

Treść niniejszej kampanii promocyjnej wyraża poglądy wyłącznie jej autora, za którą ponosi on bezwzględną odpowiedzialność. Komisja Europejska ani Agencja Wykonawcza ds. Badań Naukowych (REA) nie ponoszą żadnej odpowiedzialności za potencjalne wykorzystanie zawartych w niej informacji.



**KUKURYDZA,  
ZIARNEM  
PRZYSZŁOŚCI.**

## Jak szerzej wykorzystać porejestrowe doświadczenia odmianowe z kukurydzą?

Wybór odmiany kukurydzy do uprawy, spośród kilkuset zarejestrowanych w Krajowym rejestrze i znajdujących się w katalogu CCA jest na pewno trudny. „Przepustką” dla rynku jest wysoka lokata jaką odmiany zdobywają w badaniach COBORU i PZPK. Dlatego warto śledzić ich wyniki. Ale wyniki te mogą też być doskonałym materiałem do szerszej analizy i wyciągania ciekawych wniosków.

Na stronie internetowej Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU) w części dotyczącej badania wartości gospodarczej odmian dopuszczonych do uprawy w Polsce można przeczytać: *„Porejestrowe Doświadczalnictwo Odmianowe (PDO) jest systemem stałych lub okresowych badań wartości gospodarczej odmian gatunków roślin uprawnych o dużym znaczeniu gospodarczym, wpisanych do Krajowego rejestru lub znajdujących się we Wspólnotowych katalogach odmian, obejmującym swym zakresem nie tylko doświadczenia odmianowe, ale również odmianowo-agrotechniczne. PDO jest wielopodmiotowym systemem doświadczalnym, w którym współpracują ze sobą jednostki i organizacje zainteresowane rozwojem rolnictwa zarówno w skali kraju, jak i własnego regionu (województwa), tj. samorzady terytorialne, samorzady rolnicze, administracja rządowa, służby doradcze, firmy hodowlano-nasienne, jednostki naukowe, związki plantatorów, przemysł przetwórczy oraz inne instytucje i organizacje działające na rzecz rolnictwa. PDO jest realizowane w formie badań prowadzonych w postaci różnych serii doświadczeń w poszczególnych województwach lub jednolitych w skali całego kraju, koordynowanych merytorycznie przez COBORU.”*

### PDO odpowiedzią na potrzeby rolników

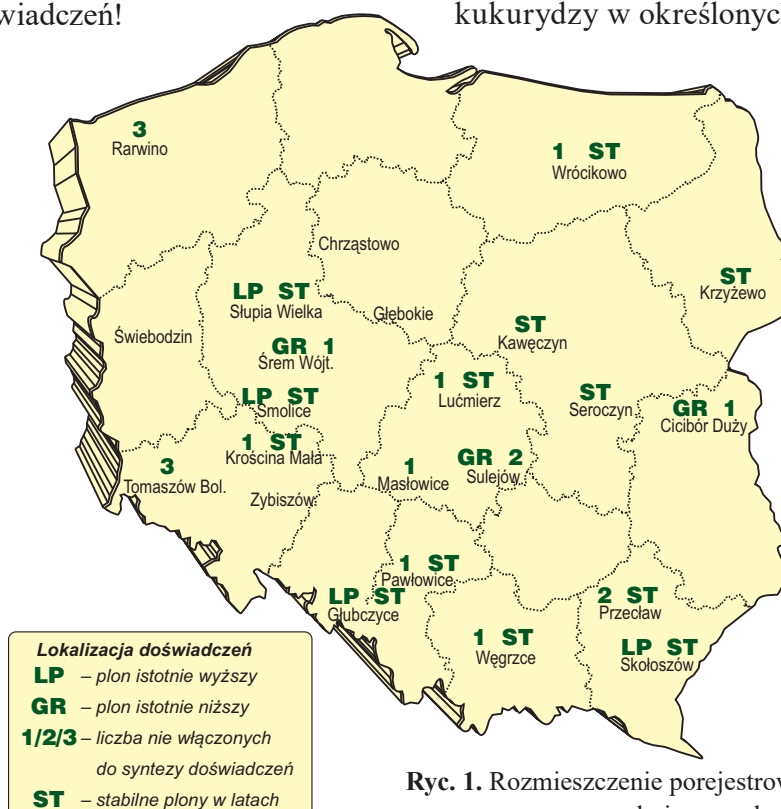
Cytowany fragment świadczy o wadze przywiązywanej do oceny odmian prawnie wchodzących do szerokiej uprawy. Jest także w pewnym stopniu skutkiem potrzeb zgłaszanych przez samych rolników – już od początku lat 80. ubiegłego wieku. Najpierw w uprawie na ziarno w doświadczeniach łanowych. Od 1984 r., tj. od początku swej działalności Polski Związek Producentów Kukurydzy (PZPK) (pierwotnie jako Wielkopolski Związek Producentów Kukurydzy) prowadził te doświadczenia z przeznaczeniem do zbioru wstępnie na ziarno, później także na kiszonkę. Ponieważ wyniki doświadczeń łanowych obarczone były dużym błędem, począwszy od 1998 r. w porozumieniu z Centralnym Ośrodkiem Badania Odmian Roślin Uprawnych w Słupi Wielkiej rozpoczęto badania odmian kukurydzy pod względem ich wartości gospodarczej w ramach cytowanego na wstępie systemu PDO.

### System badań zmieniał się na przestrzeni lat

System PDO podlegał systematycznej ewolucji. Początkowo zakładano niewielką ilość doświadczeń. Ich liczba i lokalizacja ulegały częstym zmianom. W 2002 r. uruchomiono badania, które pozwoliły na ocenę możliwości osiągnięcia dojrzałości ziarna kukurydzy w pół-

nocnych regionach kraju. Głównym powodem dokonywania zmian lokalizacji doświadczeń i ich liczby było poszukiwanie reprezentatywnych i niezawodnych punktów doświadczalnych. Pewną stabilizację wprowadziła ustawa o nasiennictwie z 9 listopada 2012 r. (Dz.U. 2012 poz. 1512). W 2016 r. doszło do znaczącej zmiany w organizacji doświadczeń porejestrowych z kukurydzą. Zrezygnowano z doświadczeń z najwcześniejszymi odmianami na północy kraju, ponieważ wykazano, że współczesne odmiany w połączeniu z ociepleniem klimatu osiągają tam dojrzałość ziarna. Wiele wskazuje, że czynnikiem limitującym w ostatnich latach staje się wysokość opadów, która w centralnych rejonach kraju ma większy wpływ na obniżenie plonów niż niedobór ciepła na północy. Punkty doświadczalne na północy włączono do ogólnokrajowej sieci doświadczeń. Od 2016 r. zakłada się na ziarno 21 doświadczeń z odmianami wczesnymi, 23 z odmianami średnio wczesnymi i 20 doświadczeń z odmianami średnio późnymi. Do zbioru na kiszonkę zakłada się po 22 doświadczenia w każdej z trzech grup wczesności. Łącznie 130 doświadczeń rocznie. I co najważniejsze, wszystkie doświadczenia corocznie zakładane są w tych samych punktach doświadczalnych. Dzięki temu powstała siedmioletnia już, ogromna, ortogonalna baza danych. W tym okresie założono 910 doświadczeń!

**Doskonała baza danych do analiz**  
Stabilizacja systemu PDO z kukurydzą nie ogranicza w żaden sposób wnioskowania w zakresie oceny wartości gospodarczej kolejnych badanych odmian pod względem przydatności do uprawy w całym kraju, jak i ich reakcji regionalnej (interakcji z miejscowościami). Wręcz odwrotnie. W przypadkach dwuletniej lub dłuższej oceny tych samych odmian uzyskuje się dodatkową informację – interakcję odmiany z latami. Dodatkowo uzyskano nową funkcję – możliwość oceny punktów doświadczalnych na przestrzeni lat. Lokalizacja sumy grup doświadczeń we wszystkich województwach pozwala na rozszerzenie oceny na rejony otaczające doświadczenia. Można dzięki temu oceniać szanse niezawodności (stabilności) i poziomu plonowania w powszechnej uprawie. Ma to szczególne znaczenie wobec skutków postępującego ocieplenia klimatu takich jak ekstremalne zjawiska meteorologiczne. Nierównomierne rozłożenie opadów, intensywne opady burzowe redukują ilość dostępnej wody dla roślin i skutkują okresową suszą rolniczą. Dysponując dużą bazą wyników ścisłych doświadczeń polowych można próbować – w połączeniu z innymi metodami – prognozować poziom stabilności opłacalnej uprawy kukurydzy w określonych rejonach.



Ryc. 1. Rozmieszczenie porejestrowych doświadczeń odmianowych

## Wyniki badań w latach 2016–2022

Autor podjął wstępną próbę analizy części wyników doświadczeń wykonanych w ciągu ostatnich siedmiu lat (2016–2022). Analizę przeprowadzono na grupie odmian średnio wczesnych w uprawie na ziarno. W tej grupie oceniano w 23 tych samych punktach doświadczalnych od 18 odmian w 2018 r. do 24 odmian w 2022 r. Była to najliczniejsza grupa odmian badana prawie na całym obszarze kraju, poza województwami pomorskim i świętokrzyskim. Lokalizację doświadczeń przedstawia ryc. 1.

Łącznie w ciągu analizowanego okresu założono 161 doświadczeń. Do opracowania włączono 143 doświadczenia. Na etapie oceny przeprowadzonej w COBORU wykluczono 18 doświadczeń. Powody dyskwalifikacji były różne – począwszy od klęsk losowych po brak istotnych różnic spowodowanych dużym błędem statystycznym (zmienność glebowa spowodowana przez suszę), czy wreszcie błędy techniczne. Liczby zdyskwalifikowanych doświadczeń w poszczególnych miejscowościach zapisano na mapce. Najwięcej doświadczeń (po 3) zdyskwalifikowano w Rarwinie i Tomaszowie Bolesławieckim. Średni plon wszystkich analizowanych doświadczeń wyniósł 119,1 dt/ha. Rozpiętość plonów była duża i wynosiła od 82,0 dt/ha w miejscowości Cicibór Duży do 145,2 dt/ha w Skołoszowie. Wysokość średnich plonów

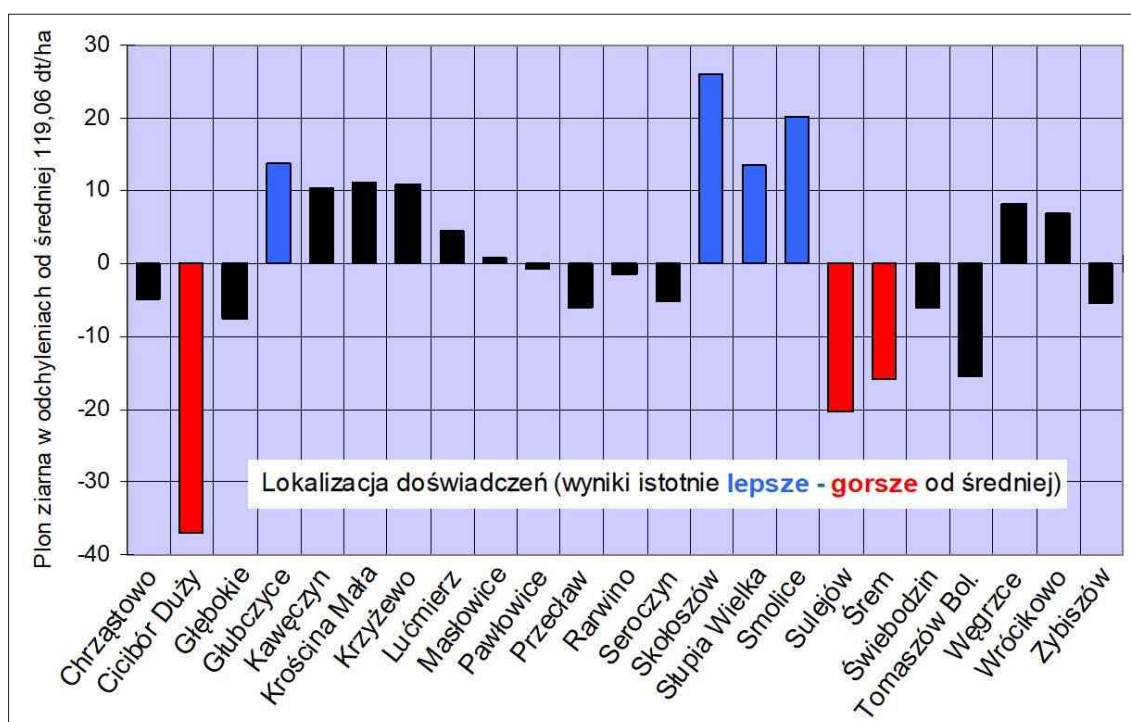
przedstawiono na wykresie 1. z zaznaczeniem wyników istotnie lepszych i gorszych. Jednocześnie na mapce oznaczono odpowiednie miejscowości symbolami LP (istotnie lepszy) i GR (istotnie gorszy). Należy wziąć pod uwagę, że brakujące dane miały wpływ na wartość średniego plonu w lokalizacjach z dyskwalifikacjami, szczególnie w dwóch wymienionych wyżej, z trzema wykluczonymi doświadczeniami.

Dokonano także analizy zmienności plonów w poszczególnych miejscowościach, obliczając współczynniki zmienności w latach w odniesieniu do średniej uzyskanych plonów w każdej lokalizacji. Wyniki przedstawiono na wykresie 2.

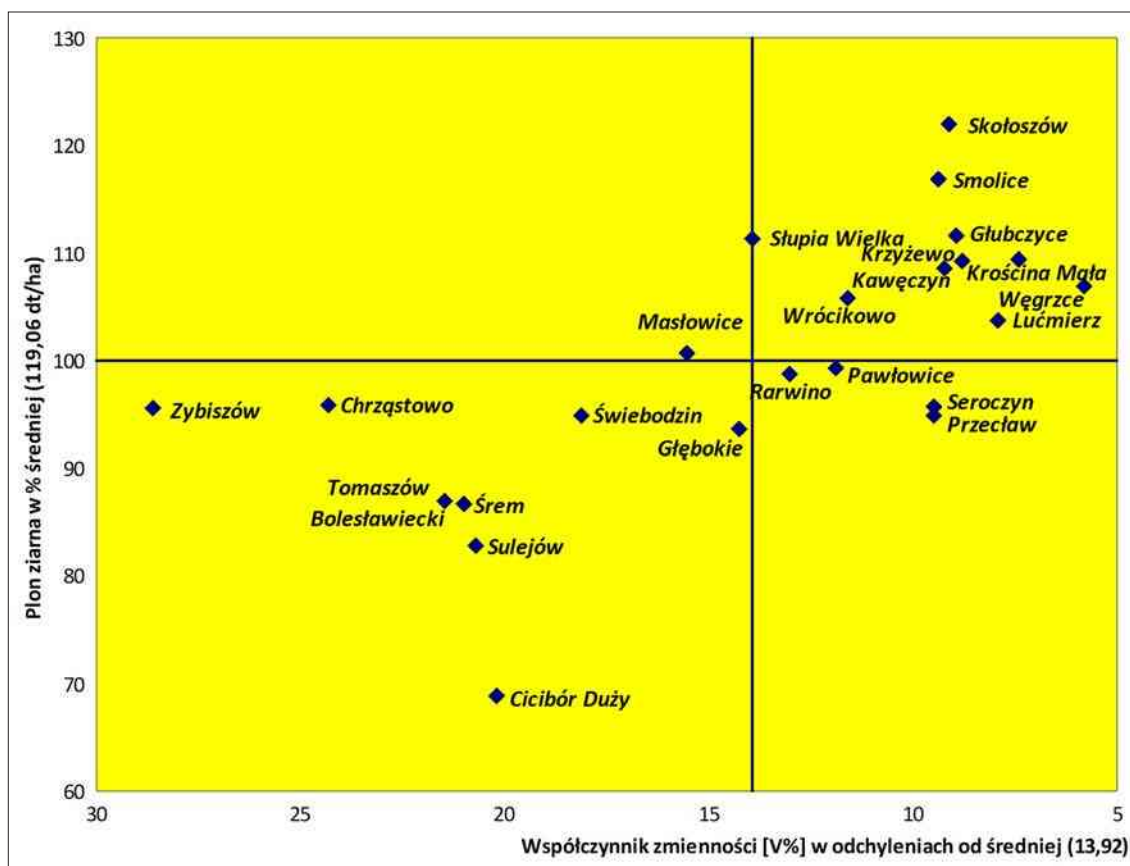
Na mapie Polski oznaczono symbolem ST miejscowości o współczynnikach zmienności poniżej średniej z wszystkich lokalizacji, uznając je za stabilne w latach. W 10 z tych lokalizacji wykazano w doświadczeniach plony wyższe od pozostałych punktów doświadczalnych charakteryzujących się dużą zmiennością. Pozostałe 4 stabilne lokalizacje wydały plony na poziomie najlepszych niestabilnych.

## Kilka ważnych wniosków

Przedstawiona powyżej analiza jednej tylko z sześciu możliwych do wykorzystania serii doświadczeń pozwala już zauważyć rejony stabilnego i wysokiego plonowania, jak



Wykres 1. Wysokość plonów ziarna kukurydzy z uwzględnieniem lokalizacji doświadczeń



Wykres 2. Poziom i zmienność plonowania w doświadczeniach na ziarno w latach 2016–2022

również obszary wyższego ryzyka niskich plonów. Włączenie do analizy wszystkich grup wczesności odmian badanych w doświadczeniach do zbioru na ziarno i na kiszonkę pozwoli „zagęścić” mapę i silniej uwiarygodnić wnioski. Pewnym problemem pozostają doświadczenia nie włączone do analizy. Te, które zostały zdyskwalifikowane na polu i nie zostały zebrane są już stracone. Były jednak doświadczenia zebrane, w których plony zmierzono i dopiero po wstępnej analizie zdyskwalifikowano. Wyników takich doświadczeń nie można wykorzystać zgodnie z ich pierwotnym przeznaczeniem, czyli do zweryfikowania hipotezy zerowej o braku różnicowania badanych odmian. Natomiast średni plon z całego doświadczenia, bez wykazywania rezultatów dotyczących odmian byłby bardzo przydatny do realizacji drugiego, sugerowanego w niniejszej pracy celu, jakim jest ocena miejscowości (lub szerzej – rejonu) pod względem wysokości i stabilności plonowania. Stąd sugestia, aby w dokumencie COBORU: „Wyniki doświadczeń przeprowadzonych w roku ... we współpracy z Polskim Związkiem

Producentów Kukurydzy” w rubryce wzorzec uwzględniono nie tylko nazwę miejscowości, w której zdyskwalifikowano doświadczenie, ale także uzyskany w tym doświadczeniu ogólny plon. To sugestia dotycząca nowych doświadczeń. Jeśli zaś chodzi o doświadczenia zrealizowane w poprzednich latach, to warto sięgnąć do archiwum COBORU i spróbować odzyskać informacje o zdyskwalifikowanych doświadczeniach.

Przedstawioną, wstępną analizę przeprowadzono wykorzystując dane z części doświadczeń przeprowadzonych w Polsce. Można oczekiwać, że analiza obejmująca doświadczenia z wszystkimi grupami wczesności pozwoli sformułować bardziej wiarygodne wnioski. Autor sądzi, że w takim przypadku pokazany w niniejszym opracowaniu kierunek wykorzystania doświadczeń odmianowych mógłby zostać wykorzystany także w innych krajach dysponujących podobną bazą danych.

Zbigniew Kurczyk  
zjk375@wp.pl



**KUKURYDZA,  
ZIARNEM  
PRZYSZŁOŚCI.**

## Jakość ziarna kukurydzy a przydatność użytkowa

**Ukierunkowanie uprawy kukurydzy na ziarno w Polsce sprawia, że zajmuje drugie miejsce, po pszenicy, w krajowej produkcji zbóż z udziałem ok. 25%. Polska jest, za Francją, wiodącym producentem tego zboża w UE. Konieczne jest zatem podjęcie prac nad rozszerzeniem wymagań jakościowych dla kukurydzy o kryteria klasyfikacji ziarna w obrocie handlowym.**

W ostatnich latach kukurydza stała się jedną z podstawowych roślin uprawnych w Polsce. Hodowla odmian kukurydzy odpowiednich dla warunków klimatyczno-glebowych naszego kraju i jej wysoki potencjał plonowania na tle innych zbóż sprzyja możliwości jej wszechstronnego wykorzystania w gospodarce. Kukurydza ma średnie wymagania glebowe, ale czynnikiem ograniczającym plonowanie jest dostępność wody w sezonie wegetacyjnym.

W Polsce i innych krajach UE ziarno kukurydzy wykorzystuje się głównie na pasze (ok. 78%), ok. 8% ziarna przeznacza się do produkcji biopaliw, 6-7% na cele przemysłowe, a nieco ponad 6% do przetwórstwa na cele konsumpcyjne. Ziarno kukurydzy charakteryzuje wysoka wartość żywieniowa. Jest ono źródłem substancji o właściwościach bioaktywnych, jak np. błonnik pokarmowy, polifenole, witaminy z grupy B i związki mineralne.

### Produkcja i plonowanie w Polsce i na świecie

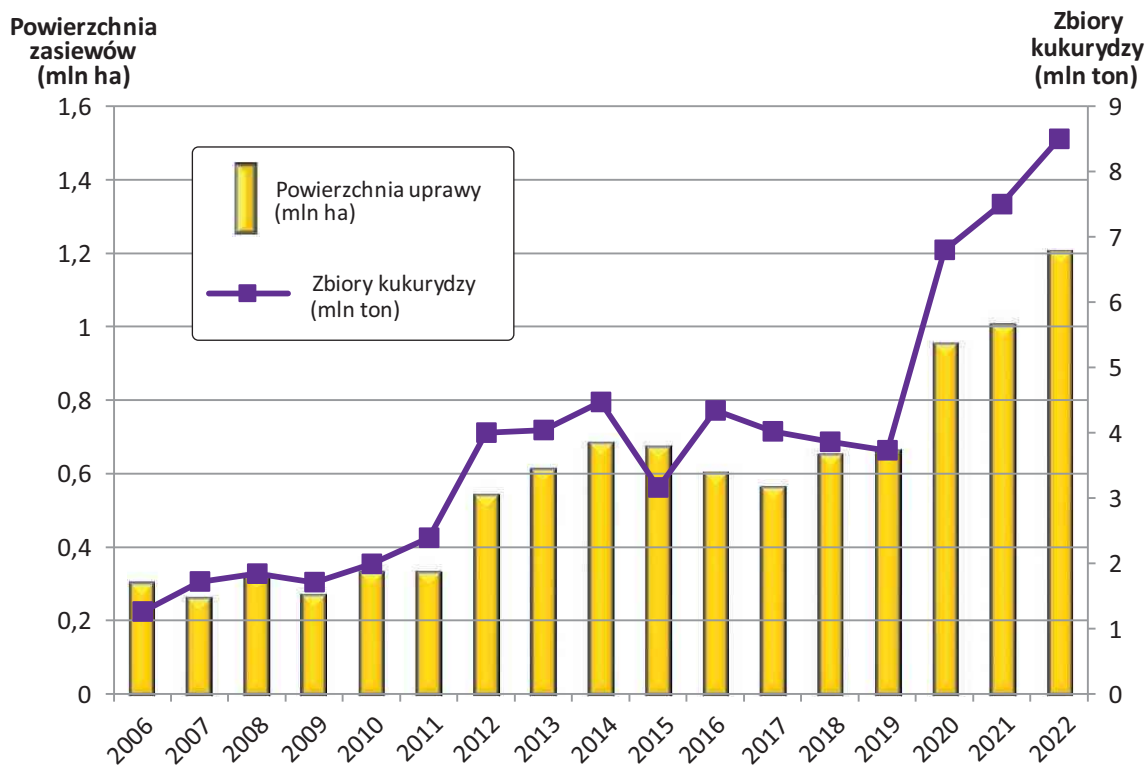
Wg Departamentu Rolnictwa USA (USDA), światowe zbiory kukurydzy w 2022 r. osiągnęły ponad 1,15 mld ton, co stanowi ok. 50% globalnej produkcji zbóż. Głównymi producentami kukurydzy są: USA (30%), Chiny (24%) i Brazylia (11%). Udział

krajów UE w światowej produkcji kukurydzy wynosi blisko 5%.

Wg danych Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) z 27.04.2023 r. wynika, że produkcja kukurydzy uprawianej na ziarno w Polsce w 2022 r. wyniosła ok. 8,5 mln ton, tj. o 14% więcej niż w 2021 r., co klasyfikuje kukurydź na drugim miejscu po pszenicy (zbiory zbóż ogółem wyniosły 35,6 mln ton). Wśród krajów UE-27, Polska zajmuje drugie miejsce za Francją (ok. 10,8 mln ton), z prawie 16% udziałem w unijnej produkcji (ok. 52,7 mln ton).

Obserwowany w ostatnich latach w Polsce znaczny wzrost wielkości produkcji kukurydzy wynika z rosnącego areалу zasiewu tego zboża (ryc. 1). Powierzchnia uprawy kukurydzy na ziarno w 2022 r. wyniosła ok. 1,2 mln ha i była o 20% większa niż rok wcześniej. W 2022 r. w UE-27 obsiano kukurydzą z przeznaczeniem na ziarno ok. 8,9 mln ha powierzchni ornej, co daje Polsce trzecie miejsce w unijnym areale zasiewów (ok. 13%), za Rumunią (ok. 28%) i Francją (ok. 16%).

Plonowanie ziarna kukurydzy w Polsce w 2022 r., wg GUS (27.04.2023 r.) wyniosło średnio 71,1 dt/ha, tj. o 5% mniej niż w 2021 r. W krajach UE w 2022 r., średni plon kukurydzy osiągnął ok. 59,1 dt/ha. Najwyższe plony uzyskano w Hiszpanii (116 dt/ha), Holandii (108 dt/ha), Austrii (98 dt/ha) i Grecji (97,5 dt/ha).



Ryc. 1. Powierzchnia zasiewów i wielkość produkcji kukurydzy na ziarno w Polsce w latach 2006-2022 (opracowanie własne wg danych GUS)

### Ocena jakości ziarna w Polsce

W Zakładzie Przetwórstwa Zbóż i Piekarstwa Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego – PIB w Warszawie, na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi w ramach Zadania 1 pt. „Analiza jakości surowców rolnych z uwzględnieniem zagrożenia wystąpienia substancji skażających”, oceniono wartość technologiczną ziarna kukurydzy ze zbiorów 2022 r. w kierunku określenia jego przydatności użytkowej. Próbkę ziarna kukurydzy objęte badaniami pochodziły z różnych rejonów klimatyczno-uprawowych przyjętych przez COBORU dla potrzeb oceny odmian roślin uprawnych w Polsce (ryc. 2.). Liczebność badanych próbek z danego rejonu odpowiadała w przybliżeniu wielkości produkcji i powierzchni zasiewów w tym rejonie.

Z danych GUS za lata 2018-2022 (ryc. 3.) wynika, że najwięcej kukurydzy na ziarno uprawia się w Polsce środkowo-zachodniej (rejon III) i w rejonach IV i V. Niemniej jednak w ostatnim 5-leciu, najwyższe plony kukurydzy odnotowano na południu Polski (rejon V i VI), gdzie średnia z lat 2018-2022 wyniosła odpowiednio:

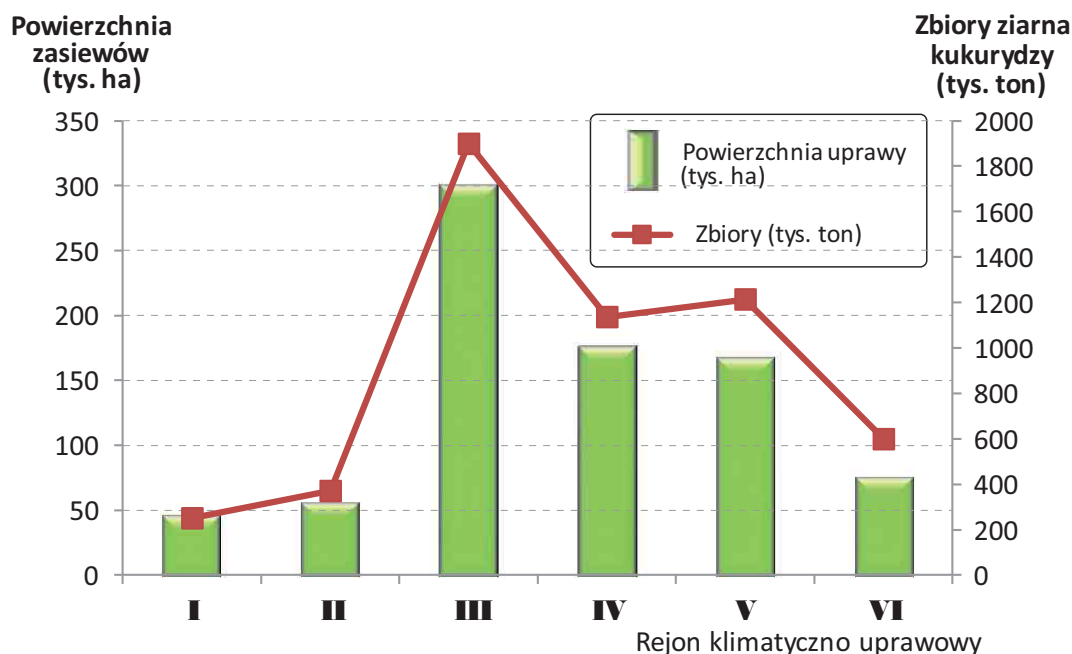
71,7 i 73,3 dt/ha. Najniższe plony uzyskano w rejonie I (średnio 57,5 dt/ha).

### Materiał badawczy

Ocena jakości ziarna kukurydzy z krajowych zbiorów 2022 r. objęła 245 próbek (w 2021 r. – 147 próbek) pochodzących z towarowej produkcji rolniczej, które pobrano z elewatorów zbożowych, firm zajmujących się przerobem ziarna i bezpośrednio u rolników



Ryc. 2. Rejony klimatyczno-uprawowe w ocenie odmian prowadzonej przez COBORU



Ryc. 3. Powierzchnia zasiewów i wielkość produkcji kukurydzy na ziarno w danym rejonie klimatyczno-uprawowym kraju wg COBORU w latach 2018-2022 (opracowanie własne wg danych GUS)

przez przedstawicieli Ośrodków Doradztwa Rolniczego. Około 53% badanych próbek reprezentowało 66 odmian kukurydzy wpisanych do Krajowego rejestru COBORU i/lub Wspólnotowego Katalogu Odmian Roślin Rolniczych (CCA). Badania próbek kukurydzy wykonano bezpośrednio po zbiorach, od września do grudnia 2022 r.

### Wyniki badań

Badane próbki kukurydzy ze zbiorów 2022 r. spełniały wymagania ogólne i organoleptyczne dla ziarna przeznaczonego do przetwórstwa na cele konsumpcyjne oraz

paszowe i będącego przedmiotem obrotu handlowego, określone w normie PN-R-74104:1996 „Ziarno zbóż – kukurydza”. Ziarno było zdrowe, czyste, dobrze wykształcone, bez obcych zapachów lub zapachów wskazujących na jego zepsucie. Było wolne od jakichkolwiek żywych owadów i roztoczy widocznych nieuzbrojonym okiem.

O kierunkach wykorzystania ziarna kukurydzy w obrocie handlowym decyduje głównie wilgotność i gęstość ziarna w stanie zsypanym. W normach amerykańskich dla kukurydzy, minimalna gęstość ziarna w stanie zsypanym i maksymalna wilgotność to podstawowe kryte-

Tabela 1. Wartość technologiczna ziarna kukurydzy ze zbiorów 2021 i 2022 r.

Rok zbiorów	2021 (n=147)	2022 (n=245)
<b>Wyróżnik jakościowy</b>	<b>wartość średnia (min-max)</b>	
<b>Wilgotność, %</b>	<b>26,4</b> (11,6-45,8)	<b>27,9</b> (10,4-50,1)
<b>Gęstość ziarna w stanie zsypanym, kg/hl</b>	<b>68,7</b> (60,3-78,7)	<b>65,3</b> (55,4-79,0)
<b>Zawartość skrobi, % s.m.</b>	<b>69,9</b> (65,1-73,4)	<b>69,7</b> (67,2-71,1)
<b>Zawartość białka (N×6,25), % s.m.</b>	<b>7,8</b> (5,5-25,0)	<b>8,3</b> (5,4-14,6)

Źródło: badania własne ZPZiP IBPRS – PIB

ria klasyfikacji kukurydzy w skupie, na podstawie których ustalana jest wysokość cen zakupu ziarna. Informacje o zawartości składników odżywczych w ziarnie, jak skrobia czy białko mogą być pomocne przy ocenie przydatności użytkowej kukurydzy.

Wilgotność ziarna kukurydzy decyduje o jego wartości użytkowej i wyborze metody przerobu surowca. Ziarno kukurydzy z 2022 r. wykazywało wilgotność w zakresie 10,4-50,1% (tab. 1.). Średnia wilgotność (27,9%) była o 1,5 punktu procentowego wyższa od wartości uzyskanej w 2021 r. Warunki klimatyczne Polski sprawiają, że zawartość wody w ziarnie kukurydzy podczas zbioru sięga ok. 30-35%. Potrzeba przechowywania ziarna wymusza konieczność jego podsuszenia do poziomu wilgoci zapewniającego bezpieczne warunki przechowywania ziarna.

Ponad 58% badanych próbek kukurydzy z 2022 r. cechowała wilgotność ziarna do 30%, z czego 4,5% próbek spełniało wymagania w zakresie maksymalnego dopuszczalnego poziomu wilgotności, optymalnej dla bezpiecznego przechowywania ziarna kukurydzy, określone w normie PN-R-74104:1996 (nie więcej niż 14,5%), a zaledwie 2% próbek – wymagania Rozporządzenia UE nr 2016/1238 odnośnie skupu interwencyjnego (poniżej 13,5%). Blisko 50% ocenianego ziarna moż-

na było przeznaczyć na kiszonki, gdyż zakiszenie przebiega właściwie przy optymalnej wilgotności 25-35%. Z kolei, ziarno bardziej mokre o wilgotności powyżej 35%, którą wykazywało ponad 16% badanych próbek, mogło być zużytkowane na kiszonki CCM lub poddane fermentacji na potrzeby produkcji bioetanolu i biogazu.

Gęstość ziarna w stanie zsypanym wskazuje na dorodność i wykształcenie ziarna. Na wartość omawianego wyróżnika istotny wpływ ma wilgotność ziarna, ponieważ mokre ziarno

**Wyniki zamieszczone w niniejszym artykule przedstawiają jakość krajowego ziarna kukurydzy zebranego w 2021 i 2022 r. Z uwagi na fakt, że produkcja kukurydzy zyskuje na znaczeniu w rolnictwie krajowym oraz unijnym, konieczne wydaje się podjęcie prac nad rozszerzeniem wymagań jakościowych dla ziarna kukurydzy. Polska Norma PN-R-74104:1996 „Ziarno zbóż – kukurydza”, jak i regulacje prawne UE odnośnie skupu kukurydzy w ramach interwencji publicznej podają wyłącznie kryteria jakości w zakresie wilgotności i zawartości zanieczyszczeń ziarna przeznaczonych do przechowywania.**

**Tabela 2.** Zróżnicowanie wyróżników jakościowych ziarna kukurydzy ze zbiorów 2022 r. w zależności od rejonu klimatyczno-uprawowego Polski

Rejon klimatyczno-uprawowy Polski wg COBORU	I (n=18)	II (n=20)	III (n=59)	IV (n=94)	V (n=44)	VI (n=10)
<b>Wyróżnik jakościowy</b>	<b>wartość średnia (min-max)</b>					
<b>Wilgotność, %</b>	<b>29,5</b> (14,0-40,5)	<b>32,1</b> (13,5-43,2)	<b>30,4</b> (13,6-50,1)	<b>26,5</b> (14,9-39,9)	<b>27,1</b> (13,4-42,0)	<b>19,8</b> (10,4-31,0)
<b>Gęstość ziarna w stanie zsypanym, kg/hl</b>	<b>64,0</b> (56,4-70,6)	<b>63,5</b> (55,4-73,6)	<b>64,8</b> (57,4-79,0)	<b>66,5</b> (56,9-75,3)	<b>64,8</b> (58,9-72,2)	<b>65,4</b> (58,8-73,4)
<b>Zawartość skrobi, % s.m.</b>	<b>69,7</b> (67,2-71,0)	<b>69,8</b> (68,4-71,7)	<b>69,5</b> (68,1-71,3)	<b>69,9</b> (67,6-71,6)	<b>69,4</b> (67,9-71,2)	<b>69,4</b> (67,5-71,5)
<b>Zawartość białka (N×6,25), % s.m.</b>	<b>8,7</b> (5,6-11,9)	<b>9,2</b> (6,9-11,9)	<b>9,1</b> (6,5-14,6)	<b>7,6</b> (5,8-12,0)	<b>8,3</b> (6,3-11,1)	<b>6,6</b> (5,4-7,7)

Źródło: badania własne ZPZiP IBPRS – PIB



jest bardziej spęczniałe i jego masa w danej objętości jest mniejsza. Ciężar objętościowy próbek kukurydzy ze zbiorów 2022 r. wyniósł średnio 65,3 kg/hl i był o 3,4 kg/hl niższy od ziarna zebranego w 2021 r. Około 90% stanowiły próbki o gęstości usypowej w zakresie 58-71,9 kg/hl. W 2021 r. odsetek ten wyniósł tylko ok. 62%.

Zawartość skrobi w próbkach kukurydzy z 2022 r. kształtowała się od 67,2 do 71,1% s.m. (średnio 69,7% s.m.) i była porównywalna do wartości uzyskanej w 2021 r. (średnio 69,9% s.m.). Wysoka zawartość skrobi (do 76%) i cukrów w ziarnie kukurydzy decyduje o jakości kiszzonek czy wydajności produkcji bioetanolu. Największy odsetek próbek badanych w ostatnich latach, stanowiły próbki o zawartości skrobi w zakresie 69,0-70,9% s.m., tj. 69% próbek ze zbiorów 2021 r. i 73% próbek z 2022 r.

Zawartość białka w ocenianych próbkach kukurydzy z ub.r. mieściła się w zakresie 5,4-14,6% s.m. (tab. 1.). Średnia zawartość białka (8,3% s.m.) była wyższa o 0,5 punktu procentowego od wartości średniej w 2021 r. Ok. 87% próbek z 2022 r. zawierało do 10% s.m. białka, z czego 49% stanowiły próbki o zawartości białka do 8% s.m. Dla porównania, w roku wcześniejszym poziom białka w ww. zakresie wykazywało ok. 65% próbek.

Jakość ziarna kukurydzy ze zbiorów 2022 r. była zróżnicowana od rejonu klimatyczno-uprawowego Polski (tab. 2.). Ziarno pochodzące z północno-wschodniej części kraju (rejon II) miało najwyższą wilgotność (średnio 32,1%), zaś najniższą – z Polski południowo-wschodniej (rejon VI – średnio 19,8%). Pod względem gęstości ziarna w stanie zsypanym najkorzystniej oceniono ziarno z rejonu IV (średnio 66,5 kg/hl), zaś najmniej korzystnie – z rejonu I (średnio 64,0 kg/hl) i rejonu II (średnio 63,5 kg/hl). Z opracowań COBORU wynika, że do uprawy w północnej części kraju rekomendowane są odmiany kukurydzy ukierunkowane na produkcję kiszzonek. Poziom skrobi w ziarnie ze zbiorów 2022 r. był zbliżony w poszczególnych rejonach klimatyczno-uprawowych i kształtował się w zakresie 69,4-69,9% s.m. Natomiast największe ilości białka zawierało ziarno zebrane w rejonie II i III (odpowiednio średnio: 9,2 i 9,1% s.m.), a najmniej – w południowo-wschodniej Polsce (rejon VI – średnio 6,6% s.m.).

*mgr inż. Agnieszka Salamon  
Instytut Biotechnologii  
Przemysłu Rolno-Spożywczego  
im. prof. Wacława Dąbrowskiego – PIB  
w Warszawie*

Treść niniejszej kampanii promocyjnej wyraża poglądy wyłącznie jej autora, za którą ponosi on bezwzględną odpowiedzialność. Komisja Europejska ani Agencja Wykonawcza ds. Badań Naukowych (REA) nie ponoszą żadnej odpowiedzialności za potencjalne wykorzystanie zawartych w niej informacji.



**KUKURYDZA,  
ZIARNEM  
PRZYSZŁOŚCI.**

## Co wpływa na jakość ziarna zbieranego kombajnem zbożowym?

**Kombajny do zbioru zbóż są maszynami uniwersalnymi, ponieważ można nimi zbierać ziarno nie tylko różnych gatunków zbóż i kukurydzy, ale też ziarno i nasiona innych roślin uprawnych.**

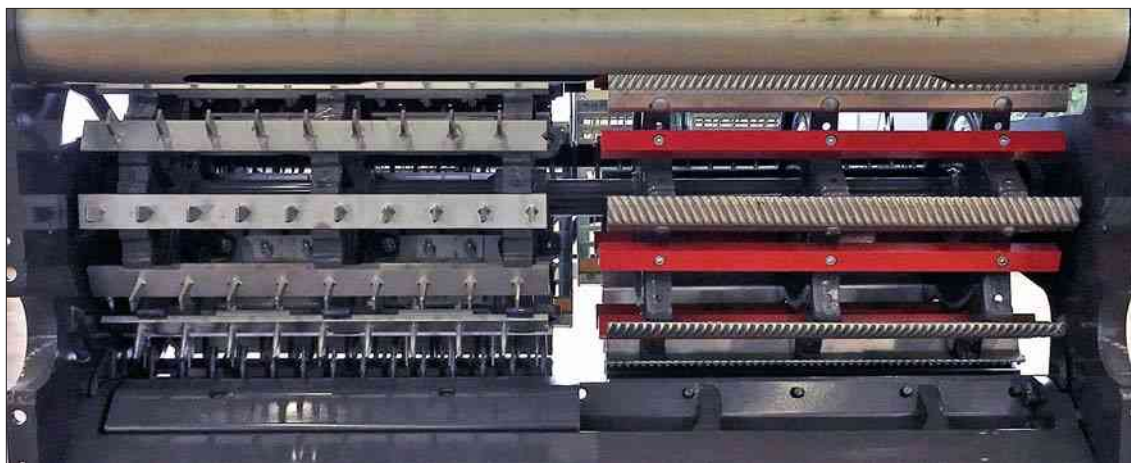
**J**akość pracy kombajnów do zbioru zbóż i kukurydzy określana jest szeregiem parametrów, do których można zaliczyć m.in. straty ziarna powodowane przez zespół żniwny (do 1%), zespół młócający – ziarno niewymłócone z kłosów lub kolb (niedomłoty do 1,5%), straty na wytrząsaczach i w czyszczalni (tzw. straty sitowe do 1%) oraz uszkodzenia ziarna (do 3%). Straty ziarna dotyczą ilości materiału ziarnistego, który w wyniku pracy poszczególnych zespołów kombajnu jest pozostawiany na polu. Wymagania określają również czystość zbieranego ziarna, która dla podstawowych gatunków zbóż powinna wynosić powyżej 97%.

### Podstawowe systemy omlotowe

**W**spółcześnie produkowane kombajny zbożowe wyposażone są w zespoły młócające o stycznym lub osiowym przepływie masy zbożowej. W kombajnach klasycznych (tradycyjnych) bęben młócający jest umieszczony w maszynie poprzecznie do kierunku jazdy, a masa zbożowa podawana jest prostopadle do jego osi obrotu. Z kolei osiowe zespoły młócające są najczęściej ustawione równolegle do kierunku jazdy. Kombajny ze stycznym przepływem masy zbożowej, w zależności od ich przeznaczenia, mogą być wyposażone w bębny cepowe lub zębowe. Bębny wyposażone w kar-



**Fot. 1.** Kombajny o dużej przepustowości są użytkowane głównie w gospodarstwach wielkoobszarowych i przez firmy świadczące usługi zbioru zbóż (fot. K. Krzyżaniak)



Fot. 2. Bęben zębowy (po lewej) i bęben z karbowanymi listwami (po prawej) (fot. K. Krzyżaniak)

bowane listwy (cepy) mniej uszkodzają ziarno w porównaniu do zębów, więc są powszechnie stosowane do omłotu zbóż, kukurydzy i pozostałych roślin. Obecnie bębny zębowe znajdują zastosowanie głównie przy zbiorze ryżu.

W kombajnie tradycyjnym, wydzielanie ziarna z kłosów lub kolb odbywa się energicznie – ziarna są wybijane z kłosów lub kolb przez cepy, rozmieszczone na obwodzie bębna. W kombajnach rotorowych, bęben (bębny) młócająco-separujący umieszczony jest wzdłuż kombajnu, zgodnie z kierunkiem jazdy. Zasilanie i przepływ masy zbożowej odbywa się wzdłuż osi obrotu bębna. Wydzielanie ziarna z kłosów lub kolb jest realizowane zarówno przez krótkie cepy, które je wybijają oraz w większym stopniu w wyniku bardzo intensywnego wycierania w szczelinie roboczej. W procesie omłotu i separacji w szczelinie roboczej występuje intensywne tarcie pomiędzy masą zbożową lub kolbami, co zmniejsza kontakt wydzielanych ziaren z metalowymi elementami roboczymi. Taki proces wydzielania ziarna jest więc mniej agresywny i zarazem bardzo skuteczny. Metalowe elementy robocze w mniejszym zakresie oddziałują na ziarno, co przekłada się na mniejsze jego uszkodzenie. Ma to duże znaczenie przy zbiorze kukurydzy ziarnowej o wilgotności przekraczającej 30%.

### Przepustowość

Rozwój konstrukcji kombajnów zbożowych miał na celu przede wszystkim zwiększenie przepustowości masy zbożowej, co częściowo przekładało się też na większą wydajność powierzchniową i wpływało na

jakość wymłóconego ziarna. Zwiększanie przepustowości osiągnięte było między innymi przez zwiększanie rozmiarów bębnowych (średnicy i szerokości) oraz przez wprowadzanie wielobębnowych zespołów młócających. W praktyce okazało się, że wprowadzenie tego typu zespołów młócających skutkuje zwiększeniem udziału przesianych przez klepisko razem z ziarnem plew i zgonin. Podczas zbioru zbóż wilgotnych i o długiej słomie, częściej dochodziło też do zapchań oraz do owijania się masy zbożowej na bębnach. Z kolei podczas zbioru bardzo suchych zbóż, słoma ulegała nadmiernemu rozdrobieniu. Dużą uwagę producenci przywiązywali również do zwiększania wymłalności ziarna oraz możliwości wykorzystywania maszyny do zbioru jak największej liczby gatunków uprawianych roślin. Zwiększenie przepustowości wymagało jednoczesnego poprawienia skuteczności procesu separacji ziarna, przy równoczesnym uwzględnieniu różnych jego właściwości fizyko-mechanicznych dla poszczególnych gatunków. W związku z tym, podwyższanie przepustowości było osiągnięte przez zwiększanie wymiarów tych zespołów lub wzrost intensywności ich pracy. Wprowadzane zmiany w układzie separującym obejmowały też montowanie dodatkowych urządzeń rozluźniających masę zbożową. W zależności od konstrukcji dawało to możliwość zwiększenia przepustowości do około 20%, przy jednoczesnym ograniczeniu strat w postaci gubionego ziarna. Były to różnego rodzaju odrzutniki, obrotowe przetrząsacze zębowe lub palcowe oraz zębowe o ruchu cyklicznym.



**Fot. 3.** Dodatkowe segmenty zębowe montuje się na kaskadach wytrząsacza w celu rozluźnienia masy zbożowej (fot. K. Krzyżaniak)



**Fot. 4.** Aktywny bęben separujący jest również stosowany w połączeniu z wytrząsaczami klawiszowymi (fot. K. Krzyżaniak)

W celu zwiększenia przepustowości, wytrząsacze klawiszowe były też zastępowane systemami wielobębnowymi. W takim układzie zamiast wytrząsaczy klawiszowych stosowane były aktywne separatory rotacyjne, które w porównaniu z tradycyjnymi klawiszowymi wytrząsaczami pozwalały na osiągnięcie przez kombajny większych przepustowości.

Zmiany w konstrukcji głównych zespołów roboczych kombajnu dotyczyły też zastąpienia klasycznego stycznie zasilanego bębnowego zespołu młócającego bębniem lub bębnami o osiowym przepływie masy zbożowej. Wysoki stopień wydajności omłotu oraz wydzielania ziarna ze słomy lub kolb, to podstawowe cechy tego systemu omłotu i separacji. Na rotorach stosowanych

w kombajnach z osiowym przepływem masy, można wydzielić na ich długości cztery sekcje: podającą masę zbożową, młócającą i wydzielającą ziarno oraz spowalniającą przepływ masy.

Sekcja pierwsza podająca, jest w kształcie ślimaków i jej zadaniem jest przejmowanie masy zbożowej z przenośnika pochyłego i równomierne podawanie jej do sekcji młócającej. W sekcji młócającej w linii śrubowej są rozmieszczone krótkie cepy i następuje najbardziej intensywne wydzielanie ziarna z kłosów lub kolb. W sekcji wydzielającej są rozmieszczone elementy separujące, które zwiększają intensywność oddzielania ziarna od masy słomy czy innych części roślinnych. Ostatnia sekcja ma za zadanie spowolnienie przepływu masy i przekazanie jej do bębna poprzecznego, który wyrzuca słomę za kombajn na ściernisko lub w najnowszych konstrukcjach słoma spada bezpośrednio na ściernisko. To ostatnie rozwiązanie wprowadzono, aby ograniczyć łamanie suchej słomy zbożowej.

Wykonywane analizy porównawcze struktury strat ziarna w poszczególnych zespołach kombajnów klasycznych i osiowych dowiodły, że największe straty powstają na wytrząsaczu. Ponadto zwiększanie przepustowości niezależnie od budowy kombajnu



**Fot. 5.** W sekcji separującej stosuje się rozmieszczone śrubowo łopatki wydzielające (fot. K. Krzyżaniak)

w większym stopniu skutkuje wzrostem strat na wytrząsaczu niż w mocarni czy zespole czyszczącym. Wzrost strat występował zarówno w kombajnach klasycznych jak i osiowych, ale w przypadku wytrząsaczy klawiszowych przyrost ten okazywał się znacznie większy.

Liczne badania wykazały, że zwiększanie przepustowości skutkowało też wzrostem udziału uszkodzanego ziarna w zbieranym plonie oraz zwiększaniem strat w postaci gubionego ziarna. Porównując zatem kombajny o stycznym i osiowym przepływie masy zbożowej, można zauważyć, że każde z tych rozwiązań cechuje się zarówno wadami, jak i zaletami i to zarówno przy zbiorze zbóż, jak i nasion czy szczególnie ziarna kukurydzy.

### Styczny przepływ masy zbożowej

Maszyny ze stycznym przepływem masy zbożowej osiągają większe przepustowości (do około 40%) podczas zbioru zbóż o długiej słomie i rzepaku w porównaniu do maszyn osiowych. Taka sytuacja wynika ze znacznie mniejszego rozdrobnienia słomy i mniejszego obciążenia sit układu czyszczącego. Zastosowanie w kombajnach wielobębnowych zespołów młocących pozwoliło dodatkowo zwiększyć przepustowość. Jednak badania wielobębnowych zespołów młocących dowiodły, że omłot przy zbyt małej, jak i zbyt dużej przepustowości jest bardziej energochłonny.

Wyniki wielu badań i pomiarów wykazały też, że wielobębnowe zespoły młocące w większym stopniu uszkadzają ziarno niż młocarnie tradycyjne – jednobębnowe. W przypadku kombajnów o budowie klasycznej, średni udział makrouszkodzeń przy zbiorze podstawowych zbóż wynosił 1,3-2,5%. Natomiast dla kombajnów z zespołami młocącymi wielobębnowymi, udział uszkodzeń był większy i wynosił od około 2,1 do nawet 6,0%. Tak duży udział makrouszkodzeń ziarna w przypadku zespołów wydzielających wielobębnowych, jest uzasadniany bezpośrednim kontaktem większej części wydzielanego ziarna z metalowymi elementami roboczymi.

### Jakość ziarna a parametry omłotu

Ilość makrouszkodzeń dla ziarna lub nasion poszczególnych gatunków roślin uprawnych zależy też od intensywności przebiegu wydzielania ziarna w zespole młocącym, o czym decydują jego parametry robocze. W zespole młocącym kombajnów wykonuje się regulacje prędkości obrotowej bębna i wielkości szczeliny roboczej między cepami bębna a listwami klepiska. O ostatecznych nastawach powyższych parametrów decydować powinny warunki panujące na polu oraz bieżąca ocena udziału uszkodzonego ziarna w zbiorniku kombajnu lub niedomłóconych kłosów w słomie pozostawianej za kombajnem czy w rdzeniach kolbowych

kukurydzy. W przypadku stwierdzenia występowania w słomie leżącej za kombajnem kłosów lub rdzeni kolbowych, w których znajdują się niewymłócone ziarniaki, należy skorygować nastawy w zespole młocącym. W pierwszej kolejności trzeba zmniejszać szczelinę roboczą w granicach przewidzianych instrukcją obsługi. Jeżeli nie wystąpi wyraźna poprawa, to dopiero w drugiej kolejności można stopniowo zwiększać prędkość obrotową bębna młocącego. Nie należy w pierwszej kolejności zwiększać prędkości obrotowej bębna młocącego przy zachowaniu dotychczasowej szczeliny roboczej, ponieważ nie wpłynie to znacząco na zmniejsze-



Fot. 6. W wielobębnowym zespole młocącym wstępny bęben przyspieszający wyposażony jest w gładkie łopatki i umieszczony jest bezpośrednio przed bębniem młocącym (fot. K. Krzyżaniak)



nie niedomłotu, a spowoduje znaczny wzrost uszkodzenia ziarna lub nasion. Wraz ze wzrostem wilgotności zbieranego ziarna lub nasion, należy również stopniowo zmniejszać szczelinę roboczą aż do wielkości minimalnych na wylocie, a jeżeli to nie przynosi zadawalających efektów, to dopiero w drugiej kolejności należy zwiększać prędkość obrotową bębna młocącego. Mniejsze prędkości obwodowe bębna zaleca się też stosować dla omłotu zbóż przeznaczonych na materiał siewny, o niskiej wilgotności oraz dla odmian łatwo się wymłacających czy podczas zbioru kukurydzy ziarnowej. Takie postępowanie pozwoli wymłócić zboża i kukurydzę przy mniejszych uszkodzeniach ziarna.

### Osiowy przepływ masy zbożowej

**P**odstawową zaletą kombajnów z osiowym przepływem masy zbożowej jest ich większa przepustowość w porównaniu do maszyn o budowie tradycyjnej. Zwiększona przepustowość kombajnu jest przede wszystkim efektem dużo większej przepustowości separatora. Natomiast powszechnie znaną wadą jest większe zapotrzebowanie na moc i wynikające z tego zużycie paliwa na jednostkę wykonanej pracy o 15-30%. Prowadzone badania wykazały, że w kombajnach osiowych opory młócenia są tym mniejsze im krótsza jest długość źdźbeł młóconych roślin. Do

wad zaliczane jest też nadmierne rozdrobnienie słomy zbieranych zbóż, co w niektórych przypadkach może utrudniać jej zbiór maszynami wyposażonymi w podbieracze palcowe. Efektem tego jest też większa ilość zanieczyszczeń organicznych w wymłóconym zbożu w porównaniu do maszyn konwencjonalnych. W badaniach wykazano, że uszkodzenia ziarna podstawowych gatunków zbóż w zespołach młocących o osiowym przepływie masy zbożowej są 3-4 razy mniejsze niż w klasycznych. Jeszcze większe różnice występują podczas zbioru roślin bobowatych grubonasiennych czy kukurydzy o dużej wilgotności ziarna. W badaniach stwierdzono również, że siła kiełkowania ziarna zbóż zbieranych kombajnami o osiowym przepływie masy zbożowej jest 1-6% większa.

Zmiany w budowie aktualnie produkowanych kombajnów do zbioru zbóż dotyczą najczęściej modyfikacji konstrukcyjnych w poszczególnych zespołach roboczych oraz wyposażenia w systemy wspomagające pracę operatora.

### Kombajny tradycyjne

**K**ombajny tradycyjne dobrze będą się sprawdzały na polach o nieregularnych kształtach i mniejszej powierzchni, gdzie trzeba wykonywać więcej nawrotów i przejazdów jało-



Fot. 7. Dobrze uformowane wały słomy po zbiorze kombajnem z wytrząsaczem klawiszowym (fot. Krzyżaniak)

wych, ponieważ nie będzie to zakłócało procesu wydzielania ziarna. Maszyny ze stycznym przepływem masy zbożowej dobrze omłacają ziarno przy nieregularnym podawaniu masy zbożowej. Kombajny z wytrząsaczami klawiszowymi lepiej od osiowych będą też spisywały się podczas zbioru zbóż z większym udziałem słomy niż ziarna i będą ją pozostawiały znacznie mniej rozdrobnioną. Wał słomy w tym przypadku jest

dobrze uformowany, co ułatwia zbiór prasami i zmniejsza jej straty. Będą też dobrze sprawdzały się podczas zbioru zbóż zachwaszczonych i z wsiewkami innych roślin. Konstrukcje z bębniem przyspieszającym mogą być wykorzystywane w gospodarstwach uprawiających zboża z przeznaczeniem na paszę w technologiach standardowych i ekstensywnych, gdzie jakość zbieranego ziarna nie jest podstawowym priorytetem.

### Kombajny rotorowe

**K**ombajny rotorowe wyróżniają się przede wszystkim osiągnięciem większych przepustowości (wydajności zbioru) i mniejszymi uszkodzeniami ziarna podczas jego omłotu. Ma to miejsce zwłaszcza podczas zbioru kukurydzy i grubonasiennych bobowatych. W związku z tym, ich wykorzystywanie będzie przydatne do zbioru ziarna w gospodarstwach wielkopowierzchniowych prowadzących intensywną produkcję roślinną, gdzie udział ziarna w zbieranej masie zbożowej jest większy niż słomy oraz w zajmujących się produkcją nasienną. Kombajny rotorowe jest też łatwiej adaptować do zbioru innych roślin uprawnych takich jak trawy, bobowate czy kukurydza na ziarno paszowe lub dla przemysłu prze-



**Fot. 8.** Segmentowe klepiska w kombajnach rotorowych cechują się niską masą dzięki czemu można je szybko wymienić podczas przezbierania (fot. K. Krzyżaniak)



**Fot. 9.** Kombajny hybrydowe mają wielobębnowy zespół omłotowy o stycznym zasilaniu oraz separatory rotorowe o osiowym przepływie masy (fot. K. Krzyżaniak)

twórczego. Rozmieszczone na obwodzie rotora cepy mogą być łatwo wymieniane i dostosowywane do gatunku zbieranej rośliny. Dzięki zastosowanym segmentom i dużym oknom serwisowym po bokach maszyny równie łatwo można też przeprowadzić wymianę klepiska.

### Kombajny hybrydowe

Oprócz tradycyjnych konstrukcji kombajnów zbożowych na rynku dostępne są też wersje mieszane (hybrydowe), w których wytrząsacze klawiszowe zastępowane są przez wzdłużne separatory rotorowe. Łączą one cechy kombajnów z konwencjonalnym systemem omłotu oraz o osiowym przepływie masy. Charakteryzują się wysoką przepustowością oraz stosunkowo niewielkimi stratami. Niestety przez zastosowanie wielobębnowego zespołu omłotowego o stycznym zasilaniu oraz aktywnym separatorom słoma jest mocno rozdrabniana przez co wzrasta udział zanieczyszczeń.

Obserwowana obecnie tendencja do zastępowania wytrząsaczy klawiszowych przez separatory rotacyjne, wynika głównie z dążenia do uzyskiwania większych wydajności.

### O ilości uszkodzeń decyduje typ ziarna

Problemy związane ze stratami i uszkodzeniami ziarna, które powstają w czasie jego omłotu są złożone i nie należą do najprostszych. Oddziaływanie poszczególnych zespołów roboczych kombajnu i zmiennych warunków pracy, jest przyczyną powstawania strat i uszkodzeń ziarna, które obniżają jego plon, jakość i właściwości biologiczne. Duży udział ziarna połamanego utrudnia też proces jego suszenia. Na wielkość uszkodzeń ziarna wpływ mają między innymi następujące czynniki:

- a) fizyko-mechaniczne właściwości zbieranego ziarna, związane z odmianą i jego wilgotnością podczas zbioru,
- b) warunki techniczno-technologiczne zbioru, związane z prędkością obwodową bębna, liczbą cepów, kątem opasania bębna klepiskiem i wielkością szczeliny roboczej,
- c) sposoby zasilania zespołu młócającego, związane z wielkością i równomiernością strumienia dostarczanej masy oraz jej wilgotnością.

Wielu autorów badających wpływ różnych czynników na straty i uszkodzenia ziarna kukurydzy wskazywało, że wilgotność i cechy odmianowe mają duży wpływ na ilość uszkodzeń. Przeprowadzane analizy wariancji wykazywały, że rodzaj zespołu omłotowego, jak i odmiana wpływały istotnie statystycznie na stopień omłotu i straty niedomłotu. Różnice pomiędzy odmianami w ramach tego samego typu zespołu omłotowego nie były istotne statystycznie. Stwierdzano też, że odmiana kukurydzy i wilgotność ziarna mają znaczący wpływ na powstawanie uszkodzeń i pęknięć ziarniaków podczas mechanicznego zbioru kombajnowego. Najniższy stopień uszkodzeń występował, gdy wilgotność ziarna różnych odmian kukurydzy wynosiła od około 18 do około 22%. Autorzy zwracają uwagę, że lepszą odpornością na uszkodzenia i pękanie ziarna charakteryzują się odmiany kukurydzy typu „flint”, ponieważ cechują się większym udziałem bielma szklistego. Ziarno typu flint jest wypukłe i szkliste, ma większą gęstość i twardość oraz większą masę tysiąca ziaren. Ponadto autorzy zwracali też uwagę, że im niższa była wilgotność zbieranego ziarna, tym mniej energii zużywała maszyna podczas omłotu. Wilgotność miała też istotny wpływ na właściwości mechaniczne ziarna kukurydzy. Moduł sprężystości, twardość, wytrzymałość na rozciąganie i wytrzymałość na ścinanie ziaren kukurydzy zmniejszały się wraz ze wzrostem wilgotności ziarna, co skutkowało rosnącymi jego uszkodzeniami. Dlatego też w praktyce, do uprawy należy wybierać odmiany które dobrze rozwijają się w lokalnych warunkach środowiskowych i temperaturowych, uzyskują zadawalający plon ziarna oraz osiągają odpowiednią jego wilgotność w okresie zbioru. Tym samym prawidłowy dobór odmian kukurydzy może zagwarantować mniejszą jego podatność na uszkodzenia i kruszenie się podczas omłotu.

*prof. UPP dr hab. inż. Ireneusz Kowalik  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,*

*PZPK*

*mgr inż. Krzysztof Krzyżaniak  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*