

WPLYW WARUNKÓW ODDZIELANIA ZIARNA KUKURYDZY CUKROWEJ NA PARAMETRY PRACY OBCINARKI I JAKOŚĆ SUROWCA

Ignacy Niedziółka, Mariusz Szymanek

Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego, Akademia Rolnicza
ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin
e-mail: ignacy.niedziolka@ar.lublin.pl

Streszczenie. Celem badań było określenie wpływu oddzielania ziarna kukurydzy cukrowej na parametry pracy obcinarki i jakość surowca. Badania wpływu zmiennych warunków oddzielania ziarna od kolb kukurydzy cukrowej przeprowadzono przy użyciu stacjonarnej obcinarki. Pomiary prowadzono przy prędkości obrotowej głowicy nożowej w zakresie 1600 do 2560 obr·min⁻¹ i stałej prędkości podajnika kolb, która wynosiła 0,31 m·s⁻¹. Proces oddzielania ziarna od rdzeni kolb realizowano bez udziału wody technologicznej oraz z jej udziałem. Dla tych zmiennych warunków odcinania ziarna określano pobór jednostkowej mocy, przepustowość obcinarki oraz jakość otrzymanego surowca. Analiza statystyczna uzyskanych wyników badań wykazała, że zmiana warunków odcinania ziarna i prędkości obrotowej głowicy tnącej wpływały istotnie statystycznie na badane parametry pracy obcinarki oraz jakość surowca.

Słowa kluczowe: kukurydza cukrowa, kolby, oddzielanie ziarna, pobór mocy, jakość surowca

WSTĘP

Metoda oddzielania ziarna kukurydzy cukrowej od rdzeni kolb poprzez jego mechaniczne odcinanie charakteryzuje się stosunkowo dużymi stratami odcinanego ziarna oraz wysokimi nakładami energetycznymi [1,2]. Związane jest to między innymi ze strukturą obrabianego ziarna, które odcina się w stadium dojrzałości późno-mlecznej [3,4]. Niedojrzałe, o półpłynnej i lepkiej konsystencji miąższu ziarno, w następstwie oddziaływania noży rozrzuca się po elementach roboczych obcinarki. Drobne i lepkie frakcje ziarna powodują pogorszenie parametrów pracy obcinarki.

W procesie obróbki mechanicznej kolb kukurydzy cukrowej na cele przetwórcze udział ziarna odpadowego stanowi 20-30%. Jest on zależny zarówno od cech odmianowych, właściwości geometrycznych i fizycznych kolb, stopnia dojrzałości, a także od warunków i parametrów pracy obcinarek ziarna [2].

Celem badań było określenie wpływu zmiennych warunków oddzielania ziarna od kolb kukurydzy cukrowej na pobór mocy jednostkowej, przepustowość obcinarki oraz jakość otrzymywanego surowca. Zmienne warunki pracy obcinarki wynikały ze stosowania strumienia wody podczas procesu odcinania ziarna.

MATERIAŁ I METODY

Do badań użyto kolb kukurydzy cukrowej odmiany Candle. Kolby pochodziły z gospodarstwa rolnego w Zajezierzu k/Dębłina. Zebrane ręcznie kolby przechowywano podczas pomiarów w chłodni w temperaturze około 2°C. Materiał do badań pobierano w sposób losowy z różnych miejsc plantacji. Kolby nie w pełni wykształcone lub o niepełnym zaziarnieniu były eliminowane z badań.

Odkoszulkowane kolby kukurydzy cukrowej poddawano procesowi odcinania ziarna na maszynie obcinającej. Pomiary przeprowadzono dla trzech prędkości obrotowych głowicy nożowej: 1600; 2080 i 2560 obr·min⁻¹ oraz stałej prędkości liniowej podajnika kolb 0,31 m·s⁻¹. Przyjęte prędkości obrotowe głowicy nożowej uzyskiwano poprzez zmianę prędkości obrotowej silnika elektrycznego napędzającego głowicę nożową. Prędkość tę zmieniano za pomocą przetwornika częstotliwości prądu elektrycznego w zakresie 50 do 80 Hz.

Proces odcinania ziarna realizowano bez udziału i z udziałem strumienia wody. Kolby poddawane odcinaniu ziarna bez udziału wody stanowiły próbę kontrolną. Odcinanie w warunkach z wodą polegało na tym, że zarówno noże, jak i kolby były polewane ciągłym strumieniem wody technologicznej.

Jednostkową moc czynną odcinania określano na podstawie poboru mocy przez silnik elektryczny napędzający zespoły robocze obcinarki, z udziałem komputera i przetwornika energii. Przepustowość kolb określano na podstawie czasu rejestrowanego przez przetwornik energii. Jakość odciętego ziarna określano na podstawie wizualnej obserwacji powierzchni cięcia. Ziarno bez wyraźnych ubytków miąższu i poszarpanych krawędzi uznawano jako dobrej jakości. Pozostałe ziarno traktowano jako odpadowe.

Pomiary mocy jednostkowej oraz przepustowości kolb przeprowadzono na próbie liczącej po 15 sztuk dla każdej prędkości obrotowej głowicy nożowej. Z kolei udział ziarna dobrej jakości określano na próbie liczącej 500 ziaren w 3 powtórzeniach. Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

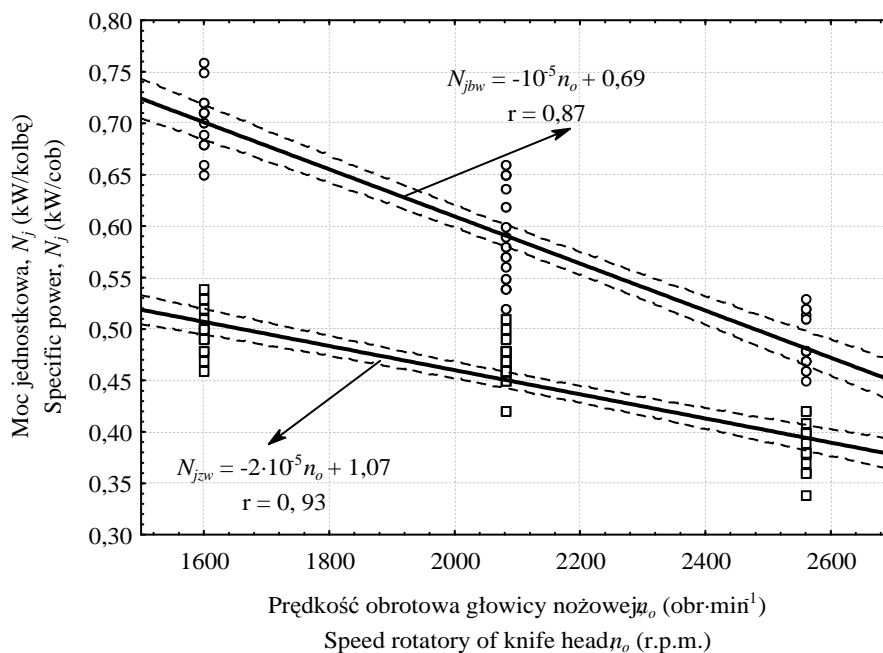
W tabeli 1 zamieszczono wyniki analizy regresji liniowej dla zmiennej zależnej – mocy jednostkowej (N_j) i zmiennej niezależnej – prędkości obrotowej głowicy nożowej (n_o), dla odcinania ziarna z udziałem i bez udziału wody technologicznej. Zarówno współczynnik regresji, jak i wyraz wolny są statystycznie istotne.

Tabela 1. Wyniki analizy regresji dla mocy jednostkowej N_j
Table 1. The results of regression analysis for specific power N_j

Regresja liniowa Linear regression	Współ. regresji Regression coef.	Błąd stand. Stand. error	Stat. testowa t Test stat. t	Poziom p Level p
Odcinanie z udziałem wody – Cutting with water, N_{jzw}				
Wyraz wolny Intercept term	1,07	0,12	7,48	0,00
n_o	$-2 \cdot 10^{-5}$	0,0001	-2,67	0,01
Odcinanie bez udziału wody – Cutting without water, N_{jbw}				
Wyraz wolny Intercept term	0,69	0,02	32,85	0,00
n_o	-10^{-5}	0,00	-11,74	0,00

Na rysunku 1 przedstawiono proste regresji wraz z 95% pasami ufności dla średnich wartości mocy jednostkowej i prędkości obrotowej głowicy.

Zmiana prędkości obrotowej głowicy nożowej w zakresie od 1600 do 2560 obr·min⁻¹ wpłynęła na obniżenie mocy jednostkowej zarówno przy odcinaniu ziarna z udziałem, jak i bez udziału wody. Przy odcinaniu z udziałem wody stwierdzono zmniejszenie poboru mocy w zakresie od 0,70 do 0,48 kW/kolbę (około 31%), a bez udziału wody w zakresie od 0,51 do 0,38 kW/kolbę (około 25%). Odcinanie ziarna z udziałem wody powodowało w stosunku do odcinania bez udziału wody obniżenie mocy jednostkowej w badanym zakresie prędkości o około 19%. Dla prędkości głowicy 1600 obr·min⁻¹ nastąpił spadek o 27%, dla prędkości 2080 obr·min⁻¹ – o 30% i dla prędkości 2560 obr·min⁻¹ – o 21%. Przeprowadzony test wielokrotnych porównań metodą Tukey'a wykazał, że różnice pomiędzy średnimi wartościami poboru mocy jednostkowej dla odcinania z udziałem i bez udziału wody są statystycznie istotne (tab. 2).



Rys. 1. Zależność mocy jednostkowej od prędkości obrotowej głowicy nożowej n_o dla odcinania ziarna z udziałem (N_{jzw}) i bez udziału wody (N_{jbw})

Fig. 1. The dependence of specific power on rotational speed of knife head n_o for kernel cutting with (N_{jzw}) and without water (N_{jbw})

Tabela 2. Test Tukey'a dla mocy jednostkowej N_j

Table 2. Tukey test for unit power N_j

Poziom n_o Level n_o	Liczebność Count	Średnia – Mean		NIR – LSD
		N_{jzw}	N_{jbw}	
1600	15	0,51	0,70 ^a	0,08
2080	15	0,47	0,59 ^{ba}	
2560	15	0,38	0,48 ^{cb}	
NIR – LSD		0,018	0,14	

* takie same litery przy wartościach oznaczają brak istotnych różnic.

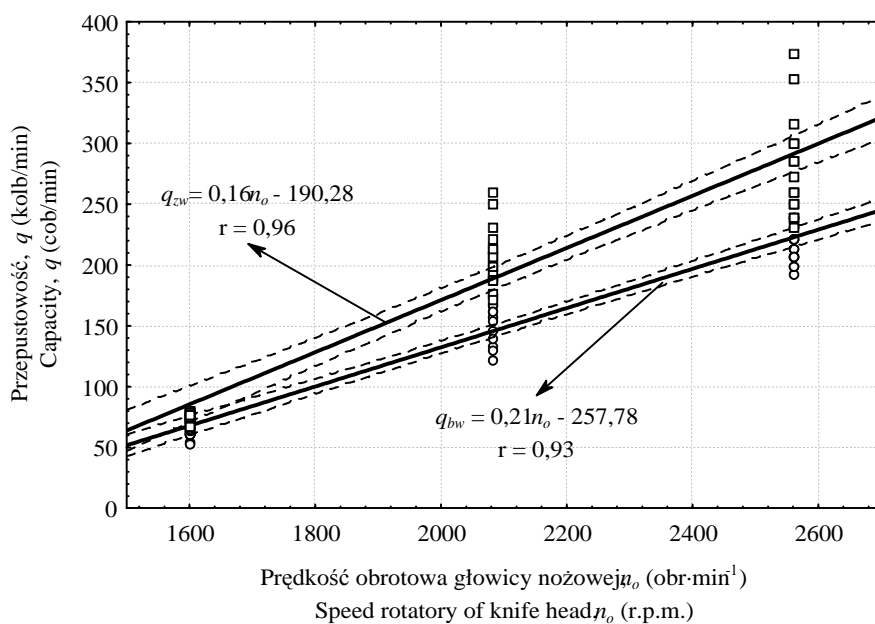
* the same letters with values mean absence of significant differences.

Wyniki analizy regresji oraz jej wariacji dla przepustowości kolb wskazują, że współczynnik regresji liniowej i wyraz wolny są statystycznie istotne (tab. 3).

Tabela 3. Wyniki analizy regresji dla przepustowości obcinarki q
Table 3. The results of regression analysis for cutter capacity q

Regresja liniowa Linear regression	Współ. regresji Regression coef.	Błąd stand. Stand. error	Stat. testowa t Test stat. t	Poziom p Level p
Odcinanie z udziałem wody – Cutting with water, q_{zw}				
Wyraz wolny Intercept term	-190,28	25,35	-10,16	0,00
n_o	0,16	0,01	17,9	0,00
Odcinanie bez udziału wody – Cutting without water, q_{bw}				
Wyraz wolny Intercept term	-257,78	13,51	-14,08	0,00
n_o	0,21	0,006	25,26	0,00

Z rysunku 2, na którym przedstawiono przebiegi prostych regresji dla przepustowości kolb w funkcji prędkości obrotowej głowicy nożowej w warunkach odcinania z udziałem (q_{zw}) i bez udziału wody (q_{bw}) wynika, że są one podobnie, jak moc jednostkowa wysoko skorelowane ze sobą.



Rys. 2. Zależność przepustowości obcinarki od prędkości obrotowej głowicy nożowej n_o dla odcinania ziarna z udziałem (q_{zw}) i bez udziału wody (q_{bw})

Fig. 2. The dependence of cutter capacity on rotational speed of knife head n_o for kernel cutting with (q_{zw}) and without water (q_{bw})

Zmiana prędkości obrotowej głowicy nożowej w zakresie od 1600 do 2560 obr·min⁻¹ wpływała na zwiększenie średniej przepustowości kolb zarówno przy odcinaniu ziarna z udziałem, jak i bez udziału wody. Przy odcinaniu z udziałem wody występował wzrost w zakresie od 74,6 do 281,4 kolb/min, tj. około 3-krotnie, a bez udziału wody w zakresie od 61,9 do 216,7 kolb/min, czyli około 2,5-krotnie. Odcinanie z udziałem wody powoduje, w stosunku do odcinania bez udziału wody, zwiększenie przepustowości w badanym zakresie prędkości głowicy o 11%. Dla prędkości 1600 obr·min⁻¹ nastąpił wzrost przepustowości o 21%, dla prędkości 2080 obr·min⁻¹ – o 33% i dla prędkości 2560 obr·min⁻¹ – o 30%.

Test Tukey'a wykazał, że różnice pomiędzy średnimi wartościami przepustowości kolb dla odcinania z udziałem i bez udziału wody są statystycznie istotne (tab. 4).

Tabela 4. Test Tukey'a dla przepustowości obcinarki q

Table 4. Tukey test for cutter capacity q

Poziom n_o Level n_o	Liczebność Count	Średnia – Mean		NIR – LSD
		q_{zw}	q_{bw}	
1600	15	74,6	61,9	
2080	15	208,2	157,1	9,7
2560	15	281,4	216,7	
NIR – LSD		52,4	38,7	

Wyniki analizy regresji dla frakcji ziarna odpadowego wskazują, że współczynnik regresji liniowej oraz wyraz wolny są statystycznie istotne (tabela 5).

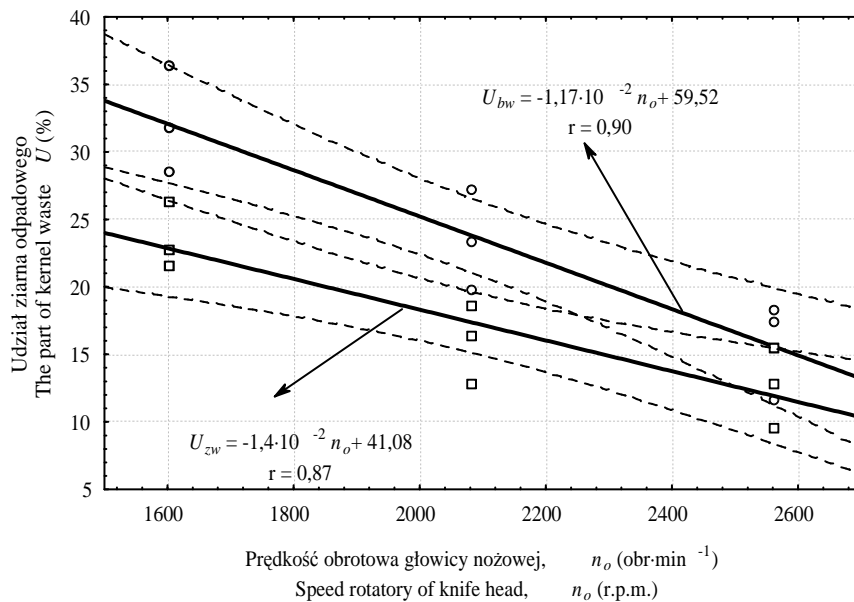
Tabela 5. Wyniki analizy regresji dla frakcji ziarna odpadowego U

Table 5. The results of regression analysis for waste kernels fraction U

Regresja liniowa Linear regression	Współ. regresji Regression coef.	Błąd stand. Stand. error	Stat. testowa t Test stat. t	Poziom p Level p
Odcinanie z udziałem wody – Cutting with water, U_{zw}				
Wyraz wolny Intercept term	41,08	5,15	7,97	0,00
n_o	-0,014	0,0024	-4,67	0,00
Odcinanie bez udziału wody – Cutting without water, U_{bw}				
Wyraz wolny Intercept term	59,52	6,30	9,44	0,00
n_o	-0,017	0,0029	-5,76	0,00

Z rysunku 3 wynika, że między prędkością obrotową głowicy nożowej, a frakcją ziarna odpadowego istnieje wysoka współzależność ($r = 0,87$ i $0,90$).

Zmiana prędkości obrotowej głowicy nożowej w zakresie $1600-2560 \text{ obr}\cdot\text{min}^{-1}$ wpływała na zmniejszenie średniej frakcji ziarna odpadowego, zarówno przy jego odcinaniu z udziałem, jak i bez udziału wody. Przy odcinaniu z udziałem wody występował spadek w granicach od 23,6 do 12,6%, a bez udziału wody od 32,2 do 15,8%. Odcinanie z udziałem wody powodowało w stosunku do odcinania bez udziału wody zmniejszenie frakcji ziarna odpadowego w badanym zakresie prędkości głowicy o około 8%. Dla prędkości $1600 \text{ obr}\cdot\text{min}^{-1}$ nastąpił spadek frakcji ziarna odpadowego o 27%, dla prędkości $2080 \text{ obr}\cdot\text{min}^{-1}$ – o 32% i dla prędkości $2560 \text{ obr}\cdot\text{min}^{-1}$ – o 20%.



Rys. 3. Zależność frakcji ziarna odpadowego od prędkości obrotowej głowicy nożowej n_o dla odcinania z udziałem (U_{zw}) i bez udziału wody (U_{bw})

Fig. 3. The dependence of waste kernels fraction on rotational speed of knife head n_o for cutting with (U_{zw}) and without water (U_{bw})

Test Tukey'a wykazał, że różnice pomiędzy średnimi wartościami frakcji ziarna odpadowego dla odcinania z udziałem i bez udziału wody są statystycznie istotne (tab. 6).

Spadek poboru mocy jednostkowej oraz udziału ziarna odpadowego, a także wzrost przepustowości obcinarki spowodowane były zmniejszeniem oporów cięcia, w wyniku oddziaływania wody na noże i kolby kukurydzy. Strumień wody zapobiegał spiętrzaniu się przed nożami odcinanego i lepkiego ziarna (duża

zawartość cukrów). Zaletą wynikającą ze stosowania wody było także korzystne jej oddziaływanie, jako czynnika zmniejszającego tarcie i oczyszczającego ruchome elementy mocowań noży z drobnych i lepkich części ziarna.

Tabela 6. Test Tukey'a dla frakcji ziarna odpadowego U

Table 6. Tukey test for waste kernels fraction U

Poziom n_o – Level n_o	Liczebność Count	Średnia – Mean		NIR – LSD
		U_{zw}	U_{bw}	
1600	3	23,6 ^a	32,2 ^a	
2080	3	15,9 ^b	23,5 ^{ba}	2,7
2560	3	12,6 ^{cb}	15,8 ^{cb}	
NIR – LSD		5,4	9,6	

* takie same litery przy wartościach oznaczają brak istotnych różnic

* the same letters with values mean absence of significant differences

WNIOSKI

1. Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że między prędkością obrotową głowicy nożowej a poborem mocy jednostkowej, przepustowością i frakcją ziarna odpadowego istnieje wysoka współzależność.

2. Odcinanie ziarna od rdzeni kolb przy udziale wody wpływało istotnie na zmniejszenie poboru mocy jednostkowej (o 19%) i frakcji ziarna odpadowego (o 8%) oraz na zwiększenie przepustowości kolb (o 11%).

3. Najkorzystniejsze wartości pomiarowe (obniżenie poboru mocy o 30% i frakcji ziarna odpadowego o 32% oraz zwiększenie przepustowości o 33%) uzyskano dla kolb kukurydzy z udziałem wody i prędkości obrotowej głowicy nożowej wynoszącej 2080 obr·min⁻¹.

4. Poprawę efektywności procesu odcinania ziarna od rdzeni kolb kukurydzy cukrowej można uzyskać poprzez stosowanie strumienia wody w czasie jego pozyskiwania.

PIŚMIENNICTWO

1. **Higgins W.D.:** Self-contained mobile system and method for selectively processing fresh corn. USA Patent 6428834, 2002.
2. **Love J.M.:** The U.S. processing sweet corn industry. Vegetables and Specialties-Situation and Outlook, 251, 20-22, 1990.
3. **Mustafa A., Hassanat F., Bertiaume R.:** In situ fore stomach and intestinal nutrient digestibilities of sweet corn residues. Animal Feed Sci. and Tech., 114, 287-293, 2004.

4. **Niedziółka I., Szymanek M.:** Wpływ warunków zbioru i przechowywania na jakość kolb kukurydzy cukrowej. *Kukurydza*, 2(20), 51-52, 2002.
5. **Niedziółka I., Szymanek M., Rybczyński R.** Energochłonność procesu cięcia ziarna kukurydzy cukrowej. *Inż. Roln.*, 6, 347-351, 2002.
6. **Niedziółka I., Szymanek M., Rybczyński R.:** Metodyczne aspekty procesu cięcia ziarna kukurydzy cukrowej. *Acta Agrophysica*, 83, 131-139, 2003.
7. **Waligóra H.:** Aktualny stan produkcji i wykorzystania kukurydzy cukrowej w Polsce. *Kukurydza*, 2, 49-50, 2001.
8. **Warzecha R.:** Kukurydza cukrowa. *Agro Serwis*, 15(272), 14-15, 2003.

INFLUENCE OF CONDITIONS OF SWEET CORN KERNELS SEPARATION ON CUTTER WORK PARAMETERS AND QUALITY OF MATERIAL

Ignacy Niedziółka, Mariusz Szymanek

Department of Agricultural Machinery, University of Agriculture
ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin
e-mail: ignacy.niedziolka@ar.lublin.pl

Abstract. The purpose of the study was to define the influence of sweet corn kernel separation on cutter work parameters and on quality of material. Investigation of the influence of variable conditions of sweet corn kernels separation from cobs was conducted with the use of a stationary cutter. Measurements were conducted at knife head speeds in the range from 1600 to 2560 r.p.m. and at a constant speed of cob feeder which was equal to 0,31 m·s⁻¹. The process of kernels separation from cob cores was realized with and without the use of technological water. The unit power consumption, the cutter throughput capacity as well as the quality of obtained material were defined for these variable conditions of cutting kernels. Statistical analysis of obtained results of the investigations showed that the change of conditions of kernels cutting and rotational speed of cutter head had a statistically significant influence on tested parameters of cutter work and on the quality of material.

Keywords: sweet corn, cobs, kernels, kernel separation, power consumption, throughput capacity, quality of material