problemy agrofizyki

POLSKA AKADEMIA NAUK · INSTYTUT AGROFIZYKI

Ossolineum zeszyt 57 rok 1988

P O L S K A A K A D E M I A N A U K
ZAKŁAD AGROFIZYKI W LUBLINIE

PROBLEMY AGROFIZYKI 57

JAN GIEROBA, KAZIMIERZ DRESZER,
JAN DUDKOWSKI, JANUSZ NOWAK

CZYNNIKI WARUNKUJĄCE JAKOŚĆ ZIARNA SIEWNEGO ZBIERANEGO KOMBAJNAMI

WROCŁAW · WARSZAWA · KRAKÓW · GDAŃSK · ŁÓDŹ
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK
1988

Komitet redakcyjny

prof. dr JAN GLIŃSKI (redaktor naczelny),
prof. dr IGNACY DECHNIK, prof. dr BOGUSŁAW SZOT

Redaktor Wydawnictwa Małgorzata Kuniewska-Kucz
Redaktor techniczny Elżbieta Garncarczyk

© *Copyright by Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo · Wrocław 1988*
Printed in Poland

PL ISSN 0137-6586
ISBN 83-04-03065-9

Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo, Wrocław 1988.
Nakład 400 egz. Objętość ark. wyd. 2,70; ark. druk. 3,50. Papier offset. kl.
III, 70 g, 61 × 86. Oddano do druku w październiku 1988. Druk ukończono
w listopadzie 1988.

Zam. 827/88 K-16 Cena zł 100.—
Zakład Graficzny AGH, Kraków ul. Kawiory 40

SPIS TREŚCI

WPROWADZENIE 5
CEL I ZAKRES PRACY 6
NAUKOWE I GOSPODARCZE ZNACZENIE PROBLEMATYKI 6
CZYNNIKI WARUNKUJĄCE ODPORNOŚĆ MECHANICZNĄ I WARTOŚĆ BIOLOGICZNĄ ZIARNA SIEWNEGO ZBIERANEGO KOMBAJNAMI 8
Właściwości fizyczne i mechaniczne zbieranego ziarna 9
Wpływ czynników technicznych na jakość ziarna siewnego .. 16
Wpływ czynników technologicznych na jakość ziarna siewnego 25
WPŁYW PRZECHOWYWANIA ZIARNA ZBÓŻ NA JEGO WARTOŚĆ BIOLOGICZNĄ 27
Oddychanie 27
Samozagrzewanie się masy ziarnistej 30
Rozwój mikroorganizmów 31
CZYNNIKI WARUNKUJĄCE JAKOŚĆ BIOLOGICZNĄ SKŁADOWANEGO ZIARNA 35
Czynniki środowiska 35
Fizjologiczne i biologiczne właściwości ziarna..... 41
PODSUMOWANIE 43
BIBLIOGRAFIA 45

WPROWADZENIE

Mechanizacja zbioru, suszenia i przechowywania ziarna zbóż, oprócz niewątpliwych korzyści ekonomicznych i organizacyjnych, ma również pewne mankamenty. Do głównych czynników wywierających ujemne skutki na ziarno, w szczególności na ziarno siewne, można zaliczyć mechaniczne uszkodzenia ziarna powstające w czasie trwania wyżej wymienionych procesów oraz zjawiska biochemiczne i fizyczne towarzyszące suszeniu i przechowywaniu ziarna. W ostatnich latach dość często pojawiają się głosy o pogarszającej się jakości ziarna siewnego zbóż. Niektóre z głosów sugerują, że przyczyna obniżenia wartości ziarna siewnego tkwi w jednoetapowym zbiorze kombajnowym. Można jednak stwierdzić, że kombajnowy zbiór zbóż szeroko rozpowszechniony w naszym rolnictwie oraz w wielu innych krajach, będzie nadal stosowany do zbioru ziarna siewnego. Korzyści wynikające z kombajnowego zbioru są szczególnie dostrzegalne w okresach nasilenia prac w czasie akcji żniwnych. Należy pamiętać, że problemy związane z uzyskaniem dobrego ziarna siewnego są bardzo złożone i ściśle związane z technologiami zbioru, suszenia i przechowywania ziarna.

Mając na uwadze problem polepszenia jakości ziarna siewnego, podjęto próbę przeprowadzenia kompleksowej analizy podstawowych procesów związanych z kombajnowym zbiorem zbóż, dosuszaniem ziarna oraz metodami jego przechowywania.

Przedłożona praca jest wynikiem kilkuletniej współpracy autorów z Instytutem Agrofizyki PAN w Lublinie oraz Instytutem Budownictwa Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie.

CEL I ZAKRES PRACY

Celem pracy była analiza stanu badań krajowych i zagranicznych dotyczących: wpływu kombajnowego zbioru zbóż oraz czasu i warunków przechowywania ziarna na jego wartość siewną.

Zakres pracy obejmował przeprowadzenie badań studyjnych, eksploatacyjnych i laboratoryjnych.

Badania studyjne obejmowały przedstawienie stanu badań krajowych i zagranicznych dotyczących wpływu analizowanych procesów na wartość siewną ziarna.

Badania eksploatacyjne obejmowały kombajnowy zbiór, przechowywanie i czyszczenie ziarna w warunkach krajowego rolnictwa. Badania przeprowadzono głównie w gospodarstwach Stacji Hodowli Roślin w Ulhówku, woj. zamojskie.

Badania laboratoryjne obejmowały określenie podstawowych cech fizycznych ziarna, uszkodzeń mechanicznych i zdolności kiełkowania.

NAUKOWE I GOSPODARCZE ZNACZENIE PROBLEMATYKI

W wielu zmechanizowanych procesach obróbki ziarna narażone ono jest na ciągłe lub chwilowe oddziaływanie znacznych obciążeń statycznych i dynamicznych. Wspomniane obciążenia są najczęstszą przyczyną mechanicznych uszkodzeń ziarna, objawiające się w różnej postaci, jak np. utrata części nasienia, pęknięcie okrywy owocowo-nasiennej, całkowite zgniecenie itp.

Wykazano w sposób nie budzący wątpliwości, że uszkodzenia mechaniczne materiału siewnego powodują nie tylko obniżenie plonu nasion roślin uprawnych, ale i pogorszenie ich jakości.

Omawiana problematyka była przedmiotem licznych badań i rozważań w krajach o wysokim poziomie techniki rolniczej już w latach sześćdziesiątych [1, 2, 3, 4, 56, 57, 92, 93]. W warunkach krajowego rolnictwa natomiast problemy te nabierają szczególnego znaczenia dopiero w ostatnich latach. Związane jest to w dużym stopniu z wprowadzeniem na szerszą skalę mechanicznego zbioru zbóż i kierunkami prac prowadzonych w nasiennictwie, zmierzającymi do polepszenia jakości materiału siewnego.

Ogólne uszkodzenia mechaniczne ziarna można podzielić na dwie grupy. Do pierwszej zalicza się makrouszkodzenia, tj. uszkodzenia ziar-

na polegające na utracie jakichkolwiek jego części. Do drugiej grupy zalicza się mikrouszkodzenia niewidoczne gołym okiem. Są one trudne do wykrycia, a ponadto niemożliwe jest ich wydzielenie w procesie czyszczenia i sortowania. Najbardziej niebezpieczne są mikrouszkodzenia zarodka, powodują bowiem obniżenie wartości siewnej ziarna.

Poza uszkodzeniami ziarna typu mechanicznego wyróżnia się również uszkodzenia typu biologicznego, których wykrycie jest możliwe jedynie metodą kiełkowania. Ziarno siewne z tego rodzaju uszkodzeniami - uznawane często za materiał nadający się do siewu, uwidocznia obniżoną wartość biologiczną podczas rozwoju roślin nie tylko we wczesnych, ale i późniejszych fazach organogenezy [20, 22, 44, 49, 50, 85, 91]. Zatem ocena biologicznej wartości ziarna wymaga przeprowadzenia testów uwzględniających nie tylko zdolności kiełkowania, ale i siłę wzrostu oraz analizę kiełków nienormalnych [5, 22, 70, 82, 83].

Liczne badania wykazały, że energia kiełkowania ziarna określana bezpośrednio po obróbce mechanicznej zboża (np. omłot) jest większa niż ziarn wyłuskanych ręcznie z kłosa [21, 44, 64, 82, 83]. Wynika to stąd, że wszelkiego typu mikrouszkodzenia okrywy nasiennej ułatwiają początkowo dostęp wody i tlenu w głąb ziarniaka. W konsekwencji ziarno jest pobudzone do szybszego kiełkowania.

Nierównomierność wschodów i wolniejszy przyrost zielonej masy wpływa negatywnie na późniejszy rozwój roślin. Wykłaszanie się roślin z uszkodzonych ziarn, np. pszenicy jarej, następuje z 3-4 dniowym opóźnieniem, ogólny procent nie wykształconych roślin jest natomiast dwukrotnie większy. Warto również dodać, że rośliny z nasion o obniżonej wartości biologicznej gorzej zimują i wydają mniejszy plon. Przyczyną tego są drobnoustroje, dla których ziarno uszkodzone jest doskonałym środowiskiem pokarmowym [6, 8, 15, 44, 57, 59, 70, 82, 83, 91].

Niezmiernie trudnym do rozwiązania problemem staje się ocena wartości biologicznej nasion w zależności od liczby i rodzaju uszkodzeń.

Jednym z ważniejszych wskaźników oceny wartości biologicznej ziarn, zwłaszcza uszkodzonych jest siła wzrostu, która daje pełniejszą ocenę ich wartości siewnej niż tylko energia i zdolność kiełkowania. Wyniki różnych badań laboratoryjnych w dużym stopniu były zbliżone do zdolności kiełkowania w warunkach polowych [5, 6, 21, 22, 43, 44, 70, 82, 83, 91]. Metoda ta jest stosowana w wielu krajach jako jedna z najbardziej obiektywnych sposobów oceny wartości produkcyjnej ziarna. W warunkach polskiego rolnictwa test ten nie jest odpowiednio doceniany.

Jednym z podstawowych warunków skutecznego przeciwdziałania uszkodzeniom ziarna jest poznawanie przyczyn powstawania i określenie ich liczbowej wartości. Pozwoli to na wybór metody odpowiedniego postępowania podczas różnych zabiegów technologicznych, począwszy od zbioru poprzez transport, czyszczenie, sortowanie, a skończywszy na suszeniu i przechowywaniu.

Ponadto analiza taka dostarcza cennych informacji konstruktorom, którzy wykorzystując konkretne dane trafniej dostosowują maszyny i urządzenia rolnicze. Wpłynie to na zmniejszenie uszkodzeń ziarna, a tym samym na polepszenie jego wartości siewnej.

CZYNNIKI WARUNKUJĄCE ODPORNOŚĆ MECHANICZNĄ I WARTOŚĆ BIOLOGICZNĄ ZIARNA SIEWNEGO ZBIERANEGO KOMBAJNAMI

O jakości pracy kombajnu zbożowego, a w szczególności jego zespołu omłotowego decydują trzy grupy czynników [52]. Do pierwszej należą te, które decydują o właściwościach fizycznych i mechanicznych obrabianego materiału, a mianowicie:

- gatunek i odmiana,
- stopień dojrzałości i wilgotność (głównie ziarna),
- wytrzymałość ziarna na obciążenia mechaniczne,
- budowa kłosa i siła wiązania ziarna z kłosem,
- stosunek masy ziarna do słomy,
- domieszek zielonej masy chwastów.

Do drugiej grupy należą parametry techniczne zespołów roboczych (bębna młócącego):

- rodzaj i typ bębna młócącego,
- prędkość (obwodowa) elementów roboczych mających bezpośredni kontakt z ziarnem,
- liczba i kształt elementów roboczych biorących aktywny udział w procesie roboczym,
- kąt opasania bębna klepiskiem (długość klepiska),
- wielkość szczeliny roboczej przy wlocie i wylocie.

Trzecią grupę czynników warunkujących jakość uzyskiwanego ziarna stanowią czynniki technologiczne. Szczególną rolę w tej grupie czynników odgrywa:

- przepustowość kombajnu (strumień masy zbożowej),
- stan i sposób zasilania masą.

Badaniami wpływu wyżej wymienionych czynników na ilość uszkodzeń i wartość biologiczną ziarna zajmowało się wielu autorów, spośród których należy wymienić: Arnolda [1, 2, 3, 4], Bartza i Tucholską [5], Dorrela, Adamsa [20], Duczmala, Balcerzaka [22], Eimera [23, 24] i innych [48, 54, 56, 57, 74, 75, 76, 93, 107].

Właściwości fizyczne i mechaniczne zbieranego ziarna

Odporność ziarna na obciążenia mechaniczne zależy od wielu czynników natury biologicznej, fizycznej i mechanicznej. W przypadku roślin zbożowych za najważniejsze należy uznać: kształt i wielkość ziarn, sprężystość, twardość, grubość okrywy nasiennej, ułożenie zarodka oraz wilgotność. Sprężystość i twardość są cechami odgrywającymi istotną rolę w odporności na uszkodzenia. Im wyższa sprężystość ziarna i większa odporność na różnego rodzaju uciski, zgniatanie, uderzenia i inne urazy, tym mniejsze uszkodzenia ziarna i wyższa wartość siewna. Wytrzymałość ziarna na zgniatanie zależy głównie od sprężystości i elastyczności okrywy nasiennej. Jej budowa anatomiczna, liczba warstw, położenie i zawartość elementów mechanicznych odgrywa dużą rolę. Tkanki okrywy owocowo-nasiennej żyta ulegają silniejszemu spłaszczeniu niż pszenicy, gdyż wynika to z anatomicznej budowy perikarpium żyta, które zbudowane jest z dwu warstw komórek, poprzecznej i podłużnej, podczas gdy trzecia warstwa spotykana jest rzadziej niż u pszenicy. Większe jest także zdrewnienie okrywy ziarna żyta, które jest między innymi powodem znacznych uszkodzeń w czasie procesów obróbczych [6, 22, 28, 30, 31, 33, 44, 52, 70, 85, 92, 98, 109].

Wraz z wielkością ziarna nasila się procent uszkodzeń. W obrębie nawet tej samej odmiany głównymi przyczynami różnic w odporności na uszkodzenia może być kształt ziarna. Ziarna okrągłe i gładkie są mniej podatne na uszkodzenia niż podłużne i pomarszczone, różnice zaś w budowie anatomicznej i chemicznej są przyczyną powstawania różnego rodzaju uszkodzeń.

Drugim nie mniej ważnym czynnikiem, istotnie związanym z uszkadzalnością ziarna oraz charakterem innych strat powstających podczas zbioru i omłotu, jest siła wiązania ziarna z kłosem. Zagadnieniu temu poświęcono wiele uwagi, jednak trudno jest spotkać jednoznaczne określenie tej wielkości (tab. 1) [30, 47, 94, 95, 98, 99, 103, 109]. Warto również podkreślić, że siła wiążąca ziarno z kłosem charakteryzuje się dużą zmiennością. W tym samym kłosie siły maksymalne mogą być na-

Tabela 1. Wartości sił niezbędnych do usunięcia ziarna z kłosa lub wiechy, wg [30, 47, 94, 95, 98, 99, 103, 109]

Gatunek zboża	Wartość siły, N			Zakres zmienności	
	skrajne	najczęściej spotykane	pożądane	między-odmianowej	środo-wiskowej
Pszenica ozima	0,35-2,50	1,00-1,50	-	0,70-2,00	0,35-2,50
Pszenica jara	0,38-3,25	1,50-2,50	-	0,80-2,40	0,38-3,25
Żyto (odmiany diploidalnej)	0,40-1,90	0,70-1,40	-	0,60-1,60	0,40-1,90
Jęczmień jary (dwurzędowy)	-	-	-	-	-
Owies	-	-	-	-	-

- brak danych z badań

wet dwudziestokrotnie większe niż wartości minimalne [103]. W celu uzyskania materiału siewnego o wysokiej wartości biologicznej, podczas omłotu wymagane jest, aby siły działające w zespole roboczym były nieco większe od maksymalnej siły niezbędnej do wydzielenia ziarna z kłosów, ale mniejsze od siły, która powoduje uszkodzenia. Z powyższego wynika, że wzajemna relacja pomiędzy podatnością ziarna na uszkodzenia a trwałością związku ziarna z kłosem stanowi bardzo złożone zagadnienie, a tym trudniejsze, jeśli uwzględni się różnorodność i dużą zmienność czynników ją charakteryzujących [73, 103, 109]. Wynika z tego, że rozwiązanie problemu jest możliwe na podstawie kompleksowych badań, które pozwolą na ustalenie zakresu zmienności, głównie takich parametrów, jak: odporność ziarna na uszkodzenia, siła niszcząca ziarno itp. Należy podkreślić, że w kraju również prowadzono badania, których celem było określenie wpływu podstawowych parametrów techniczno-technologicznych na wartość siewną ziarna: prędkość zderzeń ziarna i jego wilgotność (tab. 2).

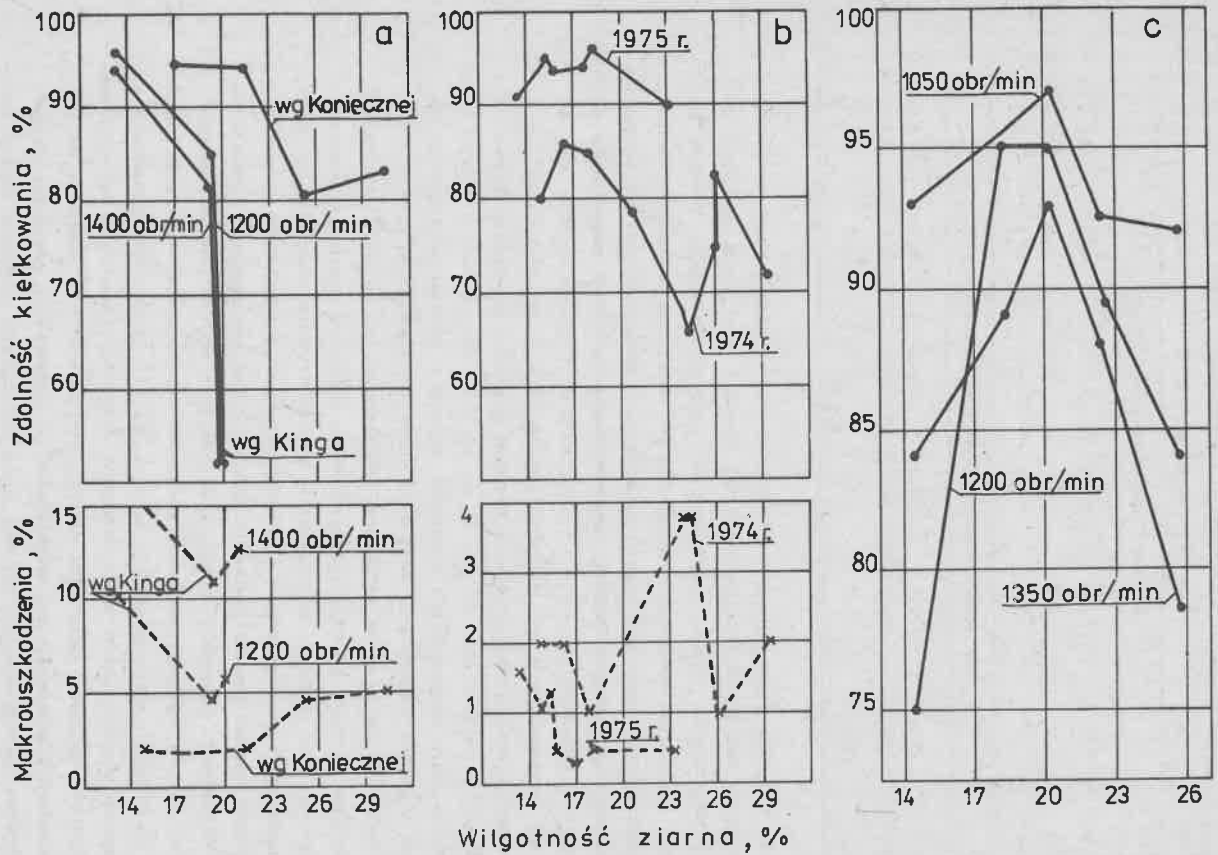
Przedstawione badania nie obejmowały kompleksowo problemu, ograniczały się jedynie do ziarna wybranych gatunków i odmian. Badania takie należy przeprowadzić dla szerokiego asortymentu odmian i gatunków ziarna przeznaczonego do dalszej reprodukcji. Uzyskane wyniki pozwolą na ustalenie optymalnych parametrów pracy poszczególnych zespołów kombajnu zbożowego.

Stwierdzić należy, że jednym z podstawowych czynników mających znaczny wpływ na zachowanie się ziarna pod wpływem obciążeń, a jednocześnie warunkującym liczebność i charakter uszkodzeń jest wilgotność [3, 4, 5, 6, 22, 23, 24, 27, 31, 32, 42, 52, 54, 57, 61, 74, 83,

Tabela 2. Skutki mechanicznego uderzenia ziarna pszenicy zależnie od wilgotności i prędkości uderzenia, wg [6, 47]

Wilgotność ziarna, %	Prędkość uderzenia, m/s					
	0	16,7	20,8	25,8	30,8	35,8
	Procent uszkodzonych ziarn, %					
15	0	9,0	12,7	7,0	19,3	24,7
20	0	4,7	6,0	7,3	5,7	7,7
25	0	2,0	5,7	6,3	4,7	7,3
	Siła kiełkowania ziarn nieuszkodzonych, %					
15	96,7	95,2	92,1	83,2	71,0	65,8
20	95,3	96,1	86,9	80,1	59,6	52,2
25	90,3	91,8	90,8	83,3	50,6	37,9

85, 91, 97, 99]. Wpływa na nią nie tylko strefa klimatyczna oraz mikroklimat, faza dojrzałości biologicznej, a nawet i pora dnia, w której dokonuje się zbioru, omłotu, czyszczenia i innych zabiegów. Według wielu autorów zmiana zawartości wody w ziarnie decyduje o kształtowaniu się fizycznych i mechanicznych właściwości uzależnionych od przemian koloidalno-chemicznych: białek, węglowodanów i innych składników chemicznych, a tym samym od ich uelastycznienia. Ogólnie uznaje się, że wraz ze zwiększającą się wilgotnością zmniejsza się podatność na uszkodzenia mechaniczne, ale do pewnej granicy, po której liczba uszkodzeń wzrasta (tab. 2) [3, 5, 6, 22, 57]. Wynika to z różnej plastyczności ziarn wilgotnych i suchych. Ziarna o niskiej wilgotności są kruche, wskutek czego pod wpływem obciążeń występuje u nich bardziej wyraźne naruszenie struktury zewnętrznej niż u ziarn o wyższej wilgotności, a więc o dużej plastyczności. Stąd też ziarna o wyższej wilgotności, pod działaniem obciążeń, charakteryzuje powstawanie głównie uszkodzeń wewnętrznych i mikrouszkodzeń. Zwiększona odporność wilgotnych nasion na uszkodzenia mechaniczne nie dotyczy jednak nasion wszystkich gatunków roślin uprawnych, a wyniki badań różnych autorów nie są zgodne, stąd też zachodzi konieczność dalszych obserwacji w różnych warunkach [3, 4, 5, 6, 22, 57, 109]. Na rysunku 1 zestawiono wyniki badań wielu autorów, dotyczące wartości biologicznej i uszkodzeń różnych gatunków ziarna, wydzielanych w zespole młócącym kombajnu w funkcji ich wilgotności. Z zależności zamieszczonych na rysunku 1a wynika, że istnieje duża rozpiętość wyników badań doty-



Rys. 1. Wpływ obrotów bębna młócącego i wilgotności ziarna zbóż zbieranych kombajnami na ich mechaniczne uszkodzenia i zdolność kiełkowania, wg [3, 5, 57, 61]; a - pszenicy, b - żyta, c - owsa

czących wartości biologicznej i liczby uszkodzeń ziarna dwu odmian pszenicy o odrębnych właściwościach fizycznych i mechanicznych. Różnice te można w dużym stopniu wyjaśnić również odmiennymi warunkami pracy zespołów omłotowych. W pierwszym rzędzie należy wymienić obroty bębnów młócących stosowane w obydwu doświadczeniach. W badaniach Kinga i Riddollsa wynosiły one 1200 i 1400 obr./min. W doświadczeniach Koniecznej natomiast stosowano mniejsze obroty bębna młócącego, które były uzależnione od wilgotności zbieranego zboża. Wynosiły one 900 obr./min. dla wilgotności ziarna 14,9%, 17,1% i 24,4%. Dla pozostałych grup wilgotnościowych (25,3% i 30,5%) wynosiły 1100 obr./min. Należy również zwrócić uwagę na wielkości stosowanych szczelin roboczych. Średnia wartość szczeliny roboczej w doświadczeniu Kinga i Riddollsa wynosiła 4,6 mm i była wielkością stałą dla wszystkich grup wilgotnościowych zbieranego zboża. Polska badaczka natomiast uzależniała wielkość szczeliny wylotowej od wilgotności obrabianego materiału (6 mm dla wilgotności 21,4%, 8 mm dla 17,1% i 14,9% oraz 22 mm dla dwu pozostałych grup wilgotnościowych). Na podstawie wyżej podanych informacji, opisujących wielkości parametrów regulacyjnych zespołu omłotowego stosowanych kombajnów zbożowych, trudno jest jednak o porównanie wyników badań dotyczących wartości biologicznej wymłacanych ziarn i ich liczbę uszkodzeń. Ogólnie można stwierdzić, że zależności uzyskane przez Kinga i Riddollsa wskazują wyraźne zmniejszenie się zdolności kiełkowania wymłacanych ziarn pszenicy wraz ze wzrostem ich wilgotności. Podobny przebieg mają również krzywe opisujące makrouszkodzenia. Wyniki badań uzyskane natomiast przez Konieczną informują o istnieniu takiego zakresu wilgotności zbieranego zboża (pszenica cv Grana) kombajnem Bizon Z050, dla którego zdolność kiełkowania wymłacanych ziarn osiąga wartości maksymalne. Dla niższych, jak i wyższych wilgotności wartość biologiczna ziarna zmniejszała się, a liczba mechanicznych uszkodzeń wzrastała.

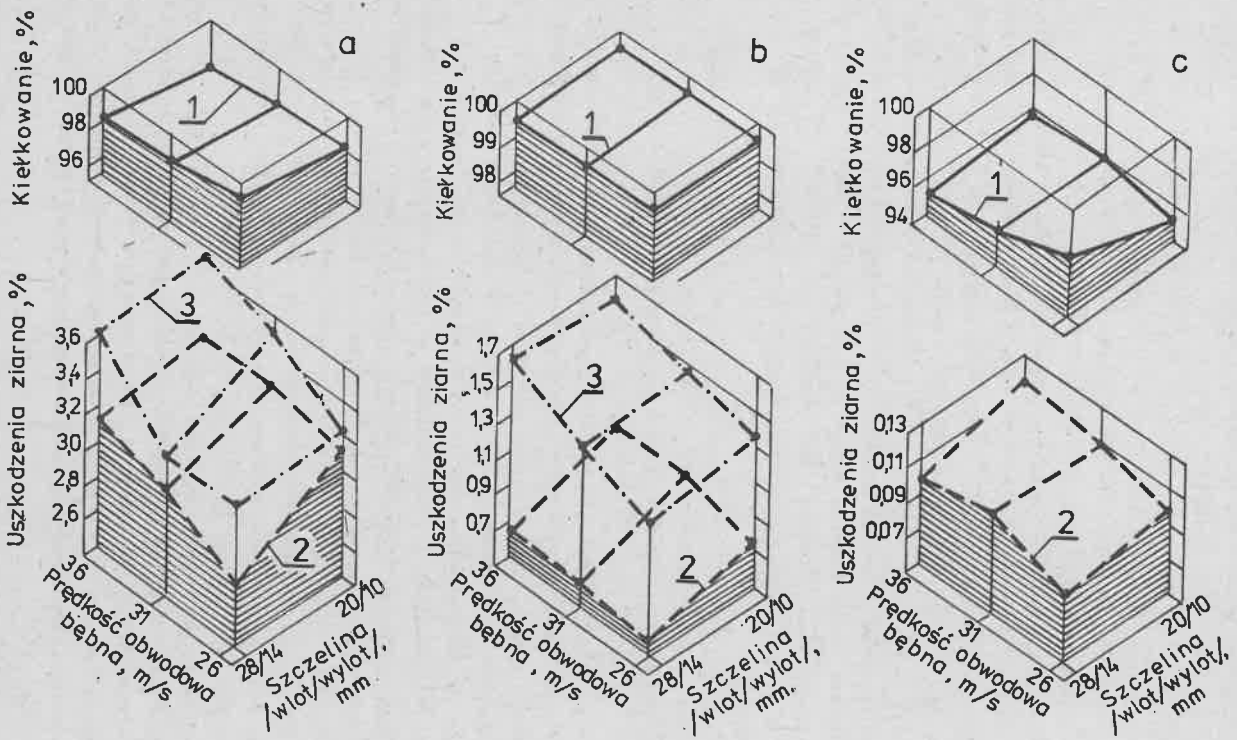
Rysunek 1b przedstawia wyniki badań wpływu wilgotności żyta cv Dańkowskie Złote zbieranego kombajnem Bizon Super na zdolność kiełkowania i liczbę uszkodzeń (uszkodzony zarodek, wybity zarodek, uszkodzone bielmo). Wynika z niego, że wartość biologiczna ziarna kształtowała się różnie w badanych latach. Najniższe wartości obserwowano w 1974 r. ze względu na bardzo niekorzystne warunki meteorologiczne panujące w czasie żniw (niska temperatura powietrza, dużo opadów atmosferycznych, poranne rosy), zbiór w 1975 r. natomiast przebiegał w znacznie korzystniejszych warunkach.

Analizując jedynie wpływ wilgotności zbieranego ziarna na jego żywotność, można stwierdzić, że istnieje taki przedział zawartości wody w ziarnie (16,5-18,5%), dla którego wskaźnik biologicznej oceny osiąga najwyższe wartości. Zdolność kiełkowania ziarniaków żyta o wilgotności z podanego wyżej zakresu wynosiła 94-96%, ze zbioru w 1975 r. Podobny charakter przebiegu ma zależność opisująca udział ziarn anormalnie kiełkujących, gnijących i spleśniałych w ogólnej liczbie ziarniaków wykiełkowanych. Przy zawartości 23,1% wody w ziarnie (1975 r.) wartości te były najwyższe i wynosiły odpowiednio 4,8% i 5,3%. Średni udział tego typu ziarn w próbkach pochodzących z partii zboża zbieranego przy wilgotności 16,5-18,5% nie przekraczał 2,2% i 2,3%. Rozpatrując z kolei zależność opisującą ilość ziarn z mechanicznymi uszkodzeniami zarodka i bielma w funkcji wilgotności zbieranego zboża można stwierdzić, że dla podanego wcześniej przedziału ziarniaki są najbardziej odporne na działanie sił zewnętrznych. Wraz ze wzrostem, jak również ze spadkiem wilgotności wzrasta ilość ziarn z uszkodzeniami tego typu.

Z zależności dotyczących wartości biologicznej owsa (rys. 1c) jeszcze bardziej jest widoczne, że istnieje pewien zakres optymalnej wilgotności ziarna (18-20,5%), przy którym jakość uzyskiwanego materiału siewnego jest najwyższej jakości. Warto również zwrócić uwagę, że dla posiadanych parametrów zbieranych ziarn owsa, wpływ obrotów bębna młócącego kombajnu na zdolność kiełkowania jest niewielki. Dla niższych jak i wyższych wilgotności ziarniaków natomiast żywotność ich gwałtownie zmniejsza się i jednocześnie zaznaczają się większe różnice wpływu obrotów bębna. Zdolność kiełkowania materiału o wilgotności 14,5% wymłacanego przy 1050 obr./min. bębna była prawie o około 18% większa od wartości ziarn wymłacanych przy najwyższych obrotach.

Interesujące wyniki badań, obejmujące wpływ kombajnowego zbioru na jakość ziarna siewnego różnych gatunków zbóż, przedstawili autorzy w pracy [41, 42]. Analiza obejmowała wpływ kombajnowego zbioru (przy zmiennych parametrach roboczych) na wartość siewną ziarna pszenicy, jęczmienia i owsa w jednakowych techniczno-technologicznych warunkach (rys. 2).

Przeprowadzone badania wykazały, że proces kombajnowego zbioru w różnym stopniu wywiera negatywny wpływ na wartość siewną ziarna poszczególnych gatunków zbóż (rys. 2). Najbardziej podatne na uszkodzenia mechaniczne okazało się ziarno pszenicy odmiany Grana (rys. 2a). Największą odporność na uszkodzenia wykazało ziarno owsa odmiany Przebój II (rys. 2c), ziarno jęczmienia odmiany Aramir natomiast



Rys. 2. Zależności pomiędzy liczbą mechanicznych uszkodzeń ziarna: a - pszenicy, b - jęczmienia, c - owsa a zdolnością kiełkowania, wg [39, 41, 42]; 1 - zdolność kiełkowania, 2 - makrouszkodzenia, 3 - mikrouszkodzenia

charakteryzowało się nieco mniejszą odpornością (rys. 2b). Uszkodzenia te niewątpliwie odgrywały negatywny wpływ na zdolność kiełkowania jako wskaźnik wartości siewnej.

Ziarno pszenicy i owsa w wielu przypadkach nie osiągnęło wymaganej przez normę PN-79/R-65950 zdolności kiełkowania. Jedynie w przypadku ziarna jęczmienia nie stwierdzono wyraźnie negatywnego wpływu kombajnowania na wartość siewną.

W ostatnich latach do produkcji wprowadzono nowy gatunek zboża o nazwie "Pszenżyto". Celowe byłoby również przeprowadzenie kompleksowych badań zmierzających do określenia optymalnych warunków zbioru ziarna tego zboża przeznaczonego do siewu.

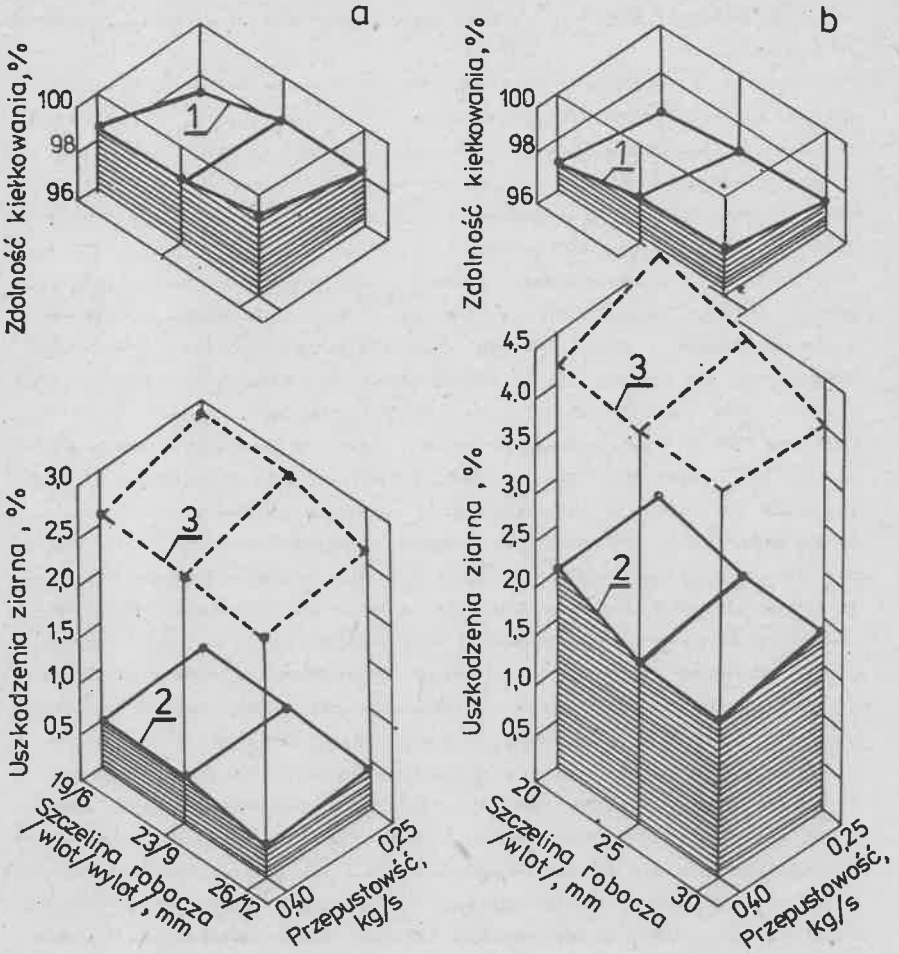
Również ważnym problemem dla nasiennictwa jest określenie granicznej wytrzymałości mechanicznej ziarna siewnego. Zagadnienie to było przedmiotem badań wielu autorów, lecz prace te z reguły ograniczały się do określenia obciążeń (sił) niszczących [47, 59, 60]. Brak natomiast w tych pracach określenia wpływu tych obciążeń na wartość siewną ziarna.

Wpływ czynników technicznych na jakość ziarna siewnego

Oprócz wyżej wymienionych czynników natury anatomiczno-morfologicznej i fizycznej, sprzyjających powstawaniu uszkodzeń ziarna podczas zbioru i omłotu zbóż, bardzo istotne są przyczyny, które je wywołują. Z licznych opracowań [1, 2, 6, 8, 32, 34, 52, 56, 85, 91, 107] wynika, że im więcej ziarn zostaje wydzielonych z kłosów podczas omłotu, to tym bardziej są one narażone na mechaniczne uszkodzenia w szczelinie roboczej. Czynniki warunkujące wymłacalność wpływają jednocześnie na obniżenie wartości biologicznej ziarna.

Wielu badaczy stwierdza, że typ zespołu młócącego oraz jego parametry pracy, jak: prędkość obwodowa bębna młócącego i wielkość szczeliny roboczej są istotną przyczyną uszkodzeń ziarna i obniżenia jego wartości biologicznej [2, 6, 23, 24, 31, 81].

Badania przeprowadzone przez autorów [39, 40, 41, 42] przy omłocie pszenicy odmiany Grana cepowym i zębowym zespołem młócącym potwierdziły tę opinię. Okazało się, że w procesie omłotu pszenicy zębowy zespół młócący w zbliżonych warunkach pracy powodował około dwukrotnie większe liczby mechanicznych uszkodzeń ziarna niż zespół cepowy (rys. 3).



Rys. 3. Wpływ typu zespołu młócącego na mechaniczne uszkodzenia i zdolność kiełkowania ziarna pszenicy cv Grana, wg [41, 42], a - cepowy zespół młócący, b - zębowy zespół młócący; 1 - zdolność kiełkowania, 2 - makrouszkodzenia, 3 - mikrouszkodzenia

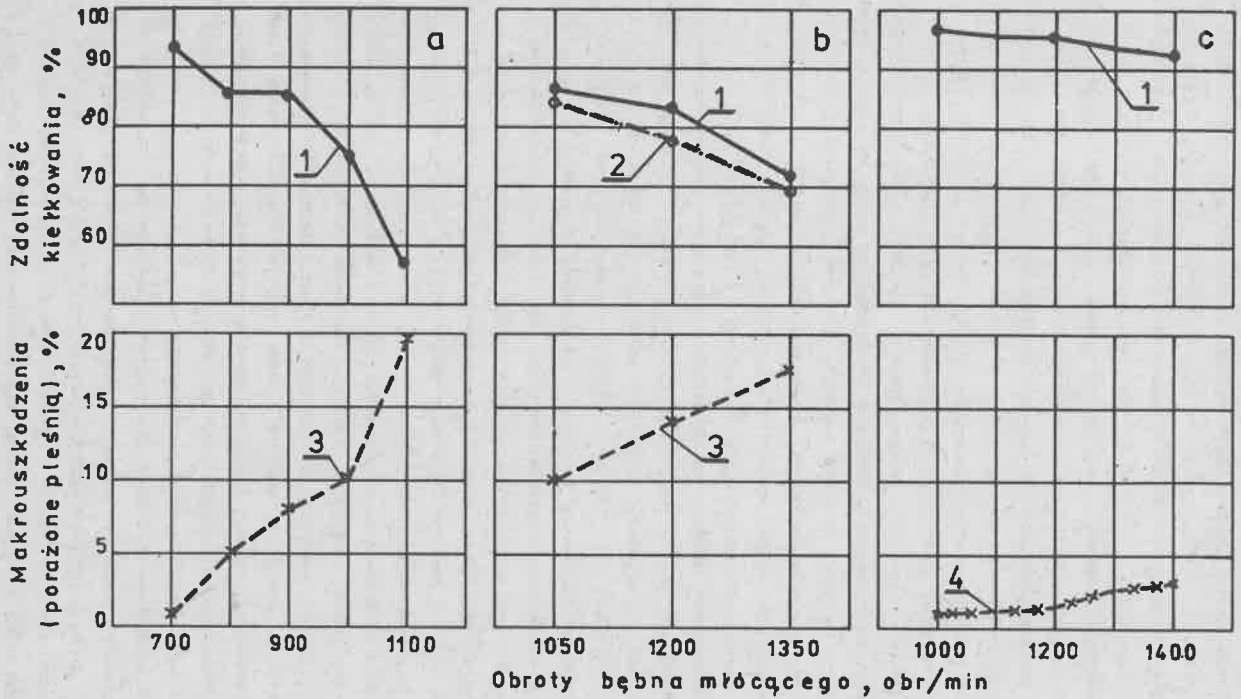
Powszechnie wiadomo, że mechaniczne uszkodzenia ziarna ujemnie wpływają na zdolność kiełkowania. Najniższe zdolności kiełkowania osiągało ziarno pszenicy pochodzące z omłotu zębowym zespołem młócącym. Analiza statystyczna wykazała, że najmniejsza istotna różnica w zdol-

ności kiełkowania ziarna pszenicy, wynikająca z typu zespołu omłotowego wynosiła 1,83%.

Godnym podkreślenia jest, że przeprowadzone badania wykazały również wpływ pozostałych czynników na wartość siewną ziarna. I tak, zwiększenie szczeliny roboczej pomiędzy bębnem a klepiskiem oraz przepustowości korzystnie wpływa na wartość siewną ziarna (rys. 3). Innym bardzo ważnym parametrem pracy zespołu młócącego jest prędkość obwodowa bębna młócącego.

Większość produkowanych obecnie kombajnów zbożowych ma klasyczny cepowy zespół młócący. Proces wydzielania ziarna w tym zespole przebiega w ciągu jednego przejścia przez szczelinę roboczą. Dlatego też tak należy ustalić liczbę obrotów bębna, aby zapewnić wydzielenie nie tylko dorodnych, ale i także mniej wykształconych ziarn. Znaczna część wydzielonego z kłosów ziarna w szczelinie roboczej wydostaje się natychmiast na zewnątrz zespołu omłotowego przez klepisko lub wraz ze słomą na wytrząsacze. W zupełnie niekorzystnej sytuacji są te, które dłużej pozostają w zespole roboczym. Istnieje wtedy większe prawdopodobieństwo ich uszkodzenia przez czynne elementy układu bęben-klepisko. Na rysunkach 2 i 4 przedstawiono zależność wartości biologicznej ziarna pszenicy, jęczmienia i owsa w funkcji obrotów bębna młócącego kombajnu zbożowego z cepowym zespołem młócącym.

Na podstawie tych danych można stwierdzić, że spośród badanych gatunków zbóż, ziarna pszenicy są najbardziej podatne na obniżanie zdolności kiełkowania podczas mechanicznego zbioru. Warto również zwrócić uwagę, że ich wartość biologiczna w znacznym stopniu zależała od stosowanych obrotów bębna młócącego. W radykalnie innym świetle przedstawiają się wyniki badań Arnolda (rys. 4b), które informują o znacznej odporności na uszkodzenia mechaniczne ziarna jęczmienia. Na podstawie tych danych stwierdzamy również, że na wartość biologiczną ziarna tego gatunku zboża w znikomym stopniu wpływają obroty bębna. Zdolność kiełkowania ziarna jęczmienia dla całego zakresu stosowanych obrotów bębna przekraczała 95%. Taki stan rzeczy jest w dużym stopniu wynikiem właściwości fizycznych i mechanicznych okrywy nasiennej ziarniaków, która charakteryzuje się dużą odpornością na niszczące działanie czynnych elementów układu bęben-klepisko. Ilość ziarn z widocznymi gołym okiem uszkodzeniami, nawet w najbardziej surowych warunkach omłotu (1400 obr./min.) nie przekraczała 3,5%. Warto również zwrócić uwagę na krzywą przebiegu makrouszkodzeń ziarna pszenicy, z której wynika, że począwszy od 1100 obr./min. bębna młócącego za-



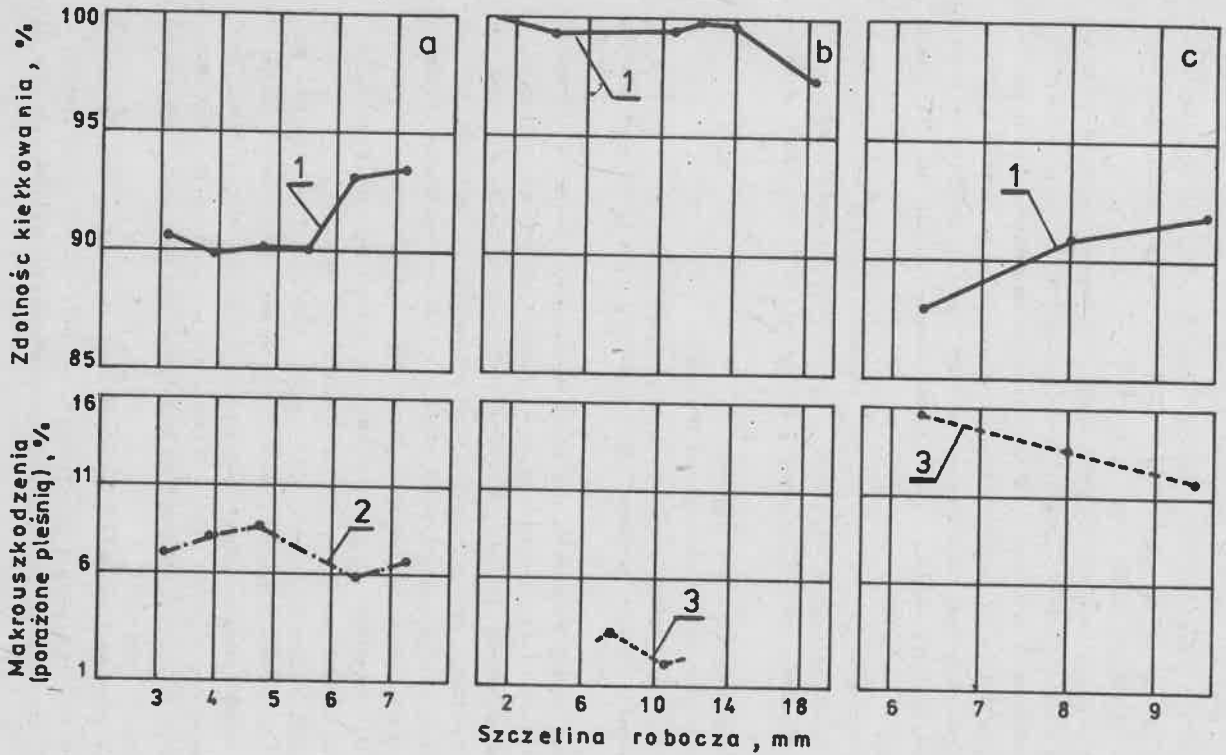
Rys. 4. Wpływ obrotów bębna młócącego kombajnu zbożowego na zdolność kiełkowania i makrouszkodzenia wydzielanego ziarna, wg [1, 3, 56]; a - pszenicy, b - jęczmienia, c - owsa, 1 - zdolność kiełkowania, 2 - energia kiełkowania, 3 - ziarna porażone pleśnią po wykiełkowaniu, 4 - makrouszkodzenia ziarna

leżność ta ma charakter prawie galopujący, osiągając już przy 1100 obr./min. wartość 20%. Taka sytuacja, jak wyjaśniają autorzy opracowania King i Riddolls, jest wynikiem między innymi właściwości odmianowych badanej pszenicy i stosunkowo niskiej zawartości wody w ziarnach (około 14,8%). Ciekawe są również wyniki badań dotyczące oceny wartości biologicznej ziarniaków owsa młóconego w warunkach zmiennych obrotów bębna. Zdolność i energia kiełkowania tego typu ziarna zmniejsza się powoli wraz ze wzrostem obrotów do 1200 obr./min. (o około 2%). Dla następnego zakresu prędkości spadek ten był prawie czterokrotnie większy. Powyższe informacje nie odzwierciedlają w pełni wartości siewnej ziarniaków owsa. Należy również podkreślić dane dotyczące ilości ziarniaków anormalnie kiełkujących i porażonych pleśnią. Wartość ta była zbyt wysoka nawet z próbek pochodzących z partii zboża młóconego w najłagodniejszych warunkach. Wraz ze wzrostem prędkości obrotowych bębna znacznie zwiększała się ich ilość, osiągając 17,6% w warunkach najbardziej surowych (1350 obr./min.).

Innym parametrem należącym do grupy czynników techniczno-technologicznych, który ma wpływ na jakość omłotu i wartość biologiczną wydzielanego ziarna są wymiary szczeliny roboczej [1, 2, 3, 4, 6, 26, 28, 31, 32, 34, 37, 39, 55, 61, 70, 91]. Ogólnie uznaje się, że wraz ze wzrostem odległości pomiędzy bębnem a klepiskiem zmniejsza się liczba mechanicznych uszkodzeń ziarniaków podczas omłotu. Należy jednak podkreślić, że zmniejszanie to przebiega wolno i nieznacznie. Przy stosunkowo dużych wymiarach szczeliny mechaniczne uszkodzenia ziarniaków znacznie maleją, ale jednocześnie wiąże się to z dużymi stratami wynikającymi z niedomłotu [41, 42].

Analizując zależności zamieszczone na rysunkach 2, 3 i 5, dotyczące omłotu pszenicy, można stwierdzić, że wraz ze wzrostem szczeliny roboczej wzrasta wartość biologiczna ziarna i jednocześnie maleje ilość ziarniaków z widocznymi gołym okiem uszkodzeniami mechanicznymi. Niemniej jednak zdolność kiełkowania ziarn wydzielanych w najłagodniejszych warunkach (największa szczelina) była znacznie niższa w porównaniu do jakości ziarna jęczmienia.

Zdolność kiełkowania ziarna jęczmienia praktycznie nie zależy od wielkości szczeliny roboczej zespołu omłotowego. Warto również zwrócić uwagę, że przy najmniejszych jej rozmiarach (1,59 mm) wartość biologiczna ziarniaków wynosiła prawie 100%. Charakterystyczną cechą procesu omłotu tego gatunku zboża, jak podkreślają Arnold i Jones [4] jest możliwość stosowania bardzo małych rozmiarów szczeliny roboczej,



Rys. 5. Wpływ wielkości szczeliny roboczej zespołu omłotowego na zdolność kiełkowania i uszkodzenia ziarna, wg [3, 4, 56]; a - pszenica, b - jęczmień, c - owies, 1 - zdolność kiełkowania, 2 - makrouszkodzenia, 3 - ziarna porażone pleśnią po wykiełkowaniu

bez prawie ujemnego jej wpływu na jakość siewną wydzielanych ziarniaków. Taki stan rzeczy można wyjaśnić cechami gatunkowymi badanych zbóż (rys. 2), ale i w znacznym stopniu ich wilgotnością. Istotny wpływ wielkości szczeliny roboczej na zdolność kiełkowania ziarn wydzielonych w zespole omłotowym kombajnu zbożowego zaobserwowano w stosunku do ziarn owsa (rys. 5c).

Warto również porównać wyniki testów na wartość siewną owsa i jęczmienia pod względem udziału ziarn porażonych pleśnią (po wykiełkowaniu) krzywa 3 rys. 5b, c. Z tego typu zestawienia wynika, że ziarna owsa wydzielane w zespole omłotowym, nawet przy stosunkowo dużej szczelinie roboczej, są kilkanaście razy bardziej podatne na inwazję pleśni podczas kiełkowania w warunkach laboratoryjnych niż ziarniaki jęczmienia.

Wielu autorów [2, 26, 28, 52, 83] uważa, że innym ważnym parametrem charakteryzującym szczelinę roboczą zespołu omłotowego jest stosunek wymiarów części wlotowej i wylotowej, który w dużym stopniu decyduje o:

- wydzielaniu ziarna z kłosów,
- przesiewalności ziarna przez klepisko,
- wielkości i sposobie zasilania zespołu roboczego,
- liczbie i jakości mechanicznych uszkodzeń wydzielanych ziarniaków.

Podane wyżej informacje nie są w większości oparte na konkretnych wynikach badań prowadzonych w różnych warunkach polowych, a jedynie uwzględniają nieliczne eksperymenty laboratoryjne. Spośród badaczy zajmujących się określaniem wpływu wielkości szczeliny roboczej i wzajemnych relacji pomiędzy jej wlotem a wylotem na wartość biologiczną i uszkodzenia mechaniczne wymłacanych ziarn należy wymienić Arnolda [2]. Jednakże są to tylko badania stanowiskowe prowadzone na zespole omłotowym o niewielkiej długości bębna.

W tabeli 3 przedstawiono wyniki badań dotyczące wpływu ww. parametrów na zdolność kiełkowania i mechaniczne uszkodzenia ziarna pszenicy wymłacanej o różnej wilgotności. Z danych tych wynika, że najkorzystniejsze warunki pracy zespołu roboczego istnieją przy stosunku wielkości szczeliny wlotowej do wylotowej 3 : 1 dla badanych poziomów wilgotności ziarna.

Warto również podkreślić, że ustawienie klepiska w sposób dający trzykrotnie większą szczelinę wylotową od wlotowej nie tylko ujemnie wpływa na wartość biologiczną wydzielanych ziarn, ale również znacz-

nie pogarszają się warunki podawania masy zbożowej do zespołu młócącego. Ten typ ustawienia nie jest stosowany w praktyce. Takie warunki omłotu nie sprzyjają uzyskiwaniu dobrej jakości materiału siewnego ze względu na prawie jednakowe warunki wydzielania ziarniaków o różnej wielkości i różnej sile wiązania ich z kłosem. Świadczą również o tym dane (tab. 3), które informują o ilości ziarniaków połamanych.

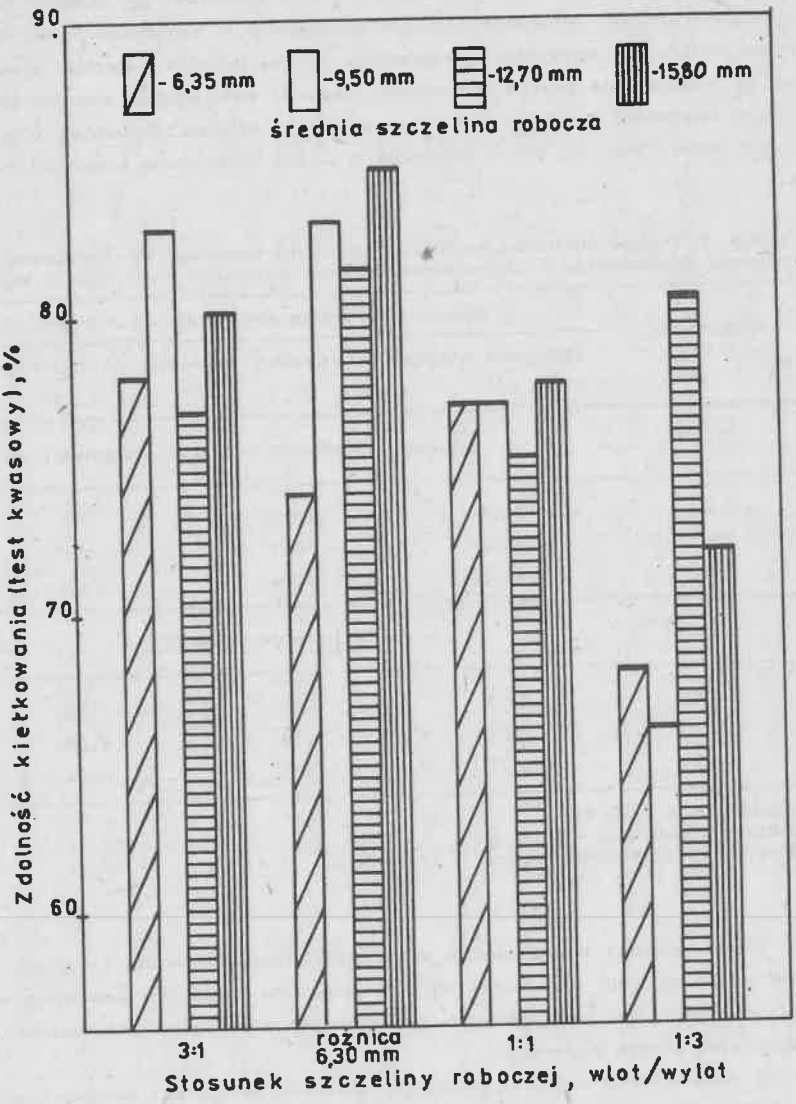
Tabela 3. Wpływ stosunku wielkości szczeliny wlotowej do wylotowej na zdolność kiełkowania i uszkodzenia ziarna pszenicy cv Koga 2, wg [2]

Wilgotność, %	Wielkość szczeliny roboczej - 9,5 mm		
	stosunek wielkości szczeliny wlotowej do wylotowej		
	3 : 1	1 : 1	1 : 3
	zdolność kiełkowania (test kwasowy), %		
15,1	71,5	73,3	72,2
19,1	79,5	76,8	78,7
30,0	68,5	67,9	64,6
	ziarniaki połamane, %		
15,1	0,64	0,80	1,08
19,1	0,27	0,34	0,39
30,0	0,07	0,11	0,16

Zasilanie - 1,86 kg/s^{-1}
Długość klepiska - 33,6 cm
Prędkość obwodowa bębna - 27,94 m/s^{-1}

Warto również wspomnieć o rezultatach badań Arnolda (rys. 6), które miały na celu określenie wpływu stosunku wielkości szczeliny wlotowej do wylotowej przy różnych średnich jej wartościach na wartość biologiczną ziarna pszenicy.

Z danych tych wynika, że wpływ stosunku wielkości szczeliny wlotowej do wylotowej na zdolność kiełkowania wydzielanych ziarniaków jest w znacznym stopniu uzależniony od średniej odległości pomiędzy bębnem a klepiskiem. Przy najmniejszej szczelinie roboczej (6,35 mm) najkorzystniejszym układem okazał się 3 : 1. Dla największej jej wartości (15,8 mm) natomiast najwyższą wartość biologiczną osiągały ziarnia-



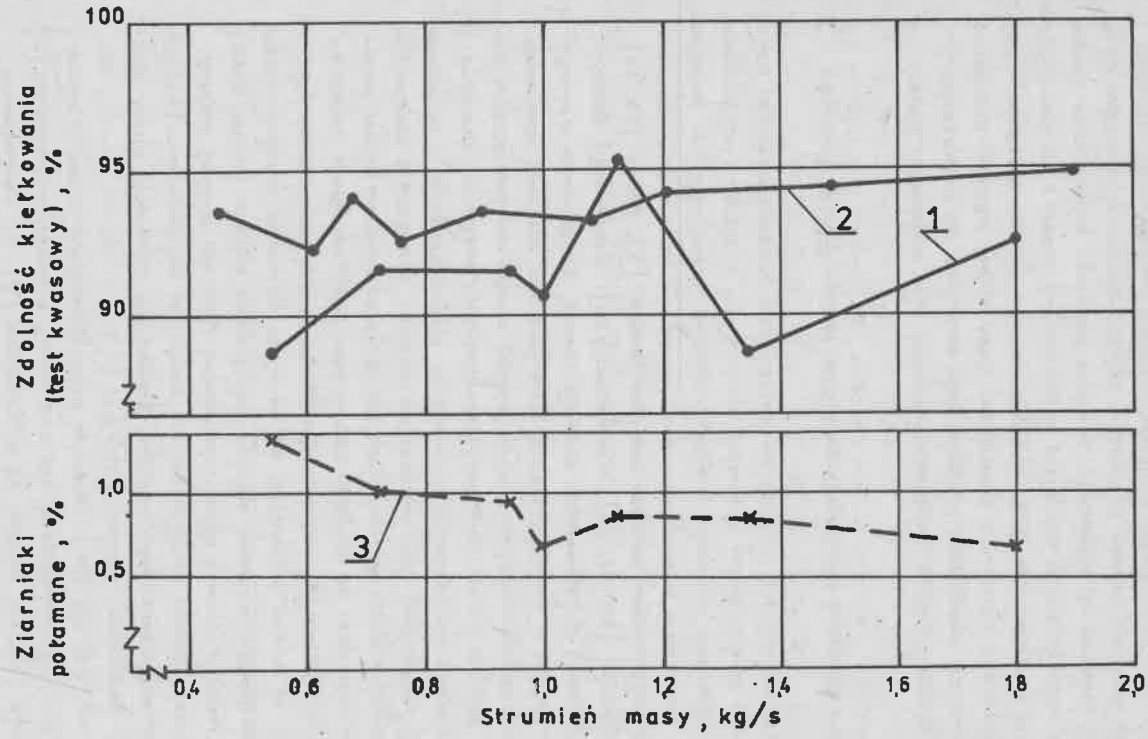
Rys. 6. Wpływ średniej wielkości szczeliny roboczej oraz stosunku jej części wlotowej do wylotowej na zdolność kiełkowania ziarna pszenicy cv Koga 2, wg [2]

ki pochodzące z masy zbożowej wymłacanej w szczelinie roboczej, której część początkowa była o 6,3 mm większa od końcowej. Najmniej korzystnym układem okazał się ten, w którym szczelina wylotowa była trzykrotnie większa od wylotowej. Średnia zdolność kiełkowania ziarna dla trzech następujących wielkości szczeliny roboczej: 6,35 mm, 59,5 mm, 15,8 mm nie przekraczała 70%. Wyjątek stanowi jedynie odległość 15,8 mm pomiędzy bębnem a klepiskiem, przy której wartość biologiczna wydzielanych ziarniaków przekraczała 80% i na tle najwyższych wartości uzyskiwanych w tym doświadczeniu była wyjątkowo duża.

Wpływ czynników technologicznych na jakość ziarna siewnego

Oprócz omówionych czynników związanych z właściwościami fizycznymi ziarna i technicznymi kombajnu zbożowego, o jakości uzyskiwanego ziarna siewnego decydują również czynniki technologiczne. Badaniami wpływu czynników technologicznych na jakość ziarna siewnego zajmowało się stosunkowo niewielu autorów: Arnold [2], Eimer [23, 24], Gieroba, Dreszer [36, 37, 41], Kanafojski [52], Wrublewski, Smith [107]. Większość z cytowanych autorów uważa, że głównym czynnikiem decydującym o wartości ziarna siewnego jest wielkość zasilania.

Na szczególną uwagę zasługują wyniki badań laboratoryjnych Arnolda [2], których celem było określenie wpływu wielkości zasilania zespołu omłotowego na zdolność kiełkowania ziarna pszenicy i jęczmienia (rys. 7). Z zależności tych wynika, że wartość biologiczna ziarna badanych gatunków zbóż nie zmieniała się w zależności od ilości podawanej masy zbożowej do zespołu młócącego. Jeśli natomiast rozpatrywać zależność opisującą uszkodzenia mechaniczne ziarna pszenicy (krzywa 3), to można stwierdzić, że wraz ze wzrostem przepustowości zespołu omłotowego w małym stopniu zmniejszyła się ich liczba. Ilość podawanej masy zbożowej można zwiększać tylko do pewnej granicy, odpowiadającej głównie przepustowości zespołów separująco-czyszczących. Po przekroczeniu tego poziomu gwałtownie wzrastają straty ziarna wskutek niedomłotu, separacji itp. [1, 6, 7, 23, 24, 26, 32, 33, 35, 40, 52, 58, 67, 74, 92, 100]. Badania przeprowadzone przez Gierobę i Dreszera [41, 42] potwierdziły się częściowo z badaniami Arnolda [2]. Autorzy pracy [41, 42] zgodni są z Arnoldem [2], że zwiększenie przepustowości powoduje zmniejszenie ilości ziarn uszkodzonych (rys. 3) oraz, że ziarno uzyskiwane przy wyższych przepustowościach charakteryzuje się wyższą zdolnością kiełkowania (rys. 3).



Rys. 7. Wpływ wielkości zasilania na zdolność kiełkowania ziarna, wg [2]; 1 - zdolność kiełkowania ziarna pszenicy, 2 - zdolność kiełkowania ziarna jęczmienia, 3 - połamane ziarniaki pszenicy

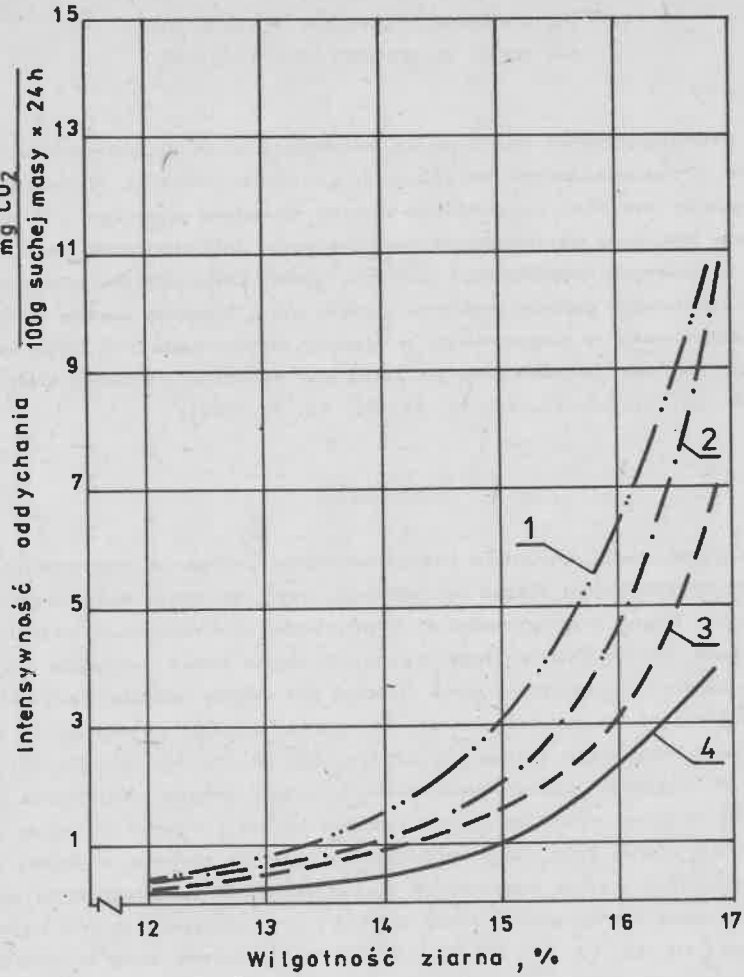
WPŁYW PRZECHOWYWANIA ZIARNA ZBÓŻ NA JEGO WARTOŚĆ BIOLOGICZNĄ

Przedsiębiorstwa nasienne są zobowiązane do zaopatrywania rolnictwa w nasiona siewne określonych gatunków i odmian. W związku z tym muszą one mieć odpowiednie zapasy materiału siewnego i to nie tylko w ilościach wynikających z okresowego zaopatrywania, lecz również na pokrycie dodatkowych potrzeb, spowodowanych np. nieurodzajem określonego gatunku roślin w danym roku. Materiał siewny powinien być składowany w magazynach, w których można zapewnić takie warunki, aby nasiona zachowywały jak najdłużej właściwą zdolność kiełkowania [9, 10, 11, 18, 29, 44, 46, 65, 66, 72, 77, 102].

Oddychanie

Optymalizacja warunków przechowywania polega na doprowadzeniu procesów życiowych ziarna do minimum, czyli do stanu zbliżonego do anabiozy. Miarą intensywności tych procesów jest natężenie oddychania określane ilością wydzielanego dwutlenku węgla przez jednostkę suchej masy ziarna w jednostce czasu. Proces ten zależy przede wszystkim od wilgotności ziarna, temperatury otoczenia, dostępu powietrza do masy przechowywanego ziarna [9, 11, 44, 45, 46, 51, 65, 69, 71, 72, 105, 108]. W wilgotnym ziarnie zachodzi intensywny proces oddychania i aktywne enzymy wywołują szybki rozkład skrobi i cukrów na wodę i dwutlenek węgla, przy czym wydziela się energia cieplna, w której wyniku następuje wzrost temperatury ziarna do 20-30° C. Tego typu reakcje powodują ubytki suchej masy ziarna i przyspieszają rozwój bakterii i pleśni [10, 12, 13, 14, 45, 61, 62, 89, 104]. Ziarno zbóż o stosunkowo niskiej wilgotności (11-12%) ma energię oddychania tak niską, że praktycznie uważa się ją za równą zeru. Na rysunku 8 przedstawiono intensywność oddychania ziarna podstawowych gatunków zbóż w zależności od ich wilgotności.

Z przebiegu krzywych wynika, że dla ziarna czterech podstawowych gatunków zbóż, znaczny wzrost energii oddychania obserwuje się dopiero od wilgotności 14-15% (wilgotność krytyczna) w temperaturach wyższych od pokojowej. Zwiększenie energii oddychania ziarna zbóż ze wzrostem wilgotności powyżej krytycznej tłumaczy się tym, że 14-15% wody znajduje się w formie związanej z koloidami ziarna w taki sposób,



Rys. 8. Intensywność oddychania ziarna w funkcji wilgotności wg [10, 11, 79]; 1 - pszenica, 2 - jęczmień, 3 - owies, 4 - żyto

że nie może odgrywać roli ani rozpuszczalnika, ani środowiska koniecznego do reakcji biochemicznej w żywym organizmie. Wspomniane tu 14--15% wody jest przykładem wilgotności krytycznej dla ziarna roślin zbożowych, gdyż inny jest on nie tylko dla ziarna o innym składzie chemicznym, ale nawet gatunków i odmian w obrębie rodzin, Bulsiewicz

[10, 11], Chudoba [17], Grzesiuk, Łuczyńska [45], Kreyger [66], Lityński, Wiłkojć [69], Sinha, Muir [90], Triswiatski [100]. Powyżej wilgotności krytycznej zaczyna się pojawiać wolna woda i zwiększa się znacznie szybkość reakcji biochemicznych. Jednocześnie na powierzchni wilgotnych ziarn zaczynają się rozwijać różne mikroorganizmy, które intensyfikują proces oddychania ziarna.

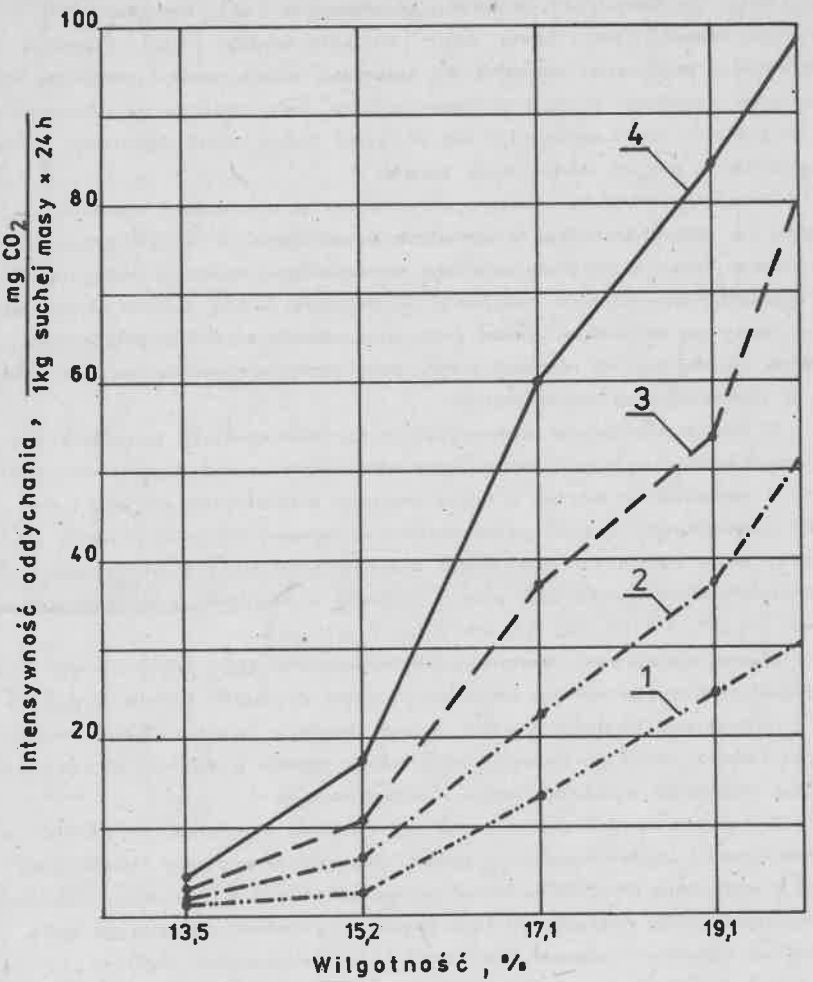
Drugim niezmiernie ważnym czynnikiem wywierającym wyraźny wpływ na oddychanie jest temperatura środowiska, w którym przebywają ziarna. Wraz z jej podniesieniem wzrasta intensywność oddychania. W niskich temperaturach natężenie oddychania, a tym samym straty suchej masy są minimalne, nawet przy stosunkowo wysokiej wilgotności ziarna. Niewielkie są również straty przy przechowywaniu suchego ziarna w podwyższonej temperaturze.

Z innych czynników wpływających na intensywność procesów życiowych należy wymienić botaniczne właściwości, stan dojrzałości, wielkość i wypełnienie ziarna, a także warunki zbioru oraz stopień i rodzaj uszkodzenia. Ziarno poszczególnych odmian zbóż różniących się między sobą cechami botanicznymi może w tych samych warunkach przechowywania wykazywać pewne różnice w nasileniu procesów życiowych [9, 10, 17, 29, 44, 45, 69, 72, 77, 81, 91].

Ziarna niedojrzałe, drobne i źle wypełnione mają znacznie większą energię oddychania niż te, które są w pełni dojrzałe, dobrze wypełnione i normalnego kształtu. Ziarno chude, nawet o bardzo niskiej wilgotności (około 12%) ma energię oddychania prawie o 25-50% wyższą od ziarna normalnie wykształconego i wypełnionego.

Z zależności przedstawionych na rysunku 9 wynika, że różnice w intensywności wydzielania CO_2 przez poszczególne grupy "jakościowe" ziarna wzrastają gwałtownie wraz ze wzrostem ich wilgotności. Szybkość oddychania ziarn połamanych jest ponad trzykrotnie większa od tych, które są określane mianem "dorodne" (przy wilgotności 20%).

Z powyższych rozważań wynika, że w celu uzyskania dobrego materiału siewnego po okresie przechowywania należy dążyć do maksymalnego ograniczania lub eliminowania czynników środowiska negatywnie wpływających na składowany materiał. Ziarno kierowane do przechowywania powinno cechować się wysoką zdolnością kiełkowania, żywotnością, dorodnością, brakiem zanieczyszczeń i szkodników, a ponadto nie powinno być porażone grzybami i bakteriami (Bulsiewicz [10, 11], Chełkowski [12, 13, 14], Grzesiuk, Kulka [44], Koźmina [65], Lityński, Wiłkojć [69], Tuite [101]).



Rys. 9. Intensywność oddychania ziarna w zależności od wilgotności i wykształcenia, wg [100]; 1 - normalne, 2 - źle wykształcone, 3 - niewykształcone, 4 - połamane

Samozagrzewanie się masy ziarnistej

Powodem samozagrzewania się jest wzmożona aktywność procesów życiowych wszystkich składników masy ziarnistej (ziarn danego gatun-

ku, grzybów i bakterii, organizmów zwierzęcych i nasion chwastów), które są źródłem dużej ilości ciepła. Energia ta nie może być szybko odprowadzona z przechowywanego materiału ze względu na jego złe przewodnictwo cieplne, której nagromadzenie powoduje wzrost temperatury (Brooker i inni [9], Bulsiewicz [10, 11], Converse i inni [18], Frankowski [29], Lityński [69], Shands i inni [89], Westermarck-Rosendahl i inni [104, 105]). Udział wymienionych wyżej procesów oddychania nie jest jednakowy w wytwarzaniu ciepła. Największą rolę odgrywają jednak procesy życiowe nasion danego gatunku oraz działanie drobnoustrojów.

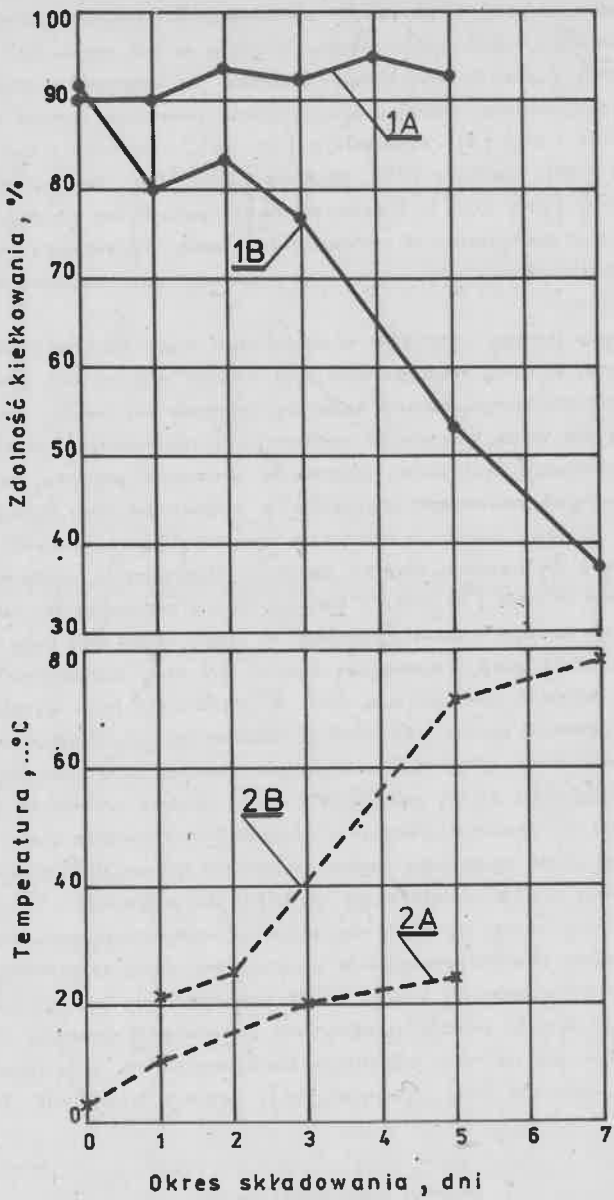
Omawiany proces powoduje w nasionach duże zmiany fizjologiczno-biochemiczne, których następstwem jest szybki spadek ich żywotności.

Zasadniczymi przyczynami samozagrzewania się nasion podczas składowania są: duża wilgotność nasion i nie ukończony proces dojrzewania posprzętnego, wzmożona aktywność enzymów, wysoka zawartość wody w obecnych nasionach chwastów, a zwłaszcza tych o dużej ilości tłuszczu, wysoka często temperatura otaczającego powietrza. Najbardziej narażone są nasiona świeżo zebrane. Zjawisko to może mieć miejsce już nawet w polu i w czasie transportu od kombajnu do suszarni. W stosunkowo krótkim czasie, niekiedy w ciągu kilku dni, tego typu masa nasienna może mieć temperaturę 50-60° C i ulec zupełnemu zniszczeniu jako materiał siewny (rys. 10). Z zależności tych wynika, że wartość biologiczna ziarna pszenicy o wilgotności 18,6% utrzymywała się na niezmienionym poziomie w badanym okresie przechowywania. W ziarnie o wilgotności 23,5% natomiast bardzo szybko wzrastała temperatura w wyniku procesów życiowych. Zdolność kiełkowania ziarn pochodzących z tej partii badanego materiału już po trzech dniach składowania była prawie o 20% mniejsza od wartości początkowej.

Szczególnej uwagi wymaga składowanie ziarn morfologicznie niedojrzałych, które charakteryzują się stosunkowo dużą zawartością związków łatwo rozpuszczalnych i mają słabo wykształcone okrywy nasienne. W tego typu materiale bardzo intensywnie przebiegają procesy życiowe i bujnie rozwija się na nich mikroflora Bulsiewicz [10, 11], Chełkowski [12, 13, 14], Lityński [69], Nowicki [81], Sinha i Muir [90], Tuite [101].

Rozwój mikroorganizmów

Masa ziarnista zawiera oprócz ziarn, dużą ilość szkodliwych organizmów, do których należą liczne gatunki mikroflory oraz mikro- i makro-



Rys. 10. Wpływ wilgotności i czasu przechowywania ziarna pszenicy na zdolność kiełkowania i temperaturę samozagrzewania, wg [104]; 1 - zdolność kiełkowania, [2] - temperatura samozagrzewania, A - wilgotność ziarna 18,6%, B - wilgotność ziarna 23,5%

fauny. W materiale zbożowym spotyka się drobnoustroje o bardzo zróżnicowanym pochodzeniu i znaczeniu dla życia ziarn i późniejszych roślin, Brooker i inni [9], Chełkowski [12, 13, 14], Lityński [70], Narkiewicz-Jodko [77].

Mikroflora spotykana w masie nasiennej składa się głównie z bakterii, grzybów, drożdży i promieniowców, które zasiedlają zarówno powierzchnię nasion, jak i prowadzą również działalność życiową w jego wewnętrznych tkankach. Najliczniejszą grupę stanowią saprofity, których głównymi przedstawicielami są grzyby z rodzaju Aspergillus i Penicillium 9, 10, 13, 45, 69 .

Procesy życiowe mikroflory nasiennej polegają na rozkładzie związków organicznych ziarna do takich form, które mogą przenikać przez ściany komórek organizmów. Duża wilgotność ziarna sprzyja tego typu procesom. Optymalna temperatura ziarna dla rozwoju takich organizmów wynosi 20-40° C. Działanie destrukcyjne mikroflory polega również na tym, że wytwarza ona toksyczne metabolity (aflatoksyny, ochratoksyny, zearaleon), które rozkładają tkanki nasion i stają się przyczyną utraty ich właściwości biologicznych (Brooker [9], Bulsiewicz [10, 11], Chełkowski [12, 13, 14], Hall [46], Kreyger [66], Narkiewicz-Jodko 77) (tab. 4).

Czynnikami decydującymi o rozwoju mikroflory saprofitycznej w masie ziarnistej, poza wilgotnością ziarna i powietrza go otaczającego, temperaturą, dostępem powietrza są wzajemne reakcje grzybów między sobą oraz stan fizyczny i biologiczny samych ziarn.

Zdrowe, nie uszkodzone ziarniaki, dzięki posiadaniu pewnych mechanizmów obronnych, nawet przy nieco wyższej wilgotności bardzo powoli opanowywane są przez grzyby. Zwarta budowa okrywy nasiennej, pokryta martwymi tkankami osłaniającymi chroni ziarno przed wtargnięciem mikroorganizmów do ich wnętrza. W ziarnach drobnych natomiast, słabo wykształconych, uszkodzonych czy obumarłych, drobnoustroje rozwijają się ze szczególną energią. Ziarna takie stają się nosicielami aktywnych ognisk działalności drobnoustrojów, które są źródłem infekcji całej masy ziarna. Powoduje to znaczne obniżenie wartości biologicznej składowanego ziarna. Wyniki badań prowadzonych przez Narkiewicz-Jodko [77] wykazały istotną zależność pomiędzy zdolnością kiełkowania przechowywanych ziarn żyta i pszenicy, a występowaniem na nich grzybów z rodzaju Aspergillus i Penicillium. Ziarno charakteryzujące się niskim wskaźnikiem zdolności kiełkowania było silnie opanowane przez te grzyby.

Tabela 4. Dopuszczalny czas przechowywania (tygodnie) ziarna zbóż w zależności od ich wilgotności i temperatury (kryterium - widoczny rozwój pleśni), wg [66]

Gatunek	Temperatura °C	Wilgotność, %						
		16,6	17,1	17,6	18,4	19,6	21,0	23,0
Pszenica	36	30	6	3	2	1,5	1	0,5
	27	-	30	6	2,5	1,5	1	1
	18	-	-	30	5	2	1,5	1
		16,2	17,0	17,9	19,0	20,3	22,1	24,4
Żyto	36	30	6	3	2	1,5	1	0,5
	27	-	30	6	2,5	1,5	1	1
	18	-	-	30	5	2	1,5	1
		16,1	16,6	17,2	18,3	19,4	20,7	22,7
Jęczmień	36	100	45	20	10	5,5	3,5	2
	27	-	120	50	20	9	5	3
	18	-	-	160	50	20	9	5
		15,4	16,0	16,7	17,5	18,6	20,0	22
Owies	36	40	12	5,5	3	2	1,5	1
	27	-	35	10	4,5	3	2	1,5
	18	-	-	35	9	4	2,5	1,5

Skutecznymi sposobami przerwania lub ograniczenia działalności mikroflory jest szybkie wysuszenie ziarn zbyt wilgotnych i zastosowanie czyszczenia mającego na celu oddzielenie tych składników masy nasiennej, na których znajduje się najwięcej drobnoustrojów - ziarna uszkodzone, drobne, chwasty i inne zanieczyszczenia (tab. 5).

Tabela 5. Liczba drobnoustrojów w masie ziarna pszenicy przed i po jej oczyszczeniu, wg [100]

Wyszczególnienie	Liczba drobnoustrojów, tys./1 g masy	Porównanie z ziarnem nieoczyszczonym, %
Ziarno przed oczyszczeniem	3,80	100
Ziarno po oczyszczeniu	2,46	65
Pył z wialni	42,60	1121
Zloty zboża z odsiewania	52,00	1369

CZYNNIKI WARUNKUJĄCE JAKOŚĆ BIOLOGICZNĄ SKŁADOWANEGO ZIARNA

Jakość przechowywanego materiału siewnego uzależniona jest od dwu grup czynników. Do pierwszej należą czynniki zewnętrzne (sposób przechowywania, rodzaj magazynu, sposób przygotowania ziarna do składowania oraz warunki samego przechowywania). Drugą grupę stanowią te, które dotyczą parametrów magazynowanej masy nasiennej.

Czynniki środowiska

Charakterystyka czynników środowiska przechowywania ziarna sprowadza się głównie do oceny panujących w nim stosunków wilgotnościowych i cieplnych.

Wymagania dotyczące racjonalnego przechowywania nasion wielu gatunków roślin uprawnych przyjmują jako górną dopuszczalną granicę wilgotności powietrza w magazynie 60-70%, od której zależy aktualna wilgotność nasion, tzw. równoważna. Tymczasem średnia roczna (wieloletnia) wilgotność powietrza w Polsce przekracza 75%, a w niektórych rejonach osiąga nawet 90% (rejony nadmorskie, podgórskie). Ponadto istnieją duże różnice w wilgotności powietrza w poszczególnych porach roku, a w warunkach lokalnych również w ciągu dnia, Bulsiewicz [11], Lityński, Wiłkojć [69], Łuszczewski [72]. Najwyższe wartości są notowane od początku listopada do marca, jeśli nie ma mrozów lub silnych suchych wiatrów. W tych więc okresach istnieje największe niebezpieczeństwo nawilgocania nasion. Wynika stąd, że w naszym kraju nie ma sprzyjających warunków atmosferycznych do naturalnego wysychania nasion i do przechowywania ich bez interwencji człowieka. Ingerencja ta polega przede wszystkim na kontrolowaniu i regulowaniu wilgotności i temperatury powietrza i nasion w magazynie.

Uzyskanie i utrzymywanie odpowiedniego mikroklimatu magazynu zależy głównie od:

- lokalizacji magazynu nasiennego na terenie suchym, z dala od wód otwartych,
- zastosowania odpowiedniego budownictwa i odpowiedniego materiału do izolacji budynku oraz ograniczenia wpływu wilgotnego powietrza z zewnątrz,
- możliwości regulowania wilgotności powietrza w pomieszczeniach składowych,

- przestrzegania zasady nieprzyjmowania nasion nadmiernie wilgotnych do pomieszczeń, w których są już składowane nasiona suche i czyste.

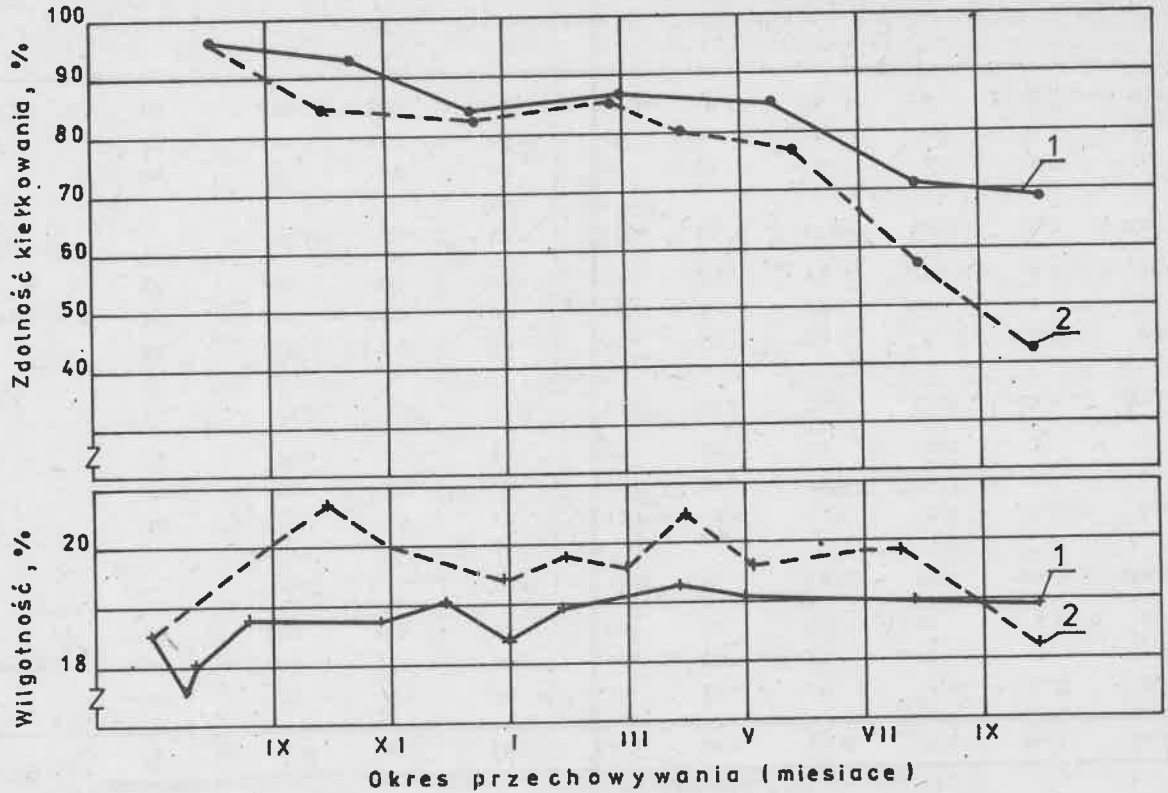
Wpływ wilgotności środowiska na żywotność przechowywanych nasion nie może być rozpatrywany bez uwzględnienia temperatury. Niska temperatura otoczenia ogranicza do pewnego stopnia ujemny wpływ zbyt wysokiej wilgotności powietrza pomieszczeń magazynowych. To samo będzie dotyczyło wpływu pomieszczeń i zależności tego wpływu od ich wilgotności, a także i wilgotności ziarna (tab. 6).

Do następnych środków ułatwiających dobre przechowywanie należy kontrola obu tych czynników środowiska, tym bardziej że w naszych warunkach technicznego wyposażenia magazynów daje ona podstawy do ingerencji we właściwym kierunku (np. aktywna wentylacja, przewietrzanie). Podstawą stosowania ww. zabiegów jest tabela przewietrzania O. F. Theimera, która pozwala na określenie warunków stosowania przewietrzania i aktywnej wentylacji, tak aby uzyskać korzystny efekt w postaci ochłodzenia lub nawet podsuszania ziarna, Bulsiewicz [11], Hall [46], Koźmina [65], Lityński [69].

Zmiany wilgotności przechowywanego ziarna występować mogą szczególnie jesienią i na wiosnę. W tych okresach należy zwracać szczególną uwagę na temperaturę i wilgotność ziarna, gdyż wtedy istnieje możliwość kondensacji pary wodnej przy dostępie ciepłego i wilgotnego powietrza do chłodnych ziarn. W tych porach należy poświęcać wiele uwagi na przewietrzanie magazynu, które może spowodować odwrotne skutki Brooker [9], Bulsiewicz [11], Hall [46], Kuźmina [65], Lityński [69], Triswiatski [100]. Wieloletnie badania nad wpływem warunków pomieszczeń magazynowych na wartość siewną ziarna dowiodły, że niezwykle istotnym czynnikiem, którego nie można pomijać w tego typu rozważaniach - to sposób składowania ziarna. Ziarno po uprzednim przygotowaniu go do składowania może znajdować się w pomieszczeniach płaskich w workach, paletach, kontenerach, silosach, w których panują odmienne warunki. Warto wspomnieć o badaniach Freya (cyt. za Urbaniakiem), który przechowując ziarno pszenicy w workach (jutowe, masa 50 kg, wilgotność 17,5%) w pomieszczeniu o dużej wilgotności względnej powietrza, zaobserwował kilkuprocentowe różnice pomiędzy wilgotnością materiału pochodzącego z warstw wewnętrznych i zewnętrznych opakowań. Zmienne warunki wilgotnościowe ziarna znajdującego się w obrębie tylko pojedynczego worka stały się przyczyną różnic w wartości biologicznej przechowywanego materiału (rys. 11). Szczególnej uwagi wymaga składowanie ziarna w dużych ilościach np.

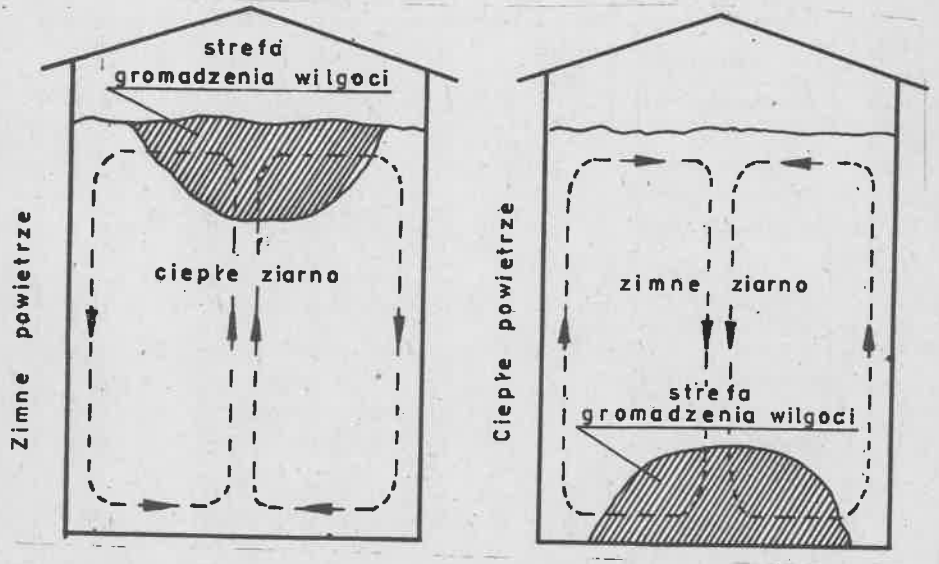
Tabela 6. Dopuszczalny czas przechowywania (tygodnie) ziarna zbóż w zależności od ich wilgotności i temperatury (kryterium - zdolność kiełkowania), wg [66]

Gatunek	Temperatura, °C	Wilgotność, %								
		12,0	13,0	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	19,5	23,0
Pszenica	36	55	40	28	19	13	7	3,5	1,5	0,5
	27	100	75	50	30	20	12	6	3	1
	18	200	140	95	60	38	20	11	4,5	1,5
		11,5	12,5	13,0	14,0	15,0	16,0	18,0	20,0	24,0
Żyto	36	30	23	17	13	7,5	4,5	2,5	1,5	0,5
	27	50	34	23	16	10	6,5	4	2	1
	18	75	55	40	25	16	10	5,5	3	1
		11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	19,0	23,0
Jęczmień	36	110	80	50	32	19	10	5	2,5	0,5
	27	240	170	100	65	40	20	10	4	1
	18	600	400	260	160	90	50	21	8,5	2
		11,0	11,5	12,5	13,0	14,0	15,0	17,0	19,0	22,0
Owies	36	80	55	38	26	15	8	4,5	2	0,5
	27	160	110	70	45	26	15	7,5	3,5	1
	18	350	230	150	95	55	30	16	6	1,6



Rys. 11. Zmienność wilgotności i zdolności kiełkowania przechowywanego ziarna pszenicy odmiany "PROBUS" w zależności od miejsca położenia w worku (wg Freya, cyt. za Urbaniakiem [102]); 1 - warstwa wewnętrzna, 2 - warstwa zewnętrzna

silosy, nasypy. Słaba przewodność cieplna ziarna oraz utrudniona wymiana pary wodnej może stać się wtedy przyczyną samozagrzewania i powstawania obszarów o podwyższonej wilgotności. Znane są przykłady zmian temperatury różnych warstw masy nasiennej w zależności od temperatury otoczenia i ich usytuowania w stosunku do ścian silosu, stron świata (rys. 12).



Rys. 12 Powstawanie strat ziarna o podwyższonej wilgotności w przechowywanej masie wskutek naturalnej cyrkulacji powietrza, wg [46]

Obszerne badania dotyczące wpływu kombajnowego zbioru, przechowywania i czyszczenia ziarna siewnego na jego wartość siewną przeprowadzili autorzy niniejszej pracy (tab. 7).

Analiza uzyskanych wyników badań pozwala sądzić, że kombajnowy zbiór i przechowywanie wywierają negatywne skutki na wartość siewną omawianych gatunków ziarna, co jest zgodne z opiniami autorów cytowanych w pracy [2, 9, 10, 23, 29, 30, 46, 47, 66, 72, 94, 102].

Polepszenie wartości siewnej ziarna, producenci uzyskali przez oczyszczenie i separację tuż przed dostarczeniem do Centrali Nasiennej. Należy podkreślić, że ostateczne czyszczenie i separacja nie w każdym przypadku pozwala na uzyskanie surowca o wysokiej jakości (tab. 7). Jakość surowca uzależniona była nie tylko od procesu czysz-

Tabela 7. Wpływ kombajnowego zbioru, przechowywania i czyszczenia na jakość ziarna siewnego w SHR Ulhówek, wg badań własnych

Parametry oceny	Jednostki	Próby kontrolnej	Po kombajnowaniu przed czyszczeniem	Po czyszczeniu	Próby kontrolnej	Po kombajnowaniu przed czyszczeniem	Po czyszczeniu	Próby kontrolnej	Po kombajnowaniu przed czyszczeniem	Po czyszczeniu	Próby kontrolnej	Po kombajnowaniu przed czyszczeniem	Po czyszczeniu
Gatunek zboża	-	Pszenica			Pszenica			Jęczmień			Jęczmień		
Odmiana	-	JARA			HEC 182			GRIT			GRIT		
Stopień odsiewu	-	OKW			Elita			I odsiew			I odsiew		
Wilgotność	%	17,2	14,1	13,3	16,1	14,0	13,7	15,4	12,6	12,6	17,1	14,5	14,0
Masa 1000 ziarn	g	38,8	34,6	38,6	34,1	38,7	36,6	40,1	37,8	45,1	39,6	38,9	44,9
Gęstość w stanie zsypnym	kg/m^3	689	696	722	712	736	748	609	628	640	628	640	640
Materiał celny	%	-	94,4	98,4	-	93,3	95,9	-	87,7	98,1	-	94,8	98,6
Zanieczyszczenia mineral.	%	-	0,11	0,00	-	0,01	0,00	-	0,03	0,01	-	0,00	0,00
Obcouprawne	%	-	0,19	0,00	-	0,00	0,00	-	0,00	0,00	-	0,00	0,00
Zanieczyszczenia organ.	%	-	0,19	0,00	-	0,03	0,02	-	0,03	0,00	-	0,23	0,01
Niewykształcone (poślad)	%	-	1,31	0,31	-	3,12	2,28	-	8,53	0,63	-	2,24	0,79
Spleśniałe	%	-	0,84	0,77	-	1,15	0,71	-	0,27	0,08	-	1,21	1,07
Chwasty	%	-	0,03	0,00	-	0,85	0,02	-	0,18	0,00	-	0,41	0,01
Uszkodzenia mikro	%	0,2	6	5	0,4	3	2	0,4	2	6	0	3	5
Uszkodzenia makro	%	0,08	2,91	0,48	0,12	2,36	1,06	0,03	3,29	1,12	0,04	2,16	0,48
Kiełkowanie energia	%	83	74	79	86	77	78	92	78	82	87	73	72
Kiełkowanie zdolność	%	96	78	86	100	91	98	99	86	93	97	79	82
Siła wzrostu	%	84	64	67	86	83	84	86	75	80	89	61	64

czenia i separacji, ale przede wszystkim od stanu wyjściowego ziarna oraz od warunków przechowywania. Ziarno, które w procesie zbioru charakteryzowało się znaczną wilgotnością i mechanicznymi uszkodzeniami - szczególnie mikro, było bardziej narażone na szkodliwe działanie mikroorganizmów. Procesy te uaktywniały się w przypadkach niewłaściwego przechowywania ziarna. Ziarno pszenicy i jęczmienia o wilgotności przekraczającej 17% w czasie zbioru, a następnie składowane w magazynie bez możliwości intensywnego dosuszania, charakteryzowało się niższą wartością siewną (tab. 7).

W celu obiektywnej oceny wartości siewnej analizowanych gatunków i odmian ziarna zbóż autorzy dodatkowo wprowadzili test na wartość siły wzrostu metodą Hiltnera [21]. Test ten jednoznacznie wykazał, że omawiane czynniki (wilgotność ziarna w czasie zbioru, sposób i warunki przechowywania) w istotny sposób wpływają na wartość siewną ziarna (tab. 7) [41, 42].

Fizjologiczne i biologiczne właściwości ziarna

Wartość biologiczna przechowywanego ziarna zbóż w znacznym stopniu zależy również od jego właściwości, a zwłaszcza takich jak:

- wilgotność,
- dojrzałość i żywotność,
- zawartość zanieczyszczeń i uszkodzenia.

Podstawowym czynnikiem kształtującym w znacznym stopniu warunki przechowywania i decydującym o przemianach zachodzących w ziarnie jest wilgotność (wpływ tego czynnika został już omówiony w rozdziałach dotyczących oddychania, działalności drobnoustrojów i samozagrzewania).

Niezmiernie istotnym czynnikiem wpływającym na kierunek i intensywność przemian zachodzących w masie ziarnistej jest dojrzałość ziarna [11, 17, 45, 69]. Ziarno, które zostało zebrane przed pełną dojrzałością charakteryzuje się: niedojrzałą morfologicznie okrywą nasienną, która słabo izoluje wpływ środowiska, krótszym spoczynkiem, dużą zawartością związków hydrofilnych i łatwo rozpuszczalnych składników pokarmowych. Ponadto zawierają mniej inhibitorów o własnościach antybiotycznych. Ziarno, które nie przeszło posprzętnego dojrzewania przed składowaniem znacznie gorzej się przechowuje niż to, które uzyskało wcześniej dojrzałość fizjologiczną, Bulsiewicz [11], Grzesiuk [44, 45], Lityński [69], Shands i inni [89]. Proces ten jest związany z przemia-

nami towarzyszącymi dojrzewaniu, a ich główny kierunek polega na zmniejszaniu się zawartości składników łatwo rozpuszczalnych i na obniżeniu się aktywności wielu enzymów hydrolitycznych i oksydacyjno-redukcyjnych. Tym reakcjom towarzyszy wydzielanie się części wody chemicznie związanej, która staje się dodatkowym czynnikiem przyśpieszającym rozwój drobnoustrojów.

Wielu autorów podkreśla fakt, że o skuteczności przechowywania materiału siewnego w dużym stopniu decyduje również wstępna żywotność ziarna. Ziarna martwe lub o obniżonej wartości biologicznej, a mające często obszary nekroz psują się łatwiej i stają się ogniskiem infekcji. Do długiego przechowywania należy zatem przeznaczać materiał zdrowy, dorodny i o wysokiej żywotności (tab. 8).

Tabela 8. Zależność zdolności kiełkowania ziarna jęczmienia od wilgotności i czasu przechowywania, wg Shandsa, Janischa i Dicksona [89]

Odmiana	Wilgotność, %	Czas przechowywania, tygodnie								
		0	2	4	6	8	10	12	14	16
X 691-1	18	73	67	74	61	54	41	25	18	-
X 691-1	15	71	84	91	85	83	72	84	76	81
X 691-1	12	80	80	85	89	89	92	89	90	85
Trophy	18	92	94	-	90	78	81	78	75	72
Trophy	12	96	95	-	98	96	97	97	98	93

Powyższe uwagi są potwierdzane przez zależności przedstawione w tabeli 8, z których wynika, że degradacja zdolności kiełkowania ziarna o wyższej wilgotności niż 15% była bardzo znaczna i tym większa, jeśli początkowa wartość biologiczna materiału przeznaczonego do składowania była zbyt niska. Ziarno o wstępnej zdolności kiełkowania 73% straciło zupełnie wartość biologiczną po kilkunastu tygodniach przechowywania.

Analizując wpływ uszkodzeń ziarna na jego przechowywanie, warto zwrócić uwagę na wyniki badań Koniecznej [63], które dotyczyły zmian wartości biologicznej (zdolność kiełkowania, deformacja kiełków i pleśnienie ziarniaków) ziarna pszenicy cv Grana zbieranego kombajnem Bizon ZO50 w różnych warunkach (tab. 5). Materiał przeznaczony do badań pochodził ze zbiornika kombajnu, a jego zmiany wartości biologicznej były porównywane z jakością ziarna wydzielanego z kłosów ręcznie. Tak przygotowaną masę nasienną przechowywano w normal-

nych warunkach laboratoryjnych, a opakowanie stanowiły otwarte torebki papierowe. Spośród czynników, które wpływały na wartość biologiczną badanego ziarna w okresie składowania należy wymienić wilgotność i ilość makro- i mikrouszkodzeń (tab. 9).

Tabela 9. Zmiana parametrów biologicznych ziarna pszenicy odmiany Grana po rocznym przechowywaniu w warunkach laboratoryjnych, wg [63]

Parametry przed składowaniem				Parametry po rocznym składowaniu	
Wilgotność, %	Uszkodzenia[x], %	Zdolność kiełkowania, %		Zdolność kiełkowania	
		zbiór ręczny	kombajnem (ZO50)	zbiór ręczny	kombajnem (ZO50)
30,5	14,00	97,25	86,10	95,50	72,25
25,3	8,75	97,80	86,40	95,70	78,90
21,4	7,25	99,75	95,10	98,75	80,10
17,1	6,00	99,60	96,30	97,50	94,00
14,9	6,00	99,50	96,30	97,10	95,00

[x]Sumaryczna liczba uszkodzeń (mikro + makro) ziarna spowodowane zespołami roboczymi kombajnu BIZON ZO50.

Z danych zamieszczonych w tabeli 9 wynika, że początkowa zdolność kiełkowania materiału o najwyższej wilgotności była najniższa, a ponadto te partie ziarna charakteryzowały się największym udziałem ziarniaków z uszkodzeniami. Ziarno z prób zebranych ręcznie natomiast, miało istotnie najwyższą zdolność kiełkowania (97, 25-99, 75%). Analizując parametry ziarna po rocznym składowaniu, można stwierdzić, że największa degradacja kiełkowania dotyczyła ziarna o wilgotności 30,5 i 25,3%. Biorąc pod uwagę, że ilość uszkodzonych ziarniaków była w tych próbach największa, można wnioskować, że istotną przyczyną obniżenia wartości biologicznej były obrażenia zarodka spowodowane mechanicznym zbiorem. Taką opinię potwierdzają również zależności dotyczące zdolności kiełkowania ziarna o tych samych wilgotnościach, ale które były wydzielane ręcznie z kłosów.

PODSUMOWANIE

Analiza literatury oraz wyniki badań własnych pozwalają stwierdzić, że podjęta problematyka była celowa i uzasadniona. Badania nad wpły-

wem poszczególnych procesów przerobu ziarna siewnego prowadzone były w krajach zachodnich już pod koniec lat sześćdziesiątych i są kontynuowane dalej. Zakres tych badań, w zależności od potrzeby, obejmuje wpływ poszczególnych procesów technologicznych na jakość ziarna siewnego nowo wprowadzonych odmian zbóż, jak i powszechnie uprawianych. Ze względu na odmienne warunki produkcji ziarna (inne odmiany, warunki glebowe i klimatyczne itp.) zagranicznych wyników badań z reguły nie można adaptować do warunków krajowego rolnictwa. Badania te dostarczyły jednak cennych wskazówek metodycznych. Przeprowadzona analiza cytowanych opracowań oraz badania własne wykazały, że niepoprawnie przeprowadzony zbiór kombajnami ziarna przeznaczonego do dalszej reprodukcji ujemnie wpływa na jego wartość siewną. Główną przyczyną obniżenia wartości siewnej są mechaniczne uszkodzenia ziarna powstające podczas zbioru. O liczbie tych uszkodzeń decydują czynniki konstrukcyjno-eksploatacyjne kombajnu zbożowego, wśród których prędkość obwodowa bębna młócącego i wielkość szczeliny roboczej odgrywa dominującą rolę. Bardzo ważną rolę w uzyskiwaniu dobrej jakości ziarna siewnego odgrywają również czynniki technologiczne, jak wilgotność zbieranego zboża, faza dojrzałości, zachwaszczenie itp.

O wartości ziarna siewnego, oprócz wyżej wymienionych czynników decydują też własności fizyczne, mechaniczne, termiczne i biologiczne ziarna, związane z gatunkiem i odmianą zboża. W rzeczywistych warunkach przechowywania ziarna (szczególnie jarych odmian) najczęściej mamy do czynienia z oddziaływaniem wielu czynników związanych z właściwościami ziarna.

W przechowywanym ziarnie o podwyższonej wilgotności zachodzą złożone procesy związane ze wzrostem temperatury, rozwojem bakterii, grzybów itp. Dobre warunki przechowywania są gwarantem uzyskania surowca siewnego o wysokiej jakości.

BIBLIOGRAFIA

1. Arnold R. E.: The effect of harvest damage on the germination of barley. J. Agric. Eng. Res., vol. 4, nr 1, 1959, s. 24–29.
2. Arnold R. E.: Experiment with rasp bar thresing drums. J. Agric. Eng. Res., vol. 9, nr 2, 1964, s. 99–131.
3. Arnold R. E., Caldwell F., Davies A. C.: The effect of moisture content of the grain and the drum setting of the combine harvester on the quality of oats. J. Agric. Eng. Res., vol. 3, nr 4, 1958, s. 336–345.
4. Arnold R. E., Jones M. P.: A survey of grain damage incurred and drum settings used during the combine harvesting of Cappelle Despres wheat and Proctor barley. J. Agric. Eng. Res., vol. 8, nr 2, 1963, s. 178–184.
5. Bartz J., Tucholska H.: Wpływ stopnia wilgotności ziarna żyta ozimego zbieranego kombajnem na jego wartość siewną. Hodowla Roślin, nr 5/6, 1977.
6. Byszewski W., Pala J.: Niektóre aspekty związku między poziomem mechanizacji produkcji roślinnej a właściwościami fizycznymi roślin. Problemy Agrofizyki PAN, Ossolineum, Wrocław 1976.
7. Byszewski W., Haman J.: Gleba, maszyna, roślina. PWN, Warszawa 1977.
8. Byszewski W., Podlaski S.: Wpływ poziomu mechanizacji na produkcję nasienną. Nowe Rolnictwo, nr 15, 1974, s. 5–8.
9. Brooker D. B., Bakker-Arkema F., Hall C. W.: Drying cereal grains. The Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut 1974.
10. Bulsiewicz T., Gąsiorowski H.: Przechowywanie mokrego ziarna. Przegląd Zbożowo-Młynarski, nr 8, 1973, s. 15–18.

11. Bulsiewicz T. i inni: Magazynowanie ziarna zbóż, nasion strączkowych i oleistych. WNT, Warszawa 1975.
12. Chełkowski J.: Pszenżyto - żyto - pszenica. Porównanie pod względem odporności na atak grzybów. Nowe Rolnictwo, nr 1/3, 1982, s. 23-24.
13. Chełkowski J.: Mikroflora ziarna zbóż. Nowe Rolnictwo, nr 3, 1980, s. 12-14.
14. Chełkowski J., Dopierała G., Godlewska B., Radomyska W.: Podatność ziarna zbóż na rozwój pleśni toksynotwórczych w czasie magazynowania. Nowe Rolnictwo, nr 24, 1979, s. 2-3.
15. Ching T. M., Parker M. C., Hill D. D.: Interaction of moisture and temperature on viability of forage seeds stored in hermeticaly sealid cans. Agron. Journal, nr 11, 1959, s. 680-684.
16. Chudoba Z.: Obserwacje nad żywotnością nasion w przechowywaniu w zależności od stopnia ich dosortowania. Biul. Inst. Hod. i Aklimat. Roślin, nr 4, 1960, s. 43-46.
17. Chudoba Z.: Wpływ temperatury środowiska na żywotność nasion niektórych roślin zbożowych i traw. Biul. Inst. Hod. i Aklimat. Roślin, nr 7, 1963, s. 105-116.
18. Converse H. H., Sauer D. G., Hodges T. O.: Aeration of high moisture corn. ASAE, vol. 16, nr 4, 1973, s. 464-469.
19. Dmitrewski J.: Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych. t. 3, PWRiL, Warszawa 1978.
20. Dorrel D. G., Adams M. W.: Effect of some seed characteristics on mechanicaly induced seedcoat damage in Navy Beans. Agron. Journal, nr 5, 1969, s. 672-673.
21. Dorywalski J., Wojciechowicz M., Bartz J.: Metodyka oceny nasion. PWRiL, Warszawa 1964.
22. Eimer M.: Optimierung der Arbeitequalitat des Schlag leistendreschwerkes. Grundl. Landtech., nr 1, 1977, s. 12-17.
23. Eimer M.: Entwicklungen von Regelungseinrichtungen am Mahdrescher. Grundl. Lantech., nr 5, 1970, s. 137-140.
24. Eimer M.: Optimierung der Arbeitsaqualitat des Schlagleistendreschwerkes. Grundl. Landtech., nr 1, 1977, s. 12-17.
25. Fąfara R.: Biologiczne skutki mechanizacji zbioru i konserwacji ziarna zbóż. Materiały V Wydziału PAN dotyczące prognoz nauk rol. i leśnych w Polsce do 1985 r. Fragmenty kluczowego problemu perspektywicznego planu rozwoju nauki polskiej. Wyd. PAN, Warszawa 1969, z. 9, s. 165-202.

26. Fąfara R.: Wpływ niektórych zespołów i mechanizmów kombajnów zbożowych na ich pracę. Rocz. Nauk. Rol., t. 67, seria C, z. 2, 1958, s. 137-181.
27. Feiffer P.: Doświadczenia mechanizatorów w dziedzinie zmniejszania strat plonów. Międz. Czas. Rol., nr 3, 1965, s. 75-81.
28. Florczak Z., Nieścierewicz W., Fleszar J.: Możliwości zmniejszenia mechanicznych uszkodzeń ziarna podczas omłotu. Masz. i Ciąg. Rol., nr 1, 1981, s. 5-8.
29. Frankowski F.: Wpływ aktywnego wietrzenia zimnym powietrzem na przechowywanie i jakość nasion zbóż. Maszynopis AR w Lublinie, 1973.
30. Gieroba J.: Poznanie mechanicznych własności zbóż staje się konieczne. Mech. Roln., nr 12, 1967, s. 11-12.
31. Gieroba J.: Porównawcze badania zespołu młócącego z zębami o kształcie logarytmicznym z cepowym zespołem młócącym młocarni MCC-10A. Rocz. Nauk. Roln., t. 68, seria C, z. 2, 1968, s. 259-278.
32. Gieroba J.: Wpływ różnych parametrów na przebieg procesu omłotu w świetle literatury światowej ze szczególnym uwzględnieniem kombajnów zbożowych. Postępy Nauk Roln., nr 6, 1968, s. 79-98.
33. Gieroba J.: Dobór właściwych parametrów pracy kombajnów zbożowych przy zbiorze różnych roślin. Biul. Inf. IMER, Warszawa, nr 9, 1968, s. 185-186.
34. Gieroba J.: Zagadnienia przecierania masy zbożowej w szczelinie roboczej zespołu młócącego. Masz. i Ciąg. Roln., nr 9, 1969, s. 2-5.
35. Gieroba J.: Badania omłotowości odmian pszenicy w różnych fazach dojrzewania. Biul. Inf. IMER Warszawa, nr 6, 1970, s. 125-128.
36. Gieroba J., Dreszer K.: Mechaniczne uszkodzenia ziarna w czasie transportu przenośnikami. Masz. i Ciąg. Rol., nr 4, 1979, s. 23-25.
37. Gieroba J., Dreszer K.: Porównawcze badania przenośników ziarna stosowanych w kombajnach zbożowych. Rocz. Nauk. Rol., t. 74, seria C, z. 2, 1980, s. 17-31.
38. Gieroba J., Dreszer K.: The mechanical damage of grain in paddle and screw conveyors. II Inter. Conference on Physical Properties of Agricultural Material and their Influence on Technological Processes. Hungary. Godolo, 26-28 August 1980.
39. Gieroba J., Dreszer K., Nowak J.: Problemy strat i uszkodzeń ziarna w zespołach roboczych kombajnów zbożowych. Postępy Nauk Rol. nr 4/5, 1980, s. 95-106.

40. Gieroba J., Dreszer K., Nowak J.: Wpływ konstrukcji kombajnów zbożowych na straty i uszkodzenia ziarna. Masz. i Ciąg. Rol., nr 1, 1983, s. 9-12.
41. Gieroba J., Dreszer K.: Badania wpływu wybranych procesów technologicznych na uszkodzenia ziarna zbóż (sprawozdanie z badań za lata 1981-1985). Maszynopis. Instytut Agrofizyki PAN, Lublin 1986.
42. Gieroba J., Dreszer K., Dudkowski J., Nowak J.: Technologia kombajnowego zbioru i przechowywania zbóż nasiennych (sprawozdanie z badań). Maszynopis. IBMER, Warszawa 1987.
43. Grzesiuk S.: Fizjologia nasion. PWRiL, Warszawa 1967.
44. Grzesiuk S., Kulka K.: Fizjologia i biochemia nasion. PWRiL, Warszawa 1981.
45. Grzesiuk S., Łuczyńska J.: Przemiany fizjologiczno-biochemiczne w nasionach podczas spoczynku i przechowywania. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., z. 113, 1971, s. 69-94.
46. Hall C. W.: Drying and storage of agricultural crops. The Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connectucut 1980.
47. Haman J., Szot B.: Badania sił wiążących ziarno z kłosem. Rocz. Nauk Rol., t. 71, seria C, z. 2, 1974, s. 7-23.
48. Harrison H. P.: Effects of moisture content of wheat on threshing. Can. Agric. Eng., vol. 17, nr 1, 1975.
49. Hermanowicz M.: Zagadnienia metodyki oceny mechanicznego uszkodzenia materiału siewnego. Materiały z sympozjum, Puławy 1979.
50. Hill L. D.: Corn quality as influenced by harvest and drying conditions. Cereal Foods World, vol. 20, nr 3, 1975.
51. Jegorow G. A.: Wlijanije tiepła i włagi na processy pierierabotki i chranienije ziema. Kołos, Moskwa 1973.
52. Kanafojski Cz.: Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych. Tom 2, część I, PWRiL, Warszawa 1980.
53. Karłow M. E.: Intensifikacija rabocziewo processa w mołotilnom apparatie. Mechaniz. i Elektr. Soc. Sielsk. Choz., nr 9, 1978, s. 15-18.
54. Karpowicz I. V.: Vlažnost siemian pri obmołotie opriedieliajet ich wschożiest. Sielekcija i Semenewodstwo, nr 1, 1964, s. 36-38.
55. Kawa A.: Straty ziarna pszenicy i jęczmienia podczas koszenia różnymi metodami. Nowe Rolnictwo, nr 14, 1980, s. 5-7.
56. King D. L., Riddolls A. W.: Damage to wheat seed and pea seed in thresing. J. Agric. Eng. Res., vol. 5, nr 4, 1960, s. 387-398.

57. King D.L., Riddolls A.W.: Damage to wheat and pea in thresing at varying moisture content. J. Agric. Eng. Res., vol. 7, nr 2, 1962, s. 90-93.
58. Klenin N.I.: Skorost dwiżenije chlebnoj masy w mołotilnom zazorie bilnogo barabana. Trakt. i Sielchozmasz. nr 4, 1969, s. 23-24.
59. Kolowca J.: Badania odporności ziarna pszenicy na powstawanie mechanicznych uszkodzeń. Rocz. Nauk Rol., t. 71, seria C, z. 3, 1974, s. 67-77.
60. Kolowca J.: Wpływ obciążeń mechanicznych na uszkadzalność i wartość biologiczną ziarna pszenicy. Rozprawa hab., AR, Kraków 1979.
61. Konieczna M.: Wpływ niektórych zespołów kombajnu Bizon ZO50 na uszkodzenia i właściwości biologiczne ziarna pszenicy. Rocz. Nauk Roln., t. 73, seria C, z. 4, 1978, s. 61-71.
62. Konieczna M.: Uszkodzenia ziarna pszenicy w przenośnikach i ich wpływ na cechy biologiczne w trakcie przechowywania. Rocz. Nauk Roln., t. 74, seria C, z. 3, 1980, s. 17-26.
63. Konieczna M.: Starzenie się ziarna pszenicy zbieranego kombajnem. Rocz. Nauk Roln., t. 74, seria C, z. 3, 1980, s. 27-38.
64. Konecka K.: Dynamika zmian wartości siewnej nasion pszenicy ozimej sprzątanej kombajnem. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, nr 38, 1972.
65. Koźmina Ch. R.: Chranienije ziema. Kołos, Moskwa 1975.
66. Kreyger J.: Drying and storing grains, seeds and pulses in temperature climatec. Bull. 205, Institute for Storage and Processing of Agricultural Produce, Wageningen, The Netherlands 1972.
67. Lisowski A.: Porównanie jakości pracy kombajnów zbożowych z jedno- i dwubębnowymi zespołami młócącymi. Masz. i Ciąg. Roln., nr 4, 1982, s. 18-20.
68. Lisowski A., Nowak J.: Analiza pracy kombajnów zbożowych z jedno- i dwubębnowymi zespołami omłotowymi zasilanymi stycznie. Rocz. Nauk Roln., t. 77, seria C, z. 1, 1986, s. 11-23.
69. Lityński M., Wiłkojć A. i inni: Wytyczne do przechowywania nasion. Biul. Inst. Hod. i Aklimat. Roślin, nr 4, 1960, s. 3-29.
70. Lityński M.: Mechaniczne uszkodzenia nasion. Nowe Rolnictwo, nr 2, 1973, s. 26-29.
71. Łuczyńska J.: Biochemiczne aspekty starzenia się nasion. Wiad. Bot., nr 3, 1976, s. 169-179.
72. Łuszczewski B.: Uszlachetnianie i przechowywanie materiału siewnego. PWRiL, Warszawa 1975.

73. Macepuro M. E.: Fizyczeskije i drugije swojstwa sielskochoziajstwiennych materiałow. Tom 10, Mińsk 1960.
74. Malerz J.: Automatyczna kontrola strat ziarna przy zbiorze kombajnowym. Międz. Czas. Roln., nr 3, 1976, s. 73-76.
75. Mitchell F. S.: The effect of drum setting and crop moisture content on the germination of combine harvested wheat. Rep. 51 Natn. Ins. Agric. Eng., Silsoe 1955.
76. Mitchell F. S. i inni: The effeck of drum setting and crop moisture content on the germination of combine harvested barley. Rep. 56, Natn. Inst. Agric. Engn., Silsoe 1955.
77. Narkiewicz-Jodko M.: Wartość siewna przechowywanego ziarna trzech zbóż w aspekcie fitopatologicznym. ZN AR we Wrocławiu, nr 55, 1986.
78. Nemec J.: Optimalne zriadenie mlatacije mechanizmu wzhladem poskodenia semien strukowin. Zbornik z medzinarod. konferencje, Praha 1965.
79. Niewiadomski H.: Technologia nasion rzepaku. PWN, Warszawa 1983.
80. Nowacki T.: Mechanizacja rolnictwa T. III, PWRiL, Warszawa 1967.
81. Nowicki W.: Wpływ fazy dojrzałości, terminu omłotu i sposobu przechowywania na zdolność kiełkowania pszenicy jarej Opolskiej. Biul. Inst. Hod. i Aklimat. Roślin, nr 3, 1964, s. 105-110.
82. Ostrowski T.: Ograniczenie strat przy zbiorze zbóż. Nowe Rol., nr 14, 1980, s. 4-5.
83. Otto R.: Untersuchungen zu eihigen Problemen bei der Erute von Kurzstrohigen Winterweizen und Sommerweizenformen. Dt. Agrartech., nr 3, 1972, s. 131-133.
84. Paulsen M. R., Nawe W. R.: Corn damage from conventional and rotary combines. Trans. ASAE, vol. 23, nr 5, 1980, s. 1110--1116.
85. Pugaczew A. N.: Powreździenije ziema maszynami. Kołos, Moskwa 1976.
86. Rademacher F. J. C.: On seed damage in grain augers. J. Agric. Eng. Res., vol. 26, nr 1, 1981, s. 87-96.
87. Rebriłow D. I., Zozulia B. A.: Prijemy powyszenija kacziestwa siemian ziernowych kultur. Trudy WNIIZCH, nr 3, 1970.
88. Reumschüssel G., Zehmne Chr.: Untersuchungen am obersieb einer ebenen Reinigungseinrichtung. "Agrartech.", nr 6, 1973, s. 280-283.

89. Shands H.L, Janisch D.C., Dickson A.D.: Germination response of barley following different harvesting conditions and storage treatments. Crop Science, nr 5, 1967, s. 444-446.
90. Sinha R.N., Muir W.E.: Graine storage: part of a system. Westport 1973.
91. Strona I.: Uszkodzenia nasion. PWRiL, Warszawa 1977.
92. Szot B., Grundas S., Grochowicz M.: Metodyka określania odporności ziarna zbóż na odkształcenia mechaniczne. Rocz. Nauk Roln., t. 70, seria C, z. 3, 1973, s. 129-141.
93. Szumakow N.S.: Obmołot pszenicy na siemienia kombajnom SKD-5s. Mech. i Elektr. Soc. Siel. Choz., nr 10, 1972, s. 11-13.
94. Szymczyk A.: Badanie omłotowości zbóż. Maszynopis AR w Lublinie, 1976.
95. Ślipek Z.: Badanie sił wiążących ziarno w kłosie u niektórych odmian pszenicy. Rozprawa doktorska, AR w Krakowie, 1975.
96. Ślipek Z.: Wstępne porównanie wyników badań siły wiążącej ziarno w kłosie i strat ziarna podczas zbioru żmechanizowanego. Rocz. Nauk Roln., t. 73, seria C, z. 2, 1978, s. 143-149.
97. Tarasienko A.P., Orobińskij W.I.: Opriedelenije optimalnoj włażnosti ziema pri obmołotie siemiennych posiewow. Tech. w Siels. Choz., nr 7, 1982, s. 99-105.
98. Tarkowski Cz., Szot B., Tys J.: Variability of the grain-toear binding forces for different forms of Triticale. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 203, 1978, s. 99-104.
99. Tomavčik J., Duriš M., Pisár E., Korejtko J.: Vyskum agrofizikalnych a mechanickych vlasnosti ozimnych psenic. Zěměd. Techn., nr 2, 1963, s. 65-86.
100. Triswiatski L.A.: Chranienije zierna. Zagotizdat, Moskwa 1951.
101. Tuite J.F.: Influence of storage conditions upon the fungus flora of barley seed. Cereal Chemistry, nr 32, 1955.
102. Urbaniak Z.: Wilgotność ziarna pszenicy pobranego z różnych miejsc worka, Biul. Inst. Hod. i Aklimat. Roślin, nr 5, 1961, s. 106-109.
103. Wasilenko J.E.: Procznost swjazi zrna z kołosom. Selchoz-maszn., nr 5, 1969, s. 106-109.
104. Westermarck-Rosendahl Ch., Ylimäki A.: Spontaneous heating newly harvested wheat and rye. Part I. Acta Agric. Scand., nr 2, 1978, s. 151-158.

105. Westermarck-Rosendahl Ch., Ylimaki A.: Spontaneous heating newly harvested wheat and rye. Part II. Acta Agric. Scand., nr 2, 1978, s. 159-168.
106. Wójcicki Z.: Problemy mechanizacji produkcji zbóż w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 195, 1984, s. 157-176.
107. Wrublewski P. D., Smith L. G.: Seperation Characteristics of Conventional and non-conventional grain combines. Trans. ASAE, vol. 23, nr 3, 1980, s. 530-534.
108. Zimińska Z.: Zdolność kiełkowania nasion zaprawianych i przechowywanych w różnych warunkach. Pestycydy, nr 3/4, 1983, s. 47-60.
109. Zoerb C. C.: Some mechanical and rheological properties of grain. J. Agric. Eng. Res., nr 1, 1960, s. 83-93.
110. Polska Norma - PN-79/R-65950, Materiał siewny. Metody badań nasion. WN, Warszawa 1979.