,74	1,90	1,23	1,90	60,4	57,2	52,0	62,3	57,9
Z 2 lat w % wzorca — In % of check										
5T8.33	98,8	54,8	90,4	93,5	85,8	108,1	106,4	102,2	97,6	103,5

Tabela 2

Masa tysiąca ziaren (MTZ) i udział ziaren oplewionych u owsa nagonasiennego z rodu 5T8.33 w porównaniu do wzorcowej odmiany Siwek w doświadczeniach z lat 2012 i 2013
Thousand kernels mass (TKM) and percentage of husked grains (HGP) in yield of the naked oats 5T8.33 and Siwek in field trials 2012 and 2013

Obiekt Object	Masa tysiąca ziaren — Thousand kernels mass (g)					% ziaren z plewą — Percentage of husked grains					<1,5 mm
	Kop	Pol.	Rad.	Str	\bar{x}	Kop	Pol.	Rad.	Str	\bar{x}	Pol.
Rok — year 2012											
5T8.33.011	33,1	34,5	35,1	33,5	34,1	1	4	5	1	2,8	0,2
5T8.33.018	33,2	32,5	35	33,7	33,6	1	2,5	7	0	2,6	0,1
Siwek	22,9	21	22,8	22,3	22,3	11	18	8	10	11,8	3,7
NIR _{0,01} — LSD _{0,01}	1,7					8,6					
Rok — year 2013											
5T8.33.011	32	30,8	30,8	28,7	30,5	14	7,5	3,5	2,3	6,7	0,1
Siwek	28	27,0	18,9	25,4	24,8	38	17,5	28,3	4,3	22,0	0,9
NIR _{0,01} — LSD _{0,01}	5,4					7,8					
Średnie za 2 lata — 2 years average											
5T8.33	32,7	32,6	33,6	32,0	32,7	5,2	4,7	5,2	1,1	4,0	0,1
Siwek	25,4	24,0	20,8	23,8	23,5	24,5	17,8	18,2	7,2	16,9	2,3
Z 2 lat w % wzorca — In % of standard											
5T8.33	128,7	135,9	161,3	134,1	139,2	21,1	26,3	28,5	15,4	23,9	4,3

W ostatniej kolumnie podano udział w plonie ziaren o grubości <1,5 mm; The last column shows fraction of grain with thickness lower than 1.5 mm

Miejscowości — Locations: Kop — Kopaszewo, Pol — Polanowice, Rad — Radzików, Str — Strzelce

Plon rodu 5T8.33 wahał się w granicach 0,5–2,8 kg/5 m² zależnie od sublinii, roku i miejscowości. Średnia jego wartość wyniosła 1,63 kg, co stanowiło 86% średniego plonu wzorca Siwek osiągniętego w tych samych środowiskach. W roku 2012 plony rodu były wysoce istotnie niższe niż wzorca, natomiast w 2013 były na tym samym poziomie. Najlepsze plony rodu 5T8.33 zanotowano w Kopaszewie, gdzie nie ustępował on odmianie wzorcowej. Natomiast w Polanowicach odmiana Siwek (wyhodowana w tej miejscowości) prawie dwukrotnie przewyższyła plonem ród 5T8.33.

Ciężar objętościowy przyjmował najniższe wartości w Radzikowie w roku 2013 (44,6 kg/hl dla sublinii 5T8.33011 i 50 kg/hl dla odmiany Siwek). Najwyższe wartości dla rodu zanotowano w Kopaszewie w roku 2012 (70 kg/hl dla sublinii 5T8.33018), a dla wzorca w Strzelcach w roku 2013 (63,6 kg/hl). Średnie dla porównywanych obiektów z wszystkich środowisk nie różniły się znacząco, ród 5T8.33 osiągnął 103,5% wzorca. Jednak w 2012 roku poziom cechy był wysoce istotnie lepszy od wzorca (przy niższym plonie) a w 2013 roku nieco gorszy (wraz z lepszym plonem).

Masa tysiąca ziaren badanego rodu w mniejszym stopniu zależała od zmienności środowisk przyjmując w doświadczeniach skrajne wartości w 2012 r. w Strzelcach (28,7 g) i w Radzikowie (35,1 g). Średnia wartość z doświadczeń wyniosła 32,7 g, co stanowiło 139,2% średniej wartości MTZ dla odmiany Siwek. Przewaga rodu 5T8.33 była wysoce istotna w obu latach badań a zakresy zmienności 5T8.33 i wzorca nawet się nie pokrywały. Udział frakcji ziaren drobnych o grubości mniejszej od 1,5 mm wyniósł w Polanowicach 0,1% i był ponad 20-krotnie niższy, niż u wzorca. Rysunek 1 umożliwia lepsze porównanie ziarna badanego rodu i odmiany Siwek ze zbioru kombajnowego w Radzikowie w 2013 r.

Udział ziaren z łuską był średnio ponad czterokrotnie niższy w mieszańcu 5T8.33, niż w odmianie wzorcowej. Różnica ta była wysoce istotna w obu latach badań. W plonach pochodzących ze Strzelec była ona nawet sześciokrotna a w doświadczeniu z roku 2012 w sublinii 5T8.33018 w ogóle nie stwierdzono tam zanieczyszczeń ziarnem oplewionym. W tych samych warunkach wzorzec wykazywał 10% takich zanieczyszczeń. Najbardziej prowokacyjne warunki do ujawniania się skłonności do oplewienia ziarna wystąpiły w Kopaszewie w roku 2013. W tych warunkach ród 5T8.33 miał 14% zanieczyszczeń ziarnem oplewionym, a odmiana Siwek aż 38%. Najwyższy poziom zanieczyszczeń u wzorca wystąpił w kombinacji z najwyższym osiągniętym plonem. U rodu 5T8.33 nie było negatywnej korelacji między ekspresją nagonasienności i plonowaniem. Przy najwyższych osiągniętych plonach w Kopaszewie w 2012 roku udział ziarna z łuską nie przekroczył 1%.

Zawartości białka, tłuszczu i włókna w ziarnie, w przeliczeniu na procent suchej masy, przedstawiono w tabeli 3. Ród 5T8.33 zawierał w ziarnie średnio 18,8% białka, w przeliczeniu na suchą masę, podczas gdy odmiana wzorcowa miała go średnio 16,8 %. W obu latach badań różnica była wysoce istotna. Mimo zauważalnej negatywnej korelacji zawartości białka z plonem, przewaga ponad 0,6 punktu procentowego nad wzorcem została utrzymana nawet w Kopaszewie, gdzie ród plonował lepiej niż Siwek. Sublinia 5T8.33011 osiągnęła w 2012 roku wyższy, o 1,7 punktu procentowego, średni poziom tego składnika, niż siostrzana sublinia 5T8.33018 i różnica ta była wysoce istotna.

Tabela 3

Zawartości białka, tłuszczu i włókna pokarmowego w ziarnie owsa nagonasiennego 5T8.33 i odmiany wzorcowej z doświadczeń lat 2012 i 2013

Contents of protein, fat and fibre in naked oats 5T8.33 and Siwek for the years 2012 and 2013

Objekt Object	Białko — protein (%)					Tłuszcz — fat (%)					Włókno — fibre (%)				
	Kop	Pol.	Rad.	Str	\bar{x}	Kop	Pol.	Rad.	Str	śr.av.	Kop	Pol.	Rad.	Str	\bar{x}
Rok — year 2012															
5T8.33.011	18,25	19,50	19,23		18,99	5,13	3,97	5,49		4,86	8,12	8,20	7,87		8,06
5T8.33.018	16,60	18,20	17,04		17,28	4,89	4,41	5,03		4,78	6,25	7,29	9,62		7,72
Siwek	15,20	15,24	14,72		15,05	6,07	7,19	5,34		6,20	5,81	5,59	7,26		6,22
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,86					0,92					1,30				
NIR _{0,01} — LSD _{0,01}	1,22					1,31					1,85				
Rok — year 2013															
5T8.33.011	17,91	20,52	18,74	22,06	19,81	6,02	4,83	5,63	4,95	5,36	8,86	8,49	8,61	6,22	8,05
Siwek	18,71	18,24	14,65	20,75	18,09	5,47	6,52	6,59	5,75	6,08	5,23	5,70	7,83	3,82	5,65
NIR _{0,01} — LSD _{0,01}	1,52					0,63					1,24				
Średnie za 2 lata — 2 years average															
5T8.33	17,59	19,41	18,34	22,06	18,81	5,35	4,40	5,38	4,95	5,03	7,74	7,99	8,70	6,22	6,99
Siwek	16,95	16,74	14,69	20,75	16,79	5,77	6,85	5,97	5,75	6,13	5,52	5,65	7,55	3,82	5,93
Średnie za 2 lata w % wzorca — average in % of check															
5T8.33	103,7	115,9	124,9	106,3	112,0	92,7	64,3	90,2	86,1	82,1	140,3	141,6	115,2	162,8	117,9

Miejscowości — Locations: Kop — Kopaszewo, Pol — Polanowice, Rad — Radzików, Str — Strzelce

Zawartość tłuszczu wyniosła średnio 5,36% i była wysoce istotnie niższa, o prawie 1/5, niż u odmiany wzorcowej. Z kolei zawartość włókna (8,05%) była prawie o 1/5 wyższa (różnica istotna).

W tabeli 4 podano niektóre miary i bonitacje cech o znaczeniu agrotechnicznym.

Tabela 4

Niektóre cechy o znaczeniu agrotechnicznym rodu 5T8.33 w porównaniu z wzorcową odmianą Siwek z doświadczeń w latach 2012 i 2013

Some characters related to agronomic value of the strain 5T8.33 and cv. Siwek

Objekt Object	Wczesność wiewchowania (dni po 1.01) Ear emergence (days after 1.01)				Wysokość Plant height (cm)				Odporność na wyleganie Lodging resistance			Odporność na rdzę koronową Crown rust resistance				Odporność na mączniaka Mildew resistance
	Kop.	Pol.	Str.	\bar{x}	Kop	Rad	Str.	\bar{x}	Kop	Rad	\bar{x}	Kop	Pol.	Str.	\bar{x}	Pol
Rok — year 2012																
5T8.33.011	160,0	164,0	160,0	161,3	90	90		90	9	9	9	9,0	8,0	3,0	6,7	7,0
5T8.33.018	161,0	164,0	160,0	161,7	95	90		92,5	9	9	9	9,0	9,0	7,0	8,3	8,0
Siwek	159,0	163,0	159,0	160,3	100	90		95	8	8	8	6,0	9,0	2,0	5,7	9,0
rok — year 2013																
5T8.33.011	175,0	182,0	182,0	179,7	100			83	91,5	9	5	7	9,0		7,0	8,0
Siwek	172,0	171,0	175,0	172,7	100			64	82	9	4	6,5	7,0		5,0	6,0
Średnie za 2 lata — 2 years average																
5T8.33	165,3	170,0	167,3	167,6	95,0	90,0		83,0	91,3	9,0	7,7	8,3	9,0	8,5	5,7	7,7
Siwek	165,5	167,0	167,0	166,5	100	90,0		64,0	88,5	8,5	6,0	7,3	6,5	9,0	3,5	5,8
Średnie za 2 lata w % wzorca — average in % of standard																
5T8.33	99,9	101,8	100,2	100,6	95,0	100		130	103	106	128	115	139	94,4	162	131

Miejscowości — Locations: Kop — Kopaszewo, Pol — Polanowice, Rad — Radzików, Str — Strzelce

Tempo rozwoju rodu 5T8.33 było wolniejsze niż wzorca. Wielkość różnic zależała od sezonu wegetacyjnego. W roku 2012 ród ten wysuwał wiechy o dzień później, niż wzorzec, zaś w 2013 roku różnica ta wyniosła 7 dni.

Wysokość łanu wahała się, w zależności od środowiska, od 83 cm do 100 cm, średnio 91 cm, przewyższając odmianę wzorcową o ok. 3 cm.

Odporność na wyleganie była średnio o jeden stopień bonitacji wyższa niż u wzorca.

Ród 5T8.33 wykazał wyższą od wzorca odporność na rdzę koronową, ale nieco niższą odporność na mączniaka.



Siwek

5T8.33018

**Rys 1. Porównanie ziarna wzorcowej odmiany Siwek i rodu 5T8.33 (ze zbioru w Radzikowie, 2013 r.)
Fig. 1. Comparison of grain between the standard cultivar Siwek and the strain 5T8.33 (harvested in Radzików, 2013)**

DYSKUSJA

W opisywanych doświadczeniach ród 5T8.33 wykazał kompleksową poprawę kilku ważnych cech rolniczych i użytkowych. Największą pozytywną zmianą, zarówno w

stosunku do wzorcowej odmiany Siwek jak i innych opisywanych w literaturze owsów nagonasiennych, wydaje się blisko 40% przewaga masy 1000 nasion, dochodzącej do 35,1 g (w Radzikowie), bliskiej krańcom zakresu zmienności nagonasiennych form gatunku. Największe wartości tego wskaźnika, w zakresie 35,3–38,6 g podano dla trzech z 25 linii międzynarodowej szkółki owsa nagonasiennego wysiewanej w Strzelcach w latach 2000 i 2001 (Nita, 2003). Wartości MTZ w krajowych badaniach innych autorów były dużo niższe: u Tobiasz-Salach i in. (2007) mieściły się w zakresie 18,1–22,1 g dla 8 polskich rodów i odmian; nieco wyższy poziom 21,9–25,1 g stwierdziła Sykut-Domańska (2012) w grupie pięciu odmian i rodów; wartości MTZ w zakresie 21,4–29,7g stwierdzili Maciorowski i in. (2006) dla 40 rodów krótkosłomych, Dubis i Budzyński (25,3–31,0 g) u odmiany Akt. Poprawa tej cechy u rodu 5T8.33 ma stabilny charakter. Tylko w jednym roku i jednej miejscowości wartość tego wskaźnika spadła poniżej 30 g, Średnia wartość ze wszystkich środowisk, wynosząca 32,7 g, jest wyjątkowo wysoka wśród nagich form owsa.

Osiągnięcie wysokiego poziomu MTZ wraz z radykalnym zmniejszeniem frakcji drobnego ziarna eliminuje podstawowy dla owsa nagonasiennego problem strat przy zbiorze spowodowanych wywiewaniem lekkich nasion w strumieniu powietrza z kombajnu. Wysoka masa ziarniaka jest też ważnym czynnikiem odporności na suszę (Leischmann i Westoby, 1994), co zostało potwierdzone dla owsa nagiego (Mut i Akay, 2010). Większe ziarno kiełkuje szybciej i korzenie szybciej docierają do głębszych, zasobniejszych w wilgoć warstw gleby, co skutkuje później lepszym zagęszczeniem łanu i wyższym plonem.

Możliwe, że poprawa wielkości ziarna jest, przynajmniej częściowo, związana z udziałem dzikiego gatunku w pochodzeniu linii 5T8.33. Mimo, że *A. macrostachya* ma ziarno drobne (MTZ ok 11 g), to spokrewnione z badanym rodem oktoploidalne mieszańce z dołączonymi 14 chromosomami dzikiego gatunku wykazują znaczny efekt heterozji międzygenomowej dla tej cechy, osiągając w gęstym siewie u form oplewionych wartości MTZ ponad 60 g. Oznacza to, że po odliczeniu plewy, ciężar 1000 wyłuskanych ziaren wynosi ponad 45 g (Łapiński i in., 2012). Nie jest wiadomo, w jakim stopniu ten efekt *A. macrostachya* mógł być przeniesiony do heksaploidalnego gatunku *A. sativa*, jednak znaczne przesunięcie zakresu zmienności w prawo pozwala traktować tę możliwość jako wysoce prawdopodobną. Nie wyklucza to sumowania się z efektem nowej zmienności z ozimych zagranicznych form owsa o wysokiej masie ziarniaka. W naszych mieszańcach wewnątrzgatunkowych (bez *A. macrostachya*), traktowanych jako układ odniesienia z domieszką genów ozimych linii owsa, wskaźniki MTZ osiągały u form oplewionych wartości ponad 50 g, wykazując również znaczny potencjał tego źródła zmienności. Jednak wielkość i stabilność tych efektów nie była tak wysoka jak u nagonasiennego rodu 5T8.33, który okazał się wyjątkowy także pod innymi względami.

Kłopotliwym problemem w przetwórstwie owsa nagonasiennego jest zanieczyszczenie ziarnem oplewionym. Nie wyhodowano jeszcze odmiany nagonasiennej, która dawałaby plon bez domieszki ziarna z plewami. W tym kontekście cenną cechą rodu 5T8.33 jest kilkukrotny spadek udziału ziaren z łuską. Wada ta w znacznym stopniu zależy od środowiska i jej nasilenie jest, podobnie jak u wzorca w naszych badaniach, zazwyczaj

większe w warunkach sprzyjających wyższemu plonowaniu. Istotnym czynnikiem jest niska temperatura w okresie różnicowania się struktur kwiatu, która w niektórych odmianach doprowadzała nawet do 61,8% udziału ziarna oplewionego w plonie (Lawes i Boland, 1974). Marschall i in. (1992) przestrzegali przed podobnym skutkiem złego terminu zastosowania herbicydu. Problem wysokiej niestabilności tej cechy, podobnej rozmiarami do obserwowanej w naszych badaniach w odmianie Siwek, ujawnił się również w pracy Sykut-Domańskiej (2012) dla odmiany Akt (zakres 2–24% ziaren z łuską). Stabilność niskiego poziomu zanieczyszczeń łuską u rodu 5T8.33 okazała się o wiele lepsza niż w odmianie wzorcowej. O braku negatywnej korelacji z plonem świadczą wyniki z Kopaszewa z 2012 r., gdzie było zaledwie 1% ziaren z łuską przy plonowaniu powyżej poziomu wzorca, który miał w tych samych warunkach 11% ziarna oplewionego. W Strzelcach, gdzie warunki najbardziej sprzyjały pełnej wymłacalności owsa nagiego, możliwe było nawet osiągnięcie 100% ziarna nieoplewionego w roku 2012. Jednak w najbardziej prowokacyjnych warunkach, jakie wystąpiły w Kopaszewie w 2013 r., udział tych zanieczyszczeń był na wciąż wysokim poziomie 14%. Odmiana Siwek w tych samych warunkach, przy niewiele wyższym poziomie plonowania, miała 38% ziaren z plewami.

Ród 5T8.33 nie ustępował odmianie wzorcowej także pod względem objętościowego ciężaru ziarna (gęstości usypowej). Różnica średnich dla różnych środowisk była wprawdzie niewielka, jednak wyniki 68–70 kg/hl osiągnięte w Kopaszewie w 2012 r. ukazują większy potencjał tej cechy, nieosiągnięty przez odmianę wzorcową. W badaniach innych autorów owies nagi osiągał jeszcze wyższe wartości ciężaru objętościowego, dochodzące do 74,3 kg/hl, przewyższające o ok. 30% wartości typowe dla owsa oplewionego (Sykut-Domańska, 2012). Korzyści z tej cechy nie ograniczają się do efektywności transportu i składowania ziarna. W badaniach Zielińskiego i in. (2014) wysoka masa hektolitra była pozytywnie związana z odpornością owsa nagiego na uszkodzenia mechaniczne.

Wysoki, stabilny i mało zależny od negatywnej korelacji z plonem okazał się poziom zawartości białka w ziarnie sublinii 5T8.33011. W siostrzanej sublinii 5T8.33018 średnia zawartość białka była w wysoce istotnym stopniu niższa, lecz mimo to wysoka w porównaniu ze wzorcem. Przewaga rodu 5T8.33 nad wzorcem została utrzymana nawet na stanowisku, gdzie plon był wyższy od wzorca. Jeśli brać pod uwagę tylko bogatszą w białko sublinię 5T8.33011, to jej średnia przewaga 2,8 punktu procentowego nad wzorcem oznacza, przy plonie ok. 25 dt/ha, o ok. 70 kg/ha więcej białka owsianego o wysokich parametrach jakościowych.

Obniżona w porównaniu ze wzorcem zawartość tłuszczu i zwiększona zawartość włókna pokarmowego, wraz z podwyższoną zawartością białka, pozwala zakwalifikować 5T8.33 jako ród o zwiększonej przydatności do przetwórstwa i produkcji żywności funkcjonalnej. Wysoka zawartość białka powinna znacząco wpływać także na wartość paszową ziarna.

Badany ród wykazał zadawalający poziom cech agrotechnicznych. Ważnymi zaletami są odporności na wyleganie i rdzę koronową. Najpoważniejszą wadą rodu 5T8.33 jest opóźnienie rozwoju roślin. Ma to związek z pochodzeniem od ozimych form owsa, zarówno uprawnego jak i dzikiego; *A. macrostachya* jest zimotrwałym gatunkiem

wieloletnim. Linie spokrewnione z badanym rodem, hodowane oddzielnie jako formy ozime, kwitną i dojrzewają o tydzień lub dwa wcześniej od jarych, jeśli zostaną wysiane jesienią (i jeśli przetrwają zimę).

Tabela 5

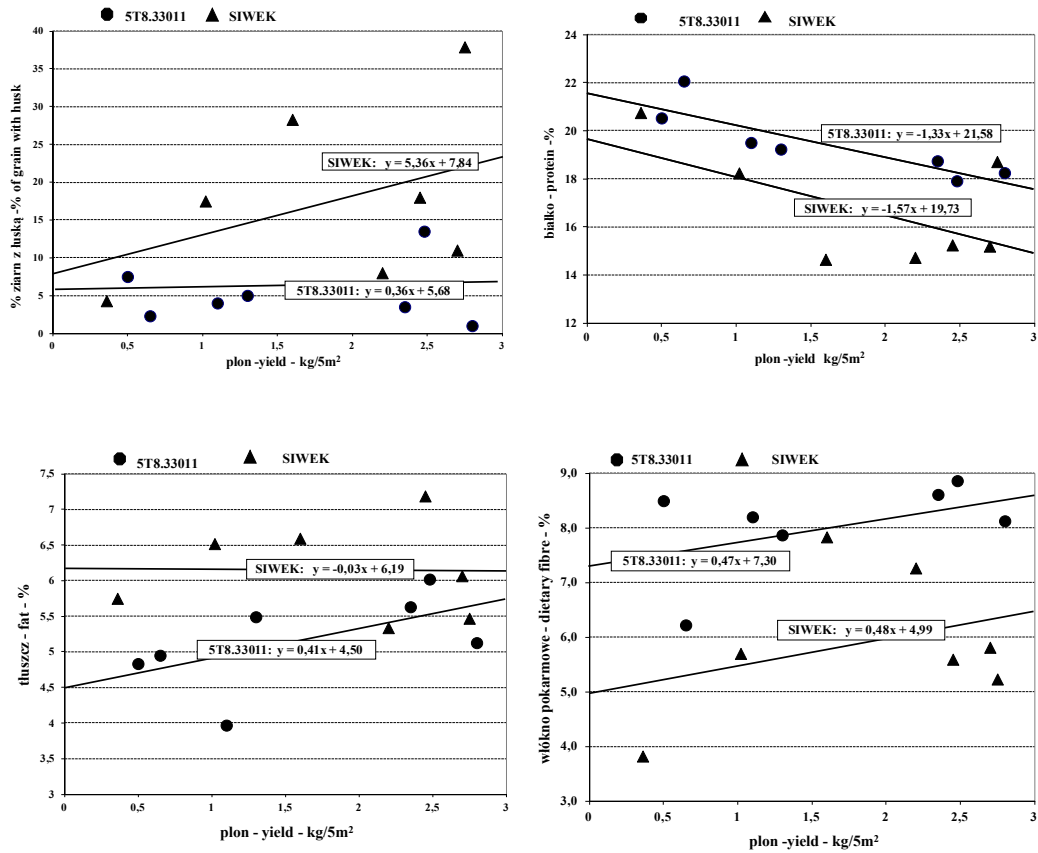
Współczynniki korelacji Pearsona dla plonu i jego cech jakościowych. W prawej górnej części tabeli podano wartości dla odmiany Siwek a w dolnej lewej części — dla sublinii 5T8.33011. Wyliczone dla siedmiu środowisk (z dwóch lat i czterech miejscowości)
Pearson's correlation coefficients for yield and its quality parameters. The values for the Siwek cultivar are in the upper-right part of the table, those for the 5T8.33011 strain are in the lower-left part.
Calculated for seven environments in two years and four locations

	Plon Yield	Ciężar objętościowy Test weight	MTZ TKW	Udział ziaren z łuską Percentage of husked grains	Białko Protein	Tłuszcz Fat	Włókno Fibre
Plon Yield	1	-0,118	-0,158	0,413	-0,592	-0,044	0,331
Ciężar objętościowy Test weight	0,069	1	0,546	-0,395	0,627	-0,234	-0,906
Masa tysiąca ziaren Thousand kernels mass	0,200	0,490	1	0,106	0,784	-0,495	-0,643
Udział ziaren z łuską Percentage of husked grains	0,080	-0,154	-0,018	1	-0,041	0,105	0,236
Zawartość białka Protein	-0,865	-0,138	-0,547	-0,324	1	-0,318	-0,839
Zawartość tłuszczu Fat	0,572	-0,418	-0,180	0,464	-0,465	1	0,122
Zawartość włókna Fibre	0,501	-0,085	0,387	0,532	-0,797	0,276	1

Korelacje istotne ($p = 0,05$) zaznaczono pogrubionym drukiem
 The significant correlations (at $p = 0.05$) are marked bold

Dwie sublinie rodu 5T8.33 różniły się większością cech nieznacznie. Ze względu na zawartość składników odżywczo-dietetycznych 5T8.33011 jest cenniejsza, jednak 5T8.33018 wykazała nieco lepszą odporność na rdzę i mączniaka.

O skuteczności źródła zmienności w hodowli nieraz decyduje w mniejszym stopniu bezwzględna wartość cechy, niż dystans genetyczny wraz z odmiennością rozwojowo-metaboliczną, która często oznacza możliwość przełamania kłopotliwych korelacji z plonem lub innymi ważnymi cechami. Tabela 5 z współczynnikami korelacji i wykresy regresji cech skorelowanych z plonem na rysunkach 2 a–2d dokumentują przewagę rodu 5T8.33 nad odmianą wzorcową w łamaniu niekorzystnych korelacji. Brak korelacji plonu z udziałem ziaren oplewionych (rys. 2 a) oraz korelacja plonu z zawartością tłuszczu w ziarnie (rys 2 c) pozytywnie wyróżniają mieszańca międzygatunkowego. W zakresie powiązań zawartości białka i włókna z plonem ród 5T8.33 również nie odbiegał na niekorzyść od odmiany Siwek (rys. 2 b, 2 d).



Rys 2. Regresje niektórych cech jakościowych ziarna względem wysokości plonu sublinii 5T8.33011 i wzorcowej odmiany Siwek; wyliczone dla siedmiu środowisk dla:

- udziału zanieczyszczeń ziarnem oplewionym
- zawartości białka w ziarnie
- zawartości tłuszczu w ziarnie
- zawartości włókna w ziarnie

Fig. 2. Regressions between some quality traits and yield for the naked oat strain 5T8.33011 and the standard cultivar Siwek; calculated from seven environments for:

- contamination with husked grain
- protein content in grain
- fat content in grain
- dietary fibre content in grain

PODSUMOWANIE

Biorąc pod uwagę kompleksowość i poziom poprawy cech jakościowych ziarna należy uznać ród 5T8.33 za cenne źródło zmienności dla hodowli owsa nagoziarnistego.

Wprowadzenie tej formy do krzyżowań powinno przyczynić się do rozwiązania podstawowych problemów ze zbyt drobnym ziarnem i z zanieczyszczeniem plonu nasionami oplewionymi; powinno też zwiększyć udział podstawowych składników odżywczo-pokarmowych w ziarnie. Przewaga nad innymi źródłami zmienności tych cech związana jest także z przełamaniem negatywnych korelacji z plonem. Ujawniony w Kopaszewie potencjał plonowania okazał się również wysoki, podobnie jak dla ciężaru objętościowego, jednak wyniki z innych miejscowości wykazały niską stabilność tych dwóch cech, co należałoby mieć na uwadze przy doborze komponentów do krzyżowań z tym rodem. Należałoby przy tym uwzględnić także jego słabszą odporność na mączniaka a także unikać krzyżowania z formami zbyt późnymi.

LITERATURA

- 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 — 222.
- Burrows V. D. 2011. Hullless oat Development, Applications and Opportunities. In.: Oats Chemistry and Technology. F. H. Webster and P. J Wood, Eds. 2nd edition: 31 — 50.
- Dubis B., Budzyński W. 2003. Reakcja owsa nagonasiennego i oplewionego na termin i gęstość siewu. Biul. IHAR 229: 139 — 146.
- 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.
- Lawes D. A., Boland P. 1974. Effect of temperature on the expression of the naked grain character in oats. Euphytica 23: 101 — 104.
- Leischman M. R., Westoby M. 1994. The role of seed size in seedling establishment in dry soil conditions — experimental evidence from semi-arid species. J. Ecol. 82: 249 — 258.
- Maciejewska-Ryś w., Sokół J. 1999. Wartość pokarmowa ziarna owsa oplewionego (*Avena sativa* L.) i nagoziarnistego (*A. sativa* var. *nuda*). Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. 1 (18) Supl.: 273 — 277.
- Łapiński B., Kała M., Nakielna Z., Jellen E., Livingston D.P. 2012. The perennial wild species *Avena macrostachya* as a genetic source for improvement of winter hardiness in winter oat for cultivation in Poland. In: Biotechnology and Plant Breeding — Perspectives. Eds. R. K. Behl and E. Arseniuk, Agrobios (International) Publishers, Jodhpur, India: 51 — 62.
- Maciorowski R., Nita Z., Werwińska K., Stankowski S. 2006. Plonowanie nowych krótkosłomych form owsa nagoziarnistego. Biul. IHAR 239: 123 — 135.
- Marschall H. G., McDaniel M. E., Creggar L. M. 1992. Cultural practices for oat: Weed and pest control. In: Oat Science and Technology. H. G. Marschall and M. E. Sorrels, Eds. Agron. Monogr. 33. American Society of Agronomy, Madison, WI.: 209 — 210.
- Mut Z., Akay H. 2010. Effect of seed size and drought stress on germination and seedling growth of naked oat (*Avena sativa* L.). Bulgarian J. Agric. Sci. 16 (4): 459 — 467.
- Nita Z. T. 2003. Współczesne osiągnięcia i perspektywy hodowli owsa w Polsce. Biul. IHAR 229: 13 — 20.
- Pisulewska E., Kołodziejczyk M., Witkiewicz R. 1997. Porównanie składu chemicznego ziarna owsa oplewionego i nagoziarnistego uprawianych w różnych warunkach siedliska. Acta Agr. Silv., Ser. Agr. 35: 99 — 106.
- Sykut-Domańska E. 2012. Charakterystyka wybranych cech fizycznych ziarna owsa nagego i zwyczajnego (*Avena sativa* L.). Acta Agrophysica 19 (4): 845 — 856.
- Tobiasz-Salach R., Bobrecka-Jamro D., Szpunar-Krok E., Buczek J. 2007. Ocena wartości gospodarczej odmian owsa nagoziarnistego uprawianych w rejonie Podkarpacia. Biul. IHAR 244: 183 — 189.
- Zieliński A., Ptak A., Wójtowicz T., Moś M. 2014. Susceptibility of naked oat cultivar seeds to mechanical damage. Cent. Eur. J. Biol. 9 (3): 331 — 340.