

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

ACTA AGROPHYSICA

44

Jerzy Tys, Roman Rybacki

**RZEPAK – JAKOŚĆ NASION
PROCESY ZBIORU, SUSZENIA,
PRZECHOWYWANIA**

Monografia

Lublin 2001

Komitet Redakcyjny

Redaktor Naczelny - prof. dr hab. Jan Gliński, czł. koresp. PAN

Z-cy Redaktora Naczelnego:

prof. dr hab. Ryszard T. Walczak, czł. koresp. PAN - fizyka środowiska

prof. dr hab. Bogusław Szot - fizyka materiałów roślinnych

prof. dr hab. Ryszard Dębicki - gleboznawstwo

Rada Redakcyjna

prof. dr hab. J. Haman, czł. rzecz. PAN - przewodniczący

prof. dr hab. T. Brandyk

prof. dr hab. J. Laskowski

prof. dr hab. I. Dechnik

prof. dr hab. P.P. Lewicki

prof. dr hab. D. Drozd

prof. dr hab. S. Nawrocki, czł. rzecz. PAN

prof. dr hab. F. Dubert

prof. dr hab. E. Niedźwiecki

prof. dr hab. J. Fornal

prof. dr hab. J. Sielewiesiuk

prof. dr hab. E. Kamiński

prof. dr hab. W. Stępniewski

prof. dr hab. A. Kędziora

prof. dr hab. Z. Ślipek

prof. dr hab. T. Kęsik

prof. dr hab. S. Zawadzki, czł. rzecz. PAN

prof. dr hab. Cz. Koźmiński

Redaktor tomu

doc. dr hab. Jerzy Tys

Opiniowali do druku

prof. dr hab. Tadeusz Lis

prof. dr hab. Mieczysław Szpryngiel

doc. dr hab. Józef Horabik

Fotografie (1, 3-8)

prof. dr hab. Bogusław Szot

Publikacja finansowana przez Zakłady Tłuszczowe "Kruszwica" S.A.

Adres redakcji

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

Publikacja indeksowana przez

Polish Scientific Journals Contents - Agric. & Biol. Sci. w sieci Internet
pod adresem <http://saturn.ci.uw.edu.pl/psjc/> lub <http://ciuw.warman.net.pl/alf/psjc>

© Copyright by Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, Lublin 2001

ISBN 83-87385-58-1

ISSN 1234-4125

Wydanie I. Nakład 600 egz. Ark. wyd. 5,9

Skład komputerowy: Wojciech Olech

Druk: Zakład Usług Poligraficznych TEKST s.c., ul. Wspólna 19, 20-344 Lublin

SPIS TREŚCI

| | |
|--|----|
| PARAMETRY JAKOŚCIOWE NASION | 4 |
| 1. WSTĘP | 5 |
| 2. WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNO-CHEMICZNO-BIOLOGICZNE NASION | 7 |
| 2.1. Budowa i skład chemiczny | 7 |
| 2.2. Właściwości mechaniczne | 10 |
| 3. WARUNKI ZBIORU | 15 |
| 3.1. Czynniki agrotechniczne | 15 |
| 3.2. Technologia i terminy zbioru | 22 |
| 3.2.1. Zbiór jednoetapowy | 22 |
| 3.2.2. Zbiór dwuetapowy | 24 |
| 3.3. Wartość technologiczna nasion | 27 |
| 4. SUSZENIE NASION | 33 |
| 4.1. Suszenie wysokotemperaturowe – zagrożenia | 33 |
| 4.2. Wpływ warunków suszenia na jakość nasion | 35 |
| 4.3. Niskotemperaturowa konserwacja nasion | 38 |
| 5. PRZECHOWYWANIE NASION | 45 |
| 5.1. Warunki przechowywania | 45 |
| 5.2. Charakterystyka złoża | 49 |
| 5.2.1. Temperatura i wilgotność | 49 |
| 5.2.2. Zbrylanie nasion | 51 |
| 5.2.3. Przepuszczalność złoża | 52 |
| 5.3. Wartość technologiczna nasion | 54 |
| 5.3.1. Dojrzałość nasion | 54 |
| 5.3.2. Cechy odmianowe | 56 |
| 5.3.3. Warunki przechowywania | 58 |
| 5.3.4. Zanieczyszczenia nasion | 62 |
| 6. PODSUMOWANIE | 64 |
| 7. WNIOSKI | 67 |
| 8. PIŚMIENNICTWO | 69 |
| SUMMARY | 74 |

PARAMETRY JAKOŚCIOWE NASION

Oceny wartości technologicznej nasion rzepaku dokonywano na podstawie następujących parametrów:

Zawartość tłuszczu (%) w suchej masie nasion. Oznaczano spektrometrem bliskiej podczerwieni „QN 1000 OXFORD”. Zawartość tłuszczu posłużyła do oceny dojrzałości nasion oraz ich dorodności. Parametrem tym oceniano wpływ technologii zbioru jedno- i dwuetapowej na wartość nasion jako surowca w przemyśle tłuszczowym.

Zawartość chlorofilu [mg/kg]. Oznaczano spektrometrem bliskiej podczerwieni „QN 1000 OXFORD”. Zawartość chlorofilu w nasionach jest niepożądana z uwagi na trudności w uzyskiwaniu dobrej jakości oleju a także produktów z niego otrzymany. W niektórych krajach (Szwecja) parametrem tym oceniane są nasiona w momencie skupu.

Liczba kwasowa – LK [mgKOH/g]. Wyrażono w mg KOH potrzebnego do zneutralizowania wolnych kwasów tłuszczowych w 1 g oleju. W czasie przechowywania ilość wolnych kwasów tłuszczowych wzrasta w wyniku hydrolizy, dlatego też podwyższoną wartość LK można traktować jako jedną z cech tłuszczu nieświeżego.

Liczba nadtlenkowa – LN [mmoleO/kg] jest natomiast wykładnikiem zawartości nadtlenków występujących jako produkty utleniania tłuszczów i świadczy o tempie zmian oksydacyjnych oleju.

Masa tysiąca nasion – MTN [g] oznaczano wg PN-68/R-7417. Wskaźnik ten posłużył do oceny dojrzałości nasion oraz ich dorodności. MTN stanowił jeden z parametrów, którym charakteryzowano plon nasion z różnych technologii jak i terminów zbioru.

Odporność na obciążenia dynamiczne. Oceniano na podstawie ilości uszkodzonych nasion (sztuk) przy energii uderzenia = 1 mJ (przy stałej masie nasion i prędkości obrotowej bijaka). Nasiona uderzano w specjalnym aparacie [85, 90, 91, 93], który umożliwiał wybór zarówno miejsca jak i wielkość energii uderzenia. Obniżona odporność na uderzenie sprzyja powstawaniu uszkodzeń, co wpływa na rozwój drobnoustrojów, wzrost LK i LN.

Test punktu olejowego – δ [MPa] Punkt olejowy określano metodą opracowaną przez Fornala [21, 66] oraz Sukumarana i Singha [80]. Nasiona ściskano (wykorzystując INSTRON) w metalowym cylindrze o powierzchni przekroju 1 cm² i wysokości warstwy 1,2 cm. Osiągnięcie punktu olejowego sygnalizowało pojawienie się oleju na pasku bibuły umieszczonym w pojemniku, której koniec wystawał poza cylinder, w momencie tym odczytywano maksymalną wartość naprężenia.

1. WSTĘP

Nasiona rzepaku są bardzo wrażliwym materiałem reagującym spadkiem swojej jakości zarówno pod wpływem niewłaściwej technologii zbioru (dojrzałość, ilość uszkodzeń) jak również sposobu i warunków obróbki pozbiorowej, a szczególnie suszenia, czyszczenia, transportu i przechowywania. Tak znaczna ilość czynników warunkująca cechy jakościowe nasion rzepaku wynika między innymi z ich budowy morfologiczno – anatomicznej oraz składu chemicznego.

Przeprowadzona ocena wartości technologicznej nasion wykazała, że zarówno technologia zbioru, warunki suszenia jak i przechowywania wywierają bardzo znaczny wpływ na te cechy nasion rzepaku, które warunkują ich przydatność dla przemysłu tłuszczowego. Decydujące znaczenie ma niewątpliwie właściwa dojrzałość nasion w momencie zbioru. Wpływają na to zarówno czynniki meteorologiczne, obrana technologia zbioru jak i stan fizyczny łanu (dojrzałość, wyrównanie, wilgotność). Odpowiednio dobrane parametry obróbki pozbiorowej powinny uwzględniać te czynniki. Monitorowanie warunków suszenia i przechowywania oraz opis procesów zachodzących w składowanym materiale, pozwala na poznanie wpływu wymienionych czynników na jakość uzyskiwanego oleju oraz umożliwia opracowanie technologii, która ze względu na skalę produkcji nasion rzepaku, może przynieść wymierne korzyści ekonomiczne.

Suszenie i magazynowanie tak wrażliwego towaru jakim są nasiona rzepaku odbywa się z pewnym ryzykiem i to znacznie większym niż suszenie i magazynowanie np. zbóż. Wartość technologiczna nasion jest uzależniona zarówno od cech odmianowych jak i od właściwego doboru parametrów technicznych w obróbce pozbiorowej. Uwzględnienie znacznej ilości czynników wpływających na jakość nasion jest możliwa jedynie w badaniach stanowiskowych, gdzie możliwe jest symulowanie warunków jakie istnieją w rzeczywistości. Badania symulacyjne dają możliwość pełnego opisu zmian zachodzących w suszonym i składowanym materiale. Zastosowanie możliwie precyzyjnego odwzorowania warunków istniejących w silosach przemysłowych pozwala na przewidywanie zmian jakościowych zachodzących w nasionach podczas całego cyklu ich przechowywania. Prognozowane granicznego – bezpiecznego czasu składowania nasion ma kapitalne znaczenie zarówno dla producentów jak i Zakładów Przemysłu Tłuszczowego, gdzie nasiona są przechowywane przez rok, a nawet dłużej w celu stworzenia pewnych zapasów. Takie składowanie powinno bowiem nie tylko zapewnić ciągłości produkcji, ale również zabezpieczyć przed importem w przypadku znaczącego

spadku produkcji w roku następnym, co jest związane z małą wiernością plonowania rzepaku.

Niska opłacalność produkcji rzepaku zmusza do poszukiwania technologii oszczędnościowych w całym cyklu produkcyjnym rzepaku. Taką przyszłościową, energooszczędną technologią suszenia i przechowywania jest niskotemperaturowa konserwacja nasion o dużej wilgotności. Jej stosowanie do suszenia i przechowywania nasion rzepaku jest związane z opisaniem reakcji (zachowania) uprawianych odmian na zmianę warunków, które mają wpływ na wartość technologiczną nasion.

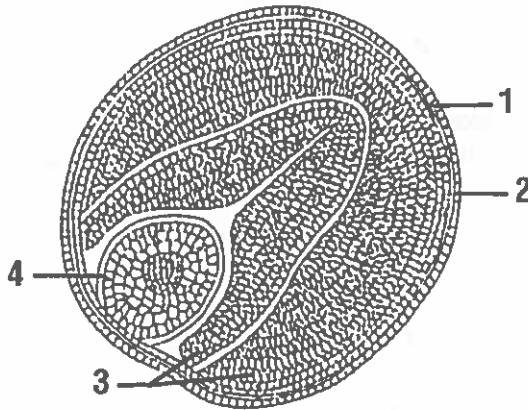
Celem niniejszego opracowania jest przybliżenie zagrożeń związanych z produkcją nasion rzepaku o najwyższych walorach użytkowych, jak również przedstawienie optymalnych rozwiązań, które przyczynią się do ograniczenia strat ilościowych i jakościowych nasion w procesach zbioru, suszenia i przechowywania. Ocena materiału w suszarniach i silosach przemysłowych, umożliwi opracowanie granicznych warunków jakim nasiona rzepaku mogą być poddane bez zmian dyskwalifikujących je jako surowiec dla przemysłu tłuszczowego.

2. WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNO-CHEMICZNO-BIOLOGICZNE NASION

2.1. Budowa i skład chemiczny

Nasiona rzepaku przechodząc przez kolejne etapy produkcji poddawane są obciążeniom mechanicznym, które są przyczyną powstawania uszkodzeń. Uszkodzenia te wynikają jednak przede wszystkim z ich budowy anatomiczno-morfologicznej, która warunkuje ich niską wytrzymałość.

Nasiona rzepaku mają kształt elipsoidalnokulisty o średnicy 1,5–3 mm, barwy brunatno-czarnej do czarnej.



Rys. 1. Budowa nasienia rzepaku [27].

1 – łupina; 2 – warstwa bielma; 3 – liścienie; 4 – korzonek zarodkowy.

Fig. 1. Structure of the rape seed.

1 – seed layer; 2 – endosperm layer; 3 – leaflets; 4 – embryo root.

Na przekroju poprzecznym (Rys. 1) wyraźnie widoczna jest zewnętrzna okrywa owocowo – nasienna, rzeźbiona, nazwana potocznie łupiną. Stanowi ona 15–25% masy nasienia. Pod nią znajdują się resztki jednowarstwowego bielma, wypełnionego ziarnami aleuronowymi. Wnętrze nasienia wypełnia duży zarodek o dwóch nierównomiernych liścieniach (75–82% masy), z których zewnętrzny prawie całkowicie obejmuje wewnętrzny. Zakrzywiona oś środkowa składająca się z korzenia zarodkowego i hipokotylu (5–12% masy), nieznacznie wypukła się na zewnątrz i nie deformuje zasadniczo kulistego kształtu nasienia. Taka budowa (warstwowa) sprawi, że nasienie rzepaku wykazuje małą odporność mechaniczną, a pod odciążeniem łatwo się rozpada.

olej zgromadzony jest głównie w komórkach parenchymy liścieni w formie kilku kropli wypełniających komórki [27].

Tabela 1. Podstawowy skład chemiczny części morfologicznych nasion rzepaku [64]

Table 1. The basic chemical composition of rapeseed morphological componensis

| Frakcje morfologiczne nasion | Tłuszcz | Białko | Popiół | Włókno | Cukry niskocząsteczkowe |
|------------------------------|---------|--------|--------|--------|-------------------------|
| Okrywa nasienna | 13,7 | 14,5 | 7,2 | 47,6 | 6,5 |
| Liścienie | 50,4 | 28,2 | 4,0 | 4,0 | 8,2 |
| Całe nasiona | 45,0 | 23,0 | 4,5 | 10,0 | 10,0 |

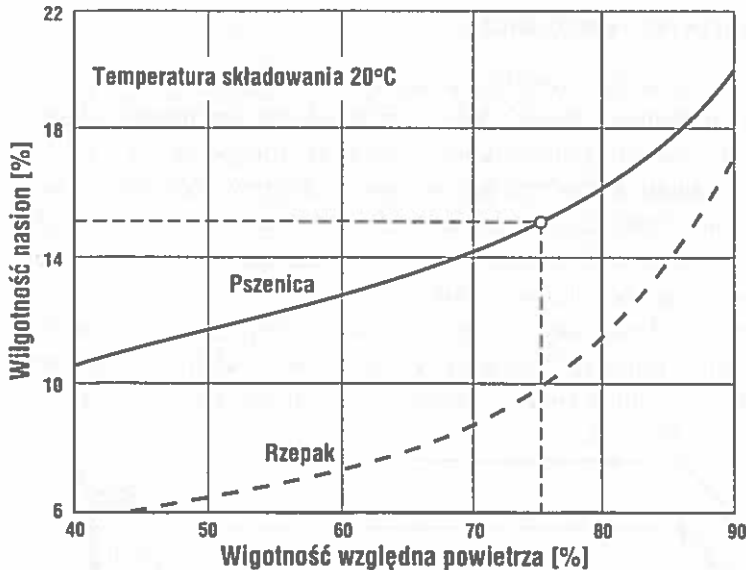
Analizując wartość technologiczną poszczególnych frakcji morfologicznych, jako surowca dla przemysłu tłuszczowego należy zauważyć, że składniki chemiczne nie są równomiernie rozłożone w poszczególnych częściach nasienia (Tabela 1).

Przedstawione dane wskazują na wysoki udział masy łupiny, który jest wynikiem małych rozmiarów nasion. Stanowi ona 1/5 część masy przerabianego surowca i zawiera czterokrotnie mniej tłuszczu niż liścienie. Jej usunięcie zwiększyłoby przepustowość maszyn, zmniejszając koszty wydobycia oleju [64]. Olej z okrywy wykazuje również znacznie gorsze właściwości technologiczne. Podjęto więc hodowlę odmian żółtonasiennych „000”, w których ilość błonnika, jako substancji antyżywniowej jest znacznie mniejsza [62].

Istotnym składnikiem nasion rzepaku jest zawartość wody, która nie jest cechą stałą, lecz zależną od wilgotności otaczającej je atmosfery. Znajomość wilgotności kondycjonalnej (gdy prawie 100% wody jest związana przez koloidy komórkowe) ma duże znaczenie dla określenia właściwych warunków przechowywania nasion, bowiem wtedy obserwuje się znaczne osłabienie procesów przemiany materii [16, 17, 31, 89]. Górna granica tej wilgotności określana jest mianem **wilgotności krytycznej** lub **granicznej**. Jej przekroczenie doprowadza do pojawienia się w nasionach tzw. **wody wolnej**, następnym czego jest wzmożenie procesów enzymatycznych i pobudzenie nasion do intensywnego życia. Nasiona jako ciała koloidalno-kapilarno-porowate mogą wydzielać lub pochłaniać parę wodną z powietrza. W stanie powietrznie suchym nasiona utrzymują tzw. **wilgotność równoważną**. Oznacza to, że zawartość wody w nasionach zależy od nasycenia powietrza (w określonej temperaturze) parą wodną.

Z zaznaczonych na Rys. 2 wartości wynika, że w powietrzu o 75% wilgotności, nasiona rzepaku o wilgotności 10% oraz pszenica o wilgotności 15%, znajdują się w higroskopijnej równowadze (nasiona ani nie pobierają wilgoci z powietrza ani jej nie oddają).

Wysoka zawartość w nasionach tłuszczu (ok. 40%), jako substancji hydrofobowej powoduje, że nasiona o wilgotności 15% będą zawierały w



Rys. 2. Wilgotność równoważna nasion rzepaku i pszenicy dla różnej wilgotności powietrza.
 Fig. 2. Equivalent moisture content of rapeseed and wheat grains at various humidity.

częściach beztłuszczowych 25% wody. Dlatego aby uniknąć ryzyka związanego z pogorszeniem jakości przy długotrwałym przechowywanych, nasiona rzepaku nie powinny zawierać więcej wody niż 7%.

Rys. 2 zawiera jeszcze inną istotną informację mającą zastosowanie w przechowywaniu. Mianowicie atmosfera wypełniająca przestrzeń między nasienne rzepaku, o wilgotności ok. 17%, jest prawie całkowicie nasycona wodą. Ważność tej informacji zauważymy po przestudiowaniu danych z prac Skriegana [70–74], z których wynika, że maksymalny czas przechowywania nasion o wilgotności 17% w temperaturze 25–30°C, a więc takiej, jaka występuje w okresie żniw rzepakowych jest praktycznie zerowy. Podobne informacje podaje również Muir, Sinha [54] ograniczając dla tych warunków bezpieczny czas składowania do kilku godzin. Informacja ta nabierze dodatkowego znaczenia przy określaniu właściwego terminu rozpoczęcia zbioru jednoetapowego.

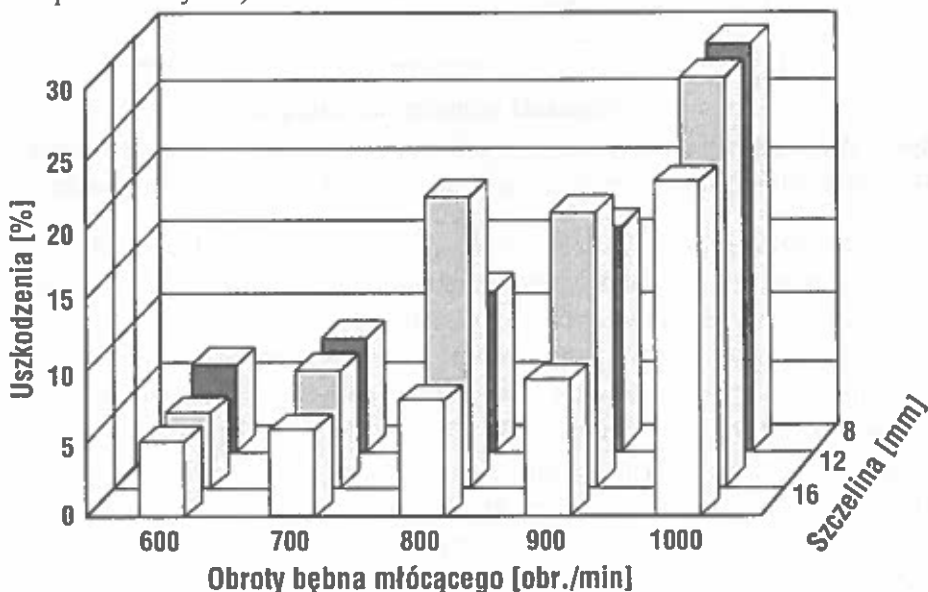
Wymagania jakościowe nasion rzepaku podwójnie ulepszonego, przeznaczonego do przetwórstwa na cele spożywcze i paszowe, reguluje obecnie norma PN-90 R-66151. Wymagania tej normy są następujące:

- liczba kwasowa tłuszczu – do 3 LK;
- zawartość kwasu erukowego w tłuszczu – do 2%;
- zawartość glukozyolanów alkenowych w suchej masie beztłuszczowej – do 25 $\mu\text{mol/g}$;

2.2. Właściwości mechaniczne

Podczas zbioru i obróbki pozbiorowej rzepaku (suszenie, czyszczenie, transport, przechowywanie) ujemnym skutkiem stosowanej mechanizacji są uszkodzenia nasion. Ich wielkość może przekroczyć nawet 25% [79, 83, 84]. Jest to wynikiem nakładania się ujemnych efektów oddziaływania na nasienie obciążeń mechanicznych (statycznych i dynamicznych), pochodzących od elementów roboczych maszyn w całym ciągu technologicznym zbioru, transportu, suszenia i przechowywania.

Przeprowadzone badania przez Szota i wsp. [83] wykazały, że uszkodzenia nasion podczas zbioru są wynikiem wysokich obrotów bębna młóścącego, małej szczeliny roboczej (odległość pomiędzy cepami bębna młóścącego a klepiskiem Rys. 3).



Rys 3. Wpływ obrotów bębna młóścącego i wielkości szczeliny omlotowej na ilość nasion uszkodzonych [83].

Fig. 3. The influence of thresher rotation and threshing slot on the amount of damaged seed.

Podczas zbioru rzepaku optymalna prędkość bębna młóścącego powinien zamykać się w przedziale. 550–650 obr./min. Najniższe obroty zalecane są przy młóceniu rzepaku z pokosów (ponieważ nasiona mają niską wilgotność). W tym przypadku również wielkość szczeliny roboczej powinna być maksymalna. Przy innych ustawieniach parametrów pracy tych podzespołów należy liczyć się z uszkodzeniami, które znacznie przekroczą obowiązujące normy, a tym samym pogorszą jakością nasion (Tabela 2).

Obrany kierunek hodowli – uzyskania odmian żółtonasiennych zawierających znacznie mniejsze ilości włókna (decydującego o wytrzymałości okrywy) nie pozwala przypuszczać, aby nasiona przyszłych odmian charakteryzowały się takimi właściwościami mechanicznymi, które gwarantowałyby ich wysoką odporność na oddziaływania mechanicznych obciążeń zewnętrznych. Należy nawet oczekiwać znacznego ich spadku. Tym bardziej, że mają one znacznie cieńszą okrywę nasienną [104]. Ograniczenie uszkodzeń nasion jest zatem możliwe jedynie poprzez stosowanie zaostrożonego rygoru technologicznego podczas zbioru. Skuteczność zabiegów agrotechnicznych ogranicza się przede wszystkim do wyboru odpowiedniego terminu i sposobu zbioru nasion uwzględniającego określoną – optymalną wilgotność nasion. Natomiast decydujące znaczenie mają wszelkie poczynania techniczne, idące w kierunku wyboru odpowiednich technik zbioru i obróbki pozbiorowej. A więc, stosowanie właściwej regulacji poszczególnych podzespołów maszyn zbierających (obroty bębna młócającego, wielkość szczeliny roboczej), stosowanie właściwej temperatury suszenia, unikanie przenośników pneumatycznych [78, 82, 83].

Tabela 2. Wpływ uszkodzeń nasion rzepaku na zawartość wolnych kwasów tłuszczowych [58]
Table 2. The influence of rapeseed damage on the amount of free fatty acid

| Wyszczególnienie | Nasiona nicuszkodzone | Zawartość połamanych nasion | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|------|------|------|
| | | 5% | 10% | 20% | 42% |
| Zawartość WKT (%) | 0,45 | 1,45 | 2,1 | 4,55 | 11,1 |
| Straty rafmacyjne (%) | 5,4 | 11,9 | 18,1 | 27,2 | 35,0 |

Całokształt poczynañ zmierzających do obniżenia strat wynikłych z uszkodzeń nasion, jest możliwy jedynie poprzez wcześniejsze gruntowne poznanie ich właściwości fizycznych decydujących o ich zachowaniu pod wpływem działania stałych sił (badania statyczne) oraz zmiennych w czasie (badania dynamiczne). Dzięki badaniom statycznym poznajemy takie właściwości fizyczne nasion jak: sprężystość, wartości sił niszczących, lepkość i inne cechy decydujące o ich wytrzymałości (moduł Younga, współczynnik Poissona). Pozwalają one na charakterystykę wytrzymałościową zarówno okrywy jak i całych nasion. Badania takie przeprowadził Stępniewski i wsp. [30, 76, 78] uzyskując odpowiednie zależności odkształceń od naprężeń przy różnej wilgotności nasion. Dobrzański [14, 15] natomiast oceniał wpływ czynników decydujących o wytrzymałości okrywy nasiennej oraz analizował mechanizmy powstawania jej uszkodzeń.

Budowa oraz skład chemiczny nasion sprawia, że w zależności od wielkości działania sił zewnętrznych (obciążeń) nasienie zachowuje się jak ciało

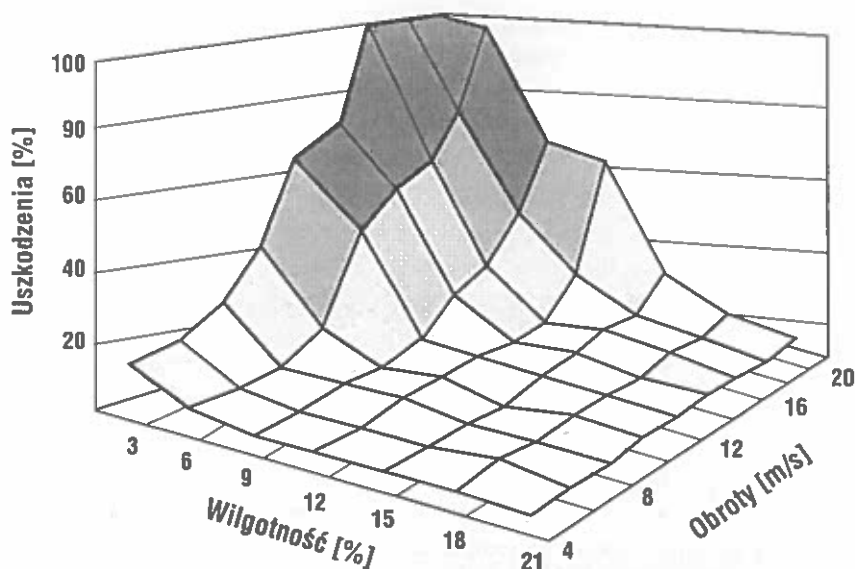
sprężyste lub lepko-sprężyste [50, 55]. Znajomość lepko-sprężystych właściwości przechowywanych materiałów pochodzenia roślinnego może pomóc w doborze właściwych warunków ich przechowywania (silosy, elewatory).

W trakcie procesu przechowywania nasiona poddawane są działaniom dość znacznych naprężeń (wynikających z nacisku warstwy składowanego materiału), które powodują ich trwałe odkształcenia. Czynnikiem istotnie wpływającym na zachowanie się nasion pod wpływem istniejących naprężeń jest ich wilgotność, stan dojrzałości, oraz temperatura przechowywania [2]. Deformacja nasion, pod wpływem istniejących naprężeń powoduje między innymi, zmiany gęstości w usypie, zmniejszenie porowatości (a więc utrudnione przewietrzanie nasion), a skutkiem może być szybsze rozprzestrzenianie się mikroorganizmów [2]. W przypadkach szczególnych (wysokie wartości obciążeń nasion, znaczna ilość nasion uszkodzonych, niewłaściwa obróbka pozbiorowa) może dojść do wypływu oleju, który w postaci otoczki będzie znajdował się na okrywie nasiennej.

O podatności nasion na odkształcenia decyduje również zawartość wody w nasionach, jako istotny czynnik wpływający na stan koloidalno-chemiczny białek, węglowodanów i innych związków zawartych w nasionach [22, 23, 79, 92]. Większa zawartość wody to również większa elastyczność nasion – zdolności do odkształceń. Przy niskiej wilgotności nasienie staje się twarde i kruche, a obciążenia zewnętrzne przyczyniają się do powstawania pęknięć i połowkowania nasion. Wpływ wilgotności nasion i prędkości obrotowej bijaka na wielkość uszkodzeń nasion przedstawiono na Rys. 4.

Wilgotność nasion jest podstawowym czynnikiem decydującym o charakterze deformacji jakiej podlegają nasiona pod wpływem obciążeń. Zjawiska odkształceń sprężystych i niesprężystych są w tego typu materiałach ściśle ze sobą związane, a budowa wielowarstwowa nasion powoduje, że podczas odkształcenia niektóre obszary nasienia ulegają odkształceniu sprężystemu, podczas gdy inne ulegają w tym samym czasie zniszczeniu (utrata spójności tkanek) [87].

Opisane zachowanie nasienia, związane z odkształceniem i płynięciem, określa jego właściwości reologiczne. Nasienie rzepaku, jako obiekt biologiczny, przedstawia bardzo skomplikowany układ reologiczny ze względu na złożoność i niejednorodność struktury wewnętrznej, skład chemiczny oraz kształt. Z tego względu trudno jest przypisać nasieniu znany dotychczas teoretyczny model reologiczny, który z zadawalającą dokładnością opisywałby jego zachowanie pod działaniem obciążeń statycznych czy dynamicznych. Eksperymenty zmierzające do ustalenia zgodności wyników empirycznych z teorią napotykały i napotykają w dalszym ciągu na duże trudności i wymagają kontynuacji.



Rys. 4. Uszkodzenia nasion rzepaku powodowane obciążeniami dynamicznymi.

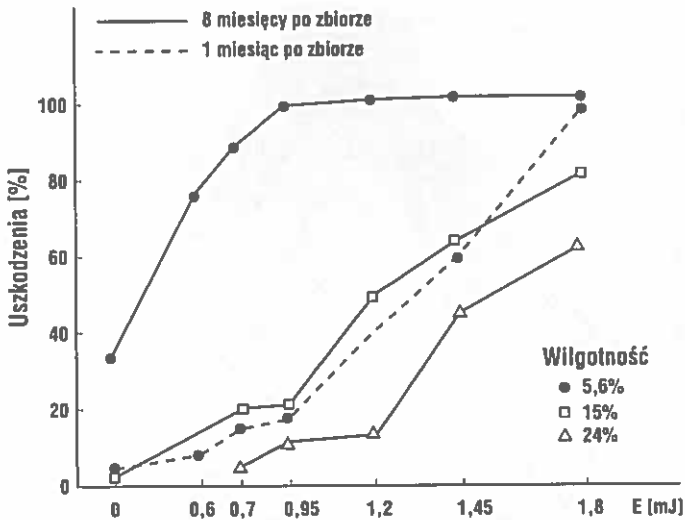
Fig. 4. Rapeseed damage caused by dynamic loading.

Badania właściwości mechanicznych nasion z wykorzystaniem metod dynamicznych są szczególnie interesujące, gdyż w ciągu technologicznym, od zbioru do przerobu, nasiona poddawane są najczęściej właśnie takim obciążeniom (z wyjątkiem przebywania nasion w silosie, gdzie podlegają obciążeniom statycznym).

Podczas kontaktu nasienia z przeszkodą, zależnie od energii uderzenia, powstają w nim odkształcenia sprężyste lub trwałe – wynikiem z utraty spójności jego tkanki. W przypadku nasion, których właściwości zmieniają się w zależności od wilgotności, temperatury, czasu przechowywania, stanu dojrzałości, opracowanie właściwej metodyki badawczej wymaga zarówno gruntownej znajomości mechaniki jak i specyficznej budowy tych obiektów.

Skłonność nasion rzepaku do uszkodzeń mechanicznych oraz ich charakter zależy w przeważającej mierze od właściwości anatomiczno-morfologicznych kształtowanych przez wielkość nasion, czas i warunki ich przechowywania, dojrzałość oraz miejsca przyłożenia siły [85, 86, 93]. Przeprowadzone badania wykazały, że odporność nasion na uderzenie zależy od ich wilgotności oraz „wieku” (Rys. 5). Obciążenie nasion energią uderzenia $E = 1,8$ mJ spowodowało, że nasiona o wilgotności 24% uległy uszkodzeniu w 60%, a przy wilgotności 5,5% prawie w 100%.

Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że nasiona rzepaku przechowywane w worku przez 8 miesięcy miały nieporównywalnie niższą wytrzymałość (energia uderzenia 1 mJ niszczyła już 100% nasion) niż tuż po zbiorze.



Rys. 5. Wpływ energii uderzenia, wilgotności oraz czasu przechowywania na wielkość ilość uszkodzonych nasion rzepaku (frakcja 2,0).

Fig. 5. The influence of striking energy, moisture content and storage period on rapeseed damage (fraction 2.0 mm).

Zjawisko to jest niewątpliwie związane z procesami biologicznymi osłabiającymi wytrzymałość ścian komórkowych i winno być znane zarówno użytkownikom jak i personelowi zajmującym się przechowywaniem i przetwórstwem nasion rzepaku.

Rozwiązanie przedstawionych problemów może wnieść wiele informacji do praktyki inżynierskiej, co umożliwi bardziej efektywne poszukiwanie sposobów zapobiegania nadmiernym uszkodzeniom, którym ulegają nasiona podczas procesów zbioru, transportu, przechowania aż do ostatecznego ich wykorzystania jako surowca.

3. WARUNKI ZBIORU

3.1. Czynniki agrotechniczne

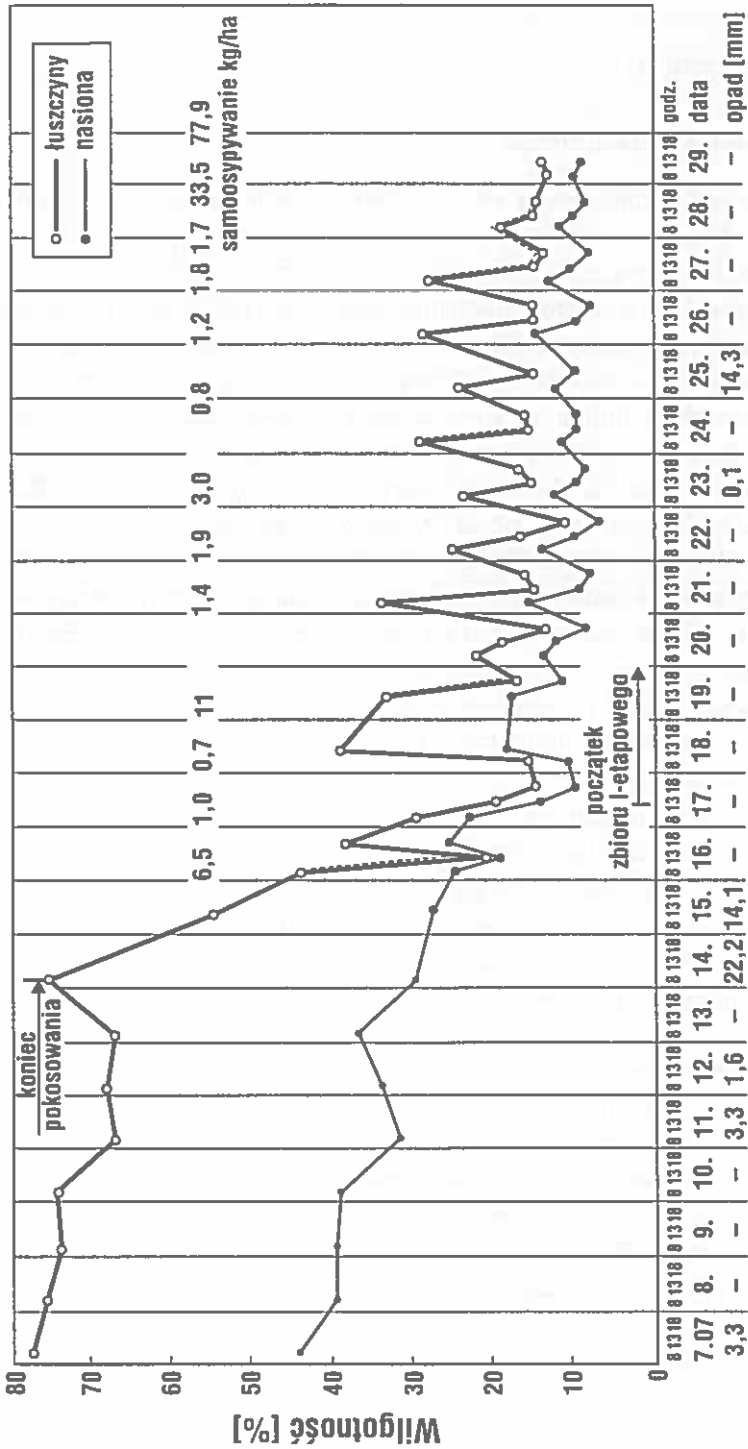
Rzepak jest rośliną, która stwarza szereg trudności podczas mechanicznego zbioru. Wynika to z szybkiej zmiany dojrzałości łanu pod koniec procesu dojrzewania. Rośliny rzepaku w ciągu zaledwie kilku godzin, przy słonecznej pogodzie, są w stanie zmienić diametralnie właściwości mechaniczne swoich owoców. Przyczyną jest szybka utrata wody spowodowana dojrzewaniem łuszczyń, co wpływa na wzrost skłonności do pęknięcia i osypywania nasion.

Końcowy okres dojrzewania, to także gwałtowne zmiany zachodzące w nasionach. Nasiona wprawdzie zakończyły już „nalewanie nasion olejem”, który to proces zdaniem Bartkowiak-Brody i Krzymańskiego [1] zakończył się w 40 dniu po kwitnieniu, ale MTN nasion wzrastała nawet do 70 dnia po kwitnieniu. W nasionach następuje również spadek zawartości wody oraz spadek zawartości chlorofilu [5]. Nasiona uzyskują również niezbędną wytrzymałość, która będzie decydować o ich zachowaniu w czasie obróbki pozbiorowej, a szczególnie w czasie składowania.

Dane zawarte na Rys. 6 obrazują przebieg wilgotności łuszczyń i nasion w okresie od wczesnej dojrzałości technicznej do opóźnionej dojrzałości pełnej przedstawiony na przykładzie odmiany Mar. Na osi poziomej zaznaczono datę pomiaru (dzień i miesiąc) oraz godzinę, w której pobierano materiał do badań, w celu określenia wilgotności. Na osi zaznaczono także wielkość opadów (mm). Nad linią opisującą wilgotność łuszczyń podano wartości mówiące o ilości samoosypanych nasion (kg/ha), które zostały stwierdzone podczas dojrzewania łanu. Zaznaczono również moment, w którym powinno nastąpić zakończenie pokosowania oraz moment rozpoczęcia zbioru jednoetapowego.

Najsilniejszym zmianom ulegały łuszczyzny, które nawet w ciągu jednej doby zmieniały wilgotność z 10% do 60% i ponownie wysychały do ok. 20%. Wahania te, oczywiście istotnie wpływały na wzrost skłonności do pęknięcia łuszczyń i osypywanie nasion. Takie zachowanie roślin w końcowej fazie dojrzewania oraz w czasie zbioru jest przyczyną znacznych strat nasion, które w niektórych przypadkach wynoszą nawet 25–30% biologicznego plonu. Tak znaczne straty nasion stawiają pod znakiem zapytania opłacalność produkcji tej rośliny.

Na Fot. 1 przedstawiono pole w kilka dni po zbiorze, kiedy osypane nasiona wykiełkowały (w pustych miejscach zbierano nasiona do określenia strat). Na jednym metrze kwadratowym, po zbiorze, można się doliczyć nawet

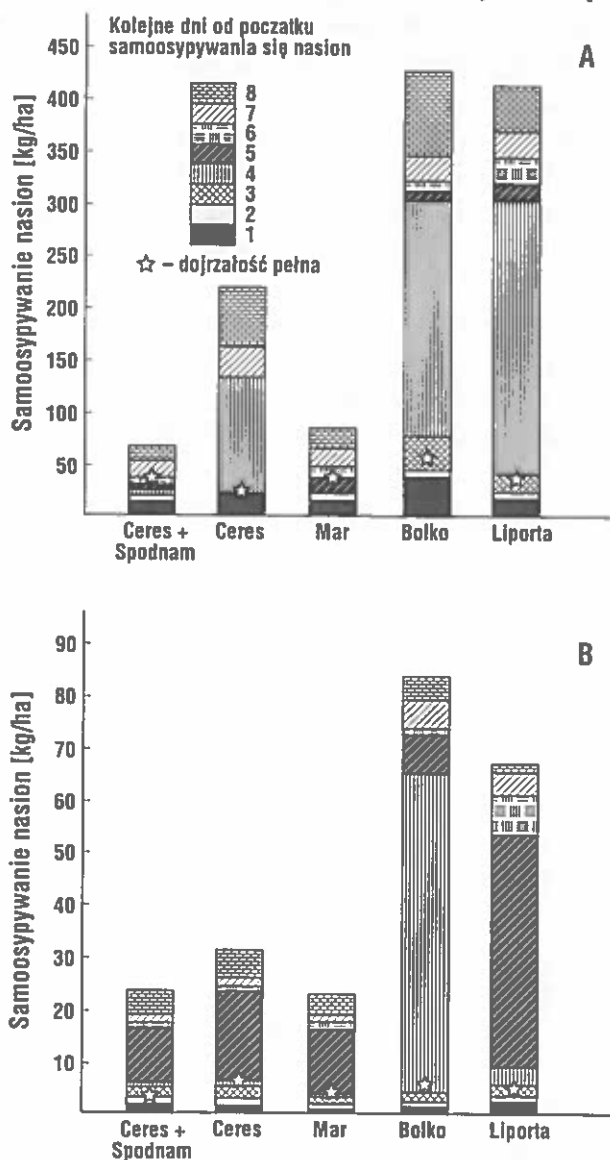


Rys. 6. Dynamika schnięcia tłuszczyn i nasion rzepaku odmiany Mar w czasie dojrzewania.

Fig. 6. Changes of moisture content of pods and seed of Mar variety during maturing.

ponad 10 000 nasion [102]. Wpływają na to straty wynikające z samoosypywania nasion w końcowej fazie dojrzewania jak i straty powodowane pracą kombajnu.

Z danych zamieszczonych na Rys. 7 wynika, że wielkość tych strat wykazuje znaczny rozrzut od 25 kg/ha dla odmiany Ceres po zastosowaniu



Rys. 7. Starty nasion spowodowane samoosypywaniem w końcowej fazie dojrzewania łanu (przez 8 dni).

Fig. 7. Seed losses caused by shattering at the final period of canopy maturing (during 8 days).

Spodnamu w 1991 r. do 430 kg/ha dla odmiany Bolko w 1990 r. Z zestawienia tych danych wynika również, że w roku 1990 odmiana Liporta również utraciła bardzo dużo nasion. Na uwagę zasługuje zachowanie odmiany Mar, która osypała tylko 100 kg/ha nasion oraz dodatni wpływ preparatu Spodnam (Ceres stracił tylko 70 kg/ha), jak również fakt, że w trakcie dojrzewania istnieją dni kiedy osypywanie przybiera bardzo znaczące wartości. Wystąpiły również bardzo istotne różnice pomiędzy latami. Tak znaczne zróżnicowanie strat w poszczególnych latach jest wynikiem splotu szeregu czynników, które sprawiają, że w jednym roku są one jedynie symboliczne, gdy tymczasem w innym mogą zagrozić opłacalności produkcji. Podane przykłady wskazują na niektóre z istotnych czynników, które współdecydują o tej istotnej dla producenta cenie roślin. Straty te mogą być zwielokrotnione przez niewłaściwe przystosowanie kombajnu.

Innym istotnym czynnikiem, który może doprowadzić do strat zagrażających opłacalności produkcji są choroby i szkodniki rzepaku. Wpływają one nie tylko na straty ilościowe nasion lecz również na jakościowe.

Intensywność występowania chorób i szkodników jest uzależniona w znacznym stopniu od przebiegu pogody. Lata ciepłe i wilgotne sprzyjają rozwojowi chorób grzybowych, z których najgroźniejsza jest czerń rzepakowa (*Alternaria brassicae*). Porażone nią łuszczyiny pękają i osypują nasiona, a przy nasilonym występowaniu patogena straty w plonie rzepaku mogą sięgać 70–80% [45, 65]. Zagrożone są szczególnie plantacje ze skłonnością do wylegania, powstaje bowiem wtedy specyficzny mikroklimat, korzystny dla rozwoju szkodliwych grzybów. Olsson [59] podaje, że brak ochrony plantacji środkami chemicznymi może przyczynić się do znacznego porażenia plantacji przez grzyby patogeniczne, w głównej mierze przez *Verticillium* (66%) oraz *Sclerotinia* (20%), co może wpłynąć na 19% zniżkę plonu.

Znaczne straty powodują także szkodniki występujące w dużym nasileniu. Mogą one porażać bezpośrednio łuszczyiny, które wcześniej żółkną, zasychają i przedwcześnie osypują nasiona. Szczególnie szkodliwe są chowacze, których larwy mogą niszczyć nie tylko łuszczyiny lecz także łodygi powodując przedwczesne dojrzewanie porażonych roślin. Na Fot. 2 przedstawiono typowe zmiany zachodzące w łodygach zaatakowanych przez chowacze. Uzyskane z nich nasiona są małe, brązowe i osypują się przed osiągnięciem przez łan właściwej fazy dojrzałości.

Obserwacje przeprowadzone na doświadczeniach łanowych pozwoliły stwierdzić, że nie wszystkie odmiany zostały w równomierny sposób zaatakowane przez chowacze. Największą ilość roślin porażonych zaobserwowano na odmianie Ceres – nawet do 20%. U innych odmian, chore rośliny wystę-

powąży tylko w nieznacznym zakresie – od 3 do 5%, a u odmiany Bolko – w ogóle.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że łuszczyzny roślin porażonych przez chowacze łodygowe są o 20–30% bardziej podatne na pęknięcie w porównaniu do roślin zdrowych. Również sztywność łodyg uległa znacznemu spadkowi (o ponad 40%) szczególnie w dolnej strefie, co sprzyjało wyleganiu łanu.

Rośliny porażone znacznie wcześniej osiągały pełną dojrzałość (średnio o ok. 3–4 dni) posiadały mniejszą ilość wykształconych łuszczyzn, a także znacznie obniżone wartości parametrów odpowiedzialnych za plonowanie np. masa 1000 nasion (Tabela 3). Szczególnie wyraźne różnice stwierdzono w

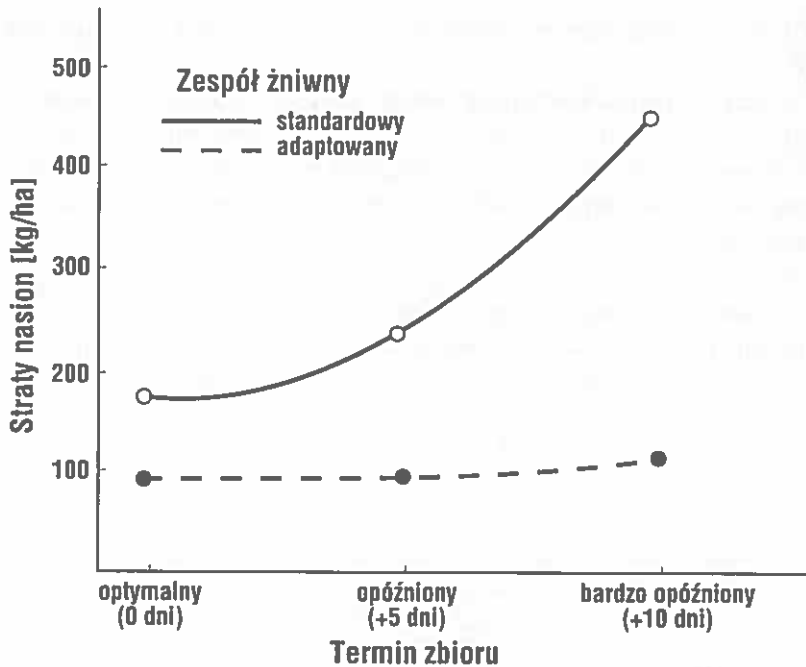
Tabela 3. Dorodność nasion pochodzących z roślin zdrowych oraz porażonych przez chowacze łodygowe

Table 3. Rapeseed shapeliness according to healthy plant and plant attacked with Cabbage seed weevil

| Odmiana | Masa 1000 nasion (g) | |
|-----------|----------------------|----------------|
| | rośliny porażone | rośliny zdrowe |
| Ceres | 3,57 | 4,70 |
| Leo | 3,92 | 3,96 |
| Libravo | 3,97 | 4,33 |
| Mar | 3,37 | 4,08 |
| Bolko | 3,71 | 4,10 |
| \bar{x} | 3,71 | 4,27 |

odmianie Ceres. MTN obliczona dla roślin zdrowych różniła się w porównaniu do roślin chorych o 1,27g. Przyjmując, że na jednej plantacji wszystkie rośliny są porażone, a na drugiej tylko zdrowe to różnica w plonie wyniesie 12,7 q/ha. Są to więc bardzo znaczące wielkości, które mogą zdecydować o opłacalności produkcji. Ponieważ porażonych roślin w łanie stwierdzono około 20% oznacza to, że o około 2,5 q zmalał uzyskany plon. Nie wzięto przy tym pod uwagę zwiększonej podatności na osypywanie się nasion roślin porażonych w czasie dojrzewania oraz podczas zbioru (agresywna praca zespołu żniwnego – listwa tnąca, nagarniacz i rozdzielacz). W efekcie plon pochodzący z roślin porażonych realnie może ulec zmniejszeniu o ponad 35%. Zostało to potwierdzone w pracach wykonanych przez Kelm [43].

Przy zbiorze opóźnionym oraz sprzęcie łanu porażonego przez choroby i szkodniki ważną rolę odgrywa wyposażenie kombajnu w wydłużoną podłogę zespołu żniwnego, która wpływa na ograniczenie strat nasion podczas zbioru. Ograniczenia te wystąpiły zarówno w kombajnie typu Bizon jak i Claas



Rys. 8. Straty nasion powodowane przez kombajn Bizon w zależności od jego wyposażenia oraz terminu zbioru [83].

Fig. 8. Seed losses caused by BISON harvester according to it equipment and harvest date.

Tabela 4. Starty nasion rzepaku określone dla kombajnu CLASS w kg/ha [75]

Table 4. Rapeseed losses for CLASS harvester kg/ha

| Długość zespołu żniwnego [m] | Typ zespołu żniwnego | | Rozdzielacz lanu | | Młocarnia |
|------------------------------|----------------------|-------------|------------------|---------|-----------|
| | wydłużony | standardowy | aktywny | pasywny | |
| 5,10 | 279 | 311 | 46 | 118 | 68 |
| 3,00 | 172 | 256 | 72 | 92 | 64 |

(Rys. 8, Tabela 4). Opóźniony zbiór pociąga za sobą wyższe straty, niezależnie od zakresu wyposażenia kombajnu, jednak wydłużona podłoga znacznie te straty redukuje. Dane te wskazują na potrzebę dokładnego przygotowania kombajnu (niezależnie od jego marki) do zbioru rzepaku.

Osypane nasiona to nie tylko znacznie niższy plon, to także bardzo istotny problem dotyczący jakości nasion.

Przeprowadzone badania [6, 52] wykazały, że znaczna część nasion nie kiełkuje bezpośrednio po zbiorze lecz dopiero w następnych latach. Stają się one chwastami i powodują „zanieczyszczenie” genetyczne nowych plantacji rzepaku. Zapyłone w ten sposób rośliny wytwarzają nasiona z wysoką zawartością kwasu erukowego i glukozyolanów, które mogą nawet przekroczyć

obowiązujące normy [6]. Wysoki udział rzepaku w strukturze zasiewu i w związku z tym częsty jego powrót na to samo pole sprawia, że zagrożenie niepożądanego zapylenia jest stosunkowo wysokie. Zagrożenia te są związane również z występowaniem chwastów z rodziny krzyżowych.

Straty nasion w głównej mierze są uzależnione od [48]:

- cech odmianowych;
- warunków meteorologicznych;
- nasilenia chorób i szkodników;
- czynników agrotechnicznych.

Każdy z tych czynników wpływając na rośliny i łuszczyzny modyfikuje skłonność do osypywania nasion. Nałożenie się kilku takich niesprzyjających czynników np. niesprzyjająca pogoda oraz występowanie chorób i szkodników doprowadza do strat tak znacznych, że ponad połowa biologicznego plonu może ulec utracie.

Jakie w związku z tym są możliwości ograniczenia strat:

1. Stosując odmiany przystosowane do mechanicznego zbioru, a więc o niepękających łuszczyznach. Wieloletnie badania, oceniające podatność poszczególnych odmian na pęknięcie i osypywanie nasion (przebadano kilkadziesiąt jarych i ozimych form) pozwoliły wykazać, że pomiędzy najlepszymi a najgorszymi odmianami istnieją prawie 3 – krotne różnice. Stosując odpowiednie maszyny zbierające – przystosowane do zbioru tej właśnie rośliny.

2. Konstruktorzy mogą oczywiście takie maszyny skonstruować, ale plantatorzy chcieliby jedną maszyną kosić zboża, rzepak, koniczynę, trawy itd. Problem oczywiście tkwi w kosztach. Kompromis polega na łatwym i szybkim adaptowaniu i regulacji w zależności od rodzaju rośliny, którą zamierzamy zbierać. Za straty nasion odpowiedzialna jest przede wszystkim praca: listwy nożowej, podajnika ślimakowo – palcowego, nagarniacza, rozdzielacza łań. Łącznie są one szacowane na ok. 70% globalnych strat wywołanych przez kombajn (resztę stanowią straty wywołane pracą zespołu młócającego i czyszczącego).

3. Trzecim czynnikiem, który w zasadniczy sposób wpływa na straty nasion to odpowiednia technologia zbioru. Odpowiednia to znaczy taka, która zapewni niskie straty, a jednocześnie wysoką wartość użytkową nasion. Technologia taka powinna uwzględniać różne odmiany będące w uprawie, różne terminy sprzętu, np. bardzo wczesny i bardzo późny, różny stan plantacji, zachwaszczenie, stosowanie środków chemicznych czy regulatorów dojrzenia, które w istotny sposób zmieniają biologiczne, chemiczne i mechaniczne właściwości roślin (łodyg, łuszczyzn, nasion) i oczywiście posiadany sprzęt.

W większości krajów w których uprawiany jest rzepak w tym również i w Polsce stosowane są dwie technologie zbioru jedno- i dwuetapowa.

3.2. Technologia i terminy zbioru

3.2.1. Zbiór jednoetapowy

Decydując się na jednoetapowy zbiór rzepaku musimy pamiętać, że chociaż daje on niewątpliwe korzyści ekonomiczne i organizacyjne, to stosując go zmieniamy jednak zasadniczo proces dojrzewania roślin, który w tym przypadku przerywany jest dość gwałtownie.

Zbiór jednoetapowy powinien rozpoczynać się po uzyskaniu przez rośliny dojrzałości pełnej. Koszenie łąnu w terminie wcześniejszym powoduje większą ilość niedomłotów, a tym samym wzrost strat nasion [96]. Ponadto nasiona uzyskane z niedojrzałych roślin będą pośladem podatnym na samozagrzewanie i pleśnienie oraz będą charakteryzować się niskimi walorami technologicznymi (wysoka zawartość chlorofilu, LK i LN mała MTN).

Niezmiernie ważne będzie więc równomierne dojrzewanie wszystkich roślin i właściwy dobór terminu zbioru. Stąd coraz częściej, stosuje się środki służące regulacji dojrzewania roślin i nasion mające na celu przyspieszenie i wyrównanie dojrzewania łąnu, szczególnie w czasie mokrego lata, gdy okres kwitnienia jest dłuższy.

Konieczność stosowania regulatorów dojrzewania jest związana z opryskiwaniem plantacji, a więc wymaga nakładu pracy oraz dodatkowych kosztów (zniszczenia wywołane przejazdem ciągnika oraz koszty preparatu i oprysku). W ten sposób traci się poważny atut jaki daje jednoetapowa technologia zbioru. Na plantacjach takich, a więc wymagających stosowania tego typu zabiegów, właściwsze jest stosowanie dwuetapowej technologii zbioru. (W lata suche, zastosowanie na plantacji środka Reglone wpływa ujemnie na cechy mechaniczne łuszczyń, stąd łatwiejsze ich pękanie i osypywanie nasion. Stosowany natomiast w lata wilgotne istotnie podnosi odporność łuszczyń na pękanie).

Muśnicki, Horodyski [57] w swoim kluczu podają następujące informacje przydatne do określania dojrzałości pełnej:

- *na roślinach nie ma już nasion zielonych, a tylko ok. 10% brunatnieje jeszcze po bokach, reszta nasion brunatna na całej powierzchni;*
- *łuszczyzny żółte i brunatniejące są jeszcze jędrne lecz łatwo pękają pod wpływem czynników zewnętrznych;*
- *lodygi ciemne i zaczynają zasychać;*
- *zawartość wody w nasionach poniżej 20%.*

Określenie dojrzałości pełnej wg propozycji klucza, ze względu na opisowy charakter zawartych tam informacji, jest przydatny przede wszystkim dla celów biologicznych. Dla mechanizatorów istotna jest zmiana (wynikająca z dojrzewania roślin) takich charakterystycznych cech roślin, które można w

prosty i jednoznaczny sposób określić. Dobrze, jeśli cecha ta miała by wpływ na pracę maszyn zbierających, bądź też wpływała na jakość uzyskanych nasion. Taką cechą, jest niewątpliwie wilgotność nasion. Informacja taka mówi jednocześnie o dojrzałości zbieranych nasion, jak i o koniecznym zakresie regulacji podzespołów roboczych kombajnu, którym będzie dany łąn koszony. Parametr ten można w prosty sposób określić za pomocą niezbyt drogich aparatów do szybkiego określania wilgotności. Łąn rzepaku w fazie dojrzałości pełnej przybiera charakterystyczny rudawy kolor (Fot. 3).

Jako moment odpowiedni – początek zbioru – należy przyjąć fazę dojrzałości, gdy nasiona osiągną wilgotność poniżej 17% (patrz dynamika schnięcia Rys. 6). Analiza przebiegu wilgotności nasion dokonana na ośmiu odmianach podczas czterech sezonów wegetacyjnych pozwoliła przyjąć tę wartość jako maksymalną, która zapewnia właściwą dojrzałość (ilość chlorofilu, LK, LN oraz wytrzymałość mechaniczną). Szczegółowe uzasadnienie **granicznej wilgotności nasion wynoszącej 17%** zostało wcześniej omówione.

Obserwacje wykonane na różnych plantacjach rzepaku wykazały, że opis roślin zawarty w kluczu, odpowiada przyjętej granicy wilgotności. Określanie tym sposobem początku zbioru jednoetapowego (dojrzałości pełnej nasion) w poszczególnych latach i dla różnych odmian nie nastręczał żadnych trudności. Przedstawiona dynamika schnięcia łuszczyń i nasion pozwala również na określenie, która z odmian wcześniej dojrzeje, co można wykorzystać w gospodarstwie do wydłużenia okresu żniw rzepakowych (uprawiając odmianę wczesną i późną).

Należy zaznaczyć, że nasiona koszone kombajnem bardzo szybko ulegają wtórnemu nawilgoceniu. Następuje to pod wpływem zanieczyszczeń np. resztek słomy, której wilgotność w czasie zbioru wynosi ok. 70% oraz nasion chwastów, również o znacznej wilgotności. Jeżeli więc zmierzmy wilgotność nasion zebranych z pojedynczych roślin, to musimy uwzględnić fakt, że tuż po zbiorze ich wilgotność (w masie) natychmiast wzrośnie o 1,5 do 2%. Stąd decydując się na taki sposób zbioru musimy mieć zapewniony dostęp do suszarni o stosunkowo dużej wydajności.

Badania zmierzające do określenia wpływu warunków zbioru jednoetapowego na jakości nasion rzepaku prowadzono na doświadczeniach łąnowych o powierzchni minimum 1 ha.

Zbioru dokonywano kombajnem BIZON ze standardowym wyposażeniem. W badaniach łąnowych zastosowano następujące terminy koszenia:

- bardzo wczesny (5 dni przed dojrzałością pełną);
- wczesny (3 dni przed dojrzałością pełną);
- optymalny (dojrzałość pełna);
- opóźniony (8 dni po dojrzałości pełnej).

Z każdej kombinacji doświadczenia pobierano nasiona (około 50 kg), z których część przeznaczano na analizy chemiczne.

Każda kombinacja była wykonywana w trzech powtórzeniach.

3.2.2. Zbiór dwuetapowy

Zbiór dwuetapowy realizowany jest przy użyciu kosiarki pokosującej (Fot. 4), która ścina zielone rośliny na pokosy oraz kombajnu, który służy do ich omlotu. Pokosy mogą być omlacane przez kombajn wyposażony w podbieracz do pokosów (Fot. 5), bądź też może być zastosowana metoda „podcinania ścierniska” (Fot. 6). W tym przypadku kombajn, aby omlócić pokos ścina ściern, na której on leży. Dwuetapowy sposób zbioru był przez wiele lat uważany za najbardziej ekonomiczny, przynoszący najniższe straty i pozwalający uzyskać nasiona o najwyższych walorach użytkowych [12]. Jego niekwestionowane atuty, to przyspieszenie zbioru o 7 do 10 dni, co jest ważne przy właściwym rozkładzie prac w gospodarstwie. Pozwala ekonomicznie wykorzystać maszyny zbierające (nie nakładanie się „małych zniw” rzepakowych z „dużymi” zbóż). Uzyskane nasiona powinny również charakteryzować się niższą wilgotnością (o ok. 2%). Jednak skrócenie o 10 dni wegetacji w miesiącu lipcu nie może pozostać bez wpływu na plon i jakość nasion. Ten sposób zbioru daje również możliwości popełnienia większej ilości błędów, które mogą „zaowocować” powstawaniem znacznie większych strat, zarówno ilościowych, jak i jakościowych nasion.

Najistotniejszą rzeczą przy zbiorze dwuetapowym jest właściwe określenie momentu rozpoczęcia koszenia roślin na pokosy. Optymalną dojrzałością, przy której rzepak powinien być pokosowany, gwarantującą wysoki plon (dobre wypełnienie nasion, wysoka MTN) oraz dobrą wartość technologiczną nasion (niską zawartość chlorofilu, odpowiednią liczbę kwasową oraz nadtlenkową), jest dojrzałość techniczna.

Muśnicki, Horodyski [57] w kluczu do określania stadiów rozwojowych rzepaku dojrzałość techniczną proponują określać na podstawie barwy roślin, łuszczyn oraz nasion.

Pełna dojrzałość techniczna:

– do 10% nasion na pędzie głównym matowozielonych, pozostałe brunatnieją po bokach lub są już brunatne. Brunatnieć zaczynają również nasiona z pędów bocznych;

– zawartość wody w nasionach ok. 40%;

– łuszczyny pożółkłe;

– lodygi bladezielone.

Również w tym przypadku, jak przy dojrzałości pełnej, opisowy charakter informacji powoduje powstawanie niejasności w określeniu właściwego ter-



Fot. 1. Straty nasion w polu.

Pic. 1. Seed losses at the field.



Fot. 2. Rośliny zdrowe oraz porażone przez chowacze lodygowe.

Pic. 2. Healthy plants vs. plants attacked with Cabbage seed weevil.



Fot. 3. Lan rzepaku w fazie dojrzałości pełnej.

Pic. 3. Rapeseed canopy (field) at full maturity.



Fot. 4. Kosiarka pokosująca w czasie pracy.

Pic. 4. Working swath mover.



Fot. 5. Kombajn omlacający pokosy z podbieraczem.

Pic. 5. Combine-harvester equipped with gatherer working on swaths.



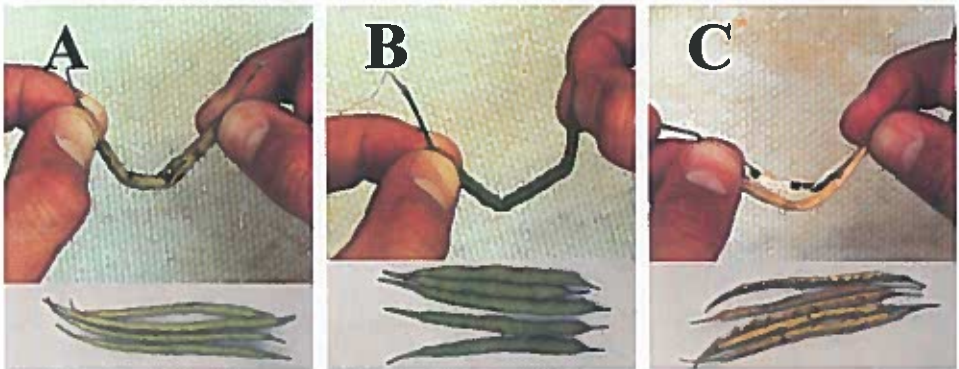
Fot. 6. Kombajn omlacający pokosy metodą „podcinania ścierniska”.

Pic. 6. Combineharvester working on swath second cutting method



Fot. 7. Łan rzepaku w fazie dojrzałości technicznej.

Pic. 7. Rapeseed canopy (field) at technical maturity



Fot. 8. Określenie dojrzałości technicznej rzepaku na podstawie zginania łuszczyń na kształt podkowy.

A łuszczyzny w fazie dojrzałości technicznej (optymalnej);

B łuszczyzny przed dojrzałością techniczną;

C łuszczyzny po dojrzałości technicznej.

Pic. 8. The way of pod's maturity estimation by pod bending into horseshoe.

A pod at technical maturity (optimal);

B pod before technical maturity;

C pod after technical maturity.

minu dojrzałości technicznej. Opis taki nie zawiera informacji istotnych dla mechanizatora, a mianowicie cech świadczących o wytrzymałości łuszczyń. W czasie pokosowania ścinane rośliny poddawane są bowiem dość energicznemu traktowaniu przez zespoły kosiarki. Czynnikiem decydującym o zakończeniu pokosowania roślin jest bowiem wysoki procent pękniętych łuszczyń i osypanych nasion. Z dynamiki schnięcia roślin (Rys. 6) wynika, że wilgotności łuszczyń, podczas dojrzewania (w pierwszej połowie lipca), ma początkowo przebieg monotoniczny i utrzymujący się na poziomie ok. 70%. Następnie w ciągu jednego dnia (co zostało sprawdzone na kilkunastu odmianach w czasie kilku lat) następuje bardzo gwałtowny spadek wilgotności łuszczyń do poziomu ok. 30%. Występujące wahania spowodowane były opadami deszczu, jak również zmianą wilgotności powietrza w poszczególnych porach dnia (doby). Ten gwałtowny spadek wyznacza końcową, bezpieczną granicę pokosowania roślin. Koszenie roślin na pokosy po tym terminie będzie się wiązać ze znacznymi stratami nasion, albowiem spadek wilgotności łuszczyń pociąga za sobą wzrost ich podatności na pękanie i osypywanie nasion. Pozostaje jeszcze problem określenia momentu rozpoczęcia pokosowania. Zbyt wczesne koszenie roślin będzie miało wpływ na jakość nasion. Skoszone rośliny nie będą bowiem w stanie odpowiednio „wyżywić” nasion.

Kilkuletnie badania wykazały możliwość zastosowania, prostej i skutecznej metody pozwalającej na wyznaczenie właściwego momentu rozpoczęcia koszenia roślin na pokosy. Metoda ta, polega na testowaniu wytrzymałości łuszczyń poprzez ich zginanie w palcach na kształt litery „U” (metoda została opracowana przez firmę „Mandops” do określania optymalnego momentu stosowania preparatu Spodnam DC). Łan o tej dojrzałości zachowuje typową barwę przechodzącą z koloru soczystozielonego do jasnozielonego (Fot. 7). Zginane łuszczyzny powinny lekko pękać na zgięciach, a w łanie powinna być około 60–70% takich właśnie łuszczyń (Fot. 8).

Metoda zginania czy skręcania łuszczyń w palcach, w celu określenia ich wytrzymałości, jest metodą tak starą jak stara jest hodowla rzepaku w kierunku uzyskania odmian niepękających. Obserwacje wykonane na różnych plantacjach rzepaku potwierdziły jednak przydatność, a także prostotę tej metody. Natomiast informacje zawarte w kluczu doskonale uzupełniają metodę zginania łuszczyń, co pozwala precyzyjnie określić moment rozpoczęcia koszenia roślin na pokosy. Prawidłowe określenie dojrzałości technicznej, jest bowiem często utrudnione ze względu na nierównomiernie dojrzewające rośliny w łanie. Wymaga więc dużego doświadczenia.

Należy zaznaczyć, że korzystając z metody klucza fenologicznego napotykałyśmy na trudności związane ze zmianą barwy łuszczyń po zabiegach dolist-

nego nawożenia azotem. Rośliny tak nawożone zachowują bowiem intensywną barwę zieloną, co może wpływać na niewłaściwe zdiagnozowanie ich dojrzałości.

Doświadczenia zmierzające do określenia wpływu różnych wariantów zbioru dwuetapowego na jakość nasion dokonywano na łanie rzepaku koszonego na pokosy kosiarką pokosową typu FORSCHRIT E 303.

Zastosowano 4 terminy koszenia na pokosy:

- bardzo wczesny (5 dni przed dojrzałością techniczną);
- wczesny (3 dni przed dojrzałością techniczną);
- optymalny (dojrzałość techniczna);
- opóźniony (3 dni po dojrzałości technicznej).

Rzepak ścinano na pokosy w różnych stadiach dojrzałości roślin i następnie zbierano kombajnem metodą tzw. podwójnego koszenia. Zbiór pokosów kombajnem przeprowadzono w trzech terminach:

– wczesnym (pokos młócono po 5 dniach od momentu skoszenia na pokosy);

- optymalnym (pokos młócono 8 dni od momentu skoszenia na pokosy);
- opóźnionym (pokos młócono 14 dni od momentu skoszenia na pokosy).

W czasie trwania wegetacji przetestowano działanie preparatów, które swoim działaniem wywierały istotny wpływ na cechy mechaniczne łuszczyn powodując zmiany ich odporności na pękanie. Analizie poddano preparat Spodnam, Harvade oraz Reglone, zalecane przy produkcji rzepaku.

SPODNAM DC – działa wytwarzając błonę półprzepuszczalną zapobiegającą pobieraniu wody z zewnątrz. Zapobiega pękaniu łuszczyn roślin krzyżowych i strąków roślin motylkowych oraz osypywaniu się nasion traw i obłamywania listków koniczyny i lucerny.

HARVADE – preparat z grupy regulatorów wzrostu i rozwoju roślin o działaniu wgłębnym. Działanie – zwiększa transpirację wody przez co przyspiesza i wyrównuje proces dojrzewania.

REGLONE – szeroko stosowany do desykcji i defoliacji roślin. Działanie polega na rozkładzie chlorofilu w roślinach, skutkiem czego następuje odwodnienie komórek i ich zasychanie.

Badania nad tymi preparatami prowadzono zarówno na doświadczeniach łanowych zbieranych kombajnem, jak i na doświadczeniach poletkowych. W doświadczeniach łanowych określano wielkość plonu z kombinacji na której zastosowano dany preparat oraz z kombinacji kontrolnej. Określano również wielkość strat powodowanych przez kombajn w trakcie zbioru oraz wartość technologiczną nasion.

W doświadczeniach poletkowych określano natomiast wpływ poszczególnych środków (Spodnam, Harvade, Reglone) na parametry mechaniczne łusz-

czyn pochodzących z różnych odmian (Spodnam zastosowano na 8 odmianach, Harvade i Reglone na 5 odmianach). Oceniono również wpływ każdego ze środków na cechy mechaniczne łuszczyń podczas pogody słonecznej oraz deszczowej.

Na niektórych poletkach zastosowano oprysk roślin preparatem Spodnam oraz preparatem Harvade i Reglone w celu stwierdzenia efektów działania kompozycji dwu różnych środków (Spodnamu i Harvade oraz Spodnamu i Reglone).

3.3. Wartość technologiczna nasion

Przeprowadzona ocena wartości technologicznej nasion wykazała, że sposób zbioru wywiera bardzo znaczny wpływ na te cechy nasion rzepaku, które warunkują ich przydatność dla przemysłu tłuszczowego. Wieloletnie badania wykonane w 16 różnych kombinacjach (6 lat, po 6 odmian), których celem była ocena obu technologii zbioru wykazały, że nasiona pochodzące ze zbioru dwuetapowego (oceniane tuż po zbiorze) cechują się w wielu przypadkach gorszymi wartościami mierzonych parametrów niż nasiona pochodzące ze zbioru jednoetapowego (Tabela 5). Największe różnice występowały w ilości zawartego w nasionach chlorofilu. Nasiona zbierane metodą dwuetapową charakteryzowały się znacznie większą jego ilością (od 6 do 39 mg/kg) natomiast dla zbioru jednoetapowego ilość ta wynosiła od 4 do 17 mg/kg. Natomiast maksymalna zawartość chlorofilu nie powinna przekraczać wartości 24 mg/kg [10]. Cecha ta świadczy o gorszej dojrzałości nasion uzyskiwanych ze zbioru dwuetapowego, co ma bezpośredni wpływ zarówno na jakość, jak i ilość uzyskiwanego z takich nasion oleju. Istotne różnice, pomiędzy stosowanymi technologiami, stwierdzono w 14 kombinacjach. Jedynie w dwu przypadkach, nasiona pochodzące ze zbioru dwuetapowego charakteryzowały się podobną zawartością tego barwnika, jak nasiona ze zbioru jednoetapowego. Dla pozostałych wskaźników gorszą jakość nasion, pochodzących ze zbioru dwuetapowego (szczególnie MTZ i liczbę nadtlenkową), stwierdzono w następującej ilości kombinacji: masa 1000 nasion – 6; zawartość tłuszczu – 4; liczba kwasowa – 8; liczba nadtlenkowa – 7. Zanotowano również pojedyncze przypadki, gdy nasiona pochodzące ze zbioru jednoetapowego wykazywały gorsze właściwości niż te ze zbioru dwuetapowego. Najwięcej takich przypadków (trzy) zanotowano dla liczby kwasowej. W pozostałych kombinacjach różnice te były nieistotne statystycznie.

Ocenie poddano również terminy zbioru, tak jedno- jak i dwuetapowego. Uzyskane wyniki badań wykazały, że terminy sprzętu miały bardzo znaczny wpływ tak na zawartość tłuszczu w nasionach jak i wartości LK, LN, a

Tabela 5. Wartość technologiczna nasion rzepaku w zależności od stosowanej technologii zbioru. I – zbiór jednoetapowy; II – zbiór dwuetapowy

Table 5. Technology values of the rapeseed depending on used crop-gathering technology; I – single phase crop-gathering; II – two phase crop-gathering

| Odmiana | Rok | MTN [g] | | Zawartość oleju [%] | | Zawartość chlorofilu [mg/kg] | | Liczba kwasowa [mgKOH/g] | | Liczba nadtlenkowa [mmoleO/kg] | |
|---------|------|---------|------|---------------------|-------|------------------------------|------|--------------------------|------|--------------------------------|------|
| | | I | II | I | II | I | II | I | II | I | II |
| Jupiter | 1988 | 5,5 | 5,3* | 48,2 | 47,2* | 4 | 20* | 1,6* | 1,3 | 1,6 | 4,1* |
| Ceres | 1989 | 4,9 | 4,8 | 51,9 | 49,1* | 15 | 25* | 1,3 | 1,5* | 2,3 | 6,1* |
| Ceres | 1990 | 5,0 | 4,9 | 51,5 | 49,5* | 17 | 39* | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 6,9* |
| Ceres | 1991 | 4,3 | 4,4 | 46,4 | 46,9 | 12 | 30* | 1,7 | 1,9* | 1,9 | 2,9* |
| Ceres | 1992 | 4,3 | 4,2 | 43,1 | 43,2 | 4 | 19* | 0,8* | 0,5 | 0,9 | 0,5 |
| Liporta | 1992 | 4,8 | 4,4* | 44,9 | 44,2 | 5 | 8* | 0,6 | 0,8* | 0,2 | 0,4 |
| Mar | 1992 | 4,6* | 4,8 | 45,0 | 45,5 | 7 | 7 | 0,3 | 0,6* | 0,6 | 0,6 |
| Bolko | 1992 | 4,3 | 4,0* | 42,8 | 43,5 | 4 | 15* | 0,9* | 0,4 | 0,7 | 0,9 |
| Liporta | 1993 | 4,9 | 4,7* | 45,0 | 44,7 | 9 | 14* | 0,9 | 0,9 | 0,3 | 0,4 |
| Bolko | 1993 | 4,7 | 4,5* | 43,9 | 42,0* | 7 | 12* | 1,1 | 1,1 | 0,8 | 1,1 |
| Mar | 1993 | 4,8 | 4,8 | 46,8 | 47,0 | 5 | 6 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 |
| Ceres | 1993 | 4,5 | 4,3* | 44,8 | 44,9 | 8 | 17* | 1,0 | 1,2* | 0,7 | 0,8 |
| Bolko | 1994 | 4,6 | 4,6 | 48,9 | 49,1 | 4 | 9* | 1,1 | 1,9* | 1,6 | 2,1* |
| Mar | 1994 | 4,4 | 4,5 | 45,9 | 45,5 | 8 | 13* | 1,3 | 2,1* | 2,2 | 1,1* |
| Ceres | 1994 | 4,7 | 4,7 | 44,2 | 44,3 | 8 | 13* | 0,9 | 0,7 | 0,9 | 0,6 |
| Leo | 1994 | 4,5 | 4,5 | 43,8* | 48,7 | 9 | 11* | 1,0 | 1,2* | 1,6 | 1,9* |
| Średnia | | 4,7 | 4,6 | 46,0 | 45,9 | 7,9 | 16,1 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,9 |

*oznaczono istotność różnic na poziomie $p = 0,05$ pomiędzy technologią jedno- i dwuetapową (znakiem oznaczono wartości istotnie gorsze).

szczególnie na zawartość chlorofilu. Nasiona pochodzące z bardzo wczesnego zbioru, niezależnie od stosowanej technologii, charakteryzowały się bardzo wysoką zawartością chlorofilu wynoszącą do 31 mg/kg przy bardzo wczesnym zbiorze jednoetapowym (Tabela 6) oraz do 55 mg/kg przy bardzo wczesnym terminie koszenia na pokosy (Tabela 8). Zawartość chlorofilu w nasionach rzepaku zależy zarówno od odmiany jak i roku uprawy.

Wczesny zbiór jednoetapowy niesie za sobą spadek tak zawartości tłuszczu w nasionach (o ponad 2%) jak i wyższą zawartość chlorofilu (o ponad 15 mg/kg) oraz gorszą liczbę kwasową i nadtlenkową tłuszczu w stosunku do terminu optymalnego. Ogólnie biorąc następuje pogorszenie wartości technologicznych nasion. W czasie 6-miesięcznego przechowywania tłuszcz pochodzący z nasion ze zbioru bardzo wczesnego i wczesnego charakteryzuje się już wyraźnie większą liczbą kwasową, a szczególnie nadtlenkową (nasion

Tabela 6. Zmiany wartości technologicznej nasion w zależności od ich dojrzałości oraz czasu przechowywania

Table 6. Changes of seed technological value according to ripeness and storage period

| Terminy wykonywanych analiz | Zbiór jednoetapowy | | | |
|--------------------------------|-------------------------|------------------|---------------|--------------------|
| | bardzo wczesny (-5 dni) | wczesny (-3 dni) | optimalny (0) | opóźniony (+8 dni) |
| Zawartość tłuszczu [%] | | | | |
| I | 49,7 | 50,1 | 51,9 | 51,8 |
| II | 45,0 | 46,3 | 48,5 | 49,8 |
| Zawartość chlorofilu [mg/kg] | | | | |
| I | 31 | 21 | 15 | 17 |
| II | 25 | 25 | 12 | 9 |
| Liczba kwasowa [mgKOH/g] | | | | |
| I | 3,4 | 1,6 | 1,3 | 1,3 |
| II | 1,0 | 0,6 | 0,4 | 0,3 |
| Liczba nadtlenkowa [mmoleO/kg] | | | | |
| I | 8,2 | 7,8 | 2,3 | 2,0 |
| II | 18,0 | 10,0 | 7,0 | 3,0 |

Oznaczenia: I – analizy chemiczne wykonywane tuż po zbiorze; II – analizy chemiczne wykonywane 6 miesięcy po zbiorze

Tabela 7. Masa tysiąca nasion [g] w zależności od odmiany i terminu zbioru

Table 7. The mass of 1000 seed [g] according to variety and harvest date

| Odmiana | Terminy zbioru | | | + |
|---------|----------------|---------|-----------|-----------|
| | bardzo wczesny | wczesny | optimalny | opóźniony |
| Ceres | -0,4 | -0,2 | 4,2 | 0 |
| Liporta | -1,0 | -0,7 | 4,8 | -0,2 |
| Mar | -0,4 | -0,2 | 4,6 | -0,2 |
| Bolko | -0,1 | 0 | 4,3 | -0,2 |

przechowywano w 50 kg workach w warunkach magazynowych). Różnica wartości LN pomiędzy skrajnymi stopniami dojrzałości dochodzi do 15.

Podobną tendencję można zauważyć w przypadku nieprawidłowego zbioru dwuetapowego (zbyt wczesnego koszenia roślin na pokosy lub zbyt szybkiego ich młócenia). W tym przypadku również obserwuje się znaczne pogorszenie wartości technologicznych nasion oraz tłuszczu z nich uzyskanego (Tabela 8).

Każda kombinacja doświadczenia, a więc zarówno termin koszenia na pokosy, jak i termin ich młócenia, zmienił wyraźnie zawartość chlorofilu w nasionach. Najniższe jego ilości stwierdzono w nasionach pochodzących z pokosów ciętych w terminie optymalnym i opóźnionym ale pod warunkiem,

Tabela 8. Zbiór dwuetapowy – zmiana wartości technologicznej nasion rzepaku w zależności od terminu koszenia roślin na pokosy, terminu zbioru pokosów oraz czasu przechowywania nasion

Table 8. Two-storage harvesting influence of time to swath, time of dithering from swath, and time analysis on the technological value of seeds

| Terminy analiz | Pokos koszony w terminie bardzo wczesnym (-5 dni) | | | Pokos koszony w terminie wczesnym (-3 dni) | | | Pokos koszony w terminie optymalnym | | | Pokos koszony w terminie opóźnionym (+3 dni) | | |
|--------------------------------|---|------|------|--|------|------|-------------------------------------|------|------|--|------|------|
| | A | B | C | A | B | C | A | B | C | A | B | C |
| Masa 1000 nasion [g] | | | | | | | | | | | | |
| | 4,7 | 4,8 | 4,8 | 4,7 | 4,8 | 4,7 | 4,7 | 4,9 | 5,0 | 4,9 | 5,1 | 5,2 |
| Zawartość tłuszczu [%] | | | | | | | | | | | | |
| I | 47,3 | 48,6 | 47,7 | 47,9 | 47,8 | 48,2 | 48,2 | 49,1 | 50,1 | 48,8 | 49,9 | 50,1 |
| II | 46,3 | 47,5 | 47,1 | 46,5 | 46,2 | 46,9 | 48,7 | 48,3 | 48,9 | 48,2 | 48,0 | 48,3 |
| Zawartość chlorofilu [mg/kg] | | | | | | | | | | | | |
| I | 55 | 52 | 32 | 47 | 40 | 32 | 25 | 20 | 12 | 25 | 12 | 9 |
| II | 15 | 12 | 10 | 17 | 30 | 20 | 16 | 15 | 12 | 22 | 8 | 8 |
| Liczba kwasowa [mgKOH/g] | | | | | | | | | | | | |
| I | 2,9 | 2,3 | 1,9 | 1,0 | 0,8 | 0,8 | 1,3 | 1,5 | 1,0 | 1,6 | 1,5 | 1,6 |
| II | 3,8 | 2,7 | 3,8 | 2,7 | 1,8 | 0,7 | 1,7 | 2,7 | 2,6 | 2,8 | 1,7 | 1,7 |
| Liczba nadtlenkowa [mmoleO/kg] | | | | | | | | | | | | |
| I | 4,6 | 6,3 | 1,5 | 4,5 | 4,0 | 2,4 | 3,0 | 4,1 | 1,9 | 6,7 | 3,5 | 2,1 |
| II | 7,4 | 6,3 | 6,8 | 5,4 | 4,8 | 4,7 | 3,7 | 5,8 | 2,9 | 6,2 | 3,5 | 2,5 |

A – pokos młócony po 5 dniach od momentu skoszenia na pokosy; B – pokos młócony po 8 dniach od momentu skoszenia na pokosy; C – pokos młócony po 14 dniach od momentu skoszenia na pokosy; I – analizy chemiczne wykonywane bezpośrednio po zbiorze; II – analizy chemiczne wykonywane 6 miesięcy po zbiorze.

że były omlacane 8, a najlepiej 14 dni od momentu skoszenia. Zmiany zachodzące w LK i LN nie były tak wyraźne.

Oceniając jakość technologiczną nasion pochodzących z kombinacji, na które zastosowano preparaty chemiczne (Spodnam, Harvade, Reglone) można zauważyć, że jedynie w przypadku roślin, na które zastosowano preparat Reglone, nastąpił nieznaczny spadek zawartości tłuszczu w nasionach o pok. 2% (Tabela 9). Dla niektórych odmian zanotowano również pogorszenie wartości badanych wyróżników oleju. Wyraźne zmiany wywołane działaniem preparatu Reglone zanotowano także w MTN, u odmiany Ceres i Liporta spadek ten wynosił 0,2–0,3 g. Należy zaznaczyć, że preparat ten był stosowany w terminie optymalnym. Natomiast liczne obserwacje wykonane na plantacjach produkcyjnych (gdzie wykonano podobne analizy nasion) wykazały znaczne różnice zarówno w MTN jak i innych parametrach świadczących o gorszej wartości technologicznej nasion.

Tabela 9. Zmiany wartości technologicznej nasion rzepaku wywołane wpływem stosowanych środków chemicznych

Table 9. Influence of chemical treatments on changes technological value of rapeseed

| Odmiana | Stosowany środek chemiczny | MTN [g] | Zawartość tłuszczu [%] | Liczba kwasowa [mgKOH/g] | Liczba nadtlenkowa [mmoleO/kg] | Zawartość chlorofilu [mg/kg] |
|---------|----------------------------|---------|------------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Ceres | kontrola | 4,3 | 41,5 | 0,79 | 0,95 | 4,6 |
| | Spodnam | 4,5 | 41,4 | 0,56 | 2,15 | 4,3 |
| | Harvade | 4,4 | 42,6 | 0,56 | 0,55 | 4,6 |
| | Reglone | 4,1 | 39,3 | 0,75 | 1,17 | 7,0 |
| | Spodnam + Harvade | 4,4 | 42,0 | 0,55 | 1,00 | 4,6 |
| Liporta | kontrola | 4,3 | 43,1 | 0,77 | 0,20 | 5,1 |
| | Spodnam | 4,3 | 44,9 | 0,65 | 0,30 | 4,5 |
| | Harvade | 4,3 | 43,9 | 0,60 | 1,15 | 4,1 |
| | Reglone | 4,0 | 42,1 | 0,63 | 2,23 | 7,7 |
| | Spodnam + Harvade | 4,3 | 43,7 | 0,53 | 0,15 | 5,3 |
| Mar | kontrola | 4,2 | 41,3 | 0,34 | 0,05 | 6,3 |
| | Spodnam | 4,6 | 41,3 | 0,70 | 0,90 | 7,8 |
| | Harvade | 4,2 | 40,2 | 0,54 | 0,67 | 11,1 |
| | Reglone | 4,1 | 39,1 | 1,93 | 1,37 | 11,3 |
| | Spodnam + Harvade | 4,3 | 40,5 | 0,87 | 0,23 | 10,6 |
| Bolko | kontrola | 4,2 | 42,7 | 0,74 | 0,17 | 5,4 |
| | Spodnam | 4,5 | 42,6 | 0,82 | 0,20 | 7,6 |
| | Harvade | 4,3 | 41,9 | 0,84 | 1,00 | 8,1 |
| | Reglone | 4,2 | 41,8 | 0,90 | 0,05 | 9,3 |
| | Spodnam + Harvade | 4,3 | 41,5 | 0,85 | 2,20 | 6,9 |

Terminy pozyskiwania nasion przy zastosowaniu technologii jednoetapowej wpłynęły również znacząco na MTN (Tabela 8). Dla odmiany Liporta różnica pomiędzy dorodnością nasion pochodzących ze zbioru bardzo przyspieszonego w stosunku do zbioru wykonanego w terminie optymalnym wynosiła aż 1 g, co oznacza, że uzyskany plon byłby o 10 q niższy. Dla odmian Ceres i Mar różnica ta wynosiła 0,4 g. Natomiast najmniej wrażliwą na przyspieszony zbiór okazała się odmiana Bolko. Jest rzeczą charakterystyczną, że MTN uzyskana w terminie opóźnionym była nieznacznie, ale zauważalnie mniejsza (0,1–0,2 g) w stosunku do zbioru optymalnego (Tabela 7). Bartkowiak-Broda, Krzymański [1] stwierdzili, że przyrost masy 1000 nasion uzależniony jest od długości okresu wegetacji oraz czasu nasłonecznienia. Ujemnie natomiast wpływają na ten parametr niskie średnie dobowe

temperatury oraz częste opady. Analizując kombinacje jakie zastosowano przy zbiorze dwuetapowym (Tabela 8) należy stwierdzić, że MTN nasion pochodzących z pokosów ściętych w terminie bardzo wczesnym i wczesnym wynosiła od 4,7 do 4,8 g i opóźniony termin ich młócenia nie wpłynął na jej zmianę. Dopiero pokosy koszone w terminie optymalnym i opóźnionym reagowały spadkiem MTN przy ich wcześniejszym młóceniu. Zbyt wczesne koszenie roślin na pokosy, bądź też zbyt wczesne ich młócenie wpływa jednak ujemnie na dorodność uzyskanych nasion, a różnice w MTN pomiędzy bardzo wczesnym i opóźnionym terminem mogą wynosić 0,5 g.

4. SUSZENIE NASION

4.1. Suszenie wysokotemperaturowe – zagrożenia

Suszenie nasion rzepaku stanowi jeden z bardziej istotnych elementów w kompleksie zabiegów określanych jako obróbka pozbiorowa. Efektywność tego procesu będzie miała wpływ zarówno na poniesione koszty jak i jakość uzyskiwanego oleju i śruty poekstrakcyjnej. Zła kondycja finansowa przedsiębiorstw rolniczych powoduje, że do suszenia nasion rzepaku używane są często suszarnie nie spełniające wymogów techniczno-eksploatacyjnych.

Bazując na danych z ankiet przeprowadzonych wśród producentów i dostawców rzepaku z rejonu surowcowego Zakładów Tłuszczowych „Kruszwica” S.A. wynika, że ponad 24% suszarni, używanych do suszenia rzepaku, była kupiona przed rokiem 1970, a tylko 4,5% po roku 1990. Wiąże się z tym problem zarówno sprawności technicznej jak i sposobu kontrolowania i rejestracji temperatury czynnika suszącego. Taka sytuacja zmusza do dokładnej oceny przydatności technologicznej nasion rzepaku suszonych w tych warunkach. Dotyczy to szczególnie suszarni bębnowych jak również suszarni, w których nasiona suszone są ogrzany powietrzem wdmuchiwanym bez wykorzystania wymienników ciepła bądź przy ich uszkodzeniu. Ze względu na różne systemy, zdolności przerobowe i typy suszarni jakość końcowa nasion może być bardzo różna.

W efekcie może dojść do skażenia suszonych, w ten sposób nasion, substancjami o działaniu mutagennym i rakotwórczym. Należą do nich wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (PAH). Najgroźniejszym przedstawicielem tej grupy jest składnik smoły węglowej i pogazowej oraz produkt niecałkowitego spalania związków organicznych – benzo(a)piren (a dokładniej benzo(a)piren). Jego zawartość w produktach spożywczych (wg norm FAO/WHO) nie powinna przekraczać 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ [35]. Przeprowadzone badania na oleju rzepakowym, słonecznikowym i sojowym wykazały istnienie benzo(a)pirenu na poziomie od 0,3 do 3,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$, to jest znacznie niższym od przewidywanej normy. Największe ilości tego związku występowało w tłoczonym oleju rzepakowym (gdzie stwierdzono również dość znaczne ilości związków pochodnych).

Z tych powodów tak ważne jest aby do suszenia rzepaku stosować jedynie suszarnie spełniające bardzo zaostrzone rygory technologiczne (ustabilizowana temperatura, równomierność suszenia, brak dostępu spalin).

Suszenie ogrzany powietrzem, nazywane też suszeniem średnio- lub wysokotemperaturowym, jest metodą suszenia nasion rzepaku albo w grubym,

nieruchomym złożu, czyli metodą suszenia wsadowego (porcjowego), albo też w złożu ruchomym, czyli metodą suszenia przepływowego (ciągłego). W tym drugim wypadku nasiona przemieszczają się grawitacyjnie, natrafiając po drodze na różnego typu elementy kierujące ich ruchem. Powietrze natomiast przepływa przez nasiona w kierunku zgodnym z ich ruchem (współprądowo – A), przeciwnym (przeciwprądowo – B) lub w poprzek (prąd skrzyżowany – C) Rys. 9.

Suszenie ogrzany powietrzem stosujemy wówczas, gdy warunki atmosferyczne są niekorzystne albo gdy rzepak zawiera po żniwach dużo wody. Wówczas ani przewietrzanie nasion, ani też suszenie niskotemperaturowe nie mogą spełnić swoich zadań by ochronić nasiona przed szybkim zepsuciem. Innym powodem stosowania tych technologii jest chęć uzyskania w jak najkrótszym czasie wysokojakościowego produktu, aby wykorzystać sytuację rynkową.

W procesie suszenia nasion rzepaku należy zdawać sobie sprawę, iż prędkość tego procesu jest niższa niż w wypadku suszenia ziarna zbóż. Jest to spowodowane większymi oporami przepływu powietrza przez gęsto upakowane złoże nasion. Opory te wzrastają wraz ze wzrostem ilości zanieczyszczeń w przedmuchiwanej warstwie nasion [37]. W takiej sytuacji wentylator, pracujący wg parametrów dostosowanych na ogół do suszenia ziarna zbóż, wytworzy wyższe ciśnienie statyczne, przy niższym strumieniu objętości powietrza, w związku z czym temperatura powietrza dostarczanego do zbiornika może ulec podwyższeniu. Innym problemem bywa nieszczelność instalacji suszącej. Suszarnie rolnicze zaprojektowane do ziarna zbóż mogą mieć nieszczelności prowadzące do strat nasion, zwłaszcza że podwyższone ciśnienie statyczne stanowi tu dodatkowy, niekorzystny czynnik. Ważne jest, aby nasiona były dobrze oczyszczone przed procesem suszenia, bowiem zdarza się, że lekkie zanieczyszczenia ulegają zapłonowi, negatywnie wpływając na jakość suszonych nasion.

Zmiana odporności mechanicznej nasion rzepaku jest jednym z najistotniejszych następstw niewłaściwego ich suszenia. Stąd po suszeniu, sam transport nasion może powodować aż 50% ogólnej ilości uszkodzeń powstających w procesie zbioru i obróbki pozbiorowej [77]. Zdaniem Franzkego i wsp. [24] przechowywanie nasion o znacznej ilości uszkodzeń obniża wydajność procesu ekstrakcji i znacznie pogarsza jakość oleju mierzoną wartościami liczb kwasowej i nadtlenkowej. Wynika to z zastosowania zbyt wysokiej temperatury suszenia lub dłuższego czasu suszenia. Dochodzi wtedy do przesuszenia nasion, gdy ich wilgotność spada poniżej 6%. W efekcie wrasta poziom uszkodzeń nasion, który jest następstwem spadku ich wytrzymałości mechanicznej. Nasiona takie cechują się również w czasie przerobu nadmierną

kruchością i pylistością, co wpływa na wzrost zawartości oleju w śrucie poekstrakcyjnej lub wydłuża czas ekstrakcji niektórych partii nasion (zła perkolacja rozpuszczalnika podczas ekstrakcji oleju). Rośnie również ilość wolnych kwasów tłuszczowych oraz nasilenia procesów oksydacyjnych w tłuszczu.

Wg badań Fornala [19, 21], który analizował jakość chemiczną, biologiczną i strukturalną (analiza mikroskopowa) nasion wynika, że podczas suszenia obserwuje się silniejszy skurcz liścieni niż łupiny (wynikający głównie z odmiennej zawartości wody w tych częściach nasienia), co powoduje powstanie pomiędzy nimi wolnej przestrzeni wypełnionej powietrzem. Cecha ta wpływa na osłabienie wytrzymałości mechanicznej nasion i decyduje o ich właściwościach reologicznych. Zjawisko nierównomiernego skurczu nasienia zostało wykorzystane przy ocenie stopnia sprężystości złoza, które określa stopień powrotu objętości złoza do objętości przed ścisnaniem. Wg Fornala [21] jest to jeden z istotnych parametrów służących do oceny poprawności późniejszego suszenia nasion rzepaku.

Również badania innych autorów [19, 101] zajmujących się mikrostrukturą nasion rzepaku podczas zabiegów obróbki pozbiorowej wykazały, że głównie zmiany denaturacyjne występujące w nasionach (wynikłe z niewłaściwie dobranych parametrów temperatury suszenia) są przyczyną spadku ich wytrzymałości mechanicznej. Jedną z głównych przyczyn uważa się niewłaściwe suszenie wilgotnych (lub zbyt wilgotnych) nasion tuż po zbiorze.

Zmiany denaturacyjne struktur białkowych pod wpływem jednoczesnego oddziaływania ciepła i wody doprowadzają do kurczenia się treści komórki i powstawania wolnych przestrzeni, które przed odwodnieniem nasienia wypełnione były tłuszczem. Kropelki tłuszczu na skutek działania temperatury tracą fosfoproteinowe otoczki i zlewają się w większe skupiska. Zjawiskom tym towarzyszy (zależnie od temperatury i wilgotności nasion) rozpad małych kulistych ciał białkowych i powstawanie w ich miejsce włóknistych form częściowo połączonych ze ścianami komórkowymi. Tak więc w przesuszonych nasionach o wysokiej wilgotności początkowej obserwuje się tworzenie struktur włóknisto-granularnych [2, 61] oraz zanik drożności wiązek przewodzących, które odgrywają istotną rolę w transporcie rozpuszczalnika [67]

4.2. Wpływ warunków suszenia na jakość nasion

Oceny zróżnicowanych warunków suszenia dokonano na 5 odmianach rzepaku ozimego (Bristol, Kana, Lirajet, Lisek, Marita) oraz 2 rzepaku jarego (Licosmos i Star). Nasiona o wilgotności 13% poddano procesowi suszenia w temperaturze 80°C, 100°C, 120°C, 150°C i 180°C przez okres 90 minut.

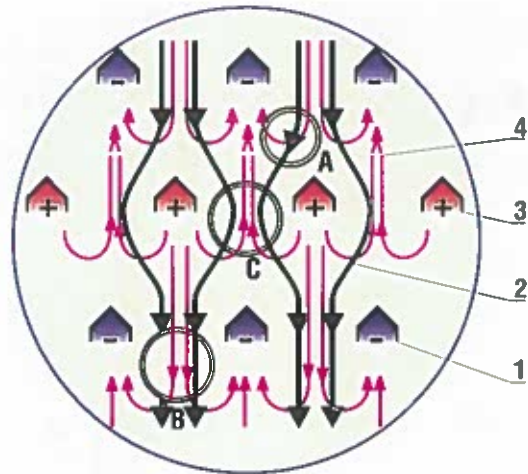
Nasiona suszono w cienkiej warstwie w suszarce laboratoryjnej. Po suszeniu nasiona kondycjonowano przez okres 10 dni w warunkach magazynowych. Pozwoliło to na wyrównanie wilgotności nasion do poziomu 6%. Następnie nasiona umieszczono w komorach symulujących silosy przemysłowe i przechowywano przez 60 dni. Po tym okresie dokonano pomiarów liczby kwasowej, liczby nadtlenkowej, zawartości tłuszczu oraz określono maksymalne naprężenie δ niezbędne do wyolejenia nasion.

Uzyskane wyniki badań wskazują, że temperatura suszenia wpływa na wszystkie badane cechy nasion (Rys. 10–13). Dość znaczny spadek, spowodowany stosowaniem zbyt wysokich temperatur suszenia (ponad 100°C), stwierdzono w zawartość oleju w nasionach. Odmiana Marita zareagowała spadkiem z 45,6% (nasiona kontrolne) do 42,5% (suszone w 180°C). Również liczba kwasowa u niektórych odmian wzrosła ponad wartość 3 w przypadku zastosowania temperatury wyższej niż 100°C. Dotyczyło to odmiany Bristol – 3,6, Kana – 3,1 i Star – 3,1. Znaczny wzrost liczby nadtlenkowej zanotowano dopiero przy zastosowaniu najwyższej temperatury.

Wraz ze wzrostem temperatury suszenia malały wartości maksymalnego naprężenia niezbędnego do osiągnięcia powierzchni nasion przez olej – wyolejenie. Najsilniejsze zmiany zanotowano u rzepaków jarych. W odmianie Star wartości naprężenia niezbędnego do wyolejenia nasion kontrolnych wynosiły 9,9 MPa natomiast po suszeniu w temperaturze 180°C tylko 6,6 MPa. Dla nasion odmiany Licosmos zanotowano odpowiednio 9,6 MPa i 5,1 MPa. Wartości te były znacznie niższe niż w przypadku nasion odmian ozimych, gdzie dla odmiany Lisek w nasionach kontrolnych naprężenie w punkcie olejowym wynosiło 13,8 MPa, a po suszeniu w 180°C – 8,4 MPa. Najniższe wartości naprężenia, w odmianach ozimych, stwierdzono u nasion odmiany Bristol (odpowiednio 11,4 i 7,2 MPa).

Najniższe wartości naprężenia niezbędnego do zapoczątkowania przemieszczania się oleju i osiągnięcia powierzchni ściskanych nasion występowały w odmianach jarych (Star i Licosmos). Spadek wartości naprężenia zanotowano po suszeniu nasion nawet do poziomu 5,1–6,6 MPa. Takie zachowanie nasion stwarza niebezpieczeństwo dla ich bezpiecznego składowania w silosie, bowiem nawet nieznaczny wzrost temperatury spowodowany samozagrzewaniem złoża może doprowadzić do wyolejenia nasion i wycieku oleju z silosu.

Uzyskane wyniki badań wskazują, że podstawowe wyróżniki oleju, którymi charakteryzowano jakość suszonych nasion rzepaku suszonych w temperaturze do 80°C spełniają obowiązujące normy. Niebezpieczne zmiany zaczynają zachodzić w nasionach dopiero po jej przekroczeniu. Na podobne, górne wartości temperatury suszenia, zwraca uwagę również J. Weres.

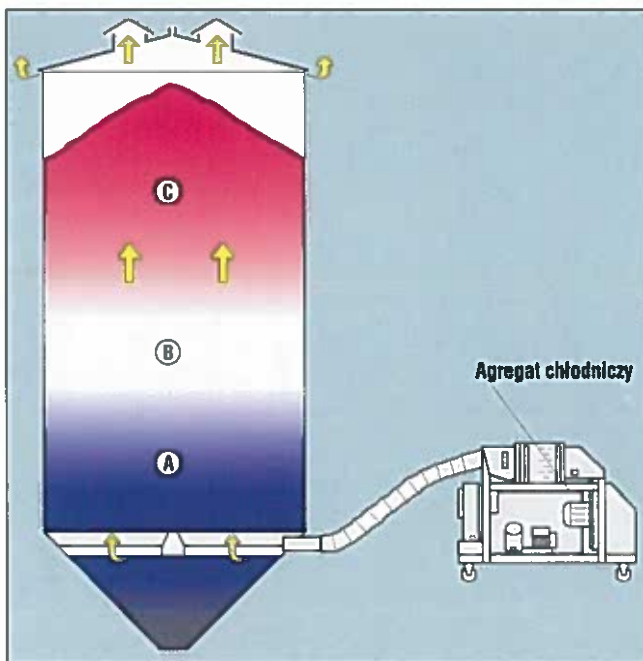


Rys. 9. Przepływ powietrza przez warstwę nasion w suszarkach daszkowych [99].

1 – daszek z wlotem wilgotnego powietrza; 2 – kierunek przepływu suszonych nasion;
 3 – daszek z wylotem ciepłego powietrza; 4 – kierunek przepływu czynnika suszącego.

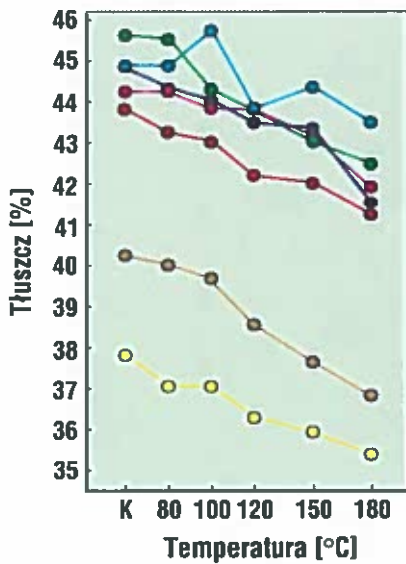
Fig. 9. Air flow through seed layer inside roof dryers [99].

1 – roof with moist air entry; 2 – direction of seed flow;
 3 – roof with hot air outlet; 4 – direction of drying medium.



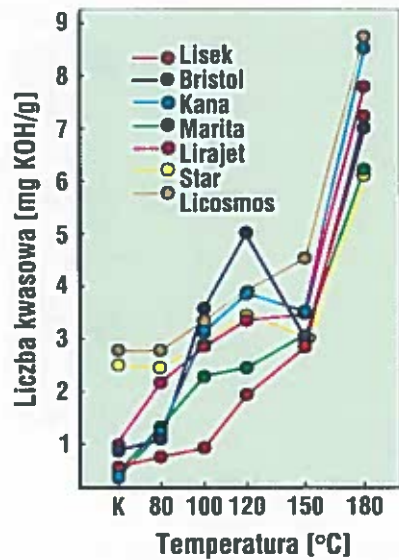
Rys. 14. Przemieszczenie temperatury i wilgotności w złożu podczas jego składowania.

Fig. 14. Temperature and moisture motion inside seed bed during cooling.



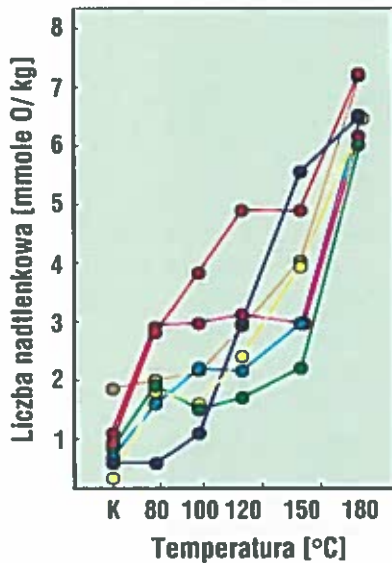
Rys. 10. Zmiany zawartości tłuszczu w nasionach suszonych w zróżnicowanej temperaturze.

Fig. 10. Changes in fat amount according to seed drying temperature.



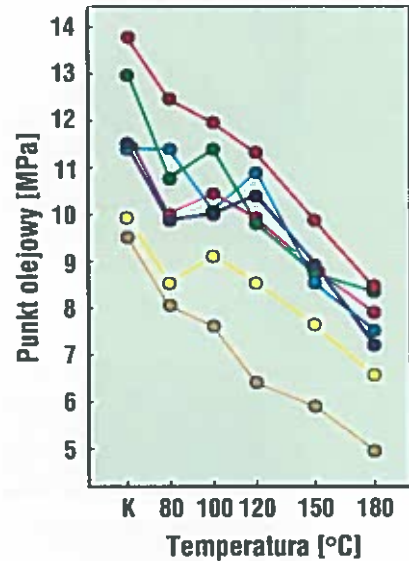
Rys. 11. Zmiany liczby kwasowej w nasionach suszonych w zróżnicowanej temperaturze.

Fig. 11. Changes in acid number according to seed drying temperature.



Rys. 12. Zmiany liczby nadtlenkowej w nasionach suszonych w zróżnicowanej temperaturze.

Fig. 12. Changes in peroxide number according to seed drying temperature.



Rys. 13. Zmiany wartości punktu olejowego nasion suszonych w zróżnicowanej temperaturze.

Fig. 13. Changes of oil point value according to seed drying temperature.

Wg jego niepublikowanych danych [99] nasiona rzepaku przeznaczone na materiał siewny powinny być suszone w temperaturach niższych niż 45°C. W wypadku nasion przeznaczonych do technologicznego procesu ekstrakcji, można stosować temperatury do 82°C. Natomiast gdy wilgotność rzepaku przekracza 12,5% lub gdy planujemy składować go przez dłuższy okres, stosujemy znacznie niższe wartości temperatur. W przypadku wysokiej wilgotności początkowej wskazane jest suszenie dwuetapowe: w pierwszym etapie redukujemy wilgotność do ok. 10–12%. Stosowanie wyższych temperatur niż zalecane doprowadza do zmiany barwy i pęknięcia okrywy nasion. Technologiczna przydatność takich nasion staje się niska, bowiem skutek podwyższonego poziomu wolnych kwasów tłuszczowych obniża się jakość oleju. Górne, bezpieczne wartości temperatury powietrza suszącego są podane w Tabeli 10.

Tabela 10. Górne wartości temperatury czynnika suszącego [99]

Table 10. Maximal values of drying temperature

| Wilgotność nasion | Górne wartości temperatury powietrza suszącego (°C) w procesie suszenia nasion rzepaku | | |
|-------------------|--|----------------------------|----------------|
| | materiał siewny | materiał technologiczny | |
| | | mieszanie podczas suszenia | brak mieszania |
| do 12,5% | 49 | 82 | 71 |
| powyżej 12,5% | 43 | 71 | 60 |

Również zdaniem Fornala i wsp. [19] na stopień uszkodzeń struktury nasienia istotnie wpływa czas suszenia, stosowanie zbyt wysokiej temperatury oraz duża wilgotność nasion. Czynniki te będą powodowały obniżenie wytrzymałości mechanicznej nasion oraz wpływ oleju nawet pod wpływem działania niewielkich sił. Podczas obciążenia nasion dochodzi do ruchu oleju z wnętrza do powierzchni. Następuje to przez ścianki komórek zawierających tłuszcz, które w czasie tłoczenia zostają uszkodzone. Procesy przyczyniające się do niszczenia struktury wewnętrznej nasienia (obciążenie, temperatura, uszkodzenia) wpływają jednocześnie na obniżenie obciążenia niezbędnego do zapoczątkowania wydobywania się oleju z wnętrza nasienia na zewnątrz (wyolejenie nasion). Przeprowadzone przez tego autora badania wykazały, że technologiczna jakość nasion przesuszonych uzależniona jest od ich wilgotności początkowej, natomiast temperatura suszenia ma znacznie mniejszy wpływ. Stąd nasiona o wilgotności początkowej 22% charakteryzowały się gorszą jakością od nasion o wilgotności 6,5% przy ich suszeniu w wysokiej temperaturze. Ocena jakości oleju wykazała, że LK i LN wzrastały wraz z temperaturą suszenia, ale o wartości tych parametrów decydowała również wilgotność początkowa nasion. Oddziaływanie temperatury tłumaczone jest

jako utlenianie trójglicerydów i ich destrukcja do niskocząsteczkowych kwasów tłuszczowych. Wzrost LN wystąpił we wszystkich olejach pochodzących z suszonych nasion, a jej wartości lepiej opisywały działanie wysokich temperatur na nasiona. Silne powiązanie wzrostu wartości LN ze wzrostem temperatury podczas przechowywania oleju zanotowali w swoich badaniach również Ratusz i Krygier [63].

Przeprowadzone badania nad jakością oleju wskazują na możliwość stosowania temperatur wyższych niż 100°C bez wyraźnego wpływu na jakość zarówno oleju jak i przydatności nasion do ekstrakcji [21]. Potwierdziły to badania przeprowadzone przez Pastuszewską i wsp. [60]. Wykazały one, że wartość odżywcza śruty rzepakowej ogrzewanej w 130°C przez okres do 20 minut nie wpłynął ujemnie na wynik testu wzrostowego na szczurach. Nieznaczne pogorszenie nastąpiło po ogrzewaniu przez 40 minut wpływając zarówno na wartość odżywczą białka jak i przyrosty szczurów. Jednak dopiero przetrzymywanie śruty przez okres 80 minut w temperaturze 130°C wpływało znacząco zarówno na wartość odżywczą białka jak i wyniki testu wzrostu. Autorzy ci podają, że również inni (Anderson-Hofermann) zanotowali podobną tendencję.

Opracowanie górnej – bezpiecznej granicy temperatury suszenia oraz jej wpływu na jakość nasion rzepaku jest więc ciągle problemem otwartym i konieczne są dodatkowe badania uwzględniające zarówno sposoby suszenia (typ suszarni) temperaturę, wilgotność początkową nasion jak i najnowsze odmiany. Badania powinny koncentrować się nie tylko na jakości uzyskiwanego oleju lecz również uwzględniać jakość śruty poekstrakcyjnej (jej wartość odżywcza).

4.3. Niskotemperaturowa konserwacja nasion

Produkcja nasion rzepaku w warunkach gospodarki rynkowej mobilizuje z jednej strony do minimalizacji ponoszonych kosztów, z drugiej zaś wymusza na producentach dostarczanie towaru o wysokiej jakości. Niska opłacalność produkcji rzepaku zmusza do poszukiwania energooszczędnych sposobów zarówno uprawy jak i obróbki pozbiorowej. Szczególną uwagę kładzie się na te elementy produkcji, które wymagają najwyższych nakładów. Należy do nich niewątpliwie proces suszenia [7]. Dlatego zastosowanie niskotemperaturowej metody konserwacji i suszenia nasion jest coraz szerzej propagowanym sposobem przechowywania nasion wilgotnych. Zainteresowanie tym sposobem wynika również z niskiej wydajności suszarni w porównaniu do wydajności kombajnów zbierających zboża, kukurydzę czy rzepak jak również z wysokiej jakości uzyskiwanego materiału. Stąd rozwiązywaniem tego problemu zaczęto

zajmować się w USA, Kanadzie, Anglii. Tam też powstały liczne prace teoretyczne, w których na odpowiednio opracowanych modelach matematycznych próbowano rozwiązywać problem zarówno doboru odpowiedniej temperatury czasu przechowywania, wysokości złoża, intensywności przepływu powietrza [8, 11, 40]. Użyte modele matematyczne stały się podstawą do lepszego zrozumienia procesów fizycznych zachodzących w procesie suszenia nasion. Przy tradycyjnym wysokotemperaturowym sposobie obniżenia wilgotności nasion, jeżeli mamy daną konkretną zawartość wilgotności, którą suszarka może usunąć w ciągu godziny, początkową i końcową wilgotność nasion i ilość użytej energii, to możemy obliczyć przerób suszarni oraz koszt całego procesu suszenia [68]. Dla warunków suszenia niskotemperaturowego sytuacja jest bardziej skomplikowana. Musimy bowiem uwzględnić wilgotność początkowa nasion, dojrzałość, poziom uszkodzeń, grubość warstwy, tempo przepływu czynnika suszącego, wilgotność i temperaturę otoczenia, ilość zanieczyszczeń, czas suszenia oraz wzajemne związki pomiędzy tymi czynnikami. Dobry model powinien być kompromisem pomiędzy mnogością uwzględnionych czynników, a więc i jego złożonością a stosowaniem prostych wyrażeń, które wprawdzie zaniedbują mało istotne czynniki, ale przez to czynią go prostym i łatwym w użyciu [69].

Prognozowanie zachowania nasion w silosie przy niskotemperaturowym suszeniu napotyka jednak na znaczne trudności zarówno ze względu na zmieniające się ciągle warunki zewnętrzne jak i z powodu znacznej ilości czynników decydujących o stanie składowanych nasion. Zagadnienia te częściowo przybliżyła w swojej pracy Kaleta [41].

Metoda chłodzenia może być wykorzystywana zarówno do:

- konserwacji mokrych nasion bezpośrednio po zbiorze, w celu zapewnienia ciągłości pracy suszarni (zapewnienie dostaw wilgotnych nasion bez obawy ich zepsucia);

- dłuższego przechowywania z myślą o ich jednoczesnym dosuszeniu.

Do zalet tego sposobu przechowywania i suszenia zaliczyć można zmniejszenie strat powodowanych: oddychaniem, rozwojem mikroorganizmów, samozagrzewaniem, zmianami biochemicznymi, rozwojem szkodników oraz zmniejszenie zużycia energii. Suszenie w niskiej temperaturze jest jednak procesem powolnym zachodzącym w ciągu tygodni. Należy również uwzględnić fakt, że bezpieczne przechowywanie nasion w niskiej temperaturze może odbywać się tylko przez ściśle określony czas. Decyduje o tym ich stan początkowy – wilgotność, dojrzałość.

Przy zbiorze rzepaku problem natychmiastowego zabezpieczenia wilgotnych nasion (poprzez suszenie lub schłodzenie), jest w porównaniu do innych zbieranych na taką skalę płodów znacznie istotniejszy. Wynika to zarówno ze

skład chemiczny nasion jak i krótkiego czas przechowywania nasion wilgotnych.

W zmagazynowanych nasionach zachodzą procesy biochemiczne, które uzależnione są zarówno od dojrzałości nasion, wilgotności poziomu uszkodzeń, temperatury, ilości zanieczyszczeń oraz stopnia rozwoju drobnoustrojów. Czynniki te wpływają na intensywność oddychania w wyniku czego powstaje dwutlenek węgla, woda oraz ciepło, co wpływa na samopobudzenie układu do dalszych jeszcze intensywniejszych zmian (samonawilżanie, samozagrzewanie). Efektem jest również strata suchej masy. (Nasiona o wilgotności 15% przechowywane przez 30 dni w temperaturze 35°C tracą trzydzieści dwa razy więcej suchej masy niż nasiona przechowywane w temperaturze 10°C [88]. Jak istotne są to ilości świadczą poniższe dane. Składowanego 1000 t zboża o zawartości wody 15% i temperaturze składowania 35°C przez 1 miesiąc występuje strata 5,5 t suchej masy. Tymczasem przy temperaturze 10°C straty te są zredukowane do 0,2 t. Oznacza to, że straty wynikające z oddychania ulegają redukcji o 80–90% w wyniku konserwacji chłodniczej.

Chłodzenie nasion polega na wymianie ciepła i wilgoci między nasionami a zimnym powietrzem jako czynnikiem chłodzącym. Nasiona rzepaku charakteryzują się większym przewodnictwem cieplnym niż zboże jednak do schładzania konieczny jest wymuszony przepływ zimnego powietrza. Zaletą takiego układu jest to, że trzyma długo niską temperaturę, a jedno chłodzenie wystarcza na wiele miesięcy magazynowania. Wadą, słabe odprowadzenie ciepła, które doprowadza do powstawania ognisk, z wysoką temperaturę miejscową, trudnych do wykrycia. Ogniska takie są bardzo niebezpieczne w przechowalnictwie, stanowią bowiem początek niekorzystnych procesów zagrażających jakości całego materiału zgromadzonego w silosie.

Ma to kluczowe znaczenie dla ilości i planu rozmieszczenie czujników w silosie. Przewodnictwo ziarna zbóż wynosi 0,54–0,63 kJ/mh (podobne jak powietrza i azbestu). Oznacza to że jeżeli źródło ciepła o 70°C znajduje się 1,5 m od czujnika to wskaże on temperaturę 25°C. Dlatego tak ważne jest, aby podczas suszenia i składowania rzepaku działał sprawny system monitorowania temperatury i wilgotności nasion [44]. Mała porowatość złoża nasion rzepaku w silosie, którą pogarszają zanieczyszczenia i obciążenia, wpływa na znaczny opór stawiany przepływającemu powietrzu [37, 87]. Ta cecha złoża jest jedną z najistotniejszych i jej określenie jest niezbędne do prawidłowego zaprojektowania układu do suszenia i przewietrzania nasion.

Przy wymuszonym przepływie zimnego powietrza pod uwagę można brać dwa sposoby schładzania:

1. Chłodzenie powietrzem atmosferycznym (gdy warunki na to pozwalają);

2. Chłodzenie powietrzem oziębionym technicznie w agregatach schładzających.

Skuteczność chłodzenia jest uzależniona od wilgotności początkowej nasion. Jeżeli wilgotność zapewnia bezpieczne, dłuższe przechowywanie nasion w silosie wtedy wystarczy mechaniczna wentylacja złoża pod warunkiem, że temperatura powietrza jest niższa co najmniej o 4–5°C od temperatury nasion. Analiza wieloletnich danych meteorologicznych w Polsce wykazuje, że w sierpniu jest tylko ok. 40% godzin z temperaturą poniżej 15°C, co umożliwia proces wstępnego schładzania i to zazwyczaj w porze nocnej. Wrzesień i październik to miesiące znacznie lepsze do tego celu, pozwalają bowiem na schładzanie nasion nawet do temperatury 10°C [88]. Przytoczone dane wskazują na nierealność stosowania pierwszej wersji schładzania w naszym klimacie. Rzepak ozimy jest zbierany w lipcu, a jary nieco później stąd wykorzystanie tylko powietrza atmosferycznego nie może być brane pod uwagę. Natomiast możliwy jest sposób kombinowany, gdzie agregaty chłodnicze umożliwiałyby szybkie schłodzenie nasion, natomiast w terminie późniejszym nastąpiłoby dochładzanie za pomocą powietrza atmosferycznego.

Do schładzania używa się nowoczesnych agregatów schładzająco-suszających (są one przewoźne, co umożliwia ich stosowanie nawet do kilkunastu silosów) wyposażone są one nie tylko w urządzenia schładzające lecz również w parowniki, które powodują wysuszenie powietrza [70–74].

Chłodzenie rzepaku wymaga, aby silos, do tego celu stosowany, wyposażony był w odpowiednie urządzenia rejestrujące zarówno temperaturę jak i wilgotność składowanych nasion i to dość gęsto rozłożone na różnej wysokości. Aparatura kontrolno-pomiarowa powinna współpracować z odpowiednim programem sterującym pracą agregatu, aby zabezpieczyć na czas włączenie i wdmuchiwanie odwodnionego i ochłodzonego powietrza bądź też wtłaczanie powietrza z otoczenia.

Coraz częściej mówi się także o konieczności wkomponowania do niskotemperaturowego sposobu suszenia również tradycyjnego – wysokotemperaturowego. Rosną wtedy koszty, ale maleje ryzyko zepsucia materiału.

Właściwą temperaturą do dłuższego przechowywania nasion wilgotnych jest 10–12°C. Stosowanie niższych temperatur jest wskazane, gdy rzepak posiada dużą wilgotność – ponad 12%, zawiera dużo zanieczyszczeń oraz nasion uszkodzonych i niedojrzałych. Badania przeprowadzone w warunkach symulujących silosy przemysłowe wykazały, że bezpieczne składowanie nasion o wilgotności 11% w temperaturze 7°C i pod obciążeniem jakie może wystąpić w silosie wynosi około 60 dni. Po tym okresie następuje wzrost LK do wartości powyżej obowiązującej normy. Należy jednak zaznaczyć, że nasiona w czasie składowania nie były przewietrzane, co wpływało na kumu-

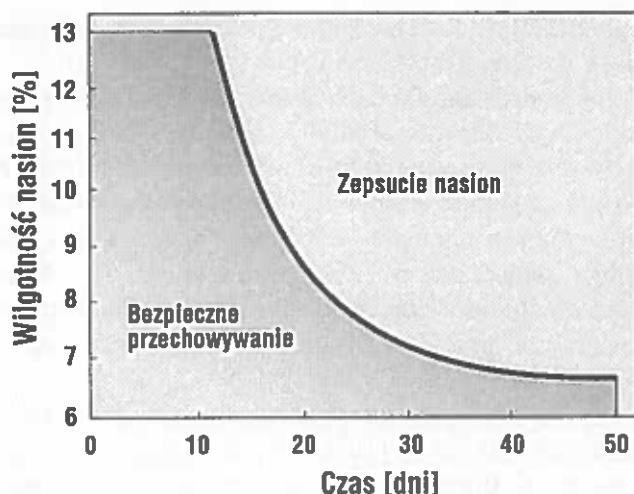
lację wilgotności oraz ciepła pod wpływem oddychania nasion oraz rozwoju mikroorganizmów [28, 29].

W czasie przepływu powietrza przez warstwę nasion zmianom ulega zarówno stan powietrza jak i stan nasion. Nasiona oddają ciepło przepływającemu powietrzu i stają się zimniejsze. Powietrze ogrzewa się i to powoduje, że może wchłonąć więcej wody z nasion. Mamy tu więc klasyczną wymianę ciepła i masy. Duże różnice w temperaturze i wilgotności nasion i powietrza wpływają na dodatkowy proces chłodzenia wyparnej masy nasion. Powoduje to wzrost wymiany ciepła jak również wzrost efektu chłodzenia. Stąd uzyskuje się bardzo istotny dla tego procesu efekt suszenia. Mianowicie przy schłodzeniu nasion do temperatury 10°C oraz przy każdym następnym dochładzaniu następuje obniżenie wilgotności minimum o 1 do 1,5%. Niektórzy podają nawet większe efekty [70].

Powietrze o temperaturze otoczenia lub podgrzane o kilka stopni Celsjusza (do 5°C) przepływa przez złożę, najczęściej w układzie od wentylatora przez podgrzewacz powietrza, komorę pod dnem (podłogą) perforowaną zbiornika, otwory w tym dnie, aż wreszcie przez całe złożę nasion, po czym wydostaje się ze zbiornika przez otwory w dachu, unosząc ze sobą w postaci pary wodnej wilgoć odparowaną z nasion (Rys. 14).

W każdym procesie chłodzenia, a szczególnie przy ponownym dochładzaniu należy uwzględnić fakt, że w zależności od wysokości usypu złoża dochodzi bądź to do sorpcji pary wodnej bądź desorpcji. W efekcie następuje (na określonej jego wysokości) wzrost temperatury w usypie. Miejsce to jest z tego powodu nazywane „gniazdem ciepłym”

Umieszczenie go na wysokości silosu jest uzależnione zarówno od wilgotności składowanego materiału jak i od prędkości przepływu czynnika suszącego. Temperatura i wilgotność w tej warstwie nasion najpierw wzrasta, a ochłodzenie, ze względu na dużą masę danej partii nasion, następuje bardzo powoli. Z tego względu nasiona w tej warstwie narażone są szczególnie na zepsucie. W strefie powyżej górnej granicy suszenia wzrasta wilgotność powietrza w przestrzeniach pomiędzy nasionami do wartości powyżej 75%. Jest to graniczna wartość wilgotności względnej powietrza zajmującego przestrzenie międzynasienne, która gwarantuje bezpieczne składowanie. Za sytuację alarmową uznaje się, gdy wilgotność rośnie powyżej 85%, temperatura nasion ponad 13°C, a stan taki utrzymuje się dłużej niż 48 godzin. Sprawia to, że nasiona są otoczone powietrzem o bardzo znacznej wilgotności względnej. Są to warunki idealne do silnego rozwoju grzybów. Taka sytuacja w silosie stwarza zagrożenie dla zgromadzonych w silosie nasion. Warunki bezpiecznego przechowywania nasion przez czas dłuższy niż cztery miesiące przedstawiono na Rys. 15.



Rys. 15. Warunki bezpiecznego przechowywania nasion rzepaku przez okres dłuższy niż 4 miesiące [99].

Fig. 15. Safe conditions of rapeseed storing longer than 4 months.

Zastosowanie większej wydajności wentylatora, czyli tłoczenie do silosu znaczniejszej ilości wysuszonego powietrza nie jest rozwiązaniem najlepszym bowiem dochodzi wtedy do przesuszenia nasion leżących w dolnej strefie silosu. Proces chłodzenia wymaga znacznie mniejszych wartości natężenia przepływu powietrza (od 23 do 100 m³/th) w porównaniu do suszenia przy zastosowaniu mechanicznej wentylacji.

Przesuszenie jest zjawiskiem równie niebezpieczne (wzrost uszkodzeń mechanicznych, gorsza LK, LN) jak niekontrolowany wzrost wilgotności. Można zastosować mieszanie nasion przy użyciu mieszadeł ślimakowych. Powoduje to jednak znaczny wzrost uszkodzeń mechanicznych.

W trakcie przechowywania mogą powstawać również przemieszczenia ciepła wynikające ze zmiany dobowej temperatury na zewnątrz silosu. Nasiona znajdujące się w warstwie przyściennej mogą ulec schłodzeniu i nawilżeniu (przekroczenie punktu rosy przy nocnym spadku temperatury). Przy spadku temperatury z 20°C do 5°C na ścianach silosu wydzieli się 6,1 g wody z każdego 1 m³ powietrza [72]. Powoduje to, że nasiona przylegające do ścian silosu ulegają silnemu nawilżeniu i szybszemu zepsuciu. Po opróżnieniu silosu pozostają na jego ścianach stanowiąc idealne ogniska do rozwoju pleśni na nasionach z następnego zasypu.

Czas chłodzenia do właściwej temperatury jest uzależniony od wydajności agregatu chłodzącego oraz ilości nasion poddawanych temu procesowi.

Jednym z istotniejszych zalet niskotemperaturowego przechowywania i suszenia nasion są względy ekonomiczne. Ma na to wpływ zarówno niższa

cena agregatów służących do schładzania jak i mniejsza ilość zużytej energii jak również ilość suszonego (schładzanego) materiału. [25].

Należy wziąć pod uwagę fakt, że koszty suszenia stanowią niebagatelną część w ogólnych nakładach na produkcję rzepaku. Stąd oprócz konwencjonalnych źródeł ciepła stosowane są również baterie słoneczne. Koszty związane z suszeniem niskotemperaturowym uzależnione są również od warunków klimatycznych, a różnice pomiędzy rejonami słonecznymi a pochmurnymi i wilgotnymi mogą sięgać nawet 35% [69]. Istotnie na wielkość kosztów wpływa również możliwość monitorowania zmian zachodzących w silosie i odpowiednie włączanie pracy wentylatora. Może to przynieść oszczędności do 14%.

Cytowane wyniki wskazują na wysoką przydatność tej technologii konserwacji rzepaku zarówno, co do jakości uzyskiwanych nasion jak i wielkości poniesionych kosztów. Brak prac opisujących zachowanie nasion (jakości) odmian uprawianych w warunkach klimatu polskiego wskazywała by na zachowanie pewnej ostrożności przed przenoszeniem i wzorowaniem się tylko na wynikach uzyskanych w innych krajach. Ta technologia wymaga opracowania optymalnych warunków zapewniających zarówno bezpieczeństwo jak i wysoką jakość surowca.

5. PRZECHOWYWANIE NASION

5.1. Warunki przechowywania

Nasiona rzepaku, są w czasie magazynowania o wiele bardziej narażone na zepsucie niż ziarno zbóż, a dzieje się to za sprawą tłuszczu, który szczególnie w nasionach wilgotnych i uszkodzonych ulega łatwemu rozkładowi pod wpływem enzymów (lipaz) i tlenu z powietrza [27, 98]. W następstwie takich procesów powstają wolne kwasy tłuszczowe i zwiększa się kwasowość nasion, a wzrost temperatury podczas przechowywania powoduje nasilenie procesów oksydacyjnych, których efektem jest wzrost liczby nadtlenkowej [63].

Intensywność procesów biologicznych i chemicznych zachodzących w nasionach uzależniona jest zarówno od warunków przechowywania jak i od ich kondycji wyjściowej (w momencie załadowania do silosu). Uszkodzenia odgrywają w tych procesach niebagatelną rolę, stymulując między innymi, intensywność reakcji chemicznych, a także ułatwiając penetrację wnętrza nasienia przez drobnoustroje. Obecność w masie nasiennej, oprócz nasion uszkodzonych i pogniecionych, nasion niedojrzałych, sprzyja szybkiemu zepsuciu całej partii nasion. Z pracy Grabskiej i wsp. [26] wynika, że ilość nasion uszkodzonych wpływa szczególnie na wzrost liczby kwasowej oraz aktywność lipolityczną, natomiast w znacznie mniejszym stopniu na zmiany oksydacyjne zachodzące w nasionach (wyrażane wzrostem liczby nadtlenkowej). Liczba nadtlenkowa wzrasta natomiast gwałtownie w trakcie przechowywania. Zjawiska te są szczególnie niebezpieczne w nasionach wilgotnych a także podczas składowania, gdy nasiona są obciążone.

Długotrwałe przechowywanie nasion rzepaku w silosach (w celu zapewnienia ciągłości produkcji) sprawia, że nasiona są narażone na długotrwałe obciążenia mechaniczne. Są one wynikiem parcia górnych warstw nasion – obciążenia pionowe. Oprócz obciążeń pionowych (wynikających z wysokości złoża) nasiona podlegają również obciążeniom poziomym. Wynikają one z parcia warstwy nasion na ściany silosu.

W typowych warunkach magazynowania iloraz naporu poziomego do pionowego wynosi około 0,5. Wraz ze spadkiem współczynnika tarcia o ścianę (np. ociekanie ścian olejem) rośnie napór pionowy. Obciążenia nasion wynikłe z tego powodu nie powinny jednak przekraczać 200 kPa (przy wysokości złoża 30 m). W rozważaniach nie uwzględniono jednak wzrostu naporu poziomego, które w czasie przechowywania nasion może wzrosnąć nawet kilkakrotnie [9].

Napór nasion na ścianę i dno silosu zależy od:

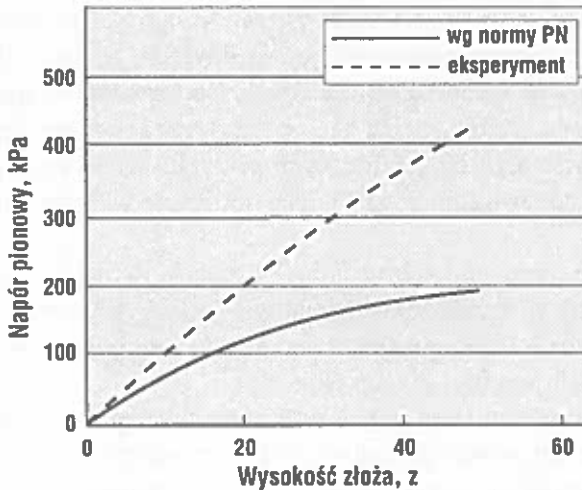
- właściwości materiałowych przechowywanego materiału,
- warunków tarcia nasion o ścianę silosu,
- geometrii silosu,
- metody napełniania i opróżniania.

Do obliczeń konstrukcyjnych silosów większość norm narodowych, w tym PN-89/B-03262, zaleca stosować równanie Janssena. Przyjmuje się, że stosunek naporu poziomego do pionowego (iloraz naporu oznaczany – λ) wewnątrz złoża ma stałą wartość. Napór pionowy na dowolnej głębokości $p_v(z)$ zależy od: wysokości złoża z , pola przekroju poziomego silosu A , wewnętrznego obwodu silosu U , gęstości materiału sypkiego γ , współczynnika tarcia materiału sypkiego o ścianę f oraz ilorazu naporu λ i wyraża się wzorem:

$$p_v(z) = \frac{\gamma A}{f \lambda U} \left(1 - e^{-\frac{f \lambda U}{A} z} \right).$$

Przykładowy przebieg naporu pionowego dla silosu o średnicy 20 m i wysokości 50 m przedstawiono na Rys 16. Założono, że w betonowym silosie przechowywany jest rzepak i przyjęto parametry materiałowe wg. normy: gęstość $\gamma = 8,5 \text{ kN/m}^3$, współczynnik tarcia $f = 0,35$, iloraz naporu $\lambda = 0,53$. W tych warunkach napór poziomy w sąsiedztwie dna osiąga wartość 187 kPa (linia ciągła). Zakładając niską wartość współczynnika tarcia $f = 0,1$ (jednak możliwą w warunkach smarowania ściany); gęstość $10,64 \text{ kN/m}^3$ [37] oraz iloraz naporu $\lambda = 0,41$, jak w eksperymencie Horabika i Molendy [33] otrzymujemy znacznie wyższe wartości naporu pionowego (ilustrowane na wykresie linią ciągłą). Maksymalna wartość naporu pionowego wynosi w tych niekorzystnych warunkach 428 kPa i jest 2,3-krotnie wyższa niż obliczona według normy.

Badania Horabika, Molendy [32, 51] wskazują że, niekontrolowany wzrost wilgotności wywołany np. nieszczelnością zbiornika, nadmiernym oddychaniem, rozwojem drobnoustrojów powoduje zmianę wytrzymałości mechanicznej okrywy nasiennej oraz przyrost objętości nasion (pęcznienie nasion). Wzrost obciążeń poziomych w silosie będzie wywołany również zmianami temperatury (dobowej czy sezonowej) – rozszerzalność i kurczliwość materiału. Efektem działania tych czynników wywołujących obciążenia pionowe i obciążenia poziome będzie, między innymi, odkształcenie nasion, powstawanie struktury gruzełkowej (łączenia się kilku lub kilkunastu nasion), a w ostateczności ich zbrylanie się. Końcowym efektem może być zaczopowanie wylotu silosu i zawieszenie znajdujących się w nim nasion oraz wyciek oleju [4].



Rys. 16. Przykładowy przebieg naporu pionowego dla silosu o średnicy 20 m i wysokości 50 m.

Fig. 16. An example of vertical load at silo of 20 m diameter and 50 m high.

Odształcone i uszkodzone nasiona, a także zanieczyszczenia, mogą lokalnie tak znacznie zmniejszyć objętość wolnej przestrzeni w warstwie nasion, że staje się ona nieprzepuszczalna dla powietrza. Takie obszary nie mogą być przewietrzane, co sprzyja występowaniu lokalnych dużych gradientów temperatury i wilgotności. Doprowadza to do szybkiego rozwoju bakterii i grzybów, które wywierają znaczny wpływ na jakość magazynowanego materiału [2, 4] Dzieje się tak pod wpływem groźnych dla zdrowia mykotoksyn [27]. Mogą one zagrażać zdrowiu ludzi i zwierząt. Powodują one silne uszkodzenie wątroby, nerek i centralnego układu nerwowego. Najgroźniejszą jest alfatoksyna wytwarzana przez *Aspergillus flavus* i *Aspergillus restrictus* [71] Badania przeprowadzone na przechowywanych nasionach rzepaku [46] wykazały znaczne ilości kolonii grzyba *Aspergillus flavus*. Najbardziej podatne na rozwój grzybów są nasiona niedojrzałe. Jak wykazały badania Bieleckiej i wsp. [2] na rozwój mikroflory (bakterii mezofilnych, proteolitycznych, lipolitycznych, drożdży, pleśni) wpływa wysoka wilgotność nasion oraz stopień ich uszkodzeń. Dla dłuższego przechowywania nasion rzepaku istotne jest również stwierdzenie – że wysoką jakością mikrobiologiczną nasion zapewnia wilgotności 6% bowiem gwarantuje ona zahamowanie rozwoju mikroflory.

Większa ilość wody w nasionach oraz poziom ich uszkodzeń powoduje, że w czasie składowania intensywniej one oddychają. Wpływa to na dalszy wzrost wilgotności oraz temperatury, a w następstwie przyspieszone utlenienie tłuszczów, a tym samym zepsucie surowca. Nasiona dojrzałe zawierają więcej

związków wysokopolimeryzowanych i przez to są trwalsze od niedojrzałych. Zawierają również dużo barwników chlorofilowych, co daje olej o ciemnej, niepożądaną barwie i obniżonej trwałości. Dlatego też temperaturę nasion rzepaku o wartości 25°C uważa się za krytyczną bowiem powoduje ona przyspieszenie przemian biochemicznych oraz aktywne rozmnażanie się mikroorganizmów, co prowadzi do szybkiego obniżenia wartości technologicznej nasion rzepaku.

Ocena wymienionych cech nasion (dojrzałość, uszkodzenia, wilgotność, zanieczyszczenia) w kontekście przechowywania była możliwa dopiero po opracowaniu w Instytucie Agrofizyki stanowiska symulującego warunki jakie istnieją w silosach przemysłowych (Fot. 9).

Określenie zmian zachodzących w nasionach rzepaku, poddanych składowaniu w warunkach symulujących silosy przemysłowe (temperatura przechowywania, wilgotność nasion ich dojrzałość, oraz wielkość obciążenia) może być przyczynkiem do lepszego poznania procesów zachodzących w nasionach. Na tej podstawie można również określać graniczne czasy przechowywania uwzględniające wartości parametrów, które decydują o jakości przechowywanych nasion [94, 95].

Konstrukcja i wyposażenie zbiorników ciśnieniowych daje możliwość ciągłego monitorowania warunków przechowywania (temperatury, wilgotności, obciążenia) oraz zmian cech jakościowych nasion wywołanych tymi warunkami (zawartość tłuszczu w nasionach, zawartość chlorofilu, liczba kwasowa, liczba nadtlenkowa, podatność na obciążenia mechaniczne: statyczne i dynamiczne).

Badania uwzględniały następujące warunki przechowywania:

- obciążenie nasion – 150 i 300 kPa;
- temperatura składowania – 7, 20 i 30°C;
- wilgotność nasion – 6, 11%;
- czas składowania – 180 dni (o ile nasiona wcześniej nie uległy zbryleniu).

Wartość technologiczną nasion oraz ich wytrzymałość mechaniczną (określaną w aparacie symulującym uszkodzenia dynamiczne przy energii uderzenia = 1 mJ) oceniano systematycznie w trakcie przechowywania (co 20 dni).

Jakość przechowywanych nasion oceniano w porównaniu do kontroli, którą stanowiły nasiona przechowywane w worku.

Analiza zmian cech jakościowych nasion rzepaku, wywołanych warunkami przechowywania, stanowi podstawę do opracowania modelu zachowania się nasion w silosach i elewatorach przemysłowych. Pozwoli to na zoptymalizowanie procesu magazynowania nasion rzepaku wpływając na podwyższenie jakości produktów finalnych z nich pozyskiwanych.

5.2. Charakterystyka złoża

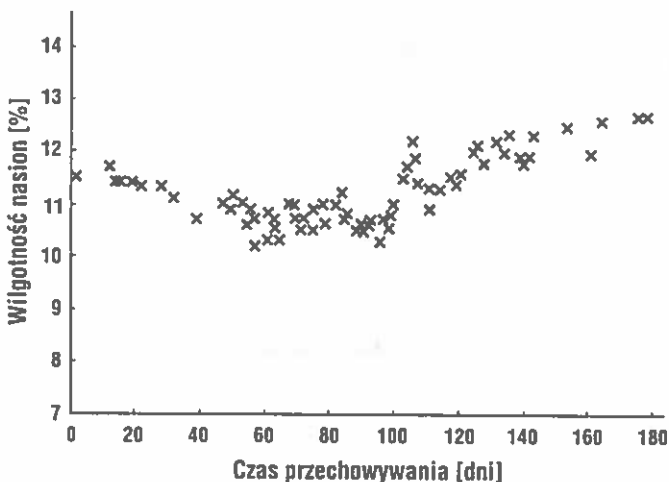
5.2.1. Temperatura i wilgotność

Przechowywanie nasion rzepaku w warunkach symulujących silosy przemysłowe jest związane ze stałymi zmianami ich jakości. Wielkość tych zmian, jest uwarunkowana zarówno jakością wyjściową nasion w momencie ich załadowania do silosu, takimi jak: odmiana, wilgotność, poziom uszkodzeń, sposobem obróbki pozbiorowej (temperatura suszenia), warunkami, w jakich są przechowywane (temperatura, obciążenie) oraz czasem ich przebywania w silosie.

O zmianach zachodzących w składowanych nasionach decyduje przede wszystkim wilgotność początkowa próbki. Na Rysunkach 17 i 18 przedstawiono zmiany wilgotności i temperatury nasion o wilgotności początkowej 11% podczas przechowywania w temperaturze 7°C przy obciążeniu 300 kPa przez 180 dni.

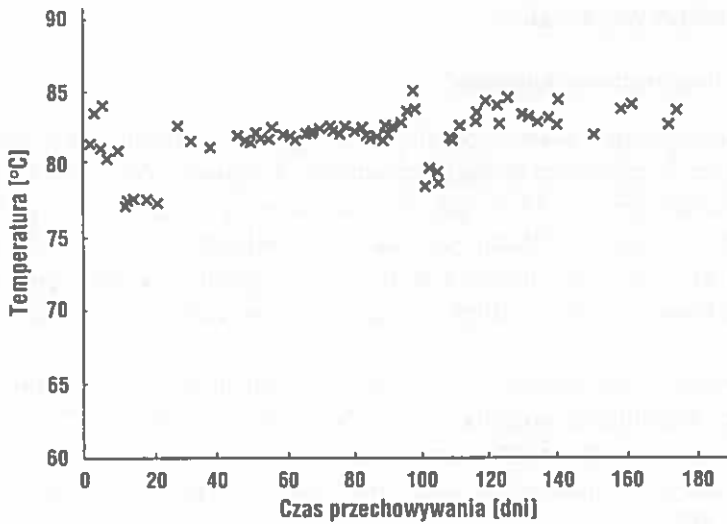
Wynika z nich, że przechowywanie nasion, w tych warunkach, związane jest z niewielkimi zmianami zarówno wilgotności jak i temperatury w funkcji czasu. Jednak, o ile wilgotności atmosfery zajmującej przestrzeń między-nasienne uległa prawie niezauważalnym zmianom, o tyle temperatura po 100 dniach przechowywania zaczęła wzrastać, aby po 180 dniach uzyskać wartości o 2°C wyższą od wyjściowej.

Odmienne przebiegi wystąpiły w nasionach o tej samej wilgotności lecz przechowywanych w temperaturze 30°C (Rys. 19). W tym przypadku wzrost



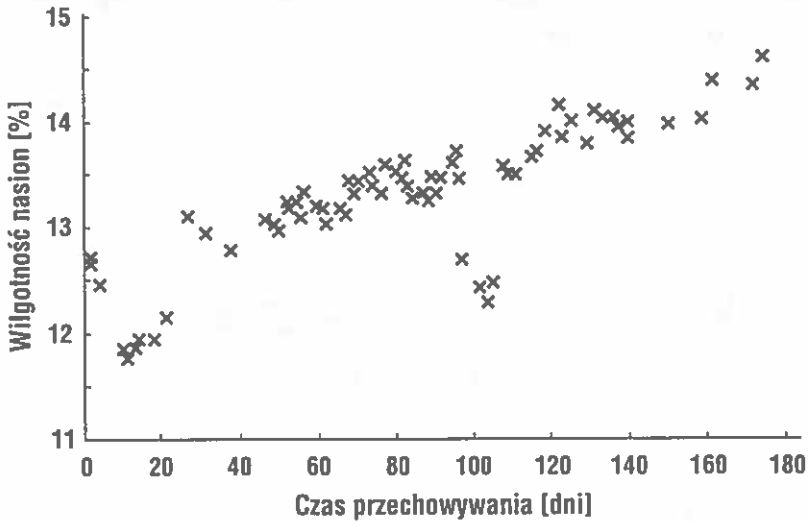
Rys. 17. Przebieg zmian wilgotności nasion rzepaku odmiany Bolko o wilgotności początkowej 11% podczas przechowywania w temperaturze 7°C.

Fig. 17. Moisture content course of Bolko rapeseed (initial moisture content 11%) stored at temperature 7°C.



Rys. 18. Przebieg zmian temperatury próbki nasion rzepaku odmiany Bolko o wilgotności początkowej 11% podczas przechowywania w temperaturze 7°C.

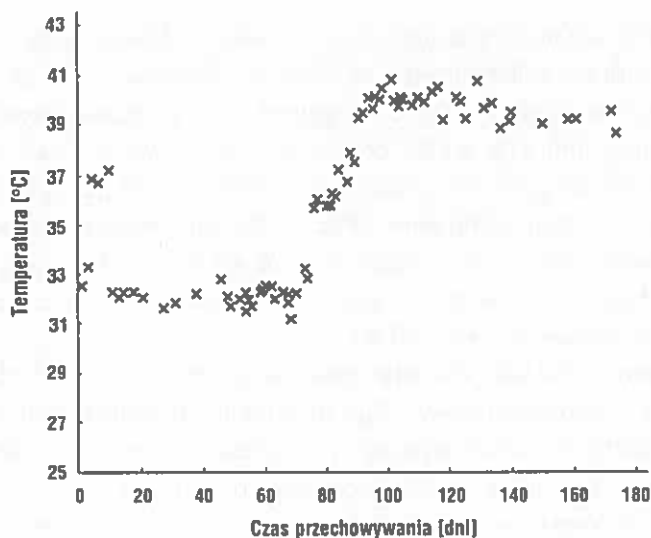
Fig. 18. Temperature course of Bolko rapeseed (initial moisture content 11%) stored at temperature 7°C.



Rys. 19. Przebieg zmian wilgotności nasion rzepaku odmiany Bolko o wilgotności początkowej 11% podczas przechowywania w temperaturze 30°C.

Fig. 19. Moisture content course Bolko rapeseed (initial moisture content 11%) stored at temperature 30°C.

wilgotności nastąpił w sposób bardziej widoczny (o 4% po 180 dniach przechowywania). Natomiast o silnych zmianach zachodzących w nasionach świadczył przebieg temperatury (Rys. 20). Do 70 dnia jej wartość w zasadzie



Rys. 20. Przebieg zmian temperatury nasion rzepaku odmiany Bolko o wilgotności początkowej 11% podczas przechowywania w temperaturze 30°C.

Fig. 20. Temperature course of Bolko rapeseed (initial moisture content 11%) stored at temperature 30°C.

była stała, dopiero po tym okresie wystąpił systematyczny wzrost z 31 do 40°C. Zmiany te, nastąpiły pomiędzy 70 a 100 dniem przechowywania. Po tym okresie nastąpiła stabilizacja, a nawet lekki spadek temperatury. Z porównania danych zawartych w rysunkach wynika, że zmiana temperatury jak wilgotności następowała w tym samym czasie.

Z systematycznie pobieranych próbek do analiz chemicznych (co 20 dni) wynikało, że w czasie wzrostu temperatury wystąpiło również silne namnażanie się drobnoustrojów (grzybów). Prawdopodobnie, to właśnie silny rozwój grzybów był powodem wzrostu temperatury w analizowanej próbce rzepaku. W trakcie przechowywania wystąpiły również zmiany cech, świadczące o wartości technologicznej nasion.

W podobnych warunkach przechowywano również nasiona o wilgotności 6%. Jednak, w tym przypadku nie zanotowano wzrostu ani temperatury, ani wilgotności. Oczywiście, w trakcie przechowywania zmianom ulegały podstawowe wskaźniki jakościowe nasion.

5.2.2. Zbrylanie nasion

Zachowanie nasion w masie zależy przede wszystkim od ich właściwości mechanicznych, wilgotności, temperatury przechowywania oraz wielkości obciążeń na jakie są narażone. To one decydują o właściwościach lepkosprężystych nasion, a więc o skłonności do odkształcenia postaciowego.

Nieoczekiwanym innym czynnikiem, który w bardzo znacznym stopniu wpływał na stopień odkształcenia okazała się dojrzałość nasion. Na Fot. 10 przedstawiono nasiona rzepaku o wilgotności 11%, przechowywane w 7°C, przy obciążeniu 300 kPa po 40 dniach przechowywania. Największym odkształceniom uległy nasiona zebrane przed dojrzałością pełną (nasiona ciemno-czerwone i czerwono-brunatne – Fot. 10 A). Ich obecność w masie inicjuje stopniowy proces zbrylania, a także rozwój szkodliwych mikroorganizmów. Nasiona o dojrzałości pełnej uległy w tych samych warunkach znacznie mniejszym deformacjom (Fot. 10 B).

Początkiem zbrylania jest odkształcenie nasion, czyli uszkodzenie struktury nasienia. Uszkodzenia powodują uwalnianie enzymów wpływając w ten sposób na wartości technologiczne i mechaniczne nasion, obniżają przepuszczalność gazów, a także zmieniają przewodnictwo cieplne. Najczęstszym powodem zlegiwania są obciążenia pionowe i poziome lub powstawanie warunków, które sprzyjają samozagrzewaniu (duża wilgotność nasion, niewłaściwa ich dojrzałość). W efekcie dochodzi do utraty naturalnej sypkości nasion, pogorszenia ich wartości technologicznej (wzrost liczby kwasowej i nadtlenkowej), a także intensywny rozwój szkodliwych grzybów i bakterii. Na Fot. 11 widać postępujące efekty rozwoju grzybów oraz proces zbrylania próbki nasion. Odkształcenie nasion powodowało zniszczenie ich struktury wewnętrznej oraz uszkodzenie łupiny. Doprowadziło to do wycieku oleju z uszkodzonych nasion i stopniowy rozwój drobnoustrojów. W początkowym stadium zbrylona próbka wykazuje oznaki sypkości i pod lekkim naciskiem jeszcze się rozpada. Zaawansowane stadium zbrylenia (Fot. 11 C) charakteryzuje się silnym opanowaniem nasion przez grzyby, a próbka przybiera formę monolitu. W efekcie następuje całkowite zbrylanie (zlegiwanie) nasion, które w warunkach przemysłowych może doprowadzić do zaczopowania silosu (zawieszenie nasion).

5.2.3. Przepuszczalność złoża

Przeprowadzone przez Szveda [87] badania wykazały, że w przypadku stałych obciążeń nasion obserwuje się zmianę ich gęstości w usypie, zmniejszenie porowatości oraz utrudnione przewietrzanie.

Charakterystykę zmian oporów przepływu powietrza przez warstwę badanych nasion rzepaku przedstawiono na Rys. 25. Wynika z niego, że w czasie trwania doświadczenia maleje przepuszczalność badanej warstwy rzepaku, a wyższa wilgotność nasion dodatkowo zmniejsza ich porowatość. Również cechy odmianowe zaznaczyły swój wpływ.



Fot. 9. Bateria komór ciśnieniowych symulujących silosy przemysłowe.
A Komora z instalacją schładzającą; B, C, D komory z instalacją ogrzewającą

Pic. 9. Battery of pressure chambers simulating industrial silos.
A with cooling installation; B, C, D with heating installation;

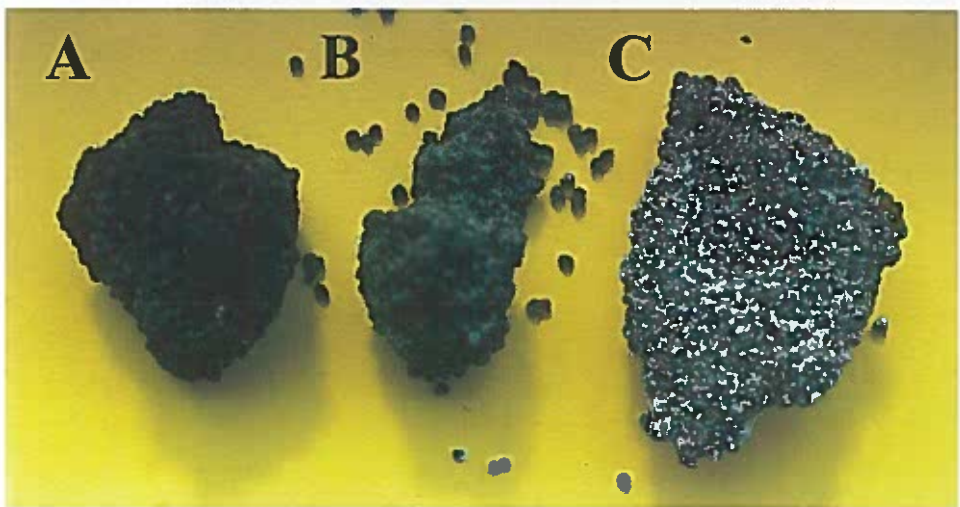


Fot. 10. Wpływ dojrzałości nasion i warunków przechowywania (temperatura 30°C; wilgotność 11%; obciążenie 300 kPa; czas przechowywania 40 dni) na deformację nasion rzepaku.

- A nasiona niedojrzałe, zbierane przed dojrzałością pełną;
- B nasiona dojrzałe, zbierane w czasie dojrzałości pełnej;
- C kontrola (nasiona nie przechowywane).

Pic. 10. Effect of ripeness on their deformation by the storage conditions (seed moisture content of 11%; storage temperature 30°C; pressure 300 kPa; stored for 40 days).

- A unripe seed harvested before;
- B seed harvested as fully ripen;
- C control, not stored seeds.



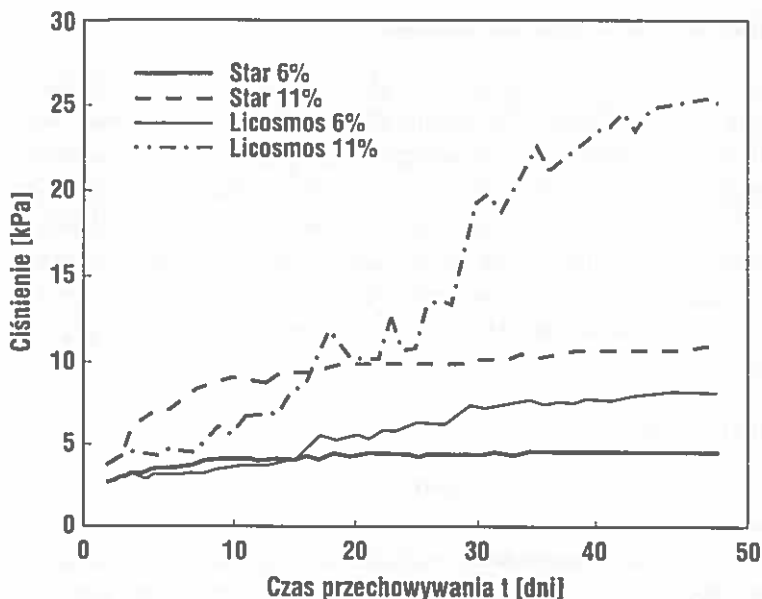
Fot. 11. Proces zbylania nasion rzepaku podczas przechowywania.

Czas składowania 180 dni; wilgotność nasion 11%; temperatura składowania 30°C.

- A nasiona rzepaku po 40 dniach przechowywania;
- B po 60 dniach przechowywania;
- C po 100 dniach przechowywania (całkowicie zbylone i opanowane przez mikroorganizmy).

Pic. 11. Rapeseed completely caked and contaminated with microorganisms storage period 180 days; rapeseed moisture content 11%; storage temperature 30°C.

- A stored for 40 days; B stored for 60 days; C stored for 100 days.



Rys. 21. Wpływ czasu przechowywania nasion rzepaku na opór przepływu powietrza [87].
 Fig. 21. Influence of rapeseed storage time on air flow resistance.

Nasiona o wilgotności 11% wykazują większe wartości odkształceń początkowych, a opory przepływu powietrza, badanej warstwy, były większe niż u nasion o 6% wilgotności. Na uwagę zasługuje zachowanie odmiany Licosmos. Opór przepływu powietrza, wywołany niską porowatością nasion, wzrósł w czasie składowania znacznie niż nasion odmiany Star. Po zakończeniu doświadczenia okazało się, że próbka była silnie zainfekowana grzybami. Prawdopodobnie na rozwój drobnoustrojów miał wpływ fakt, że tuż po zbiorze, nasiona były zmoczone ulewnym deszczem, co przedłużyło ich czas suszenia. Stąd więcej przetrwalników, które uwidoczniły swój wpływ w czasie składowania.

Zmiana gęstości nasion w trakcie ich przechowywania ma istotne znaczenie w przypadku suszenia i przewietrzania, co staje się ostatnio popularnym zabiegiem, zwłaszcza podczas konserwowania nasion chłodnym powietrzem. Spośród wielu publikacji na temat oporu przepływu powietrza przez warstwę nasion roślin uprawnych, na uwagę zasługują prace Jayasa i wsp. [36–39]. Wyniki ich badań wykazały, że opory przepływu powietrza przechodzącego przez warstwę nasion rzepaku uzależnione są od ich wilgotności, odmiany, metody napełniania zbiornika i zanieczyszczeń. Wraz ze zmianą wilgotności nasion zmieniają się również ich właściwości mechaniczne oraz gęstość złoza.

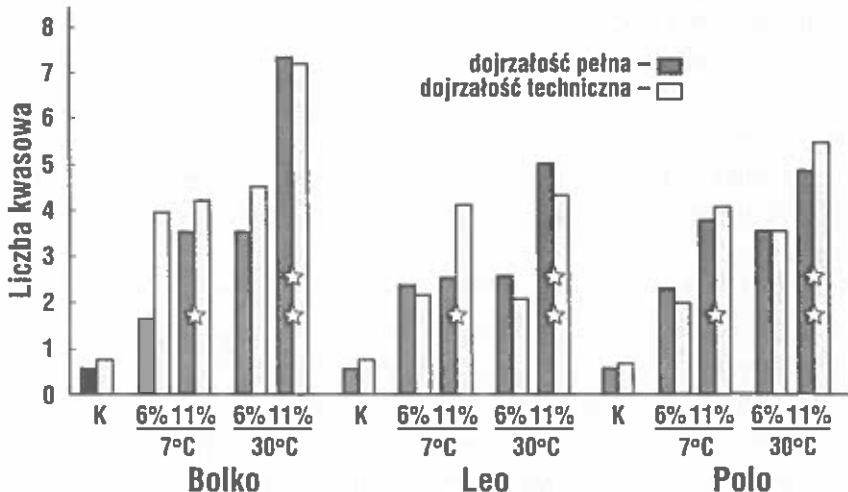
5.3. Wartość technologiczna nasion

Ocena wartości technologicznej nasion, dokonywana w trakcie ich przechowywania, pozwoliła na określenie dynamiki zmian badanych wskaźników jakościowych w zależności od temperatury oraz czasu przechowywania, a także parametrów wyjściowych nasion takich jak odmiana czy wilgotność.

Monitorowanie zmian wilgotności oraz temperatury umożliwiło precyzyjne określenie momentu, w którym następują niebezpieczne dla jakości nasion procesy – samozagrzewanie, samonawilżanie, niebezpieczny wzrost mikroorganizmów, pogorszenie podstawowych parametrów, które opisują wartość technologiczną nasion.

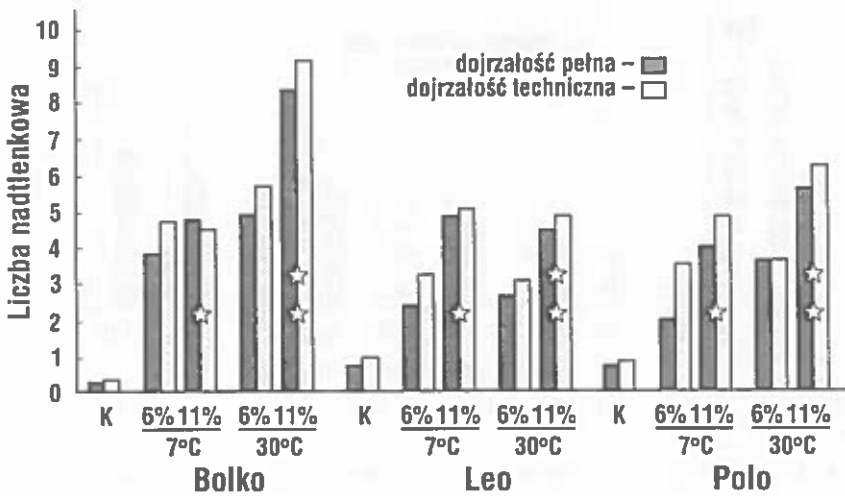
5.3.1. Dojrzałość nasion

Niekorzystne następstwa zbioru nasion przed dojrzałością pełną uwiadcniają się dopiero podczas ich składowania. Nasiona pochodzące ze zbioru dwuetapowego charakteryzowały się znacznie gorszymi wartościami liczby kwasowej (Rys. 22), a składowane nawet w komfortowych warunkach (wilgotność 6%, i 7°C) przybierały wartości liczby kwasowej ponad 4 (odmiana Bolko). Ekstremalnie niekorzystne warunki składowania (wilgotność 11%, temperatura 30°C) doprowadza do wzrostu LK już po 40 dniach składowania do wartości 7,3 (dla nasion przechowywanych w worku wartości te nie przekraczały 0,5). Następuje wtedy również zanikanie różnic pomiędzy doj-



Rys. 22. Wpływ dojrzałości nasion oraz warunków ich składowania na zmiany wartości liczby kwasowej. * – nasiona przechowywane przez 120 dni; ** – nasiona przechowywane przez 40 dni.

Fig. 22. Maturity and storage conditions' influence on acidity value. * – stored for 120 days, ** – stored for 40 days.



Rys. 23. Wpływ dojrzałości nasion oraz warunków ich składowania na zmiany wartości liczby nadtlenkowej.

* – nasiona przechowywane przez 120 dni; ** – nasiona przechowywane przez 40 dni.

Fig. 23. Maturity and storage conditions' influence on peroxide value.

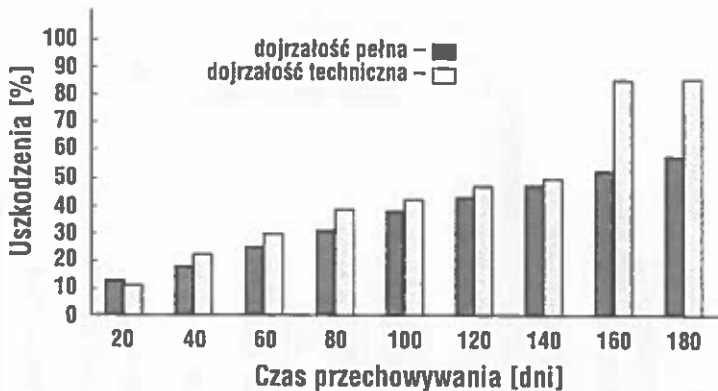
* – stored for 120 days; ** – stored for 40 days.

rzałością nasion. Nasiona odmiany Leo i Polo przechowywane w tych samych warunkach zareagowały mniej gwałtownym wzrostem tego wskaźnika (do ok. 5,5).

Podobny przebieg wykazywała również liczba nadtlenkowa (Rys. 23). Nasiona odmiany Bolko, również w tym przypadku, charakteryzowały się najgorszymi wartościami. Najwyższe wartości LK wynoszące ok. 9 stwierdzono dla nasion o 11% wilgotności i temperaturze przechowywania 30°C. O jakości składowanych nasion decydowała głównie ich wilgotność. Powodowała ona silny rozwój drobnoustrojów i w efekcie zbrzylenie próbki. Tak było w przypadku przechowywania nasion o wilgotności 11% w temperaturze 7°C, gdzie zbrzylenie zanotowano po 120 dniach. Natomiast nasiona o tej samej wilgotności lecz przechowywane w temperaturze 30°C już po 40 dniach wykazywały oznaki opanowania przez grzyby oraz zbrzylenia.

Zróznicowana reakcja poszczególnych odmian na warunki przechowywania wskazuje, że czynnik ten powinien być uwzględniany przy określaniu granicznych czasów składowania nasion.

Badania zmierzające do oceny wytrzymałości nasion na obciążenia dynamiczne, wykazały, że (Rys. 24), nasiona poddane procesowi przechowywania wykazują systematyczny spadek wytrzymałości mechanicznej. Stąd wzrost uszkodzeń nasion, pod wpływem uderzenia ze stałą energią (ponad 80% nasion uszkodzonych po 180 dniach przechowywania). Tymczasem



Rys. 24. Wpływ czasu przechowywania oraz dojrzałości nasion na wielkość uszkodzeń nasion.

Fig. 24. The influence of storing period and maturity of seed on the amount of damage seed.

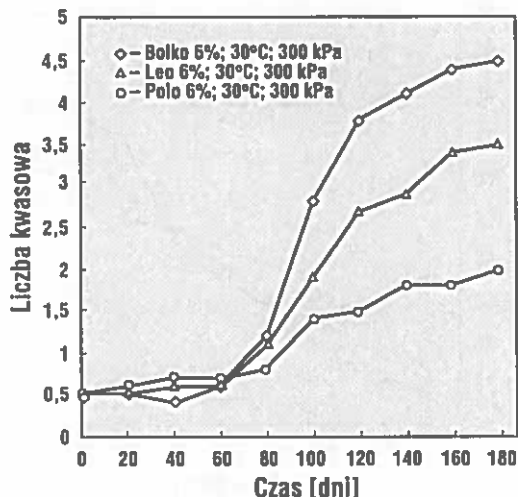
nasiona w początkowej fazie przechowywania (po 20 dniach) wykazywały znacznie wyższą wytrzymałość, tylko 10% nasion uszkodzonych. Wyrażna różnica występuje również w wytrzymałości nasion pochodzących z różnych technologii zbioru. Nasiona pochodzące ze zbioru dwuetapowego charakteryzują się gorszą (o ok. 20%) wytrzymałością, szczególnie w końcowym etapie przechowywania (po 160 dniach). Odporność ta maleje wraz z czasem składowania i ulega pogorszeniu pod wpływem niekorzystnych warunków składowania (wysoka temperatura, wilgotność).

5.3.2. Cechy odmianowe

Przeprowadzone badania miały również na celu określenie wpływu cech odmianowych na jakość składowanych nasion. Oceny dokonano na podstawie LK, LN oraz wytrzymałości mechanicznej (Rysunki 25–27).

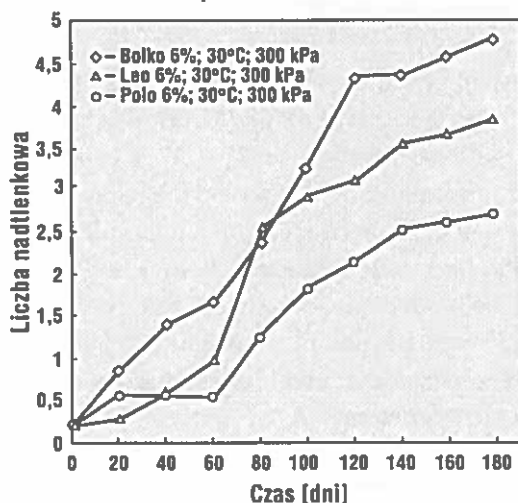
W badaniach uwzględniono odmiany: Bolko, Leo i Polo. Uzyskane wyniki wskazują, że cechy odmianowe mają bardzo istotny wpływ na jakość składowanych nasion. Przechowywanie nasion w warunkach symulujących silosy przemysłowe wykazało, że badane odmiany różnią się zarówno pomiędzy wartościami LK jak i LN. Największe zmiany wystąpiły w nasionach odmiany Bolko, dla której po 180 dniach przechowywania zanotowano wzrost LK z 0,5 do 4,5. Znacznie niższy wzrost liczby kwasowej w czasie przechowywania wystąpił natomiast u odmiany Leo (po 180 dniach wzrost z 0,5 do 1,9). Natomiast odmiana Polo uszeregowana się pomiędzy poprzednio opisanymi odmianami.

Jest szczególnie interesujące, że do 70 dnia składowania, nasiona poszczególnych odmian nie wykazywały różnic w przebiegu LK. Reakcje odmianowe



Rys. 25. Zmiany liczby kwasowej w nasionach rzepaku odmiany Bolko, Leo i Polo w trakcie przechowywania.

Fig. 25. Changes of acidic number in rapeseeds of Bolko, Leo and Polo during their storage.

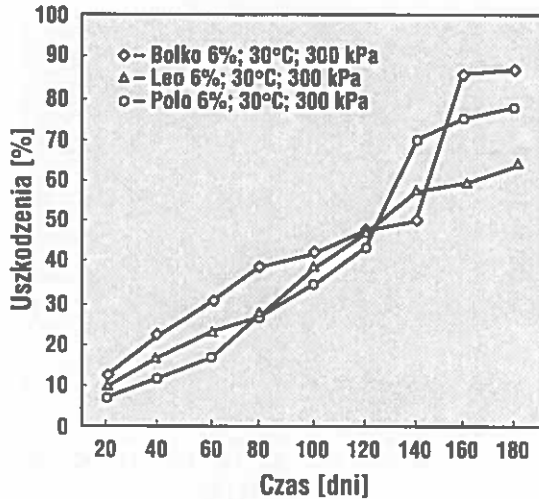


Rys. 26. Zmiany liczby nadlenkowej w nasionach rzepaku odmiany Bolko, Leo i Polo w trakcie przechowywania.

Fig. 26. Changes of peroxide number in rapeseeds of Bolko, Leo and Polo during their storage.

na warunki składowania zaznaczyły swój wpływ dopiero po dłuższym ich przechowywaniu.

Przebiegi wartości LN miały podobne tendencje jak LK z tym, że zróżnicowanie odmianowe nastąpiło już na początku doświadczenia. Również w tym przypadku odmiana Bolko uzyskała najgorsze wartości po 180 dniach przechowywania (LK – 4,8; Polo – 3,5 a Leo – 2,6).



Rys. 27. Wpływ czasu przechowywania i cech odmianowych na ilość uszkodzonych nasion (wywołanych obciążeniami dynamicznymi).

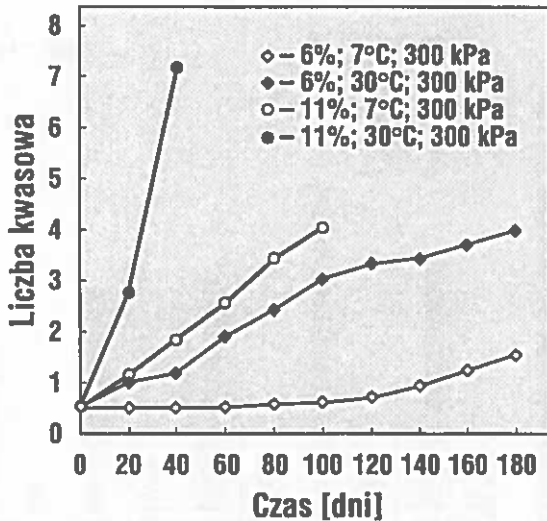
Fig. 27. The influence of storage period and parietal features on the amount of broken seed – damage caused by dynamic loading.

Takie samo uszeregowanie jakości nasion (badanych odmian w czasie przechowywania) wystąpiło również przy ocenie ich wytrzymałości mechanicznej. Z danych zamieszczonych na Rys. 27 wynika, że nasiona odmiany Bolko charakteryzują się najmniejszą wytrzymałością (prawie 90% nasion tej odmiany, poddanych obciążeniom mechanicznym, uległo uszkodzeniu po 180 dniach przechowywania). Dla odmiany Polo i Leo wartości te wynosiły odpowiednio 85 i 65%. Jednak, odmiennie jak w przypadku LK czy LN, ostateczne zróżnicowanie odmianowe nastąpiło dopiero po 160 dniach przechowywania. Do tego czasu przebiegi, opisujące wytrzymałość mechaniczną nasion, pokrywały się wzajemnie.

5.3.3. Warunki przechowywania

Ocenie poddano również wpływ zróżnicowanych warunków przechowywania na cechy jakościowe nasion. W badaniach, które prowadzono na stanowisku symulującym silosy przemysłowe uwzględniono: temperaturę przechowywanych nasion (7, 20 i 30°C), ich wilgotność (6 i 11%), obciążenie (150 i 300 kPa) oraz czas przechowywania.

Uzyskane wyniki badań wskazują, że niska temperatura przechowywania 7°C oraz niska wilgotność 6% wpływały najkorzystniej na jakość przechowywanych nasion rzepaku (Rys. 32). A więc, znalazła tu potwierdzenie stara maksyma przechowalników „sucho i chłodno”. Stąd bardzo niewielkie zmiany



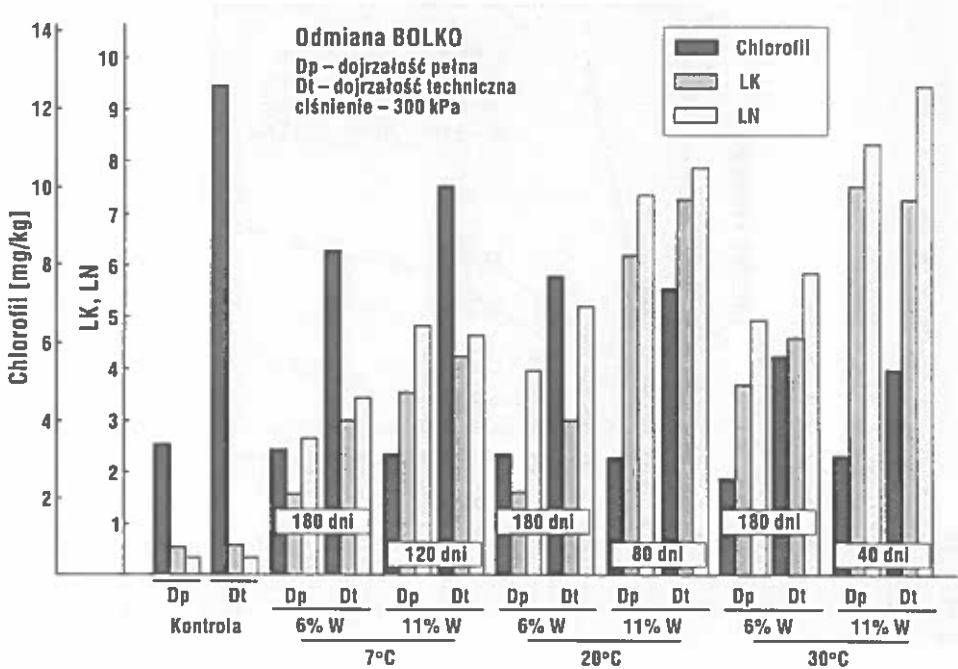
Rys. 28. Wpływ warunków przechowywania (wilgotność nasion, temperatura przechowywania, obciążenie) na zmiany wartości liczby kwasowej.

Fig. 28. Influence of storage conditions (moisture content, temperature, load) on acidic number of rapeseeds.

LK (po 180 dniach przechowywania wzrost wartości do 1, 2). Natomiast nasiona o wilgotności 11%, przechowywane w tych samych warunkach wykazywały stały wzrost LK, aby po 100 dniach uzyskać wartość 4,2. Po tym okresie na nasionach zaobserwowano sukcesywny rozwój mikroorganizmów (pomimo niskiej temperatury), co doprowadziło do stopniowego zbrylenia badanej próbki i zaniechania dalszej oceny. Tymczasem próba określenia maksymalnego czasu składowania nasion o wilgotności 11% w temperaturze 7°C w oparciu o publikowane dane [71, 55] wykazała by, że bez żadnych obaw materiał taki moglibyśmy składować przez ponad 300 dni (nawet 372 dni).

Wysoka temperatura przechowywanych (30°C) wpływała na wzrost liczby kwasowej nawet pomimo niskiej wilgotności nasion (6%). Po 180 dniach zanotowano wzrost wartości tego parametru do 4,1. Nasiona o wysokiej wilgotności (11%) przechowywane w tych samych warunkach (30°C) wykazały już po 20 dniach wzrost liczby kwasowej do 2,8, a po 40 dniach do wartości 7,5, co powoduje ich dyskwalifikację, jako materiału dla przemysłu tłuszczowego.

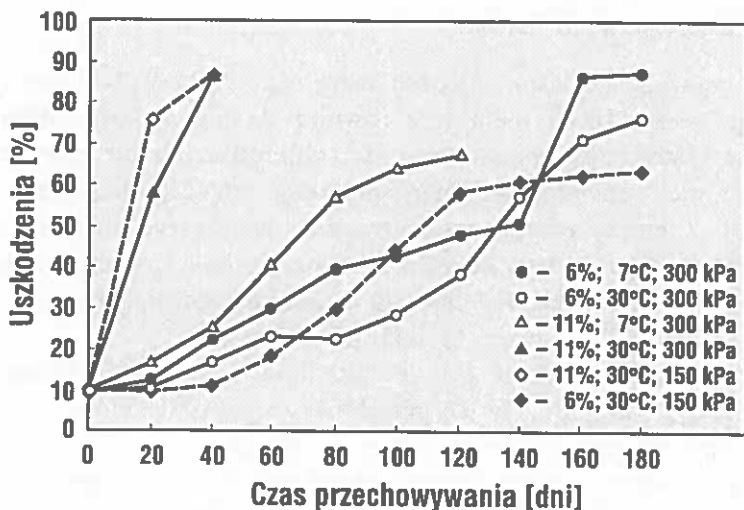
Kompleksową ocenę wpływu warunków przechowywania na cechy jakościowe nasion przedstawiono na przykładzie odmiany Bolko. Dodatkowym czynnikiem, który uwzględniono była dojrzałość nasion i zawartość chlorofilu (Rys. 29).



Rys. 29. Wpływ warunków przechowywania na wartość technologiczną nasion rzepaku (chlorofil, LK, LN).

Fig. 29. The influence of storage conditions on technological value rapeseed (chlorophyll, acid and peroxide number).

Analizując zawartość chlorofilu w nasionach stwierdzono, że jego ilość spadała wraz z czasem przechowywania. Barwniki chlorofilowe są bowiem wrażliwe na temperaturę i działanie światła słonecznego, które powodują ich rozkład. Spadek ten przebiegał najszybciej w nasionach o najwyższej wilgotności (11%) oraz przechowywanych w wysokiej temperaturze (30°C). Niska temperatura działała więc konserwująco nie tylko na wartość liczby kwasowej czy nadtlenkowej lecz również na zawartość chlorofilu w nasionach wpływając na utrzymanie składu chemicznego podobny do tego, jaki występował w nasionach tuż po zbiorze. Zwraca uwagę znacznie wyższy udział chlorofilu w nasionach pochodzących ze zbioru dwuetapowego (12,6 mg/kg) podczas gdy w nasionach pochodzących ze zbioru jednoetapowego zanotowano 3,4 mg/kg. LK rosła wraz z temperaturą przechowywania i wilgotnością nasion. Najwyższe wartości LK (6,1–7,3) zanotowano dla nasion o 11% wilgotności przechowywanych w temperaturze 20°C (80 dni składowania) oraz 30°C (40 dni składowania). Dojrzałość nasion miała w tym przypadku mniejszy wpływ. Podobnie zachowywała się LN. Najwyższe wartości tego



Rys. 30. Zmiany wytrzymałości nasion rzepaku odmiany Bolko podczas przechowywania w zależności od wilgotności, temperatury przechowywania i obciążenia nasion.

Fig. 30. Changes in the Bolko rapeseed strength during storage at various moisture content and storage temperature

parametru wahały się w przedziale od 7,2 (dojrzałość pełna, 11% i 20°C) do 9,1 (dojrzałość techniczna, 11%, 30°C). Dla nasion kontrolnych, przechowywanych w worku w warunkach magazynowych wartości LK i LN wynosiły ok. 0,5.

Charakterystykę wytrzymałości mechanicznej nasion rzepaku poddanych zróżnicowanym warunkom przechowywania przedstawiono na Rys. 30. Wynika z niego, że odporność nasion na uszkodzenie uzależnione jest nie tylko od czasu przechowywania (Rys. 24), odmian (Rys. 27) lecz również od warunków w jakich nasiona przebywają. Dla odporności nasion na uderzenie (podobnie jak dla LK i LN) najgorszymi warunki to: wysoka wilgotność nasion (11%) i wysoka temperatura przechowywania (30°C).

Z analizy danych wynika, że 90% nasion pochodzących z kombinacji – wilgotność 11%; temperatura 30°C; obciążenie 300 kPa; czas przechowywania 20 dni – uległo uszkodzeniu pod wpływem sił pochodzenia dynamicznego. Podobnie zachowywały się nasiona o tej samej wilgotności i temperaturze lecz obciążone 150 kPa.

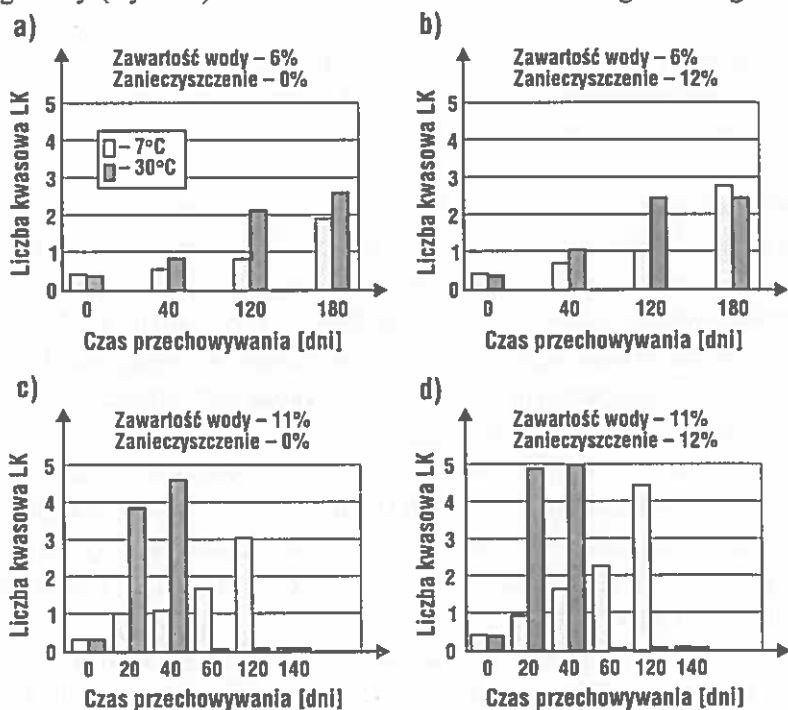
Najwyższą wytrzymałość mechaniczną wykazywały nasiona o 6% wilgotności przechowywane w temperaturze 30°C i poddane obciążeniu 150 kPa. Ich ocena po 180 dniach przechowywania wykazała, że ok. 60% nasion uległo uszkodzeniu. Nieco gorsze okazały się nasiona o 6% wilgotności przechowywane w 7°C i 30°C i poddanych obciążeniu 300 kPa.

5.3.4. Zanieczyszczenia nasion

Zanieczyszczenia nasion rzepaku mają negatywny wpływ nie tylko na technologię pozyskiwania oleju lecz również na jego jakość. Występujące nasiona chwastów zawierają duże ilości chlorofilu, co utrudnia rafinację. Niektóre z nich zawierają również substancje trujące, niedopuszczalne w paszy [58]. Zanieczyszczenia mogą znacznie zmniejszyć objętość wolnych przestrzeni w złożu do tego stopnia, że staje się ono nieprzepuszczalne dla przepływu powietrza. Pył i domieszki wzmagają również procesy biochemiczne i przyspieszają zmiany zachodzące w tłuszczu.

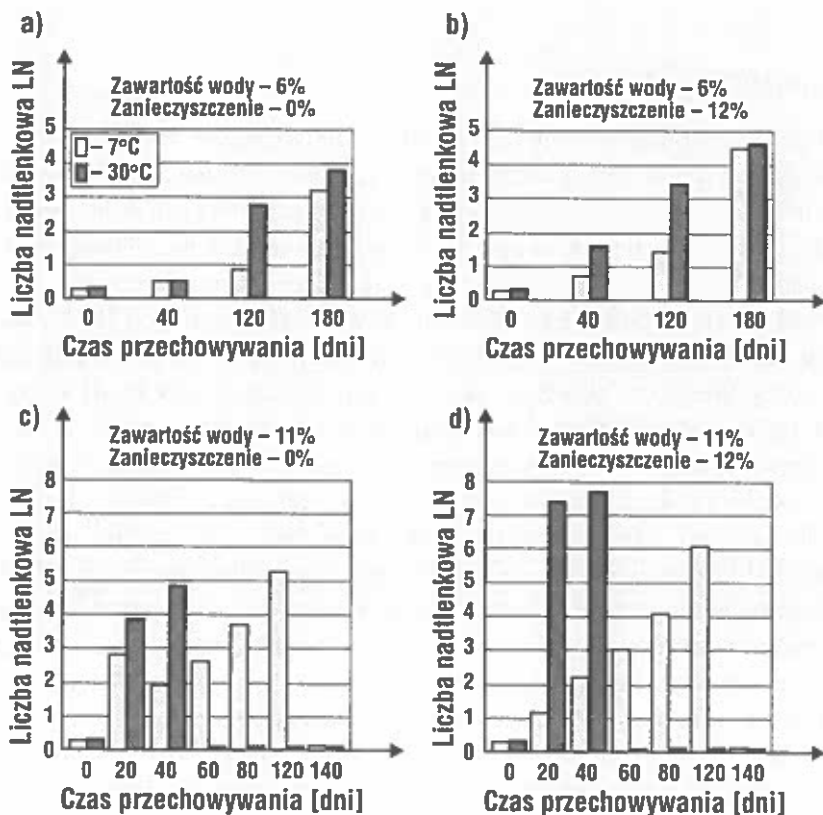
Przeprowadzone badania potwierdziły fakt, że wartość technologiczna nasion dokonywana w trakcie ich przechowywania, uzależniona jest również od ilości zanieczyszczeń występujących w nasionach.

Ocenie poddano nasiona o dwu poziomach zanieczyszczeń (0% i 12%). Nasiona o wilgotności 6% mogły być bezpiecznie składowane nawet do 180 dni i to zarówno w temperaturze 7°C jak i 30°C i niezależnie od ilości zanieczyszczeń. W obu przypadkach LK nie przekraczała dopuszczalnej normami granicy (Rys. 31). Natomiast dla nasion o 11% wilgotności granicznym



Rys. 31. Wpływ zanieczyszczeń na zmianę wartości liczby kwasowej przechowywanych nasion rzepaku.

Fig. 31. The influence of foreign material on value of acid number of stored rapeseed.



Rys. 32. Wpływ zanieczyszczeń na zmianę wartości liczby nadtlenkowej przechowywanych nasion rzepaku.

Fig. 32. The influence of foreign material on value of peroxide number of stored rapeseed.

czasem bezpiecznego składowania w temperaturze 7°C przy nasionach absolutnie czystych (0% zanieczyszczeń) był okres 120 dni. Przy 12% ilości zanieczyszczeń okres ten ulegał skróceniu do 80 dni. (po 120 dniach przechowywania LK = 4,4). Jeszcze większe zróżnicowanie wywołane zanieczyszczeniami wystąpiło w wartościach LN (Rys. 32). Dotyczy to szczególnie przechowywania w temperaturze 30°C, gdzie po 40 dniach, nasiona posiadające 12% zanieczyszczeń wykazywały LN = 7,8. Dla identycznych warunków przechowywania, nasiona z zerowym poziomem zanieczyszczeń, wykazywały LN = 4,8.

6. PODSUMOWANIE

Rosnące zapotrzebowanie na żywność o najwyższych walorach zdrowotnych stawia przed hodowlą rzepaku coraz to nowe wyzwania. Wprowadzenie w ostatnich latach do uprawy odmian dwu- i trzyzerowych było wynikiem znaczącego postępu hodowlanego w jakości nasion rzepaku. Trwają również prace nad odmianami, których olej, w zależności od przeznaczenia, charakteryzował by się odpowiednim składem kwasów tłuszczowych [81]. Nasiona rzepaku stały się więc nie tylko doskonałym surowcem do produkcji oleju o coraz korzystniejszym składzie chemicznym, ale także doskonałym komponentem przy produkcji pasz. Śruta rzepakowa jest bowiem bogata w białko o korzystnym składzie aminokwasowym (szczególnie aminokwasów egzogennych, w które są ubogie zboża, a więc lizynę, metioninę, cystynę, tryptofan). Aby zabezpieczyć nasiona rzepaku przed niepożądanymi zmianami powinny być one poddawane w czasie zbioru, suszenia i przechowywania optymalnym procesom technologicznym. Zastosowanie właściwych parametrów technicznych może zdecydować o końcowej jakości nasion jako surowca dla przemysłu tłuszczowego np. obroty bębna młócającego, wilgotność nasion w czasie zbioru, temperatura suszenia, warunki przechowywania.

Produkcja wysokiej jakości nasion powinna uwzględnić czynniki, które mają decydujący wpływ na ich wartość technologiczną. Poznanie tych czynników wymaga wieloletnich badań obejmujących zarówno uprawiane odmiany, zróżnicowane warunki klimatyczne, sposoby zbioru, a także zróżnicowane warunki suszenia oraz przechowywania. Badania takie wymagają znacznych nakładów zarówno sił jak i środków oraz wzajemnej współpracy naukowców o odmiennych profesjach. Chodzi o to, aby znane było pochodzenie nasion (ich historia) poddawanych kolejnym etapom obróbki pozbiorowej. Pozwala to na wyjaśnienie przyczyn zmian jakie zachodzą w nasionach w czasie trwania tych procesów, co umożliwia wybór opcji optymalnych.

Cechą współczesnego rolnictwa jest duże zapotrzebowanie na nowe odmiany charakteryzujące się coraz lepszymi właściwościami. Sprawia to, że na rynku uprawowym istnieje dość duża płynność odmian. Sytuacja taka ma również swoje mankamenty. Mianowicie do kompletnego opisu odmian naukowcy potrzebują odpowiednio długiego czasu. Musimy bowiem pamiętać, że precyzyjne ich scharakteryzowanie wymaga często kilkuletnich badań, aby w pełni uwzględnić zmienność glebowa czy klimatyczną.

Rozwiązanie tego problemu może nastąpić poprzez bazowanie na opracowanych cechach tych odmian, które wprawdzie wypadły już z uprawy lecz zostały szczegółowo opisane przez maksymalną ilość parametrów. Taka

sytuacja wystąpiła w rozdziale trzecim i piątym tego opracowania. Uwzględniono tam odmiany nie występujące już w uprawie lecz ich dobór był taki, aby swoją zmiennością pokryły możliwie szeroki wachlarz każdego z najistotniejszych parametrów jakościowych. Takie przedstawienie wyników badań daje duże prawdopodobieństwo, że cechy odmian aktualnie uprawianych pokryją się z rozrzutem wartości odmian przedstawionych w opracowaniu. Jednak badania uwzględniające odmiany najnowsze w miarę możliwości będą kontynuowane.

W opracowaniu przedstawiono również badania innych autorów. Ich konkluzje nie zawsze pokrywają się z wynikami badań własnych. Rozbieżności wynikają nie tylko z odmiennej procedury metodologicznej lecz również z różnic odmianowych, dojrzałości, ilości uszkodzeń nasion wziętych do badań. Również brak informacji o uwzględnieniu obciążeń jakie występują w silosach przemysłowych sprawia, że ich przydatność do wykorzystania w praktyce maleje. Przykładem mogą być nasiona o wilgotności 11% przechowywane w temperaturze 7°C. Opierając się na cytowanej literaturze można sądzić, że takie nasiona mogą być przechowywane bezpiecznie 300, a nawet więcej dni, gdy tymczasem z badań przeprowadzonych w IA PAN wynika, że maksymalnie 120 dni. Nawet nasiona o wilgotności 6% lecz zebrane przed dojrzałością pełną przy składowaniu w warunkach symulujących silosy przemysłowe przez okres 180 dni tracą jakość wymaganą przez przemysł tłuszczowy. Z podanych przykładów wynika, że problem określenia maksymalnego – bezpiecznego czasu składowania jest problemem ciągle otwartym.

Krytycznego spojrzenia wymagają również informacje zamieszczone w rozdziale „Suszenie nasion”. Zaskakująca mała ilość informacji zawartych w dostępnej literaturze, a dotyczących warunków suszenia w kontekście jakości nasion wymaga dodatkowych badań. Uwzględniać one powinny zarówno maksymalną – bezpieczną temperaturę suszenia związaną ze zmianami jakościowymi nie tylko oleju lecz również śruty poekstrakcyjnej, jako drugiego ważnego produktu przerobu nasion, czasu suszenia jak i powiązanie wilgotności początkowej nasion z maksymalną temperaturą suszenia. Badania powinny uwzględnić również istniejące odmiany.

Wyniki badań zamieszczone w rozdziale czwartym i piątym wskazują na znaczne różnice w jakości nasion badanych odmian, wywołane zarówno warunkami suszenia (punkt olejowy dla odmiany Lisek wynosił 13,8 MPa, a dla odmiany Licosmos – 9,6 MPa – Rys. 13, cecha ta odgrywa ważną rolę w jakości przechowywanych nasion w silosie) jak i składowania (odmiana Bolko wykazuje znacznie gorsze właściwości po 180 dniach przechowywania niż Leo – Rys. 25). Informacje te mogą zaważyć nie tylko na jakości oleju lecz również mogą stać się przyczyną zagrożenia w czasie składowania nasion w

silosie. Dlatego tak ważne jest, aby podczas suszenia zachować właściwy zakres temperatury czynnika suszącego (wraz ze wzrostem temperatury suszenia maleją wartości punktu olejowego), który powinien podlegać ciągłej rejestracji i kontrolowaniu. Ważne jest również aby podczas składowania zaopatrzyć silosy w zestaw (odpowiednio gęsto rozmieszczonych) czujników, aby zabezpieczyć się przed niekontrolowanym wzrostem wilgotności i temperatury nasion. Takie przypadki występowały w przeszłości i obecnie w obiektach przeznaczonych do składowania rzepaku.

Przyczynkiem do takiego zachowania nasion jest również ich niewłaściwa dojrzałość oraz wilgotność w momencie zbioru. Brak staranności w szybkim dosuszeniu nasion, zebranych bezpośrednio z pola może być przyczyną szybkiego wzrostu wilgotności przekraczającej graniczną wartość 17%, co doprowadza do bardzo szybkiego samozagrzewania. Nasiona takie są natychmiast opanowywane przez szkodliwe grzyby, których przetrwalniki mogą nawet po wysuszeniu nasion, w sprzyjających warunkach (w silosach), ponownie doprowadzić do szybkiego ich rozwoju tworząc niebezpieczne gniazda ciepłe zagrażające bezpieczeństwu wszystkich nasion znajdujących się w silosie.

Bardzo niebezpieczną praktyką, niestety często stosowaną przez producentów, jest mieszanie zbyt suchych (przesuszonych) nasion ze zbyt wilgotnymi. Takie „zabiegi” mogą być przyczyną zepsucia całej partii surowca. Istniejące obecnie metody pozwalają zarówno na określenie stosowanej temperatury suszenia nasion (po fakcie) jak i stwierdzenia przypadków suszenia nasion spalinami w suszarniach bez wymienników ciepła.

Zakłady Przemysłu Tłuszczowego powinny unikać zaopatrywania się w taki „surowiec” ponieważ stanowi on zagrożenie dla zdrowia konsumentów. W przypadku mieszania nasion suchych z mokrymi będzie to wysoka ilość mytotoksyn zarówno w oleju jak i śrucie, jako następstwo występowania dużej ilości szkodliwych grzybów. Natomiast w przypadku przesuszenia lub suszenia spalinami będzie to znaczna ilość benzopirenu – substancji rakotwórczej. Poszukiwanie zdrowej żywności przez konsumentów będzie czynnikiem eliminującym niesolidnych i nieuczciwych producentów i dostawców nasion rzepaku.

7. WNIOSKI

1. Przeprowadzone badania cech jakościowych wykazały, że na nasiona rzepaku w czasie zbioru, suszenia i przechowywania działa cały zespół czynników, które wpływają ujemnie na ich wartość technologiczną. Zasadniczym powodem tych zmian jest budowa anatomiczno-morfologiczna nasion, która warunkuje ich niską wytrzymałość mechaniczną, a zatem ułatwia uszkodzalność. Na zachowanie nasion wpływa również zawartość składników zapasowych – tłuszczu i białka, które w czasie niesprzyjających warunków (wysoka temperatura, wilgotność) łatwo ulegają zepsuciu oraz stają się pożywką dla szkodliwej mikroflory.

2. Uzyskanie wysokiej jakości surowca wymaga prawidłowego określenia dojrzałości technicznej i pełnej. Zdefiniowanie dojrzałości technicznej ułatwia test „zginania łuszczyń w podkowę” (przy pełnej znajomości informacji zawartych w kluczu Muśnickiego–Horodyskiego). Natomiast do określenia dojrzałości pełnej przydatna jest rejestracja wilgotności nasion pod koniec okresu dojrzewania rzepaku, jej spadek poniżej 17% stwarza warunki do rozpoczęcia zbioru jednoetapowego.

3. Warunki zbioru, a szczególnie koszenie na pokosy przed dojrzałością techniczną (w przypadku zbioru dwuetapowego) oraz zbiór roślin przed dojrzałością pełną (w przypadku zbioru jednoetapowego) jest przyczyną uzyskiwania surowca o niepełnej wartości technologicznej (małe wartości MTN, wyższa ilość chlorofilu oraz wyższe wartości LK i LN). Duża ilość nasion niedojrzałych (czerwono-brunatnych) powoduje, że podczas składowania ulegają one w pierwszej kolejności znacznym odkształceniom, co sprzyja porażeniu przez grzyby. Powstają w ten sposób rozprzestrzeniające się ogniska z podwyższoną wilgotnością i temperaturą, co stanowi zagrożenie dla całej partii surowca znajdującego się w silosie. Wynika stąd konieczne monitorowanie zarówno temperatury jak i wilgotności nasion w silosie, aby ograniczyć niebezpieczeństwo zagrożeń związanych z ich niekontrolowanym wzrostem.

4. Zaniechanie walki z chorobami i szkodnikami powoduje znaczne zmniejszenie plonu nasion oraz ich jakości (małe wartości MTN, większe osypywanie, duża ilość nasion niedojrzałych).

5. Suszenie wysokotemperaturowe nasion wymaga ciągłego kontrolowania i rejestracji temperatury oraz wilgotności suszonych nasion. Stosowanie zbyt wysokiej temperatury suszenia (ponad 80°C) wpływa ujemnie zarówno na jakość oleju jak i wartość żywieniową śruty. Szczególnie niebezpieczne jest przesuszenie nasion bowiem powoduje to spadek ich wytrzymałości mechanicznej, co doprowadza do znacznej kruchości nasion i nadmiernego

rozpylenia cząstek (badania Fornala), co może być przyczyną dłuższego czasu perkolacji rozpuszczalnika przez warstwę i gorsza ekstrakcję oleju. Niska wilgotność nasion stanowi również niebezpieczeństwo w obrocie wewnątrzmagazynowym nasion, przy stosowaniu przenośników pneumatycznych.

6. Konserwacja nasion niską temperaturą (6–9°C) jest zabiegiem o bardzo obiecujących zaletach. Brak informacji o zachowaniu nasion w naszych warunkach klimatycznych sugeruje wykonanie dodatkowych badań z uwzględnieniem zróżnicowanej wilgotności nasion, temperatury przechowywania, a także jakości uzyskiwanych nasion. Konieczne jest również potwierdzenie (w naszych warunkach) ekonomicznych zalet tego procesu.

7. Bezpieczną granicą składowanie nasion rzepaku w silosach przemysłowych jest wilgotność 7%. Dłuższe przechowywanie nasion o wyższej wilgotności jest związane z koniecznością bezwzględного monitorowania zarówno temperatury jak i wilgotności.

8. Przeprowadzone badania wykazały, że poszczególne odmiany różnią się między sobą reakcją na zmienne warunki zarówno suszenia jak i przechowywania. Szczególnej uwagi wymagają formy jare, które charakteryzują się gorszą predyspozycją (większa ilość nasion niedojrzałych, łatwiejsze wyolejenie nasion) do długiego przechowywania w silosach.

8. PIŚMIENNICTWO

1. Bartkowiak-Broda I., Krzymański J.: Zmiany w składzie chemicznym nasion ozimego rzepaku bezerukowego K-2040 w czasie formowania i dojrzewania. Biuletyn IHAR – Radzików, 1981, Nr 146, 25–33.
2. Bielecka M., Biedrzycka E., Biedrzycka E., Śmieszek M.: Warunki zbioru i przechowywania a jakość nasion rzepaku. Cz. II. Jakość mikrobiologiczna. Rośliny Oleiste, 135–143, 1994.
3. Brown A. P., Dyer A. F.: Effects of low temperature storage on the pollen of *Brassica campestris*, *B. oleracea* and *B. napus*. Euphytica, 51, 3, 215–218, 1990.
4. Bulisiewicz T., Matzke W., Smarzyński E., Świętek H.: Magazynowanie ziarna zbóż, nasion strączkowych i oleistych. WNT, Warszawa, 1975.
5. Budzyński W., Ojczyk T., Szempiński W., Jasińska Z.: Dynamika przyrostu masy nasion i zmiany niektórych cech jakościowych podczas dojrzewania rzepaku. IHAR. Wyniki badań nad rzepakiem ozimym. 266–275, 1987.
6. Cichy H.: Występowanie surowca technicznego rzepaku ozimego o parametrach nie odpowiadających normom rzepaku „OO”. Praca wykonana dla Zakładów Przemysłu Tluszczowego Kruszwica S. A. 2000.
7. Colliver G. D., Peart R. M., Brook R. C., Barrett J. R.: Energy usage for low temperature grain drying with optimized management. Transactions of the ASAE, 594–600, 1983.
8. Crisp J., Woods J. L.: The drying of rapeseed. J. Agric. Engng Res. 57, 89–97, 1994.
9. Dale A. C., Robinson R. N.: Pressure in deep grain storage structures. Agricultural Engineering, 38 (8), 570–573, 1954.
10. Daun J. K.: Chlorophyll in Canadian Canada and Rapeseed and its role in grading. 7th International Rapeseed Congress, Poland, 1451–1456, 1987.
11. Davison E., Meiering A. G., Middendorf F. J.: A theoretical stress model of rapeseed. Canadian Agricultural Engineering. 21; 45–46, 1979.
12. Dembiński F.: Jak uprawiać rzepak i rzepik. PWRiL, Warszawa 1983.
13. Digvir-Singh, Muir W. E., Sinha R. N., Singh D.: Apparent coefficient of diffusion of carbon dioxide through samples of cereals and rapeseed. Journal of Stored Products Research, 20(3), 169–175, 1984.
14. Dobrzański B.: Mechanizmy powstawania uszkodzeń nasion roślin strączkowych. Acta Agrophysica, 13, 1998.
15. Dobrzański B.: Theoretical model of large deformation of compressed rapeseed. Proceedings of 8-GCRC Rapeseed Congress, Canada, 1261–1266, 1991.
16. Ellis R. H., Hong T. D., Roberts E. H.: A comparison of the low-moisture-content limit to the logarithmic relation between seed moisture and longevity in twelve species. Annals of Botany, 63(6), 601–611, 1989.
17. Ellis R. H., Hong T. D., Roberts E. H.: A comparison of the low – moisture – content limit to the logarithmic relation between seed moisture and longevity in twelve species. Annales of Botany, 63, 601–611, 1989.
18. Finch-Savage W. E., Mc Kee J. M. T.: Viability of rape (*Brassica napus* L.) seeds following selection on the basis of newly-emerged radicles then subsequent drying and storage. Annals of Applied Biology, 114(3), 587–595, 1989.
19. Fornal J., Jaroch R., Kaczyńska B., Ornowski A.: The influence of hydothermal treatment of rapeseeds on their selected physical properties and ability to crush during grinding. Fat Sci. Technol., 94, 5, 192–196, 1989.
20. Fornal J., Jaroch R., Sadowska J., Kaczyńska B.: Mechaniczne właściwości nasion wybranych odmian i rodów rzepaku. Cz. I. Zesz. Probl. IHAR. 165–179, 1991.

21. Fornal J., Sadowska J., Jaroch R., Kaczyńska B., Winnicki T.: Effect of drying of rapeseeds on their mechanical properties and technological usability. *International Agrophysics*, 8 (2), 215–224, 1994.
22. Fornal J., Sadowska J., Jaroch R., Szot B.: Wpływ uszkodzeń rzepaku na jakość białka i tłuszczu. *Zeszyty Problemowe IHAR*, XIV(1), 123–133, 1992.
23. Fornal J., Winnicki T., Jaroch R., Sadowska J., Zadernowski R., Górski T.: Wpływ uszkodzeń nasion rzepaku na jakość białka i tłuszczu. *Zeszyty Problemowe IHAR*, XIV(1), 165–173, 1992.
24. Franzke C., Hollstein E., Diaz Gonzalez J. A.: Über den Einfluss von zerschlagenen Rapssämen auf die Qualität der Fette. *Lebensmittelindustrie*, 17(2), 57–60, 1970.
25. Gąsiorowski H., Ryniecki A., Kolodziejczyk P.: Nowoczesne, energooszczędne metody konserwacji ziarna. *Przegląd zbożowo-młynarski*, 4, 7–8, 1990.
26. Grabska J., Piskuta M., Kubicka E., Waszczuk K.: Warunki zbioru i przechowywania a jakość nasion rzepaku. Cz. I. Aktywność enzymów lipolitycznych i liczby charakterystyczne oleju. *Rośliny Oleiste*, 125–134, 1994.
27. Grzesiuk S., Górecki R.: *Fizjologia plonów, wprowadzenie do przechwalnictwa*. Wyd. ART, Olsztyn, 1994.
28. Grzesiuk S., Kulka K.: *Fizjologia i biochemia nasion*. PWRiL, Warszawa, 1981.
29. Grzesiuk S., Łuczyńska J.: Przemiany w nasionach podczas spoczynku i przechowywania. *Zeszyty Problemowe PNR. Zagadnienia Biologii i Nasiennictwa*, 113, 70–96, 1971.
30. Haman J., Dobrzański B., Szot B., Stępniewski A.: Strength of shell in compression test of rapeseed. *International Agrophysics*, 8(2), 245–250, 1994.
31. Henderson S., Wilkin R.: Relationship between water content and equilibrium relative humidity for 3 oilseed rape cultivars. *Informations Techniques CETIOM*, 93, 17–20, 1985.
32. Horabik J., Molenda M.: Grain pressure in a model silo affected by moisture content increase. *Int. Agrophysics*, 14, 385–392, 2000.
33. Horabik J., Molenda M.: Influence of filling method on radial distribution of vertical pressure of rapeseed on bottom of a model bin. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, z. 427: 91–97, 1995.
34. Horak P., Havel J.: Zmiany żywotności i wskaźników jakościowych nasion rzepaku ozimego podczas długoterminowego składowania. *Rośliny Oleiste*, 145–154, 1994.
35. Jankowski P. S., Karpiński R., Cozel A., Krygier K., Cieślak B., Bartkowska E., Obiedziński M. W.: Badania porównawcze wybranych skażeń chemicznych w olejach roślinnych. *Rośliny Oleiste*, 279–289, 1998.
36. Jayas D. S., Sokhansanj S., Moysey E. B., Barber E. M.: The effect airflow direction on the resistance of canola (rapeseed) to airflow. *Can. Agric. Eng.*, 29, 2, 189–192, 1987.
37. Jayas D. S., Sokhansanj S., Withe N. D. G.: Bulk density and porosity of two canola species. *Transactions of the ASAE*, 291–294, 1989.
38. Jayas D. S., Sokhansanj S.: Design data on resistance to airflow through canola (rapeseed). *American Society of Agric. Eng.*, 32, (1), 285–296.
39. Jayas D. S., Sokhansanj S., Sosulski F. W.: Resistance of bulk canola seed to airflow in the presence of foreign material. *Can. Agric. Eng.*, 47–53, 1990.
40. Jindal V. K., Siebenmorgen T. J.: Simulation of low temperature rough rice drying and rewetting in shallow beds. *Transactions of the ASAE* 37, (3), 863–871, 1994.
41. Kaleta A.: *Modelowanie procesu konwekcyjnego suszenia ziarna w silosach*. Wyd. Techniki Rolniczej i leśnej SGGW, Warszawa 1996.
42. Kączkowski J.: *Biochemia roślin*. T. 2. *Metabolizm wtórny*. PWN, Warszawa, 1985.
43. Kelm M.: Reakcje różnych odmian rzepaku ozimego na uszkodzenia spowodowane przez chowacze lodygowe (*Ceutorrhynchus* sp.). *Materiały XXXI Sesji Naukowej IOR*, 1994.

44. Kobosko A. Systemy pomiarowo-kontrolne stosowane w magazynach materiałów sypkich i ziarnistych. PIAP, Warszawa 1996.
45. Kochman J., Węgorok W.: Ochrona roślin, Warszawa 1978.
46. Kornilowicz-Kowalska T., Szwed A., Szwed G.: Charakterystyka mykologiczna nasion rzepaku w zależności od warunków ich przechowywania. *Acta Agrophysica*, 37, 83–94, 2000.
47. Kostecki Z.: Co daje chłodzenie ziarna. *Przedsiębiorstwo Techniki Zbożowej*. Wrocław. 1993.
48. Loof B.: Platzfestigkeit als Zuchtproblem bei Ölpflanzen der Familie Cruciferae, *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung* 1961, H. 4, 405–416.
49. Mills J. T., Clear K. M., Daun J. K.: Storability of frost-damaged canola. *Canadian Journal of Plant Science*, 64(3), 529–536, 1984.
50. Mohsenin N. N.: Physical properties of plant and animal materials. Vol. I., Structure, Physical characteristics and Mechanical properties. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1970.
51. Molenda M., Horabik J., Thompson A., S., Ross I. J.: Asymetria naporu wywołana niesymetrycznym napełnianiem i opróżnianiem silosu zbożowego. Żelbetowe i sprężone zbiorniki na materiały sypkie i ciecze. XI Konferencja. Świeradów Zdrój. Wrocław. 143–150, 2000.
52. Morgan C. L., Bruce D. M., Child R., Ladbrooke Z. L., Arthur A. E.: Genetic variation for pod shatter resistance among lines of oilseed rape developed from synthetic *B. Napus*. *Field Crops Research*, 58, 153–165, 1998.
53. Morrow C. T., Mohsenin N. N.: Consideration of agricultural products as viscoelastic bodies. *J. Food Science*, 31(5): 686–698, 1966.
54. Muir W. E., Sinha R. N. Physical properties of cereal and oilseed cultivars grown in western Canada. *Can. Agric. Eng.*, 51–55, 1987.
55. Muir W. E., Sinha R. N.: Theoretical rates of flow of air at near – ambient conditions required to dry rapeseed. *Can. Agric. Eng.*, 28 (1), 45–49, 1986.
56. Muir W. E., Waterer D., Sinha R. N.: Carbon dioxide as an early indicator of stored cereal and oilseed spoilage. *Transactions of the ASAE American Society of Agricultural Engineers*, 28(5), 1673–1675, 1985.
57. Muśnicki Cz., Horodyski A.: Projekt klucza do oznaczania stadiów rozwojowych rzepaku ozimego. *Zesz. Probl., Inst. Hod. i Aklimat. Rośl., Radzików* 1989, t. 1, 152–165.
58. Niewiadomski H.: Technologia nasion rzepaku. PWN, Warszawa, 1983.
59. Olsson G.: Some information about oil crop, cultivation in Sweden. *Bulletin GCIRC*, Nr 2, 1985, 95–99.
60. Pastuszewska B., Buraczewska L., Ochabińska A.: Rozpuszczalność białka śruty i wytłoków rzepakowych jako wskaźnik jego wartości odżywczej. *Rośliny Oleiste*, 545–551, 1997.
61. Pathak P. K., Agrawal; Y. C., Singh B. P. N.: Effect of elevated drying temperature on rapeseed oil quality. *Journal of the AOCS*, 68(8), 580–582, 1991.
62. Rakowska M., Ochocki P.: Chemiczna i żywieniowa ocena śrut rzepakowych otrzymanych różnymi metodami. *Rośliny Oleiste*, 345–350, 1995.
63. Ratusz K., Krygier K.: Wpływ temperatury i dodatku przeciwutleniacza naturalnego na zmiany oksydacyjne oleju rzepakowego tłoczonego na zimno. *Rośliny Oleiste*, 467–476, 1997.
64. Rodkiewicz D., Zadernowski R.: Obluskiwanie nasion rzepaku. *Rośliny Oleiste*, 493–504, 1997.
65. Rożej A.: Podatność różnych odmian rzepaku ozimego (*Brassica Napus* L var. *oleifera*) na porażenie przez *Alternaria brassicae* (Bek.) Sacc., *Roczn. Nauk Roln.*, 1974, S. A, t. 100, z. 2, 67–71.

66. Sadowska J., Fornal J., Ostaszyk A., Winnicki T.: Evaluation of the technological quality of rapeseeds dried in industrial driers. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, z. 427, 127–135, 1995.
67. Schneider F. H., Rutte U.: Flüssigkeitsbindung in Olsaaten: Bindungsrelevante Strukturelemente. *Fat. Sci. Technol.*, 91, 337–346, 1989.
68. Sharp J. R.: A review of low temperature drying simulation models. *Can. Agric. Eng. Res.*, 27, 169–190, 1982.
69. Sharp J.: The design and management of low temperature grain dryers in England – a simulation study. *J. Agric. Engng Res.*, 29, 123–131, 1984.
70. Skriegan E.: Qualitätserhaltung geernteter Kornerfruchte im Lager mit unterschiedlichen Verfahren und Kosten. *Die Muhle Mischfuttertechnik*, 129, 6, 67–70, 1992.
71. Skriegan E.: Urządzenia chłodzące „goldsaat”. *Magazynowanie i chłodzenie rzepaku. GRAINPOL*. Wrocław. 1992.
72. Skriegan E.: Kaltlagerung von Kornerfruchten in Silos. *Die Muhle und Mischflutertechnik*, 130, 11, 125–129, 1993.
73. Skriegan E.: Kaltlagerung von Kornerraps. *RAPS*, 2, 78–87, 1989.
74. Skriegan E.: Kuchlung von Kornerfruchten. (Referat in Polen), 2–12, 1992.
75. Spiess E., Wildbolz P.: Ernteverluste bei Raps. *Blatter für Landtechnik*, 230, 1983, 1–7.
76. Stępniewski A., Kutzbach H. D., Szot B.: Effect of spatial orientation of rapeseed on its strength. *International Agrophysics*, 8(2), 333–337, 1994.
77. Stępniewski A., Szot B.: Factors determining the resistance of rape seeds to damage. *Zeszyty Problemowe PNR*, 427, 51–63, 1995.
78. Stępniewski A.: Changes in material quality in post-harvest processing of rape seeds. *Zeszyty Problemowe PNR*, 427, 71–75, 1995.
79. Strona I.: Uszkodzenia nasion, przyczyny i zapobieganie. *PWRiL*, Warszawa, 1977.
80. Sukumaran R. C., Singh B. P. N.: Compression of bed of rapeseeds: The oil – point. *J. Agric. Engng Res.*, 42, 77–84, 1989.
81. Szestowicka B., Spasibionek S., Krzyżański J.: Zastosowanie mieszańców międzygatunkowych pomiędzy *Brasica napus* i *Brasica carinata* w hodowli ulepszającej jakość rzepaku. *Rośliny Oleiste*, 63–68, 1995.
82. Szot B., Kutzbach H. D.: Rapeseed damage as influenced by the dynamic load. *International Agrophysics*, 6, 103–115, 1992.
83. Szot B., Szpryngiel M., Tys J., Grochowicz M.: Przyczyny powstawania strat ilościowych nasion rzepaku podczas zbioru oraz metoda ich określania. *Zeszyty Problemowe IHAR*, 250–260, 1989.
84. Szpryngiel M., Grochowicz M., Szot B.: Sources and causes of rape seed damage during combine harvesting. *Zeszyty Problemowe PNR*, 427, 27–33, 1995.
85. Szwed G., Tys J.: Resistance of rape seeds to the impact of dynamic forces. *Zeszyty Problemowe PNR*, 427, 83–86, 1995.
86. Szwed G., Tys J.: Susceptibility of rape seeds to dynamic damages depending on moisture and storage time. *Zeszyty Problemowe PNR*, 427, 87–90, 1995.
87. Szwed G.: Kształtowanie fizycznych i technologicznych cech nasion rzepaku w modelowanych warunkach przechowywania. *Acta Agrophysica*, 27, 2000.
88. Szyszło J.: Technika i technologia konserwacji ziarna metodą schładzania. *Probl. Tech. Rol. i Leśnej*. Warszawa, 427–430, 1992.
89. Tomeczyk S.: *Magazyny ziarna i innych nasion*. PWRiL, Warszawa, 1970.
90. Tys J., Szwed G., Fałęcki A.: Ocena wytrzymałości dynamicznej nasion rzepaku. *Rośliny Oleiste*, 121–126, 1994.
91. Tys J., Szwed G., Szot B., Malicki A.: Method of estimation of permissible impact energy for rape seed. *International Agrophysics*, 8(2), 367–376, 1994.
92. Tys J., Szwed G.: Analysis of processes accompanying the storage of rape seeds in model pressure, temperature and humidity conditions. *Book of Abstracts. of the VI International Conference on Agrophysics*, Lublin, 351, 1997b.

93. Tys J., Szwed G.: Dynamic resistance of rape seeds. International Conference on Agricultural Engineering, Madrid, 849–850, 1996.
94. Tys J., Szwed G.: Symulowanie warunków przechowywania nasion rzepaku w silosach. *Rośliny Oleiste*, 451–457, 1997a.
95. Tys J., Szwed G.: Wpływ modelowych warunków przechowywania na wartość technologiczną nasion rzepaku. *Zeszyty Problemowe PNR*, 424, 537–544, 1998.
96. Tys J.: Czynniki kształtujące właściwości agrofizyczne rzepaku. *Acta Agrophysica* (6), 1997.
97. Tys J.: Influence of various terms of harvest on quality of rape seeds. *Zeszyty Problemowe PNR*, 427, 65–69, 1995.
98. Vertucci C. W.: A calorimetric study of the changes in lipids during seed storage under dry conditions. *Plant Physiology*, 99(1), 310–316, 1992.
99. Weres J.: Technologia suszenia i przechowywania rzepaku a jego jakość. AR Poznań. Dane nie publikowane.
100. Wilkin D. R., Cox P. D.: Drying and storage of oilseed rape in the UK. Part II. Pest control of stored oilseed rape. *HGCA Oilseed Research Review*, No. 056, 48 pp, 1992.
101. Yiu S. H., Altosaar I., Fulcher R. G.: The effect of processing on the structure and microchemical organization of rapeseed. *Food Microstr.*, 2, 165–173, 1983.
102. Zbiorowa: Sprawozdanie z Projektu Celowego „Opracowanie parametrów technologicznych wpływających na ograniczenie strat nasion podczas mechanicznego zbioru” IA PAN, Lublin.
103. Zdernowski R., Nowak-Polakowa H., Lossow B.: Tłuszcz frakcji morfologicznych nasion rzepaku. *Post. Nauk Rol.*, nr 6, 151–155, 1993.
104. Zukałowa H., Bechyne M., Baranyk P.: Współczesna jakość rzepaku ozimego i perspektywy jego uprawy w Republice Czeskiej. *Rośliny Oleiste*. 155–169, 1994.

| Year | Month | Day | Event | Location | Notes |
|------|-------|-----|-------|----------|-------|
| 1911 | Jan | 1 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 2 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 3 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 4 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 5 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 6 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 7 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 8 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 9 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 10 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 11 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 12 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 13 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 14 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 15 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 16 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 17 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 18 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 19 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 20 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 21 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 22 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 23 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 24 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 25 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 26 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 27 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 28 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 29 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 30 | ... | ... | ... |
| 1911 | Jan | 31 | ... | ... | ... |

SUMMARY

QUALITY OF RAPESEED HARVEST, DRYING AND STORAGE

Rapeseed is very sensitive material, which highly response bad harvesting (maturity and damage amount) as well as bad post-harvest technology (drying, cleaning, conveying and storage). So many factors affecting quality features of rapeseed come from seed morphology, anatomical structure and chemical composition.

The evaluation of technological value of rapeseed shows that both harvest technology as well as drying and storing conditions play very significant part in formation of features the most important for fat industry. Without any doubts, seed ripeness during harvesting has substantial significance from this point of view. Gathering unripe seed results in the increase of parameters manifesting its deterioration during storage. Adjustment of parameters of post harvest processes shell refer to this parameters. Monitoring of drying and storage parameters and than describing of processes undergo in stored material allow evaluation of the influence of the above mentioned factors on quality of oil derived form seed. This could lead to elaboration of technology, which could gives measurable economic results taking the total annual rapeseed production into account.

Technological value of rapeseed depends of varietal features and proper selection of technical parameters of post-harvest handling. Laboratory studies on special stands allow taking into consideration considerable number of factors, which influence seed quality. Moreover the stands allow simulation of real conditions. Such a simulation research permits full description of changes, which undergo in dried and stored material. The possibility of prediction of safe storage of seed is important for producers and fat factories, where seed are stored for year or longer in order to keep appropriate reserve.

Low worthwhileness of rapeseed production force to find economical technologies for the whole cycle of seed production. Low-temperature preservation of rapeseed of high amount of moisture is such a foreseeable economical technology. Practical application of this technology for drying and storing of rapeseed is connected to reaction of grown varieties to the changes of conditions influenced technological value of seed.

Key words: rapeseed, harvesting, drying, storage, seed quality.

Adresy autorów:

Doc. dr hab. Jerzy Tys
Instytut Agrofizyki
im. B. Dobrzańskiego PAN
ul. Doświadczalna 4
P.O. Box 201
20-290 Lublin
tel. (081) 74 450 61, fax (081) 74 450 67
e-mail: jtys@demeter.ipan.lublin.pl

Mgr inż. Roman Rybacki
Dyrektor ds. Zakupu
Zakłady Tłuszczowe "Kruszwica" SA
ul. Niepodległości 42
88-150 Kruszwica
tel: (052) 35 35 248, fax. (052) 35 35 211
e-mail: rrybacki@pl.ebsworld.com