

## CHARAKTERYSTYKI MECHANICZNE ZIARNA MUTANTÓW JĘCZMIENIA NIEOPLEWIONEGO

*Wanda Woźniak<sup>1</sup>, Stanisław Grundas<sup>1</sup>, Wojciech Rybiński<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Institut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin  
e-mail: wanda@ipan.lublin.pl

<sup>2</sup>Institut Genetyki Roślin PAN, ul. Strzeszyńska 34, 60-479 Poznań

**Streszczenie.** Przeprowadzono badania właściwości mechanicznych wycinków ziarniaków formy wyjściowej i 45 mutantów jęczmienia nieoplewionego podczas jednoosiowego ściskania. Próbkę ziarniaków poddano detekcji rentgenowskiej, a na podstawie analizy ich obrazów określono liczbę pęknięć wewnętrznych. Stwierdzono, że podatność na uszkodzenia wewnętrzne bielma zdecydowanej większości mutantów jęczmienia nieoplewionego była istotnie niższa w stosunku do formy wyjściowej, ale to nie spowodowało istotnego obniżenia spadku wytrzymałości ziarna na ściskanie. Zdecydowana większość mutantów charakteryzowała się ziarniakami o istotnie wyższym, w porównaniu z formą wyjściową, module sprężystości. Dokonując kontrolowanej mutacji genetycznej można uzyskać formy o wyższej odporności mechanicznej.

**Słowa kluczowe:** ziarno jęczmienia, mutanty, uszkodzenia wewnętrzne, rentgenografia, właściwości mechaniczne

### WSTĘP

Wśród oplewionych gatunków zbóż uprawianych w kraju coraz większego znaczenia gospodarczego nabierają ich formy nagoziarniste. W krajowym Rejestrze 37 odmian jęczmienia jarego uprawianych na powierzchni ok. 1 mln. hektarów, znajdowała się jedna odmiana nieoplewiona (Rastik), a wśród 25 odmian owsa uprawianych na powierzchni około 550 tys. ha – dwie odmiany – Akt i Polar [6]. Nowe odmiany nagoziarniste poprzez uzyskanie redukcji włókna pokarmowego, wysokiej zawartości białka o korzystnym składzie aminokwasowym, a w przypadku owsa o zwiększonej ilości wartościowego tłuszczu, znajdują zastosowanie w żywieniu zwierząt monogastrycznych oraz przemyśle spożywczym.

W Polsce uprawia się głównie jarą formę jęczmienia, która w strukturze zasiewów zbóż zajmuje 11%. Jęczmień ozimy uprawiany jest na znacznie mniejszej

powierzchni, a wynika to głównie z jego gorszej mrozoodporności. Jęczmień jest zbożem o wszechstronnym zastosowaniu. Ziarno jest wykorzystywane głównie na cele paszowe, zarówno do sporządzania mieszanek treściwych bezpośrednio w gospodarstwach, jak i w przemyśle paszowym. Drugim ważnym kierunkiem użytkowania jęczmienia jest jego wykorzystanie w przemyśle spożywczym, w tym przede wszystkim do produkcji słodu. Poza tym jęczmień wykorzystuje się na cele konsumpcyjne w postaci płatków, kielków zbożowych oraz w niewielkim stopniu jako dodatek do makaronów, odżywek dla dzieci i w piekarnictwie. W kaszarniach jęczmień przerabiany jest na pęczak, kaszę, otręby oraz mąkę. Zdecydowana większość odmian jęczmienia przeznaczonego na cele żywieniowe jest okryto ziarnowa. Okrywa stanowi około 10-13% suchej masy ziarniaka [1]. Pozbawienie ziarniaka oplewienia redukuje zawartość trudno strawnego błonnika sprawiając, że ziarna nieoplewione są cennym składnikiem pasz [13,14] oraz surowcem w przemyśle spożywczym [3], zwłaszcza przy produkcji kaszy [2]. Mimo niewątpliwych zalet jęczmienia nagoziarnistego jego szersze wprowadzenie do uprawy ogranicza niższa zdolność plonowania w porównaniu z formami oplewionymi. Plonowanie form nieoplewionych jest zwykle o 15-35% niższe od plonu odmian oplewionych, przy słabszym krzewieniu produktywnym i wyższej o 20-25% masie 1000 ziaren [4,7]. Ponadto według Kolasińskiej i Boros [6] odmiany te wnoszą niepożądane problemy związane z wartością siewną ziaren. Wspomniani autorzy sugerują, że budowa nasienia, brak plewek sprawia, że ziarniaki nagie są bardziej narażone na zgniatanie i ściskanie (np. w czasie zbioru) niż oplewione. Stąd celem pracy była ocena wyżej wspomnianych parametrów fizycznych ziarniaków w testach laboratoryjnych na przykładzie mutantów nagoziarnistych jęczmienia jarego. Jednym z warunków szerszego wykorzystania form nieoplewionych w praktyce rolniczej jest poszerzenie zmienności genetycznej cech dla form nieoplewionych, wykorzystując nie tylko efekty rekombinacji, ale także mutacje indukowane [5,8].

#### MATERIAŁ i METODY

Badania przeprowadzono na pojedynczych ziarniakach nagiego jęczmienia jarego – mutantach uzyskanych na drodze sztucznego indukowania mutacji dla nagiej formy 1N/86. Czynnikiem mutagenicznym były dwa chemomutageny – N-nitroso-N-metylomocznik (MNU) i azyd sodu ( $\text{NaN}_3$ ). Ziarno pochodziło ze zbioru 2003 roku, z Instytutu Genetyki Roślin PAN w Poznaniu.

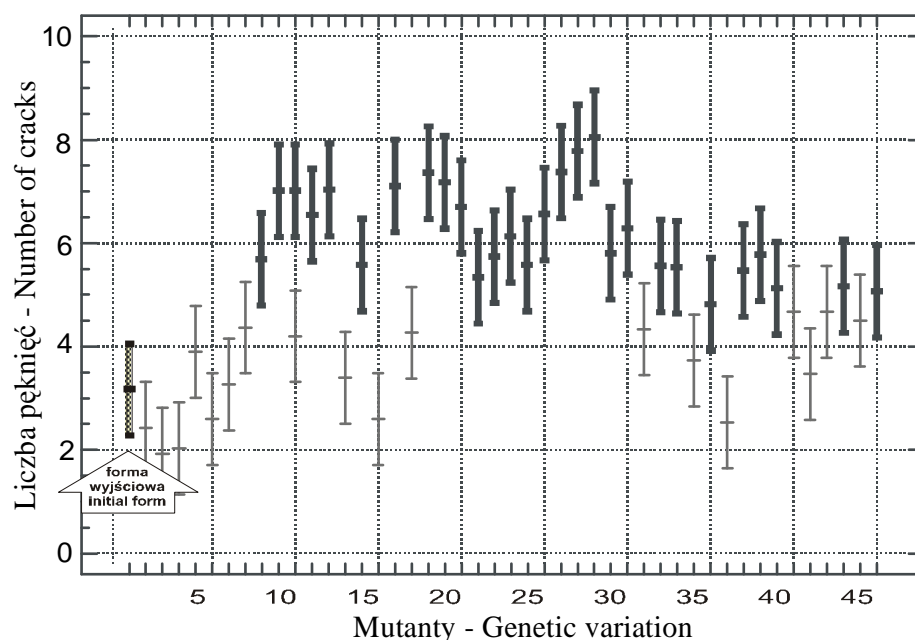
Na kliszach rentgenowskich zarejestrowano obrazy całych ziarniaków. Stan uszkodzenia bielma określano liczbą pęknięć. Testy mechaniczne na wycinkach ziarniaków wykonano przy użyciu maszyny wytrzymałościowej Instron model 6022 z głowicą tensometryczną o zakresie pomiarowym do 1 kN i prędkością deformacji  $0,2 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ . Stosując metodę jednoosiowego ściskania i korzystając

z prawa Hooke'a wyznaczono: wytrzymałość ziarna, moduł sprężystości, odkształcenie i pracę właściwą podczas odkształcenia. Szczegółowe procedury metodyki opisane zostały w pracach Woźniak [9-11], Woźniak i Grundasa [12].

Testom mechanicznym poddano po 30 ziarniaków, a analizie rentgenowskiej po 60 ziarniaków z każdej mutacji oraz ziarno formy wyjściowej.

## WYNIKI

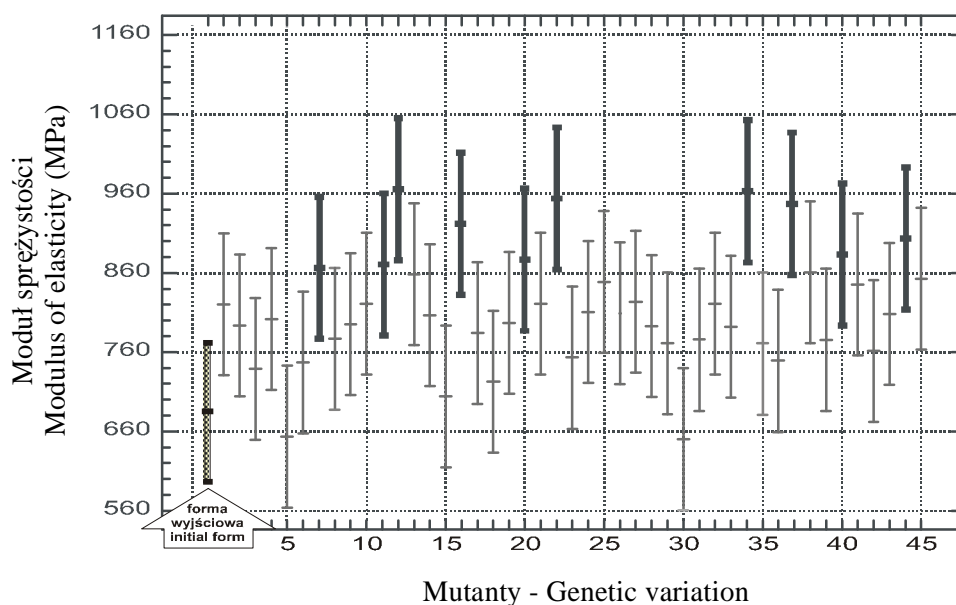
Ziarniaki jęczmienia formy wyjściowej charakteryzowały się niewielką podatnością na uszkodzenia wewnętrzne (rys. 1). Średnia liczba pęknięć wynosiła około 3, ale aż dla 27 mutantów zaobserwowano istotny spadek odporności na uszkodzenia (na rysunku zaznaczono jako pogrubione). Stanowiło to ponad połowę badanych mutantów. Dla kilkunastu mutantów spadek ten był nawet blisko 3-krotny. Średnia liczba pęknięć wzrosła do 5-8.



**Rys. 1.** Średnia liczba pęknięć wewnętrznych i 95% przedziały ufności Tukey'a ziarniaków formy wyjściowej i 45 mutantów jęczmienia nieoplewionego

**Fig. 1.** Mean number of cracks and 95% Tukey intervals of confidence of kernels of initial form and 45 genetic variations of hull-less barley

Na rysunku 2 pokazano średnie wartości modułu sprężystości formy wyjściowej i 45 mutantów ziarniaków jęczmienia nieoplewionego. Moduł sprężystości formy wyjściowej wynosił około 680 MPa. Ziarniaki 10 mutantów charakteryzowały się istotnie wyższym modułem, który zawierał się w przedziale między 860 a 980 MPa. Około 75% mutantów zachowywało się podobnie do formy wyjściowej.

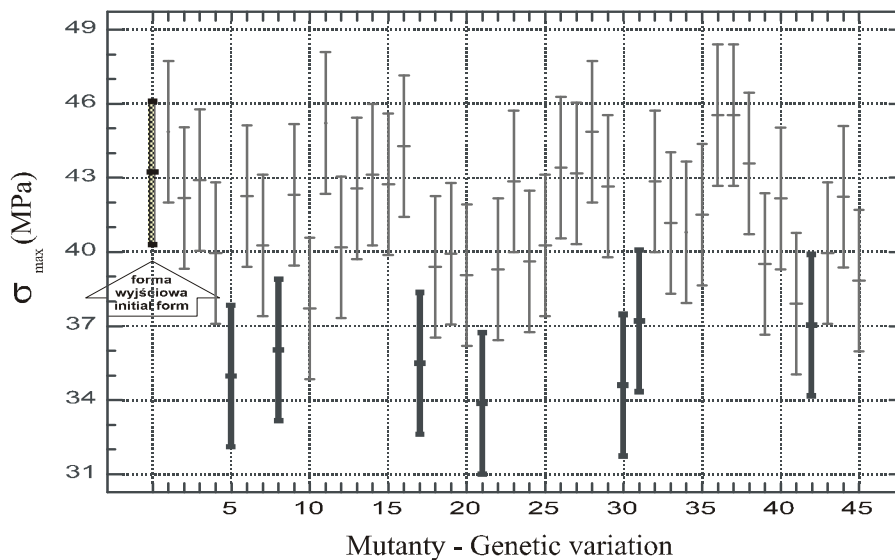


**Rys. 2.** Średni moduł sprężystości i 95% przedziały ufności Tukey'a ziarniaków formy wyjściowej i 45 mutantów jęczmienia nieoplewionego  
**Fig. 2.** Mean modulus of elasticity and 95% Tukey intervals of confidence of kernels of initial form and 45 genetic variations of hull-less barley

Średnia wytrzymałość formy wyjściowej wynosiła około 43 MPa i dla 38 mutantów nie różniła się istotnie (rys. 3). Stwierdzono, że wytrzymałość jedynie 7 mutantów istotnie się obniżyła w stosunku do ziarna kontrolnego czyli formy wyjściowej i wynosiła 34-37 MPa. Ziarno pozostałych 38 mutantów nie straciło wysokiej, jak na jęczmień, wytrzymałości na ściskanie.

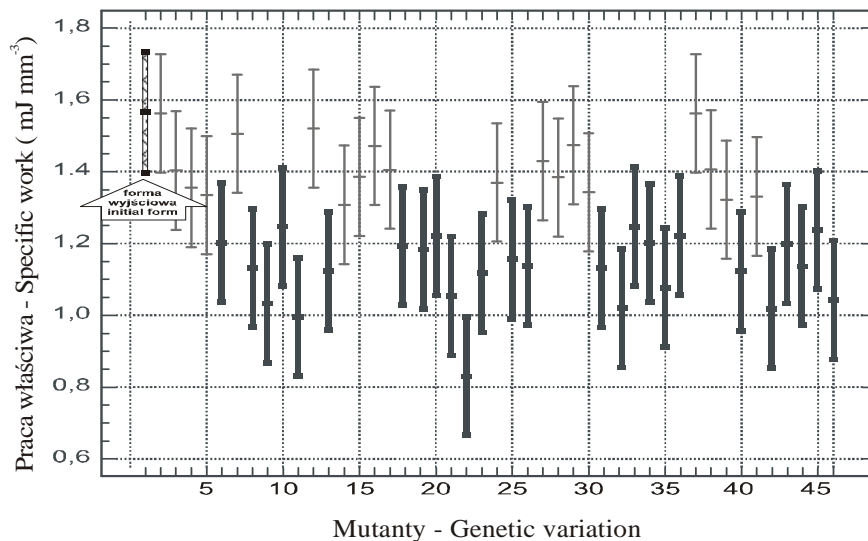
Średnia praca właściwa podczas ściskania ziarniaków 25 mutantów spadła istotnie w stosunku do formy wyjściowej (rys. 4). Najniższy poziom to  $0,7 \text{ mJ}\cdot\text{mm}^{-3}$ , co stanowi dwukrotny spadek wartości pracy właściwej w stosunku do formy wyjściowej – około  $1,5 \text{ mJ}\cdot\text{mm}^{-3}$ .

Średnie odkształcenie ziarniaków 18 mutantów różniło się istotnie odkształcenia ziarna formy wyjściowej (7,1%) i spadło nawet do 5,3% (rys. 5).



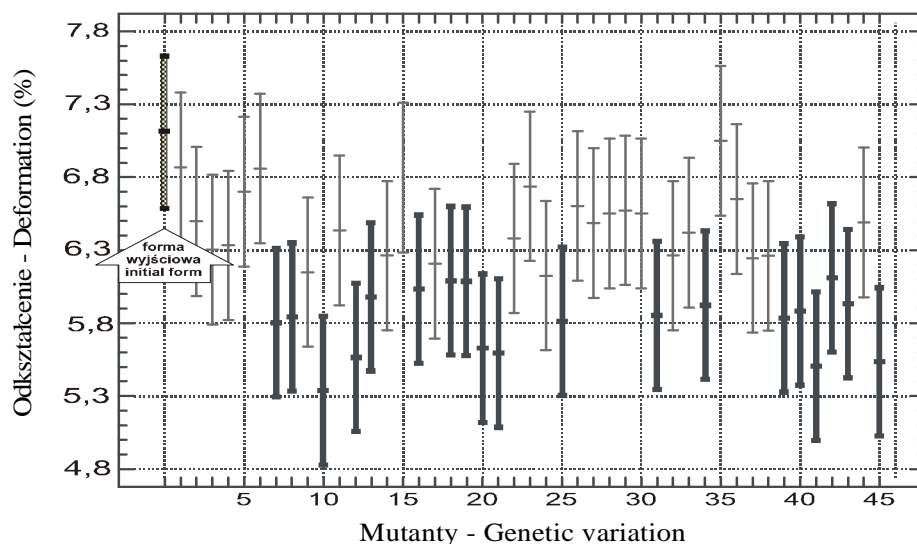
**Rys. 3.** Średnia wytrzymałość na ściskanie i 95% przedziały ufności Tukey'a ziarniaków formy wyjściowej i 45 mutantów jęczmienia nieoplewionego

**Fig. 3.** Mean compressive stress and 95% Tukey intervals of confidence of kernels of initial form and 45 genetic variations of hull-less barley



**Rys. 4.** Średnia praca właściwa i 95% przedziały ufności Tukey'a ziarniaków formy wyjściowej i 45 mutantów jęczmienia nieoplewionego

**Fig. 4.** Mean specific work and 95% Tukey intervals of confidence of kernels of initial form and 45 genetic variations of hull-less barley



**Rys. 5.** Średnie odkształcenie i 95% przedziały ufności Tukey'a ziarniaków formy wyjściowej i 45 mutantów jęczmienia nieoplewionego

**Fig. 5.** Mean strain and 95% Tukey intervals of confidence of kernels of initial form and 45 genetic variations of hull-less barley

#### WNIOSEK

Podatność na uszkodzenia wewnętrzne bielma zdecydowanej większości mutantów jęczmienia nieoplewionego spadła istotnie w stosunku do formy wyjściowej. Nie spowodowało to jednak znacznego spadku wytrzymałość ziarna na ściskanie. Zdecydowana większość mutantów charakteryzowała się ziarniakami o istotnie wyższym, w porównaniu z formą wyjściową, module sprężystości.

Tak więc dokonując kontrolowanej mutacji genetycznej jęczmienia można uzyskać formy o lepszych parametrach wytrzymałościowych.

#### PIŚMIENNICTWO

1. **Bhatty R.S., Berdhal J.D., Christison G.J.:** Chemical composition and digestible energy of barley. *Can. J. Anim. Sci.*, 55, 759, 1975.
2. **Bhatty R.S.:** Milling of regular and waxy starch hull-less barleys for the production of bran and flour. *Cereal Chemistry* 74, 693-699, 1997.
3. **Bhatty R.S., Rossnagel B.G.:** Comparison of pearled and unpearled Canadian and Japanese barleys. *Cereal Chemistry*, 74(6), 15-21, 1998.
4. **Dziamba Sz., Rachoń L.:** Zróżnicowane elementy struktury plonu nagoziarnistych i oplewionych odmian jęczmienia jarego uprawianych w siewie czystym i mieszanym. *Biul. IHAR*, 167, 79-85, 1988.

5. **Kapała A., Rybiński W.:** Variability of seed composition of hulless mutants of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *J. Appl. Genet.*, 36(2), 129-135, 1995.
6. **Kolasińska K., Boros L.:** Wartość siewna oplewionych i nieoplewionych nasion jęczmienia jarego. *Hodowla Roślin i Nasiennictwo* 1/2003, 14-15, 2003.
7. **Paris R.L.:** Development of hulless varieties as an improved feed crop. *Barley Newsletter* 43, 30, 1999.
8. **Rybiński W., Szot B.:** Estimation of genetic variability of yielding traits and physical properties of seeds of spring barley (*Hirdeum vulgare* L.) mutants. *Int. Agrophysics*, 20, 219-227, 2206.
9. **Woźniak W.:** Wyznaczanie podstawowych właściwości mechanicznych ziarna pszenicy. *Acta Agrophysica*, 93, 135-144, 2003.
10. **Woźniak W.:** Zastosowanie metody jednoosiowego ściskania do wyznaczania podstawowych właściwości mechanicznych ziarna pszenicy. *Acta Agrophysica*, 93, 145-155, 2003.
11. **Woźniak W.:** Fizyczne skutki zmian wilgotności ziarna jęczmienia. *Acta Agrophysica*, 4(1), 235-242, 2004.
12. **Woźniak W., Grundas S.:** Porównanie właściwości mechanicznych ziarna pszenicy i jęczmienia przed oraz po nawilżeniu i suszeniu. *Motorol, Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*, t. 8, 261-269, 2006.
13. **Xue Q., Wang L., Newman R.K., Newman C.W., Graham H.:** Influence of hull-less waxy starch and short-awn genes on the composition of barleys. *J. of Cereal Sci.*, 26(2), 251-257, 1997.
14. **Zheng G.H., Bhatti R.S.:** Enzyme – assisted wet separation of starch from other seed components of hull-less barley. *Cereal Chemistry*, 72(2), 247-250. 1998.

## MECHANICAL CHARACTERISTICS OF KERNELS OF GENETIC VARIATIONS OF HULL-LESS BARLEY

*Wanda Woźniak<sup>1</sup>, Stanisław Grundas<sup>1</sup>, Wojciech Rybiński<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin  
e-mail: wanda@ipan.lublin.pl

<sup>2</sup>Institute of Plant Genetics, Polish Academy of Sciences, ul. Strzeszyńska 34, 60-479 Poznań

**Abstract.** A study was performed on the mechanical properties of kernel sections of the initial form and 45 genetic variations of hull-less barley in uniaxial compression tests. Kernel samples were subjected to X-ray detection and analysis of the obtained images was made to determine the number of internal cracks. It was found that, in a vast majority of the genetic variations of hull-less barley, the susceptibility to internal damage to the parenchyma was significantly greater than that of the initial form, but this did not result in any significant decrease of the compressive resistance of the kernels. A great majority of the genetic variations was characterized by kernels with modulus of elasticity significantly higher as compared to that of the initial form. Controlled genetic mutation permits the obtainment of forms with higher mechanical strength.

**Key words:** barley kernels, genetic variations, internal damage, roentgenography, mechanical properties