

WOJCIECH RYBIŃSKI**ELŻBIETA ADAMSKA**

Instytut Genetyki Roślin, Polska Akademia Nauk, Poznań

Charakterystyka mutantów nieoplewionych jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.) pod względem zmienności wybranych cech ilościowych

Characteristics of hull-less spring barley (*Hordeum vulgare* L.) mutants with respect to variability of some quantitative traits

W wyniku działania dwóch chemomutagenów (MNU i AS) na ziarniaki nieoplewionego rodzaju hodowanego 1N/86 uzyskano mutanty, które odznaczały się niższą wysokością roślin i większą odpornością na wyleganie niż formy wyjściowe. Materiał ten (18 mutantów) wraz z rodem hodowanym 1N/86 były przedmiotem doświadczenia polowego przeprowadzonego na polu doświadczalnym IGR PAN w Cerekwicy. Po zbiorze roślin określano wysokość roślin oraz mierzono wybrane parametry struktury plonu. Wybrane mutanty charakteryzowały się wysokością roślin w przedziale od 59,9 cm do 71,9 cm, przy wysokości ich formy wyjściowej wynoszącej 77,1 cm i różniły się istotnie pod względem tej cechy od rodu wyjściowego 1N/86. Mimo, że większość mutantów o skróconej długości źdźbła miało wyraźnie obniżone wartości cech struktury plonu, dwa z nich (M 39 i M 142) mieściły się na poziomie wzorca pod względem liczby ziaren z kłosa i masy ziaren z rośliny. Wskazuje to na możliwość uzyskania form o obniżonej wysokości i plonujących co najmniej na poziomie ich formy wyjściowej. Mutanty te stanowią mogą interesujący materiał wyjściowy w hodowli jęczmienia nagoziarnistego.

Słowa kluczowe: analiza statystyczna, jęczmień nagoziarnisty, mutanty, struktura plonu

Some of the mutants obtained by treatment of grains of hull-less spring barley breeding line 1N/86 with two chemomutagens (MNU and SA) were characterized by the shorter straw and increased resistance to lodging as compared to their initial form. Eighteen mutants and the line 1N/86 were evaluated in the field trial performed at the Experimental Station in Cerekwica. After harvest, plant height and some characters of yield structure were examined and analyzed statistically. Plant height of the mutants ranged from 59.9 cm to 71.9 cm, and differed significantly from that of the line 1N/86 (77.1 cm on average). Yield components in the mutants were generally of lower value than those in the initial line, but the forms M 39 and M 142 were characterized both by the greater numbers of grains per spike and the higher weight of grains per plant, although the differences were not significant statistically. The results obtained with these mutants indicate that it is possible to select short-straw spring barley forms showing the improved resistance to lodging and the yielding potential at the level of their initial form

at least. These mutants can be promising initial forms to be utilized in the breeding program for hull-less spring barley.

Key words: hull-less barley, mutants, statistical analysis, yield structure

WSTĘP

Głównym celem hodowli roślin jest wprowadzenie do produkcji nowych odmian dających korzystne efekty gospodarcze, jak wyższa plenność, mniejsza kosztocłonność uprawy, lepsze parametry technologiczne i niezawodność (Czembor, 1989, 1997). Większość odmian jęczmienia przeznaczanych na cele żywieniowe to jęczmiona oplewione. Rossnagel i wsp. (1985) wprowadzili do uprawy w Kanadzie wysokoplenną, nieoplewioną odmianę Tuper. Dalszy postęp hodowlany umożliwił uzyskanie kolejnych odmian, które pod względem plonowania i innych cech agronomicznych tylko nieznacznie ustępowały odmianom oplewionym lub plonowały co najmniej na poziomie form oplewionych (Vaidya i Mahabalan, 1989; Eslick i in., 1990; Thair i Shevtsov, 1994; Ito i in., 1995). W 1999 roku została zarejestrowana nowa polska odmiana nagoziarnista Rastik (zespół prof. Czembora — IHAR Radzików) o dobrej plenności i wysokich wartościach żywieniowych. Mimo niewątpliwych zalet jęczmienia nagoziarnistego, zwłaszcza w żywieniu zwierząt (Xue i in., 1997; Zheng i Bhatta, 1998) oraz przemyśle spożywczym (Bhatta i Rossnagel, 1998) jego szersze wprowadzenie do uprawy ogranicza między innymi niższa zdolność plonowania (Bhatta, 1986) jak również niezadowalająca odporność na wyleganie. Z uwagi na skłonność do wylegania, straty plonu, obniżenie wartości żywieniowej oraz technologicznej, zagadnienie to było przedmiotem licznych prac badawczych (Zeniseva, 1968; Jeżowski, 1981; Jeżowski, 1991; Dolinski, 1995; Jeżowski 1996). Uzyskanie odmian o poprawionej odporności na wyleganie jest jednym z głównych celów realizowanych w programach hodowlanych (Bouma i Ohnoutka, 1991). Dla poszerzenia zmienności genetycznej cech u form nieoplewionych wykorzystano także indukowanie mutacji. Okazuje się, że związki mutageniczne są wysoce efektywne w indukowaniu mutacji umożliwiających uzyskanie form krótkosłomych jęczmienia o zwiększonej odporności na wyleganie (Rybiński, 1981; Amaer, 1994; Akhury i in., 1996; Sümer, 1996) oraz odmian uprawnych (Bouma, 1967; Matsuo i Yamagushi, 1967; Gustafsson i in., 1971; Nilan 1972). Skracanie długości źdźbła było jednak związane z równoczesnym skróceniem długości kłosa, co rzutowało na obniżenie masy pojedynczego ziarniaka, a w końcu na mniejszy plon ziarna z rośliny i poletka (Rybiński, 1981). Mniejszy plon ziarna z rośliny był szczególnie widoczny u form karłowatych, a w mniejszym stopniu u półkarłowatych. Uzyskane wyniki wskazują na trudności uzyskania form o skróconej długości źdźbła i poprawionej zdolności plonowania.

Celem pracy było określenie w warunkach doświadczenia polowego, genetycznej zmienności cech struktury plonu u mutantów nagoziarnistych o obniżonej wysokości roślin w porównaniu z ich formą wyjściową.

MATERIAŁ I METODY

Materiał wyjściowy do indukowania mutacji stanowiło ziarno jęczmienia nagoziarnistego rodu 1N/86. W wyniku traktowania ziarniaków chemomutagenami: N-nitroso-N-metylomocznikiem (MNU) oraz azydkiem sodu (NaN_3) uzyskano pokolenie M_1 , a następnie pokolenie M_2 , w którym dokonano wyboru mutantów. W pokoleniu M_3 potomstwo każdego z mutantów wysiewano wraz z formą wyjściową w doświadczeniu połowym w celu potwierdzenia czy zmienione rośliny wybrane w pokoleniu M_2 utrzymują swą zmienność. Wybrano 18 zmutowanych form, które w porównaniu z ich formą wyjściową 1N/86 charakteryzowały się między innymi obniżoną wysokością roślin. Osiemnaście mutantów wraz z odmianą wyjściową porównywano w doświadczeniu połowym w układzie losowanych bloków w trzech powtórzeniach. Eksperyment przeprowadzono na Polu Doświadczalnym IGR PAN w Cerekwicy.

Wykonano pomiary: wysokości roślin, długości kłosa, liczby ziaren z kłosa oraz masy ziaren z rośliny, a uzyskane wyniki opracowano statystycznie. Dla każdej cechy testowano hipotezę o braku różnic między obiektami oraz dokonano podziału obiektów na grupy jednorodne.

Podział ten dokonany został w oparciu o kryterium minimalnej wariancji wszystkich możliwych podzbiorów badanych obiektów przy założeniu, że maksymalna liczba grup nie może być większa od trzech. Ocenę i wyniki testowania porównań średnich dla badanych cech między formą wyjściową a mutantami określono w postaci kontrastów (Caliński i in., 1976; Ceranka i in., 1977). Rozmieszczenie na płaszczyźnie mutantów pod względem badanych cech przedstawiono w układzie dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wybrane mutanty charakteryzowały się obniżoną wysokością roślin. Ich zakres zmienności mieścił się w przedziale od 59,9 cm do 71,9 cm przy wysokości formy wyjściowej 77,1 cm. Ocena i wyniki testowań porównań między mutantami a ich formą wyjściową wykazały, że wszystkie mutanty pod względem wysokości roślin istotnie różniły się od ich formy wyjściowej (tab. 1). Najwyższe, ujemne wartości kontrastu uzyskano dla mutantów: M2, M37, M39, M46 i M120. Wskazuje to, że mutanty te w porównaniu z formą wyjściową charakteryzowały się najsilniejszą redukcją długości źdźbła. Serię mutantów krótkosłomych jęczmienia uzyskali także inni autorzy (Rybiński, 1981; Amer i in., 1994; Thakur i Sethi, 1995; Akhuary i in., 1996; Sümer 1996; Arumugan i in., 1997). Analizując cechy struktury plonu (tab. 1) dodatnie, aczkolwiek nieistotne wartości kontrastu dla długości kłosa i masy ziaren z rośliny obserwowano u dwóch mutantów a dla liczby ziaren z kłosa u sześciu mutantów. Jednak tylko dla liczby ziaren z kłosa u mutantu M 22 wartość kontrastu była statystycznie istotna. U pozostałych mutantów obserwowano ujemne wartości kontrastu dla badanych cech, co wskazuje na obniżenie wartości cech struktury plonu mutantów.

Tabela 1

Ocena i wyniki testowania porównań między mutantami a formą wyjściową nieoplewionego jęczmienia jarego 1N/86 dla wysokości roślin i cech struktury plonu

The estimation and results of comparisons between mutants and initial form of hull-less barley 1N/86 for plant height and yield structure parameters

Kontrast Contrast	Cechy — Traits			
	wysokość roślin (cm) plant height (cm)	długość kłosa (cm) spike length	liczba ziaren z kłosa number of grains per spike	masa ziaren z rośliny (g) grain weight per plant
1N/86				
M 2	-17,2**	-1,5**	-3,5**	-1,39*
M 6	-10,1**	-0,3	-2,1*	-2,24**
M 22	-9,3**	0,4	3,73**	-3,50**
M 32	-8,9**	0,1	-2,13*	-4,80**
M 35	-9,7**	0,0	-1,5	-3,40**
M 37	-17,4**	-0,3	-1,1	-2,24**
M 39	-15,3**	-1,5**	1,3	0,72
M 46	-16,9**	-0,8	-0,7	-1,24*
M 52	-11,1**	-0,5	0,3	-3,62**
M 62	-15,9**	-0,2	0,4	-6,09**
M 74	-6,1**	-0,1	-2,5*	-4,04**
M 75	-8,5**	-1,0	-0,8	-2,51**
M 120	-19,1**	-0,9	-1,3	-4,86**
M 121	-5,2**	-1,2*	-0,3	-1,72**
M 127	-6,0**	-1,4*	-1,6	-2,87**
M 139	-7,9**	-1,4*	-3,8**	-0,93
M 141	-5,6**	-0,8	0,5	-0,57
M 142	-9,1**	-0,4	0,6	0,88
Forma wyjściowa 1N/86	77,1	9,7	25,7	9,35
Initial form 1N/86				

* Istotne przy $\forall = 0,05$, Significant at $\alpha = 0.05$

** Istotne przy $\forall = 0,01$, Significant at $\alpha = 0.01$

Najmniejszą liczbę ujemnych i istotnych wartości kontrastu obserwowano dla długości kłosa i liczby ziaren z kłosa a największą dla masy ziaren z rośliny. Według Górnego (2004) plon odmian nagoziarnistych jest zwykle od 15%–35% niższy od form oplewionych, przy czym cechuje je również słabsze krzewienie produkcyjne (Dziamba i Rachoń, 1988; Paris i in., 1999). Analiza plonowania form o skróconej długości źdźbła wykazała natomiast, że głównym powodem obniżenia ich plonowania była redukcja długości kłosa i liczby ziaren w kłosie (Lundqvist, 1991). Zależność taką obserwował również Rybiński (1981). Uzyskane przez nas wyniki (tab. 1) wskazują, że pod względem obu wyżej wspomnianych cech mutanty ustępowały formie wyjściowej. Stwierdzono, że nagość ziarna jest cechą bardzo stabilną, uwarunkowaną pojedynczym genem recesywnym (*nud*) zlokalizowanym na długim ramieniu chromosomu 1 (7H) i gen ten sprzężony jest między innymi z genem zbitości kłosa (*dspl*) (Persson i Hagberg, 1969; Tshuchiya i Singh, 1973). Mimo skrócenia długości kłosa u uzyskanych mutantów (przy jednoczesnym obniżeniu liczby ziaren w kłosie) nie obserwowaliśmy wyraźnego wzrostu zbitości kłosa (bez jej analizy w pracy), typowego dla form nagoziarnistych pochodzących z wschodniej Azji, głównie Japonii (Górny, 2004). Mimo generalnej tendencji mutantów o skróconej długości źdźbła do obniżania wartości cech struktury plonu, dwa z nich (M 39 i M 142) charakteryzowały się liczbą ziaren z kłosa i masą ziaren z rośliny na poziomie wzorca,

a różnice były statystycznie nieistotne. Na możliwość uzyskania mutantów nieoplewionych o poprawionej zdolności plonowania wskazują badania Uhlika (1991). Mimo, że charakterystyczną cechą form nagoziarnistych była redukcja masy pojedynczego ziarniaka, u kilku linii ich masa była nieoczekiwanie bardzo wysoka (Persson i in., 1998).

Wyniki analizy wariancji przeprowadzone dla każdej cechy podano w tabeli 2.

Tabela 2

Wyniki analizy wariancji badanych cech jęczmienia nieoplewionego
Results of variance analysis for the investigated traits in hull-less barley

Zmienność Variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Średni kwadrat Mean squares	Statystyka F F statistic
Wysokość roślin (cm) Plant height (cm)			
Genotypy — Genotypes	18	0,7787	57,89**
Błąd — Residual	38	0,1345	
Ogółem — Total	56		
Długość kłosa (cm) Spike length (cm)			
Genotypy — Genotypes	18	0,1065	2,33*
Błąd — Residual	38	0,4570	
Ogółem — Total	56		
Liczba ziaren z kłosa Number of grains per spike			
Genotypy — Genotypes	18	0,9382	7,16**
Błąd — Residual	38	0,1309	
Ogółem — Total	56		
Masa ziaren z rośliny (g) Grain weight per plant (g)			
Genotypy — Genotypes	18	0,1123	25,85**
Błąd — Residual	38	0,4345	
Ogółem — Total	56		

* Istotne przy $\forall = 0,05$, Significant at $\alpha = 0,05$

** Istotne przy $\forall = 0,01$, Significant at $\alpha = 0,01$

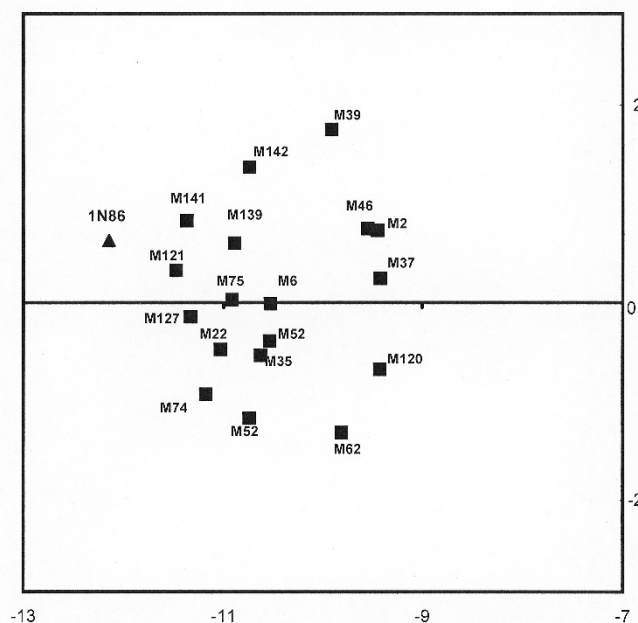
Wszystkie hipotezy o braku różnic między genotypami zostały odrzucone, co najmniej na poziomie $\forall = 0,05$. Odrzucenie hipotez o równości genotypów umożliwiło dokonanie podziału mutantów na grupy jednorodne (tab. 3). Dla liczby ziaren z kłosa i masy ziaren z rośliny dokonano podziału na trzy grupy jednorodne, natomiast w przypadku długości kłosa genotypy podzielono na dwie grupy (podział na trzy grupy okazał się nieistotny). Spośród mutantów o krótkiej słomie szczególną uwagę zwraca mutant M 39 odznaczający się najwyższą masą ziaren z rośliny. W tej samej grupie o najwyższej masie ziaren z rośliny znalazły się również dwa mutanty M 141 i M 142, które są wyższe od mutantu M 39, lecz niższe od formy wyjściowej (znalazły się w grupie pośredniej — tab. 3). Na uwagę zasługuje także mutant M 22 charakteryzujący się największą liczbą ziaren z kłosa a jednocześnie posiadający istotnie krótszą słomę od rodu wyjściowego 1N/86.

Przedstawienie wyników na płaszczyźnie w układzie dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych (rys. 1) umożliwiło ocenę podobieństwa mutantów do ich formy wyjściowej pod względem wszystkich analizowanych cech.

Tabela 3

Podział mutantów i ich formy wyjściowej 1N/86 na grupy jednorodne pod względem badanych cech
Homogenous groups for the mutants and the initial form 1N/86 established for the investigated traits

Grupy Groups	Cechy — Traits							
	wysokość roślin plant height	średnia dla grupy mean for the group	długość kłosa spike length	średnia dla grupy mean for the group	liczba ziaren z kłosa number of grains per spike	średnia dla grupy mean for the group	masa ziaren z rośliny grains weight per plant	średnia dla grupy mean for the group
I	M 74, M 121, M 41, M 127, 1N/86	72,5	M 6, M 22, M 32, M 35, M37, M 52 M 62, M 74, M 142, 1N/86	9,6	M 22	29,5	M 39, M 141, M 142, 1N/86	9,66
II	M 6, M 22, M 32, M35, M 52, M 75 M 139, M 142	67,9	M 2, M 39, M 46, M 75, M 120, M 121 M 127, M 139, M 141	8,6	M 39, M 42, M 52 M 62, M 75, M 121, M 141, M 142, 1N/86	25,9	M 2, M 6, M 37, M 46, M 75 M 121, M 127, M 139	7,46
III	M 2, M 37, M 39 M 46, M 62, M 120	60,2	—		M 2, M 6, M 32, M 35, M 37, M 74, M 120, M 127, M 139	23,6	M 22, M 32, M35, M 52, M 62, M 74, M 120	5,02



▲ Mutanty — Mutants

■ Forma wyjściowa 1N/86 — Initial form 1N/86

Rys. 1. Rozmieszczenie mutantów w układzie dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych pod względem badanych cech

Fig. 1 Configurations of mutants in the space of two first canonical varieties for the analyzed traits

Najmniej od formy wyjściowej różniły się dwa mutanty M 141 i M 121. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że mimo obniżenia wysokości roślin możliwe jest uzyskanie genotypów o zbliżonej lub wyższej zdolności plonowania od formy wyjściowej na drodze kolejnych krzyżowań i rekombinacji cech.

WNIOSKI

1. W wyniku działania chemomutagenów możliwe jest uzyskanie mutantów nagoziarnistych jęczmienia jarego charakteryzujących się skróceniem długości źdźbła w porównaniu z ich formą wyjściową.
2. Efektem działania mutagenów jest uzyskanie dwóch mutantów (M 39 i M 142) o skróconej słomie i plonujących na poziomie formy wyjściowej 1N/86.
3. Mimo, że zdecydowana większość mutantów o obniżonej wysokości roślin w porównaniu z ich rodem wyjściowym charakteryzowała się niższymi parametrami struktury plonu, uzyskano formy o liczbie ziaren z kłosa i masie ziaren z rośliny na poziomie wzorca 1N/86.
4. Uzyskane mutanty mogą stanowić interesujący materiał wyjściowy w hodowli nieoplewionych odmian jęczmienia jarego.

LITERATURA

- Akhuary S. B., Sinha A. N., Sinha A. K. 1996. The effectiveness and efficiency of chemical mutagens on biological parameters in hull-less variety of *Hordeum vulgare* (L.) Karan. *Neo Botanica* 4 (1): 1 — 5
- Amer I. M., El-Rassas H. N. 1994. Utilization of gamma irradiation in barley breeding. *Annals of Agricultural Science* 39 (1): 257 — 268.
- Arumugan S., Reddy V. R. K., Asir R., Viswanathan P., Dhamodaran S. 1997. Induced mutagenesis in barley. *Advances in Plant Science* 10(1): 103 — 106.
- Bhatty R. S. 1986. The potential of hull-less barley – review. *Cereal Chem.*, 63: 97 — 103.
- Bhatty R. S., Rossnagel B. G. 1998. Comparison of pearled and impearled Canadian and Japanese barleys. *Cereal Chemistry* 75 (1): 15 — 21.
- Bouma J. 1967. New variety of spring barley “Diamant”. *Abh. Dtsch. Akad. Wiss.*, 2: 177 — 182.
- Bouma J., Ohnoutka Z. 1991. Importance and application of the mutant „Diamant” in spring barley breeding. *Plant Mutation Breeding for Crop Improvement, Proc. of a Symp., IAEA, 18–22 June, Vienna*: 127 — 133.
- Caliński T., Dyczkowska A., Kaczmarek Z. 1976. Testowanie hipotez w wielozmiennej analizie wariancji i kowariancji. *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
- Czembor H. J. 1989. Stan i perspektywy hodowli w Polsce. *Biul. IHAR* 171/172: 5 — 14.
- Czembor H. J. 1997. Hodowla jęczmienia w Polsce i Europie. 1997. *Agrotechnika i Wykorzystanie Jęczmienia, Seminarium Naukowe. Puławy, 23–24 października 1997*: 41 — 48.
- Doliński R. 1995. Zmienność, odziedziczalność i współzależność właściwości mechanicznych i cech morfologicznych źdźbła pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.) warunkujących odporność na wyleganie. *AR Lublin, Seria Wydawnicza — Rozprawy Naukowe* 177: 1 — 68.
- Dziamba S., Rachoń L. 1988. Zróżnicowanie elementów struktury plonu nagoziarnistych i oplewionych odmian jęczmienia jarego uprawianych w siewie czystym i mieszanym. *Biul. IHAR* 167: 79 — 85
- Eslick R. F., Blake T., Stallknecht G. 1990. Registration of Wanubet a hull-less waxy barley germplasm. *Crop Sci.* 30 (6): 1371.

- Górny A. 2004. Zarys Genetyki Zbóż (Zarys Genetyki Jęczmienia), IGR PAN, Poznań. Tom1: 15 – 142.
- Gustafsson A., Hagberg A., Persson G., Wiklund K. 1971. Induced mutations and barley improvement. Theoret. Appl. Genet., 41: 239 — 241.
- Ito M., Ishikawa N., Domon E., Dol Y., Katayama T., Kamio M., Kato L., Yoshikawa R., Tsutsumi T. 1995. „Ichibanboshi”. A new released naked barley cultivar. Bulletin of the Shikoku National Agricultural Experiment Station 59: 109 — 121.
- Jeżowski S. 1981. Variation, correlation and heritability of characters determining lodging in spring barley. III. Analysis of relationship between lodging grade and selected morphological and physical indices of the stem. Genetica Polonica 22/2: 149 — 162.
- Jeżowski S. 1991. Analiza dialleliczna cech morfologicznych źdźbła. Hod. Rośl.Nasien. 3: 6 — 10.
- Jeżowski S. 1996. Analiza genetyczna cech warunkujących odporność na wyleganie. Biul. IHAR 200: 169 — 173.
- Lundqvist U. 1991. Coordinator's report earliness genes. Barley Genetics Newsletter 21:127 — 129.
- Matsuo T., Yamagushi H. 1967. Studies on the mutation breeding in Japan. Erwin Baur Ged. Vorl., 4: 3 — 17.
- Nilan R. A. 1972. Induced mutations and winter barley improvement. In: Induced Mutations and Plant Improvement. IAEA, Vienna: 349 — 351
- Paris R. L. 1999. Development of hulless varieties as an improved feed crop. Barley Newsl., 43: 30.
- Persson G., Hagberg A. 1969. Induced variation in quantitative character in barley. Morphology and cytogenetics of erectoides mutants. Hereditas 61: 115 — 178.
- Persson G. 1998. Hulless barley in future plant husbandry. Sverige Utsadesforenings Tidskrift 108: 35 — 45.
- Rosnagel B. G., Harvey B. L., Bhatti R.S. 1985. Tupper hulless barley. Can. J. Plant. Sci. 65: 453 — 454
- Rybiński W. 1981. Short-straw forms of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) obtained as a result of MNUA-induced mutations. Genet. Pol. 22 (3): 271 — 287.
- Sümer S. 1996. Effects of radiation and some chemical mutagens (EMS, NaN₃) on the yield and some morphological characters of barley (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Biology 20(3): 181 — 200.
- Thair M., Shevtsov V. 1994. New hull-less barley germplasm for high – altitude areas. Rachis 13 (1/2): 43 — 46.
- Thakur J. R., Sethi G.S. 1995. Mutagenic interaction of gamma rays with EMS and NaN₃ in barley (*Hordeum vulgare* L.). Crop Research 9 (2): 303 — 308.
- Tsuchiya T., Singh R. J. 1973. Further information on telotrisomic analysis in barley. Barley Genet. Newsl. 3: 75 — 78.
- Uhlik J. 1991. Induction of mutants of barley suitable for breeding barleys for fodder and food. Genetika a Slechteni 27 (4): 259 — 267.
- Vaidya S. M., Mahabalan 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 hulless, waxy starch and short-awn genes on the composition of barleys. J. of Cereal Sci. 26(2): 251 — 257.
- Zenisceva L. S. 1968. Heritability of quantitative characters determining lodging resistance in plants. Selskoh. Biologija 3: 790 — 794.
- Zheng G. H., Bhatti R. S. 1998. Enzyme — assisted wet separation of starch from other seed components of hull-less barley. Cereal Chemistry 72 (2): 247 — 250.