

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.

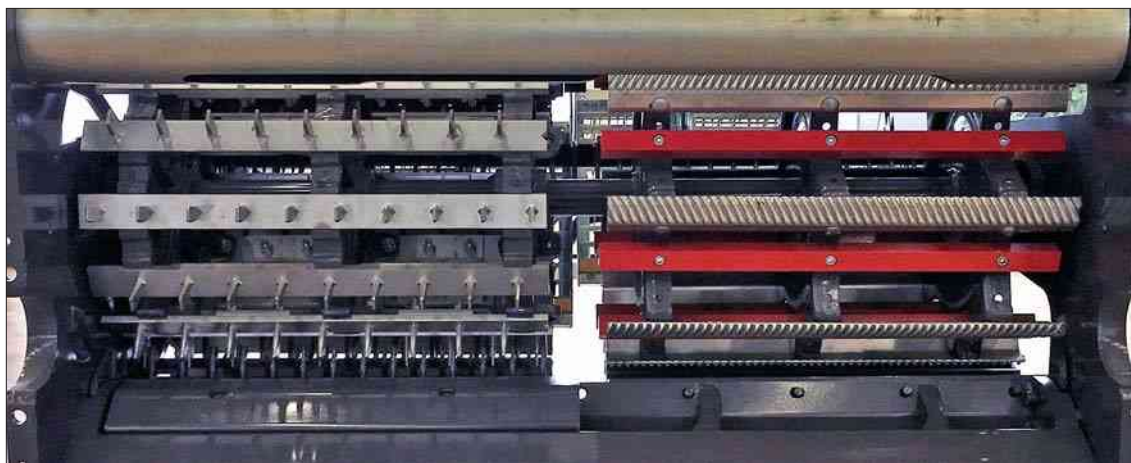
Jakość pracy kombajnów do zbioru zbóż i kukurydzy określana jest szeregiem parametrów, do których można zaliczyć m.in. straty ziarna powodowane przez zespół żniwny (do 1%), zespół młócający – ziarno niewymłócone z kłosów lub kolb (niedomłoty do 1,5%), straty na wytrząsaczach i w czyszczalni (tzw. straty 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

Współcześnie 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 uszkadzają 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%.

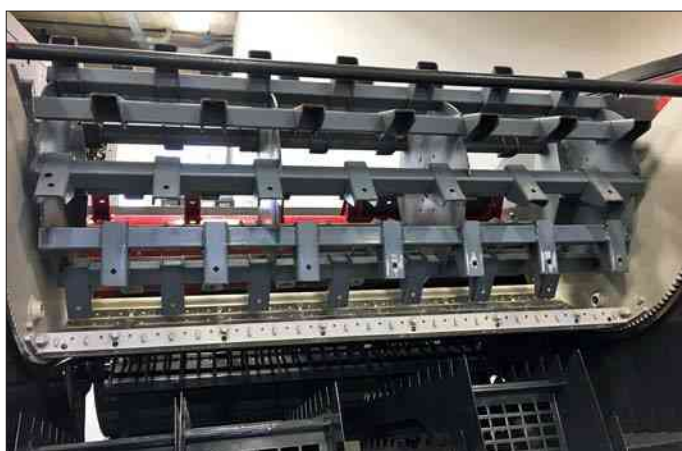
Przepustowość

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.



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

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 zmniejszyć 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-



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 zadowalających efektów, to dopiero w drugiej kolejności należy zwiększać prędkość obrotową bębna młócacego. 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

Podstawową 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 młócących 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

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



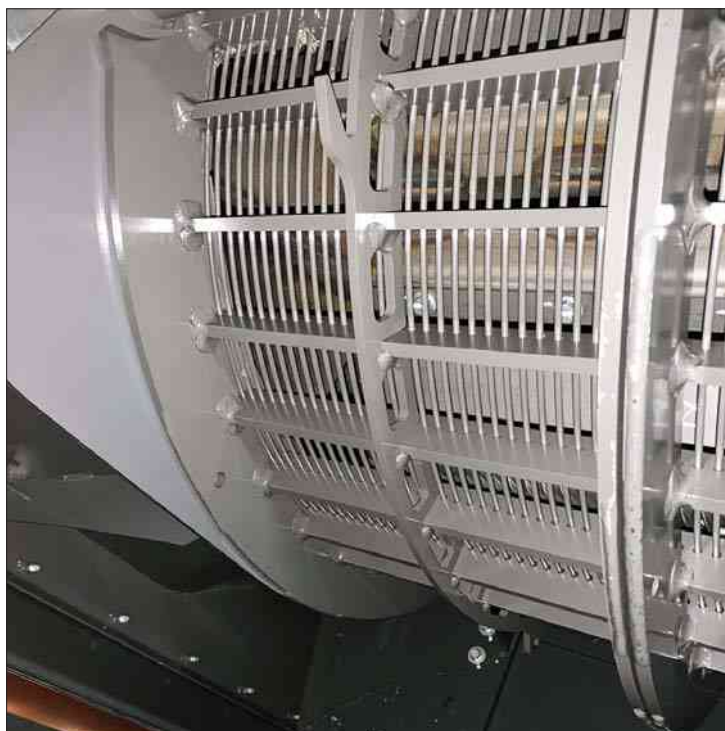
Fot. 7. Dobrze uformowane wały słomy po zbiorze kombajnem z wytrząsaczem klawiszowym (fot. Krzyżaniak)

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

Kombajny 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 dostarczonej 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*