

WOJCIECH RYBIŃSKI**ELŻBIETA ADAMSKA**

Instytut Genetyki Roślin PAN, Poznań

Analiza zmienności genetycznej cech ilościowych u mutantów nagoziarnistych jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.)

Genetic variation of quantitative traits in hull-less mutants of spring barley (*Hordeum vulgare* L.)

Materiał wyjściowy do badań stanowiły nagoziarniste mutanty jęczmienia jarego uzyskane na drodze sztucznego indukowania mutacji u nieoplewionej formy 1N/86. Czynnikiem mutagenicznym były dwa chemomutageny — N-nitroso-N-metylomocznik (MNU) oraz azyd sodu (NaN_3). Na podstawie różnic morfogenetycznych oraz zdolności plonowania w porównaniu do formy wyjściowej wybrano 19 mutantów, które były przedmiotem doświadczeń polowych w latach 2000–2002. W pracy przedstawiono genetyczną zmienność cechy plonowania oraz struktury plonu mutantów oraz ich formy wyjściowej. Wyniki opracowano statystycznie w odniesieniu do poszczególnych lat oraz analizowanych cech. W porównaniu z formą wyjściową mutanty charakteryzowały się szerokim spektrum zmienności badanych cech. Generalnie pod względem plonowania i cech struktury plonu w trzyletnim okresie doświadczeń polowych mutanty ustępowały swej formie wyjściowej. Mimo tej niekorzystnej tendencji niektóre z mutantów względem plonu ziaren z poletka oraz cech struktury plonu przewyższały swą formę wyjściową i stanowić mogą interesujący materiał w hodowli jęczmienia nagoziarnistego.

Słowa kluczowe: jęczmień jary, mutanty, nagoziarnistość, struktura plonu, zmienność genetyczna

Hull-less mutants of spring barley obtained by mutation induction from the hull-less breeding line 1N/86 constituted the material for the performed studies. Two chemomutagens — N-nitroso-N-methylurea (MNU) and sodium azide (NaN_3) were used for the treatment. Among the mutants 19 forms, representing different morphotypes and yielding ability, were chosen to field experiments performed in the years 2000–2002. The paper presents genetic variation of yielding and yield structure parameters of the mutants and their initial form. The results were statistically elaborated considering the years of the experiments and the analyzed traits. As compared to the initial forms, the mutants were characterized by a broad spectrum of variation for the traits. Generally, in the three years of experiments, the mutants showed lower yielding ability and decrease of the yield structure parameters. In spite of this, several mutants yielded above their initial form and exceeded it in the yield structure traits. They may constitute an interesting initial material for breeding programs of hull-less barley.

Key words: barley, genetic variation, hull-less barley, mutants, yield structure

WSTĘP

Zdecydowana większość odmian jęczmienia przeznaczanych na cele żywieniowe to jęczmiona oplewione. W roku 1985 Rossnagel i wsp. wprowadzili do uprawy w Kanadzie wysokopleną, nieoplewioną odmianę Tuper. Dalszy postęp hodowlany w tym względzie umożliwił uzyskanie kolejnych odmian (Vaidya i Mahabalan, 1989; Eslick i in., 1990; Thair i Shevtsov, 1994), które pod względem plonowania i innych cech agronomicznych nie ustępowały odmianom oplewionym, a pod względem adaptacji do określonych warunków środowiskowych nawet je przewyższały. W roku 1999 zespół prof. Czembora z IHAR Radzików zarejestrował nową polską odmianę nagoziarnistą Rastik o dobrej plenności i wysokich wartościach żywieniowych.

Oplewienie jęczmienia to około 10–13% suchej masy pojedynczego ziarniaka (Bhatty i in., 1975) przy czym plewa jęczmienia zawiera przede wszystkim celulozę, chemicelulozę, ligniny oraz nieznaczną ilość niskowartościowego białka. Pozbawienie ziarniaka jego oplewienia redukuje tym samym zawartość trudno strawnego błonnika sprawiając, że ziarna nieoplewione są cennym składnikiem pasz w żywieniu zwierząt monogastrycznych (Xue i in., 1997; Zheng i Bhatty, 1998) oraz przemyśle spożywczym (Bhatty i Rossnagel, 1998) zwłaszcza do produkcji kaszy (Bhatty, 1997). Analizując odmiany nieoplewione wykazano wyższą zawartość skrobi i białka w porównaniu z odmianami oplewionymi a także korzystniejszy skład aminokwasowy (Bhatty i Rossnagel, 1981). Badania nieoplewionych rodów jęczmienia pod względem zawartości białka, jego składu aminokwasowego, zawartości włókna strawnego, strawności białka oraz jego wartości biologicznej i stopnia wykorzystania wykazały ich wyższą wartość żywieniową w porównaniu z formami oplewionymi (Boros i in., 1996), a brak plewki wpływał na obniżenie nierozpuszczalnego włókna strawnego o 44% (Xue i in., 1997). Według tego samego autora wpływ genów nagoziarnistości uniemożliwia trwałe przyleganie plewki do ziarniaka redukując tym samym zawartość trudno rozpuszczalnego włókna.

Mimo niewątpliwych zalet jęczmienia nagoziarnistego jego szersze wprowadzenie do uprawy ogranicza niższa zdolność plonowania (obniżenie parametrów struktury plonu) w porównaniu z formami oplewionymi (Bhatty, 1986), a także obserwowana negatywna korelacja między zawartością białka a plonem ziarna. Jednym z warunków zmiany tej sytuacji jest poszerzenie zmienności genetycznej cech u form nieoplewionych wykorzystując w tym celu nie tylko efekty rekombinacji, ale także indukowane mutacje.

Celem badań było określenie genetycznej zmienności cech ilościowych (struktury plonu) u mutantów nagoziarnistych w porównaniu z ich formą wyjściową w doświadczeniach polowych prowadzonych przez okres trzech kolejnych lat.

MATERIAŁ I METODY

Materiał wyjściowy do indukowania mutacji stanowiły ziarniaki nagoziarnistego rodu hodowlanego 1N/86. W wyniku traktowania ziarniaków chemomutagenami — N-nitroso-N-metylomocznika (MNU) oraz azydku sodu (NaN_3) uzyskano pokolenie M_1 , którego

ziarniaki posłużyły do uzyskania pokolenia M_2 gdzie prowadzono wybór mutantów. W pokoleniu M_3 potomstwo każdego z mutantów wysiewano wraz z formą wyjściową w doświadczeniu polowym w celu potwierdzenia czy wybrane w pokoleniu M_2 i zmienione w stosunku do kontroli rośliny utrzymują swą zmienność o charakterze mutacji. Po kolejnych rozmnożeniach wybrano 19 zmutowanych form, które pod względem ich morfotypu i zdolności plonowania istotnie różniły się od swej formy wyjściowej 1 N/86. Materiał ten oraz odmiana wyjściowa stanowiły obiekty do doświadczeń polowych prowadzonych w trzech kolejnych latach (2000–2002) na polu doświadczalnym IGR PAN w Cerekwicy. Doświadczenia zakładano metodą bloków losowanych w trzech powtórzeniach. Wysiew prowadzono siewnikiem poletkowym umieszczając na poletku o długości 2,0 m i szerokości 1,0 m po 330 ziarniaków na 1 m². Przed zbiorem z każdego poletka i powtórzenia zbierano po 25 kłosów, dla których określono długość kłosa oraz liczbę i masę ziaren z kłosa. Zbiór roślin prowadzono kombajnem poletkowym określając plon ziaren z poletka, a następnie masę 1000 ziaren.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie określając wartości średnich, współczynniki zmienności, odchylenie standardowe oraz współczynnik korelacji. Ocenę i wyniki testowania porównań średnich dla badanych cech między formą wyjściową a mutantami określono w formie kontrastów (Caliński i in., 1976; Ceranka i in., 1977). Rozkład średnich dla badanych cech mutantów i formy wyjściowej przedstawiono w układzie dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych.

WYNIKI I DYSKUSJA

Pierwsze prace nad indukowaniem mutacji u form nieoplewionych wykazały, że mutageneza w połączeniu z krzyżowaniem uzyskanych mutantów może być efektywną metodą uzyskiwania nieoplewionych jęczmion charakteryzujących się poprawioną plennością, wyższą zawartością białka oraz korzystniejszym składem aminokwasowym (Scholz, 1965). Uzyskane przez nas mutanty nagoziarniste w porównaniu z ich formą wyjściową charakteryzowały się szerokim spektrum zmienności plonowania oraz cech struktury plonu. Otrzymane wartości średnich cech w trzech kolejnych latach doświadczeń polowych przedstawia tabela 1. Najniższy plon ziarna z poletka uzyskano w pierwszym roku badań, wyższe w roku drugim a najwyższe w trzecim roku. Na niski plon ziaren w pierwszym roku badań (rok 2000) niewątpliwie wpływ miało wystąpienie suszy wiosennej (31,5 mm opadów w okresie od 1 kwietnia do 20 maja), która mogła negatywnie oddziaływać na wielkość krzewienia produkcyjnego roślin a w efekcie końcowym na liczbę kłosów z rośliny. Dalszy korzystny rozkład opadów stymulował wykształcanie się ziarniaków, na co wskazują wysokie wartości masy 1000 ziaren w pierwszym roku badań.

Charakterystykę statystyczną cechy plonowania i struktury plonu dla badanych lat i obiektów łącznie przedstawiono w tabeli 2. Średni plon z poletka wynosił 0,71 kg przy wartościach minimalnych i maksymalnych wynoszących 0,3 i 1,5 kg. Najwyższą wartość współczynnika zmienności uzyskano dla plonu ziaren z poletka a dla pozostałych cech uzyskane wartości były niższe i na zbliżonym poziomie.

Tabela 1

Średnie wartości cech dla badanych mutantów i ich formy wyjściowej 1 N/86
Mean values for analyzed traits of mutants and their initial form 1 N/86

Obiekty Objects	Plon ziaren z poletka Grain yield per plot (kg)			Długość kłosa Spike length (cm)			Liczba ziaren z kłosa Grain no. per spike			Masa ziaren z kłosa Grain weight per spike (g)			Masa 1000 ziaren Weight of 1000 grains (g)		
	1*	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1 N/86	0,63	0,76	0,91	7,7	8,0	7,4	20,0	22,6	19,4	1,01	0,93	1,04	51,2	41,4	48,9
M/1	0,48	0,63	0,82	7,7	7,9	7,7	19,7	21,2	20,5	1,00	0,97	1,05	51,7	45,3	47,8
M/2	0,38	0,71	0,78	7,5	8,0	7,8	189	22,6	19,5	0,96	1,0	0,97	52,3	43,5	47,7
M/3	0,43	0,56	0,88	7,2	7,5	7,3	19,8	21,1	19,1	1,06	0,89	1,04	53,4	41,8	46,8
M/4	0,70	0,86	1,21	9,0	8,8	9,2	24,5	25,9	25,8	1,05	0,98	1,10	43,9	37,4	39,1
M/5	0,68	1,18	1,18	8,7	9,1	9,0	25,0	24,3	25,5	1,06	1,01	1,12	44,1	39,8	38,9
M/6	0,41	0,73	0,88	8,5	8,5	8,3	25,3	23,8	25,0	1,18	1,04	1,13	47,6	41,7	41,7
M/7	0,58	0,80	0,95	8,3	8,5	8,1	21,8	22,0	22,9	0,91	0,79	1,04	42,1	35,5	39,5
M/8	0,46	0,65	0,87	8,3	8,2	8,1	21,1	21,6	22,8	1,02	0,95	1,07	48,2	43,7	47,7
M/9	0,41	0,76	0,80	7,8	8,1	7,4	20,2	22,8	20,7	1,01	0,96	0,94	49,0	41,8	47,5
M/10	0,56	0,78	0,86	7,1	7,9	7,2	18,4	19,8	18,9	0,93	0,87	1,00	49,5	43,2	51,8
M/11	0,46	0,63	0,83	7,3	7,7	7,5	18,0	19,5	18,9	0,93	0,88	1,01	51,3	44,7	52,4
M/12	0,57	0,61	0,88	8,7	8,5	8,8	21,9	22,5	23,0	0,97	0,91	1,14	43,8	40,0	42,7
M/13	0,57	0,63	0,88	9,7	9,5	10,5	23,9	22,8	25,2	1,06	0,95	1,23	44,0	40,8	46,1
M/14	0,48	0,58	0,86	9,5	8,9	9,9	22,7	22,3	24,1	1,08	1,01	1,21	46,9	44,6	47,6
M/15	0,81	1,05	1,11	8,3	8,1	8,3	19,1	20,3	21,5	0,90	0,86	1,10	46,7	42,3	44,5
M/16	0,46	0,66	0,80	7,9	7,9	7,8	19,6	20,9	20,7	0,88	0,89	0,98	44,6	42,2	47,7
M/17	0,41	0,60	0,71	6,9	7,3	7,1	17,9	19,5	18,7	0,86	0,85	0,97	47,6	43,3	50,5
M/18	0,45	0,60	0,78	7,5	7,4	7,6	19,3	20,8	20,6	0,93	0,92	1,02	47,2	43,7	51,2
M/19	0,56	0,77	0,90	7,7	8,0	7,9	18,5	20,8	19,1	0,87	0,95	0,97	47,1	44,8	48,6

* 1, 2, 3 — Kolejne lata badań; Years of experiment

Tabela 2

Charakterystyka statystyczna cechy plonowania i struktury plonu dla badanych lat łącznie
Statistical characteristics of yield and yield structure parameters for studied years together

Cecha Trait	Charakterystyka statystyczna Statistical characteristics				
	średnia mean	min. min.	maks. max.	współczynnik zmienności coefficient of variability	odchylenie standardowe standard deviation
Plon ziaren z poletka (kg) Grain yield per plot (kg)	0,71	0,30	1,50	30,49	0,219
Długość kłosa (cm) Spike length (cm)	8,15	6,40	11,00	10,24	0,835
Liczba ziaren z kłosa Grain no. per spike	21,42	17,10	27,6	11,19	2,396
Masa ziaren z kłosa (g) Grain weight per spike (g)	0,99	0,78	1,30	10,49	0,104
Masa 1000 ziaren (g) Weight of 1000 grains	45,36	31,40	54,80	9,81	4,452

Jak wskazują wartości średnich plonu ziarna z poletka (tab. 1) oraz dane dla mutantów w poszczególnych latach badań, (tab. 3) najniższy średni plon mutantów obserwowano w 1 roku badań (0,52 kg) a wyższy w dwóch kolejnych latach (0,73 i 0,89 kg). Efekt ten w pierwszym roku badań był związany między innymi z obniżeniem liczby ziaren w kłosie (20,8), czemu towarzyszyło dobre wykształcenie ziarniaków i najwyższa we wszystkich

latach średnia wartość cechy masy 1000 ziaren (47,6 g.). Najwyższą wartość współczynnika zmienności w poszczególnych latach uzyskano dla plonu ziaren z poletka. Na uwagę zasługują niskie wartości współczynnika w drugim roku badań dla cechy długości kłosa oraz liczby i masy ziaren z kłosa.

Tabela 3

Charakterystyka statystyczna cechy plonowania i struktury plonu dla poszczególnych lat badań
Statistical characteristics of yield and yield structure parameters for each years of experiment

Cecha Trait	Lata Years	Charakterystyka statystyczna Statistical characteristics				
		średnia mean	min. min.	maks. max.	współczynnik zmienności coefficient of variability	odchylenie standardowe standard deviation
Plon ziaren z poletka (kg) Grain yield per plot (kg)	1	0,52	0,30	0,90	24,06	0,127
	2	0,73	0,45	1,50	25,12	0,184
	3	0,89	0,65	1,35	18,07	0,162
Długość kłosa (cm) Spike length (cm)	1	8,11	7,00	10,30	10,09	0,818
	2	8,20	7,00	9,60	7,32	0,600
	3	8,15	6,40	11,0	12,76	1,040
Liczba ziaren z kłosa Grain no. per spike	1	20,80	17,5	26,0	11,69	2,433
	2	21,85	18,9	27,1	7,85	1,716
	3	21,61	17,1	27,6	13,05	2,819
Masa ziaren z kłosa (g) Grain weight per spike (g)	1	0,98	0,81	1,19	9,06	0,089
	2	0,93	0,78	1,05	7,69	0,071
	3	1,05	0,82	1,30	10,15	0,107
Masa 1000 ziaren (g) Weight of 1000 grains (g)	1	47,63	40,30	54,8	7,19	3,425
	2	42,00	31,40	49,4	8,43	3,541
	3	46,4	37,70	53,9	9,13	4,241

1, 2, 3 — Kolejne lata badań

1, 2, 3 — Years of experiment

Zależności między cechami wyrażone współczynnikiem korelacji przedstawia tabela 4. Wartości współczynnika korelacji dla cech w badanych latach łącznie wskazują na istotną, dodatnią zależność między nimi z wyjątkiem cechy masy 1000 ziaren, która była ujemnie skorelowana z plonem ziaren z poletka, długością kłosa oraz liczbą ziaren z kłosa. We wszystkich kolejnych latach plon ziaren z poletka był istotnie, ujemnie skorelowany z masą 1000 ziaren natomiast nie obserwowano istotnej korelacji plonu ziaren z długością kłosa oraz liczbą i masą ziaren z kłosa w pierwszym roku badań. We wszystkich latach natomiast uzyskano ujemną, wysoce istotną zależność między masą 1000 ziaren a liczbą ziaren z kłosa a długość kłosa wykazywała dodatnią i istotną zależność z liczbą i masą ziaren z kłosa.

Jak wskazują dane literaturowe, mniejsza konkurencyjność form nagoziarnistych w porównaniu z oplewionymi wiąże się z ich niższą zdolnością plonowania (Nam i in., 1990). Wyniki testowania porównań dla badanych cech między mutantami a ich formą wyjściową (tab. 5) wskazuje, że mutanty pod względem plonu ziaren ustępowały ich formie wyjściowej (dodatnia wartość kontrastu) a tylko trzy z badanych form (M/4, M/5 i M/15) istotnie lepiej plonowały aniżeli forma wyjściowa przy wysokich wartościach cechy długości kłosa, liczby i masy ziaren w kłosie, lecz niższej masie 1000 ziaren.

Tabela 4

Współczynniki korelacji dla analizowanych cech w kolejnych latach badań i badanych lat łącznie
Coefficients of correlations for the analyzed traits in years and for years together

Cechy Traits	Lata Years	Plon ziaren z poletka Grain yield per plot (kg)	Długość kłosa Spike length (cm)	Liczba ziaren z kłosa Grain no. per spike	Masa ziaren z kłosa Grain weight per spike	Masa 1000 ziaren Weight of 1000 grains (g)
	1#	1,00				
Plon ziaren z poletka	2					
Grain yield per plot (kg)	3					
	4#					
	1	0,187	1,00			
Długość kłosa	2	0,252*				
Spike length (cm)	3	0,426**				
	4	0,225**				
	1	0,202	0,753**	1,00		
Liczba ziaren z kłosa	2	0,265*	0,615**			
Grain no. per spike	3	0,570**	0,851**			
	4	0,335**	0,770**			
	1	-0,062	0,441**		1,00	
Masa ziaren z kłosa	2	0,075	0,352**	0,449**		
Grain weight per spike	3	0,427**	0,776**	0,571**		
(g)	4	0,294**	0,497**	0,702**		
	1	-3,632*	-0,617**	-0,515**	0,131	1,00
Masa 1000 ziaren	2	-0,277*	0,314*	-0,430**	0,345**	
Weight of 1000 grains	3	-0,582**	-0,467**	-0,687**	-0,385**	
(g)	4	-0,349**	-0,420**	-0,550**	0,150*	

1, 2, 3 — Kolejne lata badań; Years of experiment

4 — Łącznie dla lat; Together for years

* Istotne przy $\alpha = 0,05$; Significant at $\alpha = 0.05$ ** Istotne przy $\alpha = 0,01$; Significant at $\alpha = 0.01$

Stosując również chemomutagen MNU, uzyskano liczne nagoziarniste mutanty jęczmienia, spośród których siedem mutantów oprócz poprawionej zawartości białka plonowało powyżej swej formy wyjściowej (Uhlík, 1991). W innych badaniach nad jęczmieniem, mimo wyraźnie poprawionej zawartości białka form nagoziarnistych, nie uzyskano form plonujących powyżej ich odmian wyjściowych a plon genotypów nagoziarnistych kształtował się na poziomie 80-90% plonu ziarna form oplewionych (Bhatty, 1986). Geny warunkujące nagoziarnistość mają wpływ na obniżenie masy 1000 ziaren oraz redukcję stosunku długości do szerokości pojedynczego ziarniaka o około 14% (Nam i in., 1990). Charakterystyczną cechą form nagoziarnistych była redukcja masy ziarniaka aczkolwiek u kilku linii wartość tej cechy była nieoczekiwanie bardzo wysoka (Persson, 1998). Podobny efekt obserwowano u badanych mutantów charakteryzujących się wyraźnym obniżeniem masy 1000 ziaren w stosunku do formy wyjściowej, przy czym kilka mutantów charakteryzowało się wyższą wartością tej cechy. Oprócz obniżenia masy ziarniaka według Lundquist (1991) obniżenie plonowania mutantów związane było z redukcją długości kłosa. Efektu tego nie obserwowano u badanych mutantów a wysoka liczba ujemnych wartości kontrastu (tab. 5) wskazuje, że większość mutantów pod względem tej cechy przewyższała formę wyjściową.

Tabela 5

Ocena i wyniki testowania porównań między mutantami a formą wyjściową jęczmienia nagoziarnistego dla cech struktury plonu

The estimation and results of comparisons between mutants and initial form of hull-less barley for yield structure parameters

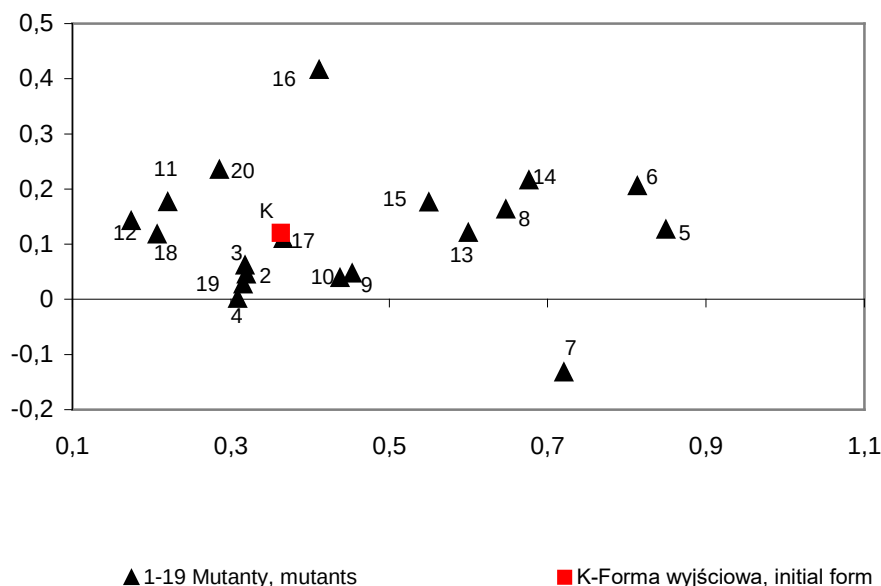
Kontrast Contrast	Ocena kontrastu dla: Estimation of contrast for:					Wartości stat. F dla 5 cech łącznie F-stat. value for 5 traits jointly
	cechy traits					
	plon z poletka yield per plot (kg)	długość kłosa spike length (cm)	liczba ziaren z kłosa grain no. per spike	masa ziaren z łosa grain weight per spike (g)	masa 1000 ziaren weight of 1000 grains (g)	
1N/86 – M/1	0,13*	-0,01	0,22	-0,01	-1,08	1,51
1N/86 – M/2	0,14**	-0,06	0,30	0,02	-0,71	1,78
1N/86 – M/3	0,14**	0,36	0,69	0,00	-0,18	2,41*
1N/86 – M/4	-0,16**	-1,29**	-4,74**	-0,05	6,99**	25,07**
1N/86 – M/5	-0,25**	-1,27**	-4,28**	-0,07*	6,33**	21,90**
1N/86 – M/6	0,09	-0,72**	-4,04**	-0,12**	3,51**	19,89**
1N/86 – M/7	0,00	-0,60**	-1,57**	0,08*	8,10**	15,24**
1N/86 – M/8	0,11*	-0,49*	-1,19*	-0,02	0,62	2,76*
1N/86 – M/9	0,11*	-0,09	-0,54	0,03	2,12*	2,72*
1N/86 – M/10	0,03	0,32	1,68**	0,06*	-1,03	2,60*
1N/86 – M/11	0,13*	0,21	1,89**	0,05	-2,31*	4,76**
1N/86 – M/12	0,08	-0,97 **	-1,80**	-0,01	5,00**	9,45**
1N/86 – M/13	0,08	-2,17**	-3,32**	-0,08**	3,53**	21,90**
1N/86 – M/14	0,13*	-1,83**	-2,37**	-0,11**	0,80	16,08**
1N/86 – M/15	-0,22**	-0,53*	0,37	0,04	2,68**	9,48**
1N/86 – M/16	0,13*	-0,18	0,30	0,07*	1,64	2,84*
1N/86 – M/17	0,17**	0,37	2,09**	0,10**	0,03	5,06**
1N/86 – M/18	0,16**	0,14	0,44	0,03	-0,24	2,15*
1N/86 – M/19	0,03	-0,14	1,19*	0,06	0,30	2,89*
Wartości krytyczne Critical values						Wartości krytyczne Critical values
F _{0,05} = 3,92;						F _{0,05} = 2,29
F _{0,01} = 6,86						F _{0,01} = 3,18

* — Istotność na poziomie $\alpha = 0,05$, Significant at $\alpha = 0.05$

** — Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$, Significant at $\alpha = 0.01$

Mimo uzyskania w odniesieniu do niektórych mutantów istotnie wyższych wartości cechy długości kłosa oraz liczby i masy ziaren z kłosa, pod względem plonu ziarna z poletka mutanty ustępowały swej formie wyjściowej. Może to wskazywać, że przyczyną redukcji plonowania mutantów nagoziarnistych jest wykształcanie mniejszej liczby kłosów z rośliny, a więc ich słabsze krzewienie produkcyjne. Mimo tych niekorzystnych zależności, podobnie jak w naszych badaniach, możliwe jest uzyskanie wysoko plonujących form nagoziarnistych (Vaidya i Mahabalan, 1989; Eslick i in., 1990), gdzie formy nagoziarniste plonowały na poziomie odmian oplewionych a ponadto wykazywały wyższą tolerancję na stresowe czynniki środowiska jak susza czy niskie temperatury (Thair i Shevtsov, 1994) oraz poprawioną wartość żywieniową (Bhatty 1986). Wartości kontrastu oraz istotne wartości statystyki F dla kompleksu badanych cech w porównaniach mutantów

z formą wyjściową (tab. 5) wskazują, że indukowanie mutacji może być efektywnym narzędziem wywoływania zmienności genetycznej cech u jęczmienia nagoziarnistego, co dodatkowo potwierdza uzyskana zmienność badanych form przedstawiona w układzie dwóch zmiennych kanonicznych (rys. 1).



Rys. 1. Rozkład średnich dla badanych cech mutantów i ich formy wyjściowej w układzie dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych

Fig. 1. Distribution of means of analyzed traits for mutants and their initial form in the two first canonical variables

WNIOSKI

1. Uzyskana zmienność różna w poszczególnych latach dla mutantów nagoziarnistych w porównaniu z ich formą wyjściową, w odniesieniu do analizowanych cech, wskazuje na występowanie interakcji genotypowo-środowiskowej.
2. Wartości współczynników zmienności wskazują, że największą zmienność w każdym roku badań obserwowano dla plonu ziaren z poletka, a w mniejszym stopniu dla pozostałych cech.
3. Mimo, że zdecydowana większość mutantów pod względem plonowania i cech struktury plonu ustępowała swej formie wyjściowej to kilka z nich pod względem plonowania i niektórych elementów struktury plonu przewyższało formę wyjściową. Należą do nich mutanty M/4, M/5 i M/15, które stanowić mogą interesujący materiał wyjściowy w pracach hodowlanych nad jęczmieniem nagoziarnistym.

4. Uzyskana zmienność cech mutantów wskazuje, że indukowanie mutacji stanowi efektywną metodę poszerzenia istniejącej zmienności genetycznej i stanowić może wartościowe uzupełnienie zmienności rekombinacyjnej w praktyce hodowlanej.

LITERATURA

- Bhatty R. S., Berdhal J. D., Christison G. J. 1975. Chemical composition and digestible energy of barley. *Can. J. Anim. Sci.*, 55: 759.
- Bhatty R. S., Rossnagel B. G. 1981. Nutritional requirements in feed barley. *Proc. 4th Int. Barley Genetics. Symp.*, Edinburgh, UK: 341.
- Bhatty R. S. 1986. The potential of hull-less barley — review. *Cereal Chem.* 63: 97 — 103.
- Bhatty R. S. 1997. Milling of regular and waxy starch hull-less barleys for the production of bran and flour. *Cereal Chemistry* 74 (6): 693 — 699.
- Bhatty R. S., Rossnagel B. G. 1998. Comparison of pearled and impearled Canadian and Japanese barleys. *Cereal Chemistry* 75 (1): 15 — 21.
- Boros D., Rek-Cieplý B., Cyran M. 1996. A note on the composition and nutritional value of hull-less barley. *J. Anim. Feed Sci.* 5 (4): 417 — 424.
- Caliński T., Dyczkowska A., Kaczmarek Z. 1976. Algorytmy Biometrii i Statystyki. *Zeszyt 5*: 77 — 113.
- Ceranka B., Chudzik H., Czajka S., Kaczmarek Z. 1997. Wielozmienna analiza wariancji dla doświadczeń wieloczynnikowych. *Algorytmy Biometrii i Statystyki. Zeszyt 6*: 51 — 60.
- Eslick R. F., Blake T., Stallknecht G. 1990. Registration of Wanubet a hullless waxy barley germplasm. *Crop Science* 30 (6): 1371.
- Lundquist U. 1991. Coordinator's report earliness genes. *Barley Genetics Newsletter* 21: 127 — 129.
- Nam I. H., Lee E. S. 1990. Effect of waxy and hullless genes on endosperm quality, yield and its related traits in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Upland and Industrial Crops* 32 (2): 1 — 12.
- Persson G. 1998. Hullless barley in future plant husbandry. *Sverige Utsadesforenings Tidskrift* 108: 35 — 45.
- Rossnagel B. G., Harvey B. L., Bhatty R. S. 1985. Tupper hulls barley. *Can. J. Plant. Sci.* 65: 453 — 454.
- Scholz F. 1965. Experiments on the use of induced mutants to hybridization breeding in barley. *Induction of Mutations and the Mutation Process*, Praha: 73 — 79.
- Thair M., Shevtsov V. 1994. New hull-less barley germplasm for high-altitude areas. *Rachis* 13: 43 — 46.
- Uhlik J. 1991. Induction of mutants of barley suitable for breeding barleys for fodder and food. *Genetica a Slechteni* 27(4): 259 — 267.
- Vaidya S.M., Mahabalran M. 1989. Karan 3 and Karan 16 — two high yielding hull-less barley varieties. *Indian Farming* 39 (7): 37 — 38.
- Xue Q., Wang L., Newman R. K., Newman C. W., Graham H. 1997. Influence of hullless, waxy starch and short-awn genes on the composition of barleys. *J. of Cereal Sci.* 26(2): 251 — 257.
- Zheng G. H., Bhatty R. S. 1998. Enzyme — assisted wet separation of starch from other seed components of hull-less barley. *Cereal Chemistry* 72 (2): 247 — 250.