

Dariusz Dziki, Janusz Laskowski
Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego
Akademia Rolnicza w Lublinie

OCENA CECH WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH ZIARNA PSZENICY NA PODSTAWIE TESTU CIĘCIA

Streszczenie

W pracy określono wpływ wilgotności i szklistości ziarna pszenicy na właściwości wytrzymałościowe wyznaczone na podstawie testu ciecienia pojedynczych ziarniaków. Wzrost wilgotności ziarna od 10 do 21% powodował zmniejszenie siły potrzebnej do jego przecięcia, średnio od 51 do 27 N. Najwyższe wartości tej siły uzyskano dla ziarna o bielmie szklistym (średnio 46 N) i były one statystycznie istotnie różne od wartości średnich otrzymanych dla ziarna o bielmie szklisto-mączystym i mączystym. Wilgotność ziarna w przedziale 10-18% nie miała statystycznie istotnego wpływu na pracę ciecienia. Średnia wartości tego parametru kształtowała się na poziomie 13 mJ. Wzrost zawartości wody w ziarniakach powodował spadek wytrzymałości na ścinanie średnio od 6,2 do 3,5 N/mm². Najwyższe wartości tego parametru otrzymano dla ziarna o bielmie szklistym (średnio 5,9 N/mm²). Natomiast wartości uzyskana dla ziarna o bielmie szklistym i szklisto-mączystym wyniosły odpowiednio 4,3 N/mm² i 4,2 N/mm² i nie różniły się istotnie.

Słowa kluczowe: ciecienie, wytrzymałość, ziarno, pszenica

Wprowadzenie

Znajomość właściwości wytrzymałościowych ziarna zbóż jest ważna zarówno z uwagi na uszkodzenia zachodzące podczas zbioru i transportu, jak również ze względu na powiązania tych właściwości z procesem rozdrabniania [Laskowski, Łysiak 1999; Abecassis, Mabilie 1997]. Ponadto badania wielu autorów wykazują, że cechy mechaniczne ziarna, a w szczególności jego twardość wykazują ścisłe powiązania z jego właściwościami przemiałowymi i wypiekowymi [Satumbaga i in. 1995; Obuchowski 1985]. W odniesieniu do materiałów biologicznych a w szczególności do ziarna zbóż stosowanych jest szereg metod oceny cech mechanicznych ziarna. Metody te bazują głównie na zgniataniu całych ziarniaków, bądź

wyselekcjonowanych fragmentów bielma i wyznaczaniu różnych parametrów (najczęściej modułu Younga). Często także określa się twardość ziarna [Frączek i in. 2003]. Znacznie mniej opracowań dotyczy cech mechanicznych ziarna określanych na podstawie testu cięcia. Figiel i Frontczak [2001] analizowali opory i pracę przecinania nasion wybranych roślin i stwierdzili, że dla większości badanych surowców wraz ze wzrostem wilgotności zmniejsza się praca przecinania. Natomiast dla ziaren pszenżyta i soi zaobserwowali zależność odwrotną. Szala [2003], badając energię cięcia technologicznego ziarna pszenicy stwierdził, że przy małych prędkościach ścinania (do 20 mm/s) wpływ prędkości krawędzi tnącej na pracę ścinania jest nieistotny. Istotne natomiast było położenie ziarna względem krawędzi tnącej. Dobraszczyk i in. [2002] wykazali ponadto, że wytrzymałość ziarna na ścinanie dodatnio koreluje z gęstością pszenicy.

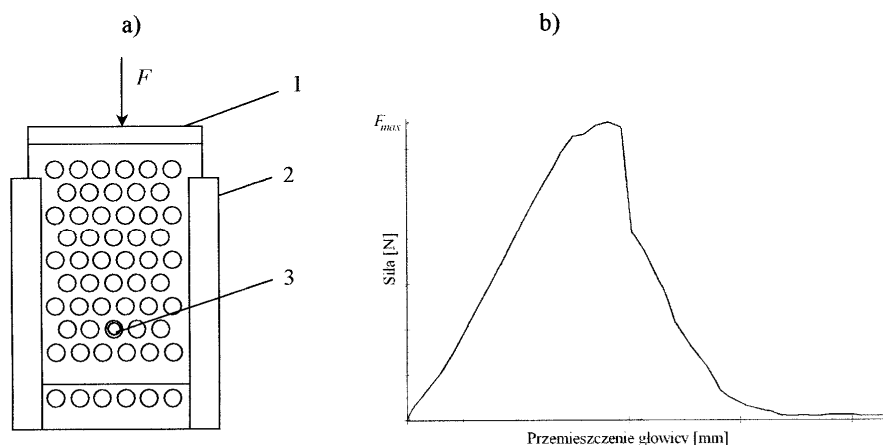
Celem niniejszej pracy było określenie wpływu wilgotności i szklistości ziarna pszenicy na właściwości wytrzymałościowe określone na podstawie testu ciecicia pojedynczych ziarniaków.

Metodyka badań

Materiał badawczy stanowiło ziarno pszenicy odmiany Slade, pochodzące ze zbiorów z roku 2004 z Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Końskowoli w województwie lubelskim. Próbkę do badań doprowadzono do sześciu poziomów wilgotności od 10 do 20% (co 2%). Dowilżanie ziarna przeprowadzono przez dodatek do próbek odpowiedniej ilości wody wodociągowej o temperaturze pokojowej. Po dowilżeniu ziarno dokładnie mieszano przez 30 min, wykorzystując mieszadło laboratoryjne wykonane w Instytucie Agrofizyki PAN w Lublinie. Dosuszenie ziarna przeprowadzono w temperaturze 30°C, przy wykorzystaniu suszarki laboratoryjnej. Przed pomiarami próbki leżały przez 24 godziny.

Do badań cech wytrzymałościowych pobierano pojedyncze ziarniaki i umieszczano w otworze środkowym płytek farinotomu Sadkiewicza (rys. 1a) [Sadkiewicz, Sadkiewicz 1998]. Następnie płytki układano pionowo na dolnej nieruchomej płycie maszyny wytrzymałościowej ZWICK Z020/TN2S. Płytkę umieszczoną wyżej poddawano działaniu siły obciążającej pochodzącej od górnej ruchomej płyty urządzenia, przemieszczającej się z prędkością 10 mm/min. Stosowano głowicę obciążającą o zakresie siły do 500 N. Ścinanie ziarna następowało między dwoma otworami o średnicy 4,5 mm. Podczas pomiaru rejestrowano zmiany siły obciążającej w funkcji przemieszczenia głowicy. Na podstawie uzyskanych charakterystyk (rys. 1b) wyznaczono siłę przy której następowało przecięcie ziarniaka (siła cięcia) oraz pracę cięcia. Następnie określano szklistość ziarna oglądając przekrój przeciętego ziarniaka. Ziarno uważano za szkliste, jeżeli przekrój bielma był całkowicie lub

prawie całkowicie szklisty. Jeżeli przekrój był koloru białego ziarna traktowano jako mączyste. Natomiast w przypadku kiedy przekrój był w około 50% szklisty ziarno określano jako szklisto-mączyste.



Rys. 1. a) Schemat płytek farinotomu przygotowanych do pomiaru; 1 – płytka górna, 2 – płytka dolna, 3 – ziarniak pszenicy; F – siła obciążająca płytke górną;
b) Przykładowa krzywa uzyskana podczas cięcia ziarna, F_{max} – siła powodująca przecięcie ziarna

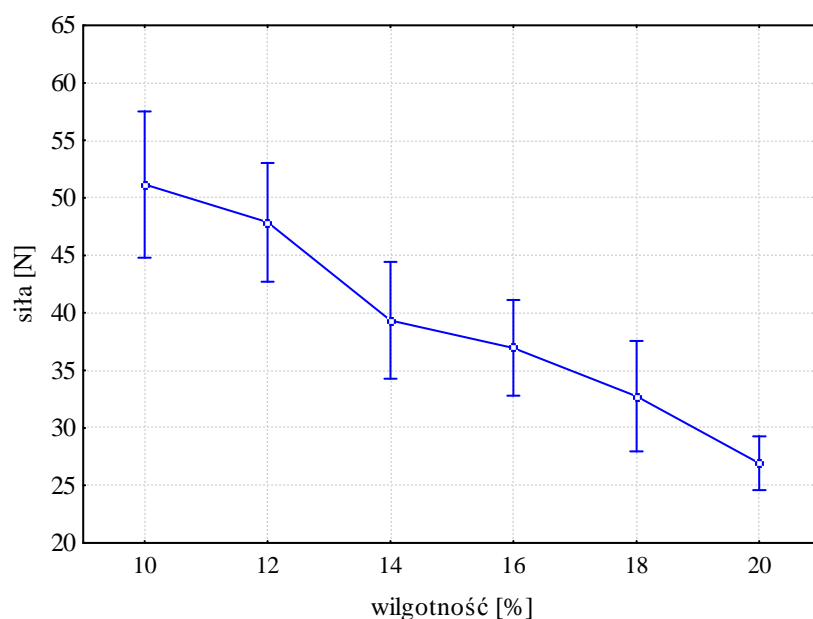
Fig. 1. a) diagram of farinotom plates prepared for measurement : 1 – top plate, 2 – bottom plate, 3 – wheat grain; F – force acting on top plate;
b) Sample curve obtained during grain cutting, F_{max} – force cutting the grain

W dalszej części badań obliczono pole przekroju ziarniaków stosując technikę wizyjnej analizy obrazu. W skład zestawu wchodził aparat fotograficzny Nikon Coolpix 4500, mikroskop oraz komputer z programem MultiScanBase do analizy obrazów. Po kalibracji systemu pomiarowego wykonane zdjęcia przekształcano przy zastosowaniu odpowiednich filtrów a następnie obliczano pole przekroju poszczególnych ziarniaków. Pozwoliło to wyznaczyć wytrzymałość ziarna na ścinanie jako iloraz siły tnącej do pola powierzchni ziarniaka.

Badania przeprowadzono dla 30 losowo wybranych ziarniaków przy każdej wilgotności ziarna. Obliczono wartości średnie, odchylenia standardowe, wyznaczano 95% przedziały ufności oraz przeprowadzono analizę wariancji. Istotność różnic między średnimi określono, wykorzystując test Tykey'a. Przyjęto poziom istotności $\alpha = 0,05$.

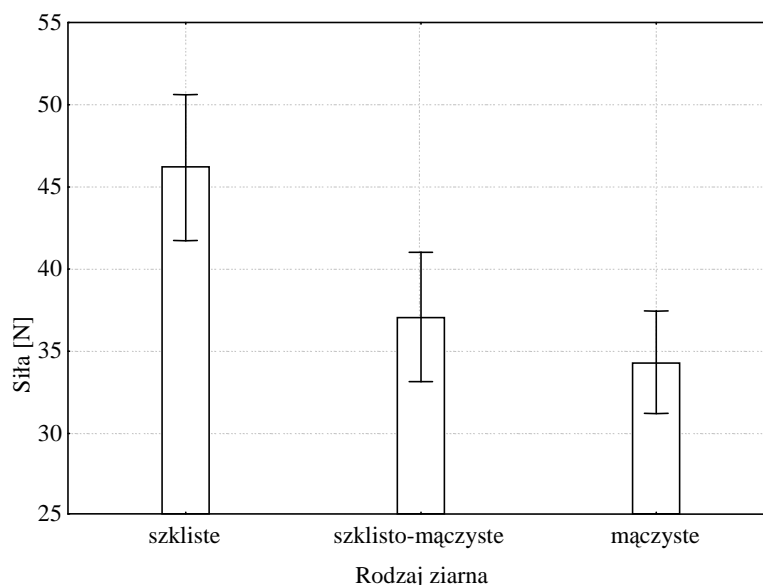
Wyniki badań i ich analiza

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że siła potrzebna do przecięcia pojedynczego ziarniaka (F_{max}) zawierała się w zakresie od 27 do 51 N i zmniejszała wraz ze wzrostem wilgotności ziarna (rys. 2). Zaobserwowano także, że im wilgotniejsze było ziarno tym uzyskiwano mniejszy rozrzut wyników wokół wartości średniej. Odchylenie standardowe przy wilgotności ziarna wynoszącej 10% wyniosło 14 N, zaś przy wilgotności 20% jedynie 5 N. Najwyższe wartości F_{max} uzyskano dla ziarna o bielmie szklistym (średnio 46 N) i były one statystycznie istotnie różne od wartości średnich uzyskanych dla ziarna o bielmie szklisto-mączystym i mączystym. Natomiast nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy średnimi F_{max} uzyskanymi dla ziarna o bielmie szklisto-mączystym i mączystym (rys. 3).



Rys. 2. Średnie wartości siły cięcia (wraz z zaznaczonym 95% przedziałem ufności) w zależności od wilgotności ziarna

Fig. 2. Average cutting force values (with 95% confidence interval shown), depending on grain moisture content



Rys. 3. Średnie wartości siły cięcia ziarna (wraz z zaznaczonym 95% przedziałem ufności) ziarna o różnej szklistości

Fig. 3. Average grain cutting force values (with 95% confidence interval shown); grains of various glaziness

Dexter i in. [1998] wykazali ściśle powiązania szklistości ziarna z jego twardością. W odniesieniu do pszenicy durum stwierdzili, że najwyższą twardość mają ziarna o bielmie całkowicie i częściowo szklistym, a znacznie niższą ziarna o bielmie mączystym.

W przedziale wilgotności ziarna od 10 do 18% nie stwierdzono statystycznie istotnego wpływu tej cechy na pracę cięcia (L). Przy czym wraz wzrostem zawartości wody przecięcie ziarniaków następowało przy większych wartościach odkształcenia i pomimo że siła cięcia zmniejszała się to praca cięcia kształtowała się na zbliżonym poziomie. Natomiast przy wilgotności wynoszącej 20% nastąpił wzrost L średnio do poziomu 15,9 mJ i była to wartość istotnie wyższa od średnich uzyskanych dla ziarna o wilgotności 10, 14 i 16% (tab. 1).

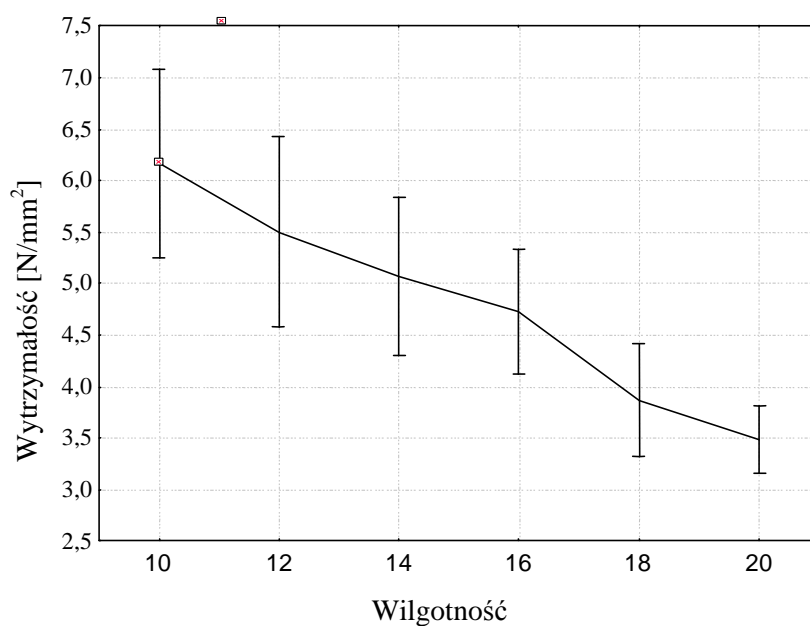
Nie stwierdzono statystycznie istotnego wpływu szklistości ziarna na pracę cięcia. Średnia wartość L dla ziarna o bielmie szklistym i szklisto-mączystym wyniosła 13,1 mJ a dla ziarna mączystego 12,1 mJ. Podobną zależność uzyskał Szala [2003], badając dwie odmiany pszenicy zwyczajnej: Izolda i Kobra.

Tabela 1. Średnie wartości pracy cięcia ziarna o różnej wilgotności
 Table 1. Average values of grain cutting work for grains of various moisture content

Parametr	Wilgotność ziarna [%]					
	10	12	14	16	18	20
Praca cięcia, mJ	11,9 ^a	12,3 ^{ab}	10,4 ^a	11,2 ^a	14,2 ^a	15,9 ^b

* wartości średnie, przy których występuje ta sama litera nie są statystycznie istotnie różne ($\alpha = 0,05$)

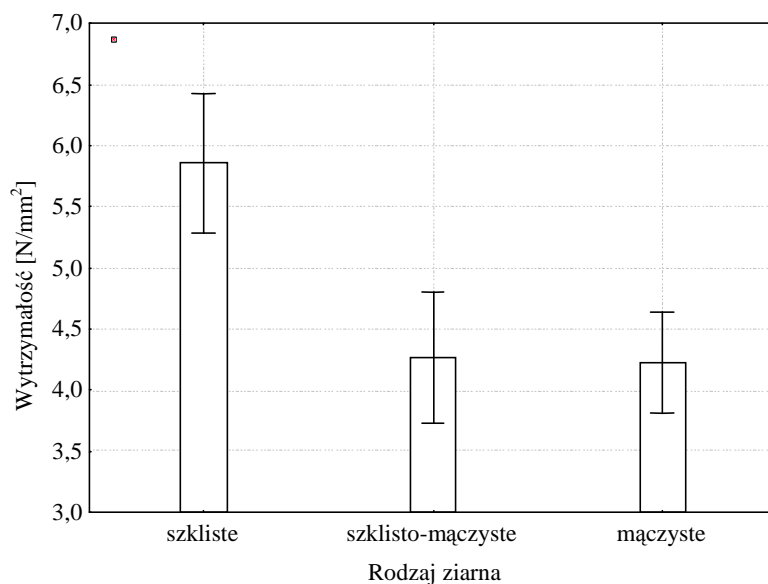
Wzrost wilgotności ziarna powodował spadek wytrzymałości na ścinanie średnio od 6,2 do 3,5 N/mm² (rys. 4). Podobnie jak w przypadku siły potrzebnej do przecięcia ziarniaka zaobserwowano, że im wyższa była wilgotność ziarna tym mniejszy był rozrzut wyników. Odchylenie standardowe przy wilgotności ziarna wynoszącej 10% wyniosło 2 N/mm², zaś przy wilgotności 20% jedynie 0,7 N/mm².



Rys. 4. Średnie wartości wytrzymałości na ścinanie (wraz z zaznaczonym 95% przedziałem ufności) w zależności od wilgotności ziarna

Fig. 4. Average shear strength values (with 95% confidence interval shown), depending on grain moisture content

Dla ziarna o bielmie szklistym i szklisto-mączystym średnie wartości wytrzymałości wyniosły odpowiednio $4,2 \text{ N/mm}^2$ i $4,3 \text{ N/mm}^2$ i nie różniły się istotnie. Natomiast dla ziarna szklistego parametr ten był statystycznie istotnie wyższy i wyniósł średnio $5,9 \text{ N/mm}^2$ (rys. 5).



Rys. 5. Średnie wartości wytrzymałości na ścinanie (wraz z zaznaczonym 95% przedziałem ufności) ziarna o różnej szklistości

Fig. 5. Average shear strength values (with 95% confidence interval shown), depending on grain glaziness

Wnioski

1. Wzrost wilgotności ziarna w przedziale od 10 do 21% powodował zmniejszenie siły potrzebnej do jego przecięcia średnio od 51 do 27 N. Najwyższe wartości tej siły uzyskano dla ziarna o bielmie szklistym (średnio 46 N) i były one statystycznie istotnie różne od wartości średnich uzyskanych dla ziarna o bielmie szklisto-mączystym i mączystym.
2. Wilgotność ziarna w przedziale 10-18% nie miała statystycznie istotnego wpływu na pracę cięcia. Średnie wartości tego parametru kształtowały się na poziomie 13 mJ. Również szklistość ziarna nie miała istotnego wpływu na ten parametr.

3. Wzrost wilgotności ziarna powodował spadek wytrzymałości na ścinanie średnio od 6,2 do 3,5 N/mm². Najwyższe wartości tego parametru otrzymano dla ziarna o bielmie szklistym (średnio 5,9 N/mm²). Natomiast wartości uzyskana dla ziarna o bielmie szklistym i szklisto-mączystym wyniosły średnio 4,3 N/mm² i 4,3 N/mm² i nie różniły się istotnie.

Bibliografia

- Abecassis J., Mabilie F. 1997. La dureté des blés: état des connaissances actuelles. *Industries des Céréales*, 101:11-18.
- Dexter, J.E., Williams, P.C., Edwards, N.M. and Martin, D.G. 1998. The relationships between durum wheat vitreousness, kernel hardness and processing quality. *J. Cereal Sci.*, 7, 169-181.
- Dobraszczyk B.J., Withworth M.B., Vincent J.F.V., Khan A.A. 2002. Single kernel wheat hardness and fracture properties in relation to density and the modeling of fracture in wheat endosperm. *J. Cereal Sci.* 35, 245-263.
- Figiel A., Frontczak J. 2001. Wpływ wilgotności na opory i pracę przecinania nasion wybranych roślin. *Acta Agrophysica* 46, 63-72.
- Frączek J., Kaczorowski J., Ślipek Z., Horabik J., Molenda M. 2003. Standaryzacja metod pomiaru właściwości fizyczno-mechanicznych roślinnych materiałów ziarnistych. Monografie. *Acta Agrophysica* 92.
- Laskowski J., Łysiak G. 1999. Use of compression behavior of legume seeds in view of impact grinding prediction. *Powder Technology* 105(1-3):83-88.
- Obuchowski W. 1985. Twardość ziarna pszenicy: znaczenie technologiczne i czynniki oddziaływujące na tę właściwość. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. Rozprawy naukowe* z. 152:9-53.
- Sadkiewicz K., Sadkiewicz J. 1998. Urządzenia pomiarowo-badawcze dla przetwórstwa zbożowo-mącznego. ART. Bydgoszcz.
- Satumbaga R., Martin C., Eustance D., Deyoe C.W., 1995. Relation of physical and milling properties hard red winter wheat using the single kernel wheat characterization system. *Association of Operative Millers – Bulletin*, January, 6487-6496.
- Szala G. 2003. Badania wpływu wybranych czynników na energię cięcia technologicznego ziarna pszenicy. Materiały konferencyjne – Konferencja Naukowo-Techniczna „Zboża, mąka, pieczywo” Mikołajki 28-30.04.2003.

ASSESSMENT OF WHEAT GRAIN STRENGTH CHARACTERISTICS BASED ON CUTTING TEST

Summary

The paper specifies the influence of wheat grain humidity (moisture content) and glaziness on strength properties determined on the grounds of single grain cutting test. Seed humidity increase from 10 to 21% resulted in decrease of force required to cut it, from 51 to 27 N at the average. Highest values of this force were obtained for seed with glazed endosperm (46 N at the average), and they were statistically significantly different from average values obtained for seed with glazed-mealy and mealy endosperm. Grain humidity ranging from 10 to 18% had no statistically significant effect on cutting operation. Average value of this parameter was near 13 mJ. Increase of water content in grains brought about shear strength drop ranging from 6.2 to 3.5 N/mm² at the average. Highest values of this parameter were obtained for grain/seed with glazed endosperm (5.9 N/mm² at the average). Whereas, values obtained for seed with glazed and glazed-mealy endosperm were 4.3 N/mm² and 4.2 N/mm², respectively, and they did not vary much.

Key words: cutting, strength, seed, wheat