

## WPŁYW WIELKOŚCI ZIARNIAKÓW PSZENICY NA ENERGOCHŁONNOŚĆ ICH ROZDRABNIANIA

Marian Wiercioch, Arkadiusz Niemiec, Leszek Romański

*Institut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

**Streszczenie.** Przedstawiono wyniki badań zużycia energii jednostkowej w czasie rozdrabniania różnych wielkości ziarniaków trzech odmian pszenicy o różnej szklistości. Stwierdzono wysokie skorelowanie wielkości ziarniaków pszenicy, opisane średnicą zastępczą od ich masy. Proces rozdrabniania przeprowadzono przy użyciu modelu rozdrabniacza walcowego. Wykazano wpływ masy ziarniaków i szklistości na zużycia energii jednostkowej. Stwierdzono, że zależność zużycia energii jednostkowej rozdrabniania ziarna pszenicy jest proporcjonalna do wzrostu jego masy.

**Słowa kluczowe:** pszenica, wielkość ziarna, rozdrabnianie, energia jednostkowa

### Wstęp

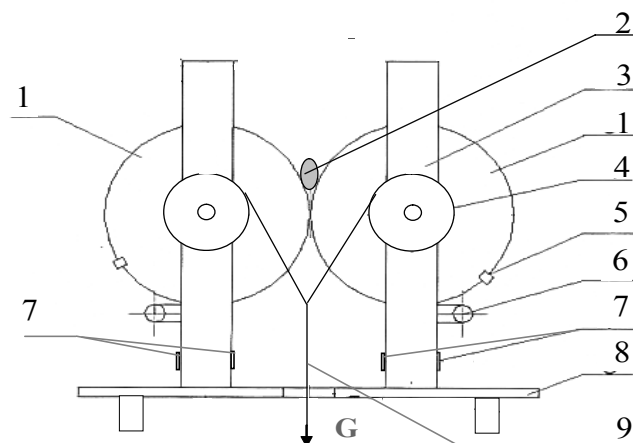
Rozdrabnianie surowców zbożowych należy do jednych z najbardziej energochłonnych operacji. Zdaniem Grochowicza [1996] stanowi ona 30–70% energii zużytej w całym procesie przygotowania paszy. Zużycie energii zależy głównie od rodzaju zastosowanej konstrukcji urządzenia, ale także od parametrów geometrycznych rozdrabnianego ziarna. Wydaje się, że jednym z nich może być dorodność ziarna definiowana jego wielkością bądź też masą. Świadczą o tym badania przeprowadzone przez Janiaka i Laskowskiego [1993] oraz Dzikiego i Laskowskiego [2002] polegające na jednoosiowym ścisaniu pojedynczych ziarniaków pszenicy, które pozwoliły na stwierdzenie, że wraz ze wzrostem grubości ziarna następuje wzrost ich odporności na obciążenia mechaniczne, a tym samym wzrost nakładów pracy na ich gniecenie.

### Cel pracy

Celem pracy było wykazanie wpływu wielkości ziarniaków pszenicy na nakład energii rozdrabniania w rozdrabniaczu walcowym, jak również znalezienie zależności pomiędzy masą ziarna, a jego wielkością zdefiniowaną za pomocą jego średnicy zastępczej.

### Materiał i metodyka

Badania przeprowadzono na ziarnie trzech odmian pszenicy tj. *Elena*, *Kobra* i *Saraja*, reprezentującymi trzy różne grupy szklistości. Przynależność do danej grupy dokonana została na podstawie kryterium szklistości zaproponowanego przez Jankowskiego [1967].



Rys. 1. Stanowisko pomiarowe: 1 – walec gniotący, 2 – ziarno, 3 – wspornik pionowy, 4 – tarcza napędowa, 5 – blaszka sygnalizacyjna, 6 – czujnik zbliżeniowy, 7 – tensometry, 8 – podstawa, 9 – cięgno napędowe, G – obciążnik

Fig. 1. Experimental stand: 1 – roll crush, 2 – grain, 3 – bracket, 4 – wheel drive, 5 – signal element, 6 – tachometer sensor, 7 – extensometers, 8 – base, 9 – wrapping connector, G – ballast

Materiał pochodził ze zbiorów w roku 2001, a jego wilgotność podczas rozdrabniania wynosiła 11,5%, zaś temperatura 293 K. Ziarno przygotowywano do badań frakcjonując je na sitach podłużnych na sześć klas ziarnowych, zgodnie z normą BN-69/9131-02. Następnie masę każdego ziarniaka wyznaczano z dokładnością do  $10^{-7}$  kg. Różnica masy między ziarniakami w obrębie danej klasy wymiarowej zakwalifikowanymi do badań nie mogła być większa niż 5%. Ponadto przed badaniem każde ziarno definiowano za pomocą jego średnicy zastępczej. Proces rozdrabniania realizowano na modelu rozdrabniacza dwuwalcowego, którego schemat przedstawia rysunek 1, wyposażonego w walce o średnicy 240 mm. W badaniach stosowano szczelinę roboczą 0,4 mm, a prędkość obwodowa walców była stała i wynosiła 6 m/s.

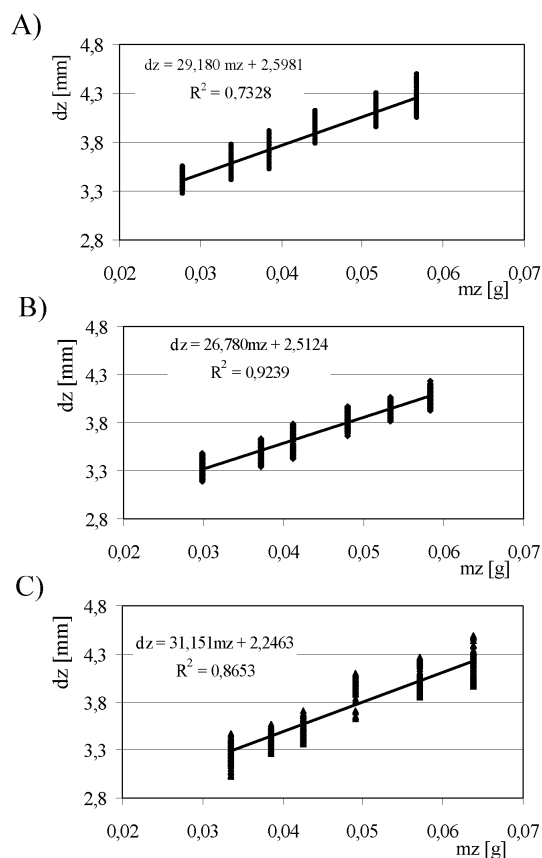
Określenia energii rozdrabniania dokonano metodą pośrednią, rejestrując zmianę prędkości wirujących walców w procesie zgniatania pojedynczych ziaren przed i po wykonanej pracy. Metodę tą przedstawiono szczegółowo w pracy Romańskiego [2003].

## Wyniki badań

Dla trzech wybranych odmian reprezentujących poszczególne grupy szklistości określono korelację pomiędzy masą ziarna, a jego średnicą zastępczą, zdefiniowaną na podstawie jego trzech podstawowych wymiarów. Przeprowadzona analiza potwierdziła zależność masy ziarniaków od ich wymiarów geometrycznych. Wartość współczynnika korelacji

zawierała się w granicach od 0,8559 dla pszenicy mączystej o szklistości 29,0% (*Elena*) do 0,9610 dla pszenicy szklistej o szklistości 83,3% (*Saraja*).

Na rysunku 2 przedstawiono wpływ masy ziarna pszenicy  $mz$  na jego cechy geometryczne definiowane jednym całościowym parametrem, jakim jest średnica zastępcza  $dz$ . Analizując zaprezentowane wykresy można zauważyć, że średnica zastępcza ziarna zależy w dużym stopniu od jego masy. Wraz ze wzrostem masy materiału w obrębie danej odmiany zwiększyła się średnica zastępcza. Przykładowo w przypadku pszenicy mączystej zwiększenie masy ziarna z 278 mg do 568 mg powodowało wzrost średnicy zastępczej z 3,41 mm do 4,22 mm. Przedstawione zależności opisano funkcjami liniowymi. We wszystkich przypadkach uzyskano wysokie współczynniki poziomu determinacji  $R^2$ , świadczące o dużym stopniu korelacji tych wielkości.



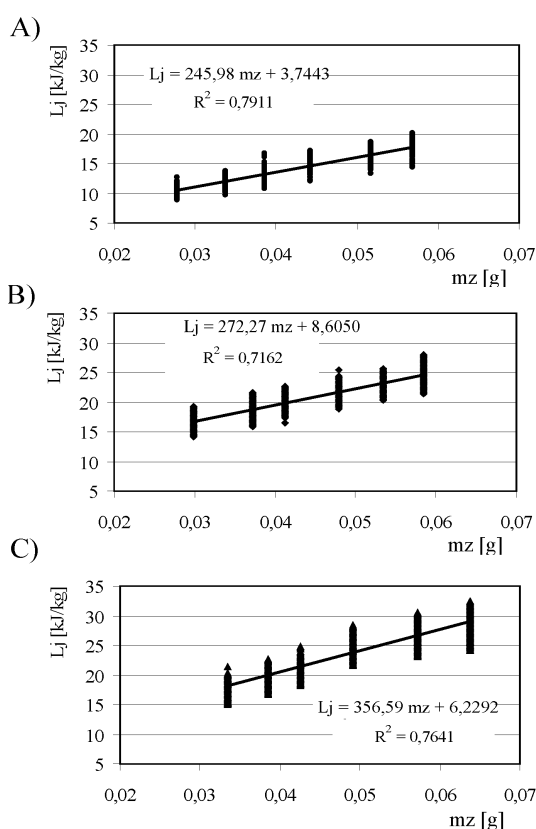
Rys. 2. Zależność średnicy zastępczej ziarna pszenicy  $dz$  od jego masy  $mz$ : A – pszenica mączysta (*Elena* – 29,0%), B – pszenica półszklista (*Kobra* – 53,6%), C – pszenica szklista (*Saraja* – 83,3%)

Fig. 2. Relationship between wheat grain substitute diameter  $dz$  and its mass  $mz$ : A – mealy wheat (*Elena* – 29.0%), B – semi-hard wheat (*Kobra* – 53.6%), C – hard wheatproportional

Wynika z tego, że można zastąpić średnicę zastępczą ziarna jego masą. Jest to o tyle istotne, że określenie wymiarów geometrycznych ziarniaka jest stosunkowo czasochłonne. Wymaga ono zwymiarowania badanego materiału w trzech płaszczyznach, gdy tymczasem masę ziarna określić można w pojedynczym pomiarze.

Zależność pomiędzy cechami geometrycznymi ziarna, a jego masą potwierdzone zostały w badaniach przeprowadzonych przez Janiaka i Laskowskiego [1993] oraz Dzikiego i Laskowskiego [2002]. W obu przypadkach autorzy zarejestrowali wzrost masy badanego ziarna wraz ze zwiększaniem się wymiarów geometrycznych materiału.

Energię rozdrabniania ziarna pszenicy  $L_j$ , w funkcji jego masy  $mz$  zaprezentowano na rysunku 3. Przedstawiono trzy odmiany pszenicy zaliczane do trzech grup szklistości.



Rys. 3. Wpływ masy ziarna pszenicy  $mz$  na wartość wskaźnika jednostkowego nakładu energii  $L_j$ : A – pszenica mączysta (Elena – 29,0%), B – pszenica półszklista (Kobra – 53,6%), C – pszenica szklista (Saraja – 83,3%)

Fig. 3. Effect of mass wheat grain  $mz$  on the energy consumption  $L_j$ : A – mealinessy wheat (Elena – 29,0%), B – semi-glasslike wheat (Kobra – 53,6%), C – glasslike wheat (Saraja – 83,3%)

W każdym przypadku, niezależnie od poziomu szklistości, można zauważyć, że wraz ze wzrostem masy rozdrabnianego ziarna rosło również zapotrzebowanie energii potrzebnej do przeprowadzenia procesu rozdrabniania materiału. Rozdrabniając ziarno najdrobniejsze pszenicy mączystej (278 mg) średni nakład energii wyniósł tylko około 10,5 kJ/kg. Natomiast podczas rozdrabniania ziarna najdorodniejszego (568 mg) zapotrzebowanie energii dochodziło już do około 19,5 kJ/kg. Blisko dwukrotne zwiększenie masy ziarniaków przyczynia się do przyrostu jednostkowego nakładu energii rozdrabniania od 46% do aż 80%, w zależności od poziomu szklistości materiału. Największy przyrost nakładu energii zarejestrowano podczas rozdrabniania odmiany o szklistości 29,0%. Zależność energii rozdrabniania od masy ziarna potwierdzona została również statystycznie.

Analizując rysunek 3 można zauważyć, że dla badanych odmian pszenicy, niezależnie od masy ziarna, wzrost szklistości ziarna przyczyniało się do zwiększenia energii niezbędnej do przeprowadzenia procesu rozdrabniania. Dla skrajnych analizowanych poziomów szklistości, tj. 29,0% i 83,3% różnice w energochłonności rozdrabniania, dla ziarna o zbliżonej masie, dochodziły do 60%.

Jak omówiono wcześniej masa ziarna jest silnie skorelowana z cechami geometrycznymi ziarna, tzn. wraz ze wzrostem masy ziarna wzrasta jego średnica zastępcza. Kształt ziarna zbliża się coraz bardziej do kuli, co może wpływać na przebieg procesu rozdrabniania. Zwiększenie wymiarów geometrycznych przyczynia się do pogorszenia warunków pracy urządzenia. W przypadku ziarna o większych wymiarach, bardziej dorodnego zwiększa się kąt chwytu materiału przez walce, utrudniając wciąganie cząstek do szczeliny roboczej między walce.

Przyczynia się to do ślizgania w większym stopniu ziarna po powierzchni walców, tym samym powodując zwiększone zapotrzebowanie energii w czasie rozdrabniania materiału. Zwiększenie ilości energii potrzebnej do rozdrobnienia ziarna wraz ze wzrostem masy ziarna wynikało prawdopodobnie także z faktu, że ziarna dorodniejsze posiadają inne rozmieszczenie białka w strukturze wewnętrznej, niż ziarna drobne. Ziarna duże zawierają większą ilość białka przylegającego, odpowiadającego przypuszczalnie za zwiększenie wytrzymałości materiału, poprzez powiązanie ze sobą ziaren skrobi.

## Wnioski

1. Pomiędzy masą ziarna a jego średnicą zastępczą istnieje korelacja, dochodząca w zależności od szklistości ziarna do 0,9612. Relację można przedstawiać równaniem prostej.
2. Energia jednostkowa rozdrabniania ziarna pszenicy jest proporcjonalna do wzrostu jego masy.
3. Szklistość ziarna wpływa na energochłonność rozdrabniania materiału. Wzrost szklistości ziarna przyczyniało się do zwiększenia zapotrzebowania energii gniecenia. Dla skrajnych analizowanych poziomów szklistości, tj. 29,0% i 83,3% różnice w energochłonności rozdrabniania, dla ziarna o zbliżonej masie, dochodziły do 60%.

## Bibliografia

- Dziki D., Laskowski J.** 2002. Wpływ wielkości ziarna na wybrane właściwości pszenicy. Inżynieria Rolnicza. Nr 5(38). s. 337-344.
- Grochowicz J.** 1996. Technologia produkcji mieszanek paszowych. PWRiL. Warszawa,
- Janiak G., Laskowski J.** 1993. Właściwości wytrzymałościowe ziarna pszenicy w aspekcie procesu rozdrabniania. Rozdrabniacze ekologiczne – inżynieria rozdrabniaczy. Mat. Konfer. III ICCE Internationale conference on crumblers engineering,
- Jankowski S.** 1967. Zarys technologii zbóż i strączkowych jadalnych. Cz. 1. PWN Warszawa,
- Romański L.** 2003. Nowa metoda badania energochłonności dynamicznego zgniatania ziarna pomiędzy walcami. Inż. Rol., 8(50). s. 359-365.

## THE IMPACT OF WHEAT SEEDS SIZE ON ENERGY CONSUMPTION OF THEIR GRINDING PROCESS

**Abstract.** The paper presents results of tests on unit energy consumption during grinding of different size seeds of three wheat varieties characterised by various hardness/glaziness. High correlation of wheat seeds size has been observed, described by substitute diameter from their mass. Grinding process has been carried out using a cylindrical shredder model. The impact of seed mass and hardness on unit energy consumption has been proven. It has been found that unit energy consumption for wheat grain grinding is proportional to its mass growth.

**Key words:** wheat, grain size, grinding, unit energy

### Adres do korespondencji:

Marian Wiercioch; wiercioch@imr.ar.wroc.pl  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
ul. Chełmońskiego 37/41  
51-630 Wrocław