

DODATKOWE ROZDRABNIANIE ZIAREN I ROZRYWANIE CZĄSTEK KUKURYDZY SPOSOBEM NA POPRAWIENIE JAKOŚCI POCIĘTEJ ZIELONKI

Aleksander Lisowski, Krzysztof Kostyra

Katedra Maszyn Rolniczych i Leśnych, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Streszczenie. Celem badań było określenie wpływu zastosowania dodatkowych elementów roboczych wspomagających pracę toporowego zespołu tnącego sieczkarni polowej na poprawienie jakości pociętej kukurydzy. Badaniom poddano różne konstrukcje listew promieniowych, płytki dennej oraz łopatek rzutnika, których wzajemne ustawienie tworzyło regulowaną szczelinę roboczą. Najlepsze poprawienie jakości pociętej zielonki osiągnięto przy zastosowaniu cepowej płytki dennej i gładkich łopatek rzutnika z ostrymi krawędziami natarcia pracujących przy najmniejszej szczelinie roboczej.

Słowa kluczowe: kukurydza, rozdrabnianie, toporowy zespół tnący, długość sieczki

Wstęp

Kukurydza jest doskonałym surowcem kiszonkarskim ze względu na wysoką zawartość cukrów rozpuszczalnych i małą zawartość białka. Osiągnięcie jak najlepszych efektów skarmiania bydła taką kiszonką zależy między innymi od stopnia rozdrobnienia surowca. Ze względu na proces zakiszania roślin jak i z powodów żywieniowych pożądana jest sieczka krótka ale równomiernie pocięta, o porozrywanych włóknach, z dużym udziałem rozdrobnionych lub uszkodzonych ziaren [Michalski 1997].

Współczesne sieczkarnie polowe dokładnego cięcia umożliwiają cięcie roślin na sieczkę na wymiar kilku milimetrów, co teoretycznie pozwala na rozdrobnienie ziaren kukurydzy, ale zbyt krótka sieczka nie jest korzystna dla przeżuwaczy. Mniejsze cząstki są krócej przeżuwane i z tego powodu wytwarzana jest mniejsza ilość śliny biorącej udział w trawieniu. Pokarm taki utrzymuje się również krócej w żwaczku, przez co jest mniej dostępny dla mikroorganizmów fermentacyjnych żwacza [Schwab i in. 2002].

Rozwiązaniem problemu może być zastosowanie w konstrukcji zespołu tnącego dodatkowych elementów wspomagających rozdrabnianie ziaren i rozrywanie źdźbeł roślin przy zachowaniu długości sieczki około 20 mm, a więc korzystniejszym dla zwierząt. W sieczkarniach toporowych są to najczęściej wymienne płytki denne o powierzchni karbowanej, współpracujące z łopatkami rzutnika oraz listwy promieniowe.

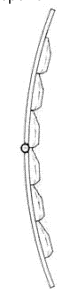
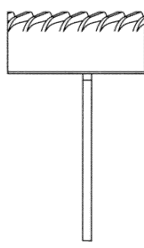
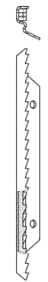
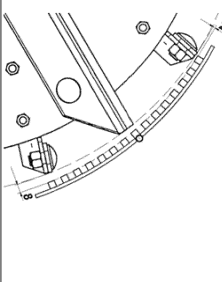

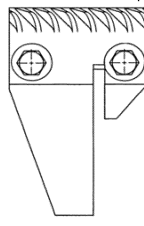
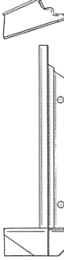
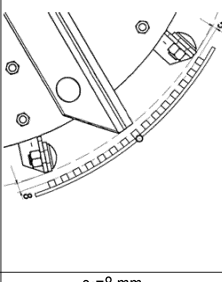

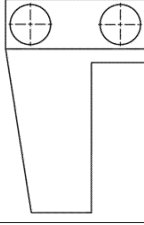

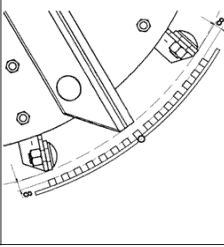
Celem badań było określenie wpływu zastosowania elementów roboczych wspomagających pracę toporowego zespołu tnącego sieczkarni polowej na poprawienie jakości pociętego materiału roślinnego w wyniku dodatkowego rozdrabniania ziaren i rozrywania cząstek kukurydzy.

Za kryterium oceny jakości rozdrobnienia roślin kukurydzy przyjęto rzeczywistą długość sieczonej l_z i wskaźnik rozdrobnienia ziaren kukurydzy k_z .

Materiał i metody

Dodatkowymi elementami były płytka denna, łopatki rzutnika i listwy promieniowe, różniące się ukształtowaniem powierzchni roboczych. Czwartym czynnikiem była szczelina robocza utworzona między płytką denną a łopatkami rzutnika. Szczelina na wejściu była stała i wynosiła 8 mm, a na wyjściu zmieniano ją na trzech poziomach 2, 5 i 8 mm (tabela 1).

Tabela 1. Charakterystyki elementów konstrukcyjnych i układy szczeliny roboczej
Table 1. Characteristics of structural elements and working gap configurations

Płytkienna	Łopatki rzutnika	Listwy promieniowe	Szczelina robocza na wyjściu
cepowa – c 	cepowe z lewostronnym skosem korbów – cl 	karbowane – lk 	$s_1=2$ mm 
prętowa – p 	cepowe z prawostronnym skosem korbów – sp 	gładkie – lg 	$s_2=5$ mm 
gładka – g 	gładkie z ostrą krawędzią natarcia – gl 	brak listew – lb 	$s_3=8$ mm 

Źródło: opracowanie własne

Analizę badań przeprowadzono przy stałych parametrach roboczych siewczarki i zbieranego materiału, takich jak liczba noży ($z=5$), prędkość obrotowa tarczy nożowej ($n=645 \text{ obr}\cdot\text{min}^{-1}$, średnica tarczy wynosiła 910 mm), masa jednostkowa zbieranych roślin kukurydzy ($m=3,75 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}$), prędkość zasilania siewczarki materiałem roślinnym ($v=1,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), wilgotność roślin kukurydzy ($w=44\%$). Pozostałe zespoły robocze siewczarki nastawiono zgodnie z zaleceniami producenta SIPMA SA.

W celu wyeliminowania losowości i utrzymania lepszej powtarzalności prób badania przeprowadzono na stacjonarnym stanowisku badawczym, w skład którego wchodziła m.in. siewczarka polowej przyczepiana Z374 z adapterem podbierającym i ciągnik o mocy 85 kW. Do siewczarki materiał podawano za pomocą przenośnika taśmowego, na którym na odcinku 4 m układano wcześniej ścięte, całe rośliny kukurydzy odmiany San. Dzięki temu uzyskiwano żądaną prędkość zasilania oraz masę jednostkową zbieranej kukurydzy. Dokładny opis stanowiska, sposób przeprowadzenia badań a także metody wyznaczania wskaźników kryterialnych przyjętych do oceny efektów cięcia i rozdrabniania ziaren kukurydzy opisano w pracach Niewęglowskiego [2006] i Wardeckiego [2006].

Wyniki badań i dyskusja

Przeprowadzona analiza wariancji wykazała, że jedynym statystycznie istotnym czynnikiem (dla $p<0,01$) wpływającym na zróżnicowanie rzeczywistej długości siewczki l_{rz} był rodzaj łopatek rzutnika (tab. 2). Natomiast na poziom wskaźnika rozdrabniania ziaren kukurydzy k_z istotny wpływ miały wszystkie zmienne poza rodzajem listew promieniowych. W tabeli 2 przedstawiono również uśrednione wartości wskaźników jakościowych w zależności od zmiennych decyzyjnych. Szczegółowa analiza średnich tych wartości pozwala stwierdzić większą zmienność wskaźnika k_z niż l_{rz} .

Tabela 2. Analiza wariancji czynników i średnie wartości wskaźników jakościowych
Table 2. Variance analysis for factors and average values of quality coefficients

Czynnik zmienny		Rzeczywista długość siewczki		Wskaźnik rozdrabniania ziaren kukurydzy	
		krytyczny poziom istotności	l_{rz} , mm	krytyczny poziom istotności	k_z , %
Płytko denna	c	0,1069	22,07	0,0007 ^a	65,11
	p		21,36		58,63
	g		22,54		45,78
Łopatkę rzutnika	cl	0,0005 ^a	22,70	0,0063 ^a	52,57
	sp		22,63		53,99
	gl		20,64		62,96
Listwa promieniowa	lk	0,2961	21,54	0,2746	56,98
	lg		21,83		51,17
	lb		22,60		61,37
Szczelina robocza	$s_1=2$	0,3982	21,19	0,0002 ^a	69,36
	$s_2=5$		22,11		60,17
	$s_3=8$		22,67		39,99

^a Różnica istotna przy poziomie istotności $\alpha=0,01$.

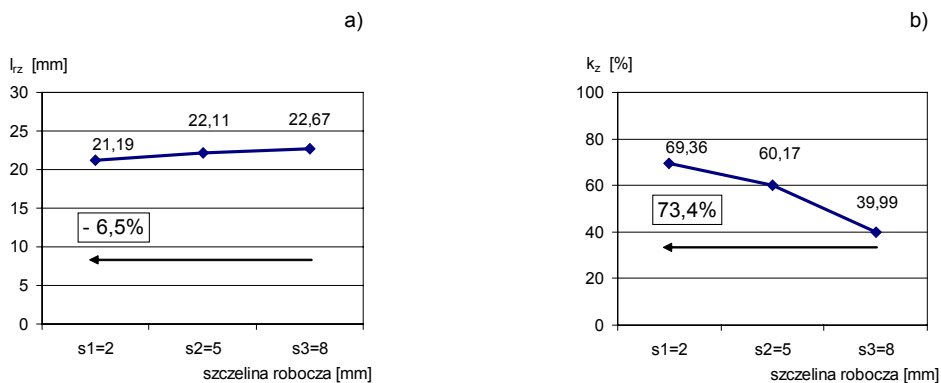
Źródło: opracowanie własne

W porównaniu z pracą siewczarni wyposażonej w gładką płytkę denną (g), zastosowanie płytek uźebrowanych (c i p) dawało znacznie lepsze efekty rozdrobnienia ziaren kukurydzy. Dla cepowej płytki dennej (c) uzyskano największą wartość średnią analizowanego wskaźnika k_z – 65,11%, dla prętowej (p) istotnie mniejszą – 58,63%, zaś najmniejszą dla płytki gładkiej (g) – 45,78%. Zastosowanie cepowej płytki dennej (c), w stosunku do gładkiej (g), pozwoliło na zwiększenie średniej wartości wskaźnika rozdrobnienia ziaren o ponad 19%. Uwzględniając wartości obydwu wskaźników kryterialnych l_{rz} i k_z można stwierdzić, że płytka denna z listwami cepowymi (c), których karby tworzą jodełkę, okazała się lepszym, dodatkowym elementem wspomagającym proces rozdrabniania roślin niż płytka prętowa (p). Przy zastosowaniu cepowych łopatek rzutnika z lewoskrętnym skosem karbów (cl) i prawostronnym skosem karbów (sp) średnia wartość rzeczywistej długości siewczki l_{rz} była porównywalna i wynosiła odpowiednio 22,70 i 22,63 mm. Były to wartości większe od długości siewczki uzyskiwanej podczas pracy siewczarni wyposażonej w gładkie łopatki rzutnika z ostrą krawędzią natarcia (gl). Dlaczego były takie różnice? Ponieważ ostre krawędzie gładkich łopatek rzutnika (gl), ustawione prostopadle do kierunku ruchu obrotowego tarczy, łatwiej rozrywały rośliny kukurydzy, zwłaszcza w połączeniu z uźebrowanymi powierzchniami płytek dennych (c i p). Natomiast geometria krawędzi roboczych cepowych łopatek, ze względu na zaokrąglenia była mniej korzystna i dochodziło do większego poślizgu roślin względem powierzchni płytek dennych i w efekcie pogorszenie rozdrobnienia.

To rozrywające i rozcierające działanie gładkich łopatek rzutnika z ostrą krawędzią natarcia (gl) było najbardziej skuteczne w stosunku do ziaren kukurydzy, gdyż wskaźnik rozdrobnienia k_z był największy (62,96%), a skutki pracy łopatek karbowanych (cl i sp) były porównywalne i wynosiły odpowiednio 52,57% i 53,99%. Istotnie słabsze rozdrobnienie ziaren przez łopatki karbowane można wyjaśnić tym, iż podczas współpracy z płytkami dennymi prawdopodobnie więcej ziaren przedostawało się do rowków między karami i ziarna te nie były przecierane, rozgniatane czy miażdżone przez krawędzie współpracujących elementów.

Zastosowanie listew promieniowych nie dawało pozytywnych skutków rozdrobnienia ziaren, a długość siewczki utrzymywała się w granicach 22 mm.

Praca zespołu rozdrabniającego przy najmniejszej szczelinie roboczej między płytką denną a łopatkami rzutnika była najefektywniejsza (rys. 1), ale dynamika zmian wskaźnika rozdrobnienia ziaren nie była jednakowa. Przy zmianie szczeliny na wyjściu z 8 na 5 mm stwierdzono 50% względne zwiększenie się średniej wartości tego wskaźnika, a przy zmianie z 5 na 2 mm już tylko 15%. Porównując efekty rozdrobnienia ziaren k_z z rzeczywistą długością siewczki l_{rz} można stwierdzić, że wpływ szczeliny roboczej na rozdrobnienie ziaren był znacząco większy niż na długość siewczki. Zmniejszenie szczeliny roboczej na wyjściu z 8 do 2 mm spowodowało zmniejszenie średniej wartości rzeczywistej długości siewczki l_{rz} tylko o 6,5% i zwiększenie średniej wartości wskaźnika rozdrobnienia ziaren kukurydzy k_z aż o 73,4% wartości względnej. W efekcie w zakresie zmian szczeliny roboczej osiągnięto 11-krotnie większy efekt zwiększenia średniej wartości wskaźnika rozdrobnienia ziaren niż zmniejszenia średniej wartości rzeczywistej długości siewczki.

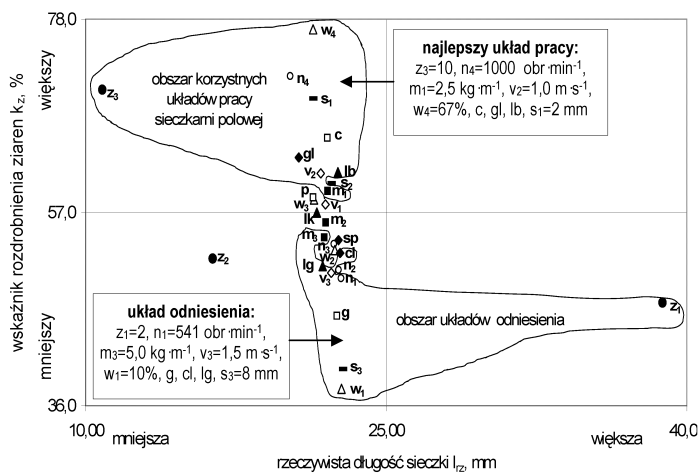


Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Wpływ szczeliny roboczej (s) na: a) rzeczywistą długość sieczki (l_{rz}), b) wskaźnik rozdrobnienia ziaren kukurydzy (k_z)

Fig. 1. Working gap (s) impact on: a) actual chaff length (l_{rz}), b) shredding index for corn grains (k_z)

Kierując się wynikami analizy średnich wartości dla badanych czynników podjęto próbę opracowania mapy grup elementów wspomagających rozdrabnianie ziarna i roślin kukurydzy według rzeczywistej długości sieczki i wskaźnika rozdrobnienia ziaren (rys. 2).



Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Mapa grup elementów wspomagających rozdrabnianie ziarna i roślin kukurydzy wg rzeczywistej długości sieczki (l_{rz}) i wskaźnika rozdrobnienia ziarna (k_z)

Fig. 2. The map of groups of elements supporting shredding of corn grain and plants according to actual chaff length (l_{rz}) and grain shredding index (k_z)

Przedstawiona macierz pozwala na wyodrębnienie dwóch obszarów wartości wskaźników jakościowych. Jeden z nich określono jako obszar korzystnych układów pracy siewkarni, w którym osiągnięto wysokie wartości wskaźników jakościowych, a drugi jako obszar układów odniesienia, dla którego uzyskano słabe wyniki rozdrobnienia. Dla każdego z wyodrębnionych obszarów wybrano najlepszy układ pracy siewkarni, przy którym uzyskiwano najefektywniejsze rozdrobnienie ziaren kukurydzy i układ odniesienia, dla którego wskaźniki jakościowe były najsłabsze. Stwierdzono, że najlepsze efekty rozdrobnienia ziaren kukurydzy osiągnięto podczas pracy siewkarni polowej przy zastosowaniu cepowej płytki dennej, gładkich łopatek rzutnika z ostrą krawędzią natarcia i braku listew promieniowych oraz ustawieniu najmniejszej szczeliny roboczej na wyjściu pomiędzy płytką denną a łopatkami rzutnika. Wyniki badań wskazują, iż dodatkowe rozdrabnianie pociętych cząstek roślin kukurydzy poprawia znacząco ich strukturę. Istotnie zwiększa się udział rozdrobnionego ziarna, a długość cząstek roślin zmniejsza się nieznacznie. Ziarno jest bardziej rozarte i zmiażdżone a inne cząstki roślin lepiej rozwłóknione i rozerwane.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Zastosowanie dodatkowych elementów w postaci płytki cepowej (c), gładkich łopatek rzutnika z ostrą krawędzią natarcia (gl) oraz ich wzajemna współpraca przy szczelinie w postaci klina o największej zbieżności pozwoliło na skuteczne zwiększenie rozdrobnienia ziaren, zmniejszając tylko nieznacznie długość pozostałych cząstek roślin kukurydzy. Zbędne okazało się stosowanie listew promieniowych mocowanych pod nożami tnącymi.
2. Analiza średnich wartości wskaźników jakościowych wykazała większą zmienność wskaźnika rozdrobnienia ziaren kukurydzy k_z niż rzeczywistej długości siewki l_{rz} .
3. Wpływ szczeliny roboczej okazał się największy spośród wszystkich analizowanych czynników, zwłaszcza w odniesieniu do wskaźnika rozdrobnienia ziaren.

Bibliografia

- Michalski T.** 1997. Wartość pastewna plonów kukurydzy w zależności od sposobów i terminów zbioru. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 450. s. 133-162.
- Niewęglowski K.** 2006. Wpływ czynników technicznych i eksploatacyjnych na wskaźniki jakościowe rozdrabniania roślin kukurydzy zbieranych siewkarnią polową. Praca doktorska. Maszynopis. Warszawa SGGW. s. 101.
- Schwab E.C., Shaver R.D., Shinnors K.J., Lauer J.G., Coors J.G.** 2002. Processing and chop length effects in brown-midrib corn silage on intake, digestion, and milk production by dairy cows. J. Dairy Sci. No. 85. s. 613-623.
- Wardecki P.** 2006. Wpływ parametrów technicznych i eksploatacyjnych na obciążenia energetyczne toporowego zespołu rozdrabniającego. Praca doktorska. Maszynopis. Warszawa SGGW. s. 181.

Praca naukowa finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2007-2010 jako projekt badawczy N502 006 32/0677

EXTRA CORN GRAIN SHREDDING AND PARTICLE BREAKING UP AS A METHOD USED TO IMPROVE QUALITY OF CUT GREEN FORAGE

Abstract. The purpose of the research was to determine the impact of introducing extra working elements to support operation of a flywheel cutting unit in a field cutter on cut corn quality improvement. The tests covered various designs of radial bars, bottom plate and feeder beater vanes, which positions in relation to each other formed an adjustable working gap. The highest cut green forage quality improvement was attained using a beater plate type bottom plate and smooth feeder beater vanes with sharp working edges, operating at smallest working gap.

Key words: corn, shredding, flywheel cutting unit, chaff length

Adres do korespondencji:

Aleksander Lisowski; e-mail: aleksander_lisowski@sggw.pl
Katedra Maszyn Rolniczych i Leśnych
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
ul. Nowoursynowska 164
02-787 Warszawa