

ACTA AGROPHYSICA



**Ignacy Niedziółka, Mariusz Szymanek,
Rafał Rybczyński**

**TECHNOLOGIA PRODUKCJI
KUKURYDZY CUKROWEJ**

114

**Instytut Agrofizyki
im. Bohdana Dobrzańskiego PAN
w Lublinie**

**Rozprawy i Monografie
2004 (8)**

Komitet Redakcyjny

Redaktor Naczelny

Ryszard T. Walczak, czł. koresp. PAN

Zastępca Redaktora Naczelnego

Józef Horabik

Sekretarz Redakcji

Wanda Woźniak

Rada Redakcyjna

Tomasz Brandyk, czł. koresp. PAN - przewodniczący

Ryszard Dębicki

Bohdan Dobrzański

Danuta Drozd

Franciszek Dubert

Tadeusz Filipek

Józef Fornal

Jan Gliński, czł. rzecz. PAN

Grzegorz Józefaciuk

Eugeniusz Kamiński

Andrzej Kędziora

Tadeusz Kęsik

Krystyna Konstankiewicz

Janusz Laskowski

Jerzy Lipiec

Piotr P. Lewicki

Stanisław Nawrocki, czł. rzecz. PAN

Edward Niedźwiecki

Viliam Novák, Słowacja

Josef Pecen, Czechy

Tadeusz Przybysz

Stanisław Radwan, czł. koresp. PAU

Jan Sielewiesiuk

Witold Stępniewski

Zbigniew Ślipek

Bogusław Szot

Opiniowała do druku

prof. dr hab. Małgorzata Bzowska-Bakalarz

Adres redakcji

Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, P.O. Box 201
20-290 Lublin 27, tel. (0-81) 744-50-61, e-mail: editor@demeter.ipan.lublin.pl
<http://www.ipan.lublin.pl>

Publikacja indeksowana przez
Polish Scientific Journals Contents - Life Sci. w sieci Internet
pod adresem <http://www.psjc.icm.edu.pl>

Pracę wykonano w ramach projektu badawczego nr 3 P06R 101 25 finansowanego
przez Komitet Badań Naukowych w latach 2003-2004

© Copyright by Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, Lublin 2004

ISSN 1234-4125

Wydanie I. Nakład 150 egz. Ark. wyd. 6,8
Skład komputerowy: Agata Woźniak, Wanda Woźniak
Druk: Drukarnia ALF-GRAF, ul. Kościuszki 4, 20-006 Lublin

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	5
2. POCHODZENIE I ZNACZENIE GOSPODARCZE KUKURYDZY CUKROWEJ	6
2.1. Początki uprawy kukurydzy cukrowej	6
2.2. Kierunki wykorzystania i wartość odżywcza ziarna kukurydzy cukrowej	7
3. WYMAGANIA AGROTECHNICZNE UPRAWY KUKURYDZY CUKROWEJ	11
3.1. Wymagania klimatyczno-glebowe	11
3.2. Uprawa roli i nawożenie	12
3.3. Siew i pielęgnacja roślin	16
4. CHARAKTERYSTYKA ODMIAN KUKURYDZY CUKROWEJ	21
4.1. Odmiany normalnie słodkie	24
4.2. Odmiany o podwyższonej zawartości cukru	25
4.3. Odmiany bardzo słodkie	26
5. METODY ZBIORU KOLB KUKURYDZY CUKROWEJ	30
5.1. Zbiór ręczny kolb kukurydzy	31
5.2. Zbiór kolb maszynami przyczepianymi	32
5.3. Zbiór kombajnowy kolb kukurydzy	37
6. TECHNIKA OBRÓBKİ KOLB KUKURYDZY CUKROWEJ	43
6.1. Urządzenia do odkoszulkowywania kolb kukurydzy	43
6.2. Urządzenia do oddzielania ziarna od rdzeni kolb	47
7. ANALIZA PROCESU MECHANICZNEGO ODDZIELANIA ZIARNA KUKURYDZY CUKROWEJ	53
7.1. Testy wytrzymałościowe ziarna kukurydzy cukrowej	53
7.2. Ocena procesu odcinania ziarna kukurydzy	61
8. OCENA EFEKTYWNOŚCI PRODUKCJI KUKURYDZY CUKROWEJ	65
8.1. Analiza nakładów robocizny	65
8.2. Analiza energochłonności produkcji kukurydzy cukrowej	68
8.3. Ocena ekonomiczna produkcji kukurydzy cukrowej	70
9. PODSUMOWANIE I WNIOSKI	74
10. PIŚMIENNICTWO	76
11. STRESZCZENIE	80
12. SUMMARY	81

1. WSTĘP

Kukurydza odznacza się dużym bogactwem form o bardzo zróżnicowanych cechach botanicznych i użytkowych. Spośród wielu uprawianych podgatunków kukurydzy coraz bardziej liczącym staje się kukurydza cukrowa (*Zea mays ssp. saccharata*). Jej walory smakowe i odżywcze spowodowały, że jest chętnie uprawiana we wszystkich krajach, a rozmiary tej produkcji ciągle wzrastają. Kukurydza cukrowa jest znana od XVIII wieku. To podgatunek kukurydzy, który głównie przeznaczony jest na cele spożywcze i zaliczany do warzyw. Jako warzywo trafia na świeży rynek do bezpośredniej konsumpcji, do przemysłu przetwórczego owocowo-warzywnego na mrożonki i konserwy oraz do przerobu przemysłowego. Jest rośliną uprawną i całkowicie udomowioną. Nigdzie nie rośnie w stanie dzikim. Przed samosiewem chroni ją silne umocowanie ziarniaków na rdzeniu kolby oraz osłonięcie kolby kilkoma warstwami liści okrywowych, uniemożliwiających ich osypywanie się [10,22,33,77,86].

Kukurydza cukrowa wymaga odpowiednich zabiegów hodowlanych oraz uprawowych. Bez udziału człowieka nie może sama rozwijać się. Wymagania klimatyczne i glebowe kukurydzy cukrowej są zbliżone do wymagań kukurydzy pastewnej. W Polsce może być uprawiana na terenie całego kraju za wyjątkiem rejonów północno-wschodnich. Najbardziej popularna jest w naszym kraju na południu i na wschodzie. Powierzchnia jej uprawy systematycznie zwiększa się i wynosi obecnie około 3500 ha. Jednak jej spożycie w kraju jest nadal niewielkie i nie przekracza 1 kg na osobę. Brak tradycji w uprawie i konsumpcji kukurydzy cukrowej oraz problemy związane ze zbytem stanowią ograniczenia w szerokim rozpowszechnianiu w naszym kraju tej cennej rośliny [14,24,63,82].

Kukurydza cukrowa jest produktem nietrwałym, który musi być po zbiorze jak najszybciej dostarczony w postaci świeżych kolb na rynek lub trafić do przerobu na konserwy bądź mrożonki w postaci ziarna. W naszym kraju dojrzewa ona w sierpniu i we wrześniu. Aby wydłużyć okres podaży kolb przeznaczonych do bezpośredniego spożycia stosuje się m.in. zróżnicowane terminy siewu, wykorzystuje odmiany o różnym stadium dojrzewania lub przykrywa glebę folią [3,16,30].

W Polsce istnieją korzystne warunki klimatyczne i glebowe do produkcji kukurydzy cukrowej. To, że dostarcza ona wartościowego, smacznego i zdrowego pożywienia dla ludzi i zwierząt gospodarskich powoduje, że przed kukurydzą cukrową istnieją duże perspektywy jej uprawy. Może być spożywana przez cały rok i wykorzystywana do przygotowywania wielu rodzajów potraw, a tym samym wpływać na urozmaicenie naszego jadłospisu. W tej sytuacji możliwość szerokiego wykorzystania spożywczego jako rośliny warzywniej, wskazuje na celowość

zwiększenia jej produkcji w kraju. Wiadomo również, że ta bogata w białko, witaminy, mikroelementy i cukry roślina warzywna, zasługuje w pełni na szersze jej rozpowszechnienie [14,30,73,79,83,85].

W ostatnich latach w Polsce wzrasta liczba gospodarstw zainteresowanych uprawą kukurydzy cukrowej. Związane to jest z pojawieniem się na rynku nowych mieszkańców dobrze plonujących w naszych warunkach klimatycznych i glebowych. Przeciętne plony kolb wraz z liśćmi okrywowymi wynoszą od 12 do 18 t·ha⁻¹, przy zawartości wody w ziarnie 72-76%, natomiast liczba kolb może wynosić 40-60 tys. szt.·ha⁻¹. Obecnie w sprzedaży znajduje się ponad 40 odmian mieszańcowych kukurydzy cukrowej, które mogą być z powodzeniem uprawiane w kraju [1,20,25,41,75,81].

W stosowanych dotychczas technologiach produkcji kukurydzy cukrowej, w większości przypadków kolby zbierane były ręcznie. Dopiero w ostatnich latach w Polsce pojawiły się wysoko wydajne kombajny do zbioru kolb kukurydzy. Również zakłady owocowo-warzywne zajmujące się przetwórstwem ziarna kukurydzy cukrowej stosują coraz doskonalsze linie technologiczne do obróbki kolb. W związku z tym ciągły wzrost produkcji powoduje poszukiwanie nowych i bardziej wydajnych ekonomicznie sposobów zbioru i wykorzystania kukurydzy cukrowej [5,43,44,47,48,65,78].

2. POCHODZENIE I ZNACZENIE GOSPODARCZE KUKURYDZY CUKROWEJ

2.1. Początki uprawy kukurydzy cukrowej

Pochodzenie kukurydzy oraz początki jej uprawy nie są dokładnie określone. Najstarsze znaleziska i dane o udomowionej kukurydzy pochodzą z wykopalisk w pieczarach Meksyku. Świadczą one o tym, że ojczyzną tej cennej rośliny jest Ameryka Środkowa, a dokładniej Meksyk. Przez Meksyk rozpowszechniła się w Ameryce Południowej (Chile, Peru, Boliwia) oraz Północnej (USA i Kanada).

Kukurydza odegrała znaczącą rolę w rozwoju kultury meksykańskiej. Była obiektem wierzeń i kultu religijnego. Większość obrzędów religijnych miało na celu zwiększenie urodzaju tej wysoko cenionej rośliny. W cywilizacji Majów, Azteków na Jukatanie i w Meksyku oraz Inków w Ameryce Południowej stanowiła jeden z najbardziej ulubionych pokarmów [35,39,86,91].

Udomowiona przez Indian ulegała ciągłej ewolucji. W związku z przekrzyżowaniem różnych odmian doprowadzono do wykształcenia typów kukurydzy podobnych do odmian współcześnie uprawianych. Pierwszymi hodowcami znanej obecnie kukurydzy cukrowej byli Indianie peruwiańscy. Spośród kilku podgatunków kukurydzy, kukurydza cukrowa jest użytkowana jako roślina warzywna [19,37,8].

Pierwsze wzmianki o kukurydzy cukrowej pochodzą z 1779 roku. Podgatunek ten o nazwie *Zea mays ssp. saccharata* został wyodrębniony w 1820 r. Pierwszym hodowcą i producentem nasion odmian mieszańcowych był Noyes Darling z New Haven ze stanu Connecticut. Jednak dopiero z początkiem XX wieku rozpoczęła się produkcja mieszańców kukurydzy cukrowej na szerszą skalę. Pomimo, że roślina ta była znana w Europie wcześniej, większego znaczenia gospodarczego nabrała po II wojnie światowej. Również w Polsce zaczęto uprawiać kukurydzę cukrową na dużych arealach pod koniec XX wieku [33,61,67,69].

Największym producentem i eksporterem kukurydzy cukrowej jest USA. Dynamiczny rozwój hodowli spowodował, że stała się ważną rośliną uprawną i jest „warzywem narodowym”. Jej spożycie przekracza 10 kg na mieszkańca USA. Od wielu lat cieszy się także dużą popularnością w Europie. Moda na zdrową żywność spowodowała, że atrakcyjność tej rośliny również w Polsce systematycznie rośnie. Wielkość powierzchni uprawy kukurydzy cukrowej w wybranych krajach przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Powierzchnia uprawy kukurydzy cukrowej w wybranych krajach [78]

Table 1. The area of sweet corn cultivation in selected countries [78]

Kraj – Country	Powierzchnia uprawy Area of cultivation (ha)
USA	300000
Australia	40000
Francja – France	25000
Węgry – Hungary	24000
Niemcy – Germany	7000
Izrael – Israel	4400
Włochy – Italy	3800
Hiszpania – Spain	3000
Polska – Poland	3500

2.2. Kierunki wykorzystania i wartość odżywcza ziarna kukurydzy cukrowej

Ziarno kukurydzy cukrowej może być spożywane zarówno w stanie świeżym, jak i przetworzonym. W praktyce wyróżnia się najczęściej trzy podstawowe kierunki jego wykorzystania [79,80]:

- bezpośrednia konsumpcja, zbiór kolb w stadium dojrzałości mlecznej ziarna, na tzw. świeży rynek (ok. 20%);
- przetwórstwo owocowo-warzywne, zbiór kolb w stadium dojrzałości późno-mlecznej ziarna, na marynaty (ok. 70%) i mrożonki (ok. 10%);

– przerób przemysłowy, zbiór kolb w stadium dojrzałości pełnej ziarna, na mąkę, kaszę, itp. (ok. 1%).

Kukurydza cukrowa zawiązuje i wykształca zwykle od 1 do 2-3 kolb. Ich długość wynosi od 10 do 20 cm. Są one otoczone kilkoma warstwami ściśle przylegających błoniastych liści okrywowych. Częścią jadalną są ziarniaki umieszczone na rdzeniach kolb w kilkunastu regularnych rzędach. Zawierają one amylodekstryny, które stanowią substancję zapasową bielma i nadają im słodki smak. Ziarniaki poszczególnych odmian różnią się między sobą kształtem, barwą, wielkością, zawartością składników pokarmowych oraz konsystencją [29,52].

Ziarno kukurydzy posiada bogate wartości odżywcze. Zawiera duże ilości białka oraz większość witamin i mikroelementów. Bogate jest także w cukry. Kukurydza cukrowa użytkowana jako warzywo nadaje się do bezpośredniej konsumpcji, gdyż ziarno w stadium dojrzałości mlecznej jest miękkie i zawiera 74-76% wody. Ponadto ziarniaki odmian bardzo słodkich posiadają dużo cukrów rozpuszczalnych w wodzie (6-12%). Wysoka wartość dietetyczna i energetyczna ziarna (tab. 2) powoduje, że jest chętnie spożywane przez dorosłych i dzieci.

Tabela 2. Skład chemiczny i wartość energetyczna kukurydzy cukrowej w 100 g świeżych ziarniaków [27]
Table 2. Chemical composition and energetic value of sweet corn in 100 g of fresh kernels [27]

Makroelementy – Macroelements (mg)					β-ka- roten, (μg)	Witaminy – Vitamins (mg)				
K	P	Mg	Na	Ca		C	E	B ₁	B ₂	PP
283	102	37	7	6	56	12,0	0,52	0,143	0,080	1,70

Wartość energetyczna Energetic value		Białko Protein	Tłuszcz Fat	Węglowodany Carbohy- drates	Błonnik Cellulose	Energia uzyskana z – Energy with:		
						Białka Protein	Tłuszczu Fat	Węglowodanów Carbohydrat es
(kJ)	(kcal)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)	(%)	(%)
460	111	3,7	1,5	23,4	3,3	14	12	74

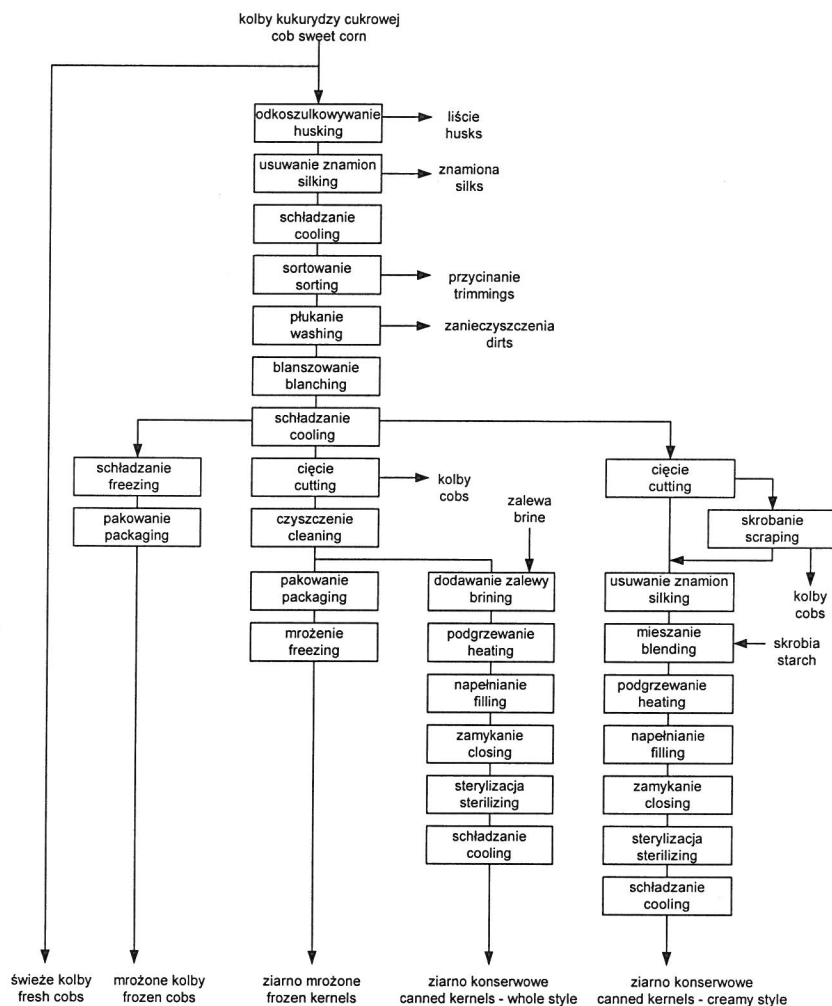
Do cennych składników ziarna kukurydzy cukrowej należą również takie mikroelementy, jak: selen, chrom, cynk, miedź, nikiel i żelazo. Na szczególną uwagę zasługuje selen, który z witaminą E i β-karotenem ogranicza aktywację metaboliczną kancerogenów oraz przyczynia się do detoksykacji substancji szkodliwych dla naszego organizmu. Znaczącą rolę odgrywa także błonnik, który przyspiesza perystaltykę jelit, ułatwiając przechodzenie treści pokarmowej przez

układ pokarmowy oraz obniża wchłanianie cholesterolu i stężenie glukozy we krwi, a tym samym działa przeciwmiażdżycowo [27,60,62]. Kukurydza cukrowa ze względu na posiadane wartości odżywcze i smakowe stanowi istotny składnik diety ludzi na całym świecie. Jest bardzo popularna wśród wegetarian. Ziarniaki kukurydzy cukrowej nie zawierają glutenu, co sprawia, że zajmują one znaczącą pozycję w diecie bezglutenowej. Podstawowym składnikiem pieczywa bezglutenowego i odżywek dla dzieci chorych na celiakię jest mąka z ziarna kukurydzy cukrowej. Stanowi ona cenny surowiec do produkcji zdrowej żywności. Obecnie w jadłospisach znajdują się różne grupy potraw z udziałem kukurydzy cukrowej. Najbardziej popularne są sałatki z udziałem konserwowej kukurydzy cukrowej. Natomiast gorsze jakościowo ziarno kukurydzy cukrowej przeznaczone jest na karmę dla zwierząt domowych. Jest ono źródłem wysoko energetycznej paszy dla zwierząt gospodarskich, a szczególnie dla drobiu i trzody chlewnej [7,28,36,42,69].

Najwyższą wartość smakową mają ziarniaki zbierane we wczesnej fazie dojrzałości mlecznej. Są wówczas bardzo słodkie, delikatne i soczyste. Największą zawartość cukrów mają ziarniaki w świeżych kolbach i nie w pełni wyrośniętych. Przy opóźnionym zbiorze ich wartość znacznie się pogarsza. Stają się twarde i mączyste, maleje w nich zawartość sacharozy, która nadaje słodki smak, a wzrasta udział skrobi. To powoduje zmniejszenie ich przydatności do bezpośredniej konsumpcji. Z kolei do gotowania najbardziej odpowiednie są kolby w pełnej lub końcowej fazie dojrzałości mlecznej. W celu wydłużenia bezpośredniego spożycia kukurydzy cukrowej, stosuje się mrożenie całych kolb lub samego ziarna. Obgotowane a następnie zamrożone kolby mogą być przechowywane przez kilka miesięcy. Zabieg ten ma na celu przerwanie aktywności enzymów, powodujących konwersję cukrów prostych w skrobię i zmianę zabarwienia ziarna [4,11,49,68,92].

Głównym kierunkiem wykorzystania kukurydzy cukrowej jest użycie jej jako surowca dla przemysłu przetwórczego (rys. 1). W tym przypadku, w czasie zbioru kukurydza cukrowa powinna być w fazie dojrzałości późno-mlecznej. Charakteryzuje się wówczas błyszczącym, żółtym lub białym ziarnem, które posiada najwięcej składników pokarmowych. Zawartość suchej masy w ziarnie wynosi wówczas 24-28%.

W trakcie przerobu przemysłowego uzyskuje się przetwory, konserwy i mrożonki. Najbardziej znane na naszym rynku przetwory obejmują ziarno kukurydzy cukrowej w zalewie z dodatkiem cukru, mieszanki mrożone z innymi warzywami oraz konserwy mięsno-warzywne, w których jednym ze składników jest kukurydza cukrowa [12,63,77].



Rys. 1. Sposoby wykorzystania kolb i ziarna kukurydzy cukrowej [21]

Fig. 1. Ways of utilization of cobs and kernels of sweet corn [21]

Mrożenie kukurydzy cukrowej w warunkach przemysłowych, podobnie jak w domowych poprzedzane jest procesem blanszowania. Zamrażanie odbywa się w temperaturze -40°C , a zamrożoną kukurydzę przechowuje się w temperaturze około -20°C . Kukurydzę cukrową zamrażają liczne zakłady na terenie kraju, a wśród nich: Przedsiębiorstwo Przemysłu Chłodniczego w Poznaniu, ZPOW Hortex w Środzie Wielkopolskiej, Chłodnie w Toruniu, Koszalinie, Dębicy i we Włocławku. Natomiast konserwy z kukurydzy cukrowej i przetwory produkują

między innymi: ZPOW Rajdimpex, Pudliszki S.A., ZPOW Kwidzyń, Dawtona Leszno i ZPOW Ziębice [20,76].

Najmniej rozpowszechnionym kierunkiem wykorzystania kukurydzy cukrowej w Polsce jest przerób przemysłowy dojrzałego ziarna na kaszę lub mąkę. Wiąże się to z faktem braku mieszańców zapewniających uzyskanie odpowiednio niskiej wilgotności ziarna w warunkach polowych oraz pełnej jego dojrzałości, która jest niezbędna do otrzymania produktu wysokiej jakości. Wilgotność ziarna w stadium technicznej dojrzałości podczas jego zbioru powinna wynosić od 30 do 40%. W związku z tym produkcja kukurydzy cukrowej na ziarno w Polsce jest przeznaczana do bezpośredniej konsumpcji i dla przetwórstwa owocowo-warzywnego [14,64,75,83].

3. WYMAGANIA AGROTECHNICZNE PRODUKCJI KUKURYDZY CUKROWEJ

3.1. Wymagania klimatyczno-glebowe

Kukurydza cukrowa należy do roślin ciepłolubnych i wymagających dużego nasłonecznienia oraz odpowiedniej wilgotności. Jest wprawdzie rośliną dnia krótkiego, wykazuje jednak mniejszą od innych podgatunków reakcję fotoperiodyczną. Temperatura i opady to czynniki decydujące o prawidłowym wzroście rozwoju i plonowaniu kukurydzy. Do szybkich i równych wschodów wymagana jest temperatura powyżej 10°C. Niższe temperatury i wysoka wilgotność powodują opóźnienie wschodów i ich przerzedzenie. Również wysoka wilgotność gleby powoduje gnicie kiełkujących nasion zarówno w niskich, jak i wysokich temperaturach. Temperatura optymalna od wschodów do kwitnienia wynosi 21-27°C. W czasie kwitnienia, bardzo szkodliwa jest temperatura powyżej 30°C, przy jednoczesnej niskiej wilgotności. Takie warunki powodują zmniejszenie żywotności pyłku, co doprowadza do sytuacji, że nie wszystkie kwiaty w kolbie są zapłodnione, a wówczas kolba ma niepełne zaziarnienie [50, 71, 80].

Kukurydza reaguje na wiosenne i jesienne przymrozki. Przygruntowe przymrozki występujące często w Polsce w okresie wschodów powodują zahamowanie wzrostu młodych roślin, ale nie powodują ich wyginiecia. Bardziej szkodliwe są wczesne przymrozki jesienne, które mogą powodować usychanie liści, a nawet pęknięcie ziarniaków. Po ich wystąpieniu niezwłocznie dokonuje się zbioru. Najodpowiedniejsza temperatura do zbioru kukurydzy cukrowej to 10-16°C. Wówczas cukry proste zawarte w ziarnie przemieniają się bardzo powoli w skrobię. Długość okresu wegetacji roślin zależy przede wszystkim od temperatury powietrza, nasłonecznienia, ilości opadów, terminu siewu i żyzności gleby. Może on wydłużyć się od kilku do kilkunastu dni w latach chłodnych, pochmurnych i suchych, w porównaniu z latami ciepłymi, słonecznymi oraz wilgotnymi. Kukurydza

cukrowa najlepiej rośnie i rozwija się w warunkach dobrego naświetlenia, a w związku z tym wymaga właściwej obsady roślin na jednostce powierzchni uprawy [31,33,70].

Wymagania wodne kukurydzy są duże w całym okresie wegetacji i wynoszą około 400 mm. Dobrze rozwinięty wiązkowy system korzeniowy sięgający w głąb gleby powoduje, że kukurydza w mniejszym stopniu niż inne rośliny uprawne reaguje na czasowe braki wody. Zapotrzebowanie na wodę zależy od fazy rozwoju kukurydzy. Najniższe jest w początkowym okresie wegetacji (ok. 100 mm), a maksymalne przypada na okres kwitnienia i zawiązywania kolb (150-200 mm). Z kolei w czasie dojrzewania kolb zapotrzebowanie na wodę maleje i wynosi od 50 do 100 mm. Na plonowanie kukurydzy cukrowej w sposób negatywny wpływają silne wiatry oraz grad, jeśli wystąpią w fazie kwitnienia. Warunki klimatyczne Polski są odpowiednie do uprawy kukurydzy cukrowej. Najkorzystniejsze istnieją na zachodzie i południu kraju, tj. w rejonach gdzie uprawia się kukurydzę pastewną na ziarno.

Kukurydza cukrowa nie należy do roślin o zbyt wysokich wymaganiach glebowych. Można ją uprawiać na większości typach gleb występujących w Polsce. Do wyjątków należą gleby podmokłe, zimne, bardzo ciężkie, ilaste, suche piaszczyste, podgórskie i górskie. Najbardziej odpowiednie to gleby żyzne zasobne w próchnicę, o dużej pojemności wodnej, ciepłe, przewiewne i zawierające przyswajalne składniki pokarmowe. Są to czarnoziemy, czarne ziemie i lessy. Uzyskanie wysokich i jakościowo dobrych plonów zależy od wystawy gleby. Najbardziej odpowiednia jest wystawa południowa powodująca wiosną dobre nagrzanie gleby. Kukurydza cukrowa odznacza się dużą tolerancją na odczyn gleby. Najwyższe plony uzyskuje się na glebach o odczynie zbliżonym do obojętnego (pH 6,0-6,5).

3.2. Uprawa roli i nawożenie

Kukurydza cukrowa wymaga, aby w zmianowaniu była uprawiana wyłącznie w plonie głównym. Możliwości jej uprawy nie ogranicza przedplon, który jedynie powinien umożliwiać terminowe wykonanie orki przedzimowej. Jest ona dla tego warzywa głównym zabiegiem uprawowym. Najlepszym przedplonem są okopowe na oborniku, motylkowe drobnonasienne, mieszanki motylkowatych z trawami, rośliny przemysłowe, mieszanki strączkowo-zbożowe oraz zboża. Kukurydza cukrowa źle znosi uprawę w monokulturze. Ze względów fitosanitarnych można ją uprawiać na tym samym polu nie częściej niż co 4-5 lat [33,77]. Wieloletnia uprawa po sobie powoduje zubożenie gleby w mikroelementy oraz nasilenie występowania chwastów i chorób, co w znaczący sposób może obniżyć jakość surowca.

Podstawowym warunkiem uzyskania wysokich i jakościowo dobrych plonów jest starannie i głęboko wykonana uprawa gleby. Powinna ona zapewnić właściwą

pulchność roli, korzystne stosunki powietrzno-wodne i sprzyjające warunki cieplne. Dlatego bardzo dokładnie powinny być wykonane wszystkie zabiegi uprawowe jesienne i wiosenne. Przygotowanie pola pod uprawę należy rozpocząć już w roku poprzednim bezpośrednio po zbiorze przedplonu [73].

Do jesiennych zabiegów uprawowych zalicza się:

- podorywkę stosowaną po zbiorze roślin zbożowych;
- orkę przedzimową wykonaną na głębokości 25 do 30 cm (jest to uzależnione od miąższości gleby). W przypadku płytkiej warstwy ornej należy wykonać orkę z pogłębiaczem. Również stosowanie obornika wymaga przyorania go jesienią.

Natomiast wiosenne zabiegi uprawowe powinny obejmować:

- wczesne włókowanie lub bronowanie roli, powtarzane ponownie w przypadku zachwaszczenia lub zaskorupienia gleby;
- kultywatorowanie przed siewem na głębokości 8 do 10 cm z wałem strunowym.

Do doprowadzania gleby przed siewem nasion korzystne jest stosowanie zestawu uprawowego składającego się z kultywatora wąskozębnego oraz dwóch wałów strunowych umieszczonych przed i za kultywatorem. Natomiast niekorzystnym zabiegiem w uprawie kukurydzy cukrowej jest orka wiosenna prowadząca do przesuszenia gleby. Wiosną rola powinna być tak doprowadzona, aby nasiona zostały umieszczone na jednakowej głębokości w spulchnionej i ogrzanej warstwie gleby i miały łatwy dostęp do wody oraz składników pokarmowych.

Kukurydza cukrowa ma podobne wymagania pokarmowe, jak kukurydza pastewna. Dobrze wykorzystuje składniki zawarte w nawozach organicznych i mineralnych. Nawożenie jest jednym z czynników przesądających o wielkości plonów kukurydzy cukrowej i ich jakości. Decyduje także o możliwości sprzedaży towaru po wyższej cenie, co bezpośrednio wpływa na wielkość uzyskiwanych dochodów.

W uprawie kukurydzy cukrowej zalecane jest stosowanie obornika przyoranego jesienią. Ten nawóz organiczny wprowadza do gleby podstawowe składniki pokarmowe i mikroelementy. Dawka $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ obornika dostarcza ok. 120 kg N, 90 kg P_2O_5 , 180 kg K_2O i 50 kg MgO, przy czym w pierwszym roku wykorzystywane jest ok. 30% azotu i fosforu oraz 80% potasu. Stąd też nawożenie obornikiem w niższych dawkach i na słabszych glebach wymaga uzupełniającego nawożenia mineralnego. Większość dawek nawożenia mineralnego jest uzależniona od warunków glebowych i stanowiska w zmianowaniu. Właściwe nawożenie mineralne pod kukurydzę cukrową uzależnione jest od zasobności gleby i powinno zawierać się w granicach [26,33,40,77]:

- $100\text{--}150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$,
- $70\text{--}90 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$,

- 150-200 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$,
- 30-40 kg $MgO \cdot ha^{-1}$.

Coraz większą popularność dzięki swej efektywności zyskuje połączenie nawożenia powierzchniowego z nawożeniem startowym. Z założenia technologia nawożenia startowego stosowana jest jako uzupełnienie nawożenia przedsiewnego. Jednak nowe formy pierwiastków zawarte w nowoczesnych nawozach dają możliwość zastosowania większej części (a czasem nawet całej dawki nawozu) łącznie z wysiewem nasion i bez obawy o uszkodzenia wschodzących roślin. W ustalaniu dawek należy pamiętać, że efektywność nawożenia startowego jest o 25% wyższa w stosunku do nawożenia powierzchniowego. Warunkiem zastosowania nawożenia startowego jest posiadanie specjalnego siewnika, który zapewni umieszczenie nawozu w odpowiednim miejscu – minimum 5 cm poniżej i obok nasion kukurydzy. Dbanie o prawidłowy odczyn i regularne przeprowadzanie analizy zasobności gleby w składniki pokarmowe pozwala stosować precyzyjne nawożenie „pod plon”, bez zbędnej ilości przejazdów oraz groźby pogorszenia wielkości i jakości plonu.

Prawidłowe nawożenie powoduje dobre ukorzenie kukurydzy i właściwy jej rozwój. Zwiększa także jej odporność na choroby i wpływa istotnie na wielkość i jakość plonów. Kukurydza cukrowa najintensywniej pobiera potas i azot, a mniejsze zapotrzebowanie wykazuje na fosfor, wapń i magnez. Potas, którego kukurydza cukrowa gromadzi wyjątkowo dużo głównie w łodygach, najintensywniej pobierany jest od fazy 5-6 liści i w czasie kwitnienia. Następnie pobieranie zmniejsza się i trwa do końca wegetacji. Niedobór potasu powoduje zahamowanie wzrostu kukurydzy, słabe wypełnienie ziarna, zmniejszenie odporności na choroby i wytrzymałości roślin na trudne warunki środowiskowe, tj. zwiększa ich podatność na wyleganie. Charakterystyczne objawy niedoboru potasu to pojawienie się plam na brzegach liści i ciemnozielone zabarwienie liści. Nawozy potasowe najlepiej stosować podczas wykonywania orki przedzimowej [14,83].

Azot jest najintensywniej pobierany przez kukurydzę podczas kwitnienia, a nieco wolniej przez cały okres wegetacji. Pobieranie azotu przez rośliny jest uzależnione od pogody. W temperaturze poniżej 5°C przebiega ono bardzo wolno, natomiast najintensywniej w temperaturze 20-25°C. Ograniczone pobieranie azotu w okresie wczesno-wiosennym powoduje zahamowanie wzrostu i żółknięcie liści kukurydzy cukrowej, a w późniejszym okresie wpływa na kształt liści. Są one wąskie, bladezielone i wczesnie zasychają. W wyniku tego plony są niskie i złe jakościowo. Zapotrzebowanie kukurydzy cukrowej na azot trwa aż do końca wegetacji. Dlatego przy uprawie trzeba stosować nawozy azotowe wolno i długo działające. Są to, mocznik i siarczan amonu do nawożenia gleb zasa-

dowych. Stosuje się je w całości przed siewem, np. pod kultywator, co powoduje dobre wymieszanie z glebą lub dzieli się dawkę w przypadku gleb lżejszych. Przed siewem stosuje się od 30 do 50% dawki mocznika lub saletry amonowej, a pozostałą część pogłównie w fazie 5-6 liści [26,40,77,90]. Zabieg ten należy wykonać za pomocą pielnika z dozownikiem, który zapewnia wysianie nawozu w pobliżu rzędów roślin lub rzutowo na całą powierzchnię. Podział dawki zapewnia także korzystne efekty plonotwórcze, głównie na skutek mniejszych strat azotu w wyniku jego wypłukiwania.

Potrzeby pokarmowe kukurydzy na fosfor są znacznie mniejsze niż na azot i potas. Pobierany jest on najintensywniej przez kukurydzę cukrową w wysokich temperaturach. Niższe temperatury ($<12^{\circ}\text{C}$) występujące w czasie wschodów i w pierwszym okresie rozwoju sprawiają, że pobieranie fosforu jest ograniczone. Powoduje to zahamowanie wzrostu roślin. Brak fosforu objawia się w postaci przebarwień wzdłuż brzegów liści w kolorze czerwonym. Wymagane nawożenie fosforem w znaczący sposób wpływa na dojrzewanie roślin, rozwój systemu korzeniowego oraz stopień wykształcenia ziarna. Dawki nawozów fosforowych i potasowych powinny uwzględniać potrzeby pokarmowe rośliny oraz tzw. różnice bilansowe wynikające z zasobności gleby. Najlepiej stosować je jednorazowo jesienią pod orkę zimową w zalecanych dawkach. Przy stosowaniu obornika dawkę nawozów należy zmniejszyć o 30-40% [33,83].

Znaczącym składnikiem pokarmowym jest wapń i magnez. Niedobór wapnia zakłóca przemiany węglowodanów w kukurydzy, co objawia się sklejaniem liści. Nawozy wapniowe należy koniecznie stosować wczesną wiosną lub jesienią, gdy pH gleby wynosi poniżej 5,5. Przeciętne dawki wapnia wynoszą $1\text{--}2\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ CaO i powinny być uzupełniane wapnem magnezowym. Natomiast brak magnezu powoduje zaburzenia w okresie kwitnienia i zapylania. Jego brak jest widoczny w postaci jasnych przebarwień wzdłuż nerwów na liściach. Orientacyjne dawki magnezu na glebach o średniej zasobności wynoszą $30\text{--}40\text{ MgO}\cdot\text{ha}^{-1}$ [33].

Rynek środków chemicznych dysponuje również bogatą ofertą nawozów wieloskładnikowych, umożliwiającą zastosowanie właściwego nawożenia w uprawie kukurydzy cukrowej. Roślina ta jest szczególnie wrażliwa na niedobór w glebie żelaza, cynku, miedzi, molibdenu i boru. Bardzo korzystne jest stosowanie nawozów wieloskładnikowych, które oprócz makroelementów zawierają niezbędne mikroelementy. Wpływają one na prawidłowy wzrost, rozwój i odporność roślin na choroby oraz wysoki i jakościowo dobry plon. Występujące niedobory mikroelementów można uzupełnić poprzez opryski roślin nawozami dolistnymi. Przykładowe dawki wybranych nawozów wieloskładnikowych produkcji krajowej przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Zalecane dawki niektórych nawozów wieloskładnikowych dla kukurydzy cukrowej [77]
Table 3. Recommended doses of some multiple fertilizers for sweet corn [77]

Rodzaj nawozu – The kind of fertilizer	Dawka – Dose (kg·ha ⁻¹)
Azofoska	250-500
Fruktus 1	400-600
Fruktus 2	250-500
Plon	800-1000
Mikro	800-1000

Stosowanie przedstawionych nawozów powoduje dobre ukorzenienie roślin i prawidłowy ich rozwój od chwili wschodów. Wpływa także na wysokość plonu i jego wartość biologiczną oraz walory smakowe i dorodność kolb. Z kolei dolistne dokarmianie w porównaniu do nawożenia formą stałą nawozów, dostarcza kukurydzy cukrowej mniejsze dawki składników pokarmowych. Są one natychmiast pobierane przez liście, a tym samym zmniejszają stopień zanieczyszczenia środowiska naturalnego. W dokarmianiu dolistnym należy przestrzegać zaleceń podanych w instrukcji danego nawozu lub preparatu.

3.3. Siew i pielęgnacja roślin

W warunkach klimatycznych Polski termin siewu kukurydzy cukrowej zależy w znacznym stopniu od temperatury gleby. Wysiewanie nasion należy rozpocząć, gdy gleba na głębokości 10 cm osiągnie temperaturę 10°C. W takich warunkach następuje równomierne kiełkowanie kukurydzy cukrowej. Siew nasion przypada w różnym okresie, co uzależnione jest od rejonu kraju. W południowo-zachodnich rejonach rozpoczyna się już między 25 a 30 kwietnia, w południowo-wschodnich od 30 kwietnia do 5 maja a w pozostałych rejonach do 10 maja [72].

Możliwe są też wcześniejsze i późniejsze siewy. Nasiona kukurydzy cukrowej wysiewane w siewie wcześniejszym i w zimną glebę wolniej kiełkują. Są bardziej narażone na szkodniki i choroby grzybowe, a wschodzące rośliny często giną na skutek występujących w tym okresie przymrozków. W późniejszym siewie należy liczyć się ze spadkiem plonu i pogorszeniem jego jakości. W celu poprawy warunków termicznych podczas kiełkowania nasion i początkowej fazy wzrostu roślin można stosować przykrycie plantacji lekką włókniną polipropylenową, folią polietylenową lub ściółką podlegającą rozkładowi wskutek promieniowania słonecznego bądź działalności mikroorganizmów. W ten sposób uzyskuje się wzrost temperatury gleby o 2-6°C w porównaniu z glebą nieosłoniętą, dzięki czemu możliwe jest przyspieszenie terminu zbioru kolb o 7-10 dni [2,51].

Przy zakupie i wysiewie materiału siewnego należy zwracać uwagę na czystość odmiany, wysoką siłę i energię kiełkowania oraz dorodność nasion. W uprawie kukurydzy cukrowej o wysokości plonu w dużej mierze decyduje jakość materiału siewnego i odmiana. Dobierając odmianę do siewu powinno brać się pod uwagę jej długość okresu wegetacyjnego i potencjał plonotwórczy. Wybór odmiany o krótszym okresie wegetacji zmniejsza ryzyko dojrzewania kolb oraz pozwala uzyskać wyższą ich jakość. Również wczesny zbiór kolb daje możliwość wykorzystania lepszej pogody i uzyskania wyższych cen. Obecnie korzystne efekty uzyskuje się w przypadku uprawy odmian nowej generacji, które są bardziej odporne na wiosenne chłody i nie reagują tak silnie na zmiany pogody [3,16,33].

Kukurydza cukrowa jest rośliną wiatropylną i wymaga izolacji przestrzennej od kukurydzy uprawianej na cele pastewne. Za bezpieczną odległość plantacji od siebie przyjmuje się 500 m, jednak nie mniej niż 300 m. Przepylenie roślin pyłkiem kukurydzy pastewnej powoduje, że w ziarnach kukurydzy cukrowej obniża się zawartość cukrów. Izolacji wymagają również odmiany bardzo słodkie od odmian normalnie słodkich. W tym przypadku odległość powinna wynosić, co najmniej 300 m, gdyż przepylenie także prowadzi do obniżenia wartości kolb [33,77,83].

Głównym celem uprawy jest uzyskanie 1 lub 2 równocześnie dojrzewających i dorodnych kolb na roślinie. Dlatego obsada nie może być zbyt wysoka lub zbyt niska. Nadmierne zagęszczenie powoduje niepełne zaziarnienie wierzchołka kolby, co obniża jakość kolb przeznaczonych do bezpośredniej konsumpcji. Małe zagęszczenie sprawia, że często na roślinie wykształca się niecałkowicie wyrosnięta, gorzej zaziarniona i później dojrzewająca druga kolba. Optymalne zagęszczenie dla większości mieszkańców kukurydzy cukrowej wynosi 5-7 roślin na metrze kwadratowym. Dla odmian wczesnych stosuje się większe zagęszczenie, natomiast dla późniejszych mniejsze. Obsada roślin jest również uzależniona od warunków glebowo-klimatycznych. W korzystnych warunkach zaleca się stosowanie większej obsady, tj. 7 roślin·m⁻², a w mniej korzystnych – 5 roślin·m⁻² [71,81].

W przypadku uprawy kukurydzy cukrowej na „mini” kolby, tzw. „baby corn” można stosować dwa systemy ich produkcji. Pierwszy z nich polega na normalnym zagęszczeniu roślin w obsadzie około 54 tys.·ha⁻¹. Górne kolby przetrzymuje się na łodygach do uzyskania żądanej fazy dojrzałości, a pozostałe zbiera się jako „mini” kolby. W drugim przypadku stosuje się większe zagęszczenie roślin, które wynosi 84-109 tys.·ha⁻¹ i wówczas wszystkie kolby znajdujące się na łodygach zbierane są jako „baby corn”. W tym wariantcie plon kolb bez liści okrywowych może wynosić od 900 do 1100 kg z 1 hektara [33,34].

Jakość materiału siewnego, optymalny termin siewu oraz umieszczenie nasion na odpowiedniej głębokości decyduje o późniejszym plonie. Głębokość siewu zależy od

rodzaju gleby i terminu jego wykonania. Na glebach cięższych i zimniejszych oraz przy wcześniejszych terminach wysiewa się nasiona na głębokości 3-4 cm. Natomiast siewy późniejsze i na glebach lżejszych wykonywane są na głębokości 5-6 cm. Przystępując do siewu należy pamiętać o zaprawianiu nasion kukurydzy cukrowej. Rośliny wyrastające z zaprawianych nasion wytwarzają silniejszy system korzeniowy, szybciej rosną i są bardziej odporne na choroby grzybowe. Zaprawianie powinno być wykonane bezpośrednio przed siewem nasion pestycydami przeciwko chorobom, owadom i ptakom.

W warunkach uprawy polowej nasiona wysiewa się siewnikami mechanicznymi lub pneumatycznymi, stosując siew punktowy. Odległość nasion w rzędzie powinna wynosić 20-30 cm, a rozstawa rzędów 65-75 cm. Do siewu kukurydzy cukrowej odpowiednie są siewniki dostępne na rynku: Aeromat 2 (8 rzędowy), Aeromat 3 (6 rzędowy), SPC 6 M, Pneumasem DKV 6, Puma lub Monosem. Zapewniają one planowaną obsadę roślin z zachowaniem między nimi równych odległości w rzędzie oraz między rzędami. Produkowane są także siewniki, które za jednym przejazdem wysiewają nasiona kukurydzy, nawozy startowe lub herbicydy i mogą okrywać rzędy biodegradowalną folią. Taka technika umożliwia wcześniejszy wysiew nasion, zwiększa liczbę ich wschodów oraz zapewnia bardziej skuteczne działanie chemikaliów, dzięki przyspieszeniu nagrzewania się gleby.

W przypadku uprawy kukurydzy cukrowej na bezpośrednie spożycie ważne jest uzyskanie możliwie wczesnego plonu kolb, gwarantującego na ogół wyższą cenę zbytu. W tym celu praktykowane jest wysadzanie kukurydzy z rozsady przy użyciu sadzarek tarczowych lub karuzelowych. Pozwala to na przyspieszenie terminu zbioru kolb o 1-3 tygodni. Jednak decydując się na uprawę z rozsady należy pamiętać, że kukurydza nie jest zaliczana do gatunków roślin łatwo regenerujących uszkodzony system korzeniowy. Dlatego rozsadę trzeba sadzić z zachowaniem dużej ostrożności oraz przygotowaną w doniczkach torfowo-ziemnych. Ten sposób uprawy – ze względu na duże koszty – jest zalecany na małych plantacjach oraz w latach o zimnej i późnej wiosnie [32,33].

W celu uzyskania ciągłości zbioru kolb kukurydzy zarówno na bezpośrednie zaopatrzenie rynku, jak i na potrzeby przemysłu przetwórczego można stosować sukcesywny wysiew kolejnych partii nasion. W warunkach klimatycznych Polski praktykowany jest wysiew w odstępach tygodniowych w okresie od 20 kwietnia do 20 maja. Dalsze wydłużanie terminu siewu może prowadzić do znacznego obniżenia plonu kukurydzy. Natomiast w USA plantatorzy przystępują do kolejnego siewu nasion w momencie, gdy rośliny z siewu poprzedniego wytworzą trzy liście. Ten sposób zapewnia 10-14 dniowe odstępy między terminami zbioru kolb na polach z poszczególnych wysiewów [18,33,61].

Młode siewki kukurydzy cukrowej rosną bardzo powoli i ze względu na małą zdolność konkurencyjną w początkowym okresie wegetacji plantacja łatwo ulega zachwaszczeniu. Stosowanie zabiegów pielęgnacyjnych ma na celu zniszczenie chwastów oraz umożliwienie dostępu powietrza do systemu korzeniowego roślin. Na polach obsianych kukurydzą cukrową chwasty zwalczą się metodami mechanicznymi i chemicznymi. Zachwaszczenie plantacji w znacznym stopniu można ograniczyć poprzez zniszczenie chwastów przedplonu, wczesną orkę przedzimową oraz terminowo wykonane uprawki przedsiewne i posiewne [74].

Na dużych plantacjach pielęgnacja mechaniczna polega na bronowaniu lekką broną zasiewów i bywa stosowana w okresie od wschodów do fazy 3-4 liści. Późniejsza mechaniczna walka z chwastami jest niebezpieczne i mało skuteczna. Dokonuje się jej najczęściej narzędziami do uprawy międzyrzędowej. Umożliwia ona zniszczenie tylko około 50% chwastów. Zabieg ten powoduje również spulchnienie gleby, co dodatkowo wpływa na rozwój roślin, które źle znoszą jej zaskorupienie. Uprawę międzyrzędzi wykonuje się płytko i w odległości 10 cm od roślin, aby nie uszkodzić ich systemu korzeniowego. Spulchnianie gleby oraz pielenie można wykonywać i powtarzać do zakrycia międzyrzędzi przez rośliny.

Metodą bardziej skuteczną w walce z chwastami jest stosowanie herbicydów. Dotychczas w Polsce nie opracowano oddzielnych zaleceń dotyczących ich stosowania w uprawie kukurydzy cukrowej. Producenci często na własną odpowiedzialność korzystają z herbicydów stosowanych w uprawie kukurydzy pastewnej. Jest to bardzo ryzykowne, gdyż preparaty te mogą mieć ujemny wpływ na zawartość składników odżywczych w ziarnie kukurydzy cukrowej. Herbicydy triazynowe, zawierające substancje czynne atrazynę i symazynę zmniejszają zawartość cukrów prostych i skrobi, a zwiększają zawartość azotu i białka w kolbach [33]. W uprawie kukurydzy cukrowej zalecane jest ostrożne stosowanie herbicydów. Gdy wystąpi taka konieczność należy ściśle przestrzegać zaleceń Instytutu Ochrony Roślin oraz producentów chemikaliów.

Kukurydzę cukrową atakuje stosunkowo niewielka ilość chorób infekcyjnych i szkodników. Do chorób najczęściej występujących należą: mozaika i karłowatość roślin, plamistość pochw liści, zgorzel siewek, rdza kukurydzy, głównie guzowata oraz choroby fuzaryjne kolb, łodyg i korzeni. Natomiast do szkodników zalicza się: omacnicę prosowiankę, ploniarkę zbożówkę, mszyce, drutowce, pędraki, rolnice i ptaki.

Plamistość pochw liści jest jedną z najpowszechniej występujących chorób kukurydzy. Objawia się drobnymi, wodnistymi plamami na wewnętrznej stronie pochw liści. W czasie długotrwałych opadów w obrębie plam pojawia się lepki śluz bakteryjny i szybko postępuje rozkład chorych tkanek roślinnych oraz ich

zamieranie. Zgorzel siewek wywołują grzyby pozostające w glebie na resztkach porażonych roślin. Pojawia się ona w momencie kiełkowania nasion podczas chłodnej i wilgotnej pogody oraz opóźnionego wzrostu roślin.

Głównia kukurydzy jest także chorobą grzybową, która głównie nasila się w okresie suchego i ciepłego lata. W wyniku tej choroby na siewkach, wiechach lub kolbach pojawiają się narośla, powodując ich obumieranie lub dyskwalifikując kolby jako surowiec do konsumpcji czy przetwórstwa. Rozpowszechnianie się główki można ograniczyć wprowadzając do uprawy odmiany odporne na choroby grzybowe. Zapobieganie chorobom infekcyjnym i ich zwalczanie ogranicza się do zaprawiania materiału siewnego. Do ochrony kukurydzy cukrowej przed chorobami można stosować różne zaprawy nasienne w następujących dawkach na 100 kg nasion [33]:

- Maxim XL 035 FS – 100 ml w 700-1100 ml wody,
- Sarox T 500 FS – 375 ml w 750 ml wody,
- Vitavax 200 FS – 250-300 ml w 250-300 ml wody,
- Zaprawa T zawiesinowa – 250 g w 750 ml wody,
- Zaprawa Oxafun T 75: na sucho – 200 g lub na mokro – 250 g w 1000 ml wody.

Omacnica prosowianka to groźny szkodnik dla ziarna kukurydzy cukrowej. Skutki uszkodzeń są dużo poważniejsze niż u kukurydzy pastewnej. Larwy szkodnika żerują na kolbie, wgryzając się w czubki kolb i łodyg. Uszkodzenia dyskwalifikują surowiec do przerobu i do konsumpcji na świeżo. Szkodnik ten rozprzestrzenia się w okresie ciepłego lata. Zapobieganie polega na wykonywaniu głębokiej orki, która utrudnia larwom przetrwanie zimy. W czerwcu poczwarki zamieniają się w motyle i żyją do końca lipca. Po 48 godzinach od wylęgu, nocą składają jaja na spodniej stronie liści. Larwy wylęgają się po 3-7 dniach, żerują w pochwach liściowych i liściach okrywowych kwitnącej kukurydzy kolby. Po drugiej wylince wgryzają się w łodygę, wiechę lub kolbę. Zwalczanie polega na stosowaniu insektycydów granulowanych np. Basudin 10 GR lub Diazinon 10 GR w dawce 15 kg·ha⁻¹ lub oprysku preparatem Karate ZEON 050 CS w dawce 0,2 l·ha⁻¹ w okresie wiechowania kukurydzy cukrowej i po wystąpieniu szkodnika. Oprysk działa na wszystkie stadia rozwojowe owadów: jaja, larwy i formy dojrzałe.

Zwalczanie chemiczne omacnicy jest ekonomicznie uzasadnione wówczas, gdy 15% roślin jest porażonych. W celu ustalenia procentu roślin porażonych od momentu wyrzucenia wiech należy pobrać minimum 5 prób po 20 roślin z różnych miejsc plantacji. Próbę te należy powtórzyć. Po zastosowaniu oprysku zbiór kukurydzy cukrowej może nastąpić po upływie trzech tygodni. Najbardziej odpowiednie do zwalczania omacnicy, która zaatakowała kukurydzę cukrową są preparaty biologiczne, np. Bactospeine WP 16000, Dipel 3,2 WP, Thuridan i Thuridan krem [20].

Ploniarka zbożówka powoduje zahamowanie wzrostu i zamieranie siewek. Szkody wyrządzają larwy żerujące wewnątrz łodyg. Najliczniej szkodnik rozwija się w czasie chłodnej wiosny i powoduje straty w plonie wynoszące ponad 12%. Do zwalczania tego szkodnika zalecane jest stosowanie nowoczesnego preparatu Karate ZEON 050 CS. Jest to środek owadobójczy i przedziorkobójczy w formie zawiesiny kapsuł w cieczy, do rozcieńczania wodą. Preparat ma działanie kontaktowe i żołądkowe, zwalcza szkodniki gryzące i ssące. Na roślinie działa powierzchniowo. Opryskiwanie tym preparatem wykonuje się, gdy rozwija się trzeci liść kukurydzy, a zalecana dawka to $0,1 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ [33].

Drutowce to larwy sprężykowatych niszczące zasiewy kukurydzy cukrowej. Pojawiają się na tych polach, gdzie kukurydza cukrowa występuje zbyt często w zmianowaniu. Zmniejszenie ich liczebności można uzyskać poprzez wykonywanie głębokiej orki, wapnowanie gleby oraz zaprawianie ziarna przed siewem. Do zaprawiania nasion przed ploniarką zbożówką i drutowcami mogą być stosowane następujące preparaty, w dawkach na 100 kg nasion:

- Gaucho 600 FS – 500-600 ml,
- Mesurol 500 FS – 1000 ml,
- Zaprawa Marshal 250 DS – 300-500 g.

Z kolei na terenach masowego ich występowania należy podczas siewu nasion lub po wzejściu roślin stosować również preparaty dogłębowe:

- Diafuran 5 GR – $15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$,
- Furadan 5 GR – $15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Ptaki, a szczególnie wrony, kawki, gawrony i gołębie mogą także powodować znaczne szkody w uprawie kukurydzy cukrowej. Żerując na polach wyjadają kielkujące nasiona i uszkodzają wschodzące rośliny. W tej sytuacji w rejonach dużego zagrożenia i masowego niszczenia plantacji kukurydzy zalecane jest zaprawianie nasion repelentami, np. preparatem Mesurol 500 FS w dawce 10 ml na 1 kg nasion. Są to substancje nietoksyczne lub mało toksyczne, działające odstraszańco na ptactwo i zwierzyńę łowną.

4. CHARAKTERYSTYKA ODMIAN KUKURYDZY CUKROWEJ

Odmiana jest jednym z ważnych czynników decydujących o sukcesie w produkcji kukurydzy cukrowej. Odmiany populacyjne (ustalone) zostały wyparte z uprawy przez odmiany mieszańcowe (heterozyjne), wytworzone przez człowieka w pierwszej połowie XX wieku, jako nowa forma rośliny uprawnej. Odmiany mieszańcowe mniej się krzewią, wytwarzają większe i równocześnie

dojrzewające kolby oraz są bardziej plenne od odmian populacyjnych. Posiadają wysokie walory smakowe i nadają się zarówno do bezpośredniej konsumpcji, jak i dla przemysłu przetwórczego. Odmiany te zgodnie z zapotrzebowaniem przemysłu owocowo-warzywnego mają bardzo delikatną skórkę otaczającą ziarniaki i łatwo odziarniające się kolby, w których udział ziarniaków w całej jej masie wynosi 30-40%. Podstawowe różnice występujące wśród odmian mieszańcowych to: długość okresu wegetacyjnego, zawartość cukrów oraz przydatność do różnych kierunków użytkowania. Odmiany kukurydzy cukrowej uprawiane w Polsce, to głównie mieszańce zagraniczne i kilka krajowych. Na liście odmian roślin warzywnych COBORU opracowanej w 2003 roku, znajduje się 26 odmian kukurydzy cukrowej, w tym, 3 francuskie, 7 amerykańskich, 10 holenderskich i 6 polskich. O ich wartości produkcyjnej decyduje przede wszystkim plenność i wczesność dojrzewania (rys. 2).

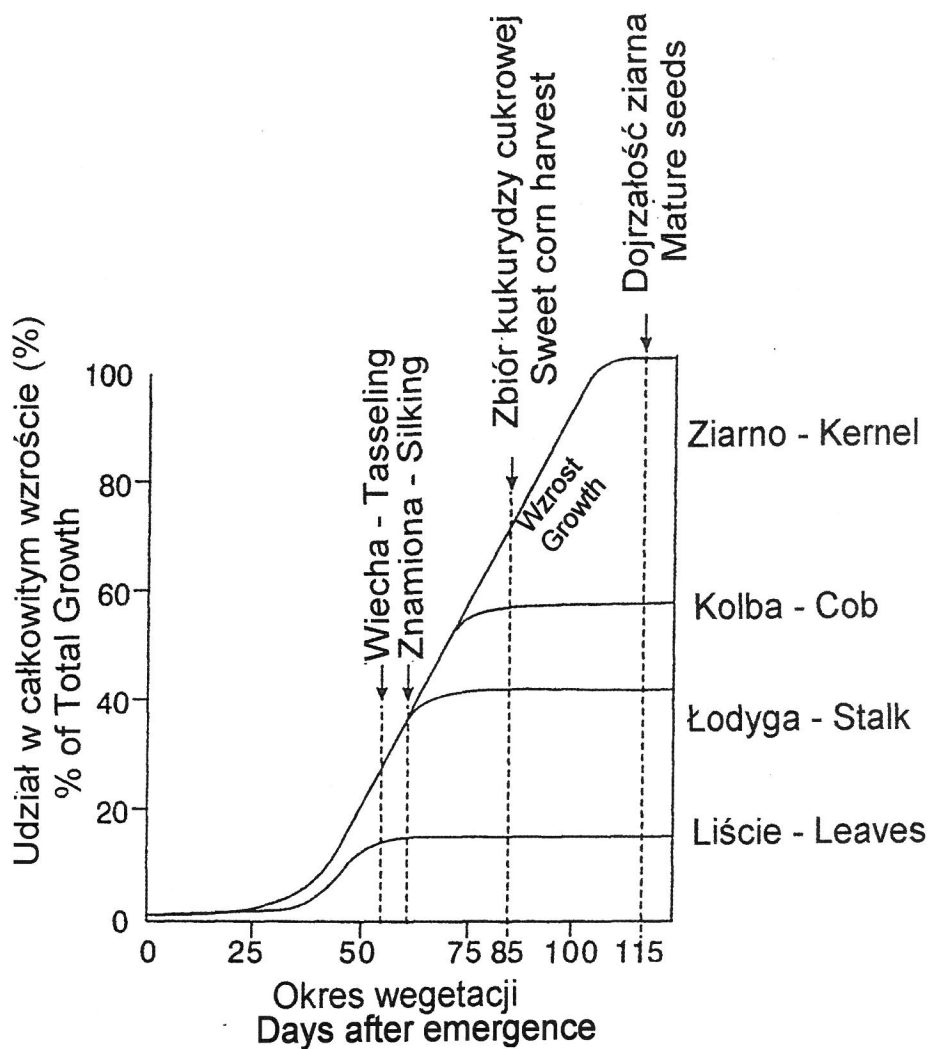
Producenci zajmujący się uprawą kukurydzy na bezpośrednie spożycie są zainteresowani dużą liczbą dobrze zaziarnionych kolb. Natomiast w przypadku uprawy na cele przetwórcze oczekują dużego plonu wysokiej jakości surowca przeznaczonego do przerobu. Pod względem długości okresu wegetacyjnego wyróżnia się następujące grupy odmian kukurydzy:

- odmiany wczesne (70-80 dni),
- odmiany średnio wczesne (85-90 dni),
- odmiany późne (95-110 dni).

Ważny jest także podział odmian w zależności od zawartości cukrów w ziarniakach w fazie dojrzałości zbiorczej. Ze względu na cechy genetyczne dzieli się je na:

- normalnie słodkie z genem „su-1” (sugary),
- o podwyższonej zawartości cukrów z genem „se” lub „se+” (sugary enhancement),
- bardzo słodkie z genem „sh-2” (shrunk 2).

Odmiany normalnie słodkie zawierają 4-6% cukrów w świeżej masie ziarna, odmiany o podwyższonej zawartości cukrów od 6 do 8% i odmiany bardzo słodkie, określane również jako supersłodkie lub ekstrasłodkie, o zawartości cukrów 8-12%. Innym kryterium podziału odmian jest barwa ziarniaków, które mogą być: żółte (najliczniejsza grupa odmian), białe, żółto-białe (bicolor) oraz czerwone [8,53,89].



Rys. 2. Stadium rozwoju kukurydzy cukrowej [70]

Fig. 2. Stage of the sweet corn's development [70]

4.1. Odmiany normalnie słodkie

BONUS – późna odmiana mieszańcowa, o okresie wegetacji równym 110 dni. Kolby o długości około 20 cm i średniej masie 210 g (bez liści okrywowych), osadzone są na łodygach na wysokości 60 cm. Doskonale nadaje się do mrożenia.

BOSTON – późna odmiana mieszańcowa (okres wegetacji 100-105 dni). Charakteryzuje się silnie rosnącymi łodygami odpornymi na uszkodzenia mechaniczne i osiągającymi wysokość około 200 cm. Posiada kolby o długości około 20 cm, osadzone na wysokości 65 cm. Ze względu na wyrównane kolby i dużą ich wydajność jest doskonałym surowcem świeży rynek i dla przemysłu przetwórczego. Obie odmiany holenderskiej firmy Syngenta Seeds [33].

GAMA – średnio wczesna mieszańcowa odmiana polskiej hodowli. Okres wegetacji tej odmiany wynosi 85-90 dni. Tworzy rośliny krzewiące się, wytwarzające 1 lub 2 wysoko osadzone kolby. Są one wrzecionowatego lub lekko stożkowatego kształtu z ziarniakami regularnie osadzonymi w 14-18 rzędach. Ziarno o dobrym smaku, przydatne jest do bezpośredniej konsumpcji. Odmiana Hodowli Roślin Ogrodniczych w Krzeszowicach [33].

JUBILEE – późna odmiana mieszańcowa o okresie wegetacji 105-110 dni, będąca od wielu lat wzorcową odmianą dla przetwórstwa. Rośliny osiągają wysokość do 220 cm. Na nich osadzone są kolby na wysokości 70-80 cm. Średnia długość kolb wynosi 21 cm a ich średnica – około 4,5 cm. Jest także polecana do bezpośredniej konsumpcji. Odmiana holenderskiej firmy hodowlanej Syngenta Seeds.

SMOLICKA – średnio wczesna odmiana populacyjna wyhodowana w kraju. Charakteryzuje się dużą tendencją do rozkrzewiania. Rośliny osiągają wysokość około 150 cm. Kolby o długości około 19 cm osadzone są na wysokości 40-50 cm. Polecana jest szczególnie do bezpośredniej konsumpcji [77].

SPIRIT – średnio wczesna odmiana mieszańcowa, o okresie wegetacji 90-95 dni. Mało wrażliwa na chłody wiosenne. Rośliny osiągają wysokość 170 cm i na wysokości około 40-50 cm tworzą wyrównane kolby długości około 20 cm. Mają one duże, bardzo smaczne ziarniaki i przeznaczone są do bezpośredniego spożycia oraz do przetwórstwa. Odmiana holenderskiej firmy Syngenta Seeds.

WAZA – późna odmiana mieszańcowa, o okresie wegetacji 110 dni. Średnia masa kolby bez liści okrywowych wynosi 290 g, a jej długość – około 20 cm. Kolby osadzone są na łodygach na wysokości około 65 cm. Przeznaczone są do bezpośredniego spożycia oraz do przetwórstwa. Odmiana Hodowli Roślin w Smolicach [33].

ZŁOTA KARŁOWA – wczesna odmiana populacyjna, o okresie wegetacji 90 dni. Rośliny silnie krzewiące się o wysokości 80-100 cm, wytwarzają od 3 do

5 nisko osadzonych kolb. Kolby są małe i lekko stożkowate, o prawie całkowicie zaziarnionym wierzchołku. Jest odmianą przeznaczoną do bezpośredniego spożycia oraz wielokrotnego zbioru kolb. Odmiana Hodowli Roślin w Snowidzy.

4.2. Odmiany o podwyższonej zawartości cukrów

ANAWA – średnio wczesna odmiana mieszańcowa, o okresie wegetacji 90-95 dni. Rośliny osiągają wysokość około 200 cm. Posiadają kolby o masie 210 g po odkoszulkowaniu i o długości 18-20 cm oraz średnicy 5 cm. Odmiana bardzo plenna i odporna na choroby. Stanowi dobry surowiec dla przetwórci i na świeży rynek. Odmiana Hodowli Roślin Ogrodniczych w Krzeszowicach [33].

CHAMP – wczesna i bardzo plenna odmiana mieszańcowa. Rośliny o wysokości około 190 cm wytwarzają cylindryczne kolby długości 19 cm, znajdujące się na wysokości 40-50 cm. Ziarniaki są żółte i ułożone w 16 prostych rzędach. Wierzchołki kolb są zaziarnione i osłonięte liśćmi. Przeznaczona jest przede wszystkim do konserwowania i mrożenia ziarniaków. Odmiana holenderskiej firmy Asgrow [77].

DALLAS – średnio wczesna odmiana mieszańcowa. Rośliny wysokie około 220 cm, osadzają na wysokości 60 cm kolby o długości około 18,5 cm. Ze względu na rozkrzewianie polecana jest głównie do uprawy w ogrodach warzywnych. Ma smaczne ziarno, przydatne do bezpośredniej konsumpcji. Odmiana amerykańskiej firmy hodowlanej Novartis [77].

EARLIBELLE-LEGENDE – bardzo wczesna odmiana, o okresie wegetacji 70–78 dni. Rośliny słabo krzewiące się o przeciętnej wysokości 160 cm. Ziarniaki bardzo dobrej jakości znajdują się w 14-16 rzędach na kolbach o długości 19–20 cm. Dobrze zaziarnione kolby wolno przejrzejawają i są osadzone na wysokości około 55 cm. Polecana do bezpośredniej konsumpcji i do przetwórstwa. Odmiana francuskiej firmy hodowlanej Clause Semences [33].

ROYALTY – średnio wczesna odmiana mieszańcowa. Rośliny osiągają wysokość około 200 cm. Kolby osadzone są na wysokości 70 cm. Rośliny posiadają tendencję do rozkrzewiania i odznaczają się odpornością na wyleganie. Ziarniaki bardzo dobrej jakości znajdują się na kolbach o długości około 19 cm. Polecane są głównie do bezpośredniego spożycia. Odmiana holenderskiej firmy hodowlanej Pop Vriend Seeds [77].

SWEET LINCOLN – późna odmiana mieszańcowa, o okresie wegetacji 105-110 dni. Rośliny osiągają wysokość około 220 cm i posiadają duże kolby o długości około 22 cm i średnicy 5 cm. Odmiana bardzo plenna i odporna na choroby. Stanowi dobry surowiec dla przetwórci i na świeży rynek. Odmiana holenderskiej firmy hodowlanej Syngenta Seeds [33].

4.3. Odmiany bardzo słodkie

CABARET – średnio późna odmiana posiadająca dwubarwne żółte i białe ziarniaki. Rośliny osiągają wysokość 190-200 cm i na wysokości 70 cm wykształcają kolby długości 21 cm, zbudowane ze smukłych ziarniaków rozmieszczonych w 16-20 rzędach. Przeznaczona jest do bezpośredniej konsumpcji oraz do mrożenia i konserwowania ziarniaków. Odmiana holenderskiej firmy hodowlanej Seminis Vegetable Seeds [93].

CANDLE – bardzo wczesna odmiana, o okresie wegetacji 70-73 dni. Bardzo plenna i dobrze plonująca w chłodniejsze lata. Rośliny średniej wysokości (150-160 cm), słabo krzewią się i wytwarzają kolby długości 19-20 cm. Żółte ziarniaki ułożone są w 14-16 rzędach i dobrze wypełniają wierzchołek kolby. Jest uprawiana na potrzeby przemysłu przetwórczego i na świeży rynek. Odmiana holenderskiej firmy Seminis Vegetable Seeds [93].

CHALLENGER – wczesna odmiana, o okresie wegetacji 70-78 dni. Bardzo odporna na wyleganie, co ułatwia zbiór kolb. Rośliny osiągają wysokość do 220 cm i tworzą, co najmniej 2 kolby na łodydze na wysokości około 60 cm. Kolby o długości 21 cm są dobrze wypełnione smukłymi i żółtymi ziarniakami, ułożonymi w 16-18 rzędach. Przeznaczona jest do konserwowania oraz mrożenia ziarniaków i całych kolb. Odmiana firmy hodowlanej Seminis Vegetable Seeds.

COMANCHE – wczesna odmiana, o okresie wegetacji około 80 dni. Bardzo plenna i dobrze plonująca w czasie chłodniejszego lata. Rośliny są niewysokie (około 150-160 cm) i słabo krzewiące się. Wytwarzają kolby długości 19-20 cm. Żółte ziarniaki ułożone są w 14-16 rzędach i dobrze wypełniają wierzchołek kolby. Uprawiana jest na potrzeby przemysłu przetwórczego i na świeży rynek. Odmiana amerykańskiej firmy hodowlanej Hortag Seed Company [33].

DICKSON – późna odmiana, o okresie wegetacji 100-105 dni. Rośliny wytwarzają kolby długości około 21 cm osadzone na wysokości 70 cm. Żółte ziarniaki ułożone są w 16 rzędach i dobrze wypełniają wierzchołek kolby. Przeznaczona jest do bezpośredniego zaopatrzenia rynku. Odmiana holenderskiej firmy hodowlanej Syngenta Seeds.

ENDEAVOR – wczesna odmiana, o okresie wegetacji 75-80 dni, wyróżnia się bardzo dobrymi właściwościami smakowymi. Rośliny osiągają wysokość ponad 200 cm. Kolby proste i wyrównane o długości 20-21 cm, osadzone są na wysokości około 70 cm. Żółte ziarniaki rozmieszczone są w 16-18 prostych rzędach. Dobrze wypełnione ziarniakami wierzchołki kolb są dokładnie osłonięte liśćmi. Kolby mogą być nieco dłużej przetrzymywane na roślinach ze względu na to, że cukry w ziarniakach bardzo powoli zamieniają się w skrobię. Przeznaczona jest

do konsumpcji świeżych kolb i konserwowania ziarna oraz do mrożenia kolb. Odmiana firmy hodowlanej Seminis Vegetable Seeds [93].

EVEN SWEETER – odmiana o białych ziarniakach mających bardzo wysoką zawartość cukrów, delikatną skórkę i „chrupką” konsystencję. Rośliny są bardzo wysokie (około 215 cm) i wykształcają kolby na wysokości 75-80 cm. Kolby długości 19-20 cm zbudowane są z bardzo smacznych wąskich i smukłych ziarniaków ułożonych w 18 rzędach. Stanowią one idealny surowiec dla przetwórstwa [93].

FRYGA – średnio późna odmiana, o okresie wegetacji 102 dni. Należy do odmian, których rośliny osiągają wysokość powyżej 225 cm. Na łodygach znajdują się kolby o średniej masie 260 g. Ich długość przekracza 20 cm, natomiast średnica wynosi przeciętnie 5 cm. Cieszy się dużym zainteresowaniem zarówno na świeżym rynku, jak i w przemyśle przetwórczym. Odmiana Hodowli Roślin w Smolicach [33].

GOLDA – późna odmiana, o okresie wegetacji 108-110 dni. Na łodygach znajdują się długie i duże kolby, osadzone na wysokości około 70 cm. Ich masa bez liści okrywowych wynosi przeciętnie 250-280 g, a długość przekracza 20 cm. Przeznaczona jest zarówno na świeży rynek, jak i dla przemysłu przetwórczego. Odmiana holenderskiej firmy hodowlanej Pop Vriend Seeds [33].

INDIRA – średnio późna odmiana, o okresie wegetacji 98-100 dni. Rośliny osiągają wysokość około 225 cm. Wytwarzają kolby długości 19-20 cm oraz średnicy około 4,6 cm osadzone na wysokości około 70 cm. Należy do odmian odpornych na wyleganie i choroby, natomiast wykazuje pewną tendencję do rozkrzewiania się i dlatego polecana jest do bezpośredniej konsumpcji. Odmiana holenderskiej firmy hodowlanej Pop Vriend Seeds.

LANDMARK – wczesna odmiana, o okresie wegetacji 75-85 dni. Dobrze kiełkuje w chłodnej glebie i jest dość tolerancyjna na chłody w okresie wegetacji. Rośliny osiągają wysokość od 180 do 200 cm. Kolby o długości 19-21 cm osadzone są równomiernie na wysokości 55 cm i stąd nadają się dobrze do zbioru mechanicznego. Stanowi dobry surowiec zarówno do bezpośredniej konsumpcji, jak i dla przemysłu przetwórczego [33,77].

MADONNA – średnio wczesna odmiana, o okresie wegetacji 80-85 dni. Rośliny osiągają wysokość ponad 200 cm. Kolby o średniej długości 20 cm osadzone są na wysokości 75 cm i nadają się do zbioru mechanicznego. Posiada dwubarwne (żółte i białe) ziarniaki rozmieszczone równomiernie w 16-20 rzędach. Jest przeznaczona zarówno do bezpośredniej konsumpcji, jak i dla przemysłu przetwórczego Odmiana firmy hodowlanej Seminis Vegetable Seeds.

NAVAHO – średnio wczesna odmiana, o okresie wegetacji około 95 dni. Rośliny o wysokości wynoszącej około 200 cm, tworzą długie kolby – ponad 20 cm,

osadzone na wysokości około 70 cm. Ziarniaki są bardzo smaczne, a ich zaletą jest bardzo wolna konwersja cukrów prostych w skrobię. Umożliwia to wydłużenie okresu zbioru i składowanie kolb przez kilka dni bez wyraźnego obniżenia wartości technologicznej oraz walorów smakowych. Jest polecana zarówno dla przemysłu przetwórczego, jak i do bezpośredniej konsumpcji. Odmiana amerykańskiej firmy hodowlanej Hortag Seed Company [33].

PINACLE – średnio późna odmiana, o okresie wegetacji 95-104 dni. Wysokość roślin wynosi około 200 cm, natomiast osadzenia kolb – około 65 cm. Kolby o masie około 400 g, posiadają długość 21-24 cm oraz średnicę do 5 cm. Ze względu na delikatną okrywę i słodki smak polecana na świeży rynek oraz do przetwórstwa. Odmiana francuskiej firmy hodowlanej Clause Semences.

POKUSA – późna odmiana, o okresie wegetacji około 106 dni. Wysokość osadzenia kolb wynosi około 60 cm. Przeciętna masa kolb dochodzi do 300 g, oraz długość do 22 cm. Żółte ziarniaki rozmieszczone są w 16 rzędach. Polecana jest na świeży rynek oraz dla przemysłu przetwórczego. Odmiana ZPHU Konsmet L.I.

PRIMETIME – późna odmiana, o okresie wegetacji 100-105 dni. Posiada kolby o długości około 22 cm, osadzone na łodygach na wysokości około 75 cm. Żółte ziarniaki ze względu na delikatną okrywę owocową i słodki smak polecane są głównie bezpośredniego zaopatrzenia świeżego rynku. Odmiana holenderskiej firmy hodowlanej Syngenta Seeds.

PUNCHLINE – średnio wczesna, bardzo plenna odmiana dobrze znosząca trudy transportu. Rośliny wysokie około 200 cm. Kolby osadzone są na wysokości 40-45 cm i mają długość 17-19 cm. Jasno żółte ziarniaki ułożone są w 16-18 rzędach. Polecana szczególnie do bezpośredniej konsumpcji, a także do konserwacji ziarniaków i mrożenia kolb [93].

SHAKER – bardzo plenna odmiana należąca do wczesnych, o okresie wegetacji 80-85 dni. Rośliny wysokie (około 210 cm) wytwarzają kolby długości 22 cm, osadzone na wysokości około 75 cm. Złotożółte ziarniaki ułożone są w 14-18 rzędach i dobrze wypełniają wierzchołek kolby. Kolby są odchylone od łodyg, a to w znacznym stopniu ułatwia zbiór ręczny i mechaniczny. Przeznaczona jest do bezpośredniej konsumpcji oraz do mrożenia kolb i ziarna oraz jego konserwowania. Zaliczana jest do odmian bardzo smacznych. Odmiana holenderskiej firmy hodowlanej Seminis Vegetable Seeds [33].

SHEBA – wczesna odmiana, o okresie wegetacji 70-73 dni i wysokości roślin około 180 cm. Kolby długości 21-22 cm, dobrze osłonięte osłonkami osadzone są na wysokości około 50 cm. Dorodne ziarniaki o złocistym zabarwieniu ułożone są w 14-16 regularnych rzędach. Przeznaczona jest szczególnie do bezpośredniego zaopatrzenia rynku i do przetwórstwa. Odmiana holenderskiej firmy hodowlanej Seminis Vegetable Seeds.

SHIMMER – bardzo wczesna i plenna odmiana, o okresie wegetacji 78-80 dni. Rośliny osiągają przeciętną wysokość 200 cm i zwykle tworzą pojedyncze kolby wysoko osadzone na łodygach (około 75 cm). Dzięki temu dobrze nadają się do zbioru mechanicznego. Z kolei kolby są długie (około 20 cm) i posiadają cylindryczny kształt. Odmiana chętnie uprawiana na cele przetwórcze, jak i do bezpośredniej konsumpcji. Odmiana firmy hodowlanej Seminis Vegetable Seeds.

SWEET EAR – średnio późna i bardzo plenna odmiana, o okresie wegetacji 90–100 dni. Średnia wysokość roślin wynosi 215 cm. Kolby o długości 20-22 cm i masie 400 g (bez liści okrywowych), są osadzone na łodygach na wysokości około 65 cm. Jest polecana dla potrzeb przemysłu i do bezpośredniej konsumpcji. Odmiana francuskiej firmy hodowlanej Clause Semences.

SWEET NUGGET – bardzo wczesna i plenna odmiana, o okresie wegetacji 70-83 dni. Rośliny osiągają przeciętną wysokość 200 cm i zwykle tworzą pojedyncze kolby osadzone na łodygach na wysokości 60 cm. Dzięki temu dobrze nadają się do zbioru mechanicznego. Ponadto kolby o masie około 380 g są bardzo długie (21-23 cm) i posiadają cylindryczny kształt. Chętnie uprawiana na cele przetwórcze, jak i do bezpośredniej konsumpcji. Odmiana firmy hodowlanej Agri-Saaten [33].

SWEET TROPHY – bardzo wczesna odmiana oraz odporna na wyleganie o krótkim okresie wegetacji (75-78 dni). Mocne rośliny wykształcają duże oraz dobrze wypełnione kolby o długości 20-22 cm. Ciemno-żółte ziarniaki osadzone są w 14-16 prostych rzędach. Bardzo dobry surowiec zarówno do mrożenia, konserwowania, jak i bezpośredniej konsumpcji. Niezawodnie plonująca również w warunkach mniej sprzyjających uprawie. Odmiana holenderskiej firmy hodowlanej Seminis Vegetable Seeds.

TROPHY – średnio wczesna, plenna odmiana, o okresie wegetacji od 75 do 100 dni. Rośliny osiągają przeciętną wysokość 200 cm i zwykle tworzą pojedyncze kolby wysoko osadzone na łodygach. Dzięki temu dobrze nadają się do zbioru mechanicznego. Kolby są bardzo długie i posiadają cylindryczny kształt. Chętnie uprawiana na cele przetwórcze, jak i do bezpośredniej konsumpcji. Odmiana firmy hodowlanej Royal Sluis [77].

YUMA – średnio wczesna i plenna odmiana, o okresie wegetacji około 95 dni. Żółto-białe ziarniaki osadzone są w 12 rzędach na rdzeniu kolby o średniej masie 270 g i długości 20-22 cm. Rośliny osiągają przeciętną wysokość 200 cm i zwykle tworzą pojedyncze kolby osadzone na wysokości 65 cm. Dobrze nadają się do zbioru mechanicznego i są chętnie uprawiane na cele przetwórcze, jak i do bezpośredniej konsumpcji. Odmiana amerykańskiej firmy hodowlanej Hortag Seed Company [33].

5. METODY ZBIORU KOLB KUKURYDZY CUKROWEJ

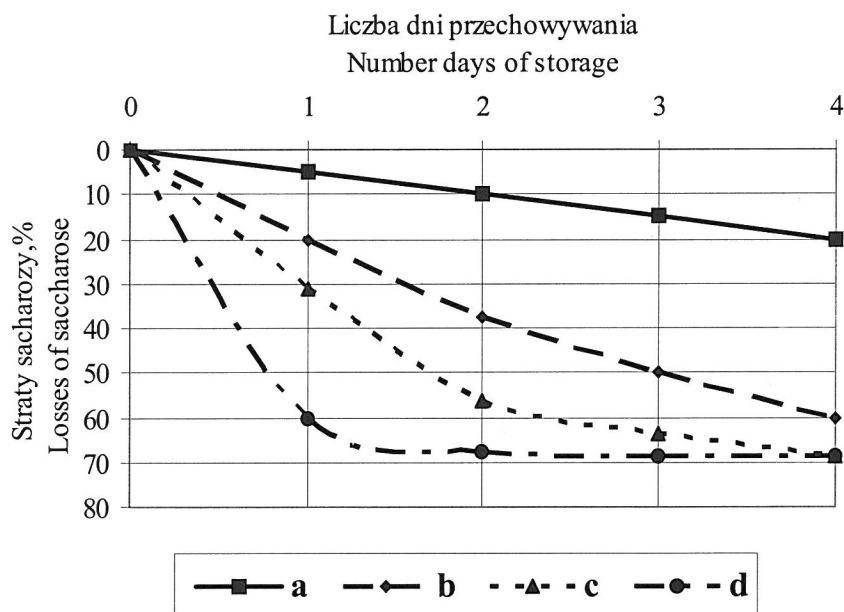
Prawidłowe dojrzewanie kolb kukurydzy cukrowej zależy od określonego doboru gatunków, wielkości powierzchni uprawy, dotrzymania optymalnego terminu siewu oraz dobrej organizacji zbioru. Kolby można zbierać ręcznie w dwóch lub trzech etapach w zależności od uzyskania przez nie dojrzałości. Podczas pierwszego etapu zbiera się około 65% plonu, w drugim – 23%, a w trzecim – 12% [38,54,67,87].

Prawidłowo dojrzała kolba kukurydzy cukrowej charakteryzuje się tym, że znamiona u jej wierzchołka są lekko brunatne, ale niezeschnięte. Górne liście okrywowe są koloru bladzielonego, często z żółtym lub lekko białym odcieniem. W niektórych miejscach na końcach liści można zauważyć brunatną obumarłą tkankę. Ponadto liście ciasno przylegają do kolby. Ziarna są pełne i błyszczące, a przy rozgniataniu wydają charakterystyczny lekki trzask i wypływa z nich niezbyt gęsty mleczny sok o słodkawym smaku. Okrywa ziarna w tym momencie traci chlorofil i przybiera kolor charakterystyczny dla danej odmiany.

Ziarniaki kukurydzy, które nie osiągnęły właściwej dojrzałości wydzielają rzadki sok koloru szarego, o mdłym smaku, szybko czerniejący na powietrzu. Z kolei ziarna przejrzałej kukurydzy są matowe, przy rozgniataciu nie wydzielają soku, mają konsystencję miękkiego sera, a zawartość cukrów jest w nich niewielka. Ziarno kukurydzy zarówno z kolb niedojrzałych, jak i z przejrzałych nie nadaje się do konserwowania. Producenci zajmujący się uprawą kukurydzy potrafią rozpoznać stopień odpowiedniej dojrzałości kolby. W razie wątpliwości można rozchylić liście okrywowe w górnej części kolby i na podstawie wyglądu lub dotyku określić dojrzałość. Tylko w wątpliwych przypadkach należy zerwać wszystkie liście okrywające kolbę.

W przypadku jednoetapowego zbioru należy wysiewać takie odmiany, których kolby dojrzewają równomiernie, co pozwala pozyskać jak najwięcej jednolitego surowca o wysokiej jakości. Najwyższą jakość i najlepszy smak mają kolby świeżo zebrane. Przechowywane w wysokiej temperaturze szybko tracą swą wartość (rys. 3). Powoduje to konieczność przeprowadzenia zbioru bezpośrednio przed sprzedażą ewentualnie dzień wcześniej. Termin zbioru kukurydzy przypada w okresie od lipca do września. Jest to czas letni, kiedy w ciągu dnia często występują wysokie temperatury. W tej sytuacji najlepiej jest przeprowadzać zbiór w godzinach rannych bądź wieczornych, gdy kolby mają odpowiednio niską temperaturę i długo utrzymują swą świeżość [30,44]. W przypadku, gdy kolby zbierane są podczas wysokiej temperatury lub ich dostawa mogłaby się opóźnić kilka dni, należy je jak najszybciej schłodzić.

Najprostszą i najczęściej stosowaną metodą chłodzenia kolb jest polewanie ich zimną wodą (tzw. hydrocooling). Następnie umieszczane są w chłodziarkach, gdzie w temperaturze 0°C i przy wilgotności powietrza około 95% można je przechowywać do kilku dni bez wyraźnego pogorszenia ich jakości [9,49,88].



Rys. 3. Spadek zawartości sacharozy w ziarnie kukurydzy cukrowej w różnych temperaturach przechowywania: a) 0°C, b) 10°C, c) 20°C, d) 30°C [61]

Fig. 3. The drop of saccharose content in sweet corn kernels at different temperatures of storage: a) 0°C, b) 10°C, c) 20°C, d) 30°C [61]

5.1. Zbiór ręczny kolb kukurydzy

Ręczny zbiór kolb kukurydzy cukrowej do niedawna był jedynym sposobem zbioru stosowanym na plantacjach całego świata. Dopiero niedawno pojawiły się nowoczesne maszyny stosowane na większych plantacjach, które zastępują pracę ludzi, a jakość zbieranych kolb jest zbliżona do tych zbieranych ręcznie. Jednak na mniejszych plantacjach jest to nadal jedyna forma zbioru.

Ręczne obrywanie kolb najczęściej stosowane jest w gospodarstwach dostarczających je do bezpośredniego spożycia, czyli na tzw. świeży rynek. Pozwala ono bezpośrednio na wstępną selekcję kolb i zbiór tylko tych, które znajdują się we właściwej fazie dojrzałości. Jest to bardzo ważne, gdyż nie

wszystkie kolby dojrzewają równocześnie, a kilkukrotne przejście po plantacji i wybranie tych, które znajdują się w pożądanej dojrzałości gwarantuje maksymalną wielkość plonu najwyższej jakości. Przy uprawie odmian kukurydzy krzewiących się zbiór ręczny jest jedyną formą zbioru, gdyż rośliny wytwarzają po kilka kolb, które dojrzewają w różnym czasie.

Cały proces ręcznego zbioru polega na odcięciu kolby, usunięciu z niej liści okrywowych i ich wstępnym sortowaniu. Jest to proces bardzo żmudny i pracochłonny. Szybkie i sprawne oderwanie kolby od łodygi wymaga od osoby zbierającej wykonania kilku czynności. Przy ręcznym zbiorze kolb kukurydzy cukrowej z większych plantacji w celu usprawnienia pracy osób zbierających stosuje się specjalne zestawy maszyn, tzw. mule-train. Zestaw taki składa się ze specjalnego samochodu lub ciągnika zagregowanego ze specjalną przyczepą-platformą oraz bocznych „skrzydeł” po obydwu stronach pojazdu, obejmujących określoną liczbę rzędów kukurydzy. Zestaw ten obsługiwany jest przez 28 osób, przy czym 16 z nich zajmuje się obrywaniem kolb od łodyg, 11 osób selekcjonuje i pakuje je do specjalnych pojemników, natomiast jedna osoba prowadzi pojazd. Każdy pojemnik zawiera po 48 dojrzałych kolb kukurydzy i po napełnieniu układany jest na poruszającej się razem z zestawem platformie. Sprawnie działający zespół osób w ciągu dnia może zebrać i przygotować około 9 tysięcy pojemników z kolbami kukurydzy [96].

Bardzo często zestawy te wykorzystuje się podczas dwuetapowego zbioru kolb kukurydzy. W pierwszym etapie zbiera się ręcznie zazwyczaj 50-65% kolb, wybierając te w optymalnej fazie dojrzałości i najbardziej dorodne. Po kilku dniach zbiera się pozostałe kolby wykorzystując przyczepiane maszyny lub wysokowydajne i wielorzędowe kombajny samojezdne.

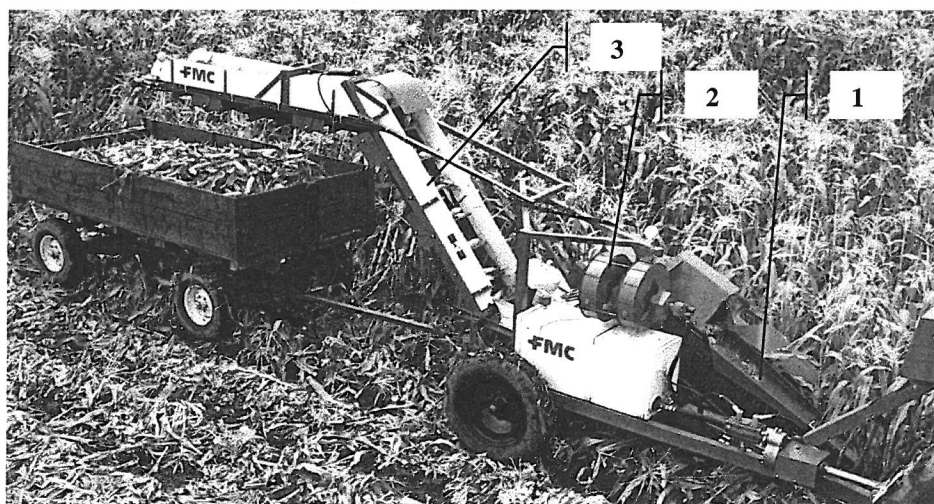
5.2. Zbiór kolb maszynami przyczepianymi

Nowoczesne maszyny do zbioru kolb kukurydzy cukrowej mogą być przyczepiane lub samojezdne. Maszyny przyczepiane są najczęściej jedno- lub dwurzędowe i najszerze zastosowanie znalazły w gospodarstwach o średnim areale uprawy kukurydzy cukrowej wahającym się od kilku do kilkunastu hektarów [47]. Otrzymują one napęd od ciągników rolniczych. Często część ich ciężaru spoczywa na konstrukcji ciągnika, gdyż z reguły mają jedną oś jezdną. Wydajność tych maszyn zależy przede wszystkim od liczby zbieranych rzędów i waha się w granicach $0,2-0,6 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$, natomiast pobór mocy dla tych zestawów wynosi około 45 kW. Spośród całej rodziny przyczepianych zbieraczy kolb kukurydzy cukrowej niektóre z nich zasługują na szczególną uwagę. Na rysunku 4

przedstawiono jednorzędowy zbieracz FMC Single-Row do zbioru świeżych kolb kukurydzy, zapewniający wysoką jakość i wydajność pracy.

Jednorzędowy przyczepiany zbieracz FMC składa się z adaptera zbierającego kolby, zespołu czyszczącego oraz zamontowanego w tylnej części przenośnika taśmowo-listwowego, podającego oberwane kolby na dołączoną z tyłu zestawu przyczepę. Zespoły robocze zbieracza napędzane są pompą hydrauliczną od wałka odbioru mocy ciągnika. Podczas pracy są one sterowane przez kierowcę ciągnika poprzez panel sterowniczy zamontowany z przodu kombajnu. Posiada on także system automatycznego naprowadzania adaptera na rząd roślin, co bardzo ułatwia pracę zbieracza.

Napędzane podajniki łańcuchowo-łopatkowe po obydwu stronach rzędu podają łądygi do rolek nożowych. Obrotowe noże ciągną łądygi w dół adaptera, aż kolba kukurydzy zostanie uchwycona przez dwa ruchome pasy przytrzymujące ustawione pod kątem. Podtrzymują one kolbę podczas odcinania łądygi przez rolki nożowe. Takie ustawienie pozwala ograniczyć do minimum mechaniczne uszkodzenia ziarna kolb rozstaw pasów podtrzymujących ustawia się tak, aby z nich nie wypadały. Również odległość rolek nożowych od ich dolnych krawędzi można regulować. Dzięki temu uzyskuje się krótkie i dokładne odcinanie dokolbia, co zapobiega nadmiernym i niepotrzebnym stratom wody i cukrów w kolbach oraz wpływa na poprawę jakości zbieranego surowca.



Rys. 4. Przyczepiany zbieracz kolb FMC Single-Row podczas pracy: 1 – jednorzędowy adapter zbierający kolby, 2 – zespół czyszczący, 3 – przenośnik taśmowo-listwowy [94]

Fig. 4. FMC Single-Row attached cob picker during work: 1– single-set cob harvesting adapter, 2 – cleaning unit, 3 – tape-slat conveyor [94]

Odcięte kolby kukurydziane podawane są do zespołu czyszczącego w skład, którego wchodzi wentylator podciśnieniowy. Wytwarza on silny strumień powietrza i zasysa znajdujące się między kolbami liście i resztki połamanych łodyg, a następnie usuwa je na zewnątrz. Tak oczyszczone kolby kukurydzy transportowane są przenośnikiem taśmowo-listwowym na środki transportowe. Jednorzędowy zbieracz FMC posiada prędkość roboczą $5,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, minimalny promień skrętu zestawu – 6 m i ma regulowany rozstaw osi jezdnej (75-100 cm). Podstawowe dane techniczne zbieracza kolb przedstawiono w tabeli 4.

Maszynę tę charakteryzuje duża zwrotność, prosta obsługa techniczna, bezpieczeństwo pracy i niskie koszty eksploatacji. Jej wydajność efektywna wynosi $0,5 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$, przy prędkości roboczej ciągnika – $5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Zapotrzebowanie mocy dla całego zestawu wynosi 60 kW. Dane techniczne opisanego zbieracza ilustruje tabela 5.

Tabela 4. Dane techniczne zbieracza kolb FMC Single-Row [94]

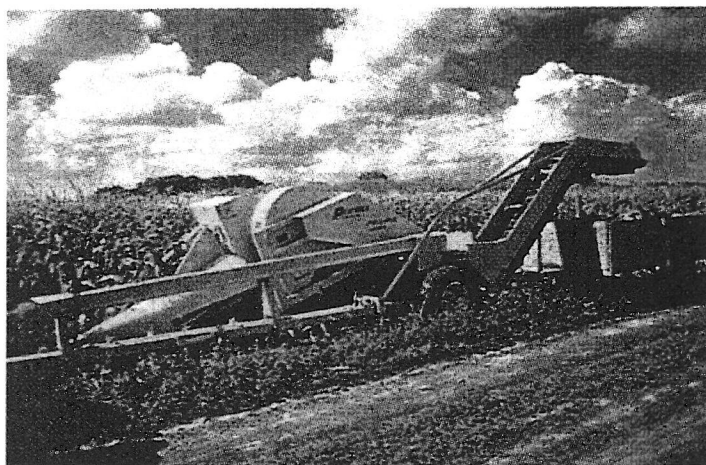
Table 4. Technical data of FMC Single-Row cobs' picker [94]

Wyszczególnienie – Specification	Jedn. miary Units of measure	Dane techniczne Technical data
Wysokość kombajnu Height of combine	m	2,32
Długość kombajnu Length of combine	m	7,8
Rozstaw kół kombajnu Track of combine wheels	m	1,94-2,28
Masa kombajnu Mass of combine	kg	2177
Zapotrzebowanie mocy Power consumption	kW	45
Prędkość robocza Working speed	$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	do 8 to 8
Wysokość wyładowania Height of discharge	m	2,32
Prędkość WOM Speed of PTO	$\text{obr}\cdot\text{min}^{-1}$ $\text{rev}\cdot\text{min}^{-1}$	540 lub 1000 540 or 1000
Wydajność kombajnu Efficiency of combine	$\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$	0,2-0,4
Zespół obrywający kolby Cob picker set	–	rolkowo-nożowy rolls-knife
Liczba zbieranych rzędów Number of harvested rows	szt. pcs	1
Miejsce podawania kolb Cob feed destination	–	przyczepa trailer

Tabela 5. Dane techniczne zbieracza kolb FMC – model 20 [94]**Table 5.** Technical data of FMC – model 20 cobs' picker [94]

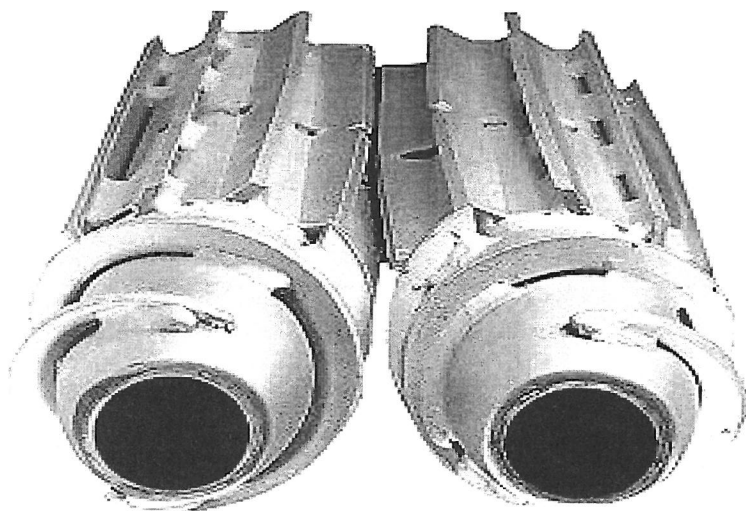
Wyszczególnienie – Specification	Jedn. miary Units of measure	Dane techniczne Technical data
Liczba zbieranych rzędów Number of harvested rows	szt. pcs	2
Rozstaw rzędów Row spacing	m	0,9-1,0
Liczba głowic obcinających Number of cutting heads	szt. pcs	2
Liczba noży na głowicy Number of knives on head	szt. pcs	2
Szerokość noża Width of knife	mm	95
Długość noża Length of knife	mm	550
Masa własna Gross mass	kg	2000
Całkowita długość zestawu Total length of set	m	9,22
Szerokość zestawu Width of set	m	2,54
Wysokość wyładunku Height of discharge	m	4,07

Nieco inną konstrukcją i zasadą działania charakteryzuje się zbieracz kolb typu Pixall One-Row Pull-Pix. Jest to maszyna jednorzędowa przeznaczona głównie do zbioru kolb kukurydzy w fazie mleczonej dojrzałości ziarna (rys. 5).



Rys. 5. Zbieracz kolb typu Pixall One-Row Pull Pix w czasie pracy [94]
Fig. 5. Type Pixall One-Row Pull Pix cob picker during work [94]

Do napędu kombajnu wymagany jest ciągnik o minimalnej mocy 30 kW. Jego wydajność w zależności od warunków pracy waha się od 0,4 do 0,6 ha·h⁻¹. Kolby łącznie z liśćmi okrywowymi odcinane są od łodyg w specjalnym zespole nożowym. Zespół odcinający kolby zbudowany jest z dwóch rolek nożowych obracających się przeciwbieżnie, z których każda wyposażona jest w dziesięć noży (rys. 6).



Rys. 6. Zespół rolek nożowych do odcinania kolb kukurydzy [47]

Fig. 6. Set of knife rollers for corn cobs cutting [47]

Zespół ten sterowany jest hydraulicznie z pomostu ciągnika, dzięki czemu możliwa jest płynna regulacja wysokości roboczej w zakresie od 8,5 do 56 cm. Ponadto zbieracz ten posiada dwuetapowy system czyszczący. W jego skład wchodzi wentylator o średnicy 69 cm wytwarzający strumień powietrza, który zasysa lekką frakcję zanieczyszczeń oraz dwa pionowo usytuowane wyrzutniki kolb, które separują frakcję cięższą. Przenośnik transportujący zebrane kolby do pojemnika wykonany jest z elementów gumowych, co skutecznie zabezpiecza je przed uszkodzeniami mechanicznymi. Zbieracz ten przystosowany jest również do pracy w różnych warunkach polowych, we wczesnych godzinach rannych i w nocy, niezależnie od wilgotności zbieranych kolb. W związku z tym, że elementy, które bezpośrednio stykają się z kolbami wykonane są z gumy lub nią pokryte, zaś sprawnie działający system czyszczący usuwa wszelkie zanieczyszczenia, zbierany materiał odznacza się bardzo wysoką jakością. Podstawowe dane techniczne opisanej maszyny przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Dane techniczne zbieracza kolb Pixall One-Row [94]**Table 6.** Technical data of Pixall One-Row cobs' picker [94]

Wyszczególnienie – Specification	Jedn. miary Units of measure	Dane techniczne Technical data
Liczba zbieranych rzędów	szt.	1
Number of harvested rows	pcs	
Zapotrzebowanie mocy	kW	30
Power consumption		
Prędkość robocza	km·h ⁻¹	do 5
Working speed		to 5
Wydajność efektywna	ha·h ⁻¹	0,2-0,4
Efficiency of combine		
Zespół odcinający kolby	–	rolkowo-nożowy
Cob picker set		rolls-knives
Miejsce podawania kolb	–	zbiornik
Cob feed destination		reservoir
Masa kombajnu	kg	1600
Mass of combine		

5.3. Zbiór kombajnowy kolb kukurydzy

Krótki okres agrotechniczny zbioru kolb kukurydzy cukrowej, jak również fakt, iż powinny być zebrane szybko i w optymalnych warunkach pogodowych (niskie temperatury, brak opadów, itp.) powoduje, że na większych plantacjach uprawy, przyczepiane zbieracze zastępowane są przez bardziej wydajne i wielorzędowe kombajny samojezdne.

Wśród maszyn do zbioru kolb kukurydzy cukrowej o mniejszej wydajności należy wymienić kombajn FMC – model 7. Jest to samojezdna maszyna przeznaczona do mechanicznego zbioru kolb kukurydzy z dwóch rzędów, o rozstawie wahającym się od 75 do 100 cm. Optymalna prędkość robocza kombajnu wynosi 5-6 km·h⁻¹. Jego zaletą jest możliwość pracy w różnych warunkach polowych, ponieważ posiada przedni napęd i niezależnie działające hamulce, które umożliwiają dużą zwrotność w trudnym terenie. Posiada także własny zbiornik samowyładowczy o ładowności do 2,5 t, co eliminuje potrzebę użycia dodatkowego ciągnika z przyczepą do współpracy z kombajnem (tab. 7).

Podstawowymi elementami roboczymi kombajnu są rozdzielacze adaptera, głowice obrywające kolby, wentylator czyszczący, przenośnik taśmowo-listwowy i pojemnik kolb z okresowo uruchamianym przenośnikiem wyładowczym. Wszystkie podzespoły kombajnu otrzymują napęd od silników hydraulicznych, a cała maszyna (łącznie z układem jezdny) napędzana jest wysokoprężnym silnikiem spalinowym o mocy 75 kW. Głowice obrywające posiadają specjalne zabezpieczenia hydrauliczne chroniące je przed uszkodzeniem, w przypadku zapchania się kolbami lub dostania kamienia.

Tabela 7. Dane techniczne kombajnu FMC – model 7 [13]**Table 7.** Technical data of FMC – model 7 combine [13]

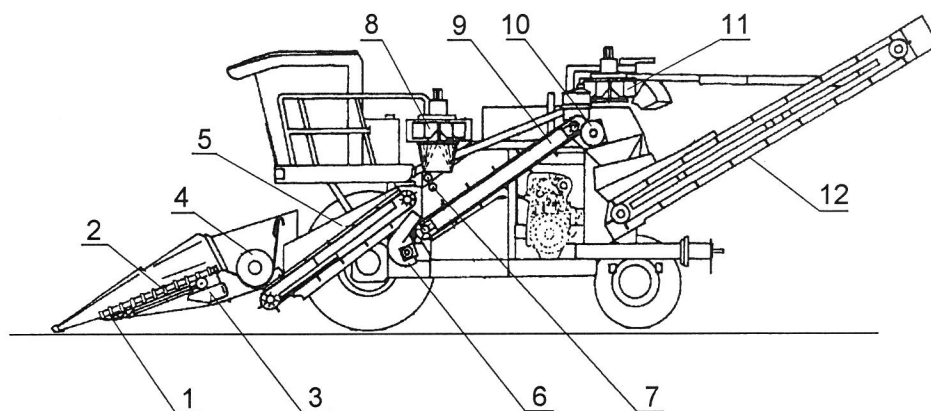
Wyszczególnienie – Specification	Jedn. miary Units of measure	Dane techniczne Technical data
Wysokość kombajnu Height of combine	m	3,7
Szerokość kombajnu Width of combine	m	3,05
Rozstaw rzędów Row spacing	m	0,75-1,0
Prędkość robocza Working speed	km·h ⁻¹	5-6
Masa (z ładunkiem) Mass (with load)	t	6,2 (8,7)
Zapotrzebowanie mocy Power consumption	kW	75

Rosnące w rzędach rośliny przemieszczane są przez łańcuchy rozdzielacz do rolek nożowych, gdzie następuje odcinanie kolb od dolnych części łodyg. Regulowana długość noży pozwala na dokładne odcinanie dokolbia. Pozostałe części łodyg wraz z kolbami podawane są do specjalnych bębnow łopatkowych, gdzie następuje ich oddzielenie. Oddzielone kolby podawane są do przenośnika transportującego, na który działa strumień powietrza wytwarzany przez wentylator i usuwa znajdujące się między nimi zanieczyszczenia. Kombajn ten zapewnia minimum uszkodzeń mechanicznych dla zbieranego surowca. Wyposażony jest w nowoczesne reflektory zapewniające duży komfort pracy w porze nocnej. Hydrostatyczna skrzynia przekładniowa sterowana jedną dźwignią, pozwala na szybką zmianę prędkości i kierunku jazdy.

Na rysunku 7 przedstawiono schemat samojedźnego kombajnu do zbioru kolb kukurydzy cukrowej. Podstawowe zespoły robocze tego kombajnu to rzędowy adapter, w którym następuje oddzielanie zbieranych kolb od łodyg kukurydzy, zespół czyszczący stanowiący układ trzech wentylatorów, zespół podajników i przenośników transportujących etapami zbierane kolby na środki transportowe oraz układ napędzający poszczególne podzespoły. Konstrukcja adaptera pozwala zbierać kukurydzę z rzędów o rozstawie od 75 do 100 cm.

Podczas pracy kombajnu rozdzielacz adaptera obejmuje rząd roślin, a następnie podajniki taśmowo-łopatkowe wprowadzają łodygi kukurydzy między dwie nieruchome prowadnice. Na rysunku 8 przedstawiono schemat działania zespołu obrywającego kolby. W kombajnie wyposażonym w ten rodzaj zespołu obrywającego, w pierwszym etapie następuje kierowanie łodyg między pasy zespołu prowadzenia, a w drugim etapie ich odcinanie. Łodygi wraz z kolbami

przemieszczane są do tylnej części zespołu obrywającego. W czasie tego procesu kolby napotykają na opór stawiany przez pionowe rolki obrotowe zespołu obrywania. W następstwie tego kolby są odrywane od łodygi i spadają na poprzeczny przenośnik. Przenośnikiem tym podawane są do podłużnego podajnika, którym kierowane są do zbiornika kombajnu lub do przyczepy jadącej obok. Łodygi po opuszczeniu zespołu prowadzenia w zależności od ich przeznaczenia, trafiają na ziemię (zwykle po wcześniejszym rozdrobnieniu) lub są wykorzystywane na paszę.

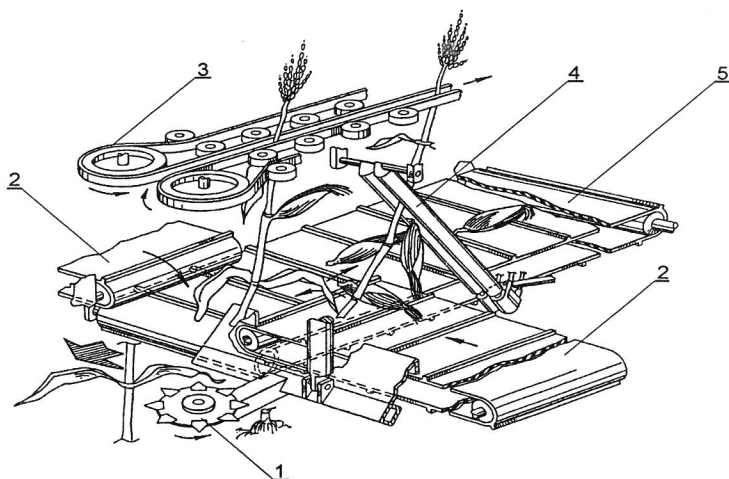


Rys. 7. Schemat kombajnu do zbioru kolb kukurydzy: 1 – rolki nożowe, 2 – podajniki taśmowo-łopatkowe, 3 – przekładnie zębate, 4 – podajnik ślimakowy, 5 – przenośnik taśmowo-listwowy, 6 – wentylator poprzeczny, 7 – rolki zębate, 8 – wentylator środkowy ssący, 9 – przenośnik środkowy, 10 – walec podający, 11 – wentylator końcowy, 12 – przenośnik wyładowczy kolb

Fig. 7. Schematic of combine for corn cob harvesting: 1 – knife rollers, 2 – tape-spatular feeders, 3 – toothed gears, 4 – auger feeder, 5 – tape-slat conveyor, 6 – transverse exhaustor, 7 – toothed rollers, 8 – central sucking exhaustor, 9 – central conveyor, 10 – server cylinder, 11 – final exhaustor, 12 – unloading conveyor of cobs

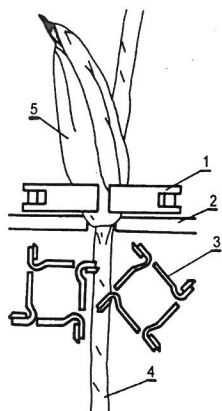
W innych rozwiązaniach adapterów obrywających kolby obracające się rolki nożowe wciągają łodygi pod spód adaptera kombajnu. W momencie, gdy kolby kukurydzy osiągną krawędzie znajdujące się u dołu prowadnic następuje ich odcięcie od łodyg rolkami nożowymi (rys. 9). Odcięte kolby zabierane są przez poprzeczny podajnik ślimakowy, który podaje je do ukośnego podajnika taśmowo-listwowego. Wciągnięte pod spód adaptera łodygi pozostają na polu. Na kolby wyrzucane z ukośnego podajnika działa silny strumień powietrza wytwarzany przez wentylator, którego zadaniem jest oddzielenie lekkich zanieczyszczeń od transportowanych kolb. Pozostające przy kolbach górne części łodyg oddzielane są od nich przez łopatki bębnowe, a następnie zasysane wraz innymi

zanieczyszczeniami przez wentylator i usuwane na zewnątrz kombajnu. Tak oczyszczone kolby kukurydzy transportowane są dalej przenośnikiem taśmowo-listwowym do walca podającego, a następnie do przenośnika wyładowczego, który podaje je na przyczepę. Nad walcem tym umieszczony jest dodatkowy wentylator, którego zadaniem jest oddzielenie pozostałych zanieczyszczeń od kolb. Wszystkie elementy, z którymi stykają się zbierane kolby są pokryte gumą lub wykonane z niej, co zmniejsza ryzyko ich uszkodzenia.



Rys. 8. Zespół obrywający kolby kukurydzy: 1 – rotacyjna głowica nożowa, 2 – przenośnik poprzeczny, 3 – zespół prowadzenia łodyg, 4 – zespół obrywający, 5 – przenośnik podłużny [17]

Fig. 8. Corn cob picker set: 1 – rotary knife head, 2 – transverse conveyor, 3 – stem guide assembly, 4 – picker set, 5 – longitudinal conveyor [17]



Rys. 9. Schemat działania adaptera odcinającego kolby: 1 – podajniki taśmowo-łopatkowe, 2 – nieruchome krawędzie prowadnic, 3 – rolki nożowe, 4 – łodyga kukurydzy, 5 – kolba kukurydzy
Fig. 9. Operation schematic of cob cutting off adapter: 1 – tape-slat feeders, 2 – fixed edges of runners, 3 – knife rollers, 4 – corn stem, 5 – corn cob

Nowoczesne adaptory coraz częściej wyposażone są w ukośne podajniki taśmowe o pionowych osiach obrotu, które zabezpieczają ziarno kukurydzy przed uszkodzeniem podczas obrywania kolb. W czasie pracy kombajnu (rys. 10) obracające się nagarniacze łańcuchowo-łopatkowe kierują łodygi kukurydzy do podajników taśmowych, które w dolnej części posiadają specjalne krawędzie. Następnie rolki wciągają roślinę pod spód adaptera do momentu, aż kolba zatrzyma się na krawędziach. Wówczas nastąpi odcięcie kolby od łodygi, a ustawione ukośnie przenośniki obejmując kolbę chronią ją przed uszkodzeniami mechanicznymi. Zastosowanie w adapterach podajników taśmowych znacznie poprawiło jakość zbieranego materiału, i to nie tylko poprzez mniejsze uszkodzenia mechaniczne, lecz również dokładniejsze odcinanie dokolbia, a tym samym przyczyniło się do mniejszych strat wody i cukrów [23,38].

Wielorzędowe maszyny samojezdne oferuje także amerykańska firma Pixall. Przedstawiony na rysunku 11 kombajn EL 30 HARVESTER to nowoczesna i wysoko wydajna maszyna przeznaczona do zbioru kolb kukurydzy z większych powierzchni. Osiąga on wydajność efektywną około $1,2 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$, przy zalecanej prędkości roboczej $4,5\text{-}6,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

W zależności od zastosowanego adaptera, kukurydza może być zbierana jednocześnie z 4 lub 6 rzędów. W kombajnie tym zastosowano nowoczesne materiały do wykonania elementów obrywających i transportujących kolby, co znacznie zmniejszyło uszkodzenia zbieranego materiału. Współpracuje on najczęściej z dołączoną z tyłu przyczepą Byron 3000 o ładowności 12 t, zapewniającą długi czas pracy między wyładunkami kolb [23,95].



Rys. 10. Widok kombajnu FMC Corn Comander podczas zbioru kolb kukurydzy cukrowej [94]

Fig. 10. A view of FMC Corn Comander combine during harvesting of sweet corn cobs [94]



Rys. 11. Widok samojedznego kombajnu EL 30 HARVESTER podczas pracy [94]

Fig. 11. A view of EL 30 HARVESTER self-propelled combine during work [94]

W korzystnych warunkach zbioru kolby mogą być bezpośrednio ładowane na środki transportowe. System czyszczący kombajnu stanowią dwa wentylatory. Pierwszy z nich o średnicy 76 cm i drugi o średnicy 64 cm, skutecznie usuwają wszystkie zanieczyszczenia znajdujące się między zbieranymi kolbami. Dzięki niezależnemu napędowi kombajnu na wszystkie koła oraz hydraulicznemu sterowaniu układem jezdny, adapterem i przenośnikami transportującymi, praca kombajnem nie nastręcza operatorowi większych trudności w różnych warunkach i wpływa na zwiększenie wydajności maszyny (tab. 8).

Tabela 8. Dane techniczne kombajnu Pixall EL 30 HARVESTER [23]

Table 8. Technical data of Pixall EL 30 HARVESTER [23]

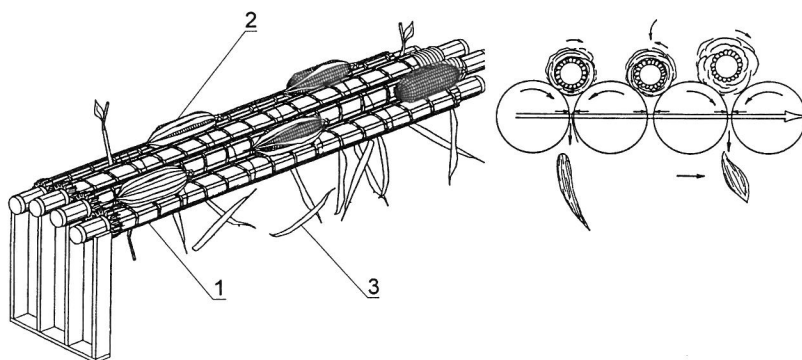
Wyszczególnienie – Specification	Jedn. miary Units of measure	Dane techniczne Technical data
Wysokość kombajnu Height of combine	m	3,8
Długość (z przyczepą) Lenght (with trailer)	m	7,1 (9,5)
Szerokość kombajnu Widht of combine	m	3,4
Masa kombajnu Mass of combine	t	12
Zapotrzebowanie mocy Power of consumption	kW	180

Zastosowanie nowoczesnych technologii produkcji pozwala zbierać plony kukurydzy w przewidzianych terminach, nawet podczas mniej sprzyjających warunków agrotechnicznych, tj. nocą, na grzaskim polu lub przy zwiększonej wilgotności zbieranego materiału. Ponadto nie mają one negatywnego wpływu na jakość zbieranych kolb.

6. TECHNIKA OBRÓBK I KOLB KUKURYDZY CUKROWEJ

6.1. Urządzenia do odkoszułkowania kolb

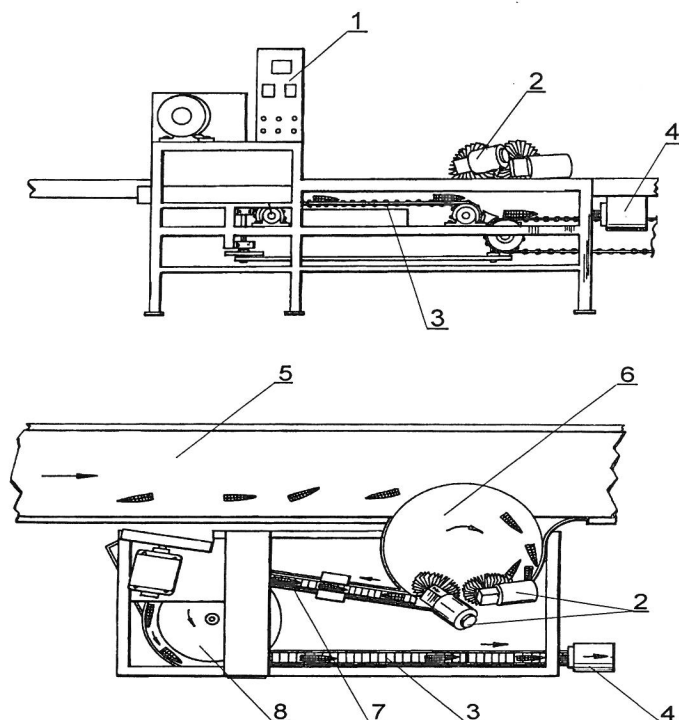
Po zebraniu kolb oczyszcza się je z liści okrywających oraz znamion. Proces ten z reguły odbywa się na specjalnych obrywarkach. Zespół do odkoszułkowania kolb kukurydzy cukrowej (rys. 12) zbudowany jest z zestawu podłużnych wałków, na obwodzie, których są osiowe i promieniowe wyżłobienia. Dzieli one wałek na cylindryczne segmenty. Jego przekrój poprzeczny może być okrągły lub eliptyczny. Wałki współpracują parami i obracają się w przeciwnych kierunkach. Są one usytuowane w niewielkich odstępach od siebie. Wyżłobienia mogą przebiegać równoległe do osi wałka lub w postaci linii śrubowej. Oddzielanie liści od kolby następuje w wyniku wzajemnego ruchu obrotowego zarówno kolb, jak i wałków oraz ich wciągania przez podłużne krawędzie wałków. Proces ten jest skuteczniejszy, gdy dolna część kolby jest wcześniej odcięta. Ponadto w celu zmniejszenia oporów tarcia wałków o liście okrywowe oraz poprawy skuteczności ich oddzielania odkoszułkowane kolby nawilżane są wodą. Zespół wałków otrzymuje napęd od silnika elektrycznego i jest zwykle ustawiony pod odpowiednim kątem, pełniąc również funkcję podajnika odkoszułkowanych kolb.



Rys. 12. Zespół odkoszułkowania kolb kukurydzy: 1 – wałki obrywające, 2 – kolby kukurydzy, 3 – liście okrywowe [56]

Fig. 12. Corn cob cover leaf removal assembly: 1 – tearing off rollers, 2 – corn cobs, 3 – cover leaves [56]

Większość stosowanych w przemyśle przetwórczym obcinarek ziarna wymaga, aby odkoszulkowane kolby były wprowadzane do zespołu odcinającego węższym końcem. Na rysunku 13 zamieszczono schemat urządzenia, które wykonuje to zadanie. Kolby przenośnikiem taśmowym dostają się na obrotową tarczę (stół). Z tarczą tą współpracują dwie ustawione pod kątem szczotki obrotowe. Zadaniem ich jest przepuszczanie kolb (jedna po drugiej) na kolejny przenośnik. Przenośnikiem tym kolby kierowane są do urządzenia sortującego i ukierunkowującego kolby.



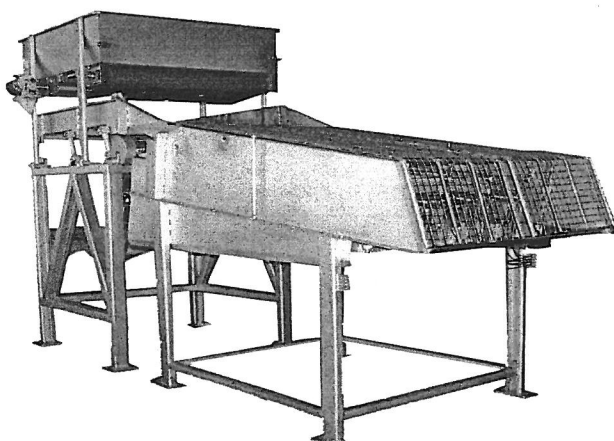
Rys. 13. Urządzenie do sortowania i ukierunkowywania kolb: 1 – układ sterowania, 2 – szczotki obrotowe, 3, 5, 7 – przenośniki kolb, 4 – obcinarka, 6 – tarcza obrotowa zespołu, 8 – tarcza obrotowa zespołu ukierunkowywania kolb [56]

Fig. 13. An appliance for cob classification and orientation control: 1 – control system, 2 – rotatory brushes, 3, 5, 7 – cob conveyors, 4 – cutter, 6 – rotary disc, 8 – rotary disc of cob orientation control assembly [56]

Sortowanie polega na wykorzystaniu czujnika optycznego, który w zależności od zadanej wielkości nastawczej (grubość lub długość kolby) steruje otwieraniem i zamykaniem poziomej zasuw. Otwarcie jej powoduje, że kolba przenośnikiem jest wynoszona do zbiornika. Tak się dzieje z kolbami, które nie spełniają nastawionych parametrów.

Zamknięcie zasuw powoduje z kolei, że kolby zmieniają kierunek ruchu. Dostają się na obrotową tarczę, która wchodzi zarazem w skład zespołu ukierunkowywania kolb. Jeżeli kolba na przenośniku jest usytuowana węższą stroną to czujnik siły odchyła się o taką wielkość, że kolba przesuwa się po wewnętrznym obwodzie tarczy. Kolba bez oporów jest kierowana do obcinarki ziaren. Z kolei, gdy kolba na przenośniku jest ułożona odwrotną stroną to czujnik optyczny otwiera zasuwę w ten sposób, że kolba przemieszcza się po zewnętrznej części (obwodzie) tarczy. Na pewnej części tego obwodu znajduje się zakrzywienie, o którego krawędź, kolba przesuając się wraz z tarczą natrafia i samoczynnie przekręca się.

Kolejnym rozwiązaniem przedstawionym na rysunku 14 jest obrywarka liści OLK-8, produkcji krajowej. Jest ona wysokowydajnym urządzeniem do oddzielania liści okrywowych i znamion od kolb kukurydzy. Podstawowymi zespołami roboczymi maszyny są obracające się w przeciwnych kierunkach wałki obrywające. Kolby podawane są podajnikiem taśmowo-listwowym do zespołu nożowego, gdzie odcinane są dokolbia oraz rozrywane liście okrywowe. W zależności od ilości zastosowanych sekcji obrywających, wydajność maszyny waha się od 4 do 20 t·h⁻¹. Skuteczność odkoszulkowania wynosi powyżej 90%, niezależnie od stanu liści i kolb. Maszyna jest często ustawiana w linii technologicznej, a oczyszczone kolby automatycznie podawane są dalej, zaś oberwane liście usuwane na zewnątrz. Zapewnia to szybki i płynny przepływ kolb i usuwanie odpadów, jak również skuteczną i wydajną pracę samej obrywarki oraz całej linii technologicznej.

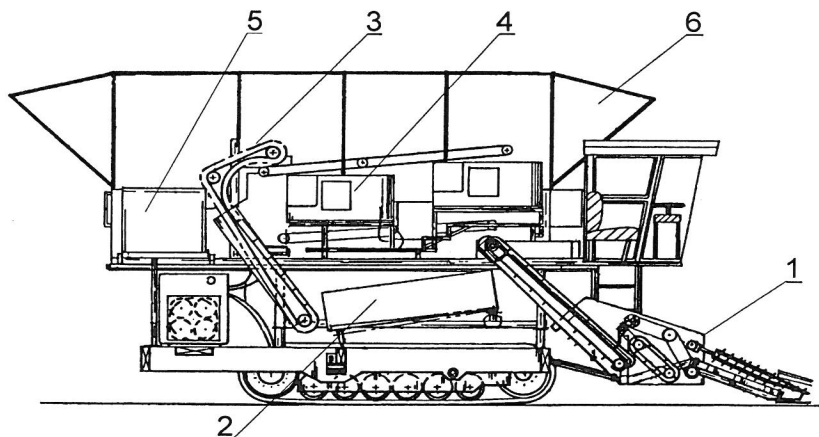


Rys. 14. Obrywarka liści okrywowych kolb kukurydzy OLK-8 [94]

Fig. 14. The OLK-8 corn cob cover leaf husker

Oczyszczone z liści na obrywarkach kolby kukurydzy, w celu usunięcia powstałych zabrudzeń oraz resztek znamion często poddaje się dodatkowemu myciu. Ułatwia ono znacznie późniejsze ich sortowanie. Podczas tego procesu szczególną uwagę zwraca się na miejsca uszkodzeń kolb, spowodowane procesem zbioru, obróbki lub przez szkodniki. Mycie najczęściej przeprowadza się podczas przemieszczania kolb z urządzenia obrywającego liście. Na przenośniku transportującym montuje się specjalne wałki powodujące obracanie się kolb. Nad nimi zainstalowane są dysze natryskowe, którymi podawana jest woda pod ciśnieniem, a obracające się kolby poddawane są myciu. Często jednak do mycia wykorzystuje się specjalne maszyny myjące.

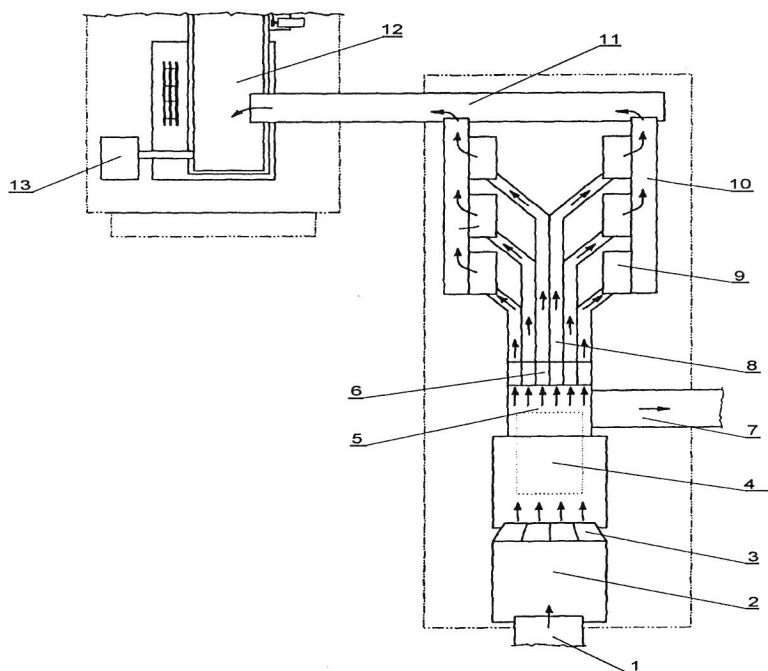
W praktyce stosowane są także kombajny do jednoczesnego zbioru i obróbki kolb kukurydzy cukrowej (rys. 15). Posiadają one zestaw urządzeń, które umożliwiają pozyskiwanie ziarna (rys. 16). Zerwane przez zespół obrywający kolby kierowane są na podajnik kolb. Podajnikiem tym dostają się do zespołu oddzielania liści od kolb. Oddzielone liście i znamiona wyrzucane są przenośnikiem na ziemię, do zbiornika lub na przyczepę. Odkoszulkowane kolby podawane są do zespołu, który ustawia je węższym końcem w kierunku nożowych głowic odcinających. Następnie kolby trafiają do obcinarek, gdzie odbywa się odcinanie ziarna od rdzeni. Odcięte ziarno gromadzone jest w zbiornikach pośrednich.



Rys. 15. Schemat kombajnu do zbioru kolb i odcinania ziarna od ich rdzeni: 1 – zespół obrywający kolby, 2 – zespół obrywający liście okrywowe, 3 – przenośnik kolb, 4 – zespół odcinania ziarna, 5 – zbiornik ziarna, 6 – osłona przeciwsłoneczna [18]

Fig. 15. Schematic of a combine for cob harvesting and kernels cutting off from cores: 1 – cob picker assy, 2 – cover leaf tearing off unit, 3 – cob conveyor, 4 – kernel cutting off assy, 5 – reservoir for kernels, 6 – sun-shield [18]

Ze zbiorników tych ziarno przenoszone jest do zbiornika głównego, w którym transportowane jest z pola do miejsca przeznaczenia. Ziarno w zbiornikach pośrednich i w zbiorniku głównym poddane jest działaniu czynnika chłodzącego, wytwarzanego przez skraplacz. Rdzenie kolb wyrzucane są w całości lub po uprzednim rozdrobnieniu na pole. Do obsługi kombajnu wymagane są co najmniej 3 osoby.



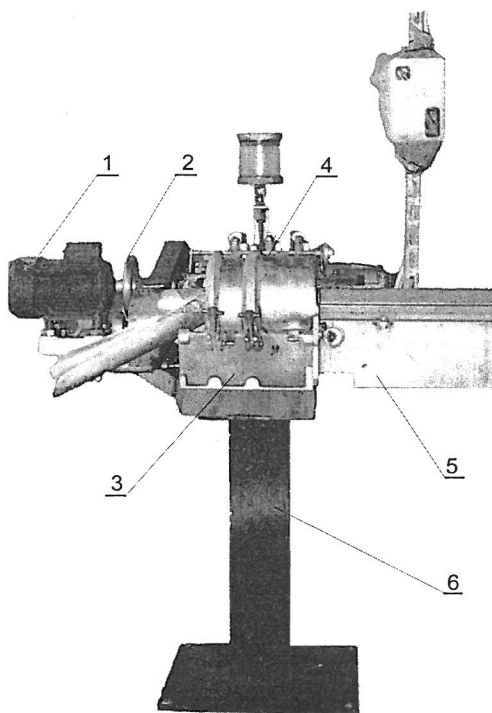
Rys. 16. Schemat samojezdnego zestawu do procesu pozyskiwania ziarna: 1 – podajnik kolb, 2 – stół wibracyjny, 3 – kanał zspowowy, 4 – rolki odkoszulkowujące, 5 – stół selekcyjny, 6 – układ ukierunkowywania kolb, 7 – przenośnik odpadów, 8 – podajnik kolb, 9 – obcinarki ziarna, 10 – pośredni zbiornik ziarna, 11 – podajnik ziarna, 12 – zbiornik ziarna, 13 – skraplacz [18]

Fig. 16. Schematic of a self-propelled set for kernel acquisition process: 1 – cob feeder, 2 – vibratory table, 3 – chute, 4 – husker rollers, 5 – selection table, 6 – cob orientation control system, 7 – waste conveyor, 8 – cob feeder, 9 – kernel cutter, 10 – intermediate reservoir for kernels, 11 – kernel feeder, 12 – kernel reservoir, 13 – condenser [18]

6.2. Urządzenia do oddzielania ziarna od rdzeni kolb kukurydzy

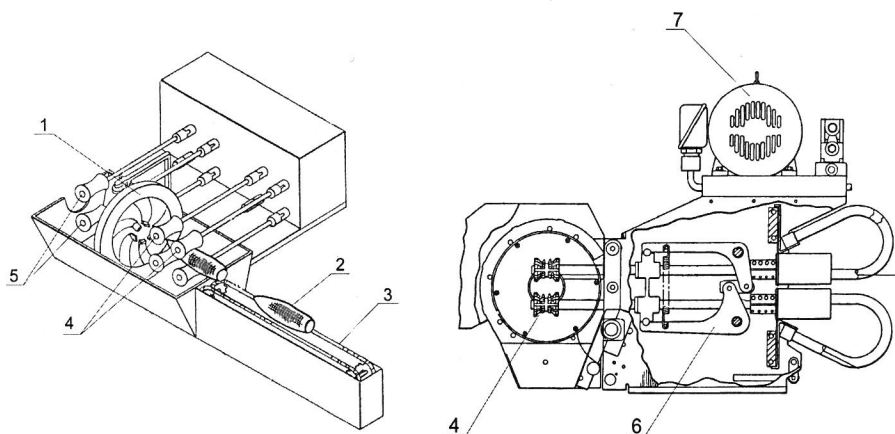
Odcinanie ziarna od rdzeni kolb kukurydzy odbywa się na specjalnych maszynach zwanych obcinarkami. W celu otrzymania ziarna wysokiej jakości zespoły robocze tych maszyn powinny być tak wyregulowane, aby wszystkie ziarna były odcinane jak najbliżej rdzenia kolby, przy czym nie powinny być

odcinane łuski, których obecność pogarsza jakość produktu. Do niedawna zalecano, aby ziarna były odcinane na 2/3 ich długości i by ich zarodki pozostawały na rdzeniu, gdyż uprawiano odmiany kukurydzy z długimi łuskami. Nowe mieszance kukurydzy nie mają tej wady i dla zwiększenia ilości pozyskiwanego produktu noże ustawia się na maksymalną długość odcinanego ziarna. Należy zwracać uwagę, aby cięcie ziarna było równe, bez porozrywanej okrywy owocowej i obecności grubych łusek rdzeni. W tej sytuacji noże powinny być często ostrzone. Regulację zespołu odcinającego należy przeprowadzać odpowiednio do zmiany wielkości i właściwości obrabianego surowca. Kolby kukurydzy powinny być układane cieńszym końcem w kierunku głowicy odcinającej, gdyż wtedy noże lepiej przystosowują się do prawidłowego odcinania ziarna. Podczas pracy należy systematycznie kontrolować, a w miarę potrzeby oczyszczać i smarować wszystkie ruchome części maszyny. Ma to bardzo duży wpływ na jakość odcinanego ziarna, ponieważ przy zabrudzeniu głowicy tnącej wolniej zmienia się położenie noży przy zmieniającej się średnicy kolb, co może powodować większą ilość nieprawidłowo odciętych ziaren [15,55,57,59]. Widok ogólny oraz opis budowy obcinarki ziaren kukurydzy firmy Stelmach przedstawiono na rysunku 17.



Rys. 17. Obcinarka ziarna kukurydzy cukrowej STELMACH: 1 – silnik elektryczny, 2 – łącznik, 3 – obudowa, 4 – głowica nożowa, 5 – podajnik łańcuchowy, 6 – podstawa [94]
Fig. 17. The STELMACH sweet corn kernel cutter: 1– electric motor, 2 – link, 3 – casing, 4 – knife head, 5 – chain feeder, 6 – base [94]

W skład obcinarki wchodzi: silnik elektryczny, łącznik, obudowa, głowica nożowa, podajnik łańcuchowy, korpus główny, podstawa. Korpus główny składa się z obudowy przekładni z pokrywą oraz dźwigni do wyłączania rolek kopiujących. W obudowie przekładni zamontowany jest ślimak, który poprzez ślimacznice napędza sześć rolek transportujących kolby, a także podajnik kolb. Wszystkie ślimacznice mocowane są na wałkach za pomocą kołków sprężystych. Na ślimaku osadzone jest koło pasowe, które za pomocą przekładni pasowej przekazuje napęd do zespołu kopiującego głowicy odcinającej. Silnik elektryczny połączony jest z przekładnią ślimakową za pomocą sprzęgła elastycznego. Dodatkowo układ ten wyposażony jest w kółko do napędu ręcznego.



Rys. 18. Schemat obcinarki ziarna kukurydzy cukrowej: 1 – głowica nożowa, 2 – kolba, 3 – podajnik kolb, 4 – rolki układu kopiującego, 5 – rolki usuwające rdzenie kolb, 6 – dźwignie układu kopiującego, 7 – silnik elektryczny [58]

Fig. 18. Schematic of sweet corn kernel cutter: 1 – knife head, 2 – cob, 3 – cob feeder, 4 – rollers of copying system, 5 – cob core removing rollers, 6 – levers of copying system, 7 – electric motor [58]

W obudowie obcinarki (rys. 18) zamontowana jest głowica tnąca, a także trzy pary rolek podających ze specjalnie wbudowanymi kolcami służącymi do przesuwania kolby w obrębie głowicy. Dwie pary rolek znajdują przed głowicą nożową i jedna za głowicą. Ponadto w obudowie tej znajdują się trzy uchylne osłony z lejkiem, zapobiegające wypadaniu ziaren kukurydzy na zewnątrz obcinarki. Do korpusu głowicy przykręcony jest transporter łańcuchowy. Składa się on z obudowy, wewnątrz której na wałku napędowym osadzone jest koło zębate, a na osi mimośrodowej koło napinające. Między tymi kołami rozciągnięte są dwa łańcuchy rolkowe służące do transportu kolb kukurydzy. Oś mimośrodowa służy do uzyskania właściwego napięcia łańcuchów, a znajdujące się przy nich osłony zapobiegają wypadaniu kolb kukurydzy. Między łącznikiem

a korpusem głowicy zamontowany jest zespół napędowo-regulacyjny głowicy. Składa się on z tulei sprzęgłowej, na której osadzone jest koło pasowe napędzane od silnika. Tuleja ta sprzęgnięta jest również z kołem zębatym bezpośrednio napędzającym głowicę. Całość osadzona jest na wałku między łącznikiem a korpusem głowicy. Na tym wałku umieszczone jest jeszcze jedno koło zębate, które zmienia rozstaw noży w głowicy, a także specjalny zabierak powodujący obracanie się wałka z tą samą prędkością, co napędzające całość koło pasowe. Ponadto znajduje się na nim dodatkowa tarcza regulacyjna połączona z kołem pasowym i zabierakiem. Tarcza ta poprzez obudowę łożyskową połączona jest również z wałkiem regulacyjnym, który łączy się poprzez zespół cięgieł z dwoma pokrętłami regulacyjnymi.

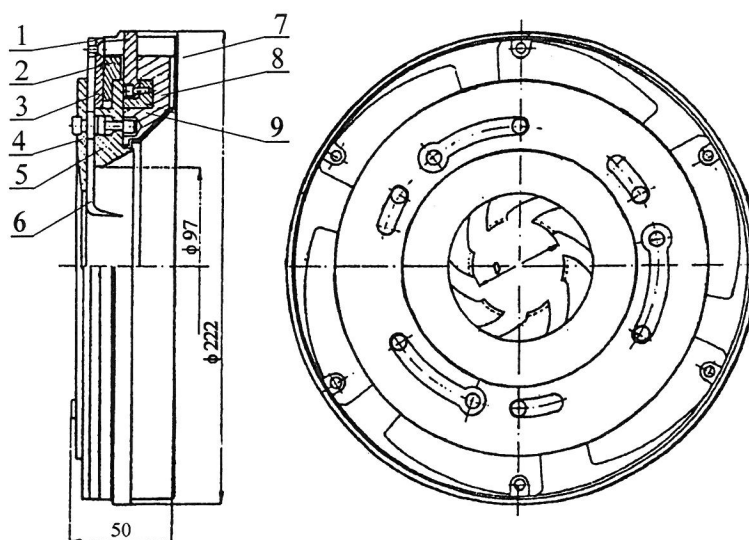
Silnik elektryczny z przykręconym do niego łącznikiem, obudową, głowicą nożową i podajnikiem kolb, mocowany jest do korpusu głównego, który połączony jest z podstawą. Kolby kukurydzy podajnikiem łańcuchowym podawane jest do obudowy, w której zamontowana jest głowica odcinająca. W obudowie przed głowicą znajdują się dwa zestawy rolek transportowych, które przejmują kolby z podajnika i podają je do głowicy. Po odcięciu ziaren rdzeń kolby jest wyrzucany przez zestaw dwóch rolek znajdujący się za głowicą. Odcięte ziarna wypadają w dolnej części obudowy głowicy. Rozstaw rolek podających ustawia się samoczynnie w zależności od średnicy kolby, co pozwala na automatyczne sterowanie rozstawem noży obcinających w samej głowicy.

Zasada działania tego mechanizmu jest następująca. Rozchylanie się rolek podających, poprzez układ dźwigni i cięgieł, przenoszone jest na wałek mechanizmu regulacyjnego głowicy, a stąd poprzez obudowę łożyska na tarczę mechanizmu napędowego. Ruch wzdlużny występów tarczy znajdujących się między zabierakiem a klockami koła pasowego powoduje kątowe przemieszczenie się zębatego koła regulacyjnego względem zębatego koła napędowego głowicy obcinającej. Powoduje to rozchylanie się noży obcinających w głowicy. Dzięki zastosowaniu nowoczesnych rozwiązań konstrukcyjnych obcinarka ta jest bardzo wydajna, a jednocześnie prosta w obsłudze i konserwacji. Podstawowe dane techniczne tej maszyny przedstawione są w tabeli 9.

Głowica jest zasadniczym elementem roboczym urządzenia do odcinania ziaren od rdzeni kolb kukurydzy. Posiada sześć specjalnych, centrycznie rozmieszczonych noży oraz mechanizm do ich automatycznego ustawiania w zależności od średnicy kolby. Wykonana jest z materiałów odpornych na korozję, a jej konstrukcja pozwala na szybką wymianę noży, gdy zaistnieje konieczność ich ostrzenia. Schemat budowy głowicy obcinającej STELMACH przedstawiony jest na rysunku 19.

Tabela 9. Dane techniczne obcinarki ziarna kukurydzy STELMACH [94]**Table 9.** Technical data of STELMACH corn kernel cutter [94]

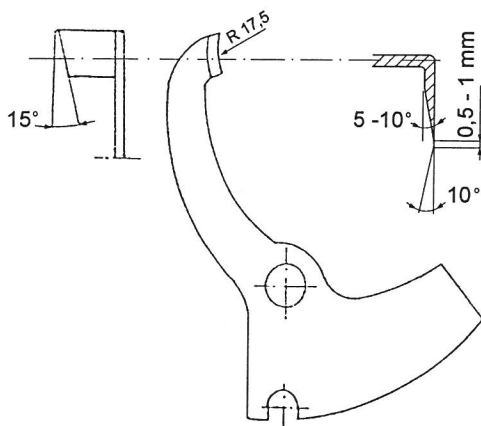
Wyszczególnienie – Specificaition	Jedn. miary Units of measure	Dane techniczne Technical data
Długość całkowita z podajnikiem Total length with feeder	mm	1680
Szerokość obcinarki Width of cutter	mm	768
Wysokość całkowita Total height	mm	1461
Wysokość podajnika od podłogi Height of feeder from floor	mm	1048
Zapotrzebowanie mocy Power consumption	kW	1,5
Wydajność obcinarki Efficiency of cutter	kolb·min ⁻¹ cobs·min ⁻¹	80
Masa całkowita Total mass	kg	315



Rys. 19. Głowica obcinająca: 1 – korpus, 2 – koło zębate regulacyjne, 3 – kołnier, 4 – pokrywa, 5 – tarcza, 6 – nóż, 7 – osłona, 8 – koło zębate napędowe, 9 – pierścień ustalający, D – zakres automatycznej regulacji noży (20-60 mm) [94]

Fig. 19. Cutting head: 1 – cutter body, 2 – regulating cog-wheel, 3 – collar, 4 – cover, 5 – disc, 6 – knife, 7 – shield, 8 – driving cog-wheel, 9 – retaining ring, D – range of automatic adjustment of knives (20-60 mm) [94]

Proces ostrzenia noży z głowicy obcinającej przeprowadza się na specjalnych ostrzałkach. Służą one do przywrócenia właściwych kątów krawędzi tnącej noży oraz odpowiedniej ich ostrości bezpośrednio przed założeniem do głowicy. Kształt i geometrię noża do odcinania ziaren kukurydzy cukrowej przedstawiono na rysunku 20.



Rys. 20. Kształt i geometria noża odcinającego [94]

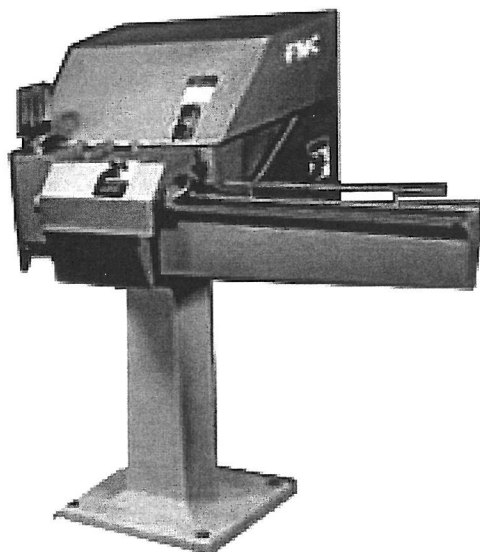
Fig. 20. The shape and geometry of cut-off knife [94]

Bardzo zbliżona pod względem budowy, jak i zasady działania do obcinarki STELMACH. Jej podstawowe dane techniczne przedstawiono w tabeli 10. Natomiast na rysunku 21 przedstawiono widok maszyny do odcinania ziarna FMC S.C.-120. Składa się ona z ramy, korpusu, wbudowanego silnika elektrycznego, głowicy odcinającej oraz łańcuchowego podajnika kolb do głowicy nożowej.

Tabela 10. Dane techniczne obcinarki ziarna FMC S.C. – 120 [94]

Table 10. Technical data of FMC S.C. – 120 kernel cutter [94]

Wyszczególnienie – Contents	Jedn. miary Units of measure	Dane techniczne Technical data
Długość – Length	mm	1372
Szerokość – Width	mm	832
Wysokość – Height	mm	572
Zapotrzebowanie mocy Power consumption	kW	2,25
Wydajność – Efficiency	kolb·min ⁻¹ – cobs·min ⁻¹	60-90
Masa – Mass	kg	225



Rys. 21. Obcinarka ziaren kukurydzy
FMC S.C. – 120 [94]

Fig. 21. The FMC S.C. – 120 corn kernel
cutter [94]

7. ANALIZA PROCESU MECHANICZNEGO ODDZIELANIA ZIARNA KUKURYDZY CUKROWEJ

Znajomość właściwości mechanicznych materiałów biologicznych jest niezbędna do projektowania procesów technologicznych [65]. Dlatego też badania w warunkach mechanicznego odcinania ziarna od rdzeni kolb, zostały poprzedzone określeniem wartości wybranych właściwości mechanicznych ziarna.

Ocenę uzyskanych wyników badań przeprowadzono w oparciu o metodę jednoczynnikowej analizy wariancji. W przypadku stwierdzenia istotnych różnic między obiektami na podstawie testu istotności F, przeprowadzono wnioskowanie ilościowe na podstawie przedziałów ufności Tukey'a dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$. Dokładność poszczególnych wyników pomiarów określano podając dodatkowo wartości odchylenia standardowego dla średniej arytmetycznej oraz najmniejszą i największą wartość danego zbioru liczb.

7.1. Testy wytrzymałościowe ziarna kukurydzy cukrowej

W celu określenia wielkości sił cięcia, penetracji i ściskania ziarna kukurydzy cukrowej zostały poddane odpowiednim testom mechanicznym na stanowisku pomiarowym. W jego skład wchodziła uniwersalna maszyna wytrzymałościowa

INSTRON 6022 oraz zestaw aparatury sterującej i rejestrującej. Maszyna ta pozwalała na przeprowadzenie testów na ziarnie kukurydzy pochodzącym z różnych terminów zbioru. Wykonanie tych testów wymagało wyposażenia elementów pomiarowych maszyny wytrzymałościowej w odpowiednie oprzyrządowanie. Pozwoliło ono na mocowanie badanych próbek, jak też prawidłowe przeprowadzenie badań [44]. Przed rozpoczęciem właściwych badań określono (na podstawie literatury, jak i wcześniejszych pomiarów) parametry pracy głowicy obciążającej. Badania zasadnicze realizowano dla prędkości liniowej głowicy wynoszącej $50 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ i przy obciążeniu 100 N.

W wyniku przeprowadzonych pomiarów określono w poszczególnych testach takie właściwości mechaniczne ziarna, jak: siłę, energię, moduł sprężystości i deformację. Wyniki tych badań dla siły i energii przedstawiono w formie graficznej, a dla modułu sprężystości i deformacji – w tabelarycznej [45,65].

Określano także zawartość węglowodanów w ziarnie (tab. 11) oraz cechy morfologiczne kolb (tab. 12), tzn. długość, średnicę i masę kolb, liczbę rzędów z ziarniakami i ziaren w rzędzie, a także procentowy udział ziarna w masie kolby. Do badań używano kolb kukurydzy cukrowej odmiany Candle. Kolby kukurydzy zbierano w 3 terminach w ciągu 2 tygodni. Zbiór kolb rozpoczynano z chwilą osiągnięcia optymalnej dojrzałości technologicznej ziarna i kontynuowano w odstępach tygodniowych. W III terminie zbioru, około 8% kolb kukurydzy cukrowej charakteryzowało się wklęsniętą powierzchnią ziarna. W czasie zbioru kolb średnia wilgotność ziarna wynosiła 76,7% dla terminu I, 72,3% dla terminu II i 69,2% dla terminu III.

Tabela 11. Zawartość węglowodanów dla różnych terminów zbioru

Table 11. Content of carbohydrates for different harvest terms

Termin zbioru Term of harvest	Zawartość cukrów redukcujących Content of reducing sugars $\text{g} \cdot (100 \text{ g s.m.})^{-1}$	Zawartość sacharozy Content of saccharose $\text{g} \cdot (100 \text{ g s.m.})^{-1}$	Zawartość skrobi Content of starch $\text{g} \cdot (100 \text{ g s.m.})^{-1}$	Zawartość wszystkich cukrów – Content of all sugars $\text{g} \cdot (100 \text{ g s.m.})^{-1}$
I	9,2	12,3	13,6	35,1
II	7,6	8,4	16,4	32,4
III	6,7	6,9	24,7	35,3

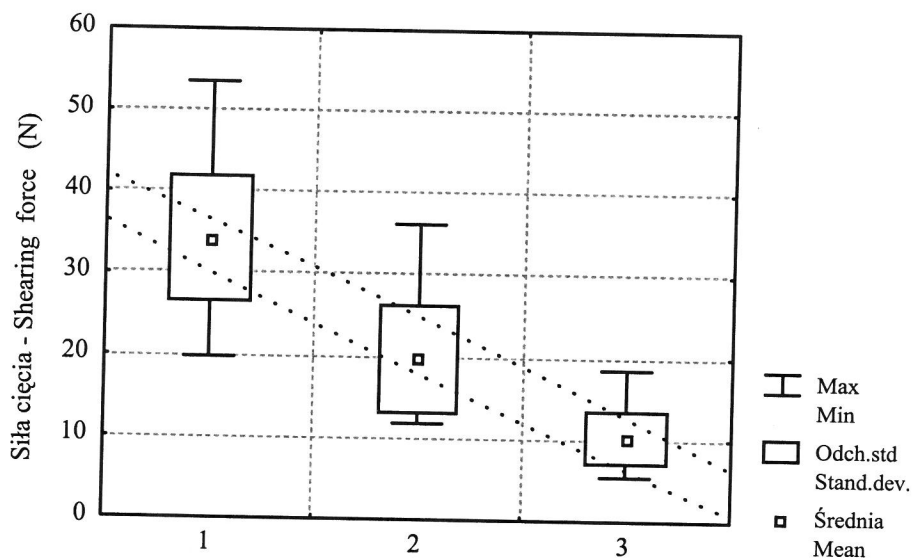
*s.m. – sucha masa – dry matter.

Tabela 12. Charakterystyka fizycznych właściwości kolb i ziarna kukurydzy cukrowej
Table 12. Characteristics of physical properties of cobs and kernels of sweet corn

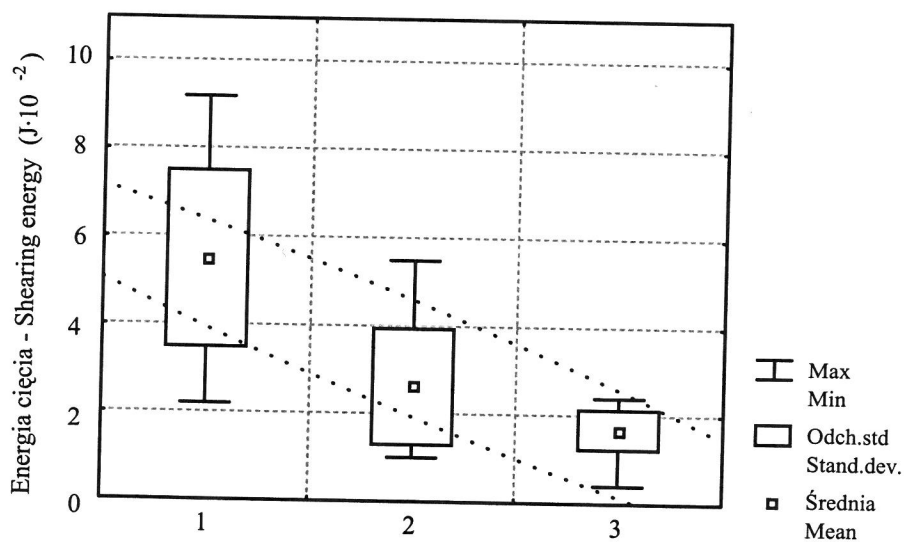
Wyszczególnienie – Specification	Wyniki – Results		
	Od – From	Do – To	Średnio – Mean
Masa kolby z liśćmi Cob mass with leaves (g)	278,1	436,2	352,2
Masa kolby bez liści Cob mass without leaves (g)	301,1	399,2	332,1
Masa 1000 ziaren Mass of 1000 kernels (g)	445,2	454,2	448,7
Udział ziarna w kolbie Share of kernels in cob (%)	68,3	73,4	72,6
Wilgotność ziarna Moisture of kernel (%)	68,2	78,7	73,5
Długość kolby Cob length (cm)	18,4	24,6	19,8
Średnica kolby Cob diameter (mm)	46,8	52,3	49,8
Średnia długość ziarna Mean lenght of kernel (mm)	4,8	11,6	9,2
Liczba ziaren w rzędzie (szt.) Number of kernels per row (pcs)	34,5	44,1	36,4
Liczba rzędów ziarna (szt.) Number of kernel rows (pcs)	12,2	16,6	14,2

Wyniki badań uzyskane w poszczególnych testach wykazywały względnie duże rozproszenie, na co wskazuje odchylenie standardowe, jak i przedział zmienności. Stosunkowo niewielkie prędkości stosowane w badaniach pozwalały na precyzyjne utrzymywanie założonych warunków pomiarów. Stąd też przyczyn dużego rozproszenia wyników należałoby upatrywać w zmienności samego materiału. W celu ilustracji różnic między wyznaczanymi wielkościami dla kolb z różnych terminów zbioru posłużono się wartościami średnimi.

Różnice między średnimi wartościami sił cięcia są istotne statystycznie i zmieniają się w zakresie od 34,2 dla terminu I do 10,3 N dla terminu III (rys. 22). Średnie wartości energii cięcia zmieniały się odpowiednio w zakresie od 0,054 do 0,016 J (rys. 23). Różnica między średnimi wartościami energii cięcia dla terminu II i III była nieistotna statystycznie. Brak istotności między średnimi wartościami dla tych terminów zanotowano także dla modułu sprężystości. Średnie wartości modułu sprężystości wynosiły od 5,94 (termin I) do 3,85 MPa (termin III). Różnice między średnimi wartościami deformacji, które zawierały się w przedziale od 15,22 (termin II) do 12,13 mm (termin III), nie były istotne dla terminu I i II oraz II i III (tab. 13).



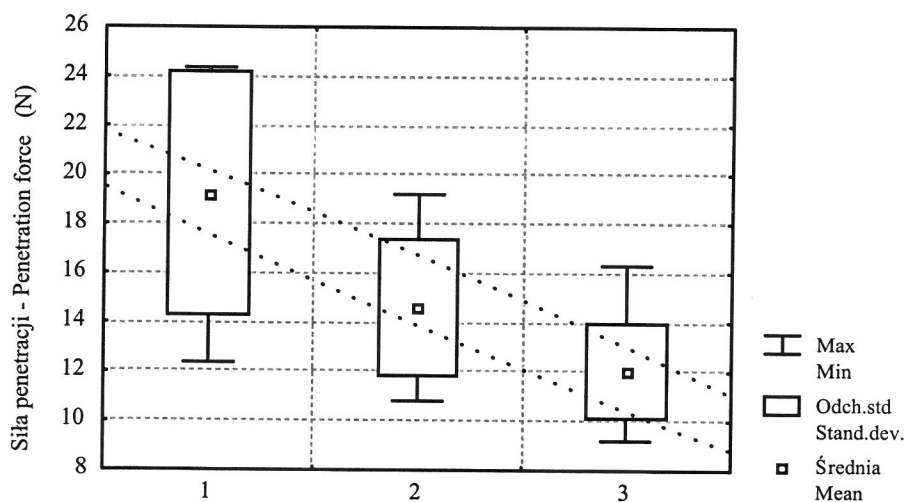
Rys. 22. Siła cięcia dla różnych terminów zbioru: 1 – termin I, 2 – termin II, 3 – termin III
Fig. 22. Cutting force for different harvest terms: 1 – term I, 2 – term II, 3 – term III



Rys. 23. Energia cięcia dla różnych terminów zbioru: 1 – termin I, 2 – termin II, 3 – termin III
Fig. 23. Cutting energy for different harvest terms: 1 – term I, 2 – term II, 3 – term III

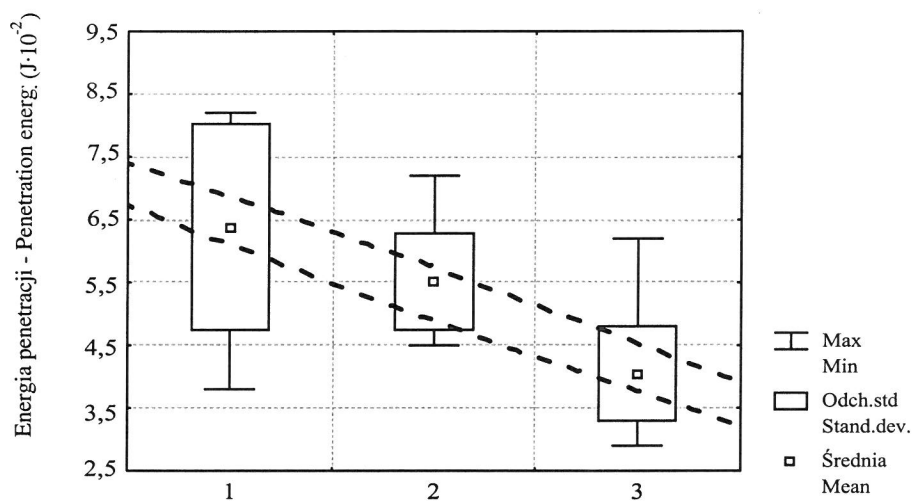
Średnie wartości sił uzyskane w testach penetracji okrywy owocowonasiennej, zawierały się w przedziale od 19,75 (termin I) do 12,05 N (termin III) (rys. 24). Między średnimi wartościami sił dla II i III terminu zbioru nie zano-towano istotnych różnic statystycznych. Z kolei dla zamieszczonego na rysunku 25 przebiegu średnich wartości energii penetracji nieistotność różnic wystąpiła dla I i II terminu zbioru. Średnie wartości energii penetracji zawierały się w zakresie od 0,064 (termin I) do 0,041 J (termin III). Średnie wartości modułu sprężystości zmieniały się od 8,14 (termin I) do 3,40 MPa (termin III). Natomiast średnie wartości deformacji od 6,12 mm (termin I) do 4,07 mm (termin III) (tab. 13). Między średnimi wartościami deformacji dla I i II terminu zbioru nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic.

W przypadku testów ściskania pojedynczych ziaren dla średnich wartości sił w I i II terminie zbioru nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic. Średnie wartości sił zawierały się w przedziale od 20,12 (termin I) do 12,05 N (termin III) (rys. 26). W przypadku średnich wartości energii ściskania, które zmieniały się od 0,031 (termin I) do 0,023 J (termin III) (rys. 27), nieistotność statystyczna wystąpiła między średnimi wartościami dla I i II oraz II i III terminu zbioru. Średnie wartości modułu sprężystości zawierały się w przedziale od 4,08 (termin I) do 2,94 MPa (termin III), a deformacji od 4,96 (termin I) do 3,43 mm (termin III) (tab. 13). Dla modułu sprężystości, różnice między I i II, a dla deformacji II i III terminem zbioru były nieistotne statystycznie.



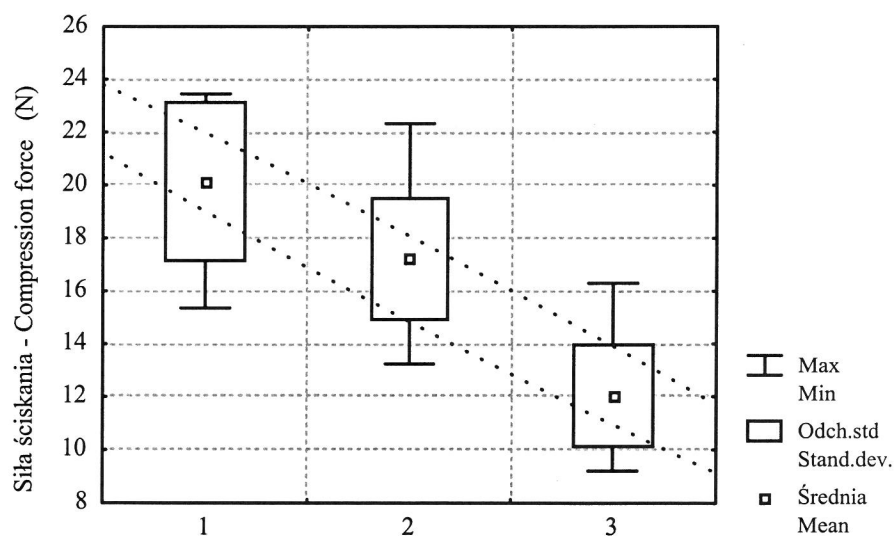
Rys. 24. Siła penetracji dla różnych terminów zbioru: 1 – termin I, 2 – termin II, 3 – termin III

Fig. 24. Penetration force for different harvest terms: 1 – term I, 2 – term II, 3 – term III



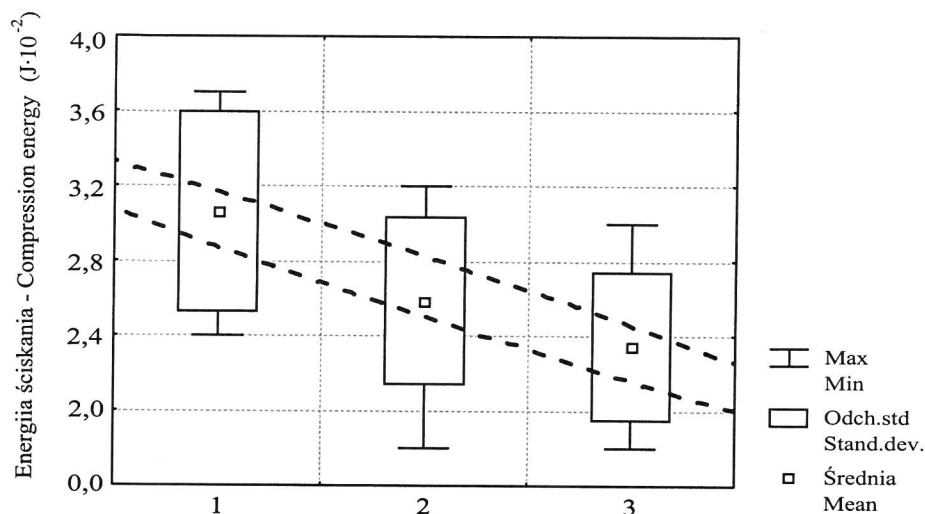
Rys. 25. Energia penetracji dla różnych terminów zbioru: 1 – termin I, 2 – termin II, 3 – termin III

Fig. 25. Penetration energy for different harvest terms: 1 – term I, 2 – term II, 3 – term III



Rys. 26. Siła ściskania dla różnych terminów zbioru: 1 – termin I, 2 – termin II, 3 – termin III

Fig. 26. Compression force for different harvest terms: 1 – term I, 2 – term II, 3 – term III



Rys. 27. Energia ściskania dla różnych terminów zbioru: 1 – termin I, 2 – termin II, 3 – termin III

Fig. 27. Compression energy for different harvest terms: 1– term I, 2 – term II, 3 – term III

Tabela 13. Wartości modułu sprężystości i deformacji uzyskane w testach wytrzymałościowych

Table 13. Values of elasticity modulus and deformation obtained for tests of strenght

Wyszczególnienie Contents	Min.	Max.	Średnia Mean	Odch. stand. Stand. dev.	95% przedział ufności Confid. interval
1	2	3	4	5	6
Test cięcia – termin I; The cutting test – term I					
Moduł sprężystości Modulus of elasticity (MPa)	2,83	11,91	5,94	2,57	4,57-7,31
Deformacja Deformation (mm)	7,69	18,23	13,37	3,42	11,55-15,14
Test cięcia – termin II; The cutting test – term II					
Moduł sprężystości Modulus of elasticity (MPa)	3,25	5,26	4,20	0,66	3,85-4,55
Deformacja Deformation (mm)	11,87	17,50	15,22	1,86	14,23-16,21
Test cięcia – termin III; The cutting test – term III					
Moduł sprężystości Modulus of elasticity (MPa)	2,29	5,68	3,85	1,03	3,15-5,55
Deformacja Deformation (mm)	5,95	14,71	12,14	2,09	11,77-13,86

c.d. Tabela 13
Cont. Table 13

1	2	3	4	5	6
Test penetracji – termin I; The penetration test – term I					
Moduł sprężystości Modulus of elasticity (MPa)	4,50	11,30	8,14	2,49	5,04-11,23
Deformacja Deformation (mm)	4,20	7,80	6,12	1,35	4,44-7,79
Test penetracji – termin II; The penetration test – term II					
Moduł sprężystości Modulus of elasticity (MPa)	4,25	7,25	5,83	0,86	5,35-6,31
Deformacja Deformation (mm)	4,36	7,63	5,84	1,01	5,28-6,41
Test penetracji – termin III; The penetration test – term III					
Moduł sprężystości Modulus of elasticity (MPa)	2,54	4,36	3,40	0,63	3,06-3,74
Deformacja Deformation (mm)	3,21	5,58	4,07	0,65	3,72-4,41
Test ściskania – termin I; The compression test – term I					
Moduł sprężystości Modulus of elasticity (MPa)	3,26	5,26	4,08	0,75	3,15-5,01
Deformacja Deformation (mm)	3,24	6,25	4,96	1,12	3,57-6,34
Test ściskania – termin II; The compression test – term II					
Moduł sprężystości Modulus of elasticity (MPa)	3,23	4,15	3,68	0,34	3,74-3,56
Deformacja Deformation (mm)	2,48	4,88	3,60	0,80	3,74-3,31
Test ściskania – termin III; The compression test – term III					
Moduł sprężystości Modulus of elasticity (MPa)	2,45	3,56	2,94	0,29	2,78-3,09
Deformacja Deformation (mm)	2,45	5,02	3,43	0,80	3,02-3,85

Średnie wartości pomiarowe uzyskane w I terminie zmniejszyły się o 42% w II terminie i o 70% w III terminie w przypadku siły cięcia oraz odpowiednio o 28% i 39% dla siły penetracji i o 15% i 40% dla siły ściskania. W przypadku wyznaczania energii zanotowano zmniejszenie średnich wartości o 53% (termin II) i o 70% (termin III) w testach cięcia, o 14% (termin II) i 36% (termin III) w testach penetracji oraz o 16% (termin II) i 26% (termin III) w testach ściskania. Wartości modułu sprężystości zmniejszały się według powyższej relacji w teście cięcia o 29% (termin II) i 35% (termin III), w teście penetracji od 28% (termin II)

i 58% (termin III) oraz w teście ściskania od 10% (termin II) 28% (termin III) w porównaniu z wartościami modułu dla I terminu. Natomiast średnie wartości deformacji uzyskane w testach cięcia zwiększyły się o 14% (dla terminu II) i zmniejszyły o 9% (dla terminu III) w porównaniu z wartościami z I terminu. Zmniejszenie nastąpiło także w testach penetracji o 4,4% (dla terminu II) i o 34% (dla terminu III) oraz w testach ściskania o 27% (dla terminu II) i o 31% (dla terminu III).

Zmniejszanie się wartości pomiarowych wraz z opóźnianiem terminu zbioru kolb (choć nie zawsze istotnie statystycznie) związane jest ze zmianami zachodzącymi w strukturze miąższu ziarna. Wpływa na to stopień dojrzałości ziarna, co przejawia się między innymi spadkiem jego wilgotności, jak i zwiększaniem udziału skrobi na rzecz cukrów (redukujących i sacharozy). Wilgotność ziarna zmniejszyła się o około 6% w przypadku zbioru II i około 10% w przypadku zbioru III w stosunku do zbioru I. W stosunku do zbioru w I terminie wystąpił spadek zawartości cukrów redukujących o około 17% dla II terminu i o około 27% dla III terminu, sacharozy o około 32% dla II terminu i o około 44% dla III terminu oraz wzrost skrobi o około 21% dla II terminu i o około 82% dla III terminu (tab. 12).

Ziarno o mniejszej wilgotności i większym udziale skrobi ma znacznie niższe wartości parametrów mechanicznych, stąd też potrzebna jest mniejsza ilość energii do jego odcięcia od kolby. Może to być powodowane zmniejszaniem się turgoru ziarna, jak i elastyczności jego okrywy owocowo-nasiennej. Świadczyć o tym może chociażby zmniejszanie się modułu sprężystości. Zarówno siła krytyczna przecięcia, jak i przebicia oraz pęknięcia ziarna poprzedzona jest dużym odkształceniem plastycznym. W konsekwencji przekłada się to na większe wartości sił potrzebne do przekroczenia punktu krytycznego, dla ziarna ze zbioru I w stosunku do zbioru II i III, kosztem większego odkształcenia.

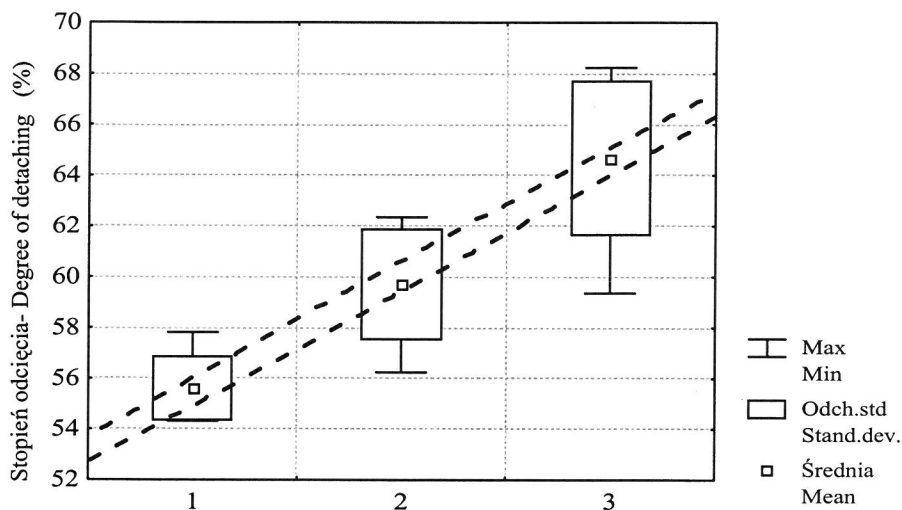
7.2. Ocena procesu odcinania ziarna kukurydzy

Kolby kukurydzy cukrowej przeznaczone dla przetwórstwa poddawane są obróbce mechanicznej polegającej na odcinaniu ziarna od ich rdzeni. Wśród wymagań dotyczących jakości oddzielanego surowca należy wymienić m.in. gładką powierzchnię i równą długość odciętych ziaren, brak uszkodzeń mechanicznych oraz niewielkie straty masy i składników pokarmowych [3].

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że w przypadku średnich wartości stopnia odcięcia masy ziarna występuje istotne zróżnicowanie statystyczne. Średnie wartości stopnia odcięcia masy ziarna od rdzenia kolby (rys. 28) zmieniały się w zakresie od 55,6% (termin I) do 64,7% (termin III). W przypadku średnich wartości poboru energii elektrycznej (rys. 29), mocy (rys. 30) i wydajności (rys. 31) tylko różnica między I i III terminem była istotna statystycznie. Wartości te

zmieniały się dla poboru energii od $2,75 \cdot 10^{-4}$ kWh (termin I) do $2,09 \cdot 10^{-4}$ kWh (termin III) oraz od 0,72 kW (termin I) do 0,57 kW (termin III) dla mocy i od $65,5 \text{ kolb} \cdot \text{min}^{-1}$ (termin I) do $73,5 \text{ kolb} \cdot \text{min}^{-1}$ (termin III) dla wydajności. Średnie wartości udziału ziarna gorszej jakości (rys. 32), które zmieniały się od 21,8% (termin I) do 14,0% (termin III), nie były istotne statystyczne między wartościami dla II i III terminu.

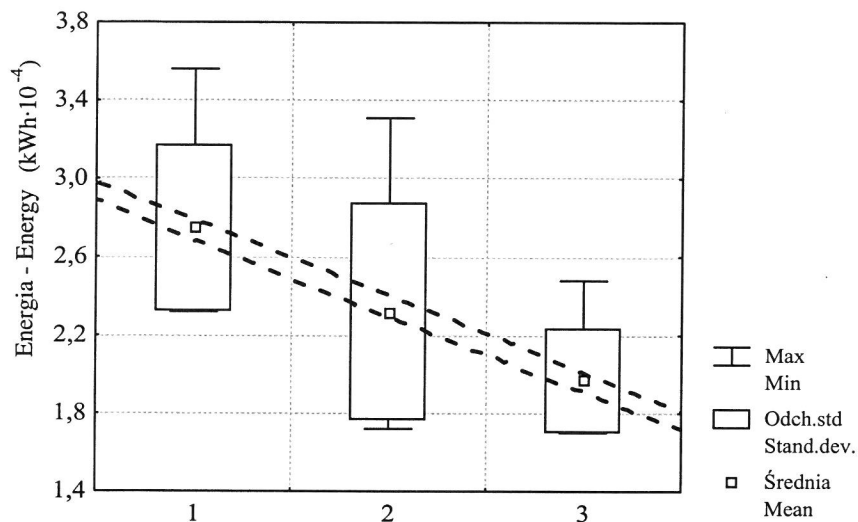
Zmniejszenie się poboru energii o 24% i mocy o 21% jest wynikiem zmiany turgoru ziarna. Można to interpretować podobnie, jak w opisie energii cięcia, penetracji i ściskania ziarna w warunkach quasi-statycznych na maszynie wytrzymałościowej.



Rys. 28. Stopień odcięcia masy ziarna dla różnych terminów zbioru: 1 – termin I, 2 – termin II, 3 – termin III

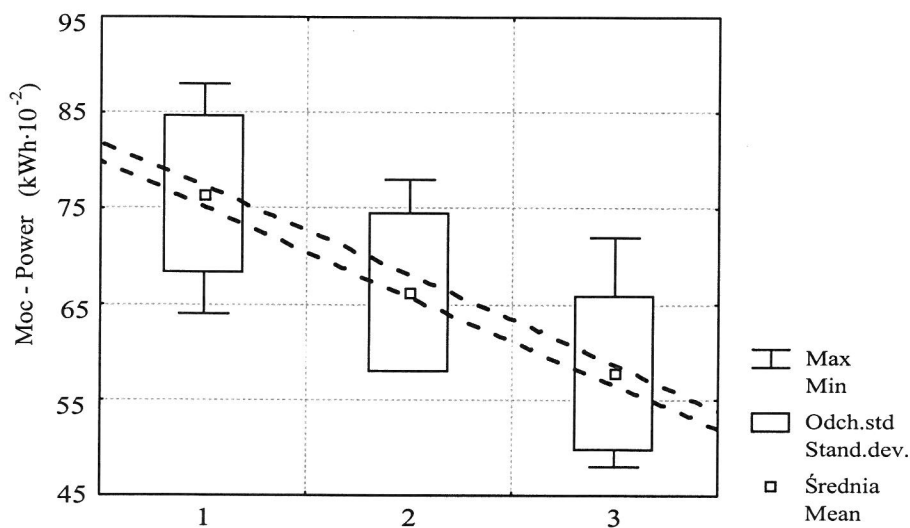
Fig. 28. The degree of kernel mass cut-off for different harvest terms: 1– term I, 2 – term II, 3 – term III

Zmniejszanie się turgoru ziarna wraz z opóźnianiem terminu zbioru, wpływa korzystnie również na stopień odcięcia masy ziarna, jak i na jakość i wydajność cięcia. Zmiana konsystencji miąższu ziarna kukurydzy cukrowej, powodowana jego dojrzewaniem, wpływa na spadek wilgotności oraz ilość mączystej skrobi. Taka konsystencja miąższu zapobiega ubytkom masy zarówno podczas odcinania, jak i w następstwie jego przemieszczania podczas zabiegów technologicznych związanych z obróbką i kontaktem z wodą (płukanie, sortowanie, blanszowanie). Mniejsza energochłonność odcinania ziarna z II i III terminu zbioru, powodowana mniejszymi oporami cięcia, wpływa na wzrost wydajności tego procesu.



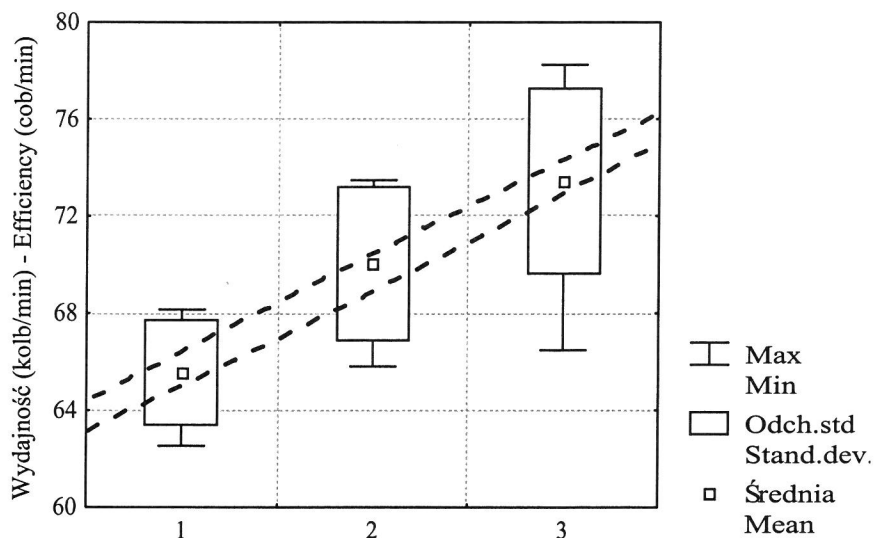
Rys. 29. Energia odcinania dla różnych terminów zbioru: 1 – termin I, 2 – termin II, 3 – termin III

Fig. 29. Cutting energy for different harvest terms: 1 – term I, 2 – term II, 3 – term III

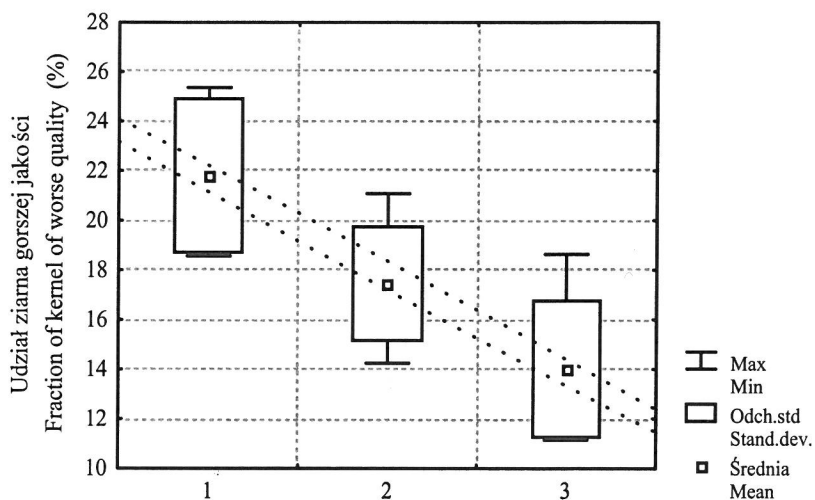


Rys. 30. Moc odcinania dla różnych terminów zbioru: 1 – termin I, 2 – termin II, 3 – termin III

Fig. 30. Cutting power for different harvest terms: 1 – term I, 2 – term II, 3 – term III



Rys. 31. Wydajność cięcia dla różnych terminów zbioru: 1 – termin I, 2 – termin II, 3 – termin III
Fig. 31. Cutting efficiency for different harvest terms: 1 – term I, 2 – term II, 3 – term III



Rys. 32. Udział ziarna gorszej jakości dla różnych terminów zbioru: 1 – termin I, 2 – termin II, 3 – termin III
Fig. 32. Share of kernels of worse quality for different harvest terms: 1 – term I, 2 – term II, 3 – term III

8. OCENA EFEKTYWNOŚCI PRODUKCJI KUKURYDZY CUKROWEJ

Brak tradycji w uprawie tej rośliny, jak i odpowiedniej ilości wyspecjalizowanego sprzętu do zbioru i obróbki kolb sprawia, że stosowane obecnie technologie produkcji ziarna kukurydzy cukrowej są często bardzo kosztowne i energochłonne. Wynika to ze znacznych nakładów finansowych i energetycznych ponoszonych w poszczególnych etapach stosowanych technologii. W pracy podjęto próbę określenia wielkości nakładów robocizny i energetycznych ponoszonych w produkcji ziarna kukurydzy cukrowej. Ocenę prowadzono w oparciu o technologie ręcznego i mechanicznego zbioru kolb.

8.1. Analiza nakładów robocizny

Wielkość ponoszonych nakładów robocizny w produkcji kukurydzy cukrowej uzależniona jest przede wszystkim od rodzaju stosowanej technologii produkcji oraz poziomu uzyskiwanych plonów. Uprawa roli, siew i zabiegi pielęgnacyjne we wszystkich technologiach są podobne przy tych zabiegach, a wielkości ponoszonych nakładów są do siebie zbliżone. Największe różnice w strukturze ponoszonych nakładów występują przy różnych sposobach zbioru i transportu kolb. Do obliczeń nakładów robocizny ponoszonych w technologii produkcji ziarna kukurydzy cukrowej posłużono się wzorem [20]:

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

gdzie: N_r – nakłady robocizny ($\text{rbh} \cdot \text{ha}^{-1}$),

L_i – liczba godzin pracy dla danego zabiegu ($\text{rbh} \cdot \text{ha}^{-1}$),

i – numer kolejnego zabiegu technologicznego, $i = 1-n$,

F – powierzchnia uprawy kukurydzy cukrowej (ha).

W tabeli 14 przedstawiono wielkość nakładów robocizny ponoszonych na produkcję ziarna kukurydzy przy ręcznym i kombajnowym zbiorze kolb. Przyjęty do obliczeń plon kolb kukurydzy cukrowej wynosił $12 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Na rysunku 33 przedstawiono strukturę bezpośrednich nakładów robocizny ponoszonych przy ręcznym zbiorze kolb, natomiast na rysunku 34 – ich strukturę w przypadku kombajnowego zbioru kolb.

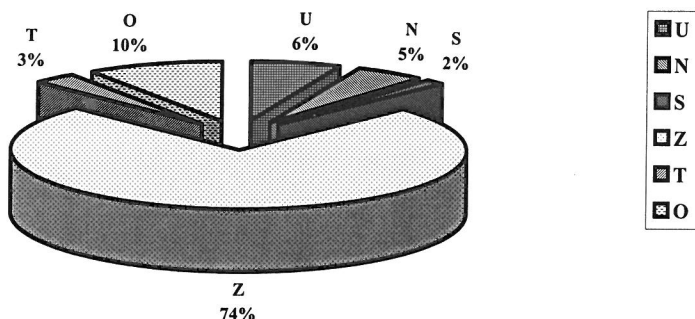
Z zamieszczonych w tabeli 14 oraz na rysunkach 33 i 34 danych wynika, że w przypadku technologii z ręcznym zbiorem kolb kukurydzy cukrowej nakłady pracy są blisko 4-krotnie wyższe w porównaniu z nakładami pracy dla technologii z kombajnowym zbiorem kolb.

Ogólne nakłady robocizny w technologii z ręcznym zbiorem kolb są bardzo wysokie w porównaniu z nakładami przy zbiorze kombajnowym. W obydwu przypadkach stosowano te same warianty uprawy, nawożenia i siewu nasion. Największa różnica dotyczy procesu zbioru kolb ($140 \text{ rbh} \cdot \text{ha}^{-1}$), a także transportu kolb ($3,5 \text{ rbh} \cdot \text{ha}^{-1}$). Przy ręcznym zbiorze kolb nakłady na samo ich obrywanie wynosi około 74% wszystkich nakładów ponoszonych na cały proces produkcji. Wynika to stąd, że przy ręcznym obrywaniu kolby z reguły wynoszone są na skraj pola przez samych zbieraczy lub osoby towarzyszące, co nie ma miejsca przy zbiorze kombajnem, gdzie kolby są automatycznie ładowane na środki transportu. Ponadto kolby zbierane kombajnem mają mniejszą ilość liści okrywowych, co powoduje zmniejszenie nakładów ponoszonych na ich obróbkę.

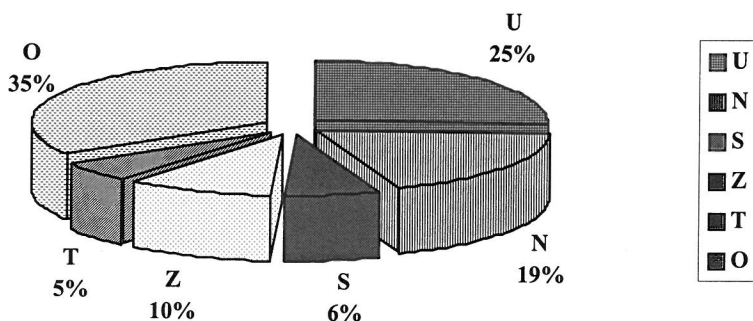
Tabela 14. Wielkość nakładów robocizny ponoszonych przy ręcznym i kombajnowym zbiorze kolb kukurydzy cukrowej [20]

Table 14. The size of labour expenditures defeated for manual and combine harvesting of sweet corn cobs [20]

Wyszczególnienie Specification	Ręczny zbiór kolb Manual cobs harvesting		Kombajnowy zbiór kolb Combine cobs harvesting	
	$\text{rbh} \cdot \text{ha}^{-1}$	$\text{rbh} \cdot \text{t}^{-1}$	$\text{rbh} \cdot \text{ha}^{-1}$	$\text{rbh} \cdot \text{t}^{-1}$
Nakłady robocizny ogółem				
Total expenditures of labour	195,2	16, 27	49,7	4,14
- uprawa i doprawianie gleby				
soil tillage and seasoning	12,6	1,05	12,6	1,05
- nawożenie i ochrona roślin				
fertilization and plant protection	9,4	0,78	9,4	0,78
- siew nasion – sowing of seeds	3,2	0,27	3,2	0,27
- zbiór kolb – harvesting of cobs	145,0	12,08	5,0	0,42
- transport kolb – transportation of cobs	6,2	0,52	2,7	0,22
- obróbka kolb – processing of cobs	18,8	1,57	16,8	1,40



Rys. 33. Struktura nakładów pracy przy ręcznym zbiorze kolb: U – uprawa i doprawianie gleby, N – nawożenie i ochrona roślin, S – siew nasion, Z – zbiór kolb, T – transport kolb, O – obróbka kolb [43]
Fig. 33. The structure of labour expenditure for hand harvesting of cobs: U – soil tillage and seasoning, N – fertilization and plant protection, S – sowing of seeds, Z – gathering of cobs, T – transportation of cobs, O – processing of cobs [43]



Rys. 34. Struktura nakładów pracy przy kombajnowym zbiorze kolb: U – uprawa i doprawianie gleby, N – nawożenie i ochrona roślin, S – siew nasion, Z – zbiór kolb, T – transport kolb, O – obróbka kolb [43]
Fig. 34. The structure of labour expenditures for combine harvesting of cobs: U – soil tillage and seasoning soil, N – fertilization and the plants' protection, S – sowing of seeds, Z – harvesting of cobs, T – transportation of cobs, O – processing of cobs [43]

8.2. Analiza energochłonności produkcji kukurydzy cukrowej

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

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

gdzie: N_e – nakłady energii mechanicznej i elektrycznej ($\text{kWh} \cdot \text{ha}^{-1}$),

M_i – moc nominalna ciągnika (kW),

K – współczynnik wykorzystania mocy ciągnika, $K = 0,6-0,9$,

L_i – liczba godzin pracy dla danego zabiegu ($\text{rbh} \cdot \text{ha}^{-1}$),

i – numer kolejnego zabiegu technologicznego, $i = 1-n$,

Q_z – plon kolb kukurydzy ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$).

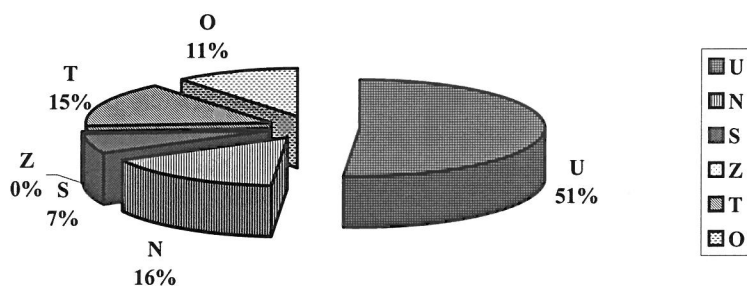
Podobnie jak przy obliczaniu nakładów robocizny dokonano porównania poboru energii mechanicznej i elektrycznej w procesie produkcji kukurydzy cukrowej dla ręcznego i kombajnowego zbioru kolb. Wyniki zestawiono w tabeli 15 oraz przedstawiono na rysunkach 35 i 36.

Tabela 15. Wielkość nakładów energii mechanicznej i elektrycznej ponoszonych przy ręcznym i kombajnowym zbiorze kolb kukurydzy cukrowej [43]

Table 15. Mechanical and electrical energy expenditure for hand and combine harvest of sweet corn cobs [43]

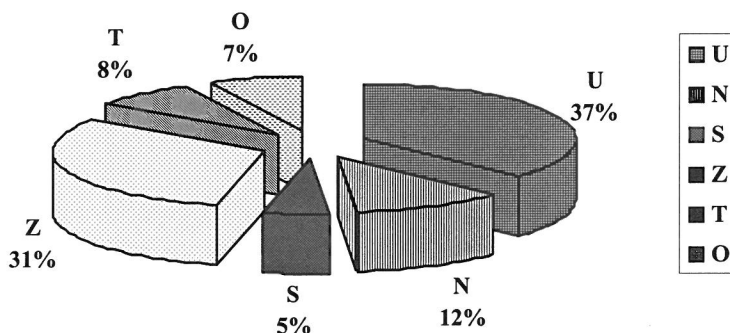
Wyszczególnienie Specification	Ręczny zbiór kolb Manual cobs harvesting		Kombajnowy zbiór kolb Combine cobs harvesting	
	$\text{kWh} \cdot \text{ha}^{-1}$	$\text{kWh} \cdot \text{t}^{-1}$	$\text{kWh} \cdot \text{ha}^{-1}$	$\text{kWh} \cdot \text{t}^{-1}$
Nakłady robocizny ogółem				
Total expenditures of labour	662,2	55,18	916,9	76,41
– uprawa i doprawianie gleby				
soil tillage and seasoning	340,8	28,40	340,8	28,40
– nawożenie i ochrona roślin				
fertilization and plant protection	106,5	8,88	106,5	8,88
– siew nasion – sowing of seeds	44,3	3,69	44,3	3,69
– zbiór kolb – harvesting of cobs	0,0	0,00	284,7	23,72
– transport kolb – transportation of cobs	98,2	8,18	75,2	6,27
– obróbka kolb – processing of cobs	72,4	6,03	65,4	5,45

Z zamieszczonych danych wynika, że nakłady energetyczne ponoszone w technologii z ręcznym zbiorem kolb kukurydzy są około 1,5-krotnie niższe w porównaniu z nakładami dla technologii z kombajnowym zbiorem kolb. Wiąże się to z faktem, że ręczny zbiór kolb nie wymaga stosowania dodatkowych źródeł energii.



Rys. 35. Struktura nakładów energetycznych przy ręcznym zbiorze kolb: U – uprawa i doprawianie gleby, N – nawożenie i ochrona roślin, S – siew nasion, Z – zbiór kolb, T – transport kolb, O – obróbka kolb [43]

Fig. 35. The structure of energy expenditure for hand harvesting of cobs: U – soil tillage and seasoning, N – fertilization and plant protection, S – sowing of seeds, Z – harvesting of cobs, T – transportation of cobs, O – processing of cobs [43]



Rys. 36. Struktura nakładów energetycznych przy kombajnowym zbiorze kolb: U – uprawa i doprawianie gleby, N – nawożenie i ochrona roślin, S – siew nasion, Z – zbiór kolb, T – transport kolb, O – obróbka kolb [43]

Fig. 36. The structure of energy expenditure for combine harvesting of cobs: U – soil tillage and seasoning, N – fertilization and plant protection, S – sowing of seeds, Z – harvesting of cobs, T – transportation of cobs, O – processing of cobs [43]

Porównując strukturę nakładów energetycznych w obu technologiach największe nakłady ponoszono na uprawę i doprowadzanie gleby (51% przy zbiorze ręcznym kolb i 37% przy zbiorze kombajnowym). Związane to było ze stosowaniem tradycyjnej technologii uprawy oraz przygotowania gleby do siewu nasion. Znaczna część nakładów energetycznych (około 31%) przypadała na mechaniczny zbiór kolb w przypadku technologii kombajnowej. Natomiast w technologii z ręcznym zbiorem kolb wyższe nakłady energetyczne ponoszono na ich transport i obróbkę. Pozostałe nakłady energii dotyczące nawożenia i ochrony roślin oraz siewu nasion kształtowały się w obu technologiach produkcji na zbliżonym poziomie. W sumie znacznie większe nakłady energetyczne pochłaniał zbiór kombajnowy, mimo iż przy zbiorze ręcznym wzrastały nakłady na transport i obróbkę kolb.

8.3. Ocena ekonomiczna produkcji kukurydzy cukrowej

Z dotychczasowych badań efektywności ekonomicznej produkcji kukurydzy cukrowej, wynika, że jej uprawa jest jedną z bardziej opłacalnych. Uzyskiwane dochody z 1 ha w większości przypadków przewyższają dochody z produkcji pszenicy, rzepaku, ziemniaków czy buraków cukrowych [41,80].

W ostatnich latach znacznemu pogorszeniu uległa opłacalność uprawy różnych roślin. Taka sytuacja zmusza producentów do poszukiwania upraw, które przynoszą wyższe dochody. Gatunki i odmiany roślin mniej znanych lub rzadziej uprawianych mogą uzyskiwać dość wysokie ceny na rynku, a tym samym przynosić znaczne dochody i zachęcać do dalszej produkcji. Taką rośliną jest kukurydza cukrowa, która zaczyna zdobywać miejsce w naszym rolnictwie i przetwórstwie. Kukurydza cukrowa uprawiana dla przemysłu przetwórczego oraz do bezpośredniego spożycia nie różni się zasadniczo metodami uprawy od kukurydzy pastewnej, lecz sposób zbioru, zagospodarowania, sprzedaży, a także uzyskiwane efekty ekonomiczne są różne.

Opłacalność produkcji kukurydzy cukrowej, pomimo ponoszenia znacznych nakładów jest bardzo duża. Uzależniona jest jednak od kierunku użytkowania i wielkości uzyskiwanego plonu. Bezpośrednia sprzedaż detaliczna przez producenta daje możliwość negocjowania ceny dostaw, co wpływa na wzrost przychodu w odróżnieniu od hurtowych dostaw dla przemysłu przetwórczego, gdzie cena jest dyktowana przez odbiorcę. Indywidualna sprzedaż kolb kukurydzy jest obciążona dużym ryzykiem handlowym, gdyż ich zbyt nie jest zagwarantowany, jak również wyższymi kosztami związanymi z sukcesywnym zbiorem, przechowywaniem i transportem na znaczne odległości.

Z jednego hektara plantacji kukurydzy cukrowej można zebrać w sprzyjających warunkach 50-60 tys. kolb, co w przeliczeniu odpowiada masie 12-15 ton.

Tak wysokie plony można uzyskać przy korzystnych warunkach atmosferycznych i idealnej agrotechnice uprawy. Trzeba jednak uwzględnić fakt, że część kolb może być pozaklasowa i ich wartość handlowa będzie znacznie niższa. Jako bardziej realne i możliwe do osiągnięcia w średnich warunkach klimatycznych i glebowych należy przyjąć plony o wydajności z jednego hektara na poziomie 10 ton lub 40 tys. sztuk kolb kukurydzy cukrowej [20,40,42,78].

W celu analizy opłacalności produkcji kukurydzy cukrowej przedstawiono w formie tabelarycznej poniesione nakłady rzeczowe i osobowe oraz ich strukturę, a także osiągany dochód przy sprzedaży dla przemysłu przetwórczego i na rynek do bezpośredniego spożycia. Kalkulację dla uprawy 1 hektara kukurydzy cukrowej przeprowadzono według aktualnych cen i kosztów, przy następujących założeniach:

- Plon biologiczny kukurydzy 10 ton lub 40 tys. sztuk kolb.
- Cena zbytu do przetwórnicy 420 zł·t⁻¹.
- Średnia cena zbytu 1 kolby kukurydzy 0,65 zł·szt⁻¹.
- Prędkość zbioru ręcznego około 140 rbh·ha⁻¹ przy cenie 10 zł·ha⁻¹.
- Koszt ziarna kwalifikowanego przy wysiewie nasion w zależności od MTN i obsady roślin 80 tys. szt·ha⁻¹, tj. 360 zł·ha⁻¹.
- Koszt zbioru mechanicznego przy wydajności kombajnu 0,2-0,4 ha·h⁻¹, tj. 3 h·ha⁻¹ x 220 zł·h⁻¹ = 660 zł·ha⁻¹.
- Koszt przechowywania kolb w chłodni przez 12 dni tj. 12 dni x 24 h x 4 kW moc agregatu x 0,36 zł·kWh⁻¹ – średnia cena energii elektrycznej = 415 zł.
- Koszt sprzedaży, poszukiwanie ewentualnych odbiorców, dostawa do odległych miejscowości przy sprzedaży w ciągu 20 dni przy koszcie jednego dnia 150 zł.
- Ilość kolb dobrze wykształconych i zaziarnionych w całości plonu wynosi zwykle 60-80%. Do obliczeń przyjęto 40000 sztuk x 70% = 28000 sztuk kolb pełnowartościowych.
- Nawożenie i ochrona roślin – koszt nawozów 500 zł oraz herbicydów 150 zł.

Koszty oraz ich strukturę, dochód, stopę rentowności i opłacalność produkcji kukurydzy cukrowej charakteryzują dane zawarte w tabeli 16. Z danych tych wynika, że produkcja kukurydzy cukrowej zarówno dla przemysłu przetwórczego, jak i na rynek do bezpośredniego spożycia przynosi dochody na poziomie opłacalności odpowiednio 168% i 281% i jest wyższa o około 110% od opłacalności przy sprzedaży dla przemysłu przetwórczego. Opłacalność policzono jako stosunek wielkości przychodu ze sprzedaży z 1 ha i poniesionych kosztów.

Dochodowość produkcji, czyli zysk netto kukurydzy cukrowej policzono jako różnicę wielkości przychodu ze sprzedaży z jednego hektara i kosztów ogółem poniesionych w danym cyklu produkcyjnym, gdzie wyniósł on 1680 zł·ha⁻¹ przy sprzedaży dla przemysłu przetwórczego i aż 11725 zł·ha⁻¹ przy sprzedaży na rynek do bezpośredniego spożycia. Policzony koszt produkcji przypadający na

jednostkę plonu, jako stosunek poniesionych kosztów ogółem oraz wielkości uzyskanego plonu, wynosi $0,25 \text{ zł} \cdot \text{kg}^{-1}$ przy sprzedaży dla przemysłu przetwórczego i $0,16 \text{ zł} \cdot \text{szt}^{-1}$ przy sprzedaży kolb do bezpośredniego spożycia.

Ponadto policzono wskaźnik pokrycia kosztów jako plon minimalny gwarantujący zwrot poniesionych kosztów. Stanowi on stosunek kosztów ogólnych produkcji i ceny skupu. Przy sprzedaży dla przemysłu przetwórczego wyniósł on 6 t, a przy sprzedaży na rynek do bezpośredniego spożycia 9962 sztuk kolb kukurydzy cukrowej. Również policzono stopę rentowności sprzedaży jako stosunek uzyskanego zysku netto – dochodu z 1 ha do wartości plonu – przychodu ze sprzedaży z 1 ha. W tej sytuacji przy sprzedaży dla przemysłu przetwórczego wynosi ona 40%, a przy sprzedaży na rynek do bezpośredniego spożycia 64,4%. Wskaźnik rentowności informuje o udziale zysku netto w wartości sprzedaży. Niższy wskaźnik rentowności oznacza, że większa wartość sprzedaży musi być osiągnięta dla uzyskania określonej kwoty zysku. Natomiast większa wartość wskaźnika oznacza korzystniejszy efekt ekonomiczny.

Zaprezentowane parametry ekonomiczne przykładowej kalkulacji wskazują jednoznacznie na bardzo wysoką opłacalność produkcji kukurydzy cukrowej przy sprzedaży na rynek do bezpośredniego spożycia gdzie osiągnięty dochód z 1 ha około 12000 zł i jest prawie 7-krotnie wyższy od dochodu osiągniętego przy sprzedaży dla przemysłu przetwórczego, który wyniósł około $1700 \text{ zł} \cdot \text{ha}^{-1}$ i stanowi zaledwie 14,3% udziału w dochodzie w pierwszym przypadku. Nieco inne relacje zauważono podczas analizy wskaźnika opłacalności gdzie różnice wielkości tych parametrów nie odbiegają tak znacząco jak w przypadku osiągniętego dochodu i wynosi ona przy sprzedaży dla przemysłu przetwórczego 168% i 281% przy sprzedaży na rynek do bezpośredniego spożycia.

Spadek wskaźnika opłacalności w drugim przypadku jest wynikiem ponoszenia bardzo dużych kosztów produkcji ogółem, w których znaczącą pozycję w strukturze kosztów stanowią koszty sprzedaży wynoszące 46,4% kosztów ogółem. Wskaźnik pokrycia kosztów obrazuje minimalną wielkość produkcji, jaka gwarantuje zwrot poniesionych nakładów – kosztów produkcji i przy sprzedaży do przemysłu przetwórczego wynosi ona 6000 kg, co stanowi 60% uzyskanego plonu. Natomiast przy sprzedaży na rynek wynosi ona 9962 sztuk kolb, co stanowi 35,6% uzyskanego plonu przyjętego do kalkulacji zgodnie z punktem 9 założeń. Należy zaznaczyć, że na wielkość tego parametru zasadniczy wpływ ma osiągana cena za jednostkę produktu, którą kształtuje koniunktura na rynku w zależności od popytu i wielkości podaży. Natomiast dużo mniejszy wpływ posiadają koszty produkcji, które w zasadzie są stałe w swojej wielkości i strukturze. Koszt produkcji 1 jednostki uzyskanego plonu nadającego się do sprzedaży obrazuje wielkość poniesionych nakładów finansowych na jednostkę produkcji, która przy sprzedaży do przetwórczości wynosi $0,25 \text{ zł} \cdot \text{kg}^{-1}$, a przy sprzedaży na rynek do bezpośredniego spożycia wynosi $0,16 \text{ zł} \cdot \text{szt}^{-1}$ i jest niższa, aż o $0,09 \text{ zł}$ na jednostce produkcji.

Tabela 16. Kalkulacja kosztów produkcji kukurydzy cukrowej przy dostawie dla przemysłu przetwórczego lub na rynek do bezpośredniego spożycia [20]

Table 16. Cost calculation for sweet corn production for delivery to processing industry or to the market for direct consumption [20]

Wyszczególnienie Specification	Sprzedaż kolb Selling of cobs (zł)		Struktura kosztów Structure of costs (%)	
	dla prze- mysłu – for processing	na świeży rynek – for fresh market		dla prze- mysłu – for processing
1. Koszty materiałów i surowców Costs of materials (zł)	1010	1010	40,1	15,6
– nasiona – seeds,	360	360	14,3	5,6
– nawozy NPK – NPK fertilizers,	500	500	19,8	7,7
– herbicydy – herbicides,	150	150	6,0	2,3
2. Koszty pracy sprzętu Working costs of equipment labour (zł)	1510	5465	59,9	84,4
– orka – tillage,	200	200	7,9	3,1
– doprawianie – seasoning,	150	150	5,9	2,3
– nawożenie i opryski fertilization and spraying,	120	120	4,8	1,9
– siew nasion – seeds sowing,	80	80	3,2	1,2
– podatek gruntowy – land tax,	100	100	4,0	1,5
– zbiór kombajnem – harvesting,	660	–	26,2	–
– zbiór ręczny – manual harvest,	–	1400	–	21,6
– przechowywanie kolb w chłodni cold storage of cobs,	–	415	–	6,4
– koszty sprzedaży – selling costs	200	3000	7,9	46,4
3. Koszty ogółem Total costs (zł)	2520	6475	100,0	100,0
4. Cena zbytu Selling price (zł)	0,42 zł·kg ⁻¹	0,65 zł·szt. ⁻¹	–	–
5. Wartość plonu Value of the crop (zł·ha ⁻¹)	4200	18200	–	–
6. Wskaźnik pokrycia (poz. 3/4) Index of defrayment (pos. 3/4)	6,0 t	9962 szt.	60,0	35,6
7. Koszty produkcji Costs of production (zł)		0,23 zł·szt. ⁻¹ 0,16 zł·szt. ⁻¹		
– poz. 3/10000 kg,	0,25 zł·kg ⁻¹		–	–
– poz. 3/28000 szt. – pcs		0,23 zł·pcs ⁻¹		
– poz. 3/40000 szt. – pcs		0,16 zł·pcs ⁻¹		
8. Zysk z ha, (zł), (poz. 5 – 3) Profit per ha, (zł), (pos. 5 – 3)	1680	11725	16,2	617,1
9. Opłacalność, (%), (poz. 4/7) Profitability, (%), (pos. 4/7)	168,0	281,0	–	–
10. Rentowność, (%), (poz. 8/5) Rentability, (%), (pos. 8/5)	40,0	64,4	–	–

Zaprezentowane parametry ekonomiczne w każdym ich elemencie jednoznacznie wskazują na opłacalność produkcji kukurydzy cukrowej z jednoczesnym wskazaniem jej sprzedaży na rynek do bezpośredniego spożycia gdzie osiągnąć dochód z 1 ha jest najwyższy, jak również pozostałe parametry ekonomiczne są dużo korzystniejsze od sprzedaży dla przemysłu przetwórczego. Należy zaznaczyć, że przy analizie nie uwzględniono ryzyka handlowego, które jest bardzo duże przy sprzedaży na rynek do bezpośredniego spożycia. Ponadto nieutralona kultura spożycia kukurydzy cukrowej oraz utarte stereotypy w znacznym stopniu mogą obniżyć zysk netto oraz atrakcyjność badanych wskaźników ekonomicznych.

Bardzo istotnym elementem opłacalności produkcji kolb kukurydzy cukrowej obok wydajności z hektara, wielkości ponoszonych nakładów finansowych, jest uzyskiwana cena na rynku niezależnie od formy sprzedaży. Możliwość zbytu kolb kukurydzy cukrowej oraz uzyskanie korzystnej ceny winna być elementem decydującym, leżącym u podstaw podejmowanych decyzji o rozpoczęciu produkcji kukurydzy cukrowej.

9. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Zalety użytkowe kukurydzy cukrowej wynikające z dużej jej wartości odżywczej, walorów smakowych oraz możliwości szerokiego wykorzystania, w pełni uzasadniają celowość zwiększania arealu uprawy tej rośliny. Poszukiwanie nowych i bardziej wydajnych sposobów zbioru, przy jednoczesnym zapewnieniu korzystnych efektów ekonomicznych oraz wysokich wymagań jakościowych produkowanych kolb i ziarna kukurydzy cukrowej staje się konieczne.

Kolby kukurydzy cukrowej zbierane dla przetwórstwa poddawane są obróbce mechanicznej polegającej na odcinaniu ziarna od rdzeni. W związku z tym, że znaczna część cukrów zgromadzona jest w zarodkach znajdujących się w dolnej części ziarniaków, wskazane jest odcinanie ziarna jak najbliżej rdzenia kolby. Nieregularny kształt ziarniaków oraz niska zawartość suchej masy (ok. 27%) są przyczyną częstych uszkodzeń mechanicznych ziarna. Ziarniaki szczególnie te, które znajdują się na skrajnych częściach kolby, różnią się wielkością i twardością. Poza tym kształty kolb (walcowy lub stożkowy) oraz zmienność ich wielkości (uzależniona od odmiany) utrudnia oddzielanie ziarna. Stąd też proces odcinania ziarna od rdzeni kolb stanowi poważny problem dla przetwórstwa.

Na podstawie przeglądu literatury, testów wytrzymałościowych ziarniaków, a także przeprowadzonej analizy nakładów pracy i energetycznych można sformułować następujące wnioski:

1. Z analizy wielkości nakładów energetycznych ponoszonych na produkcję kukurydzy cukrowej wynika, że najbardziej energochłonnym zabiegiem jest uprawa gleby. Zarówno w wariantcie zbioru ręcznego, jak i mechanicznego kolb nakłady te wynosiły około $340 \text{ kWh}\cdot\text{ha}^{-1}$. Natomiast nawożenie, ochrona i siew wymagały znacznie niższych nakładów energetycznych ($150 \text{ kWh}\cdot\text{ha}^{-1}$). Podobne nakłady ponoszone na transport i obróbkę kolb kształtowały się na zbliżonym poziomie ($140\text{--}170 \text{ kWh}\cdot\text{ha}^{-1}$).

2. Wysokie ceny maszyn do zbioru kolb powodują, że w warunkach gospodarstw uprawiających tę roślinę na małą skalę, powszechnie stosowany jest zbiór ręczny. Wielkość nakładów pracy przy zbiorze ręcznym stanowiła około 74% (tj. $145 \text{ rbh}\cdot\text{ha}^{-1}$) ogólnych nakładów ponoszonych na cały proces produkcji. Przy niewielkich powierzchniach uprawy ten sposób zbioru jest nadal najbardziej ekonomiczny i gwarantujący wysoką jakość surowca. Kombajnowy zbiór kolb wymaga natomiast wysokich nakładów energetycznych ($150 \text{ kWh}\cdot\text{ha}^{-1}$).

3. Zbiór kombajnowy kukurydzy cukrowej zapewnia uzyskanie większych wydajności pracy oraz umożliwia odcinanie kolb będących w optymalnym stadium dojrzałości, co jest szczególnie istotne w przypadku tej rośliny. Najnowsze rozwiązania techniczne stosowane w konstrukcji kombajnów do zbioru kukurydzy cukrowej pozwalają uzyskać wysoką jakość materiału porównywalną z jakością kolb zbieranych ręcznie. Przy zbiorze kombajnowym dużą rolę odgrywa właściwy dobór odmian, których kolby dojrzewają równomiernie i mogą być zbierane za jednym przejazdem roboczym. Obecnie dostępne są już odmiany kukurydzy, których liczba kolb dojrzewających jednocześnie przekracza 95%.

4. Ilość i jakość odcinanego ziarna kukurydzy cukrowej zależy w głównej mierze od jego wilgotności i terminu zbioru, miejsca położenia ziarna na kolbie, prędkości podawania kolb do głowicy tnącej oraz prędkości odcinania ziarna od rdzeni kolb. Niższa wilgotność ziarna (ok. 69%) związana z późniejszym terminem zbioru kolb oraz stosunkowo niewielka prędkość robocza głowicy tnącej obcinarki (około $167 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$) znacznie przyczyniają się do pogorszenia jakości uzyskiwanego surowca oraz wzrostu oporów cięcia. Duży wpływ na pozyskiwaną masę ziarna miała wielkość i kształt kolb kukurydzy. W przypadku kolb zbliżonych do walca uzyskiwano najwięcej ziarna i najlepszą jego jakość.

5. Termin zbioru i związana z nim zawartość suchej masy oraz odmiana są czynnikami najbardziej istotnie wpływającymi na wyznaczone właściwości mechaniczne w testach wytrzymałościowych (siła, moduł sprężystości, deformacja) i pobór energii. Podobną zależność stwierdzono dla wielkości określanych w procesie odcinania ziarna na obcinarce (stopień odcięcia masy ziarna, jakość odciętej powierzchni ziarna, wydajność i energochłonność cięcia).

6. W związku z dużą ilością nowych mieszańców kukurydzy wchodzących na rynek wskazane jest prowadzenie testów wytrzymałościowych w celu określenia ich przydatności do mechanicznego zbioru i obróbki kolb.

10. PIŚMIENNICTWO

1. **Adameczyk J., Czajczyński J., Królikowski Z.:** Wartość użytkowa nowych mieszańców kukurydzy cukrowej wyhodowanych w ZDHAR Smolice. Ogólnopolska Konferencja, pt.: Możliwości zwiększenia produkcji i wykorzystania kukurydzy cukrowej w Polsce. AR Poznań, 8-12, 1995.
2. **Aguyoh J., Taber G. H., Lawson V.:** Maturity of fresh market sweet corn with direct seeded plants, transplants, clear plastic mulch and rowcover combinations. Hort. Tech., 9(3), 420-425, 1999.
3. **Artyszak A.:** Jakość w kolbach. Farmer, 19, 1999.
4. **Azanza F., Juvik J. A., Klein B. P.:** Relationship between sensory quality attributes and kernel chemical compositions of fresh-frozen sweet corn. J. Food Quality, 17, 159-172, 1994.
5. **Baran K.:** Przegląd rozwiązań technologicznych zbioru i oddzielania ziarna od kolb kukurydzy cukrowej. Praca magisterska, Kat. Maszyn. Roln. WIP, AR Lublin, 2003.
6. **Barnes H.:** Growers are sweet on new corn picker. Citrus and Vegetable Magazine, 61(6), 40-41, 1997.
7. **Bletscher H. U.:** Hat Zuckermals Anbauchancen? Mais, 2, 41-43, 1985.
8. **Bonte D., Juvik J.:** Characterization on sugary-1 (su-1) sugary enhancer (se) kernels in segregating sweet corn populations. J. Am. Soc. Hort. Sci., 115, 153-157, 1990.
9. **Brecht J. K.:** Fresh cut sweet corn kernels. Citrus and Vegetable Magazine, 63(7), 36-37, 1998.
10. **Cartea M. E., Malvar R. A.:** Identification of field corn populations to improve sweet corn for Atlantic European Conditions. Crop Sci., 36, 1506-1512, 1996.
11. **Collins J. K., Biles C. L.:** Flavour qualities of frozen sweet corn are effected by genotype and blanching. J. Sci. Food Agric., 72(4), 425-429, 1996.
12. **Dougherty R. H.:** Reduction of liquid waste loads in sweet corn processing by changing sequences of unit operations. J. Food Sci., 41(3), 343-348, 1976.
13. **Dow P. W., Byron N. Y.:** Corn harvesting. USA Patent, 5176573, 1993.
14. **Dubas A.:** Znaczenie gospodarcze kukurydzy cukrowej i możliwości jej uprawy w Polsce. Kukurydza – Wyd. spec. – Kukurydza cukrowa, 2(7), 5-6, 1996.
15. **Eaton W.:** Automated corn cutter. USA Patent, 4753159, 1988.
16. **Felczyński K., Bąkowski J., Michalik H.:** Czynniki wpływające na jakość plonu i wartość odżywczą kukurydzy cukrowej. Ogrodnictwo, 3, 18-22, 1999.
17. **Felstehausen F. E.:** Corn cutter and system. USA Patent, 5041057, 1991.
18. **Higgins W. D.:** Self-contained mobile system and method for selectively processing fresh corn. USA Patent, 6428834, 2002.
19. **Ito G. M., Brewbaker J. L.:** Genetic advance through mass selection for tenderness in sweet corn. J. Am. Soc. Hort. Sci., 106(4), 496-499, 1991.
20. **Jaremek M.:** Uwarunkowania agrotechniczne i technologiczne produkcji ziarna kukurydzy cukrowej w Polsce. Praca magisterska, Kat. Maszyn. Roln. WIP, AR Lublin, 2003.
21. **Johnson L. A.:** Corn: Production, processing and utilization, In Handbook of Cereal Science and Technology, (Lorenz K.J., Kulp K.), Marcel Dekker Inc., New York, 1991.

22. **Jumagulow G.:** Sacharnaja kukuruza. Kukuruza i Sorgo, 3, 19-21, 1999.
23. **Kessler J., Harry T.:** Machine for cutting kernels from ears of corn. USA Patent, 5830060, 1998.
24. **Królikowski Z.:** Kukurydza cukrowa, problemy hodowli i nasiennictwa. AR Poznań, 1995.
25. **Królikowski Z.:** Problemy hodowli kukurydzy cukrowej. Kukurydza – Wyd. spec. – Kukurydza cukrowa, 2(7), 7-9, 1996.
26. **Kruczek A.:** Nawożenie kukurydzy cukrowej. Kukurydza – Wyd. spec. – Kukurydza cukrowa, 2(7), 14-15, 1996.
27. **Kunachowicz H., Nadolna I., Iwanow K., Przygoda B.:** Wartość odżywcza wybranych produktów spożywczych i typowych potraw. Wyd. Lekarskie PZWL, Warszawa 1999.
28. **Kulvadee T., Chowladda T.:** Effect of harvesting period on yield and quality of canned whole kernel sweet corn. Food, 27(4), 248-254, 1997.
29. **Kuminder J.:** Poszukiwanie wyróżników fizykochemicznych dojrzałości przetwórczej kukurydzy cukrowej. Przemysł Spożywczy, 7, 247-249, 1995.
30. **Kunicki E.:** Kukurydza cukrowa na bezpośrednie zaopatrzenie rynku. Hasło Ogrodnicze, 7, 32-34, 2000.
31. **Kunicki E.:** Effect of crop starting method and plant pruning on yielding of sweet corn. Vegetable Crops Res. Bull., 54(1), 43-47, 2001.
32. **Kunicki E.:** Kukurydza cukrowa uprawa z rozsady i cięcie roślin. Hasło Ogrodnicze, 3, 71-74, 2002.
33. **Kunicki E.:** Uprawa kukurydzy cukrowej. Wyd. Plantpress, Kraków 2003.
34. **Kunjara B., Ikeda Y.:** Development of an automatic baby corn separating system for canned baby corn production. ASAE Publication, 1995.
35. **Love J. M.:** The U.S. processing sweet corn industry. Vegetables and Specialties-Situation and Outlook, 251, 20-22, 1990.
36. **Lush R. W.:** Prepared food product with sweet corn and method of preparing same. USA Patent, 541263, 1993.
37. **Marr Ch. W., Tisserat N.:** Sweet corn. Hort. & Lands., 11, 1-8, 1995.
38. **Maruska G. F.:** Method and apparatus for renewing cutting edges in corn processing equipment. USA Patent, 4802495, 1989.
39. **Mas Y.:** World vegetables; Principles, Production and Nutrie Values – Sweet corn. Publishing Company Inc., 1983.
40. **Michałojć Z.:** Wpływ nawożenia i terminu zbioru na plon kukurydzy cukrowej. Hasło Ogrodnicze, 6, 46-47, 1999.
41. **Michalski T.:** Koszty i opłacalność uprawy kukurydzy cukrowej. Kukurydza – Wyd. spec. – Kukurydza cukrowa, 2(7), 21-22, 1996.
42. **Michalsky F.:** Zuckermals – ein Gemuse mit Zukunft?, Mais, 2, 40-43, 1986.
43. **Niedziółka I., Szymanek M.:** Ocena technologii produkcji kolb kukurydzy cukrowej. Inż. Roln., 9(29), 193-200, 2001.
44. **Niedziółka I., Szymanek M.:** Wpływ warunków zbioru i przechowywania na jakość kolb kukurydzy cukrowej. Kukurydza, 2(20), 51-52, 2002.
45. **Niedziółka I., Szymanek M., Rybczyński R.:** Badania właściwości mechanicznych ziarna kukurydzy cukrowej. Inż. Roln., 5(38), t. 2, 139-146, 2002.
46. **Niedziółka I., Szymanek M., Rybczyński R.:** Energochłonność procesu cięcia ziarna kukurydzy cukrowej. Inż. Roln., 6(39), 347-352, 2002.

47. **Nowak J., Niedziółka I., Szymanek M.:** Kombajny do zbioru kukurydzy cukrowej. Rolniczy Przegląd Techniczny, 7/8, 2001.
48. **Nowosieliow S.:** Ispolzovanie kukuruzy w pishchevoj promyshlennosti. Izd. Pishchczevaja Promyshlennost, 12, 64-65, 2002.
49. **Olsen J. K., Giles J. K., Jordan R. A.:** Post-harvest carbohydrate changes and sensory quality of three sweet corn cultivars. Sci. Hort., 44(3/4), 179-189, 1990.
50. **Orłowski M.:** Polowa uprawa warzyw. Kukurydza cukrowa. Wyd. AR Szczecin, 2000.
51. **Pawłowski A.:** Osłanianie kukurydzy cukrowej agrowłókniną *Pegas-agro®* P-17. Hasło Ogrodnicze, 3, 74-75, 2001.
52. PN-R-75377.: Kukurydza cukrowa, 1996.
53. **Reyes F. G., Varseveld G. W.:** Sugar composition and flavor quality of high sugar (shrunken) and normal sweet corn. J. Food Sci., 47, 753-755, 1982.
54. **Robertson G. H., Lazar M. E.:** Unit operations for generation of intact or unit kernels of sweet corn. J. Food Sci., 42, 5, 1977.
55. **Robertson G. H., Belley G. H.:** Method of removing corn from the cob. USA Patent, 4107340, 1978.
56. **Robertson G. H., Lazar M. E.:** Identificatio and mesaurement of the resistances to abscission of intact or unit kernels of sweet corn. J. Food Sci., 44, 982-986, 1979.
57. **Robertson G. H., Farkas D. F.:** Apparatus for removing corn from cob. USA Patent, 4318415, 1982.
58. **Rodrigue N., Guillet M.:** Comparing information obtained from ranking and descriptive tests of four sweet corn products. Posthar. Biol. and Tech., 18(3), 259-266, 2001.
59. **Ross E. E.:** Corn cutting machine. USA Patent, 3455307, 1969.
60. **Rubatzky V. E., Yamaguchi M.:** Sweet corn, *Zea mays L.* World Vegetables: Principles, Production, and Nutrive Values. International Thomson Publ., 235-252, 1997.
61. **Salunkhe D. K., Kadam S. S.:** Handbook of vegetable Science and Technology; Production, Composition, Storage and Processing. Marcel Dekker Inc., 1998.
62. **Sulewska H.:** Ochrona zasiewów kukurydzy cukrowej przed szkodnikami i chorobami. Kukurydza – Wyd. spec. – Kukurydza cukrowa, 2(7), 18-20, 1996.
63. **Swulińska-Katulska A.:** Wykorzystanie kukurydzy cukrowej w żywieniu człowieka. Kukurydza. – Wyd. spec. – Kukurydza cukrowa, 2(7), 23-24, 1996.
64. **Szpaar D., Dregiew D.:** Kukuruza. Uczebno–praktyczeskoje rukovodstvo po vyraszczyvaniu kukuruzy. Minsk, 1999.
65. **Szymanek M.:** Analiza właściwości mechanicznych ziarna kukurydzy cukrowej oraz procesu jego oddzielania od rdzeni kolb. Rozprawa doktorska, Kat. Maszyn. Roln. WIP, AR Lublin, 2004.
66. **Szymanek M., Niedziółka I., Dobrzański B. jr.:** Właściwości fizyczne ziarna kukurydzy cukrowej w aspekcie jego mechanicznego odcinania. Acta Agroph., Rozprawy i Monografie, 107, 2004(4).
67. **Tkaczew R. J.:** Konservirovanie sacharnoj kukuruzy. Izd. Pishchczevaja Promyshlennost, Moskwa 1966.
68. **Tracy W. F., Galinat W. C.:** Thickness and cell laser number of the pericarp of sweet corn and some of its relatives. Hort. Sci., 22(4), 645-647, 1987.
69. **Tracy W. F.:** Sweet corn – Speciality types of maize. CRC Press, Boca Raton, 147-187, 1994.
70. **Yumaguchi M.:** World Vegetables: Principles, Production and Nutrie Values. The Avi Publishing Co., Westport, CT, 415-421, 1983.
71. **Waligóra H.:** Agrotechnika kukurydzy cukrowej. Kukurydza, 1(2), 1994.

72. **Waligóra H.:** Stanowisko, uprawa roli i siew kukurydzy cukrowej. Kukurydza – Wyd. spec. – Kukurydza cukrowa, 2(7), 10-11, 1996.
73. **Waligóra H.:** Odmiany kukurydzy cukrowej. Kukurydza – Wyd. spec. – Kukurydza cukrowa, 2(7), 12-13, 1996.
74. **Waligóra H.:** Zwalczanie chwastów w kukurydzy cukrowej. Kukurydza – Wyd. spec. – Kukurydza cukrowa, 2(7), 16-17, 1996.
75. **Waligóra H.:** Uprawa i wykorzystanie kukurydzy cukrowej. Nowoczesne Rolnictwo, 4, 10-11, 1998.
76. **Waligóra H.:** Słodkie kolby do jedzenia. Top Agrar Polska, 4, 72-76, 1998.
77. **Waligóra H., Dubas A., Swulińska-Katulska A.:** Kukurydza cukrowa. Wyd. Multum, Poznań 1998.
78. **Waligóra H.:** Produkcja i wykorzystanie kukurydzy cukrowej. Wieś Jutra, 6(35), 9-11, 2001.
79. **Waligóra H.:** Aktualny stan produkcji i wykorzystania kukurydzy cukrowej w Polsce. Kukurydza, 2(18), 49-50, 2001.
80. **Waligóra H.:** Czy warto uprawiać kukurydzę cukrową? Hasło Ogrodnicze, 3, 2001.
81. **Waligóra H.:** Uprawa kukurydzy cukrowej. Hasło Ogrodnicze, 5, 62-64, 2001.
82. **Waligóra H.:** Kukurydza – roślina przyszłości. Poradnik dla producentów, 2001.
83. **Waligóra H.:** Kukurydza cukrowa i możliwości jej uprawy w Polsce. Wieś Jutra, 6(47), 2002.
84. **Warzecha R.:** Kukurydza cukrowa. Agro Serwis, 15(272), 14-15, 2003.
85. **Warzecha R.:** Słodki smak kukurydzy. Owoce Warzywa Kwiaty, 6, 20-21, 2003.
86. **Watson S. A.:** Corn chemistry and technology; Sweet corn. The AVI Publishing Inc., 1994.
87. **Webster R. C.:** Method of treating corn. USA Patent, 3070447, 1962.
88. **Wolf I., Alper Y.:** Development of a harvester for fresh-market sweet corn. Hassadeh Quarterly, 1, 32-34, 1990.
89. **Wong A. D., Juvik J. A.:** Shrunken2 sweet corn yield and the chemical components of quality. J. Am. Soc. Hort. Sci., 119(4), 747-755, 1994.
90. **Wong A. D., Swiader J. M.:** Nitrogen and sulfur fertilization influences aromatic flavor components in shrunken2 sweet corn kernels. J. Am. Soc. Hort. Sci., 120(5), 771-777, 1995.
91. **Wyatt J. E., Mullins J. A.:** Production of sweet corn from transplants. Hort. Sci., 24(6), 345-351, 1991.
92. **Zhu S., Mount J. R.:** Sugar and soluble solids changes in refrigerated sweet corn (*Zea mays L. saccharata*). J. Food Sci., 57(2), 454-457, 1992.
93. Katalog warzyw. Wyd. Seminis Vegetable Seeds Polska Sp. z o.o. Warszawa.
94. Prospekty firm produkujących maszyny i urządzenia do zbioru i obróbki kolb kukurydzy cukrowej.
95. www.byronequip.com
96. www.milesnmore.com

11. STRESZCZENIE

Kukurydza cukrowa jest cenną rośliną o wszechstronnym zastosowaniu w żywieniu człowieka. Istotną cechą kukurydzy cukrowej jest brak glutenu, co przy wzroście liczby alergii pokarmowych może znacząco wpłynąć na wzrost jej spożycia. Z kolei wzrost popytu może wpłynąć na zwiększenie powierzchni jej zasiewów. Wymagania klimatyczne i glebowe są na większości obszaru Polski korzystne dla jej uprawy, a zatem produkcja kukurydzy cukrowej może być z powodzeniem prowadzona na terenie całego kraju.

Obecnie, uprawa kukurydzy cukrowej w pełni zaspokaja potrzeby rynku, które są niewielkie ze względu na brak przyzwyczajeń konsumentów. O zasięgu uprawy kukurydzy cukrowej w Polsce nie decydują względy ekonomiczne, czy też możliwości produkcyjne gospodarstw. Wielkość produkcji uzależniona jest przede wszystkim od popytu oraz możliwości wykorzystania uzyskanego plonu. Bariery ograniczające produkcję to również brak dobrze zorganizowanego krajowego rynku surowcowego kukurydzy cukrowej oraz niedostateczny rozwój przemysłu przetwórczego i chłodniczego.

W prezentowanej monografii przedstawiono wymagania agrotechniczne uprawy kukurydzy cukrowej oraz charakterystykę odmian dostępnych na naszym rynku. Omówiono także metody zbioru kolb kukurydzy i technikę ich obróbki. Dokonano również analizy procesu mechanicznego oddzielania ziarna od rdzeni kolb oraz oceny efektywności produkcji tej rośliny w Polsce.

Cele poznawcze i badania eksperymentalne przedstawione w niniejszym opracowaniu obejmowały:

- agrotechnikę uprawy kukurydzy cukrowej w warunkach krajowego rolnictwa,
- metody zbioru i obróbki kolb kukurydzy cukrowej, przeznaczonych do bezpośredniego spożycia oraz przemysłu przetwórczego,
- wpływ właściwości mechanicznych ziarna i kolb kukurydzy cukrowej na przebieg procesu jego odcinania,
- analizę i ocenę efektywności produkcji kukurydzy cukrowej.

O wielkości i jakości plonu decyduje dobór odmiany do określonych warunków siedliskowych, optymalny termin siewu, racjonalne nawożenie mineralne oraz kompleksowa ochrona plantacji przeciw chwastom, chorobom i szkodnikom. Do uprawy, siewu i pielęgnacji kukurydzy cukrowej stosuje się maszyny ogólnie dostępne, które są także używane w uprawie kukurydzy pastewnej oraz zbóż. Natomiast kolby kukurydzy mogą być zbierane ręcznie, jak też mechanicznie przy użyciu specjalnych kombajnów przyczepianych lub samojezdnych. Również

w procesie oddzielania ziarna od rdzeni kolb wymagane jest stosowanie obcinarek. Stąd też przebieg procesu odcinania jest istotnie zależny od właściwości mechanicznych ziarna i kolb kukurydzy cukrowej. Z kolei wartość technologiczna pozyskanego ziarna zależy od techniki i technologii zbioru oraz obróbki kolb.

Uzyskiwane dochody z produkcji kukurydzy cukrowej mogą być stosunkowo wysokie, pod warunkiem zagwarantowanego zbytu kolb. Szczególnie opłacalność uprawy kukurydzy cukrowej do bezpośredniej konsumpcji wiąże się z wysokim ryzykiem handlowym. W produkcji dla przemysłu, o powodzeniu uprawy decyduje niewielka odległość plantacji od zakładów przetwórczych oraz korzystna umowa kontraktacyjna. Przy obecnym poziomie opłacalności wzrost produkcji kukurydzy cukrowej, a tym samym wzrost dochodowości gospodarstw jest możliwy, o ile zwiększy się popyt wewnętrzny, jak również dostępność do nowych rynków zbytu.

Słowa kluczowe: kukurydza cukrowa, kolby, ziarno, technologia produkcji, proces odcinania ziarna, właściwości mechaniczne

12. SUMMARY

SWEET CORN PRODUCTION TECHNOLOGY

Sweet corn is a valuable plant with universal application in the nourishment of man. An important aspect of sweet corn is the lack of gluten, which, in view of the increasing number of alimentary allergies, may have a significant effect on the level of its consumption. In turn, the growth of demand may result in an increase of the area of sweet corn cultivation. Climatic and soil requirements of sweet corn are such that most of the arable area of Poland provides favourable growing conditions, so its production is feasible all over the country.

At present, the production of sweet corn fully satisfies the demand of the market which is low due to the lack of consumer habits. The extent of sweet corn cultivation in Poland is determined not so much by economic factors and by the production capacity of farms, as by the market demand and the possibility of utilization of the crops produced. Other barriers restricting the production of sweet corn include the lack of a well organized and developed raw material market and insufficient development of the processing and cold storage industry.

In the monograph, the authors present the agrotechnical requirements of sweet corn cultivation and a characterization of cultivars available in the Polish market. Also discussed are the methods of corn cob harvesting and the technology of corn cob processing. The authors also present an analysis of the process of mechanical separation of kernels from cob cores and an assessment of the effectiveness of the plant production in Poland.

The cognitive objectives and experimental research presented in this work included the following:

- agricultural technology of sweet corn cultivation under the conditions of Polish agriculture,
- methods of sweet corn cob harvesting and processing with respect of material for direct consumption and for the processing industry,
- the effect of the mechanical properties of sweet corn kernels and cobs on the process of their cutting,
- analysis and estimation of the effectiveness of sweet corn production.

The volume of quality of the crop is determined by the selection of cultivars for specific local site conditions, optimum time of sowing, rational mineral fertilization, and the application of comprehensive protection against weeds, pests and diseases. Sweet corn is cultivated, sown and cared for with the help of machinery that is commonly available and also used in the cultivation of fodder corn and cereals. Corn cobs can be collected by hand or in a mechanized process, using self-propelled or attachable combines. Also in the process of kernel separation from the cobs the use of cutting equipment is required. Hence, the process of cutting is significantly related to the mechanical properties of the kernels and the cobs of sweet corn. The technological value of the kernels, in turn, depends on the harvest technology and on cob processing.

Financial effects obtained from sweet corn production can be relatively high, provided there is a guarantee that the cobs can be readily sold. In particular, the profitability of sweet corn production for direct consumption involves a high level of commercial risk. In sweet corn production for industrial purposes, the success of the undertaking is determined by the distance of the plantation from the nearest processing plants, and by favourable terms of contract. At the present level of profitability, an increase in the scale of sweet corn production, and therefore in the profitability of farms, is only possible if there is a growth of internal market demand and improved access to new markets.

Keywords: sweet corn, cobs, kernels, production technology, process of kernel cutting, mechanical properties

Adresy autorów:

Ignacy Niedziółka
Mariusz Szymanek
Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego AR
ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin
tel. (0-81) 4456123, fax (0-81) 5329463
e-mail: ignied@hortus.ar.lublin.pl
szymgm@hortus.ar.lublin.pl

Rafał Rybczyński
Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN
ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin
tel. (0-81) 7445061, fax (0-81) 7445067
e-mail: rryb@demeter.ipan.lublin.pl