

*Marian Wiercioch, Arkadiusz Niemiec
Instytut Inżynierii Rolniczej
Akademia Rolnicza we Wrocławiu*

ENERGOCHŁONNOŚĆ PROCESU ROZDRABNIA PSZENICY OZIMEJ O RÓŻNEJ SZKLISTOŚCI PRZY STOSOWANIU GNIOTOWNIKA I ŚRUTOWNIKA WALCOWEGO

Streszczenie

W pracy porównywano wyniki zużycia energii jednostkowej w czasie rozdrabniania ziarna trzech odmian pszenicy ozimej o szklistości - 29,0; 53,6 i 83,3%. Badania przeprowadzono wykorzystując gniotownik i śrutownik walcowy. Wykazano wpływ rodzaju użytego urządzenia rozdrabniającego i szklistości na energochłonność procesu rozdrabniania. Wzrost zużyciu energii jednostkowej dla ziarna odmiany półszkilstej i szklistej (szkl. 53,6 i 83,3%) w stosunku do odmiany mączystej (szkl. 29%) wynosił odpowiednio ok. 30 i 60%.

Słowa kluczowe: rozdrabnianie ziarna, rozdrabniacze walcowe, energochłonność procesu rozdrabniania

Wstęp i cel pracy

Ze zbieranych w Polsce każdego roku ok. 9,5 mln ton pszenicy, aż 50% przeznaczają się na cele paszowe poddając ją procesowi rozdrabniania. Najczęściej do tego celu wykorzystuje się bardzo energochłonne, ale jednocześnie wydajne rozdrabniacze bijakowe. Wydaje się jednak, że w niedalekiej przyszłości w związku z koniecznością ograniczenia kosztów przygotowania pasz coraz większą popularnością będą cieszyły się rozdrabniacze walcowe – gniotowniki i śrutowniki. Ich zastosowanie umożliwi otrzymanie śruty o bardziej wyrównanym składzie granulometrycznym niż w rozdrabniaczach bijakowych i mniejszej zawartości frakcji pylistej, przy jednocześnie niższym zapotrzebowaniu energii [Korpysz i in. 1985; Romański 1999]. Do wad tych urządzeń należy ich mała wydajność.

Na przebieg procesu przygotowania śruty wpływ wywierają właściwości rozdrabnianego ziarna pszenicy takie jak: wilgotność, cechy gatunkowe i odmianowe, szklistość i twardość, ale także parametry eksploatacyjne urządzenia: szczelina robocza i prędkość obwodowa walców [Laskowski i in. 1999; Romański 1996; Zawislak 2001]. Szklistość uważana jest za podstawowy parametr decydujący o energochłonności procesu rozdrabniania [Laskowski i Różyło 2003]. Jest to cecha podlegająca wahaniom w obrębie danej odmiany i zależna między innymi od warunków agrometeorologicznych, zastosowanego nawożenia. W świetle danych literaturowych można stwierdzić, że szklistość w stosunkowo wysokim stopniu skorelowana jest z energią rozdrabniania.

Celem pracy było porównanie na tym samym stanowisku badawczym, pracującym jako gniotownik i śrutownik walcowy, nakładów energii na rozdrabnianie ziarna trzech odmian pszenicy ozimej o różnej szklistości przy zmiennej prędkości obwodowej walców i zmiennej wilgotności materiału.

Materiał i metodyka badań

Badania przeprowadzono na stanowisku badawczym wykorzystując do tego celu zmodyfikowany rozdrabniacz dwuwalcowy H-730 o średnicy walców rozdrabniających 240 mm i ich długości 150 mm. Powierzchnia walców była przygotowana w ten sposób, że nawiercono w niej otworki o średnicy 3,0 mm na głębokość 1,0 mm z podziałką w poziomie i pionie odpowiednio 5 i 10 mm. Urządzenie pracowało jako gniotownik - stosowano wówczas przełożenie 1:1 lub też jako śrutownik stosując przełożenie 1:1,5.

Rozdrabnianym materiałem było ziarno trzech odmian pszenicy ozimej Elena, Kobra i Soraja o szklistości odpowiednio – 29,0; 53,6 i 83,3%. Szklistość poszczególnych odmian mieściła się na średnim poziomie wśród pszenic mączystych, (Elena), półszklistych (Kobra) i szklistych (Soraja). Materiał przed pomiarami poddawano nawilżaniu lub dosuszaniu w celu uzyskania zmiennej wilgotności w zakresie od 10 do 14,5%, z gradacją co 1,5%. Badania wykonywano przy zmiennej szczelinie roboczej wynoszącej 0,2; 0,3; 0,4; 0,5, 0,6; 0,8 i 1,0 mm. Prędkości obwodowe walców gniotownika oraz niższe prędkości walca śrutownika wynosiły: 2, 3, 4, 5, 6 i 8,5 m/s. Wyznaczenia zużycia energii jednostkowej podczas rozdrabniania ściśle określonej porcji ziarna (5 kg) dokonywano metodą pośrednią, mierząc moment obrotowy (dokładność pomiaru $\pm 1\text{Nm}$), efektywny czas pracy gniotownika lub śrutownika (dokładność 0,1s na podstawie stałej czasowej przetwornika analogowego), prędkość obrotową (błąd ± 1 obr/min). W celu wyznaczenia istotności wpływu rodzaju konstrukcji rozdrabniacza przy zastosowaniu różnych prędkości obwodowych walców, zmiennej wartości szczeliny roboczej oraz cech rozdrabnianego ziarna pszenicy tj. szklistości i wilgotności na wyznaczone jednostkowe nakłady energii zastosowano wieloczynnikową analizę wariancji.

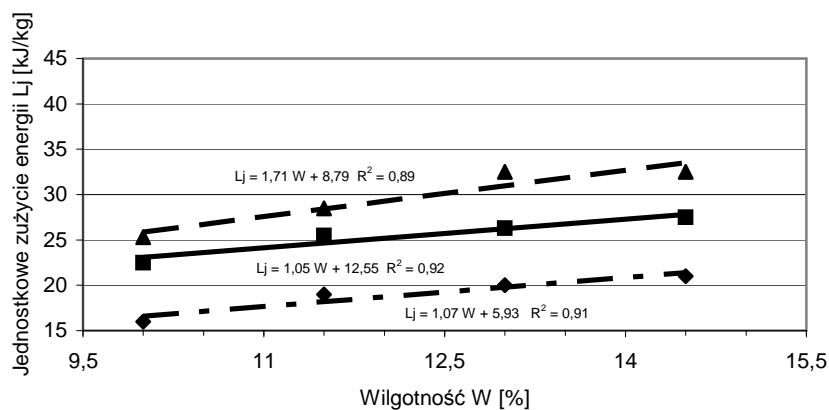
Wyniki badań

Na rysunku 1 przedstawiono zależność jednostkowego nakładu energii dla gniotownika i śrutownika walcowego od wilgotności rozdrabnianego ziarna pszenicy. Zmiany wilgotności przeprowadzono dla zakresu wilgotności przechowalniczej tj. 10-14,5%. Zwiększenie wilgotności z 10,0% do 14,5 % powodowało wzrost nakładów energii rozdrabniania od ok. 21% aż do 46%. Należy również zauważyć, że ziarno pszenicy odmiany o wyższej szklistości (Soraja – 83,3%) w stosunku do odmian mączystych i półszklistych charakteryzowało się wyższym zapotrzebowaniem na energię rozdrabniania w całym zakresie badanej wilgotności. Różnica w nakładach energii dochodziła w przypadku rozdrabniania ziarna w gniotowniku walcowym do 55%, śrutowniku walcowym aż 64%. Największy przyrost energii rozdrabniania zarejestrowano dla pszenicy szklistej (Soraja – 83,3%) rozdrabnianej w śrutowniku walcowym. Wynosił on dla analizowanego zakresu wilgotności ok. 46%. Najmniejszym zaś dla pszenicy półszklistej (Kobra – 53,6%) poddanej procesowi zgniatania i wynosił tylko ok. 21%.

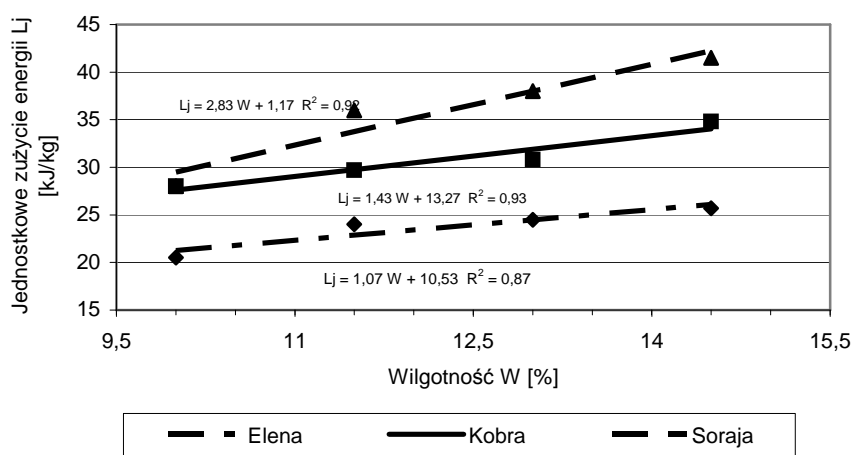
Zależność energii jednostkowej rozdrabniania od wartości szczeliny roboczej zastosowanej w urządzeniu przedstawiono na rysunku 2. Z zależności tych wynika, że zwiększeniu szczeliny pomiędzy walcami towarzyszył spadek energochłonności procesu rozdrabniania. Zmniejszenie szczeliny w rozpatrywanym zakresie (z 1,0 mm do 0,2 mm) powodowało wzrost nakładów energii dla pszenicy szklistej zgniatanej w gniotowniku z ok. 15,0 kJ/kg do ok. 37,0 kJ/kg. W przypadku pszenicy mączystej (Elena – 29%) spadek wynosił ok. 16,0 kJ/kg i był on niższy niż podczas rozdrabniania pszenicy Soraja o szklistości 83,3%. Rozpatrując energochłonność rozdrabniania ziarna w szczelinie małej (0,2 mm) można zauważyć, że zwiększenie szklistości ziarna z 29,0% do 83,3% powodowało zwiększenie zapotrzebowania energii na przeprowadzenie procesu o 11,5 kJ/kg i o 18,0 kJ/kg, odpowiednio dla gniotownika oraz śrutownika walcowego. W przypadku szczeliny dużej (1,0 mm) różnica w nakładzie energii wynosiła tylko 5,0 kJ/kg dla gniotownika i ok. 8,0 kJ/kg dla śrutownika.

Na rysunku 3 przedstawiono wpływ prędkości obwodowej walców rozdrabniacza na wartość jednostkowego nakładu energii. Z przedstawionych zależności można wnioskować, że wzrost prędkości obwodowej elementów roboczych urządzenia w zakresie od 2,0 m/s do 8,5 m/s przyczyniał się do wzrostu wartości jednostkowego nakładu energii, niezależnie od poziomu szklistości ziarna i rodzaju urządzenia rozdrabniającego. W skrajnych przypadkach wzrost prędkości obwodowej walców w analizowanym zakresie powodował zwiększenie energochłonności zgniatania ziarna w gniotowniku o 100%, a śrutowania ziarna w śrutowniku walcowym o 115%. W obu przypadkach powyższe zmiany dotyczyły pszenicy mączystej Elena o szklistości 29%.

A)



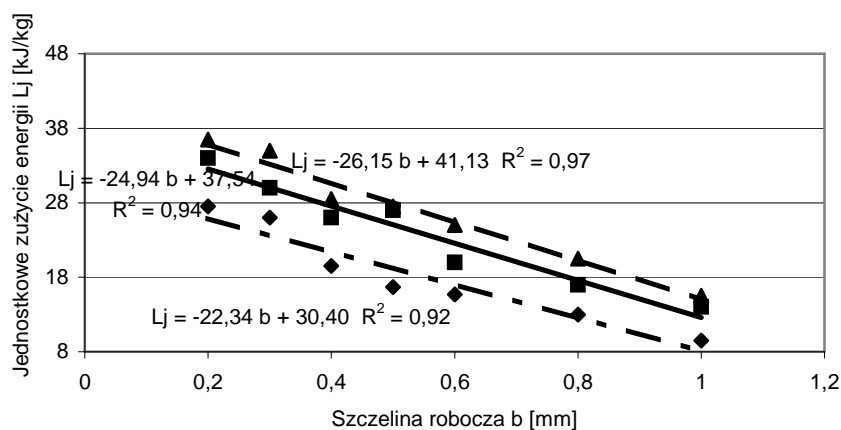
B)



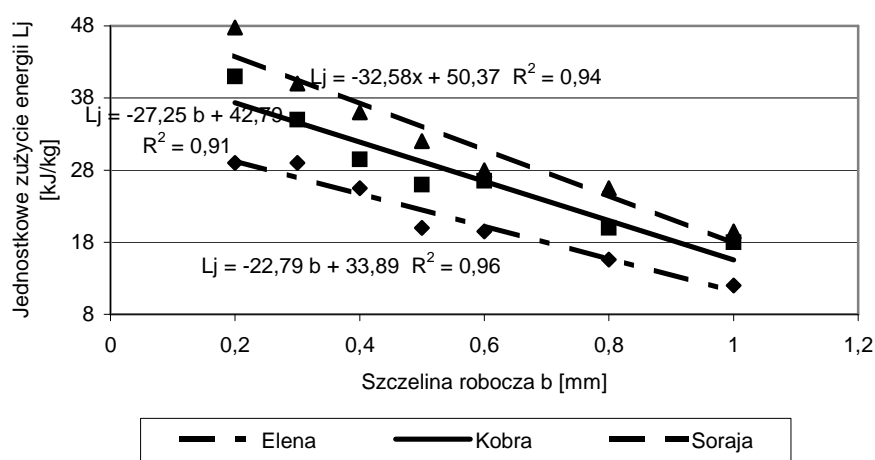
Rys. 1. Wpływ wilgotności ziarna W na jednostkowe zużycie energii L_j w czasie rozdrabniania ziarna pszenicy o różnej szklistości: A – gniotownik, B – śrutownik; $v = 6,0$ m/s, $b = 0,4$ mm.

Fig. 1. The influence grain moisture W on the value of unit crushing energy L_j during crushing grain wheat for the various glaze: A – crusher, B – roller crushing, $v = 6,0$ m/s, $b = 0,4$ mm.

A)



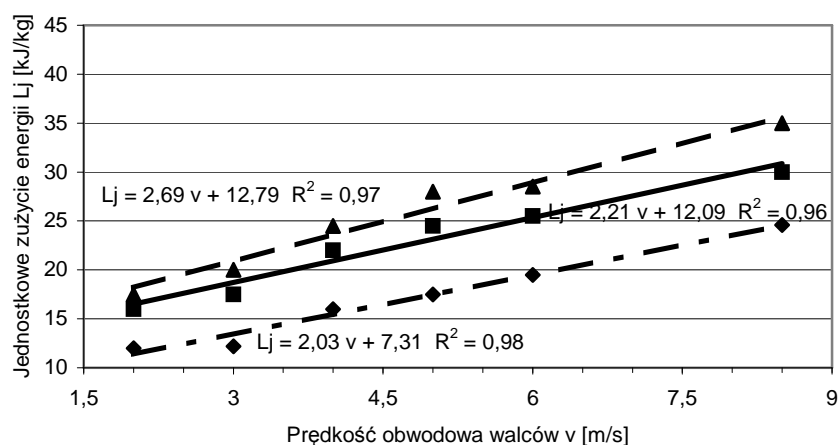
B)



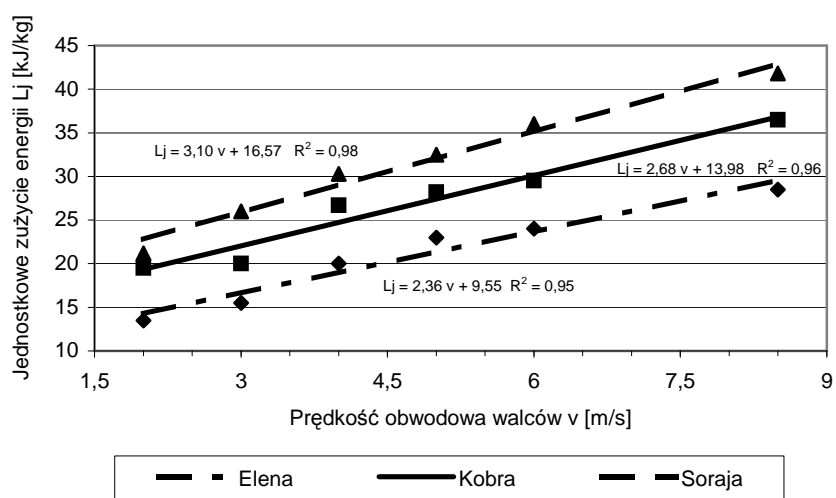
Rys. 2. Wpływ szczeliny roboczej b na jednostkowe zużycie energii L_j w czasie rozdrabniania ziarna pszenicy o różnej szklistości: A- gniotownik, B – śrutownik; $v = 6,0$ m/s, $W = 11,5\%$.

Fig. 2. The influence work gap on the value of unit crushing energy L_j during crushing grain wheat for the various glaze: A – crusher, B – roller crushing, $v = 6,0$ m/s, $W = 11,5\%$.

A)



B)



Rys. 3. Wpływ prędkości obwodowej walców v na jednostkowe zużycie energii L_j w czasie rozdrabniania ziarna pszenicy o różnej szklistości: A - gniotownik, B - śrutownik; $b = 0,4$ mm, $W = 11,5\%$

Fig. 3. The influence of tangential speed on the value of unit crushing energy L_j during crushing grain wheat for the various glaze: A - crusher, B - roller crushing, $b = 0,4$ mm, $W = 11,5\%$

Wpływ rodzaju urządzenia rozdrabniającego ziarno pszenicy na energochłonność procesu przygotowania śruty przeprowadzono dla pszenicy Kobra o szklistości 53,6%. Analizowano jej zależność od wilgotności ziarna, wartości szczeliny roboczej oraz prędkości obwodowej walców.

W każdym przypadku rozdrabnianie ziarna w śrutowniku walcowym wymagało poniesienia wyższych nakładów energii niż miało to miejsce przy stosowaniu gniotownika. Najmniejsze różnice w nakładach energii rozdrabniania pomiędzy dwoma sposobami przygotowania śruty zarejestrowano przy najniższej prędkości obwodowej walców urządzenia i wynosiły one ok. 3 kJ/kg. Zwiększenie prędkości obwodowej spowodowało wzrost tej różnicy tak, że przy prędkości 8,5 m/s wynosiła ona ok. 8,0 kJ/kg. Zapotrzebowanie energii na przygotowanie śruty, przy stałej szczelinie roboczej wynoszącej 0,5 mm, w gniotowniku wynosiło około 33,5 kJ/kg, gdy tymczasem w śrutowniku aż 41,0 kJ/kg, tzn. było wyższe o ok. 23%.

Stwierdzone różnice w energochłonności rozdrabniania ziarna pomiędzy użytymi urządzeniami wynikają z zastosowanych metod rozdrabniania. W gniotowniku przy jednakowej prędkości obwodowej walców materiał podlega tylko zgniataniu, natomiast w śrutowniku walce obracają się z różną prędkością obwodową a materiał podlega nie tylko zgniataniu, ale również ścinaniu. Konsekwencją tego jest powstanie większej ilości płaszczyzn podziału w rozdrabnianym materiale ziarnistym. Wymaga to dostarczenia do układu odpowiednio większej energii potrzebnej do pokonania sił spójności wiążących poszczególne warstwy komórek budujących ziarno oraz przemieszczenia względem siebie fragmentów struktury wewnętrznej materiału.

Wnioski

1. Wyższa szklistość ziarna pszenicy odmian półszklistych i szklistych (Kobra i Soraja) skutkuje większym jednostkowym zużyciem energii na jej rozdrabnianie w stosunku do pszenic mączystych (Elena). Dla wilgotności przechowalniczej 14%, przy stosowaniu gniotownika, wynosi ona dla pszenicy Elena 21 kJ/kg natomiast dla odmiany Kobry 27 kJ/kg oraz Soraja 33,5 kJ/kg.
2. Wzrost prędkości obwodowej walców gniotownika i śrutownika podnosi jednostkowe nakłady energii na rozdrabnianie pszenicy. W skrajnych przypadkach wzrost prędkości z 2,0 m/s do 8,5 m/s powodował zwiększenie energochłonności zgniatania ziarna w gniotowniku o 100%, a w śrutowniku walcowym o 115%.
3. Jednostkowe nakłady energii na rozdrabnianie ziarna pszenicy przeprowadzone z użyciem gniotownika są o ok. 15-20% niższe niż w przypadku stosowania śrutownika walcowego niezależnie od parametrów charakteryzujących ziarno i zastosowanych nastaw eksploatacyjnych.

Bibliografia

Korpysz K., Roszkowski H., Zdun K. 1985. Analiza możliwości poprawy składu granulometrycznego śruty. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol., 6.

Laskowski J., Janiak G., Dziki D. 1999. Badania twardości pszenic różnymi metodami pomiarowymi. Inż. Rol., 4, 83-88.

Laskowski J., Różyło R. 2003. Wpływ zawartości glutenu i szklistości na energochłonność rozdrabniania ziarna pszenicy. Acta Agrophys., 2.

Romański L. 1996. Analiza wpływu prędkości obwodowej walców na efekty pracy gniotownika. Zesz. Nauk. AR Wrocław, z. 304, 117-120.

Romański L. 1999. Badania rozdrabniaczy dwuwalcowych w aspekcie zużycia energii i zawartości frakcji pylistej w śrucie. Inż. Rol., 5, 361-365.

Zawiślak K. 2001. Wpływ wilgotności surowca na energochłonność procesu rozdrabniania. Inż. Rol. 2.

ENERGY CONSUMPTION AT THE GRAIN WHEAT CRUSHING PROCESS FOR VARIOUS GLAZE ON USED CRUSHER AND ROLLER CRUSHING

Summary

In the paper presented the results of studies the energy consumption on a crusher a two-roller crushing mill. The testing execution for three cultivars wheat for various grain glaze. It was stated that the specific energy consumption depended on used crushing attachment and glaze grain wheat.

Key words: grain crushing, roller feed mill, specific energy consumption