

## **Technologia produkcji i obróbki kolb kukurydzy cukrowej**

### **Streszczenie**

Przedstawiono wyniki badań dotyczących produkcji i procesu odcinania ziarna od kolb kukurydzy cukrowej. Obejmowały one określenie właściwości fizycznych kolb i ziarna kukurydzy cukrowej wybranych odmian. Badano także nakłady pracy i energetyczne ponoszone w badanej technologii produkcji, jakość i energochłonność cięcia oraz ilość odciętej masy ziarna podczas jego oddzielania od rdzeni kolb. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono znaczny wpływ prędkości kątowej głowicy nożowej na analizowane parametry procesu cięcia ziarna. Ze wzrostem tej prędkości uzyskiwano ziarno o większej długości cięcia i wyższej ilości odciętej masy, a tym samym niższych stratach ziarna oraz składników pokarmowych.

**Słowa kluczowe:** kukurydza cukrowa, kolby, ziarno, technologia produkcji, proces odcinania ziarna, energochłonność cięcia

### **Wstęp**

Ziarno kukurydzy cukrowej może być spożywane zarówno w stanie świeżym, jak też przetworzonym. Wykorzystuje się je do bezpośredniej konsumpcji oraz w przemyśle owocowo-warzywnym i młynarskim. W przypadku bezpośredniej konsumpcji kukurydzę cukrową zbiera się w fazie dojrzałości mlecznej, natomiast przeznaczoną dla przemysłu przetwórczego – w fazie dojrzałości późno-mlecznej i pełnej. W Polsce kukurydzę cukrową uprawia się na małą skalę, tj. nieznacznie przekraczającą 3,5 tys. ha. Jej spożycie w kraju wynosi około 0,5 kg na osobę rocznie, podczas gdy w krajach Europy Zachodniej i USA – przekracza 12 kg na osobę [Marr i Tisserat 1995, Waligóra i in. 1998].

W ostatnich latach w Polsce zwiększa się liczba gospodarstw zainteresowanych uprawą tej rośliny. Związane jest to z pojawieniem się nowych odmian dobrze plonujących w naszych warunkach klimatycznych i glebowych. Plony kolb wraz z liśćmi okrywowymi wynoszą od 12 do 18 t·ha<sup>-1</sup>, przy zawartości wody w ziarnie 72-76%, natomiast liczba kolb może wynosić 40-60 tys.·ha<sup>-1</sup>. Obecnie na rynku znajduje się ponad 40 odmian kukurydzy cukrowej, które z powodzeniem mogą być uprawiane w naszym kraju [Warzecha 2003].

Ze względu na niską zawartość suchej masy ziarna kukurydzy cukrowej, a tym samym dużą jego podatność na uszkodzenia mechaniczne, w stosowanych dotychczas technologiach kolby zbierane są ręcznie. Metoda ta gwarantuje wysoką jakość zbieranego surowca, lecz jest bardzo pracochłonna i zalecana głównie na małych plantacjach. Dopiero w ostatnich latach pojawiły się zarówno przyczepiane, jak i samojezdne kombajny do zbioru kolb kukurydzy. Ponadto ciągły wzrost produkcji spowodował poszukiwanie nowych sposobów zbioru kukurydzy cukrowej [Niedziółka i Szymanek 2002, Niedziółka 2004].

Ważnym problemem jest oddzielanie ziarna od rdzeni kolb kukurydzy cukrowej, które odbywa się przy użyciu specjalnych maszyn, tzw. obcinarek. W celu otrzymania produktu wysokiej jakości maszyny te powinny być tak przygotowane, aby wszystkie ziarna były odcinane jak najbliższej rdzenia kolby. Do wymagań dotyczących jakości odcinanego ziarna należy zaliczyć gładką powierzchnię cięcia, równą długość odciętych ziaren, brak uszkodzeń mechanicznych oraz niskie straty masy i składników pokarmowych. Wymagania te zależą od cech fizycznych kolb, wilgotności ziarna, jego wielkości i wytrzymałości mechanicznej, a także od parametrów procesu cięcia, tj. prędkości podajnika kolb, prędkości głowicy z nożami oraz geometrii noży [Gieroba i in. 1994, Niedziółka i in. 2003, Szymanek 2004].

Celem pracy było określenie wielkości nakładów pracy i energetycznych ponoszonych w badanej technologii produkcji kukurydzy cukrowej oraz energochłonności, ilości i jakości procesu odcinania ziarna od kolb.

## Materiał i metody

Do obliczeń nakładów pracy ponoszonych w technologii produkcji ziarna kukurydzy cukrowej posłużono się wzorem:

$$N_r = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{F} [\text{rbh} \cdot \text{ha}^{-1}] \quad (1)$$

Nakłady energii mechanicznej i elektrycznej ponoszone w poszczególnych zabiegach technologicznych obliczano według zależności:

$$N_e = \frac{\sum_{i=1}^n M_i \cdot K \cdot L_i}{Q_z} [\text{kWh} \cdot \text{t}^{-1}] \quad (2)$$

gdzie:

- F – powierzchnia uprawy kukurydzy cukrowej, ha
- i – numer kolejnego zabiegu technologicznego,  $i = 1-n$
- K – współczynnik wykorzystania mocy ciągnika,  $K = 0,6-0,9$
- $L_i$  – liczba godzin pracy dla danego zabiegu,  $\text{rbh} \cdot \text{ha}^{-1}$
- $M_i$  – moc nominalna ciągnika, kW
- $N_e$  – nakłady energii mechanicznej i elektrycznej,  $\text{kWh} \cdot \text{ha}^{-1}$
- $N_r$  – nakłady pracy,  $\text{rbh} \cdot \text{ha}^{-1}$
- $Q_z$  – plon kolb kukurydzy,  $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$

Badane kolby kukurydzy cukrowej zbierano ręcznie i podawano na przyczepę, a następnie transportowano do gospodarstwa. Podczas zbioru mierzono czas i ważono plon kolb w celu określenia jednostkowych nakładów pracy i energetycznych. Do badań pobierano próby kolb kukurydzy trzech odmian. Kolby przechowywano w temperaturze  $0-4^\circ\text{C}$ , a następnie określano ich cechy fizyczne. Dotyczyły one pomiarów masy kolb przed i po usunięciu liści, ich długości i średnicy, liczby rzędów ziarna oraz ziaren w rzędzie (tab. 1).

Tabela 1. Charakterystyka kolb kukurydzy cukrowej badanych odmian

Table 1. Sweet corn cobs characteristics for the examined varieties

Wyszczególnienie	Jedn. miary	Odmiana		
		Candle	Helena	Jubilee
Długość kolb kukurydzy	cm	19,9	22,5	21,4
Średnica kolb kukurydzy	cm	4,7	4,9	5,0
Liczba rzędów ziarna	szt.	14	16	16
Liczba ziaren w rzędzie	szt.	36	38	30
Masa kolb bez liści okrywowych	g	330,1	355,4	320,5
Gęstość usypowa ziarna	g·dm <sup>-3</sup>	635,5	586,9	617,3
Udział ziarna w kolbie kukurydzy	%	71,6	70,4	72,2
Wilgotność ziarna kukurydzy	%	74,4	75,7	72,8

Następnie przygotowane kolby poddawano procesowi odcinania ziarna od ich rdzeni. Po jego odcięciu oznaczano zawartość wilgoci w ziarnie, zaś rdzenie ważono i mierzono ich średnicę. Podczas procesu odcinania zmieniano prędkość kątową głowicy z nożami tnącymi. Na tej podstawie określano jej wpływ na wielkość poboru energii oraz ilość odciętej masy ziarna dla badanych odmian. Dla każdej prędkości głowicy z nożami wykonywano pomiary w trzech powtórzeniach. Pomiary energochłonności procesu odcinania przeprowadzano na stanowisku badawczym, w skład, którego wchodziła obcinarka ziaren oraz przetwornik częstotliwości prądu z rejestratorem mocy i zużycia energii elektrycznej. Wyniki pomiarów zapisywano w pamięci komputera, a następnie poddano analizie statystycznej.

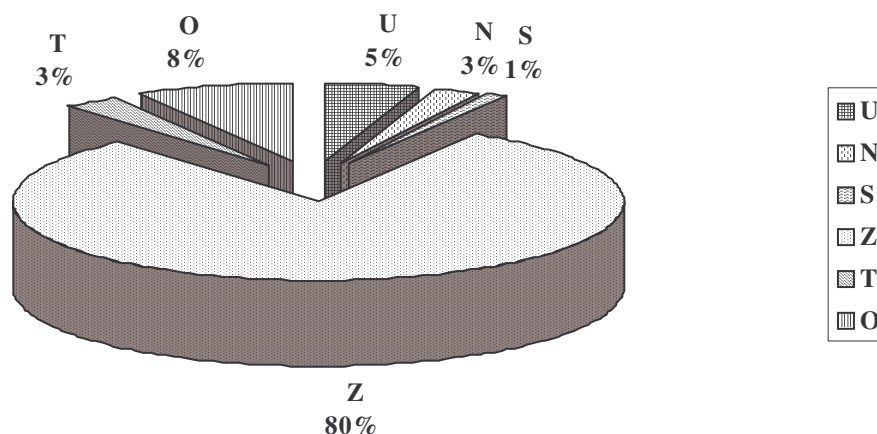
Pomiary ilości odciętej masy ziarna od rdzeni kolb przeprowadzono na stanowisku badawczym. W czasie badań głowica nożowa otrzymywała napęd od silnika o mocy 1,1 kW, natomiast podajnik kolb napędzany był silnikiem o mocy 0,65 kW. Prędkość głowicy z nożami zmieniano w przedziale 167,5-301,2 rad·s<sup>-1</sup>, zaś prędkość podajnika kolb była stała i wynosiła 0,31 m·s<sup>-1</sup>. W celu określenia jakości procesu odcinania ziarna od rdzeni kolb kukurydzy cukrowej przeprowadzono pomiary długości i masy odciętych ziaren, w zależności od prędkości podawania kolb oraz prędkości kątowej głowicy nożowej. Natomiast na podstawie zeskanowanej powierzchni cięcia ziarna analizowano jego jakość. Za wskaźnik jakości cięcia przyjęto stan przekroju odciętego ziarna kukurydzy cukrowej. Jakość cięcia była uznana za dobrą, gdy przekrój ziarna był gładki i nie było ubytków masy. Każdy inny przekrój uważano jako ziarno gorszej jakości.

### Wyniki badań i ich analiza

W ocenie technologii produkcji kukurydzy cukrowej uwzględniono nakłady pracy oraz energii mechanicznej i elektrycznej ponoszone na uprawę roli i nawożenie, siew nasion i pielęgnację roślin oraz zbiór, transport i obróbkę kolb. Najwyższe nakłady pracy ponoszono na zbiór kolb (80%), natomiast pozostała część – na uprawę roli z nawożeniem, siew nasion i pielęgnację roślin (9%) oraz transport i obróbkę kolb (11%). Na rysunku 1 przedstawiono strukturę nakładów pracy ponoszonych w technologii produkcji kukurydzy cukrowej, przy

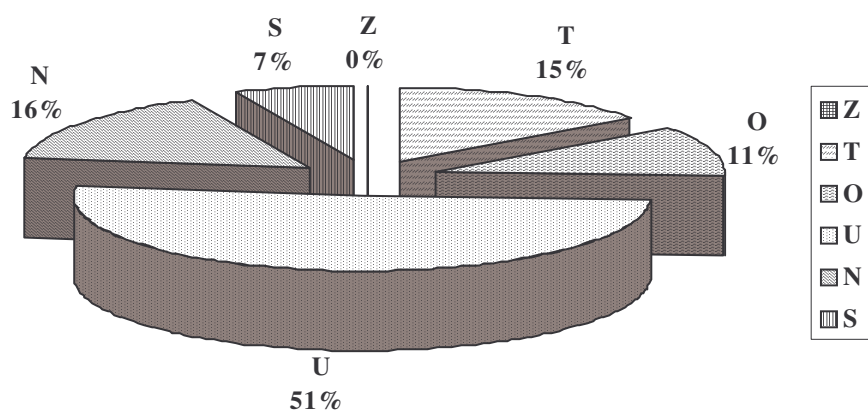
ręcznym zbiorze kolb. Wysokie nakłady przypadające na zbiór wynikały stąd, że oberwane kolby były wnoszone na skraj pola przez zbieraczy i ładowane na środki transportu.

Nakłady energii mechanicznej i elektrycznej (rys. 2) były mniej zróżnicowane w poszczególnych zabiegach, aczkolwiek znaczna ich część przypadła na uprawę roli (51%), zaś pozostała – na nawożenie z ochroną roślin i siew nasion (23%) oraz transport i obróbkę kolb (26%). Związane to było ze stosowaniem tradycyjnej technologii uprawy i ręcznym zbiorze kolb.



Rys. 1. Struktura nakładów pracy w badanej technologii produkcji kukurydzy cukrowej: U – uprawa gleby, N – nawożenie i ochrona roślin, S – siew nasion, Z – zbiór ręczny kolb, T – transport kolb, O – obróbka kolb

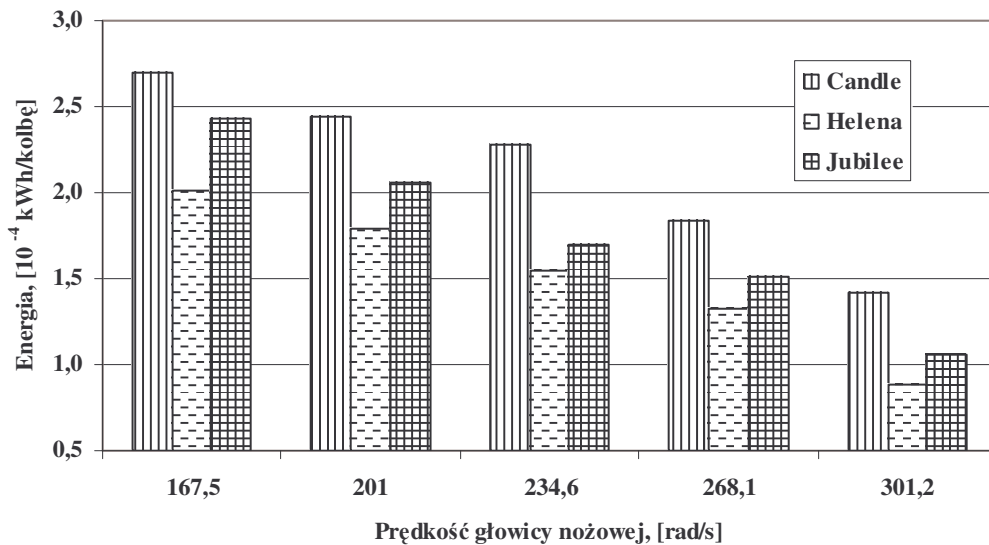
Fig. 1. The labour expenditure structure in the examined technology of sweet corn growing: U – soil cultivation, N – fertilization and plant protection, S – sowing, Z – manual cob collection, T – cob transportation, O – cob processing



Rys. 2. Struktura nakładów energetycznych w badanej technologii produkcji kukurydzy cukrowej: U – uprawa gleby, N – nawożenie i ochrona roślin, S – siew nasion, Z – zbiór ręczny kolb, T – transport kolb, O – obróbka kolb

Fig. 2. The energy expenditure structure in the examined technology of sweet corn growing: U – soil cultivation, N – fertilization and plant protection, S – sowing, Z – manual cob collection, T – cob transportation, O – cob processing

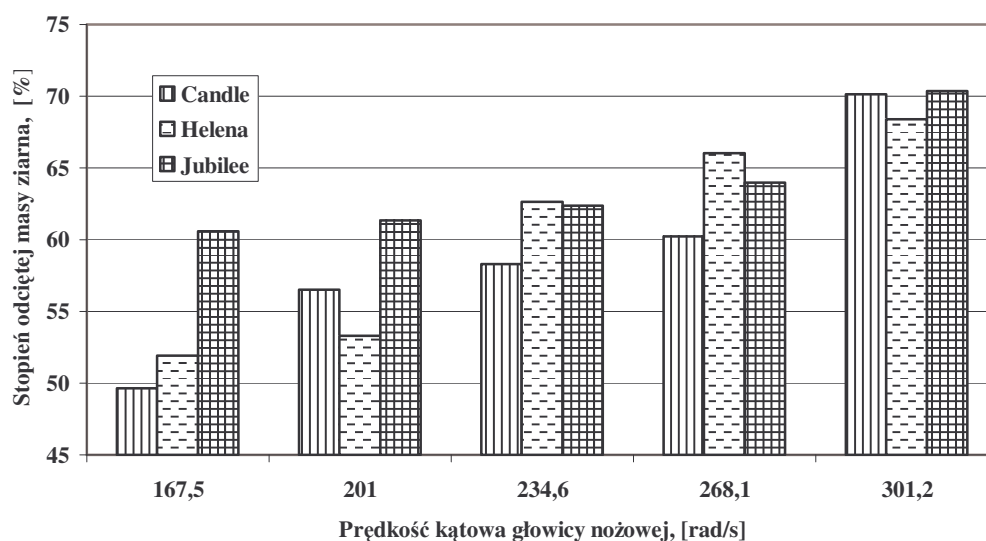
Na podstawie danych przedstawionych na rysunku 3 można stwierdzić, że występuje znaczne zróżnicowanie wartości jednostkowego poboru energii zarówno pomiędzy odmianami, jak i w ramach każdej odmiany. Wzrost prędkości kątowej głowicy nożowej w badanym zakresie powodował spadek poboru energii o 47,4% dla odmiany Candle, 56,2% dla odmiany Helena i 56,0% dla odmiany Jubilee.



Rys. 3. Wielkość poboru energii cięcia ziarna w zależności od prędkości kątowej głowicy nożowej

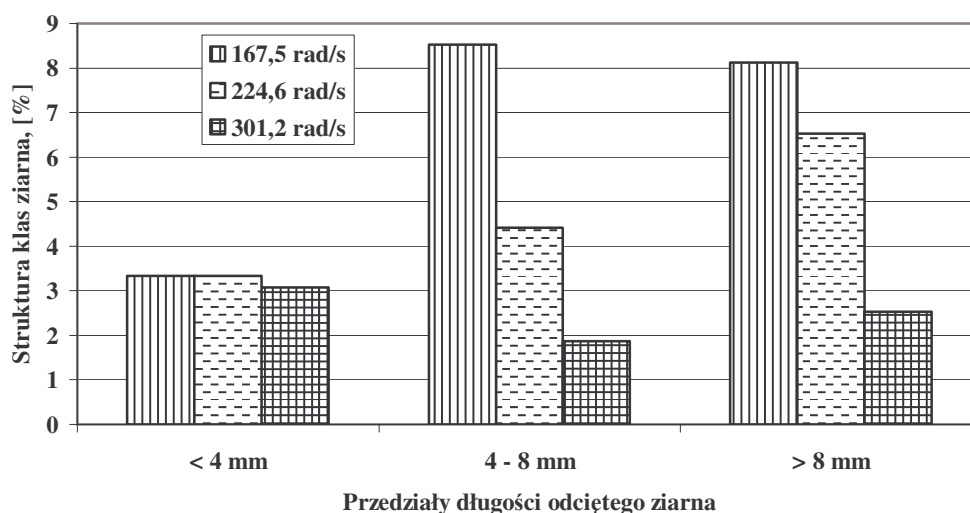
Fig. 3. The size of energy consumption at seed cutting depending upon the angle speed of knife head

Również wzrost prędkości głowicy nożowej powodował zwiększenie ilości odciętej masy ziarna kukurydzy o 20,5% dla odmiany Candle, 16,5% dla odmiany Helena i blisko 10% dla odmiany Jubilee (rys. 4).



Rys. 4. Stopień odciętej masy ziarna w zależności od prędkości kątowej głowicy nożowej  
 Fig. 4. Cut off seed weight degree depending upon the knife head angle speed

Wzrost prędkości głowicy nożowej w zakresie od 167,5 do 301,2  $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ , przy stałej prędkości podajnika kolb ( $0,31 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) wpłynął na zmniejszenie udziału ziarna gorszej jakości w zależności od długości jego cięcia (rys. 5). W przypadku odciętego ziarna o długości poniżej 4 mm udział ten zmniejszył się zaledwie o 0,3%, natomiast dla ziarna o długości 4-8 mm o blisko 6,7% i dla ziarna o długości powyżej 8 mm o ponad 5,5%. Reasumując należy stwierdzić, że prędkość kątowna głowicy nożowej miała bardzo duży wpływ na zwiększenie ilości odciętej masy ziarna oraz na zmniejszenie energochłonności procesu odcinania ziarna i udziału ziarna gorszej jakości.



Rys. 5. Struktura klas ziarna gorszej jakości w zależności od prędkości kątowej głowicy nożowej i długości jego cięcia  
 Fig. 5. Lower quality seed class structure depending upon the angle speed of the knife head and the cutting length

## **Wnioski**

Wielkość nakładów pracy przy ręcznym zbiorze kolb stanowiła ponad 80% nakładów ponoszonych na proces produkcji kukurydzy cukrowej, tj. około  $140,5 \text{ rbh}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Ze względu na wysoką pracochłonność zbioru ręcznego kolb może on być stosowany na małych powierzchniach uprawy. Natomiast najwyższe nakłady energetyczne ponoszone na produkcję ziarna kukurydzy dotyczyły uprawy gleby i wynosiły  $340 \text{ kWh}\cdot\text{ha}^{-1}$ , co stanowiło około 51% łącznych nakładów.

Zmiana prędkości głowicy nożowej powodowała wzrost poboru energii elektrycznej w czasie biegu jałowego o 33% oraz jego spadek w procesie odcinania ziarna o 74%. Całkowity pobór energii elektrycznej podczas oddzielania ziarna od kolb kukurydzy przy najwyższej prędkości głowicy zmniejszył się o około 18%. Spowodowane to było mniejszymi oporami cięcia ziarna i krótszym czasem trwania tego procesu.

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że wzrost prędkości głowicy nożowej wpływał na zwiększenie ilości odciętej masy ziarna kukurydzy o 10-20% oraz na zmniejszenie udziału ziarna gorszej jakości o 5-7%, którego długość cięcia przekraczała 4 mm. Zależności te można tłumaczyć większym odkształceniem plastycznym ziaren o wysokiej wilgotności, które przy niższych prędkościach głowicy nożowej ulegały większemu odkształceniu w trakcie odcinania. Duży wpływ na jakość i ilość odcinanej masy ziarna miały także odmiany i cechy fizyczne kolb kukurydzy cukrowej.

## **Bibliografia**

- Gieroba J., Dreszer K., Niedziółka I. 1994. Proces mechanicznego oddzielania ziarna od kolb kukurydzy. *Post. Nauk Rol.*, 1, 89-101.
- Marr Ch., W., Tisserat N. 1995. Sweet corn. *Hort. and Lands.*, 11, 1-8.
- Niedziółka I. 2004. Technika zbioru kolb kukurydzy cukrowej. *Tech. Rol., Ogrod., Leś.*, 4, 13-16.
- Niedziółka I., Szymanek M. 2002. Wpływ warunków zbioru i przechowywania na jakość kolb kukurydzy cukrowej. *Kukurydza*, 2(20), 51-52.
- Niedziółka I., Szymanek M., Rybczyński R. 2003. Metodyczne aspekty procesu cięcia ziarna kukurydzy cukrowej. *Acta Agrophysica*, cz. II, 83, 131-139.
- Szymanek M. 2004. Analiza właściwości mechanicznych ziarna kukurydzy cukrowej oraz procesu jego oddzielania od rdzeni kolb. *Rozprawa dokt., Kat. Maszyn. Rol. AR Lublin*.
- Waligóra H., Dubas A., Swulińska-Katulaska A. 1998. *Kukurydza cukrowa*. Wyd. Multum, Poznań.
- Warzecha R. 2003. Słodki smak kukurydzy. *Owoce, Warzywa, Kwiaty*, 6, 20-21.

## **Technology of production and processing of sweet corn cobs**

### **Summary**

The results of investigations on the production and cutting kernels off sweet corn cobs were presented. The analyses pertained to the qualification of physical properties of sweet corn cobs and kernels of chosen varieties. The expenditures of labour and energy in practical technology of production, quality and energy consumption of cutting as well as the quantity of the cut off kernel mass during its separation from cobs was studied also. The investigations confirmed the considerable influence of the angular speed of the knife head on the analysed parameters of the kernels cutting process. With increasing speed of the knife head, increased the amount of kernels of longer cut and larger weight, that is the losses of kernels and nutrients were lower.

**Key words:** sweet corn, cobs, kernels, production technology, process of cutting kernels, energy consumption of cutting



**Spis tabel i rysunków do artykułu,  
pt. „Technologia produkcji i obróbki kolb kukurydzy cukrowej”**

Tabela 1. Charakterystyka kolb kukurydzy cukrowej badanych odmian

Rys. 1. Struktura nakładów pracy w stosowanej technologii produkcji kukurydzy cukrowej:  
U – uprawa gleby, N – nawożenie i ochrona roślin, S – siew nasion, Z – zbiór ręczny kolb, T – transport kolb, O – obróbka kolb

Rys. 2. Struktura nakładów energetycznych w stosowanej technologii produkcji kukurydzy cukrowej: U – uprawa gleby, N – nawożenie i ochrona roślin, S – siew nasion, Z – zbiór ręczny kolb, T – transport kolb, O – obróbka kolb

Rys. 3. Wielkość poboru energii cięcia ziarna w zależności od prędkości kątowej głowicy nożowej

Rys. 4. Wielkość odciętej masy ziarna w zależności od prędkości kątowej głowicy nożowej

Rys. 5. Struktura klas ziarna gorszej jakości w zależności od prędkości kątowej głowicy nożowej i długości jego cięcia