

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

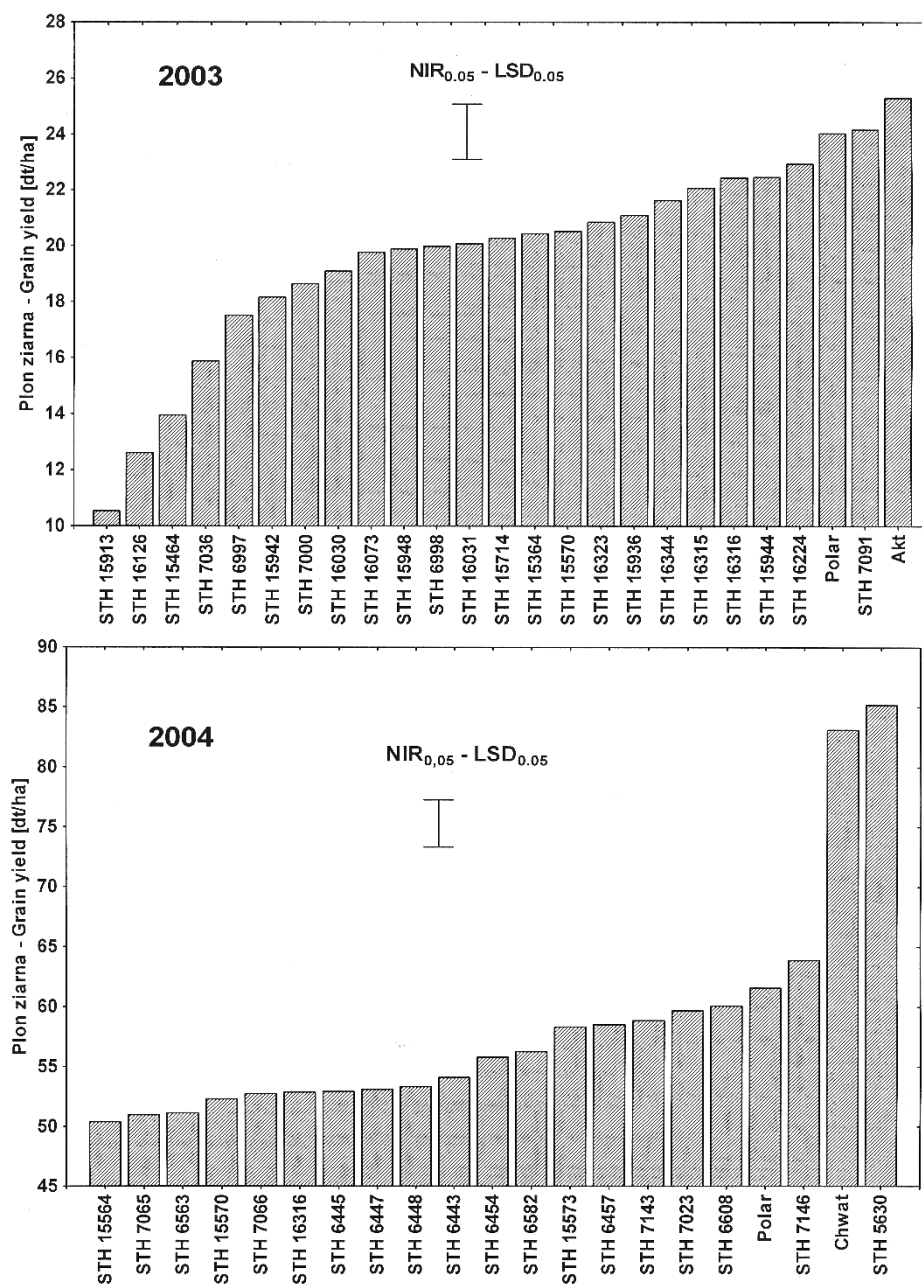
Warunki pogodowe w Rolniczej Stacji Doświadczalnej Lipnik w latach 2003–2004
Weather conditions in Agricultural Experimental Station at Lipnik in 2003–2004

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

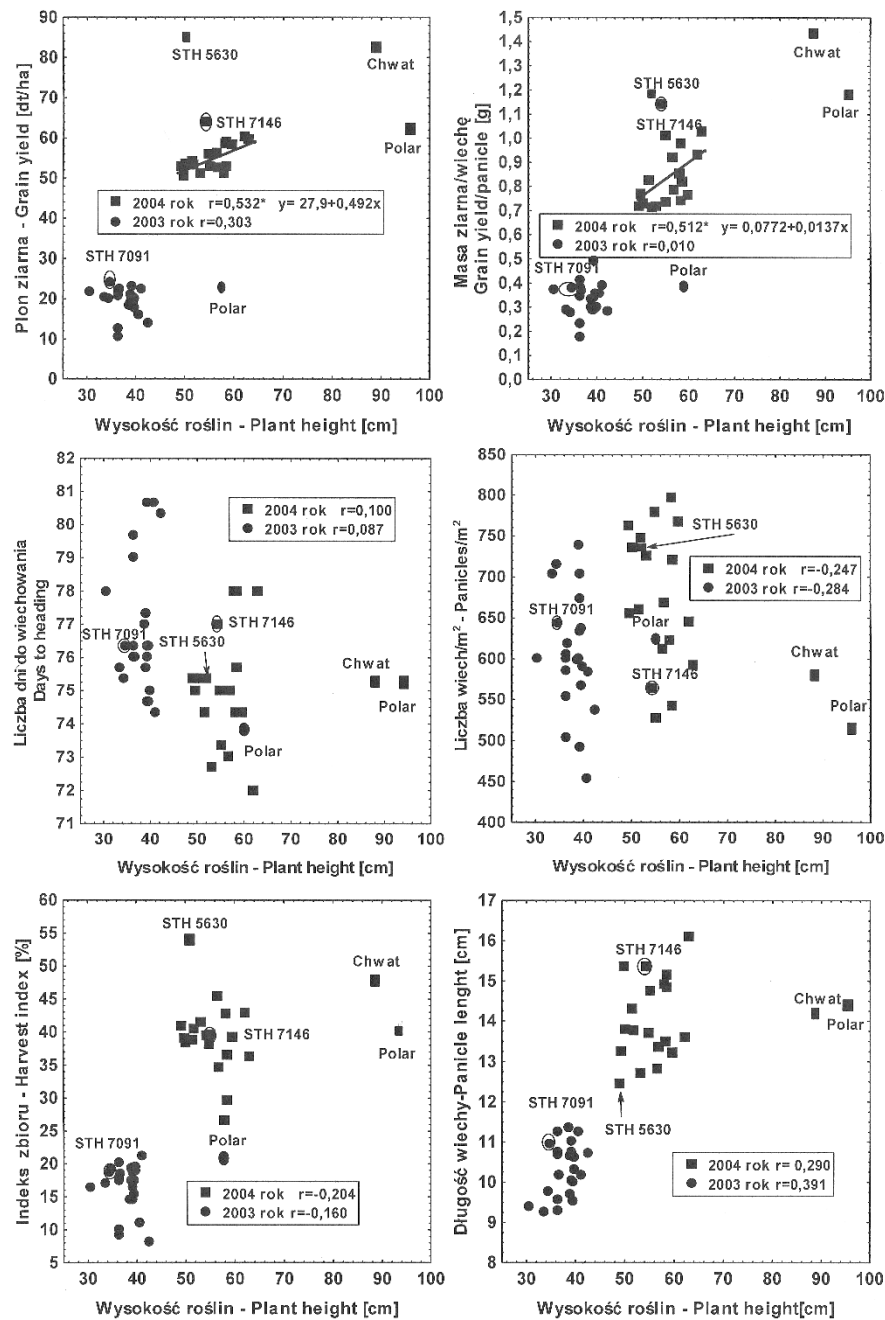
Wyższe krzewienie produkcyjne kompensowało niższą obsadę roślin, stąd różnice pomiędzy odmianą nagoziarnistą a oplewioną pod względem obsady wiech były nieistotne (tab. 2, 3). Natomiast rody krótkosłome wykazywały tendencję do silniejszego krzewienia produkcyjnego i w związku z tym obsada wiech tych 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 najsłabiej 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 kielkujących 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 kłosków 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 kłosków 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 kłosek, 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.