

ANALIZA PROCESU OMŁOTU PSZENICY ORKISZOWEJ W LISTWOWO-SITOWYM ZESPOLE MŁÓCĄCYM

Jarosław Frączek, Tomasz Reguła

Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczących analizy procesu omłotu pszenicy orkiszowej w listowo-sitowym zespole młócającym. Badano wpływ prędkości obrotowej wału zespołu młócającego oraz przepustowości na wielkość niedomłotu oraz uszkodzalność ziarna. Stwierdzono, że przy ustalonych wartościach przepustowości do opisu zmian niedomłotu w funkcji prędkości obrotowej można zastosować funkcję wykładniczą, natomiast w przypadku uszkodzalności - liniową. Ustalono optymalny punkt pracy zespołu młócającego, który odpowiada prędkości obrotowej wału równej 650 obr·min⁻¹. Zaproponowano również nieliniowe modele opisujące zmiany niedomłotu oraz uszkodzalności w funkcji prędkości obrotowej wału oraz przepustowości. Cechują się one dużą wiernością dopasowania ($R^2=0,943-0,967$).

Słowa kluczowe: omłot, pszenica orkiszowa, niedomłot, uszkodzenia ziarna

Wstęp

Pszenica orkisz (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) jest jednym z prastarych gatunków zbóż uprawnych. W Europie uprawiana była od wieków, aż do połowy minionego stulecia włącznie. Na kilkadziesiąt lat o pszenicy orkiszowej zapomniano, lecz w miarę wzrostu zainteresowania produkcją ekologicznej żywności powrócono do jej uprawy [Bonafaccia i in. 2000].

Kilkudziesięcioletnia nieobecność pszenicy orkiszowej wśród podstawowych zbóż chlebowych uchroniła ten gatunek przed niekorzystnymi modyfikacjami, jakim podlegała np. pszenica zwyczajna uprawiana coraz intensywniej. Dzięki temu roślina ta zachowała swoje pierwotne cechy [Radomski i in. 2007]. Ponadto plewy ściśle przylegające do ziarniaków stanowi naturalną ochronę przed chorobami grzybowymi, szkodnikami czy pozostałościami pestycydów [Kordan i in. 2007].

Silne związanie ziarniaków przez plewy oraz łamliwa osadka kłosowa sprawiają, że pszenica orkiszowa należy do niewymłacalnych form pszenic. W trakcie zbioru kombajnem zbożowym kłoski nie są wymłacane i w całości trafiają do zbiornika. Dlatego też koniecznym staje się omłot zebranych kłosek [Tyburski, Babalski 2006].

W ostatnim czasie ukazały się prace dotyczące właściwości fizyko-mechanicznych ziarna i kłosek pszenicy orkiszowej, które mają wpływ na przebieg procesu omłotu [Szymanek, Sobczak 2009; Frączek, Reguła 2010; Zabiński i in. 2010; Choszcz i in. 2010]. Jednak obecny stan wiedzy dotyczący tych właściwości jest niewystarczający z punktu

widzenia możliwości prawidłowego zaprojektowania zespołu młócacego. Wszelkie próby matematycznego modelowania procesu omłotu kończą się podaniem zależności zawierających empiryczne współczynniki zdeterminowane budową konkretnego zespołu młócacego [Dreszer i in. 1998; Zagajski, Dreszer 2006].

Oprócz właściwości mechanicznych przetwarzanego materiału, ważnym czynnikiem decydującym o jakości omłotu jest rodzaj i budowa zespołu młócacego. Mając na uwadze fakt, iż w warunkach polskiego rolnictwa do omłotu pszenicy orkiszowej najczęściej wykorzystuje się przerobione bukowniki [Tyburski, Babalski 2006], podjęto próbę oceny listwowo-sitowego zespołu młócacego pod kątem omłotu tejże rośliny.

Cel pracy

Celem pracy było przeprowadzenie analizy procesu omłotu pszenicy orkiszowej w listwowo-sitowym zespole młócającym pod kątem ustalenia optymalnych parametrów pracy.

Badania przeprowadzono na bukowniku o zmodyfikowanej budowie, przy uwzględnieniu różnych prędkości obrotowych wału zespołu młócacego oraz dla różnych przepustowości.

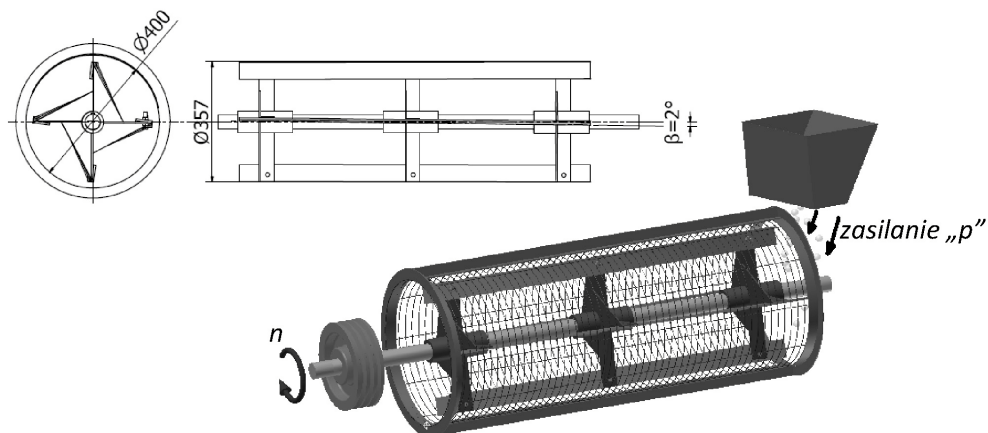
Metodyka badań

Materiał badawczy stanowiły kłoski pszenicy orkiszowej zebrane kombajnem zbożowym z plantacji prowadzonej metodą konwencjonalną. Uprawa prowadzona była na glebie kompleksu żytńskiego dobrego, przedplonem natomiast był owies.

Zebrany materiał odczyszczono na wialni, następnie przeprowadzono badania wstępne obejmujące:

- pomiar zawartości wody – metodą suszarkowo-wagową zgodnie z normą PN-53/R-74006,
- pomiar czystości materiału – z całkowitej masy wydzielono kłoski, ziarna wymłócone oraz zanieczyszczenia, zważono poszczególne składniki oraz obliczono ich udziały procentowe,
- określenie stosunku ziarna do plew w kłoskach – po ręcznym wyłuskaniu 500 g próby kłosek zważono plewy i ziarniaki, następnie dokonano obliczenia stosunku ziarno/plewy.

Kolejnym etapem badań było przeprowadzenie omłotu na listwowo-sitowym zespole młócającym (rys. 1). Do realizacji tego procesu wykorzystano bukownik o zmodyfikowanej budowie – dokonano zamiany sit na plecioną siatkę o oczkach kwadratowych 4x4 mm. Omłot przeprowadzano dla następujących wartości prędkości obrotowej wału zespołu młócacego: 550, 700, 850, 1000 obr·min⁻¹ (co odpowiada prędkościom obwodowym listew: 10,4; 13,2; 16,0; 18,8 m·s⁻¹) oraz dla przepustowości z zakresu 0,03-0,20 kg·s⁻¹.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Listwowo-sitowy zespół młócający: n – prędkość obrotowa; p – przepustowość
 Fig. 2. Blade-sieve threshing unit: n – rotational velocity; p – capacity

Z omlóconej masy pobrano próbki do oceny laboratoryjnej. Wydzielając ziarna wymłócone, uszkodzone oraz niedomłócone kłoski, a następnie ważąc poszczególne składniki określano niedomłot i procentowy udział ziaren uszkodzonych, korzystając z zależności:

$$N = \frac{m_{zn}}{m_c} \cdot 100 \quad (1)$$

$$U = \frac{m_{zu}}{m_{zw}} \cdot 100 \quad (2)$$

gdzie:

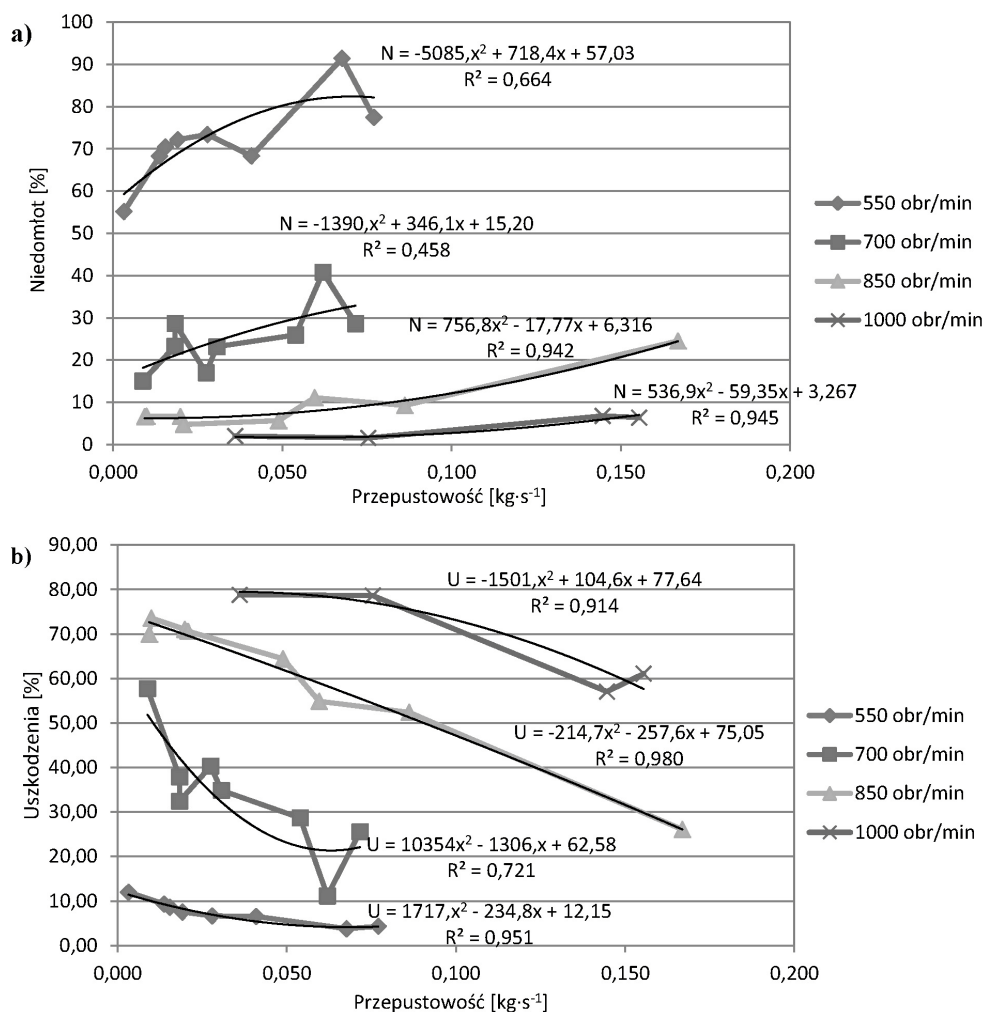
- N – niedomłot [%],
- U – udział procentowy uszkodzeń [%],
- m_{zn} – masa ziarna niewymłóconego [g],
- m_c – całkowita masa ziarna zawarta w młóconej masie [g],
- m_{zu} – masa ziarna uszkodzonego [g],
- m_{zw} – masa ziarna wymłóconego [g].

Wyniki pomiarów poddano analizie wykorzystując pakiet MS Office oraz Statistica 8.

Wyniki

Na podstawie badań wstępnych obliczono zawartość wody w kłoskach. Wynosiła ona $0,14 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \text{kg}_{\text{s.m.}}^{-1}$. Masa przeznaczona do omlotu zawierała 94% kłosków, 5% stanowiły zanieczyszczenia, natomiast 1% ziarno wymłócone przez kombajn. Stosunek ziarno/plewy w kłoskach wynosił z kolei 1:0,42.

Na podstawie wyników badań masy poomłotowej wykonano wykresy zależności niedomłotu oraz procentowej zawartości ziaren uszkodzonych od przepustowości zespołu młócącego (rys. 2).



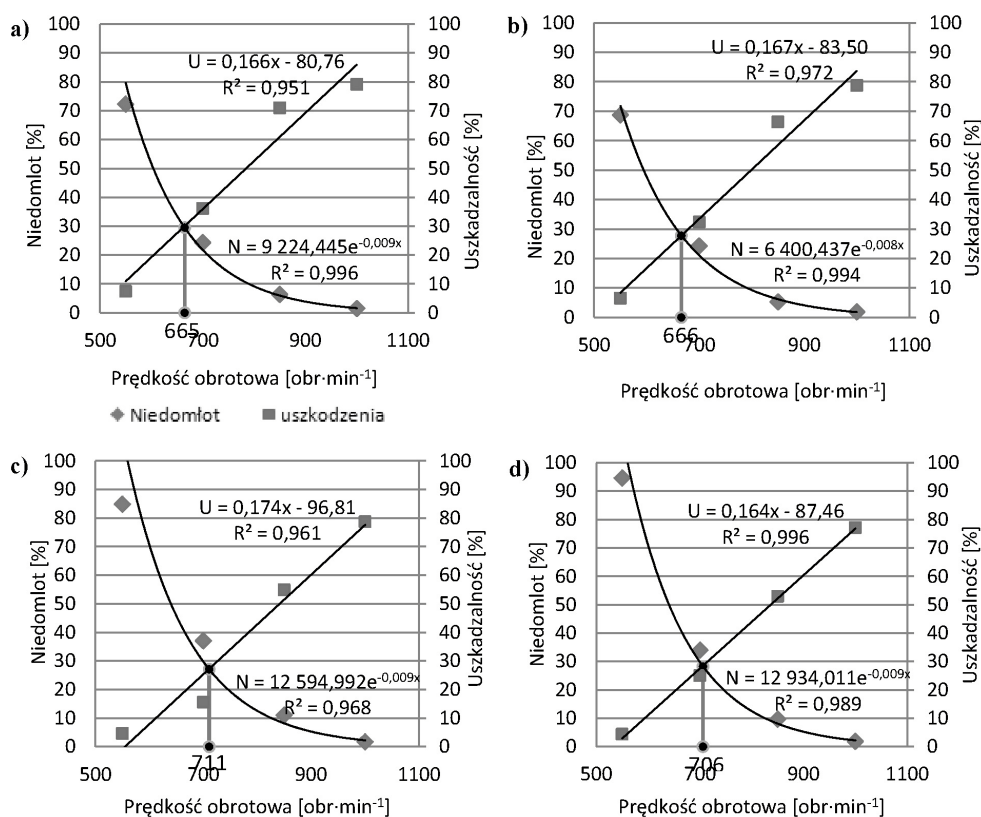
Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Zależność niedomłotu (a) oraz procentowej zawartości ziaren uszkodzonych (b) od przepustowości

Fig. 2. Dependence of under-threshing (a) and percentage of damaged grain content (b) on capacity

Charakterystyczny jest wzrost niedomłotu wraz ze zwiększaniem przepustowości dla wszystkich badanych prędkości obrotowych wału (przy czym dla mniejszych prędkości wzrost ten jest większy). Zupełnie inaczej sytuacja wygląda w przypadku uszkodzeń ziarna, które rosną wraz ze wzrostem prędkości obrotowej wału i maleją przy rosnącej przepustowości.

Na podstawie zależności z rys. 2 utworzono wykresy niedomłotu oraz procentowej zawartości ziaren uszkodzonych od prędkości obrotowej wału zespołu młocącego dla ustalonych wartości przepustowości (rys. 3).



Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Wykresy zależności niedomłotu oraz procentowej zawartości ziaren uszkodzonych od prędkości obrotowej wału zespołu młocącego dla przepustowości $[\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}]$: a – 0,02; b – 0,04; c – 0,06; d – 0,08

Fig. 3. Diagrams of dependence of under-threshing and percentage content of damaged grains on the rotational velocity of the threshing unit shaft for capacity $[\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}]$ of: a – 0,02; b – 0,04; c – 0,06; d – 0,08

Wyniki badań niedomłotu aproksymowano funkcjami wykładniczymi uzyskując wysokie współczynniki determinacji. Do opisu zmian procentowej zawartości ziarna uszkodzonego zastosowano z kolei funkcję liniową, również uzyskując zadowalające dopasowanie do wyników pomiarów (R^2 powyżej 0,95).

Sytuacja wzrostu uszkodzalności wraz ze wzrostem prędkości listew przy jednoczesnym spadku niedomłotu jest charakterystyczna również dla innych zespołów młócących. Z jednej strony należałoby zwiększać prędkość liniową cepów celem zminimalizowania niedomłotu, z drugiej jednak może to być przyczyną znacznych strat ziarna spowodowanych uszkodzeniami.

Niezbędne jest zatem znalezienie optymalnego punktu pracy zespołu młócącego, definiowanego jako prędkość obrotowa wału przy określonej przepustowości, dla której zarówno niedomłot, jak i uszkodzalność ziarna dążą do minimum. Znalezienie tego punktu jest typowym problemem optymalizacyjnym i polega na wyznaczeniu punktu przecięcia krzywej niedomłotu oraz prostej uszkodzalności. Z wykresów (rys. 3) wynika, iż optymalny punkt pracy odpowiada prędkości obrotowej równej $665 \text{ obr} \cdot \text{min}^{-1}$ dla przepustowości $0,02 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ i wraz ze wzrostem przepustowości nieznacznie przemieszcza się w kierunku wyższych przepustowości.

Ostatnim etapem badań była próba matematycznego opisu zmian niedomłotu oraz procentowej zawartości uszkodzonych ziaren w zależności od prędkości obrotowej wału zespołu młócącego oraz od przepustowości. W przypadku niedomłotu zaproponowano następującą funkcję:

$$N = (p^3 + 240p + 2736) \cdot e^{-0,00692n} \quad (3)$$

gdzie:

- N – niedomłot [%],
- p – przepustowość [$\text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$],
- n – prędkość obrotowa [$\text{obr} \cdot \text{min}^{-1}$].

Procentową zawartość ziaren uszkodzonych opisano natomiast funkcją:

$$U = (3p^3 - 0,39p + 0,2)n - 96,69 \quad (4)$$

gdzie:

- U – procentowa zawartość ziaren uszkodzonych [%],
- p – przepustowość [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$].

Dla zaproponowanych modeli uzyskano zadowalające współczynniki determinacji (0,967 w przypadku niedomłotu oraz 0,943 w przypadku uszkodzeń). Ponadto analiza statystyczna wykazała istotność wszystkich stałych obu modeli. Podane funkcje mogą zatem z powodzeniem służyć do predykcji wartości niedomłotu oraz uszkodzalności ziarna w zależności od prędkości obrotowej wału i przepustowości zespołu młócącego.

Wnioski

1. Stwierdzono, iż w przypadku badanego listwowo-sitowego zespołu młócącego, niedomłot kłosek rośnie wraz ze wzrostem strumienia młóconej masy oraz maleje wraz ze wzrostem prędkości obrotowej wału zespołu młócącego, uszkodzalność ziarna ma natomiast tendencję odwrotną.

2. Optymalny punkt pracy badanego zespołu młocącego odpowiada prędkości obrotowej wału zespołu młocącego równej $665 \text{ obr}\cdot\text{min}^{-1}$ przy przepustowości wynoszącej $0,02 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ i przemieszcza się nieznacznie w kierunku wyższych prędkości wraz ze wzrostem przepustowości.
3. Zaproponowane modele nieliniowe służące do opisu zmian niedomłotu oraz udziału procentowego uszkodzeń uwzględniające zmianę prędkości obrotowej wału zespołu młocącego oraz zmianę przepustowości cechują się dużą wiernością dopasowania, mogą zatem służyć do predykcji zmian w/w cech.

Bibliografia

- Bonafaccia G., Galli V., Francisci R., Mair V., Skrabanja V. and Kreft I.** 2000. Characteristics of spelt wheat products and nutritional value of spelt wheat-based bread. *Food Chemistry*. 68. s. 437-441.
- Choszcz D. J., Konopka S., Zalewska K.** 2010. Charakterystyka właściwości fizycznych wybranych odmian orkisz. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 4 (122). s. 23-28.
- Dreszer K., Gieroba J., Roszkowski A.** 1998. Kombajnowy zbiór zbóż. IBMER, Warszawa.
- Frączek J., Reguła T.** 2010. Metoda oceny podatności ziarna pszenicy orkiszowej na uszkodzenia mechaniczne w czasie omlotu. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 4 (122). s. 51-58.
- Kordan B., Laszczak-Dawid A., Nietupski M., Żuk-Golaszewska K.** 2007. Wpływ formy przechowywania pszenicy orkisz (Triticum spelta L.) na rozwój wołka zbożowego (*Sitophilus granarius* L.). *Post. w ochr. roś.* 47(1). s. 263-266.
- Radomski G., Bać A., Mierzejewska S.** 2007. Ocena porównawcza wartości wypiekowej mąki pszennej i orkiszowej. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 5 (93). s. 369-374.
- Szymanek M., Sobczak P.** 2009. Some physical properties of spelt wheat seed. *TEKA Kom. Mot. Energ. Roln.* Nr 9. s. 310-320.
- Tyburnski J., Babalski M.** 2006. Uprawa i przetwórstwo pszenicy orkisz. CDR Radom.
- Zagajski P., Dreszer K. A.** 2006. Stan badań teoretycznych nad omlotem i wydzielaniem ziarna z masy zbożowej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. Nr 51(4).
- Żabiński A., Sadowska U., Pużyńska K.** 2010. Wybrane właściwości fizyczne ziarna orkisz pszennej. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 4 (122). s. 309-317.
- PN-R-74006:1965 - Ziarno zbóż i nasiona strączkowe jadalne – Oznaczanie wilgotności.

ANALYSIS OF THE THRESHING SPELT PROCESS IN THE BLADE-SIEVE THRESHING UNIT

Abstract. The study presents the results of the research on the analysis of the threshing spelt process in the blade-sieve threshing unit. Influence of rotational velocity of the threshing unit shaft as well as capacity on the size of under-threshing and vulnerability of the grain. It was determined that exponential function may be used for description of changes of under-threshing in the function of rotational velocity at determined capacity values. Optimal point of threshing unit performance was determined. It corresponds to rotational velocity of the shaft equal to 650 rotations*min⁻¹. Non-linear models describing under-threshing changes and vulnerability in the function of rotational velocity of the shaft as well as capacity were also suggested. They are characterised by great fidelity of adjustment ($R^2=0,943-0,967$).

Key words: threshing, spelt, under-threshing, grain damage

Adres do korespondencji:

Jarosław Frączek; e-mail: Jaroslaw.Fraczek@ur.krakow.pl
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 120
30-149 Kraków