

OCENA PARAMETRÓW WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH ZIARNA PSZENICY I JĘCZMIENIA

Wanda Woźniak

Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin
e-mail: wanda@demeter.ipan.lublin.pl

Streszczenie. W teście jednoosiowego ściskania wyznaczono wytrzymałość i moduł sprężystości wycinków ziarniaków jęczmienia oplewionego (Sezam i Lot), nieoplewionego (Rastik) i pszenicy (Henika). Na podstawie badań rentgenograficznych oceniono stan fizyczny bielma. Stwierdzono istotnie niższą odporność na uszkodzenia wewnętrzne, a także istotnie niższe wartości parametrów wytrzymałościowych jęczmienia niż pszenicy.

Słowa kluczowe: ziarniaki pszenicy i jęczmienia, rentgenografia, uszkodzenia wewnętrzne, wytrzymałość na ściskanie, moduł sprężystości

WSTĘP

Ziarno jęczmienia jest wykorzystywane głównie na cele paszowe do sporządzania mieszanek treściwych. Innym ważnym kierunkiem jest wykorzystanie w przemyśle spożywczym, w tym przede wszystkim do produkcji słodu. Jęczmień jest surowcem do produkcji płatków, kiełków zbożowych oraz w niewielkim stopniu stanowi dodatek do makaronów, odżywek dla dzieci i w piekarnictwie. W kaszarniach jęczmień przetwarzany jest na pęczak, kaszę, otręby oraz mąkę.

Zdecydowana większość odmian jęczmienia przeznaczonego na cele żywieniowe to jęczmiona oplewione. Oplewienie jęczmienia to około 10-13% suchej masy ziarniaka. Pozbawienie go oplewienia redukuje zawartość trudno strawnego błonnika sprawiając, że ziarna nieoplewione są cennym składnikiem pasz dla zwierząt oraz półproduktem w przemyśle spożywczym. Mimo niewątpliwych zalet jęczmienia nagoziarnistego jego szersze wprowadzenie do uprawy ogranicza niższa zdolność plonowania w porównaniu z formami oplewionymi.

Rozwój mechanizacji rolnictwa i przemysłu przetwórczego powoduje, że nieodzownym staje się poznanie właściwości fizycznych ziarna zbóż. Rozwiązania konstrukcyjne maszyn muszą uwzględniać właściwości fizyczne, a szczególnie właściwości mechaniczne obrabianego materiału. Nie do pominięcia jest także problem strat wynikających z uszkodzeń wywołanych kontaktem ziarna z elementami roboczymi maszyn jak również uszkodzeń powstałych na skutek gradientów wilgoci, kiedy w pełni dojrzałe ziarniaki są nawilżane i suszone jeszcze w warunkach polowych [1,4].

Zastosowanie nieniszczącej techniki rentgenograficznej w badaniach agrofizycznych pozwoliło na ocenę stanu fizycznego ziarna i powiązania go z właściwościami mechanicznymi ziarna – a z różnych właściwości fizycznych to właśnie te są najbardziej związane ze stanem struktury bielma [2,4,5,10].

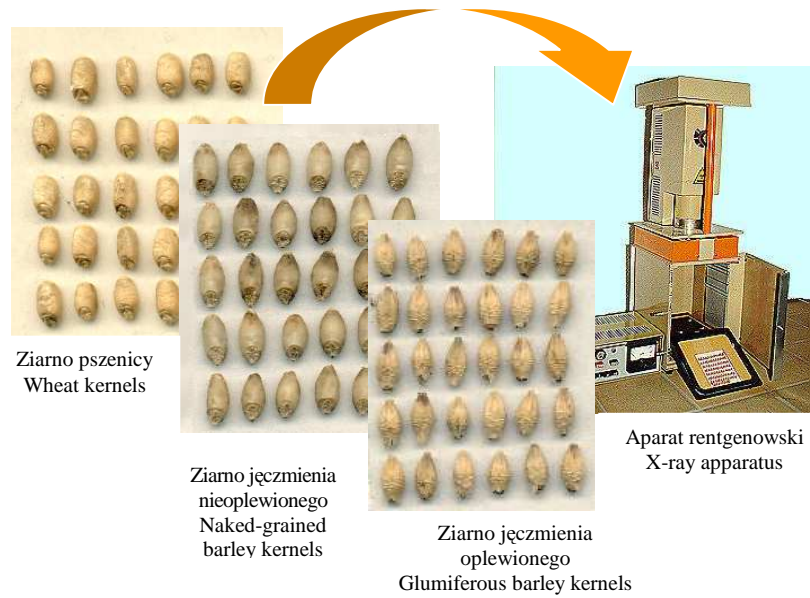
Celem badań była ocena stanu fizycznego bielma i jego wpływ na właściwości mechaniczne ziarniaków pszenicy i jęczmienia oplewionego i nieoplewionego.

MATERIAŁ I METODYKA

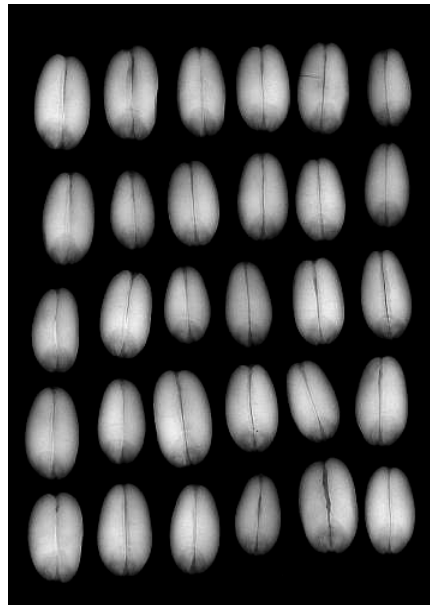
Badania przeprowadzono na ziarnie pszenicy jarej odmiany Henika (szkliste i mączyste) oraz 3 odmianach jęczmienia jarego – 2 oplewionych (Sezam – browarny i Lot – pastewny) oraz 1 odmianie nieoplewionej – Rastik – pastewny.

Na podstawie wyników wieloletnich badań podatności ziarna pszenicy na uszkodzenia wewnętrzne Henikę można było zakwalifikować jako średnio podatną na uszkodzenia [3,8,9]. Ponieważ udało się jeszcze wyselekcjonować szkliste i mączyste ziarniaki – o istotnie zróżnicowanej odporności na uszkodzenia, to ziarno tej odmiany stanowić mogło niejako reprezentanta tego gatunku. Ziarniaki szkliste obejmowały zakres odporności odmian mniej podatnych na uszkodzenia, a mączyste bardziej. Stąd też badając ziarno jednej odmiany o tak zróżnicowanej strukturze bielma można było mieć przybliżone odniesienie do zachowania ziarna w obrębie tego gatunku.

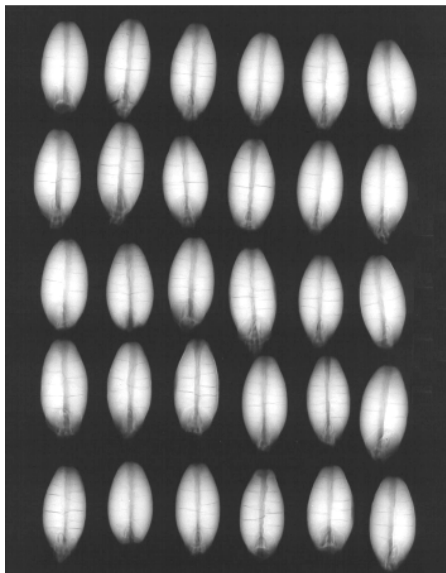
Naklejone na kasety papierowe ziarniaki poddawano detekcji rentgenograficznej, stosując trzykrotne powiększenie – fotografia 1 [5]. Na kliszach rejestrowano po 30 obrazów ziarniaków dla każdej odmiany (w 3 powtórzeniach). Na fotografiach 2-4 przedstawiono przykładowe rentgenogramy ziarniaków pszenicy i jęczmienia. Stan uszkodzenia bielma określano liczbą pęknięć.



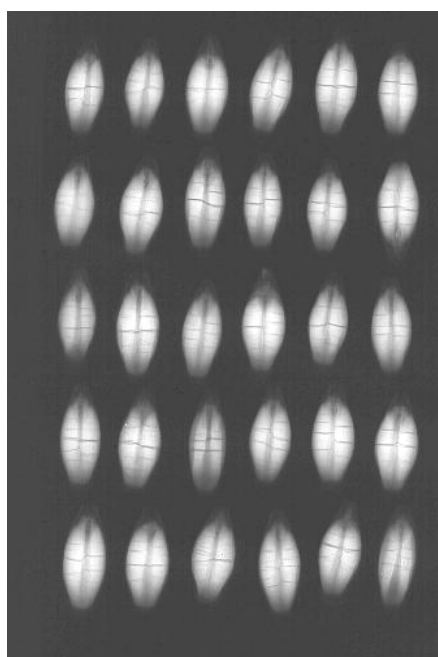
Fot. 1. Kasety papierowe z naklejonymi ziarniakami pszenicy i jęczmienia oraz aparat rentgenowski
Photo 1. Paper cassettes with glued kernels of wheat and barley, and X-ray apparatus



Fot. 2. Rentgenogramy ziarniaków pszenicy
Photo 2. X-ray images of wheat kernels

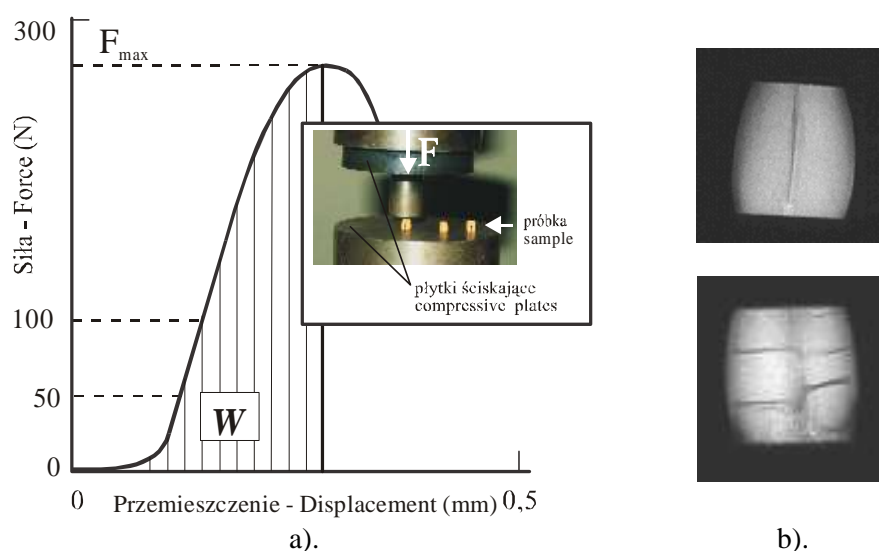


Fot. 3. Rentgenogramy ziarniaków jęczmienia nieoplewionego
Photo 3. X-ray images of naked-grained barley kernels



Fot. 4. Rentgenogramy ziarniaków jęczmienia oplewionego
Photo 4. X-ray images of glumiferous barley kernels

Przy użyciu specjalnie skonstruowanego przyrządu formowano próbkę rdzeniową o wysokości 4 mm. Testy mechaniczne wykonano przy użyciu maszyny wytrzymałościowej Instron model 6022 z głowicą tensometryczną o zakresie pomiarowym do 1 kN i prędkości deformacji $0,2 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$. Rejestrowano siłę w funkcji przemieszczenia (rys. 1a). Siłę wyznaczano z dokładnością $\pm 1 \text{ N}$, a przemieszczenie z dokładnością $\pm 0,01 \text{ mm}$. Stosując metodę jednoosiowego ściskania i korzystając z prawa Hooke'a wyznaczono wytrzymałość ziarna i moduł sprężystości. Zastosowanie prawa Hooke'a wydawało się najbardziej wiarygodne z uwagi na eliminację wpływu geometrii ziarna i kontaktu chropowatych powierzchni okrywy owoconasiennej z płytkami obciążającymi [6,7].



Rys. 1. Krzywa siła-przemieszczenie w teście jednoosiowego ściskania wycinków ziarniaków (a); rentgenogramy środkowej części ziarniaków (b)

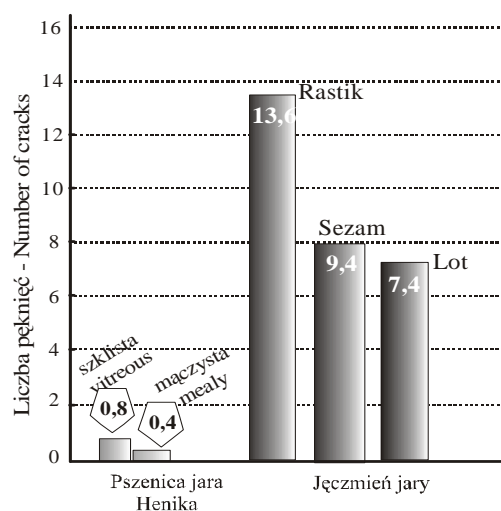
Fig. 1. Force-deformation curve for uniaxial compression of kernel specimens (a); X-ray images of the central part of kernels (b)

WYNIKI

Wyniki badań rentgenograficznych i mechanicznych poddano analizie statystycznej opierając się na testach Tukey'a. Analiza wariancji wykazała, istotne zróżnicowanie średnich.

Na rysunku 2 pokazano średnie liczby pęknięć ziarniaków badanych odmian pszenicy i jęczmienia. Ziarniaki pszenicy charakteryzowały się dużą odpornością na pęknięcie. Średnia liczba pęknięć wahała się 0,8 do 0,4

odpowiednio dla szklistego i mączystego bielma. Liczba uszkodzeń dla jęczmienia dochodziła średnio do 13,6 – nieoplewiona odmiana Rastik. Średnia liczba pęknięć dla oplewionych odmian wynosiła 7,4 dla odmiany Lot i 9,4 dla odmiany Sezam. Pęknięcia te powstały jeszcze w warunkach polowych, kiedy dojrzałe już ziarniaki były nawilżane podczas deszczu lub rosy i następnie wysychały w słońcu. Tak duża liczba pęknięć wewnętrznych ziarniaków jęczmienia świadczy o ich wyjątkowo małej odporności na uszkodzenia mechaniczne.



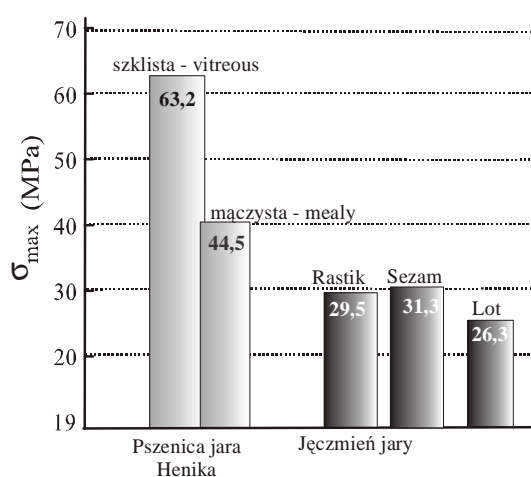
Rys. 2. Średnia liczba pęknięć ziarna pszenicy odmiany Henika o szklistym i mączystym bielmie oraz ziarna jęczmienia odmian Rastik, Sezam i Lot

Fig. 2. Mean values of number of cracks of wheat kernels cv. Henika, with mealy and vitreous endosperm, and barley kernels cv. Rastik, Sezam and Lot

Na rysunku 3 przedstawiono wytrzymałość (maksymalne naprężenie ściskające) próbek rdzeniowych pszenicy i jęczmienia. Ziarniaki pszenicy o szklistym typie bielma charakteryzowały się większą wytrzymałością na ściskanie (około 60 MPa) niż ziarniaki mączyste (około 44 MPa). Średnia wytrzymałość ziarna pszenicy (szklistej i mączystej) wynosiła 53,6 MPa. Ziarno jęczmienia charakteryzowało się zdecydowanie niższą niż pszenicy wytrzymałością. Średnia wytrzymałość na ściskanie ziarniaków jęczmienia to: nieoplewiony Rastik – 29,5 MPa, oplewiony Sezam – 31,3 MPa i Lot – 26,3 MPa.

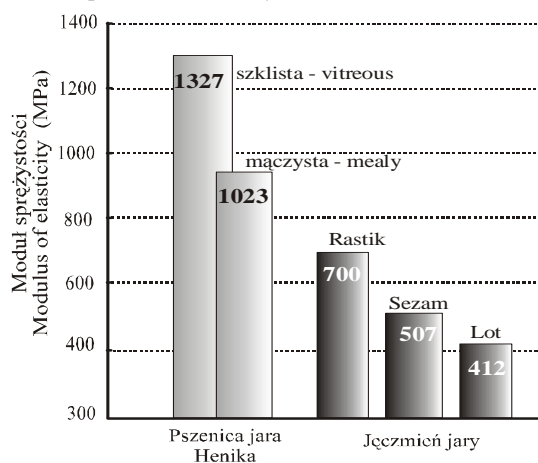
Rysunek 4 przedstawia średnie moduły sprężystości próbek rdzeniowych pszenicy i jęczmienia. Moduł sprężystości szklistych ziarniaków pszenicy był o około 30% wyższy od modułu ziarniaków mączystych i wynosił odpowiednio 1327 i 1023 MPa. Ziarniaki jęczmienia charakteryzowały się istotnie niższymi

modułami niż pszenicy. Średnie wartości dla jęczmienia zawierały się między 26,3 MPa dla oplewionej odmiany Lot a 29,5 MPa dla nieoplewionej odmiany Rastik. Pomimo tego, że morfologicznie nieoplewione ziarna jęczmienia i pszenicy są podobne, to jednak parametry wytrzymałościowe ziarniaków jęczmienia (nieoplewionych i oplewionych) są zbliżone.



Rys. 3. Średnia wytrzymałość wycinków ziarniaka pszenicy odmiany Henika o szklistym i mączystym bielmie oraz ziarna jęczmienia odmian Rastik, Sezam i Lot

Fig. 3. Mean values of compressive strength of section specimens of wheat kernels cv. Henika, with mealy and vitreous endosperm, and of barley kernels cv. Rastik, Sezam and Lot



Rys. 4. Średni moduł sprężystości próbek rdzeniowych ziarna pszenicy odmiany Henika o szklistym i mączystym bielmie oraz ziarna jęczmienia odmian Rastik, Sezam i Lot

Fig. 4. Mean values of modulus of elasticity of core specimens of wheat kernels cv. Henika, with mealy and vitreous endosperm, and of barley kernels cv. Rastik, Sezam and Lot

WNIOSKI

1. Stwierdzono różną odporność na uszkodzenia bielma ziarniaków pszenicy i jęczmienia. Jęczmień wykazał nie spotykaną do tej pory skłonność do uszkodzeń. Średnia liczba pęknięć dla ziarniaków pszenicy nie przekraczała 1, podczas gdy dla jęczmienia nieoplewionego Rastik zarejestrowano średnio nawet 13,6 pęknięć.

2. Parametry wytrzymałościowe ziarna pszenicy były istotnie wyższe niż jęczmienia:

- wytrzymałość ziarna pszenicy o szklistej strukturze bielma wynosiła około 60 MPa, o mączystej 44 MPa; dla ziarniaków jęczmienia wytrzymałość ta kształtowała się na poziomie 26-31 MPa (odpowiednio Lot i Rastik).
- moduł sprężystości ziarniaków pszenicy kształtował się na poziomie 1300 MPa dla szklistego bielma i około 1000 MPa dla mączystego; dla ziarniaków jęczmienia wahał się od około 400 MPa (Lot) do 700 MPa (Rastik).

3. Ziarniaki nieoplewionej odmiany Rastik charakteryzowały się istotnie wyższym modułem sprężystości (700 MPa) niż ziarniaki oplewione Sezam i Lot (odpowiednio 400 i 500 MPa).

PIŚMIENNICTWO

1. **Geodecki M., Grundas S., Sosnowski S.:** Uszkodzenia mechaniczne ziarna pszenicy w okresie przedżniwnym jako przyczyna strat plonu. *Acta Agrophysica*, 2(1), 51-60, 2002.
2. **Glenn G. M., Younce F. L., Pitts M. J.:** Fundamental physical properties characterizing the hardness of wheat endosperm. *Journal of Cereal Science*, 13, 179-194.
3. **Kocoń J., Grundas S., Woźniak W.:** The characteristic of spacial pattern of endosperm cells in spring wheat grain. *Proceedings of the 4th ICPPAM. Rostock*, 1989, 375-380.
4. **Weller C.L., Paulsen M.R., Steinberg M.P.:** Stress cracking and breakage susceptibility as affected by moisture content at harvest for four yellow dent corn hybrids. *Transaction of the ASAE*, 33(3), 863-869, 1990.
5. **Woźniak W.:** Defektoskopia rentgenowska i jej wykorzystanie w badaniach agrofizycznych. *Acta Agrophysica*, 72, 183-203, 2002.
6. **Woźniak W.:** Zastosowanie metody jednoosiowego ściskania do wyznaczania podstawowych właściwości mechanicznych ziarna pszenicy. *Acta Agrophysica*, 93, 145-155, 2003.
7. **Woźniak W.:** Wyznaczanie podstawowych właściwości mechanicznych ziarna pszenicy. *Acta Agrophysica*, 93, 135-144, 2003.
8. **Woźniak W., Grundas S., Kocoń J.:** The analysis of the surface endosperm cracks of winter wheat grain with the use of SEM. *Proceedings of the 4th ICPPAM. Rostock*, 1989, 896-901.
9. **Woźniak W., Grundas S., Kocoń J.:** Qualitative effect of moisture treatment of wheat grain by means of X-ray and SEM techniques. *Proceedings of the Symposium ICC, Prague, vol. II*, 494-499, 1991.
10. **Woźniak W., Styk W.:** Internal damage to wheat grain as results of wetting and drying. *Drying Technology*, 4(2), 349-367, 1996.

ASSESSMENT OF STRENGTH PARAMETERS
OF WHEAT AND BARLEY KERNELS

Wanda Woźniak

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin
e-mail: wanda@demeter.ipan.lublin.pl

Abstract. Compressive strength and modulus of elasticity of kernel section specimens of glumiferous barley (Sezam and Lot), naked-grained barley (Rastic), and wheat (Henika) were determined in uniaxial compression test. On the basis of X-ray examinations the physical condition of the parenchyma was estimated. A significantly lower resistance to internal damage, as well as significantly lower values of the strength parameters were found for kernels of barley as compared to those for wheat.

Keywords: wheat and barley kernels, roentgenography, internal damage, compressive strength, modulus of elasticity