Teraz rzepak Teraz olej

Tom V

SUSZENIE i PRZECHOWYWANIE RZEPAKU

prof. dr hab. Jerzy Tys, dr inż. Robert Rusinek, dr inż. Paweł Olejarski,
prof. nadzw. dr hab. Marek Korbas, dr Ewa Jajor, inż. Konrad Gładkowski

PSPO
POLSKIE STOWARZYSZENIE PRODUCENTÓW OLEJU

Teraz
rzepak
Teraz
olej

Tom V

SUSZENIE I PRZECHOWYWANIE RZEPAKU

Monografia

prof. dr hab. Jerzy Tys
dr inż. Robert Rusinek
inż. Konrad Gładkowski
prof. nadzw. dr hab. Marek Korbas
dr Ewa Jajor
dr inż. Paweł Olejarski

PSPO
POLSKIE STOWARZYSZENIE PRODUCENTÓW OLEJU

Warszawa 2011

Teraz rzepak Teraz olej

Tytuł projektu:

Kierownik projektu: Ewa Myśliwiec

Zespół projektu: prof. dr hab. Wojciech Budzyński, prof. dr hab. Jerzy Tys, doc. dr inż. Marek Mrówczyński, dr inż. Roman Rybacki, dr inż. Lech Kempczyński, mgr inż. Jacek Witkowski, mgr inż. Ewa Myśliwiec

Autorzy tytułu serii: Ewa Myśliwiec, Stanisław Rosnowski, Wojciech Mazurkiewicz

Tytuł V tomu: Suszenie i przechowywanie rzepaku

Autorzy

prof. dr hab. Jerzy Tys	– rozdziały 1; 2; 3.1; 3.2; 3.3; 4; 7
dr inż. Robert Rusinek	– rozdziały 1; 2; 3.1; 3.2; 3.3; 4; 7
inż. Konrad Gładkowski	– rozdział 3.4
prof. nadzw. dr hab. Marek Korbas	– rozdział 5
dr Ewa Jajor	– rozdział 5
dr inż. Paweł Olejarski	– rozdział 6

Monografia pod redakcją: prof. dr hab. Jerzego Tysa

Recenzja: prof. dr hab. Wojciech Budzyński

Opracowanie opiniowali: inż. Mieczysław Parzydło, mgr inż. Jacek Witkowski

Korekta: Maria Gajda

Opracowanie graficzne, skład i przygotowanie do druku: Printomato Magda Piotrowska-Kloc
www.printomato.pl

Projekt okładki: Magda Piotrowska-Kloc
Autorzy zdjęć: dr inż. Paweł Olejarski, prof. dr hab. Jerzy Tys, dr inż. Robert Rusinek, prof. nadzw. dr hab. Marek Korbas, dr Ewa Jajor, Riela

Wydawca:

PSPO
POLSKIE STOWARZYSZENIE PRODUCENTÓW OLEJU

Polskie Stowarzyszenie Producentów Oleju
ul. Grzybowska 2 lok. 49, 00-131 Warszawa
tel.: 22 313 07 88; faks: 22 436 39 66
e-mail: biuro@pspo.com.pl; www.pspo.com.pl

© Polskie Stowarzyszenie Producentów Oleju

Druk: Miller Druk sp. z o.o.

Nakład: 3000 egz.

ISBN 978-83-927541-7-6
Warszawa 2011

Przedmowa

Wyprodukowanie nasion rzepaku wymaga złożonych zabiegów doboru odmiany, ochrony, nawożenia i zbioru. Cały proces trwa blisko rok i obarczony jest sporym kosztem. Aby jednak nie zniweczyć trudu rolnika włożonego w plony, niezmiernie ważne jest precyzyjne suszenie i prawidłowe przechowywanie. Rzepak żyje często jeszcze rok, a nawet i więcej, od momentu zbioru do chwili, w której zostaje przetworzony na olej i śrutę lub makuch. Dlatego tak ważne jest chronienie jego nasion, aby zapewnić możliwość wydobycia najcenniejszych substancji odżywczych z jego składu – zarówno dla człowieka, jak i dla zwierząt.

Polskie Stowarzyszenie Producentów Oleju wydaje książkę pt. „Suszenie i przechowywanie rzepaku" w momencie ważnej dla rynku zmiany parametru handlowego, jakim jest wilgotność. Dotychczas stosowany w cennikach próg wilgotności wynosił 7% z tolerancją do 7,5%. Ale znaczna część surowca od 2011 r. będzie już rozliczana przy wskaźniku 9%. Beneficjentami tej zmiany będą producenci rzepaku. Jakkolwiek nie może i nie powinno to mieć żadnego wpływu na zachowanie dotychczasowych wymogów w długotrwałym przechowalnictwie.

Nie należy zatem przyjmować nowych bazowych parametrów handlowych do przechowalnictwa, ale stosować sprawdzone praktyki.

Proces suszenia i przechowywania rzepaku wymaga szczególnej dbałości i staranności, większej niż w przypadku zbóż. Od wielu lat prof. dr hab. Jerzy Tys z Instytutu Agrofizyki Polskiej Akademii Nauk w Lublinie tłumaczy, promuje i rozpowszechnia wiedzę z tego zakresu. Zawsze czyni to w bardzo jasny i czytelny sposób. Naturalne zatem było, że PSPO poprosiło Pana Profesora o przygotowanie tej właśnie monografii dla dostawców rzepaku do zakładów tłuszczowych zrzeszonych w Stowarzyszeniu. Dobrani przez zespół projektu współautorzy wnieśli również wiele praktycznych aspektów, na które należy zwrócić uwagę, jak chociażby wybór suszarni, przygotowanie magazynu, występowanie grzybów i szkodników w przechowywanym rzepaku.

Poza tym w książce opisano biologiczne i fizyczne czynniki determinujące bezpieczne przechowywanie, a także te kształtujące przechowalniczą jakość nasion rzepaku. Wiele praktycznych aspektów poruszono też w rozdziałach dotyczących suszenia i przechowywania.

Serdecznie dziękuję również prof. dr hab. Wojciechowi Budzyńskiemu za dokonanie recenzji i specjalistom z zakładów tłuszczowych Jackowi Witkowskiemu i Mieczysławowi Parzydło, którzy opiniowali opracowanie, dokładając starań, by było ono jak najbardziej przydatne w praktyce.

Polskie Stowarzyszenie Producentów Oleju grupujące zakłady, których łączny przerób stanowi około 96% zbiorów rzepaku w kraju, promuje wysokie standardy jakościowe w produkcji i przetwórstwie rzepaku celem uzyskania najwyższych standardów dla oleju rzepakowego. I taki też motyw przewodni towarzyszy wszystkim publikacjom wydanym w ramach projektu „Teraz rzepak, Teraz olej".

Książka, którą trzymają Państwo w rękach, stanowi V i ostatni tom serii „Teraz rzepak, Teraz olej". Dotychczas ukazały się następujące tytuły: „Kodeks dobrej praktyki produkcji rzepaku" (2008), „Olej rzepakowy – nowy surowiec, nowa prawda" (2009), „Technologia produkcji surowca" (część I 2009, część II 2010), „Pasze rzepakowe w żywieniu zwierząt" (2010). Publikacje otrzymali m.in. niemal wszyscy producenci rzepaku w Polsce i dostawcy rzepaku do zakładów tłuszczowych będących członkami Polskiego Stowarzyszenia Producentów Oleju. Można je także zamówić bezpłatnie w wersji elektronicznej poprzez stronę internetową www.pspo.com.pl lub zakupić w biurze PSPO albo za wysyłką pocztową. Zachęcam do uzupełnienia brakujących wydań i skompletowania całej serii.

Wraz z wydaniem ostatniego tomu dobiegł końca projekt „Teraz rzepak, Teraz olej". Pragnę podziękować wszystkim osobom zaangażowanym w przygotowanie poszczególnych tytułów, tj. członkom zespołu projektu, autorom, recenzentom, korektorom, autorom zdjęć, jak również osobom realizującym opracowanie graficzne, skład i druk. Łączny nakład publikacji wyniósł ok. 120 tys. egzemplarzy, a seria zmieściła się na blisko 700 stronach fachowego materiału, który – mam nadzieję – czytelnicy już wykorzystują w praktyce.

Życząc przyjemnej lektury, pozostaję z poważaniem

dr inż. Roman Rybacki

prezes zarządu
Polskiego Stowarzyszenia
Producentów Oleju

Polskie Stowarzyszenie Producentów Oleju zrzesza firmy, których podstawową działalnością jest produkcja oleju rzepakowego oraz śruty lub makuchu rzepakowego.
Od 2008 r. jesteśmy członkiem FEDIOL – Europejskiej Federacji Przetwórców Nasion Oleistych

Spis treści

1. Biologiczne i fizyczne czynniki determinujące bezpieczne przechowywanie nasion 7
1.1. Woda w nasionach 7
1.2. Wilgotność zarodka 9
2. Czynniki kształtujące jakość przechowalniczą nasion rzepaku 13
2.1. Dojrzewanie pożniwne 13
2.2. Wilgotność wtórna nasion 15
2.3. Wytrzymałość mechaniczna nasion rzepaku 15
2.4. Nasiona niedojrzałe 18
2.5. Nasiona porośnięte 18
3. Suszenie nasion rzepaku 21
3.1. Suszenie wysokotemperaturowe 21
3.1.1. Zanieczyszczenia wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi (szczególnie benzo(a)pirenem) 22
3.1.2. Czynniki fizyczne ważne w procesie suszenia 26
3.2. Suszenie niskotemperaturowe 27
3.3. Suszenie skojarzone (dwuetapowe) 32
3.4. Suszenie nasion rzepaku – zalecenia praktyczne 33
4. Przechowywanie nasion 39
4.1. Wpływ powietrza na warunki przechowywania nasion rzepaku 40
4.2. Obiekty magazynowe 40
4.3. Obliczenia parcia materiałów sypkich, metoda Janssena 42
4.4. Parametry mechaniczne nasion rzepaku istotne w procesie przechowywania i metody ich wyznaczania 44
4.5. Zagrożenia awariami w trakcie przechowywania 44
4.6. Zagrożenia zepsuciem nasion podczas przechowywania 46
4.7. Monitorowanie parametrów nasion rzepaku w trakcie przechowywania 48
4.8. Graniczny czas przechowywania 52
5. Występowanie grzybów na nasionach rzepaku i ich znaczenie 55
5.1. Wstęp 55
5.2. Występowanie grzybów 57
5.3. Czynniki wpływające na zasiedlenie nasion przez grzyby 59
5.4. Skutki zasiedlenia nasion przez grzyby 61
5.5. Metody zapobiegania zasiedlaniu nasion przez grzyby 64
6. Szkodniki w przechowywanym rzepaku i przygotowanie magazynu 67
6.1. Wymagania w stosunku do surowca 67
6.2. Wybór magazynu i jego wyposażenie techniczne 68
6.3. Przygotowanie magazynu do przechowywania nasion rzepaku 69

6.4. Szkodniki magazynowe 75
6.5. Wykrywanie szkodników 83
6.6. Zwalczanie szkodników 85
7. Podsumowanie 91
8. Literatura 93
9. Obowiązujące przepisy prawne z zakresu suszenia i przechowywania rzepaku 97
9. Słownik 99

1. Biologiczne i fizyczne czynniki determinujące bezpieczne przechowywanie nasion

1.1 Woda w nasionach

Bezpieczne przechowywanie nasion uzależnione jest głównie od ich wilgotności. Jednak znajomość tego parametru (mierzonego różnymi sposobami) nie zawsze mówi o tym, jaka jest kondycja przechowalnicza nasion, a więc zdolność do długotrwałego przechowywania. **Bezpieczna wilgotność przechowalnicza – kondycjonalna** – jest bowiem uzależniona (i to w zasadniczy sposób) od składu chemicznego materiałów zapasowych danego typu nasion. Dlatego, w zależności od składu tkanki spichrzowej, wyróżnia się: nasiona oleiste, białkowe, białkowo-skrobiowe itd. Właściwości tych materiałów, a szczególnie ich zdolność do wiązania wody, mają zasadniczy wpływ na poziom i zakres wilgotności kondycjonalnej nasion.

Bezpieczne przechowywanie nasion o wilgotności kondycjonalnej wiąże się z tym, że nie występuje w nich **woda wolna,** która jest całkowicie związana przez koloidy komórkowe. Górna granica wilgotności kondycjonalnej nazywana jest **wilgotnością graniczną.** Jej przekroczenie wzmaga procesy enzymatyczne uaktywniające przemianę materii, a tym samym następuje wzrost aktywności życiowej nasion.

Znajomość wilgotności kondycjonalnej w przypadku poszczególnych gatunków nasion ma kapitalne znaczenie dla wyznaczenia prawidłowych norm przechowalniczych. Np. wilgotność kondycjonalna ziarna zbóż zawierającego duże ilości substancji hydrofilowych (białko, skrobia, cukry) wynosi ok. 12-15%, natomiast dla nasion oleistych zawierających oprócz substancji hydrofilowych również tłuszcze (substancje hydrofobowe) wilgotność kondycjonalna jest znacznie mniejsza i wynosi od 6 do 11%, zależnie od ilości tłuszczu w nasionach. Norm przechowalniczych, gwarantujących bezpieczne przechowywanie nasion przez długi czas, nie należy jednak mylić z dowolnie ustalanymi normami handlowymi. Dla nasion rzepaku taką nor-

mą handlową o coraz szerszym zasięgu funkcjonowania jest przyjęta przy skupie wilgotność nasion wynosząca 9%.

Znając zawartość tłuszczu w nasionach, można obliczyć wilgotność kondycjonalną – przechowalniczą – danego gatunku:

$$x = \frac{Wk\ (100 - y)}{100}$$

gdzie:

x – wilgotność kondycjonalna,

Wk – wilgotność kondycjonalna części skrobiowo-białkowej (wilgotność zarodka),

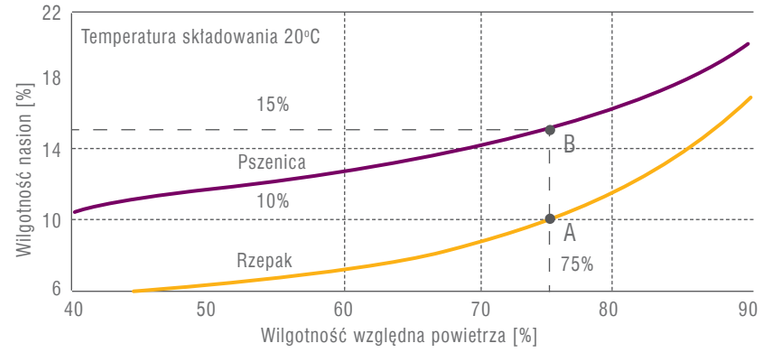
y – zawartość substancji hydrofobowych w % (tłuszcze).

Poziom uwodnienia nasion, jaki obowiązuje w normach handlowych, znacznie nieraz odbiega od tego, jaki jest wymagany dla nasion przeznaczonych do długotrwałego przechowywania. Normy handlowe dopuszczają bowiem do obrotu nasiona przekraczające bezpieczną wilgotność kondycjonalną. Niesie to jednak za sobą bardzo poważne zagrożenie dla jakości składowanych nasion. Zagrożenie to dotyczy zarówno nasion przeznaczonych do przetwórstwa przez zakłady tłuszczowe, jak i przeznaczonych na biodiesel (śruta czy wytłoki rzepakowe w jednym i drugim przypadku stanowią bowiem pokarm dla zwierząt).

W UE dopuszcza się do obrotu nasiona rzepaku o wilgotności 9%. Przeznaczenie takich nasion do dłuższego przechowywania wymaga jednak ich wcześniejszego dosuszenia.

Wszystkie nasiona charakteryzują się budową koloidalno-kapilarno-porowatą, a to sprawia, że mogą pochłaniać lub oddawać parę wodną z otoczenia. Z tego względu wilgotność nasion nie jest cechą stałą, lecz podlega ciągłym zmianom w zależności od wilgotności względnej powietrza, w którym przebywają (ta ich cecha jest wykorzystywana również w suszarnictwie). Układ taki dąży stale do równowagi, mówi się więc o wilgotności równowagowej. Oznacza to, że zawartość wody w nasionach zależy od nasycenia powietrza parą wodną (prężności pary wodnej) w określonej temperaturze. Wilgotność równowagowa jest często podawana z uwzględnieniem wartości temperatury, w jakiej przebywają nasiona. Dla przykładu, nasiona rzepaku o wilgotności 10% przebywające w atmosferze o wilgotności 75% znajdują się w równowadze

Rys. 1. Porównanie wilgotności równowagowej nasion rzepaku i ziarna pszenicy (Ryniecki i Szymański, 1999)



(punkt A na Rys. 1). Oznacza to, że ani nie pobierają wilgoci z powietrza, ani jej nie wydzielają. Dla ziarna pszenicy równowaga ta znajduje się na poziomie wilgotności ok. 15% (punkt B na Rys. 1). Inne przykładowe wartości wilgotności równowagowej podano w Tab. 1.

Tabela 1. Wilgotność równowagowa dla nasion rzepaku oraz ziarna pszenicy (Ryniecki i Szymański, 1999)

Względna wilgotność powietrza, %	40	50	60	70	80	90
Wilgotność równowagowa nasion rzepaku, %	5,8	6,3	7,2	8,8	11,2	17,2
Wilgotność równowagowa ziarna pszenicy, %	10,5	11,9	13,1	14,2	16,5	21,1

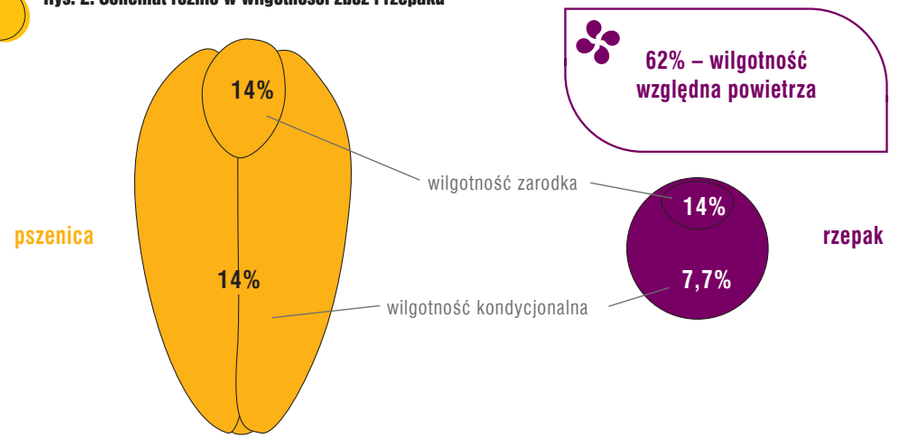
1.2. Wilgotność zarodka

Górną granicę wilgotności kondycjonalnej wyznacza się na podstawie tempa przemian biochemicznych zachodzących w nasionach. Dynamiką tych zmian oraz stopniem pobudzenia nasion steruje zarodek, poprzez swą gotowość do kiełkowania, a o aktywności biologicznej zarodka decyduje jego wilgotność. Optymalna wilgotność zarodka nasion (różnych gatunków) przeznaczonych do przechowywania powinna wynosić ok. 14% (tyle, ile wynosi wilgotność przechowalnicza zbóż, ponieważ zarówno zarodek, jak i związki zapasowe charakteryzują się podobną możliwością wiązania wody). Aby wilgotność zarodka rzepaku wynosiła 14%, a więc była porównywalna z bezpieczną wilgotnością przechowalniczą zbóż, nasiona rzepaku powinny

się charakteryzować wilgotnością w przedziale od 7,0 do 8,4% (zależnie od zawartości tłuszczu).

Na Rys. 2 przedstawiono wilgotność równowagową – dla wilgotności względnej powietrza 62% – ziarniaka zbóż (którego wilgotność wynosi wtedy 14%) oraz rzepaku (7,7%) przy porównywalnej wilgotności zarodka równej 14%. Różnica w wilgotności zbóż i nasion rzepaku wynika, o czym wcześniej wspomniano, z różnego składu materiałów zapasowych (rzepak zawiera ok. 45% tłuszczu, który – jak wiadomo – nie wiąże wody).

Rys. 2. Schemat różnic w wilgotności zbóż i rzepaku



Zreasumujmy więc najważniejsze fakty zasadniczo wpływające na zdolność przechowalniczą nasion rzepaku i ziarna zbóż.

1. W nasionach rzepaku o zawartości tłuszczu 45% cała wodya jest zgromadzona w pozatłuszczowej części (55%) masy nasion (bo tłuszcz nie wiąże wody). Natomiast w ziarnie zbóż zawartość wody związana jest w równym stopniu przez całą masę ziarniaka. Większość obecnie uprawianych odmian rzepaku charakteryzuje się zawartością tłuszczu w przedziale 45-49%. W praktyce średni odnotowany w skupach poziom zawartości tłuszczu wynosi mniej więcej 42%.
2. Aby wilgotność zarodka zbóż i rzepaku wynosiła 14% (była bezpieczna do przechowywania), rzepak powinien charakteryzować się wilgotnością ok. 7%, a zboża – 14%.

Bezpieczny poziom wilgotności w przechowalnictwie wynosi dla rzepaku 7%, a dla zbóż 14%.

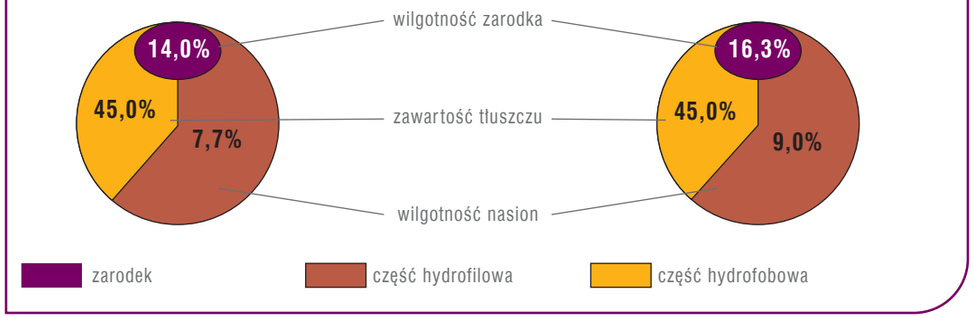
Tabela 2. Różnice w składzie chemicznym pszenicy i rzepaku (Skriegan, 1992)

Gatunek	Węglowodany*	Białko**	Tłuszcz	Włókno	Popiół
Pszenica	79,0	14,0	2,0	2,5	2,5
Rzepak	19,0	22,5	45,0	9,0	4,5

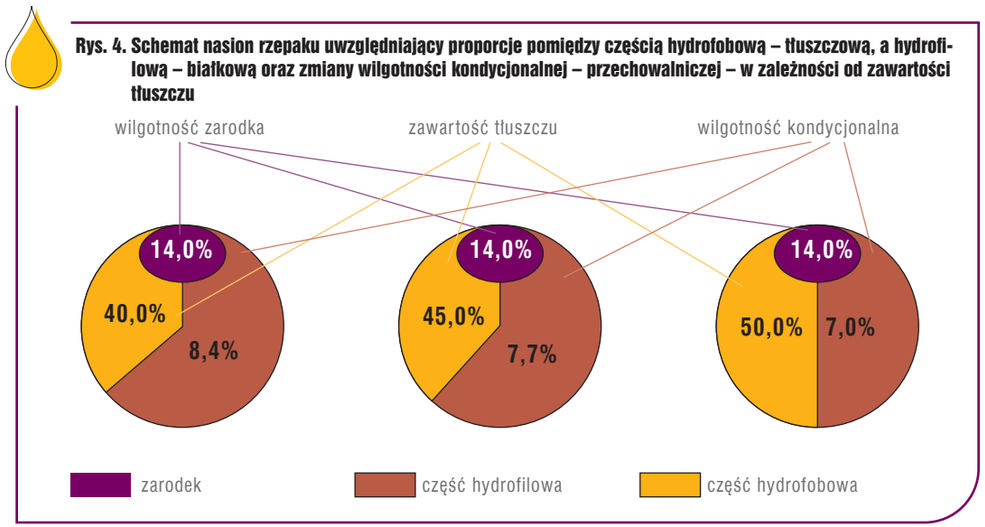
**1 kg węglowodanów wiąże maksymalnie 0,3 kg wody*
***1 kg białka surowego wiąże maksymalnie 0,4 kg wody*

3. W nasionach rzepaku wilgotność zarodka jako elementu najbardziej hydrofilowego nie powinna przekraczać wilgotności krytycznej wynoszącej 14% (Grzesiuk i Kulka, 1981). Wilgotność zarodka wyznacza graniczną wilgotność kondycjonalną nasion.
4. W ziarnie zbóż wilgotność zarodka jest prawie taka sama jak wilgotność ogólna nasion. Dlatego np. przy wilgotności ogólnej ziarna 7% wilgotność zarodka również wynosi 7%, a przy wilgotności 16% wilgotność zarodka wynosi 16%.
5. Budowa każdego zarodka pod względem składu chemicznego jest podobna. Każdy zarodek składa się w ok. 2 – 3% z tłuszczu, dlatego jego wilgotność jest zawsze minimalnie niższa od wilgotności ogólnej nasion.
6. Przy wzroście wilgotności nasion rzepaku z 7,7 do 9% wilgotność zarodka wzrasta z 14 do 16,3% (Rys. 3).

Rys. 3. Schemat nasion rzepaku uwzględniający proporcje pomiędzy częścią hydrofobową – tłuszczową, a hydrofilową – białkowo-węglowodanową oraz zmiany wilgotności zarodka przy wzroście wilgotności nasion z 7,7 do 9%.



7. Wzrost (spadek) zawartości tłuszczu w nasionach ma wpływ na wilgotność kondycjonalną – przechowalniczą – nasion rzepaku. Jeżeli np. w nasionach zawartość tłuszczu wzrośnie z 40 do 50% (jako efekt wprowadzenia nowych odmian o bardziej zaolejonych nasionach),



Rys. 4. Schemat nasion rzepaku uwzględniający proporcje pomiędzy częścią hydrofobową – tłuszczową, a hydrofilową – białkową oraz zmiany wilgotności kondycjonalnej – przechowalniczej – w zależności od zawartości tłuszczu

bezpieczna wilgotność przechowalnicza nasion spada z 8,4 do 7,0% (Rys. 4). Oznacza to, że bezpieczna wilgotność określana jako wilgotność kondycjonalna dla nasion o 50% zaolejenia została obniżona o 1,4% w stosunku do nasion o zaolejeniu 40%.

2. Czynniki kształtujące jakość przechowalniczą nasion rzepaku

Jakość przechowalnicza nasion kształtowana jest już w końcowej fazie dojrzewania rzepaku. Nasiona uzyskują wtedy niezbędną wytrzymałość, która będzie decydować o ich zachowaniu w trakcie obróbki pożniwnej, a szczególnie w czasie składowania. Z tych względów ważny jest wybór odpowiedniej technologii i terminu zbioru dostosowany do istniejącego stanu plantacji. Ponieważ coraz częściej stosuje się środki regulujące proces dojrzewania roślin i nasion, ich użycie powinno być zgodne z zamieszczoną instrukcją (zbyt wczesna ich aplikacja zwiększa udział nasion zielonych w plonie). Tymczasem znaczna ilość nasion niedojrzałych to nie tylko niższy plon (często o kilka procent) i gorsza jakość surowca (niekorzystny skład kwasów tłuszczowych, większa zawartość chlorofilu). Nasiona takie wykazują również gorsze właściwości przechowalnicze. Na ich bezpieczne przechowywanie wpływa też wysoka czystość oraz brak nasion uszkodzonych oraz porośniętych, a te cechy kształtowane są przez odpowiednią technologię zbioru uwzględniającą właściwą regulację poszczególnych podzespołów kombajnu.

Nasiona niedojrzałe cechuje gorszy skład i właściwości przechowalnicze.

2.1. Dojrzewanie pożniwne

W nasionach bezpośrednio zebranych kombajnem nawet przy ich bardzo niskiej wilgotności zachodzą intensywne przemiany biochemiczne związane z dojrzewaniem pożniwnym (Grzesiuk i Kulka, 1981). Polega ono na zmianie wielu fizjologicznych i biochemicznych właściwości nasion. Świeże nasiona cechuje zazwyczaj podwyższona intensywność oddychania, która może łatwo spowodować ich samonagrzewanie. W miarę pożniwnego dojrzewania polepsza

się wartość technologiczna nasion – słabnie intensywność procesów syntezy związków złożonych oraz zmniejsza się aktywność enzymów. Syntezie związków białkowych towarzyszy wydzielanie się wody. Woda ta, w zależności od warunków przechowywania, może pozostawać w nasionach lub być wydzielana do przestrzeni międzynasiennych. Jest to określane jako tzw. **pocenie się nasion**. Jego skutkiem jest zawilgocenie powierzchni nasion drobnymi kropelkami, tworzącymi cienką błonkę. Pocenie się jest wynikiem intensywnego oddychania świeżo zebranych nasion i wszystkich żywych składników wchodzących w skład zebranej masy nasiennej (np. nasiona i owoce chwastów, znaczna ilość szkodników polowych, niedojrzałe części łodyg itd.). Jest to bardzo niekorzystne zjawisko. Wskutek wydzielania się dużej ilości pary wodnej może dojść do pełnego nasycenia nią powietrza w przestrzeniach międzynasiennych, a w określonych warunkach – do jej kondensacji. Tak więc dojrzewanie pożniwne ze względu na swe następstwa powinno następować, zanim nasiona trafią do magazynów (silosów) na długotrwałe przechowywanie. Bardzo często jednak, gdy wilgotność zbieranych nasion jest w granicach wilgotności technologicznej (7%), trafiają one bezpośrednio z pola do silosu. Cały proces dojrzewania pożniwnego nasion przenosi się więc do magazynów. Dochodzi wtedy do wzrostu wilgotności nasion, a tym samym rozpoczyna się następny, niekorzystny dla przechowalnictwa proces samonawilżania i samonagrzewania. Zjawiska te są tym bardziej niebezpieczne, że w okresie żniw temperatura często przekracza 30°C (a temperatura nasion jest jeszcze wyższa). Jeżeli takie nasiona zostaną załadowane do silosu, może dojść (i często dochodzi) do niekontrolowanego wzrostu temperatury nasion, całkowitego ich zbrylenia i zaczopowania wypływu, a nawet do samozapalenia.

Ważne jest, aby nasiona prosto z pola nie trafiały bezpośrednio do silosu lecz wcześniej przeszły okres „spoczynku pożniwnego" trwającego minimum 2 doby. W tym czasie następuje schłodzenie nasion oraz unormowanie ich procesów dojrzewania.

Drugą przyczyną pocenia się nasion jest stopniowe zmniejszanie się zdolności wiązania wody przez starzejące się koloidy nasion – tzw. pocenie przechowalnicze. Wskutek tego procesu część wody utrzymywanej uprzednio przez nasiona pojawia się w stanie wolnym na ich powierzchni. Zjawisko to zachodzi podczas długotrwałego przechowywania i wpływa na wzrost wilgotności składowanych nasion.

Podczas magazynowania pocenie się nasion – zarówno pożniwne, jak i przechowalnicze – jest bardzo niebezpieczne ze względu na zwiększenie wilgotności względnej powietrza w przestrzeniach międzynasiennych, co prowadzi do rozwoju drobnoustrojów: bakterii i grzybów.

2.2. Wilgotność wtórna nasion

Jest ona najczęściej efektem dużego zanieczyszczenia nasion i wynika ze złego przygotowania kombajnu lub niewłaściwej wilgotności nasion w czasie zbioru. Nasiona takie, zanim zostaną oczyszczone i wysuszone, narażone są na przebywanie w otoczeniu dużej ilości resztek pożniwnych i nasion chwastów (Fot. 1). Sprawia to, że szybko pochłaniają wilgoć i zostają zaatakowane przez grzyby będące siewcami chorób. Nawet późniejsze szybkie wysuszenie takich nasion nie pozbawi ich zarodników przebywających na okrywie nasiennej, które w sprzyjających okolicznościach (przy niewłaściwym przechowywaniu) ulegną szybkiemu namnożeniu i doprowadzą do zepsucia całej partii surowca. Dlatego dbałość o czystość plantacji oraz dobrą regulację wszystkich podzespołów kombajnu ma znaczenie również dla bezpiecznego przechowywania nasion. Ważne jest więc, aby w czasie zbioru wilgotność nasion była niższa niż 17%, a partie nasion zachwaszczonych zostały natychmiast oczyszczone i wysuszone.

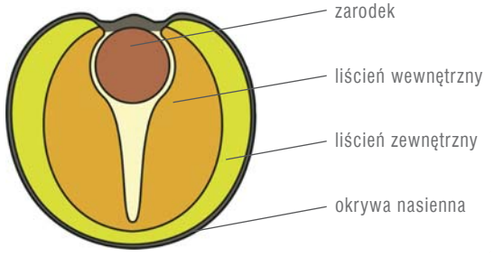
Zapewnienie czystości nasion w czasie zbioru ma istotne znaczenie, ponieważ zabezpiecza złoże nasion przed wtórnym nawilgoceniem i samonagrzewaniem.

2.3. Wytrzymałość mechaniczna nasion rzepaku

Skład chemiczny oraz budowa anatomiczna nasiona rzepaku sprawiają, że charakteryzuje się ono bardzo słabą wytrzymałością mechaniczną. Przyczyną jest usytuowanie zarodka w newralgicznym obszarze nasiona oraz niejednorodna tkanka spichrzowa zbudowana z dwóch

Fot. 1. Zachwaszczone nasiona rzepaku jako efekt złego przygotowania kombajnu do zbioru (Instytut Agrofizyki)

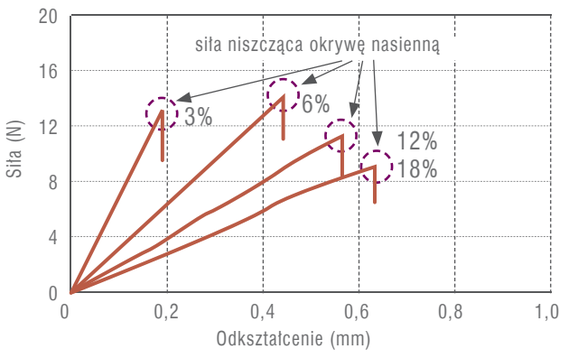
Rys. 5. Schemat budowy anatomicznej nasiona rzepaku



liścieni (liścień zewnętrzny luźno otacza wewnętrzny, Rys. 5). Sprawia to, że nasiona rzepaku są bardzo podatne zarówno na zgniatanie (obciążenia statyczne, np. podczas przechowywania w silosach), jak i na obciążenia dynamiczne (np. transport pneumatyczny). Efektem podwyższonej, w stosunku do ziarna zbóż, podatności na uszkodzenia jest rozpad nasiona na miseczkowate części (przy nasionach suchych) lub odkształcenie plastyczne (w przypadku nasion wilgotnych). Bardzo ważną funkcję mechanicznej ochrony pełni w tym przypadku okrywa nasienna (łupina), która zawiera dużo błonnika, dzięki czemu zabezpiecza zarodek przed działaniem drobnoustrojów oraz uszkodzeniami mechanicznymi całego nasienia. Jej udział wynosi około 15% masy nasiona.

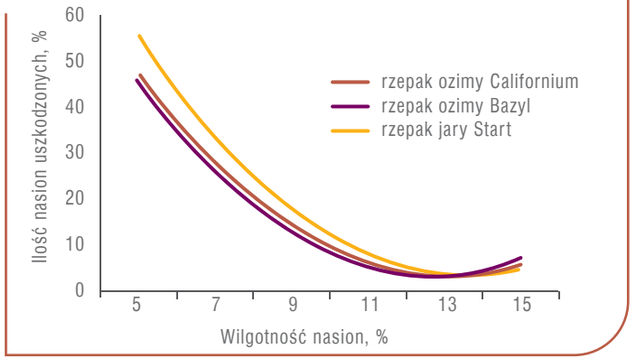
Wytrzymałość mechaniczna nasion rzepaku jest istotnie modyfikowana przez wilgotność. Generalnie funkcjonuje zasada, że wraz ze wzrostem wilgotności nasion zwiększa się ich potencjał do odkształceń plastycznych – nasiona o wyższej wilgotności łatwiej jest odkształcić nieodwracalnie bez ich rozpadu (Rys. 6). Z kolei w nasionach o niskiej wilgotności działa odwrotna zależność: są mniej odkształcalne plastycznie, ale łatwiej pękają (Rys. 7). Przy jednakowym poziomie wilgotności obciążenia dynamiczne generują więcej pęknięć niż statyczne.

Rys. 6. Krzywe ściskania nasion rzepaku przy zróżnicowanej wilgotności (Stępniewski i Szot, 1995)



Uszkodzenia mechaniczne nasion powstają w wyniku niewłaściwie dobranej prędkości bębna młócącego w stosunku do wilgotności nasion (Fot. 2). W uszkodzonych nasionach dochodzi do inicjacji niekorzystnych przemian chemicznych i biologicznych, które rzutują na ich wartość technologiczną oraz przechowalniczą. Ograniczenie uszkodzeń nasion jest zatem możliwe jedynie poprzez stosowanie zaostrzonego rygoru technologicznego podczas zbioru oraz transportu.

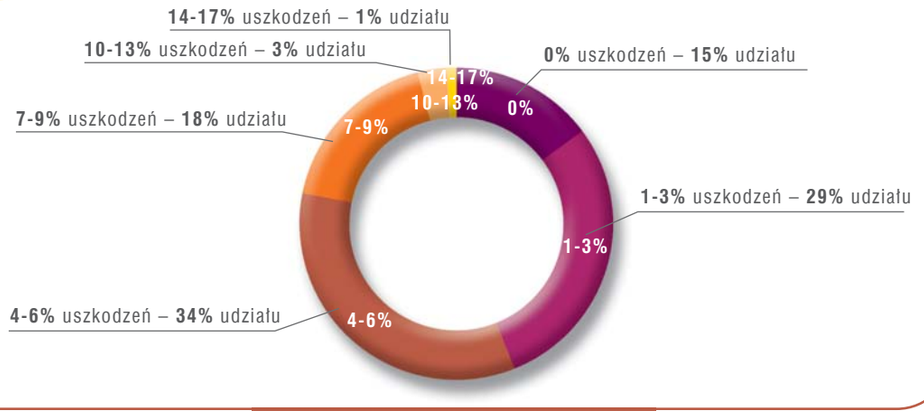
Rys. 7. Podatność na uszkodzenia pochodzenia dynamicznego (pękanie nasion) w funkcji wilgotności (Szwed i Łukaszuk, 2004)



Producenci rzepaku mają z tym zjawiskiem dość istotny problem. Wskazują na to badania przeprowadzone na stosunkowo licznym materiale (przeanalizowano 800 partii surowca wyprodukowanego w północnej i południowo-zachodniej części Polski). Stwierdzono w nich, że tylko 44% badanego materiału charakteryzowało się brakiem jakichkolwiek uszkodzeń bądź też uszkodzeniami akceptowanymi przez normę (Rys. 8). Natomiast aż 52% prób wykazywało uszkodzenia na poziomie wyższym, niż przewidują normy, a 4% badanych dostawców wyprodukowało surowiec, który miał ponad uszkodzonych 10% nasion.

Fot. 2. Uszkodzenia mechaniczne nasion (Tys i Rusinek)

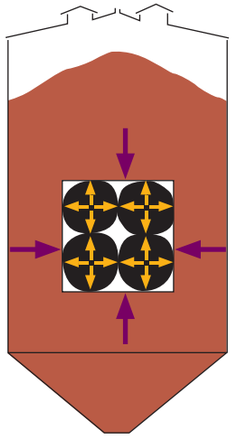
Rys. 8. Przykładowy procentowy rozkład poziomu uszkodzeń nasion w surowcu dostarczanym do zakładów tłuszczowych (Tys, 2005)



2.4. Nasiona niedojrzałe

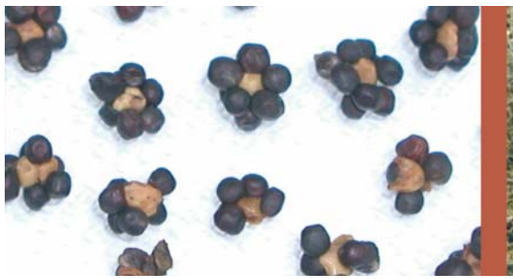
Obecność nasion niedojrzałych w złożu jest efektem zbyt wczesnego zbioru lub niewłaściwie stosowanych desykantów. Nasiona takie mają nie tylko znacznie gorszą wartość technologiczną, lecz także inicjują procesy pleśnienia i zbrylania złoża (Fot. 3). Nasiona niedojrzałe mają bowiem do 1,5% większą wilgotność od dojrzałych (pochodzących z tej samej partii nasion) i łatwo ulegają odkształceniu (Fot. 4). Materiał taki jest szczególnie niebezpieczny w silosach, gdzie efekt naporu górnych warstw złoża (obciążenia pionowe) połączony z efektem parcia poziomego, wynikającego ze zmian wilgotności (pęcznienia) oraz temperatury pomiędzy dniem i nocą powoduje sprasowanie nasion, a brak przestrzeni międzynasiennych uniemożliwia ich przewietrzanie (rys. 9). Tak zbrylone nasiona są w pierwszej kolejności atakowane przez grzyby. Rozrastająca się grzybnia powoduje agregację i konsolidację nasion. W ten sposób powstają ogniska samonagrzewania i zbrylania.

Rys. 9. Schemat ilustrujący sprasowanie nasion w silosie będący pochodną parcia górnych warstw złoża oraz obciążeń poziomych



2.5. Nasiona porośnięte

Nasiona rzepaku są wyjątkowo podatne na kiełkowanie. Wystarczy kilka godzin intensywnego deszczu i utrzymująca się wilgotna, chłodna atmosfera, aby w nasionach wystąpiły symptomy kiełkowania (Rybacki, 2003).



Fot. 3. Początki procesu zbrylania nasion zainicjowane przez nasiona niedojrzałe (Instytut Agrofizyki)

Fot. 4. Odkształcenia nasion niedojrzałych powstałe podczas przechowywania (Instytut Agrofizyki)

Fot. 5. Nasiona porośnięte (Rusinek i Tys)

Znaczna ilość nasion porośniętych w złożu ma ogromne znaczenie dla bezpiecznego przechowywania (Fot. 5). Bardzo często porastaniu ulegają nasiona w czasie zbioru dwuetapowego. Pokosy, leżąc na ziemi (szczególnie w czasie wilgotnego lata), stanowią największe zagrożenie kiełkowania nasion. Zbiór dwuetapowy, który obecnie rzadko się stosuje, jest bardziej pod tym względem niebezpieczny, niż porastanie nasion w łanie stojącym. Jednak niesprzyjający przebieg pogody w końcowym etapie dojrzewania przed zbiorem jednoetapowym może również być tego przyczyną.

Nasiona rzepaku porośnięte (z widocznymi kiełkami) bądź wykazujące takie znamiona (znajdujące się w pierwszym etapie, gdy został uruchomiony proces kiełkowania, ale nie występuje jeszcze korzonek zarodkowy) charakteryzują się nieznacznym spadkiem zawartości tłuszczu – do 1,5%. Nie stwierdza się natomiast wpływu porastania na profil kwasów tłuszczowych, który nie wykazuje istotnych zmian. Należy jednak zaznaczyć, że nasiona porośnięte lub takie, w których został uruchomiony proces enzymatyczny (wyższa aktywność enzymów rozkładających trójglicerydy do wolnych kwasów tłuszczowych), charakteryzują się bardzo wysoką liczbą kwasową. Jej wielkość może znacznie przekraczać 15 i dochodzić nawet do 30 (LK mierzy się ilością zmiareczkowanego KOH niezbędnego do zneutralizowania kwasów tłuszczowych zawartych w 1 g tłuszczu).

W czasie uszlachetniania tłuszczu w zakładach tłuszczowych wolne kwasy tłuszczowe zostają usunięte. Ten proces powoduje, że zawartość tłuszczu jest jeszcze mniejsza (o kolejne 1-2%). W efekcie nasiona porośnięte zawierają o 2-3% mniej tłuszczu przydatnego dla olejarni niż nieporośnięte, posiadają także mniejszą zdolnością do bezpiecznego składowania. Wynika to zarówno z ich wyższej aktywności enzymatycznej, jak i z podwyższonej aktywności mikrobiologicznej. Nasiona w czasie porastania miały przez dłuższy czas wyższą wilgotność, co doprowadziło do ich zaatakowania przez grzyby oraz bakterie. Wysuszenie nasion powoduje wprawdzie przerwanie procesu namnażania mikroorganizmów, jednak znaczne pozostałości form przetrwalnikowych sprawiają, że nawet przy nieznacznie podwyższonej wilgotności (ponad 7%) lub temperaturze złoża (ponad 25°C) nastąpi lawinowy rozwój drobnoustrojów, co może doprowadzić do samonagrzewania i zbrylenia przechowywanych nasion rzepaku.

Nasiona porośnięte są także mniej wytrzymałe na działanie sił pochodzenia zarówno dynamicznego (transport pneumatyczny), jak i statycznego (obciążenia w silosie powodowane parciem górnych warstw złoża). Sprawia to, że bardzo łatwo ulegają one połówkowaniu, przez co są dodatkowo narażone na działanie mikroorganizmów.

Najlepszym sposobem identyfikacji porośnięcia nasion jest określenie liczby kwasowej (LK). Normy określają jej wartość na 2. Należy jednak zaznaczyć, że nasiona mogą uzyskać tę wartość dopiero po dłuższym okresie składowania i to niekoniecznie w optymalnych warunkach. Natomiast tuż po zbiorze wartość LK powinna się mieścić w przedziale od 0,1 do 0,8. Wyższe wartości LK świadczą o szkodliwych procesach jakie zaszły w końcowej fazie dojrzewania, takich jak częste opady deszczu lub silne zaatakowanie nasion przez szkodliwe grzyby bądź bakterie. Wytwarzają one bowiem również enzymy, które powodują rozkład lipidów i „produkcję" wolnych kwasów tłuszczowych.

Podwyższona liczba kwasowa wskazuje na obecność enzymów rozkładających białko i tłuszcz.

Należy również zaznaczyć, że pierwszym etapem kiełkowania jest uruchomienie enzymów rozkładających białko i tłuszcz (kiełek powstaje dopiero w następnym etapie). Ich obecność w nasionach można zidentyfikować właśnie poprzez określenie LK, która przyjmuje podwyższone wartości.

3. Suszenie nasion rzepaku

3.1. Suszenie wysokotemperaturowe

Suszenie stanowi jedną z najbardziej energochłonnych operacji jednostkowych w całym łańcuchu produkcyjnym. Rosnące ceny paliw, dążenie do zredukowania niekorzystnych efektów dotyczących ochrony środowiska oraz zachowanie wysokiej jakości produktów pochodzenia rolniczego, a szczególnie dbałość o bezpieczeństwo żywności stawia przed suszarnictwem wysokie wymagania, zarówno jeśli chodzi o technologię, jak i etykę (stosowanie dobrej praktyki produkcyjnej). Suszenie to również jedno z ostatnich (przed przechowywaniem) działań, które w istotny sposób decyduje o jakości produktu. Jest ono ważne także dlatego, że ze względu na różnorodność procesów jednocześnie tu zachodzących (wymiana ciepła i masy) oraz zróżnicowany stan wyjściowy materiałów suszenie zaliczane jest do najmniej poznanych operacji jednostkowych, a stąd rozległość uzasadnionych zagrożeń.

Od procesu suszenia wymaga się szybkiego usunięcia wilgoci bez negatywnego wpływu na suszony produkt przy minimalnym nakładzie energetycznym.

Suszenie wysokotemperaturowe wymaga głównie dbałości o stosowanie wymienników ciepła oraz odpowiedniej temperatury suszenia. Jej wielkość jest ściśle uzależniona od wilgotności nasion (im są one wilgotniejsze, tym niższa temperatura suszenia).

Ubytek masy spowodowany suszeniem można wyliczyć z empirycznej zależności:

$$Um = \frac{m \times 1000\ (V - V_1)}{100 - V_1}$$

gdzie:

V – poziom wilgotności nasion przed suszeniem,

V1 – poziom wilgotności nasion po suszeniu,

m – masa suszonego materiału (t),

Um – ubytek masy (kg wody).

Jeżeli przyjmie się, że masa suszonego materiału wynosi 10 t, wilgotność przed suszeniem wynosiła 18%, a po suszeniu – 13%, to ubytek masy spowodowany odparowaniem wody wyniesie 574,7 kg.

$$Um = \frac{10 \times 1000\ (18 - 13)}{100 - 13} \approx 574{,}7$$

Duży wybór na rynku aparatów do szybkiego oznaczania wilgotności sprawia, że nie ma problemu z określeniem wilgotności nasion zarówno podczas zbioru, jak i w trakcie przechowywania. Innym, bardzo dokładnym, ale pracochłonnym sposobem określenia wilgotności nasion jest metoda suszarkowa (PN-91/A-74010). Polega ona na suszeniu nasion w temperaturze 105°C przez trzy godziny. Wilgotność nasion oblicza się ze wzoru:

$$w = \frac{(Mprzeds - Mpos)}{Mprzeds}\ 100\%$$

gdzie:

W – wilgotność nasion,

Mprzeds – masa przed suszeniem,

Mpos – masa po suszeniu.

3.1.1. Zanieczyszczenia wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi (szczególnie benzo(a)pirenem)

Czynniki środowiskowe

Źródła zanieczyszczeń WWA (wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi) można podzielić na dwie grupy: naturalne oraz te wynikające z działalności człowieka (antropogeniczne) (Bąkowski i in., 1988).

Do źródeł naturalnych można zaliczyć: pożary lasów, procesy geochemiczne, wybuchy wulkanów, przemiany próchnicy przez drobnoustroje w glebach. Źródła zanieczyszczeń antropogenicznych to zazwyczaj: niepełne spalanie paliw (węgiel, gaz, ropa naftowa), przetwórstwo węgla, surowych olejów, gazu ziemnego i ropy naftowej, produkcja glinu, żelaza i stali, procesy wytwarzania asfaltu, spalanie w silnikach spalinowych, spalanie odpadów przemysłowych i komunalnych, ścieranie opon i asfaltu podczas eksploatacji.

W atmosferze zidentyfikowano i sklasyfikowano około 30 WWA występujących w fazie gazowej i drobinowej (Gworek i Klimczak, 2000). Związki te mogą być silnie adsorbowane na powierzchni cząstek pyłowych i razem z nimi transportowane na znaczne odległości. Jak wykazują badania, większość WWA znajdowanych w powietrzu pochodzi jednak z lokalnych źródeł zanieczyszczenia. Z literatury wiadomo, że przeciętne stężenie poszczególnych WWA w powietrzu w miastach kształtuje się w zakresie 1-30 $ng \cdot m^{-3}$. Ilość WWA w powietrzu wykazuje istotne związki z odległością od źródła emisji, wysokością emitorów i warunkami meteorologicznymi.

Największe ilości WWA dostają się do atmosfery podczas spalania śmieci, koksu i węgla. Stężenie WWA w atmosferze zdecydowanie zwiększa się podczas sezonu grzewczego. Wyższa zawartość WWA w powietrzu zimą, a mniejsza latem jest powodowana również tym, że w okresie letnim ma miejsce większe nasłonecznienie, co powoduje intensywniejszy rozkład WWA w procesie fotoutleniania. Największym naturalnym źródłem powstawania WWA są pożary i wybuchy wulkanów.

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne ulegają w atmosferze wielu reakcjom, a niektóre z nich mogą prowadzić do ich degradacji. Związki te zaadsorbowane na powierzchni cząstek pyłowych łatwo ulegają rozkładowi pod wpływem podwyższonej temperatury (ok. 50°C) i promieniowania świetlnego, głównie w zakresie ultrafioletu (fotoutlenianie). Fotoutlenianie jest jedną z ważniejszych reakcji prowadzących do oczyszczania atmosfery z WWA. Roślinność skutecznie przyczynia się do usuwania lipofilnych organicznych zanieczyszczeń powietrza, w tym WWA.

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, które występują w wodzie, dostają się tam głównie ze ściekami, z których najgroźniejsze są ścieki przemysłowe (petrochemiczne, koksownicze, gazownicze i hutnicze) (Bernacka i Pawłowska, 1999). W ściekach komunalnych stwierdza się mniejsze ilości WWA. Niektórzy autorzy podają, że WWA dostają się do wód powierzchniowych wraz z suchym i mokrym opadem razem z pyłem z powietrza oraz że mogą być one wymywane do wód z powierzchni dróg asfaltowych i gleby.

Najczęstszym źródłem WWA w glebach są suche i mokre opady atmosferyczne (Maliszewska-Kordybach, 1986). Jak wykazały badania przeprowadzone w Stanach Zjednoczonych, aż 44% tego opadu dostaje się najpierw do roślin, a dopiero potem do gleby. Duży udział w zanieczyszczaniu gleb przez WWA ma stosowanie ścieków i osadów ściekowych oraz odpadów przemysłowych do nawożenia pól i terenów zielonych.

Zanieczyszczenie gleb wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi w Polsce

ma charakter lokalny. Większe ilości WWA znajdowane są na terenach uprzemysłowionych i w pobliżu źródeł emisji (Dutkiewicz i in., 1988). Potwierdzeniem tego mogą być badania przeprowadzone w okolicach Puław, które wykazały, że zawartość WWA w regionie typowo rolniczym była mniejsza niż w regionie narażonym na oddziaływanie zakładów przemysłowych i miasta Puławy (Michna i in., 1999). Ogólnie gleby będące pod wpływem zanieczyszczeń przemysłowych zawierają od 10 do 20 razy więcej WWA niż te z regionów nieuprzemysłowionych.

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, jeżeli występują w glebie w odpowiednio wysokim stężeniu, mogą być pobierane przez korzenie roślin i wraz z innymi składnikami transportowane ksylemem do liści i owoców. Jest to najprawdopodobniej najważniejszy sposób dostawania się WWA do tkanek roślinnych. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne mogą być również pochłaniane przez liście bezpośrednio z powietrza i dalej transportowane floemem do korzeni. Ich zawartość w roślinach zdecydowanie bardziej zależy od zanieczyszczenia powietrza przez WWA niż od stężenia w glebach, ponieważ rośliny przez liście pobierają więcej WWA niż przez korzenie.

Wyniki badań nad skażeniem ziarna zbóż i nasion rzepaku WWA, prowadzonych w Polsce, wykazują, że od kilku lat utrzymują się one na podobnym poziomie. W 1998 roku w nasionach rzepaku i ziarnie żyta suma WWA kształtowała się w zakresie od 5,3 do 73,9 $\mu g \cdot kg^{-1}$, a stężenie benzo(a)pirenu (który jest najważniejszym przedstawicielem WWA) nie przekraczało 1,8 $\mu g \cdot kg^{-1}$. Jednocześnie stwierdza się, że skażenie nasion rzepaku przez WWA zależy od regionu uprawy i stopnia skażenia środowiska.

Czynniki technologiczne

Największym problemem, który ma wpływ na bezpieczeństwo suszonych produktów, jest suszenie nasion spalinami bezpośrednio znad paleniska (Fornal, 1973). Takie postępowanie jest nie tylko sprzeczne z zasadami Dobrej Praktyki Rolniczej, ale niesie bardzo poważne zagrożenie dla zdrowia i życia konsumentów spożywających produkty wytworzone z takiego surowca (Wolny i Tys, 2008; Rybacki i in., 2001).

Rzepak suszony spalinami jest niebezpieczny dla zdrowia ludzi i zwierząt.

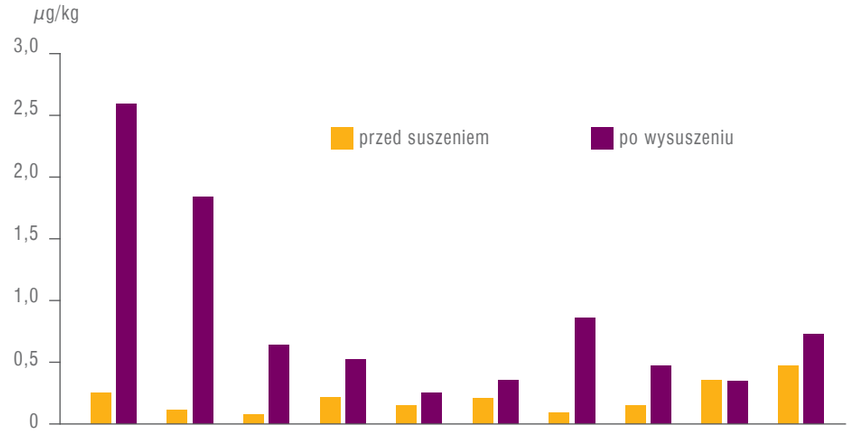
Najgroźniejszym przedstawicielem wielopierścieniowych węglowodoów aromatycznych (WWA) jest benzo(a)piren B(a)P – składnik smoły węglowej i pogazowej oraz produkt niecałkowitego spalania związków organicznych. Według Komitetu ds. Żywności jest

on traktowany jako marker występowania substancji o działaniu rakotwórczym, mutagennym i teratogennym na organizmy żywe, w tym szczególnie człowieka. Zgodnie z Rozporządzeniem Komisji Wspólnot Europejskich nr 1881/2006 z grudnia 2006 r., ustalającym najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych, zawartość benzo(a)pirenu w produktach spożywczych nie powinna przekraczać 2 $\mu g \cdot kg^{-1}$. Nowa regulacja prawna nie stanowi rewolucji w tym zakresie, ponieważ w Polsce już w 1993 roku minister zdrowia i opieki społecznej wydał rozporządzenie o zakazie suszenia produktów spożywczych w suszarniach bez sprawnie działających wymienników ciepła.

Do zanieczyszczenia WWA dochodzi szczególnie podczas suszenia i ogrzewania, kiedy produkty spalania wchodzą w bezpośredni kontakt z nasionami (Rys. 10). Przyczyną jest dopuszczanie do eksploatacji suszarń niespełniających wymogów techniczno-eksploatacyjnych (bez wykorzystania wymienników ciepła bądź przy ich uszkodzeniu), w których czynnik grzewczy wdmuchiwany jest wraz ze spalinami do komory z nasionami. W efekcie dochodzi do zanieczyszczenia nasion związkami niebezpiecznymi dla zdrowia. Dlatego tak ważne jest, aby do suszenia rzepaku wykorzystywać jedynie suszarnie spełniające zaostrzone rygory technologiczne, przede wszystkim uniemożliwiające kontakt nasion ze spalinami.

Na podstawie badań stwierdzono, że generalnie zawartość benzo(a)pirenu w analizowanych próbkach nasion rzepaku nie przekracza poziomu akceptowanego przez normy UE. Problem nieprawidłowego suszenia (spalinami) jednak istnieje, ponieważ aż w 35% badanych

Rys. 10. Przykładowa zawartość benzo(a)pirenu w próbkach suszonych oraz niepoddanych procesowi suszenia (Tys, 2005)



partii nasion, które wcześniej były suszone, stwierdzono benzo(a)piren na poziomie przekraczającym obowiązujące normy. Natomiast w 8,5% partii materiału przekroczono normę aż trzykrotnie.

Rygory ostatnich przepisów sprawiły, że zakłady tłuszczowe zastrzegają sobie możliwość odstąpienia od zakupu nasion, w których zawartość B(a)P jest niebezpiecznie wysoka, bądź zakupu rzepaku po obniżonej cenie. Są to działania prewencyjne mające zniechęcić producentów do suszenia nasion spalinami. Przeprowadzane w ostatnich latach szczegółowe badania zawartości B(a)P w nasionach wykazują, że jedynie w wyjątkowych przypadkach ilość ta wyraźnie przekracza obowiązujące normy. Jednak wciąż stwierdzana się w nasionach znaczną ilość tego wyjątkowo szkodliwego związku (na poziomie 1,2-1,8 μg/kg), a to świadczy o niewystarczającej dbałości o sprawność wymienników ciepła oraz o to aby nie doprowadzać do suszenia nasion spalinami (Rybacki i in., 2001).

3.1.2. Czynniki fizyczne ważne w procesie suszenia

W efekcie przesuszenia nasion spada zawartość cennych aminokwasów, wzrasta liczba kwasowa, nasiona stają się kruche, co ułatwia dostęp mikroflorze, i ulegają tzw. wyolejeniu.

Sprawny i bezpieczny proces suszenia zależy od dwóch czynników fizycznych. Pierwszym z nich jest temperatura czynnika suszącego, która nie może być dowolnie dobierana ze względu na jej destrukcyjny wpływ na organizmy żywe. Zbyt wysoka temperatura w połączeniu z długim czasem oddziaływania na nasiona może prowadzić do przesuszenia, a w skrajnych przypadkach nawet przypalenia.

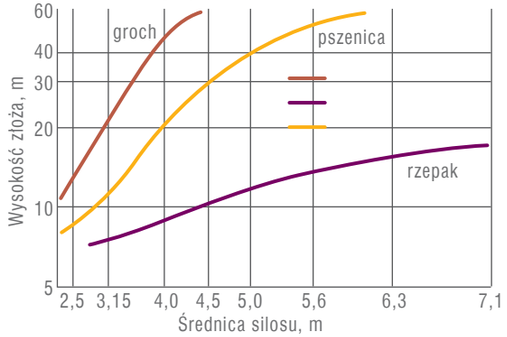
Dlatego ważne jest, aby nie przekraczała ona określonych wartości temperatury (Tab. 3).

Tabela 3. Maksymalne wartości temperatury czynnika suszącego i nasion w zależności od wilgotności początkowej nasion

Wilgotność (%)	Temperatura (°C)	
	nasion	czynnika suszącego
<11	55	90
13	48	80
16	43	70
18	37	60

Drugim parametrem, który wpływa na sprawny przebieg procesu, jest opór przepływu czynnika suszącego przez warstwę nasion. Generalnie rośnie on wraz ze wzrostem gęstości złoża oraz – co oczywiste – jego wysokości, jeśli rozpatrujemy pionowy obieg czynnika suszącego. Maksymalna wysokość warstwy uzależniona jest od średnicy silosu, w którym odbywa się suszenie (Rys. 11). Jak widać na rysunku 11, nasiona grochu mają najlepsze właściwości „wentylacyjne" – dzieje się to za sprawą najwyższej porowatości wśród rozpatrywanych trzech gatunków nasion.

Rys. 11. Maksymalna wysokość warstwy złoża w zależności od średnicy silosu (Skriegan, 1992)



3.2. Suszenie niskotemperaturowe

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. Zainteresowaniem cieszy się poszukiwanie 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 (Tys i Rybacki, 2001). Dlatego zastosowanie niskotemperaturowej metody konserwacji i suszenia nasion jest coraz szerzej propagowanym sposobem przechowywania nasion wilgotnych. Zainteresowanie nim wynika również z niskiej wydajności suszarń w porównaniu z wydajnością kombajnów zbierających zboża, kukurydzę czy rzepak, jak również z wysokiej jakości uzyskiwanego materiału.

Przy tradycyjnym, wysokotemperaturowym sposobie obniżenia wilgotności nasion, jeżeli znamy zawartość wilgotności, którą suszarka może usunąć w ciągu godziny, początkową i końcową wilgotność nasion oraz ilość użytej energii, możemy obliczyć wydajność suszarni oraz koszt całego suszenia. W przypadku suszenia niskotemperaturowego sytuacja jest bardziej skomplikowana. Należy bowiem uwzględnić wilgotność początkową nasion, dojrzałość, poziom uszkodzeń, grubość warstwy, tempo przepływu czynnika suszącego, wilgotność i temperaturę otoczenia, ilość zanieczyszczeń, czas suszenia oraz wzajemne związki pomiędzy tymi czynnikami.

Metoda chłodzenia może być wykorzystywana do:

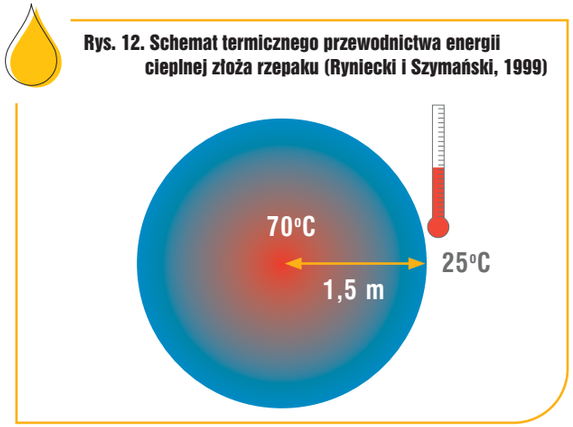
- konserwacji mokrych nasion bezpośrednio po zbiorze, w celu zapewnienia ciągłości pracy

suszarni (zapewnienie dostaw wilgotnych nasion bez obawy o ich zepsucie),
- dłuższego przechowywania z myślą o ich jednoczesnym dosuszaniu.

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

Przy zbiorze rzepaku problem natychmiastowego zabezpieczenia wilgotnych nasion (poprzez suszenie lub schłodzenie) jest znacznie istotniejszy w porównaniu z innymi płodami zbieranymi na taką skalę. Wynika to zarówno ze składu chemicznego nasion, jak i z krótkiego – bezpiecznego czasu przechowywania nasion wilgotnych.

Chłodzenie 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, wadą zaś słabe odprowadzenie ciepła, które powoduje powstawanie ognisk z wysoką temperaturą 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 rozmieszczenia czujników w silosie. Przewodnictwo złoża nasion rzepaku wynosi około 0,54-0,63 kJ/mh. Oznacza to, że jeżeli źródło ciepła o temperaturze 70°C znajduje się 1,5 m od czujnika, to wskaże on temperaturę 25°C (Rys. 12). Dlatego tak ważne jest, aby podczas suszenia i składowania rzepaku działał system monitorowania temperatury i wilgotności nasion.



Rys. 12. Schemat termicznego przewodnictwa energii cieplnej złoża rzepaku (Ryniecki i Szymański, 1999)

Jak jednak wskazują badania przeprowadzone w Instytucie Agrofizyki PAN w latach 2009 i 2010, odległość od źródła cieplnego powyżej 0,7 m może już stanowić barierę, która uniemożliwia wykrycie zmian temperatury w złożu nasion rzepaku (Rusinek, 2010). Dzieje się to za sprawą małej porowatości złoża (wysoka gęstość), którą pogarszają zanieczyszczenia i obciążenia nasion wywołane parciem wyższych warstw (gęstość złoża dla praktycznych rozwiązań można wyznaczyć na podstawie normy Eurocode 1 lub jej polskiego odpowiednika (Łukaszuk i in., 2009). Ta cecha złoża jest jedną z najistotniejszych, a określenie jej jest niezbędne do prawidłowego zaprojektowania układu do suszenia i przewietrzania nasion.

Przy wymuszonym przepływie zimnego powietrza można brać pod uwagę dwa sposoby schładzania:
- powietrzem atmosferycznym (gdy warunki na to pozwalają),
- powietrzem oziębionym technicznie w agregatach schładzających.

Skuteczność chłodzenia jest uzależniona od wilgotności początkowej nasion. Jeżeli wilgotność zapewnia bezpieczne dłuższe przechowywanie nasion w silosie, 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 około 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. Przytoczone dane wskazują na nierealność stosowania pierwszej wersji schładzania w naszym klimacie. Rzepak ozimy jest zbierany w lipcu, a jary nieco później, stąd wykorzystanie jedynie powietrza atmosferycznego nie może być brane pod uwagę. Natomiast możliwy jest sposób kombinowany, gdzie agregaty chłodnicze umożliwiałyby szybkie schłodzenie nasion. W terminie późniejszym następowałoby dochładzanie za pomocą powietrza atmosferycznego.

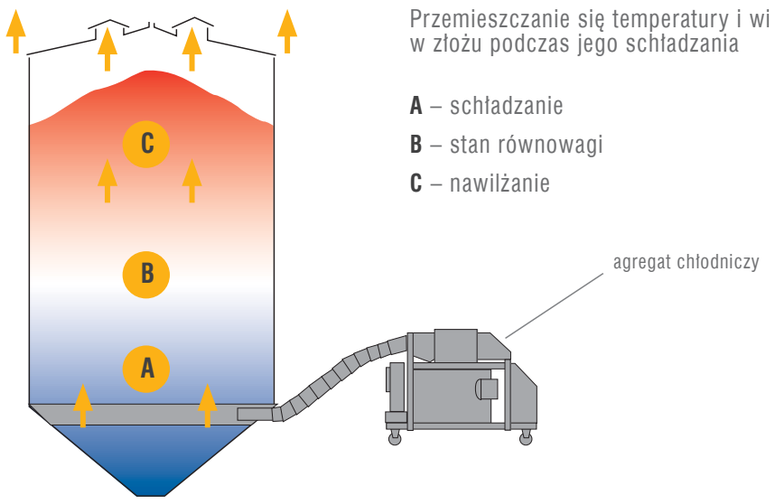
Do schładzania używa się nowoczesnych agregatów schładzająco-suszących. Można je przewozić, co umożliwia ich stosowanie nawet do kilkunastu silosów. Wyposażone są nie tylko w urządzenia schładzające, lecz również w parowniki, które powodują wysuszenie powietrza.

Chłodzenie rzepaku wymaga, aby silos stosowany do tego celu wyposażony był w odpowiednie urządzenia rejestrujące zarówno temperaturę jak i wilgotność składowanych nasion, 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 oraz ochłodzonego powietrza bądź też wtłaczanie powietrza z otoczenia. Coraz częściej mówi się także o konieczności włączenia do niskotemperaturowego sposobu suszenia również tego 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 ma 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, trwa około 60 dni. Po tym okresie LK wzrasta do wartości powyżej obowiązującej normy. Należy jednak zaznaczyć, że nasiona w czasie składowania nie były przewietrzane, co wpływało na kumulację wilgotności oraz ciepła w wyniku oddychania nasion oraz rozwoju mikroorganizmów.

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, dzięki czemu że może wchłonąć więcej wody z nasion. Mamy tu więc klasyczną wymianę ciepła i masy. Duże różnice temperatur i wilgotności nasion oraz powietrza wpływają na dodatkowy proces chłodzenia wyparnego 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 wilgotność obniża się minimum o 1-1,5%.

Rys. 13. Fizyczny schemat procesu chłodzenia nasion w układzie pionowej migracji wilgoci i temperatury (Ryniecki i Szymański, 1999)



Powietrze o temperaturze otoczenia lub podgrzane o kilka stopni (do 5°C) przepływa przez złoże, najczęściej w układzie od wentylatora przez podgrzewacz, komorę pod perforowanym dnem (podłogą) zbiornika, otwory w tym dnie, aż wreszcie przez całe złoże nasion, po czym wydostaje się ze zbiornika przez otwory w dachu, unosząc ze sobą – w postaci pary wodnej – wilgoć odparowaną z nasion (Rys. 13).

W każdym procesie chłodzenia, a szczególnie przy ponownym dochładzaniu, należy uwzględnić to, że w zależności od wysokości usypu złoża dochodzi do sorpcji pary wodnej bądź jej desorpcji. W efekcie (na określonej jego wysokości) wzrasta temperatura w usypie. Miejsce to jest z tego powodu nazywane „gniazdem cieplnym". To, gdzie się ono znajduje, 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 są szczególnie narażone na zepsucie. W strefie powyżej górnej granicy suszenia wzrasta wilgotność powietrza w przestrzeniach pomiędzy nasionami do wartości powyżej 75%. Jest to graniczna wilgotność względna powietrza w przestrzeniach międzyziarnowych, która gwarantuje bezpieczne składowanie. Za sytuację alarmową uznaje się taką, gdy wilgotność rośnie powyżej 85%, a temperatura nasion ponad 13°C i stan taki utrzymuje się dłużej niż 48 godzin. Sprawia to, że nasiona są otoczone powietrzem o bardzo znacznej wilgotności względnej, czyli prawie parą wodną. Są to warunki idealne do silnego rozwoju grzybów. Taka sytuacja zagraża zgromadzonym w silosie nasionom.

Zastosowanie wentylatora o większej wydajności, czyli tłoczenie do silosu znaczniejszej ilości wysuszonego powietrza, nie jest najlepszym rozwiązaniem, bowiem dochodzi do przesuszenia nasion leżących w dolnej strefie silosu. Proces chłodzenia wymaga znacznie mniejszego natężenia przepływu powietrza (od 23 do 100 m^3/th) w porównaniu z suszeniem przy zastosowaniu mechanicznej wentylacji.

W trakcie suszenia niskotemperaturowego ważne jest zachowanie odpowiedniej zależności pomiędzy natężeniem przepływu powietrza, grubością złoża oraz początkową wilgotnością nasion. Bardziej do tego przystosowane są silosy o poziomym (promieniowym) przepływie powietrza przez warstwę nasion. Służą one zarówno do przechowywania, jak i suszenia materiału (silososuszarnia). Zbudowane są z perforowanej ściany bocznej oraz perforowanego, cylindrycznego kanału. Znajdujący się na górze korek zamykający kanał umożliwia zachowanie odpowiedniego strumienia przepływu powietrza niezależnie od wysokości złoża. Niewielka

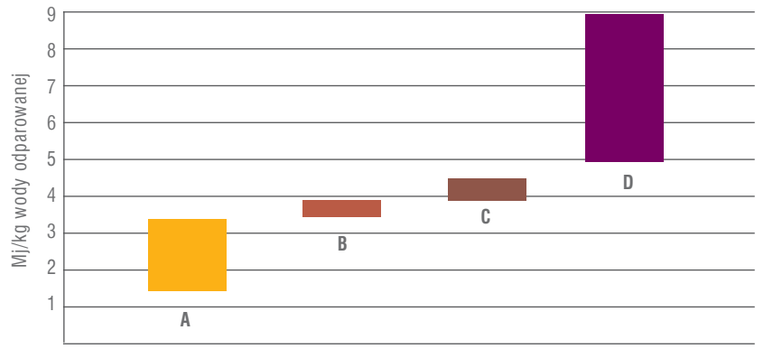
grubość suszonej warstwy zapewnia równomierne przewietrzanie lub suszenie materiału oraz pozwala na stosowanie wentylatorów o mniejszej mocy i stwarza możliwość bezpieczniejszego suszenia materiału o większej wilgotności.

Inny typ silosów, o pionowym przepływie powietrza, ma perforowane dno (Rys. 13). W tym przypadku suszony czynnik ma do pokonania znacznie grubszą warstwę nasion i o wiele łatwiej może w nim dochodzić do powstawania „gniazda cieplnego" i wszystkich jego niebezpiecznych następstw. Wymaga również wentylatorów o znacznie większej mocy. 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 wydziela się 6,1 g wody z każdego 1 m^3 powietrza. W skutek tego nasiona przylegające do ścian silosu ulegają silnemu nawilżeniu i szybszemu zepsuciu. Po opróżnieniu silosu pozostają na jego ścianach, stanowiąc idealne ognisko 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. Taka sytuacja w silosie stwarza zagrożenie dla zgromadzonych w nim nasion. Należy również wziąć pod uwagę to, że koszty suszenia stanowią niebagatelną część w ogólnych nakładach na produkcję rzepaku. Dlatego oprócz konwencjonalnych źródeł ciepła stosowane są również baterie słoneczne. Koszty związane z suszeniem niskotemperaturowym uzależnione są także od warunków klimatycznych, a różnice pomiędzy rejonami słonecznymi a pochmurnymi i wilgotnymi mogą sięgać nawet 35%. Istotnie na wielkość kosztów wpływa też możliwość monitorowania zmian zachodzących w silosie i odpowiednie włączanie pracy wentylatora. Może to przynieść oszczędności sięgające 14%.

3.3. Suszenie skojarzone (dwuetapowe)

Zalecanym ostatnio sposobem suszenia (sprawdzonym i stosowanym w innych krajach), zapewniającym znaczne oszczędności energetyczne oraz gwarantującym wysoką jakość suszonego materiału jest suszenie dwuetapowe. Polega ono na wstępnym suszeniu nasion do wilgotności o 2-3% wyższej od wilgotności końcowej (docelowej). Następnie suszony materiał umieszcza się w silosach, gdzie podlega krótkiemu 5-8-godzinnemu sezonowaniu. Okres ten służy do wyrównania wilgotności w poszczególnych nasionach. Umożliwia usunięcie gradientu wilgotności i temperatury pomiędzy warstwą wewnętrzną a zewnętrzną

Rys. 14. Zużycie energii na odparowanie 1 kg wody z masy ziarna w zależności od sposobu suszenia:
A) suszenie niskotemperaturowe metodą wietrzenia,
B) suszenie niskotemperaturowe w silosach o promieniowym przepływie powietrza,
C) suszenie wysokotemperaturowe w suszarniach daszkowych,
D) suszenie wysokotemperaturowe w innych typach suszarń (Ryniecki i Szymański, 1999)



w pojedynczych ziarniakach. W efekcie zmniejszają się naprężenia występujące wewnątrz nasion, co ogranicza ich pękanie.

Kolejnym etapem jest mechaniczna wentylacja złoża, w trakcie której dochodzi do odparowania wody zgromadzonej w przestrzeniach międzynasiennych. Taki kombinowany sposób suszenia wpływa nie tylko na ograniczenie uszkodzeń nasion, lecz ma również wymierny efekt ekonomiczny. Pozwala zaoszczędzić nawet 25% energii przeznaczonej na suszenie. Oszczędność jest wynikiem podgrzania przepływającego powietrza przez ciepłe nasiona. Zalecana dawka powietrza potrzebna do schłodzenia 1 t ziarna wynosi około 50 m^3/h.

Istotny wpływ na koszty suszenia ma również rodzaj suszarń. Najbardziej ekonomiczne są suszarnie daszkowe pracujące w mieszanym przepływie ziarna i czynnika suszącego (tu występują wszystkie trzy podstawowe rodzaje przepływu powietrza w stosunku do ruchu suszonego materiału: zgodny, przeciwstawny i skrzyżowany). Porównanie różnych sposobów suszenia w kontekście zużytej energii przedstawiono na rysunku 14.

3.4. Suszenie nasion rzepaku – zalecenia praktyczne

Mamy do wyboru wiele metod suszenia: suszarnie podłogowe, porcjowe, porcjowo-obiegowe (np. RIELA, Pedrotti lub Drzewicz), wreszcie suszarnie bębnowe. Jeżeli jednak bierzemy

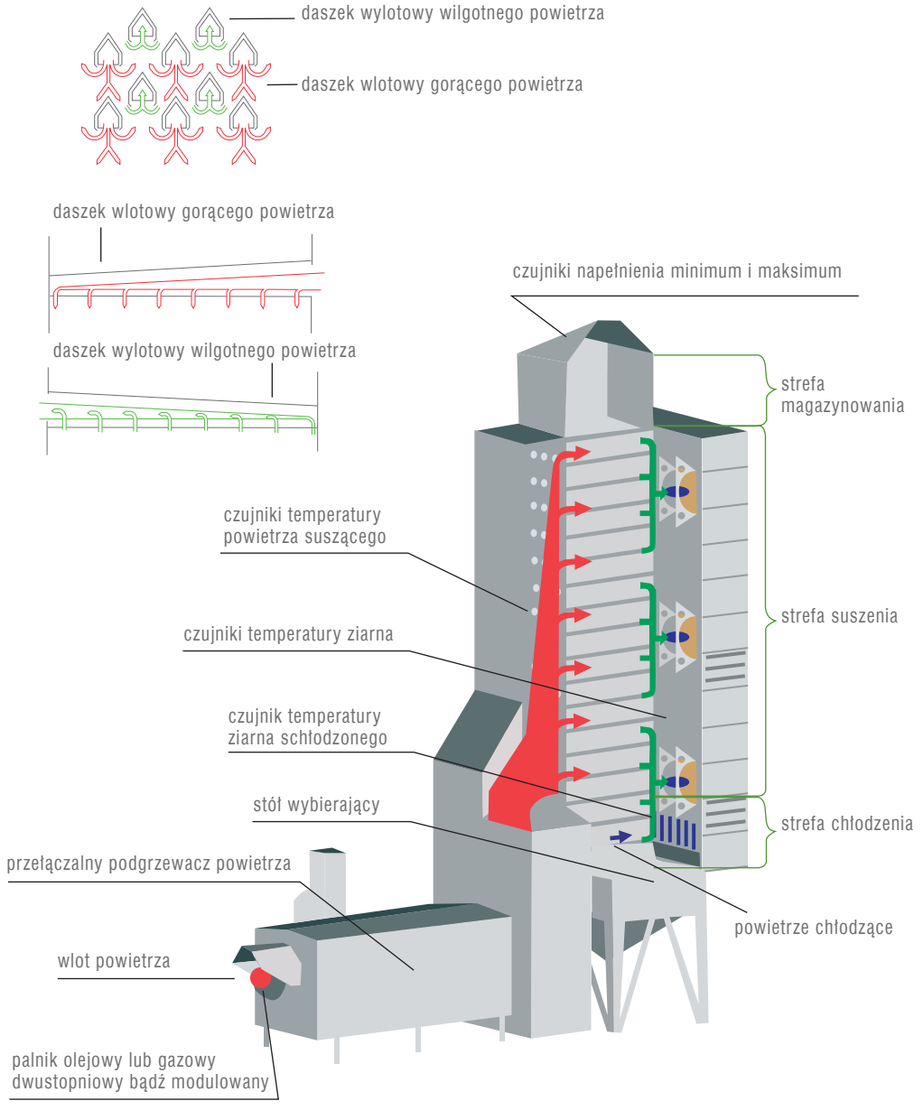
pod uwagę technologię suszenia o odpowiedniej wydajności, obecnie dostępne są jedynie suszarnie kolumnowe, daszkowe pracujące w systemie przepływowym (np. RIELA, Cimbria, Stela, Araj). W takiej suszarni suszenie odbywa się przez dostarczenie ogrzanego czynnika suszącego, który owiewa spadające wewnątrz kolumny nasiona, ogrzewa je, suszy i razem z pobraną z ziarna parą wodną wyrzucany jest na zewnątrz. Dzięki budowie modułowej możliwe jest uzyskanie teoretycznie nieograniczonej wydajności suszenia.

W praktyce zostały już zrealizowane obiekty z wydajnością dobową kilku tysięcy ton.

Dopływ i odpływ powietrza w suszarni daszkowej przepływowej następuje poprzez znajdujące się wewnątrz kolumny kanały powietrzne w formie daszka, otwarte od dołu. W przestrzeni między daszkami nasiona przepływają dzięki sile grawitacji. Daszki ciepłego i wylotowego powietrza umieszczone są poziomo w segmentach suszarni, a dzięki ich odpowiedniej budowie możliwy jest równomierny przepływ nasion.

Kanały (daszki) są otwarte od dołu na całej długości i powinny mieć nierównomierny przekrój, tzn. przekrój daszka powinien się zwężać ku końcowi, aby zapewnić stałą prędkość powietrza na całej długości. Kanały usytuowane są w ściśle określonych odstępach. Pomiędzy nimi tworzą się szczeliny, którymi nasiona przesypują się ku dołowi komory. Strumień nasion rozdziela się na wierzchołku każdego daszka na dwie strugi zsuwające się po jego ścianach. W masie nasion tworzą się w ten sposób wolne kanały. Powietrze wtłaczane jest do co drugiego poziomu takich kanałów z jednej strony komory suszarki. Kanały od strony przeciwległej do wlotu są zamknięte, co zmusza wtłoczone powietrze do przepływu pod daszkiem i wniknięcia do spadającej masy nasion i przez nie do sąsiedniego górnego poziomu poddaszkowych kanałów mających ujście na zewnątrz. Zatem jeden poziom daszków służy do podawania powietrza do wnętrza komory suszenia, a sąsiedni, znajdujący się nad nim odprowadza zużyte powietrze i tak naprzemian przez całą wysokość komory suszenia. Dlatego nasiona spadające ku dołowi w komorze suszenia stykają się wielokrotnie ze świeżym strumieniem powietrza z kanałów doprowadzających. Głównym zadaniem daszków jest utworzenie sieci kanałów doprowadzających świeże i odprowadzających zużyte powietrze. Powinny one wyrównywać przesyp nasion tak, aby każda ich porcja przechodziła przez suszarkę w takim samym czasie i dzięki temu była jednakowo suszona. Ważne, żeby daszki w suszarni były ułożone w taki sposób, aby nie dopuścić do tego, że część nasion, spadając w dół suszarni, stykać się będzie tylko i wyłącznie z daszkami ciepłego powietrza, ponieważ

Rys. 15. Schemat działania suszarni daszkowej (RIELA, 2011)



może to doprowadzić do ich przegrzania. W praktyce większość suszarni przepływowych pracuje w trybie wyciągowym powietrza, tzn. powietrze jest przeciągane przez podgrzewacz, a następnie przez nasiona i wydmuchiwane na zewnątrz suszarni. Taki system pozwala na oszczędność energii dzięki wytworzeniu podciśnienia i szybszemu odparowywaniu wody.

Można tu zastosować zarówno wentylatory osiowe umieszczone bezpośrednio na kanale powietrza wylotowego, jak i promieniowe zbierające powietrze z kanału w jednym punkcie. Dodatkowo warto zastosować odpylanie powietrza wylatującego z wentylatora np. poprzez cyklony (RIELA) i cyklofany (Cimbria) bądź też separatory odśrodkowe montowane na wentylatorze promieniowym (RIELA). W obu ostatnich przypadkach niezbędne jest jednak znaczne zwiększenie mocy wentylatorów dla pokonania oporów stawianych przez urządzenie czyszczące, co wiąże się z większymi kosztami suszenia. Najbardziej oszczędne są w tym wypadku cyklony.

Dodatkową cechą wartą uwagi przy wyborze suszarni jest materiał, z którego wykonana jest kolumna. W ofercie rynkowej znajdują się suszarnie z blach ocynkowanych, które gwarantują średnią żywotność (Ajar, AG-Projekt, Ferrum), oraz suszarnie z blach wykonanych ze stopu aluminium z magnezem (RIELA, Stela), o bardzo długiej żywotności, zmniejszające koszty ewentualnych napraw i przestojów z nimi związanych.

Przy wyborze suszarni należy się zatem kierować wyżej wymienionymi cechami, czyli wybierać suszarnie z daszkami o przekroju zwężającym się ku końcowi, dobranym właściwie do ilości ziarna przepływającego przez kolumnę, czyli zapewniającym odpowiednią ilość i prędkość powietrza.

Każda suszarnia powinna zapewniać przede wszystkim:

- równomierny rozkład i przepływ materiału,
- równomierny rozkład temperatury,
- równomierny rozkład i przepływ powietrza.

Rozkład powietrza i materiału gwarantuje nam odpowiedni przekrój daszka oraz ich ilość w strefie suszenia, a rozkład temperatury – właściwie zbudowany kanał ciepłego powietrza (wysoki i szeroki).

Dodatkowo przepływ materiału regulowany jest urządzeniem wysypowym. Musi ono zagwarantować jednakowy czas przejścia przez suszarnię dla każdego nasiona. Urządzenie to powinno być tak skonstruowane, aby miało możliwość płynnej regulacji pracy (np. poprzez

falownik) oraz w żaden sposób nie uszkadzało nasiona. Należałoby zrezygnować np. z wybieraków ślimakowych.

Przy suszeniu rzepaku należy wziąć pod uwagę następujące czynniki:

- Należy dopasować ilość powietrza do nasion rzepaku. Zastosowanie poziomu czynnika suszącego takiego jak dla ziarna zbóż będzie powodować wyciąganie nasion rzepaku z kolumny. Budowa kolumny suszarni, a w szczególności kanału wylotowego, powinna umożliwiać regulację ilości wyciąganego powietrza, np. poprzez dodanie powietrza „lewego" bądź poprzez regulację prędkości wentylatorów.
- Regulacja suszarni powinna się odbywać na podstawie przepływu materiału. Tylko jeżeli jest ona niewystarczająca, regulacja powinna się odbywać przy pomocy doprowadzenia energii.
- Wilgotność końcowa powinna być nastawiona na 7%. Jeśli jest większa maksymalnie o 1%, może być wyrównana w trakcie chłodzenia nasion w kolumnie suszarni bądź też w procesie schładzania lub wentylowania nasion w magazynie.
- W przypadku rzepaku o bardzo wysokiej wilgotności w jednym cyklu suszenia nie powinno się „zbijać" wilgotności o więcej niż 6%, aby nie dopuścić do jego uszkodzenia.
- Rzepak o wilgotności 11-12% można nagrzewać do około 60˚C temperatury końcowej, którą można odczytać na końcu strefy suszenia suszarni.
- Temperatura powietrza suszącego nie powinna przekraczać 75˚C.

Suszarnie kolumnowo-daszkowe charakteryzują się prostą konstrukcją, a zatem łatwością obsługi oraz dobrym dostępem do elementów regulacyjnych. Ich wadą jest natomiast wrażliwość na zanieczyszczenia słomiaste, które powodują nierównomierny przepływ nasion, wskazane jest zatem ich wstępne czyszczenie.

Dla małych gospodarstw dobrym rozwiązaniem są suszarnie przewoźne.

Suszarnie cylindryczne, np. firmy RIELA, Pedrotti, Drzewicz, mogą być stosowane w małych i średnich gospodarstwach. Nie wymagają dużych nakładów inwestycyjnych. Na ich cykl pracy składają się dwa procesy. Najpierw następuje suszenie nasion, a następnie – ich schładzanie. W zależności od stosowanej technologii nasiona mogą być zasypywane za pośrednictwem przenośnika poziomego lub od góry – bezpośrednio do komory suszenia. Wadą tych suszarń może być złe dopracowanie przenośników ślimakowych, które służą do transportu

nasion. Może to prowadzić do jego uszkodzenia w trakcie suszenia. Także energochłonność jest tu większa niż w przypadku suszarni daszkowych użytkowanych w trybie przepływowym.

Dodatkowo, małe ilości rzepaku można dosuszać na suszarniach podłogowych (BIN) lub w silosach. Jest to rozwiązanie stosowane, ale wymagające dużego nakładu kosztów i czasu. Dodatkowo użytkownik takiego systemu musi zwracać uwagę na wiele czynników, aby uniknąć zepsucia materiału.

Dlatego w dużych magazynach surowiec powinien być suszony w instalacjach suszarniczych o odpowiedniej wydajności dobowej i zintegrowany z ciągiem technologicznym wewnątrz magazynu. Suszarnie muszą umożliwiać spełnienie wyżej wymienionych parametrów, być niezawodne i żywotne, a producenci powinni gwarantować możliwość szkolenia obsługi i szybki serwis.

4. Przechowywanie nasion

Ziarno zbóż i nasiona zazwyczaj przechowuje się luzem ze względu na lepsze wykorzystanie pojemności obiektów do przechowywania, kontrolę jego kondycji oraz mechanizację procesów składowania. Stosowane techniki przechowywania mają stworzyć optymalne warunki fizyko-chemiczne podczas magazynowania, tj. ograniczające procesy życiowe ziarna oraz rozwój drobnoustrojów. Główne czynniki mające wpływ na rozwój procesów życiowych to: wysoka wilgotność, temperatura, dostęp tlenu oraz występowanie szkodników. Mając na uwadze stan nasion przed przechowywaniem należy dobrać odpowiednią metodę realizacji procesu. Są trzy podstawowe sposoby przechowywania nasion – w stanie suchym, ochłodzonym oraz bez dostępu tlenu – które w zależności od potrzeb można ze sobą łączyć (Nellist, 1998).

Przechowywanie ziarna w stanie suchym polega na obniżeniu zawartości wody w materiale do takiego poziomu, by zachodzące w nim procesy życiowe ograniczyć do minimum. W odniesieniu do pszenicy, jęczmienia, żyta i owsa bezpieczny poziom wilgotności wynosi około 14%, rzepaku – ze względu na wysoką zawartość tłuszczu – 7%, nasion roślin strączkowych 14-15%.

Nasiona przechowuje się w stanie schłodzonym ze względu na to, że niska temperatura hamuje rozwój procesów życiowych zachodzących w złożu. Schłodzenie złoża poniżej 10-12°C powoduje zahamowanie rozwoju szkodników znajdujących się w przestrzeniach międzyziarnowych.

W temperaturze około 5°C następuje zahamowanie rozwoju bakterii i pleśni przy zachowaniu wszystkich istotnych właściwości biologicznych nasion.

Stopień schłodzenia ziarna zależy od przewidywanej długości magazynowania, wilgotności ziarna oraz obecności organizmów obcych.

Przechowywanie nasion bez dostępu powietrza w zbiornikach hermetycznych polega na doprowadzeniu do stanu maksymalnego zahamowania procesów życiowych w nasionach

oraz organizmach żywych (anabioza) na skutek odcięcia dopływu tlenu do złoża. Wraz z upływem czasu w miarę zużywania tlenu wzrasta udział dwutlenku węgla względem zawartości tlenu. Utrzymanie jakości materiału przechowywanego bez dostępu powietrza jest możliwe tylko przy niskiej zawartości wody w ziarnie (7% i mniej) – jej wysoki poziom skutkuje pogorszeniem właściwości paszowych i odżywczych oraz wytwarzaniem się specyficznych zapachów kwaśnych i alkoholowych.

4.1. Wpływ powietrza na warunki przechowywania nasion rzepaku

Powietrze składa się niemal wyłącznie z czterech podstawowych składników: azotu (N_2), tlenu (O_2), dwutlenku węgla (CO_2) oraz wody (H_2O) w postaci pary wodnej. Każdy składnik posiada określone właściwości fizyczne i funkcjonalne, które wpływają na jego zachowanie w mieszaninie i jednocześnie determinują jego zastosowanie w przechowalnictwie. Azot – główny składnik powietrza – jest gazem obojętnym, niewykazującym interakcji z nasionami i innych bezpośrednich oddziaływań. Jego funkcja ochronna może polegać na ograniczaniu kontaktu z aktywnym tlenem, co zapobiega rozwojowi mikroflory tlenowej i procesów utleniania. W przemyśle spożywczym jest używany jako wypełniacz opakowań. Dwutlenek węgla jest obojętny wobec produktów suchych, a w kontakcie z produktami wilgotnymi łatwo się rozpuszcza i częściowo reaguje do H_2CO_3, co nieznacznie obniża pH i wywiera niewielkie działanie bakteriostatyczne. Ogólnie stosowanie CO_2 opóźnia wzrost zarodników grzybów i pleśni. Tlen to najbardziej aktywny składnik powietrza, sprzyjający zmianom oksydacyjnym i wzrostowi bakterii tlenowych powodujących m.in. procesy gnilne. Zmniejszenie zawartości tlenu w otoczeniu skutecznie obniża tempo wszystkich reakcji chemicznych i biochemicznych z jego udziałem (oddychanie, dojrzewanie, utlenianie, metabolizm mikroflory tlenowej). Ważne jest jednak zachowanie odpowiedniej proporcji pomiędzy zawartością tlenu i dwutlenku węgla w atmosferze modyfikowanej. Przy zawartość $O_2 < 1{,}5\%$ lub $CO_2 > 20\%$ następuje naruszenie równowagi procesów oddychania i wzrost oddychania beztlenowego, powodującego stopniowe obumieranie tkanek i niekorzystne zmiany produktów (gnicie, wyczuwalny posmak sfermentowania), a także możliwość rozwoju beztlenowców produkujących toksyny (Kolasa 2006).

4.2. Obiekty magazynowe

Magazyny zbożowo-nasienne pod względem budowlano-funkcjonalnym dzieli się na podłogowe i silosowe (PN-81/B-01012). Magazyny podłogowe służą do przechowywania zboża luzem, w pryzmach lub workach. Powszechnie są stosowane do krótkotrwałego składowania nieczyszczonych zbóż i nasion dostarczonych bezpośrednio z miejsca zbioru. Magazyny silosowe przystosowane są do przechowywania nasion uprzednio przygotowanych do długotrwałego magazynowania, tj. wysuszonych i oczyszczonych. Są to obiekty o różnej pojemności, w większości w pełni zmechanizowane, często umożliwiające sterowanie warunkami, w jakich jest przechowywane zboże.

Magazyny podłogowe służą przeważnie do składowania krótkotrwałego, a silosy – do długotrwałego.

W praktyce za silosy uważa się obiekty, których stosunek wysokości do wymiaru poprzecznego jest większy niż 1,5. W zależności od pojemności i przeznaczenia ich konstrukcja może być żelbetowa, stalowa, drewniana lub z tworzywa sztucznego. Użyte do budowy materiały mają też istotny wpływ na kształt i wymiar komór silosowych. Komory silosu mogą mieć przekrój kołowy, kwadratowy, prostokątny lub wieloboczny. Komory silosowe ze względów technologicznych mogą być łączone w baterie obsługiwane przez wspólny zestaw załadunkowo-wyładunkowy. Liczba komór może być dowolna w zależności od przeznaczenia obiektu. Silosy jedno-, dwu- lub wielokomorowe w rzucie poziomym mogą być rozmieszczone w jednym rzędzie, dwu lub kilku, tworząc w ten sposób zespoły komór o dużej pojemności sumarycznej. Za optymalne rozwiązanie uważa się baterie silosów cylindrycznych. Baterie silosów o przekroju sześciobocznym zblokowane w tzw. plaster miodu dają pewne oszczędności i udogodnienia użytkowe. Dna silosów zazwyczaj konstruowane są jako leje stożkowe lub ostrosłupowe, o kącie pochylenia ścian pozwalającym na samoczynne opróżnianie silosu. Najczęściej stosuje się kąt nachylenia ścian co najmniej o 5º większy od kąta tarcia wewnętrznego magazynowanego materiału. Górną zabudowę silosów wykonuje się jako kopuły płytowo-żebrowe lub kasetonowe, montując na nich urządzenia zasypowe.

Na silosy i zbiorniki do magazynowania materiałów sypkich działają zewnętrzne i wewnętrzne obciążenia statyczne oraz dynamiczne. Do grupy zewnętrznych obciążeń konstrukcji silosu należy zaliczyć napór wiatru, ruchy tektoniczne skorupy ziemskiej czy obciążenia pochodzące od zalegającego śniegu. Ten rodzaj obciążeń konstrukcji budowli cechuje wszystkie wolno stojące obiekty budowlane. Cechą wyróżniającą silosy i zbiorniki do magazynowania materiałów sypkich spośród pozostałych budowli użytkowych jest działanie na elementy konstrukcyjne nierównomiernych obciążeń ciągłych pochodzących od magazynowanego materiału. W niektórych wypadkach na elementy konstrukcyjne budowli, ściany

i dno może działać również ciśnienie gazu wytworzonego podczas fermentacji materiałów biologicznych.

Statyczne parcie materiału na elementy konstrukcyjne silosu pochodzi od jego ciężaru. Obciążenie dna zbiornika jest mniejsze od ciężaru materiału o siły tarcia na pionowej ścianie, zaś napór poziomy zależy głównie od wysokości złoża. Oprócz obciążeń statycznych na elementy konstrukcyjne silosów działają trudniejsze do oszacowania obciążenia dynamiczne. Obciążenia te mogą powstawać podczas pionowego ruchu złoża materiału, np. nierównomiernego opróżniania zbiornika. Efekty dynamicznych oddziaływań ośrodka sypkiego powstają podczas przejścia przepływu masowego w kominowy. W celu zmniejszenia efektów dynamicznych – powstających na skutek przemieszczania się złoża materiału w zbiorniku – w komorach stosuje się różne urządzenia odciążające (np. specjalne króćce lub rurowe przewody odciążające), które mają spowolnić pionowe przemieszczanie się złoża.

Podstawowe wymagania konstrukcyjne w zakresie budowy i eksploatacji silosów określone zostały w 1981 roku przez Międzynarodowy Komitet ds. Bezpieczeństwa Budowli. Pojawiające się awarie konstrukcji zbiorników wynikają zazwyczaj z błędów wykonawczych, nieprawidłowej eksploatacji lub z przyczyn związanych z nieprzewidywalnym oddziaływaniem materiałów sypkich na konstrukcje. Czasami powodem zniszczeń silosów są także eksplozje płynu albo gazu będącego produktem fermentacji materiałów biologicznych. Norma Eurocode 1 z kwietnia 2003 roku zawiera podział silosów na trzy klasy niezawodności związane z ich pojemnością. Dla każdej z klas zalecany jest optymalny sposób teoretycznej i doświadczalnej weryfikacji ich konstrukcji. W obiektach o małej pojemności nieuzasadnione jest ponoszenie kosztów związanych ze skomplikowanymi badaniami doświadczalnymi oraz wykorzystaniem materiałów o wysokiej jakości.

4.3. Obliczenia parcia materiałów sypkich, metoda Janssena

Materiały ziarniste magazynowane w zbiornikach wywierają parcie w kierunku poziomym na ściany i pionowym na dno pochodzące od ciężaru własnego ośrodka oraz od wywieranych na nie sił zewnętrznych (Dresher 1983). Zbiorniki te muszą spełniać założenia wytrzymałościowe oraz funkcjonalne przy uwzględnieniu stanu naprężeń występującego w złożu materiału. Dokładna znajomość naporu wywieranego przez materiał sypki na konstrukcję zbiornika jest nieodzowna do efektywnego projektowania operacji technologicznych, szczególnie składowania w silosach. Zaproponowana ponad sto lat temu przez Janssena metoda obliczania

rozkładu naporu w silosie jest nadal najczęściej rekomendowana przez normy budowlane (Janssen, 1895).

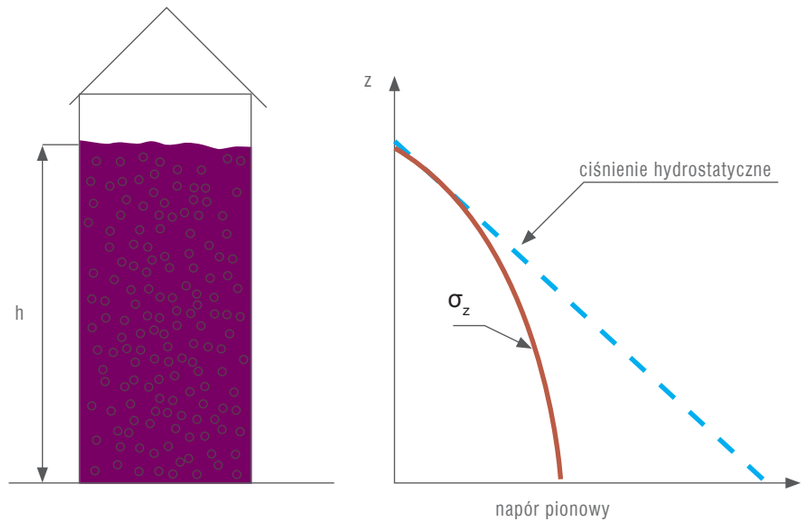
Dla zobrazowania różnic rozkładu parcia nasion wzdłuż pionowej osi silosu porównano napór pionowy z powszechnie znanym zjawiskiem ciśnienia hydrostatycznego cieczy (Rys. 16). Jak widać na rysunku, obciążenie pionowe nie jest funkcją liniową (w odróżnieniu od ciśnienia hydrostatycznego cieczy), zmienia się w zależności od wysokości złoża nasion.

W rzeczywistych warunkach rozkład parcia materiału sypkiego w dużej mierze zależy od:

- historii obciążenia (przesypywania i dosypywania nasion w silosie),
- sposobu napełniania silosu (centralnie wzdłuż pionowej osi lub np. sposób deszczowy),
- szorstkości powierzchni ścian obiektu,
- kształtu, stanu powierzchni i wilgotności nasion.

Należy jednak pamiętać, że nasiona składowane w silosie tworzą materię sypką, która zachowuje się w sposób odmienny od cieczy, ciała stałego czy gazu. Często jest określana jako pośredni stan skupienia pomiędzy cieczą a ciałem stałym. W zależności od warunków fizycznych potrafi „płynąć" jak ciecz (np. wypływ z silosu) lub zachowywać się jak ciało stałe (konsolidacja i zaczopowanie podczas opróżniania) (Horabik i Molenda, 2002).

Rys. 16. Porównanie rozkładu naporu pionowego materiału sypkiego σ_z wyznaczonego na podstawie równania Janssena z ciśnieniem hydrostatycznym słupa cieczy



Szczególną formą materiału sypkiego są produkty rolnicze, które zachowują się inaczej niż np. materiały mineralne – są odkształcalne. Dlatego by nie uszkodzić ich struktury geometrycznej, nie można ich dowoolnie składować w silosach. Należy pamiętać, że przeciążone nasiona w dolnych warstwach mogą ulec uszkodzeniu i zepsuciu.

4.4. Parametry mechaniczne nasion rzepaku istotne w procesie przechowywania i metody ich wyznaczania

Oprócz znajomości technologii uprawy, zaleceń dotyczących przygotowania nasion do przechowywania, biologii i chemii nasion, ważnym aspektem jest posiadanie pełnej wiedzy na temat właściwości mechanicznych złoża nasion istotnych w długotrwałym magazyno-waniu.

Złoże nasion rzepaku jest materiałem sypkim, którego cechy mechaniczne znacznie odbiegają od właściwości powszechnie znanych stanów skupienia (Horabik i Molenda, 2002). O jego zachowaniu decydują przede wszystkim: sieć geometryczna kontaktów, oddziaływania cierne w punktach kontaktu oraz właściwości pojedynczych nasion. Właściwości mechaniczne złoża nasion rzepaku w przeciwieństwie do materiałów granularnych pochodzenia mineralnego determinuje wilgotność, która wpływa na właściwości okrywy nasiennej i liścieni (Izli i in., 2009).

Aktualnie standaryzacja obejmuje coraz więcej metod wyznaczania właściwości materiałów sypkich. Normy Eurocode 1 i zmodyfikowana obecnie polska norma zalecają wyznaczać doświadczalnie parametry mechaniczne materiałów sypkich w ściśle określonych warunkach odpowiadających obciążeniom eksploatacyjnym. Niektóre z nich wyznaczane są w teście ścinania (w aparacie bezpośredniego ścinania lub trójosiowego ściskania), inne zaś w teście jednoosiowego ściskania. Wśród najważniejszych parametrów mechanicznych znajdują się: iloraz naporu, współczynnik tarcia zewnętrznego, współczynnik tarcia wewnętrznego i kohezja, moduł sprężystości, współczynnik Poissona, gęstość, poziom punktu olejowego oraz wytrzymałość nasion na obciążenie pochodzenia dynamicznego.

4.5. Zagrożenia awariami w trakcie przechowywania

Najczęściej do przechowywania materiałów rolniczych stosuje się cienkościenne konstrukcje metalowe – silosy o płaskim dnie (np. system BIN). Tego typy konstrukcje ze względu na

niskie koszty oraz uproszczone procedury budowlane w ostatnich latach zdobywają coraz większą popularność wśród użytkowników (Banachewicz, 2004). Jednak pomimo niewątpliwych zalet takie konstrukcje są najbardziej narażone na awarie. Natura awarii jest dwojaka: błędy wykonawcze, konstrukcyjne i montażowe obiektu lub zagrożenie pochodzące od nieprzewidywalnego zachowania się materiału składowanego. Najczęściej spotykane powody awarii silosów pochodzące od materiału to:

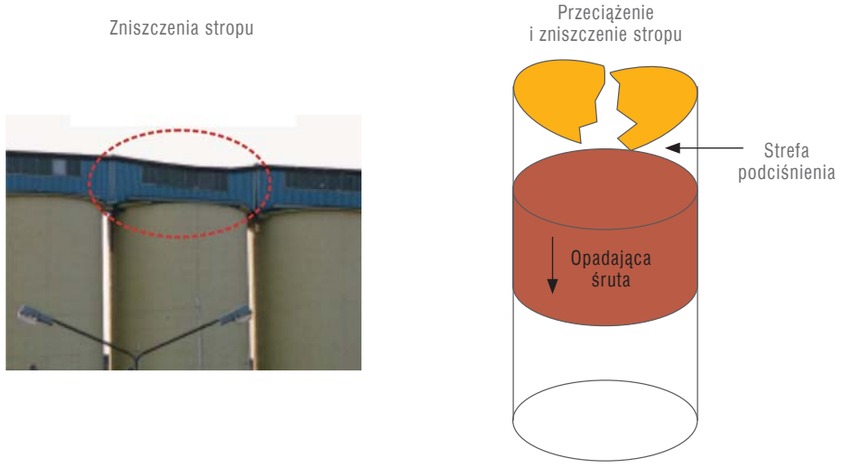
- strefy martwe, czyli miejsca, w których materiał stale zalega,
- przesklepianie się materiału,
- nawisy materiału,
- tunele wewnątrz warstwy.

W przypadku materiałów roślinnych wysokooleistych najczęstszym zagrożeniem jest przesklepianie się nasion, które powoduje dynamiczny wzrost obciążenia ściany silosu. Generalnie przyczyną powstawania tego zjawiska jest wzrost wilgotności przechowywanych nasion. Bywa on spowodowany przewietrzaniem zawartości silosu powietrzem o wilgotności większej niż wilgotność równowagowa przechowywanych nasion. Jednak częstszym powodem występowania zagrożenia przesklepieniem jest suszenie nasion strumieniem gorącego powietrza, gdy przemieszczająca się ku górze silosu strefa podwyższonej wilgotności, susząc obszar w jej dolnej części, nawilża równocześnie warstwy położone powyżej. Ponadto wzrost wilgotności prowadzi do pęcznienia nasion. W przypadku rzepaku maksymalny napór wywołany pęcznieniem nasion pojawia się po kilku godzinach od kontaktu z wilgocią. Zjawisko to może spowodować, że w strefie o podwyższonej wilgotności całkowite przeniesienie ciężaru złoża będzie się odbywać poprzez tarcie o ścianę boczną silosu. Sytuacja taka może doprowadzić do „ścięcia" cienkościennego poszycia, a w konsekwencji do poważnej awarii obiektu (Fot. 6). Zazwyczaj awarie takie powstają podczas opróżniania zbiornika, gdy znika „podparcie" zasklepionego materiału wraz z wypływem warstwy dolnej.

Fot. 6. Typowa awaria cienkościennego silosu wywołana poprzez destrukcyjne oddziaływanie materiału składowanego (Banachewicz, 2004)

Inne konsekwencje w trakcie przesklepiania powstają w silosach żelbetowych (Kamiński i Antonowicz, 2007). Żelbetowa ściana silosu zazwyczaj nie ulega deformacji, a opadający nagle słup materiału, wytwarzając podciśnienie po-

Rys. 17. Awaria żelbetowego silosu z poekstrakcyjną śrutą rzepakową (Kamiński i Antonowicz, 2007)



nad swobodną górną warstwą złoża, powoduje przeciążenie i zawalenie stropu nad komorą (Rys. 17).

4.6. Zagrożenia zepsuciem nasion podczas przechowywania

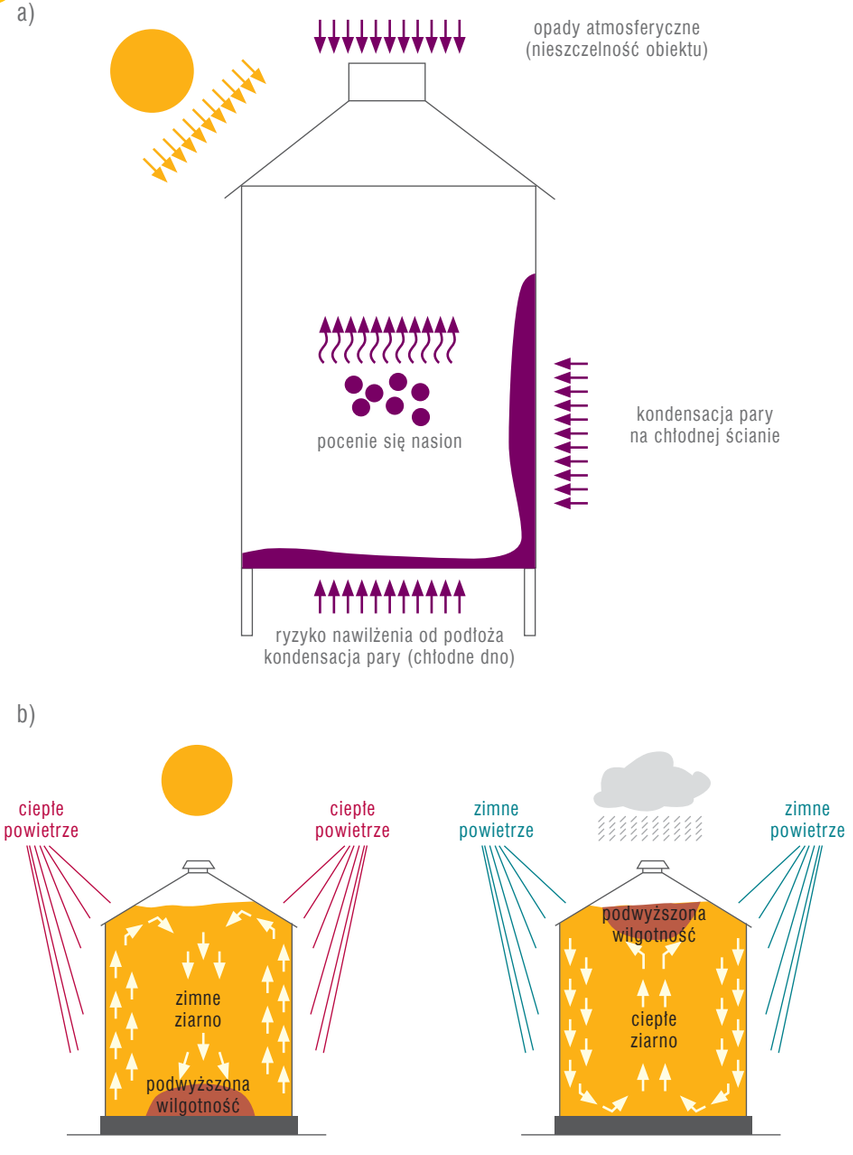
Najczęściej spotykane zagrożenia związane z przechowywaniem nasion rzepaku to:

- rozwój pleśni,
- kondensacja pary wodnej,
- oddychanie nasion, podczas którego wydziela się ciepło i wilgoć,
- żerowanie roztoczy, owadów, gryzoni i ptaków,
- nawilżanie nasion z powietrza,
- kiełkowanie,
- zbrylenie dolnych warstw wskutek występującego przeciążenia.

By uniknąć tych zagrożeń, należy stosować się ściśle do zaleceń dotyczących granicznego czasu przechowywania ze względu na wilgotność nasion (Tab. 4, str. 52).

Zagrożenie zawilgoceniem nasion stwarza także obiekt magazynowy, którego nadmierna

Rys. 18. a) – źródła wilgoci w silosie; b) – migracja wilgoci wewnątrz silosu ze względu na zmiany warunków atmosferycznych



eksploatacja bez koniecznych przeglądów technicznych może prowadzić do rozszczelnienia poszycia (Rys. 18a). Tego rodzaju awaria ułatwia penetrację złoża nasion przez wodę atmosferyczną. Z kolei zmienne warunki atmosferyczne często powodują kondensację wody na elementach poszycia silosu. Zgromadzona w ten sposób woda potrafi migrować w złożu nasion ze względu na cykliczne zmiany temperatur pomiędzy dniem i nocą oraz zmiany pogody (Rys. 18b). Jeśli do tych zagrożeń dodamy jeszcze efekt pocenia się nasion, ekosystem, jaki wytworzy się w silosie, dąży do rozwoju życia biologicznego, które bywa nieodwracalnie destrukcyjne.

4.7. Monitorowanie parametrów nasion rzepaku w trakcie przechowywania

W odróżnieniu od ziarna zbóż nasiona rzepaku są bardziej narażone na uszkodzenia i zepsucie. Dzieje się to za sprawą wysokiej zawartości tłuszczu, który w uszkodzonych nasionach wzmaga intensywność niekorzystnych procesów biologicznych i chemicznych. W takich nasionach zwiększa się aktywność drobnoustrojów, co prowadzi do obniżenia jakości, a nawet do zniszczenia surowca. Zjawiska te są szczególnie niebezpieczne w nasionach wilgotnych, nadmiernie obciążonych oraz przechowywanych w zbyt wysokiej temperaturze, której lokalne wysokie gradienty mogą wynikać z braku możliwości przewietrzania. Długotrwałe magazynowanie rzepaku w zbiornikach i silosach w celu zapewnienia ciągłości produkcji sprawia, iż materiał narażony jest na działanie destrukcyjnych obciążeń mechanicznych, wzmożonych procesów życiowych, które stają się przyczynkiem do zmian temperatury i wilgotności nasion, a co za tym idzie – wytworzenia niekorzystnych warunków przechowywania. Szybkość reakcji i przeciwdziałanie tym zjawiskom wiąże się bezpośrednio z wielkością poniesionych strat. Zachodzące w nasionach procesy życiowe (np. oddychanie tlenowe, pocenie nasion starzejących się) prowadzą także do wydzielania się wody. Jeśli produkty powstające w trakcie oddychania tlenowego nie zostaną w porę odprowadzone, następuje wtórne nawilżenie nasion i wzrost intensywności procesów biochemicznych. W rezultacie dochodzi do samonagrzewania nasion, którego skala zależy od ich stanu fizycznego i możliwości technicznych obiektów magazynowych (Kobosko, 1996; Kobosko, 2003). Samonagrzewanie jest zależne od poziomu wilgoci i temperatury złoża nasion, ale powodem występowania zjawiska może być także nadmierna aktywność metaboliczna insektów występujących w złożu. Konsekwencją samonagrzewania jest powstanie obszaru o podwyższonym poziomie temperatury, zbrylenie nasion i zaczopowanie materiału wewnątrz zbiornika (PN-ISO 6322-1; PN-ISO 6322-2).

Jest to zjawisko negatywne obniżające jakość materiału, niestety często występujące w praktyce przechowalniczej. Jego następstwem jest strata substancji suchej, jak również rozwój mikrobów, pleśni, żerowanie owadów oraz wzrost wolnych kwasów tłuszczowych – przy czym pleśnie działają w temperaturze 50-55˚C. Powyżej tej granicy pleśnie giną, natomiast przy wilgotności względnej ponad 95% rozwijają się bakterie termofilne.

Norma ISO 4112:1990

W praktyce przechowalniczej w celu kontroli warunków przechowywania stosuje się aparaturę kontrolno-pomiarową, a monitoring warunków polega zazwyczaj na pomiarze temperatury w przestrzeniach międzyziarnowych. Norma ISO 4112:1990 w swoim drugim wydaniu zaleca rozmieszczenie sond temperatury w zbiornikach do magazynowania ośrodków sypkich w formie geometrycznej siatki sond. Punkty pomiarowe winny być umieszczane w odległości nie większej niż 3 m od siebie w kierunku poziomym i pionowym. Górne punkty pomiarowe winny znajdować się w odległości od 1 do 2 m od spodziewanej powierzchni nasion, dolne zaś 0,5 m powyżej dna zbiornika. Wynikający z tego założenia przestrzenny obszar kontroli wybranej sondy jest w kształcie kuli o promieniu 1,5 m.

Jednak oprócz standardowych zaleceń norm w trakcie przechowywania istotne jest monitorowanie wilgotności względnej w przestrzeniach międzynasiennych. Jest to parametr, który dosyć precyzyjnie opisuje stan fizyczny, w jakim znajduje się w danym momencie złoże nasion. Z badań nad niekorzystnymi zjawiskami termicznymi w złożu rzepaku, które przeprowadzono w Instytucie Agrofizyki z udziałem zintegrowanych sond temperatury i wilgotności względnej przestrzeni międzynasiennych, wynika, że wzbogacenie monitoringu złoża o pomiar wilgotności pozwoliło na dokładne określenie stanu fizycznego nasion w trakcie samonagrzewania (Zgłoszenie patentowe Nr. P.391028).

Należy monitorować wilgotność względną w przestrzeniach międzynasiennych.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że:

- nasiona o wilgotności 12,7%, zachwaszczone od pierwszego dnia zasypania do silosu zainicjowały proces samonagrzewania (tak wysoki poziom wilgotności nasion został dobrany w celach badawczych, by przyspieszyć samonagrzewanie, w rzeczywistości nasiona w takiej kondycji fizycznej nie nadają się do przechowywania),
- fizyczny przebieg samonagrzewania nasion można podzielić na dwa etapy: 1 – powol-

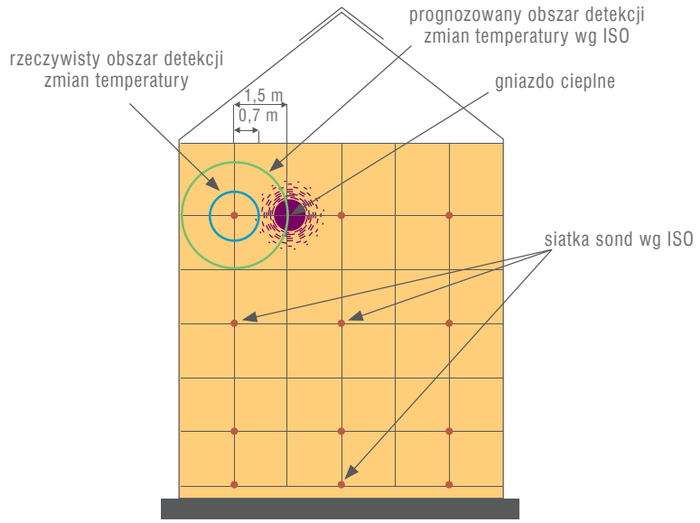
ny przyrost temperatury przy niezmieniającej się wilgotności względnej w przestrzeniach międzynasiennych (około 5-6 dni), 2 – lawinowy przyrost temperatury i niewielki spadek wilgotności względnej lub jego brak (Rys. 20),

- pierwszy etap samonagrzewania nie dyskwalifikował nasion jakościowo, drugi zaś definitywnie przekreślał ich wartość przetwórczą,
- podczas drugiego etapu mimo znacznego wzrostu temperatury wilgotność względna nie malała lub malała nieznacznie (około 2%), nasiona pociły się, oddając intensywnie wilgoć do przestrzeni międzynasiennych,
- odległość wynosząca około 0,7 m (Rys. 19) od gniazda cieplnego do punktu pomiaru temperatury była barierą, która uniemożliwiała wykrycie zmian termicznych (złoże nasion jest dobrym izolatorem termicznym),
- najintensywniej proces rozwijał się w centralnej części silosu, najdalej od ścian, dna i swobodnej warstwy wierzchniej nasion (Rys. 21).

W trakcie przechowywania nasion należy monitorować:

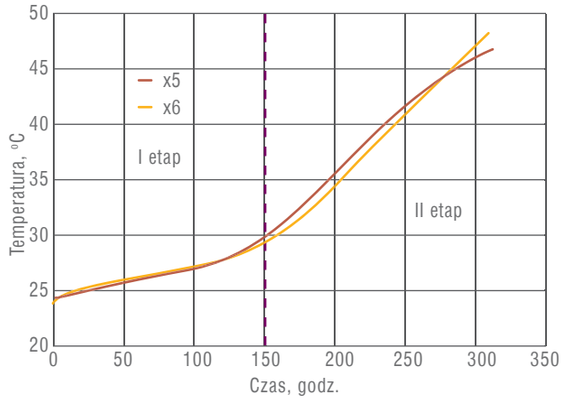
- ich wilgotność,

Rys. 19. Układ sond w silosie walcowym (przekrój przez oś pionową) wg ISO oraz realny obszar detekcji (wykrywalności) zmiany temperatury

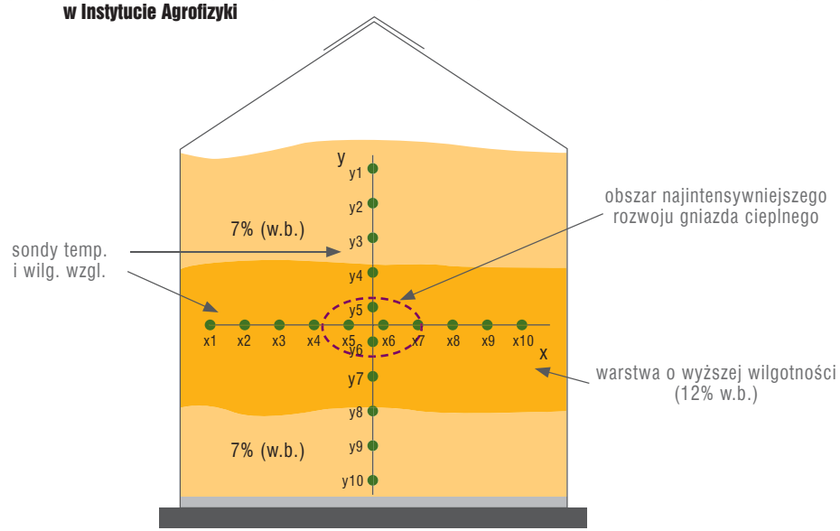


- wilgotność względną i temperaturę w przestrzeniach międzynasiennych,
- stopień rozwoju pleśni (ocena laboratoryjna i organoleptyczna),
- stan techniczny obiektu magazynowego,
- zapach powietrza wewnątrz obiektu.

Rys. 20. Dynamika wzrostu temperatury w centralnym punkcie gniazda cieplnego



Rys. 21. Schemat zjawiska samonagrzewania nasion rzepaku podczas doświadczenia przeprowadzonego w Instytucie Agrofizyki



4.8. Graniczny czas przechowywania

Graniczny czas przechowywania nasion jest zależny przede wszystkim od ich kondycji fizycznej w momencie zasypu silosu oraz od wilgotności. Tabela 4 zawiera empiryczne przykładowe dane odnośnie do granicznego czasu przechowywania nasion rzepaku. Oczywiście są one orientacyjne, w rzeczywistości każdy przypadek należy traktować indywidualnie.

Gdy parametry nasion przygotowywanych do zasypu silosu są dobrze znane, czas przechowywania można określać w przybliżeniu na podstawie znanego wykresu zależności czasu składowania od temperatury i wilgotności (Rys. 22).

Tabela 4. Graniczny czas przechowywania nasion do momentu zbrylenia w zależności od ich kondycji i stanu

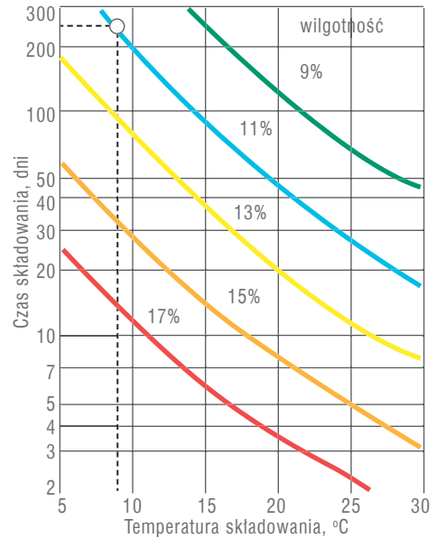
Kombinacja		Wilgotność przechowywanych nasion (%)	Ilość kolonii grzybów po 180 dniach (x1000)	Graniczny okres przechowywania (dni)
Nasiona dorodne i czyste podczas zbioru		7	18,2	<360
		9	75,4	360
Nasiona uszkodzone		7	2620	280
		9	9580	200
Nasiona niedojrzałe		7	2300	300
		9	31 430	120
Nasiona dorodne, lecz silnie zachwaszczone podczas zbioru		7	3240	20
		9	41 800	90
Nasiona porośnięte		7	2710	180
		9	76 500	60

Fot. Instytut Agrofizyki

Aby jednak prezentowany wykres funkcjonował w rzeczywistości, należy zadbać, aby:

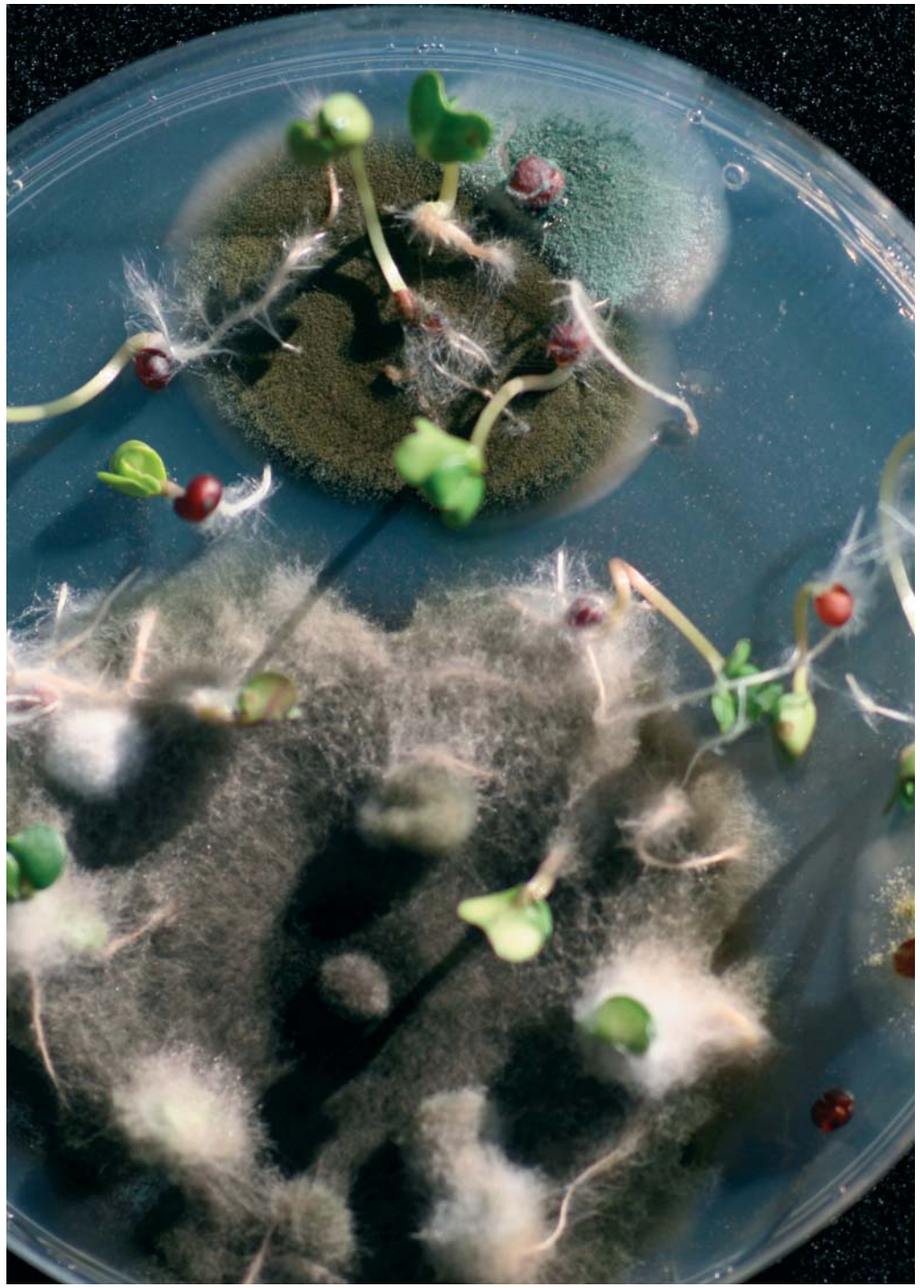
- partie nasion były jednolite pod względem wilgotności,
- nasiona były jednolite pod względem dojrzałości,
- partie materiału nie zawierały więcej nasion uszkodzonych, niż to określają normy (2%),
- partia nasion nie zawierała nasion porośniętych,
- trafiły natychmiast do suszarni, jeżeli po zbiorze wilgotność nasion jest wyższa niż 12%,
- przechowywanie takich nasion było objęte ciągłym monitorowaniem temperatury i wilgotności.

Rys. 22. Maksymalny czas przechowywania rzepaku w zależności od temperatury i wilgotności nasion (Ryniecki i Szymański, 1999)



Idealne warunki zapewniające bezpieczne przechowywanie nasion:

- przyhamowana zdolność zarodka do kiełkowania, inaktywacja enzymów wzrostu doprowadzająca jego wilgotność do poziomu 12-14%,
- ograniczenie aktywności mikroflory doprowadzające wilgotność nasion do poziomu 7-8%,
- wilgotność względna powietrza wypełniająca przestrzenie międzynasienne, mieszcząca się w granicach do 60-65%,
- temperatura przechowywanych nasion nie wyższa niż 25°C.



Penicyllium spp., *Cladosporium* spp., *Alternaria* spp. na nasionach rzepaku na pożywce PDA

5. Występowanie grzybów na nasionach rzepaku i ich znaczenie

5.1. Wstęp

Wszechstronne wykorzystanie nasion wymaga doskonałego jakościowo surowca. Jedną z przyczyn pogorszenia cech użytkowych nasion rzepaku są występujące na nich grzyby **patogeniczne i saprotroficzne.** Patogeniczne mogą wywoływać choroby na roślinach, które wyrosły z takich nasion. Saprotrofy to organizmy niebędące pasożytami, wykorzystujące martwą substancję organiczną jako pokarm (Kryczyński i in., 2002). Występują one na niewegetujących częściach roślin, między innymi na nasionach. Umownie dzieli się też grzyby na **polowe i przechowalnicze** (Tab. 5). Grzyby polowe zasiedlają nasiona podczas dojrzewania i zbioru. Do grupy tej należą grzyby, które wcześniej mogą być sprawcami chorób (Tab. 6). Źródłem infekcji nasion są kolejno porażone liście i łodygi, skąd

Tabela 5. Ważniejsze gatunki grzybów zasiedlające nasiona i ich orientacyjny podział (Jajor, 2006; Korniłłowicz-Kowalska, 2000; Majchrzak i in., 2002; Sadowski i in., 2005)

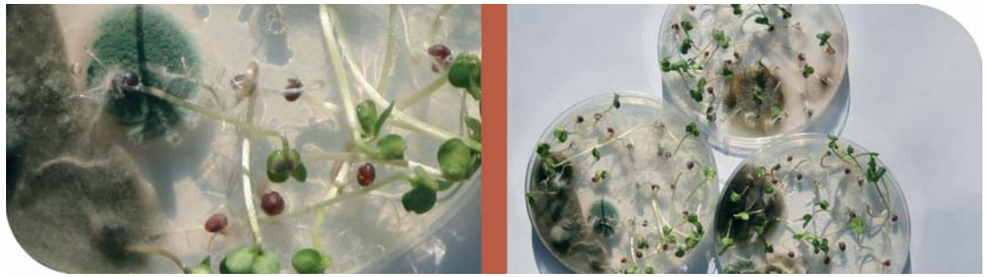
Grzyby polowe	grzyby patogeniczne	*A. brassicicola, A. brassicae, A. raphani, A. alternata, Botrytis cinerea, Fusarium* spp., *Phoma lingam, Sclerotina sclerotiorum, Cylindrosporium concentricum, Rhizoctonia solani, Bipolaris sorokiniana*
	grzyby saprotroficzne	*A. alternata, Epiccocum purpurescens, Cladosporium cladosporoides, C. herbarum, Fusarium* spp., *Stemphylium botryosum, Gonatobotrys simplex, Ulocladium botrytis, Trichothecium roseum*
Grzyby przechowalnicze	grzyby saprotroficzne	*Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Acremonium* spp., *Mucor* sp., *Rhizopus nigricans*

z kroplami deszczu i wiatrem zarodniki trafiają na łuszczyny w różnym etapie ich rozwoju. Niektóre gatunki grzybów mogą przerastać tkanki łuszczyn, a następnie porażać nasiona. Część grzybów z porażonych łuszczyn trafia na nasiona podczas omłotów. W następnej kolejności nasiona mogą być zasiedlane przez grzyby podczas czyszczenia i przechowywania. W tym przypadku wymienia się grzyby rodzajów m.in. *Aspergillus* i *Penicillium* (Tylkowska i in., 2007). Zasiedlone przez grzyby nasiona są nieodpowiednim surowcem i nie mogą być wykorzystywane do celów spożywczych. Gdy znajdą się w przetworzonym surowcu, pogarszają jakość wysokobiałkowych pasz – śruty poekstrakcyjnej i wytłoków rzepakowych. Ważniejsze gatunki i rodzaje grzybów, które identyfikowano na nasionach rzepaku, i ich przynależność do poszczególnych grup zawiera tabela 5. Podział na grupy grzybów polowych i przechowalniczych oraz saprotroficznych i patogenicznych nie jest ścisły i ostateczny.

Tabela 6. Wybrane grzyby zasiedlające nasiona rzepaku, choroby przez nie powodowane i metody ograniczania (opracowanie własne)

Gatunki	Choroba	Znaczenie gospodarcze*	Metody ograniczania podczas wegetacji
A. brassicae, A. brassicicola, A. alternata	Czerń krzyżowych	++	agrotechniczna, chemiczna (zaprawianie, opryskiwanie)
Phoma lingam (st. dosk. *Leptosphaeria* spp.)	Sucha zgnilizna kapustnych	+++	agrotechniczna, chemiczna (zaprawianie, opryskiwanie)
Sclerotina sclerotiorum	Zgnilizna twardzikowa	+++	agrotechniczna, chemiczna (opryskiwanie)
Botrytis cinerea (st. dosk. *Botryotinia fuckeliana*)	Szara pleśń	+	agrotechniczna, chemiczna (opryskiwanie)
Fusarium spp.; *Rhizoctonia solani* (st. dosk. *Thanatephorus cucumeris*) i in.	Zgorzel siewek	++	agrotechniczna, chemiczna (zaprawianie)
Cylindrosporium concentricum (st. dosk. *Pyrenopeziza brassicae*)	Cylindrosporioza roślin kapustnych	+	agrotechniczna, chemiczna (opryskiwanie)

** + małe; ++ średnie; +++ duże*



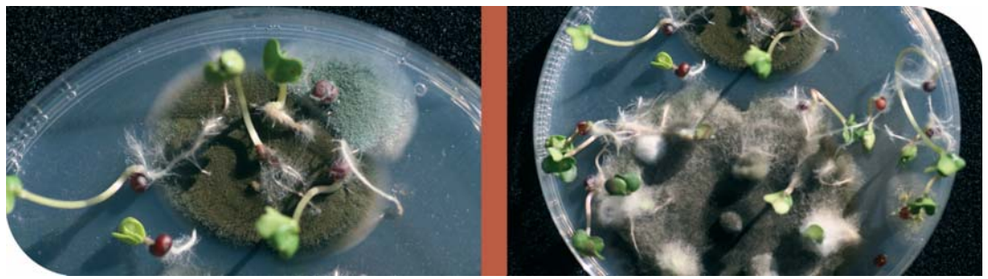
Fot. 7. Nasiona rzepaku zasiedlone przez grzyby

5.2. Występowanie grzybów

Grzyby zanieczyszczające nasiona rzepaku mogą występować na ich powierzchni, w okrywie nasiennej lub wewnątrz, np. w części zarodkowej (Fot. 7).

Powierzchnia nasion tylko z pozoru jest gładka, w rzeczywistości ich struktura jest nierówna, co ułatwia przyleganie do nich mikroorganizmów (Tylkowska i in. 2007).

Stosunkowo najliczniej występującymi na nasionach rzepaku gatunkami są grzyby rodzaju *Alternaria*, ale w różnych proporcjach (rys. 24, str. 60). Z nasion rzepaku wyosobnia się patogeniczne gatunki *A. brassicae* i *A. brassicicola* (Czyżewska 1958; Drozdowska i in. 2002; Sadowski i in. 2000). Jednak najczęściej wyodrębnianym gatunkiem z nasion jest *A. alternata*. Na nasionach rzepaku również bardzo licznie występują gatunki rodzaju *Cladosporium* i *Penicillium* (fot. 8). Pozostałe gatunki stanowią z reguły mniejszy udział w zasiedleniu nasion (np. *Phoma lingam, Botrytis cinerea, Fusarium* spp.). Porażone przez grzyby np. *Alternaria* spp. nasiona są pomarszczone i drobne, a na ich powierzchni mogą występować nekrozy i przebarwienia (Maude i Humpherson-Jones 1980; Tylkowska i in. 2007).



Fot. 8. *Penicyllium* spp., *Cladosporium* spp., *Alternaria* spp. na nasionach rzepaku na pożywce PDA

Fot. 9. Sclerocja grzyba *Sclerotinia sclerotiorum* często są bardzo podobne do nasion rzepaku.

Możliwość przetrwania grzybów na nasionach (tab. 7) zależy od ilości, lokalizacji i formy, w jakiej występują oraz od warunków przechowywania. Zaobserwowano, że dłuższą żywotność zachowują grzyby wytwarzające zarodniki o silnej pigmentacji (*Alternaria* spp.) i grubościenne oraz wytwarzające owocniki, takie jak acerwulusy i piknidia (*Phoma lingam*). Zmniejszona wilgotność powietrza i temperatura w przechowalni, korzystne dla nasion, niestety wpływają także na wydłużenie żywotności zasiedlających je grzybów i bakterii (Tylkowska i in. 2007). Powierzchniowe skażenie nasion przez *Alternaria* spp. istotnie zmniejsza się po 2 latach przechowywania w 10°C i 50% wilgotności, ale infekcja wewnętrzna przez te gatunki trwać może do 12 lat (Maude i Humpherson-Jones 1980). Odsetek porażonych nasion np. przez *B. cinerea* zwykle zmniejsza się stopniowo, wraz z wydłużaniem się okresu ich przechowywania (Brazauskiene i in. 2006). Zarodniki *Cylindrosporium concentricum* mogą przetrwać na magazynowanych nasionach ponad 10 miesięcy (Fiedorow i in. 2008).

Sclerotinia sclerotiorum przenosi się głównie za pomocą **sklerocjów** (przetrwalników) zanieczyszczających materiał siewny, ale niekiedy również w postaci grzybni przerastającej okrywę nasienną (Tylkowska i in. 2007). Przetrwalniki tworzą się licznie wewnątrz i na powierzchni porażonych łodyg oraz łuszczyn (fot. 9). Czarny kolor i owalny lub okrągły często kształt powodują, że są one bardzo podobne do nasion rzepaku. Ocena obecności grzybów ukrytych w postaci przetrwalników nie jest łatwa dla osób wykonujących ocenę przed skupem, ponieważ laboratoria są często ukierunkowane, aby poszukiwać nasion jedynie z wyraźnym nalotem grzybni (potocznie pleśni).

Tabela 7. Orientacyjny okres zachowania żywotności przez wybrane grzyby przenoszone z nasionami (Agarwal i Sinclair 1987; Tylkowska i in. 2007)

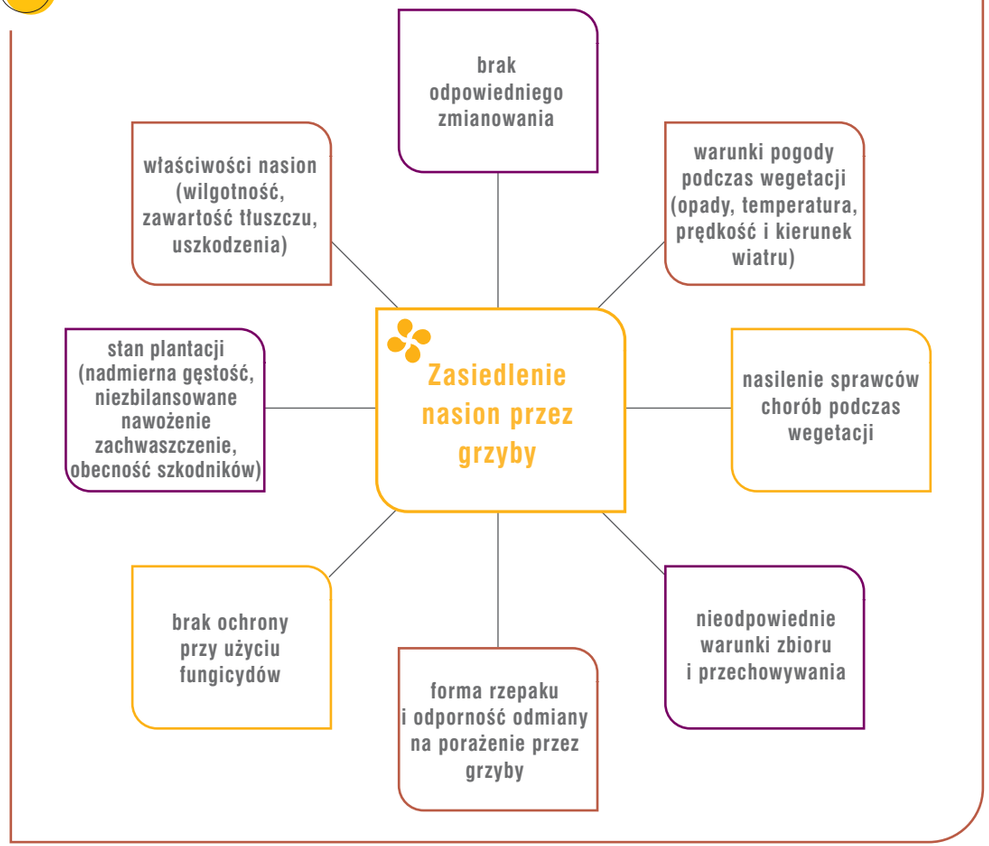
Grzyb	Żywotność (lata)
Alternaria alternata	6-10
Alternaria brassicicola	7
Botrytis cinerea	3,3
Fusarium spp.	2,3
Phoma spp.	5

Zagadnienie obecności grzybów w punkcie skupu, czy w miejscu ich magazynowania jest rozpoznawane bardziej szczegółowo. Obecne uregulowania umieszczają grzyby w 2% dopuszczalnego zanieczyszczenia nasion. Oznacza to, że stwierdzenie obecności grzybów (pleśni) na więcej niż 2% nasion może uniemożliwić skup lub pogorszyć jego warunki finansowe.

5.3. Czynniki wpływające na zasiedlenie nasion przez grzyby

Zasiedlenie nasion przez grzyby i ich rozwój zależy od szeregu uwarunkowań występujących zarówno podczas wegetacji, jak i w czasie zbioru oraz przechowywania (rys. 23). Ważnym elementem sprzyjającym porażeniu nasion przez grzyby jest udział rzepaku w strukturze

Rys. 23. Najważniejsze czynniki wpływające na zasiedlenie nasion przez grzyby



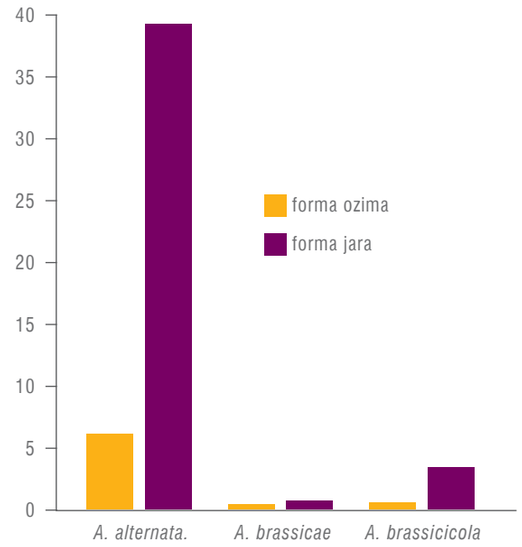
zasiewów. Ilość nasion zainfekowanych jest często wyższa ze stanowiska, gdzie rzepak uprawia się po rzepaku, w porównaniu do prawidłowego zmianowania. Zbyt częsty siew rzepaku na tym samym polu powoduje między innymi duże nagromadzenie przetrwalników np. sprawcy zgnilizny twardzikowej i szarej pleśni. Porażenie roślin na takim stanowisku jest znaczące i w związku z tym do zbiornika kombajnu z nasionami trafiają przetrwalniki wymienionych sprawców chorób.

Zasiedlenie nasion rzepaku przez grzyby zależy od warunków pogodowych panujących w czasie dojrzewania i zbioru nasion. Nasiona z sezonu, który obfitował w opady są często silnie zasiedlone przez grzyby. Należy je krótko przechowywać, ściśle przestrzegając przy tym parametrów przechowywania.

W sezonie obfitych deszczy nasiona można przechowywać krótko.

Duże nasilenie występowania sprawców chorób podczas wegetacji na liściach i łodygach, skutkuje często większym porażeniem łuszczyn, a następnie dużym odsetkiem nasion zasiedlonych przez grzyby. Dotyczy to zwłaszcza odmian o mniejszej odporności na porażenie przez grzyby chorobotwórcze. Nasiona odmian późnych, czyli o dłuższym okresie wegetacji i późniejszym terminie zbioru są w większym procencie porażane przez grzyby (Tylkowska i in. 2007). Nasiona rzepaku jarego zasiedlane są przez grzyby w istotnie wyższym stopniu niż nasiona odmian ozimych (rys. 24). Przechowując nasiona tej formy rzepaku starannie i częściej kontrolować należy stan przechowywanego materiału.

Rys. 24. Udział procentowy poszczególnych gatunków rodzaju *Alternaria* na formach rzepaku (Winna Góra; średnia z lat 2007-2009) (Jajor 2010)



Występowanie oraz rozwój grzybów w silosach i przechowalniach zależy od wilgotności i temperatury otoczenia oraz nasion, a także od ciśnienia panującego w komorze zbiornika i czasu ich składowania

(Korniłłowicz-Kowalska 2000; Tylkowska i in. 2007). Większe zagrożenie rozwojem grzybów i bakterii na nasionach rzepaku jest spowodowane przede wszystkim wilgotnością tych nasion oraz zawartością tłuszczu. Zachowanie wysokiej jakości mikrobiologicznej nasion rzepaku przeznaczonych do długiego przechowywania zapewnia tylko ich niska wilgotność, a idealna granica to 7%. Nasiona o wilgotności 9 % mogą być magazynowane pod szczególnymi warunkami, przestrzegając ściśle określonych rygorów jakościowych i kontrolnych (Tys 2005). Stwierdzano, że liczba jednostek propagacyjnych grzybów na nasionach rzepaku rośnie wraz ze wzrostem okresu ich przechowywania i osiąga maksimum po 6 miesiącach. Wzrostowi tej liczebności sprzyja podwyższenie wilgotności nasion z 6% do 11% oraz przechowywanie w komorze ciśnieniowej (300 kPa). Skład gatunkowy grzybów zmienia się w zależności od zróżnicowanego poziomu wilgotności i ciśnienia podczas przechowywania. Stopniowo, w czasie magazynowania, gatunki grzybów pochodzenia polowego są zastępowane przez gatunki typowo „przechowalniane" (Korniłłowicz-Kowalska 2000).

Nasiona przeznaczone do magazynowania nie powinny zawierać więcej niż 2% nasion uszkodzonych. W tym mieszczą się między innymi nasiona spleśniałe. Uszkodzone, niedokształcone, zielone (niedojrzałe), porośnięte i zanieczyszczone nasiona są bardziej narażone na zasiedlenie ich przez grzyby. Wszelkie uszkodzenia i zanieczyszczenia ułatwiają, bowiem penetracje tkanek przez drobnoustroje (Tys 2005).

5.4. Skutki zasiedlenia nasion przez grzyby

Skutki zasiedlenia nasion przez grzyby są zróżnicowane i odczuwane na różnych płaszczyznach. Do najważniejszych należą:

- ograniczenie kiełkowania nasion i wschodów roślin,
- choroby roślin,
- zmiana składu chemicznego nasion,
- właściwości alergenne,
- właściwości toksynotwórcze.

Porażenie łuszczyn, a następnie nasion powoduje **obniżoną ilość, masę i jakość nasion,** których część pozostaje zielona. Patogeniczny gatunek *A. brassicae* częściej izolowany jest z nasion zielonych (36%), niż z dojrzałych (4%) (Seidle i in. 1995). Olej z niedojrzałych, zielonych nasion charakteryzuje się niedostateczną jakością, przy tym nawet 2% domieszka zielonych nasion zmniejsza możliwy okres magazynowania oleju. Jest to jedna z przyczyn wzrostu kosztu produkcji oleju z takich nasion (Green i wsp. 1998). Pod wpływem zakażenia

przez *A. brassicae* i *A. raphani* dochodzi do redukcji zawartości białka i oleju w nasionach rzepaku (Degenhardt i in. 1974). Obniżenie zawartości tłuszczu i białka może być też skutkiem działalności enzymatycznej grzybów przechowalniczych (Tylkowska i in. 2007).

Mikotoksyny mają istotny wpływ na jakość nasion. Te toksyczne dla ludzi i zwierząt produkty metabolizmu komórkowego grzybów przemieszczają się do wewnętrznej części nasion i kumulują się w nich (Chełkowski 1985). Mają one złożoną budowę i są bardzo odporne na wysokie temperatury oraz działanie środków chemicznych. Kontakt z mikotoksynami może skutkować m.in. śmiercią embrionów, rakiem przełyku, krwotokami, biegunką, światłoczułością, spadkiem masy, zmianami w wątrobie i nerkach, śmiercią (Ostry 2008). Wpływ porażenia nasion rzepaku przez potencjalnie mikotoksynotwórcze grzyby, na jakość uzyskiwanych produktów spożywczych i pasz nie jest jeszcze w pełni poznany. Obecność mikotoksyn może stwarzać niebezpieczeństwo dla zwierząt żywionych paszami z dodatkiem resztek nasion, po wytłoczonym oleju (Sadowski i in. 2005).

Bardzo powszechnie występujący na nasionach gatunek *A. alternata* może produkować wiele szkodliwych związków (tab. 8). W nasionach rzepaku wykrywa się alternariol, eter monometylowy alternariolu oraz kwas tenuazonowy. Produkty te charakteryzują się toksycznością chroniczną (przewlekłą). Alternariol i eter monometylowy alternariolu mogą być produkowane również przez *A. brassicae* (Ostry 2008; Wickiel i in. 2010). W nasionach rzepaku wykrywa się także produkty metabolizmu innych rodzajów grzybów, tj. aflatoksyny, ochratoksynę A, deoksyniwalenol, zearalenon (tab. 8) (Brazauskiene i in. 2006; Tabuc i Stefan 2005). Ze względu na znaczenie dla zdrowia w krajach UE obowiązuje Rozporządzenie Komisji (WE) nr 466/2001 z 8 marca 2001 r. ustalającym najwyższe dopuszczalne poziomy dla niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych (Dz.U. L 077 z 16.3.2001 z póź. zm.), w którym uwzględniono między innymi mikotoksyny. Postanowienia Komisji (WE) nr 466/2001 w Polsce wprowadza w życie Ustawa z 25 sierpnia 2006 roku o bezpieczeństwie żywności i żywienia (Dz.U. 2006, nr 171, poz.1225). To rozporządzenie nie zawiera dopuszczalnych poziomów zawartości wszystkich mikotoksyn i odnosi się szczególnie do produktów zbożowych. Mówi ona o groźnych mikotoksynach, które mogą występować w surowcu przeznaczonym także na olej spożywczy. W odniesieniu, np. do aflatoksyny B_1 najwyższy dopuszczalny poziom w produktach zbożowych oraz w produktach ich przetworzenia przeznaczonych do bezpośredniego spożycia przez ludzi wynosi 2 μg/kg (suma aflatoksyn B_1, B_2, G_1, G_2, M_1 = 4μg/kg). Aflatoksyny są mikotoksynami wytwarzanymi przez niektóre gatunki *Aspergillus*, które rozwijają się przy wysokich temperaturach i dużej wilgotności. Są to rakotwórcze substancje i mogą występować

Tabela 8. Wybrane rodzaje toksynotwórczych grzybów i produkty ich metabolizmu (Horoszkiewicz-Janka i in. 2008)

Rodzaj	Przykłady mikotoksyn
Alternaria spp.	alternariol (AOH), eter monometylowy alternariolu (AME), kwas tenuazonowy (TeA), tentoksyna, altenuen (ALT), brefeldyna A, alterotoksyna I, II, III (ATX), radicina (RAD), radicinol
Penicillium spp.	ochratoksyna A, patulina, cytrynina, penitrem A, kwas cyklopiazonowy
Aspergillus spp.	aflatoksyny B_1, B_2, G_1, G_2, M_1, ochratoksyna A, sterigmatocystyna, kwas cyklopiazonowy
Fusarium spp.	deoksyniwalenol, toksyna T-2, toksyna HT-2, niwalenol, zearalenon, fumonizyny, moniliformina
Cladosporium spp.	cladosporin, emodin
Epicoccum sp.	epicorazina A&B , flavipin, indol-3-acetonitrilu

w żywności w znacznych ilościach. Dla tego typu związków nie ma wartości progowej, poniżej której nie obserwuje się szkodliwego oddziaływania. W przypadku wytwarzania mikotoksyn zwiększone zasiedlenie przez grzyby nie zawsze oznacza, że mikotoksyny muszą występować w wysokiej ilości i odwrotnie. Jest to głównie determinowane przez genotyp grzyba (Horoszkiewicz-Janka i in. 2010). Z uwagi na budowę chemiczną nasion rzepaku oznaczanie mikotoksyn jest trudnym procesem, co stwarza trudności w określeniu poziomu tych toksyn. W tabeli 8 przedstawiono najważniejsze toksynotwórcze rodzaje grzybów i produkty ich metabolizmu.

Często występujące na nasionach rzepaku grzyby rodzaju *Alternaria* i *Cladosporium* są ważnymi **alergenami.** Jest to szczególnie istotne dla producentów i technologów nasion (Tylkowska i in. 2007). Przechowywanie nasion rzepaku o wilgotności 11% przez 6 miesięcy może prowadzić do poważnego zagrożenia zdrowia pracowników magazynów spowodowane silnym rozwojem grzybów alergizujących i toksynogennych (Kornitłowicz-Kowalska i in. 2000).

Porażone nasiona mają mniejszą **zdolność kiełkowania.** Jest to bardzo ważne w odniesieniu do przechowywanego materiału siewnego. W następnym sezonie takie nasiona są źródłem infekcji dla wyrastających z nich siewek powodując zgorzele przed i powschodowe. Czerń krzyżowych występuje na siewkach wyrosłych z nasion zakażonych przez *A. brassicicola* lub *A. brassicae*. Infekcja siewek w większym stopniu skorelowana jest z wewnętrznym, niż powierzchniowym zakażeniem nasion (Maude i Humpherson-Jones 1980). Na szyjce korzeniowej chorych siewek wyrastających z zakażonych przez *Phoma lingam* nasion występuje poczernienie, tzw. „czarna nóżka", co skutkuje wypadaniem roślin (Fiedorow i in. 2008).

Z porażonych przez *Botrytis cinerea* nasion, część nie kiełkuje, pozostała daje chore, prędzej czy później, zamierające siewki. Grzyby rodzaju *Penicillium* i *Cladosporium* niekiedy mogą również mieć patogeniczny charakter w stosunku do siewek rzepaku (Czyżewska 1958).

Z nasionami może być przenoszona liczna grupa patogenów powodujących choroby w okresie wegetacji rzepaku, a są to m.in. sprawcy suchej zgnilizny kapustnych, zgnilizny twardzikowej, czerni krzyżowych, cylindrosporiozy (tab. 6, str. 56). Są to ważne czynniki, które powodują w czasie przechowywania pogorszenie jakości nasion przeznaczonych na materiał siewny. Taki materiał jest też źródłem chorób w nowych rejonach, gdzie są transportowane wraz z wymianą handlową.

5.5. Metody zapobiegania zasiedlaniu nasion przez grzyby

Do najważniejszych metod zapobiegających zasiedlaniu nasion przez grzyby należą:

Metody agrotechniczne

- właściwa struktura zasiewów,
- staranna uprawa gleby,
- izolacja przestrzenna od gatunków uprawnych z rodziny kapustowatych,
- optymalny termin, gęstość i głębokość siewu,
- zrównoważone nawożenie,
- optymalne warunki zbioru i przechowywania.

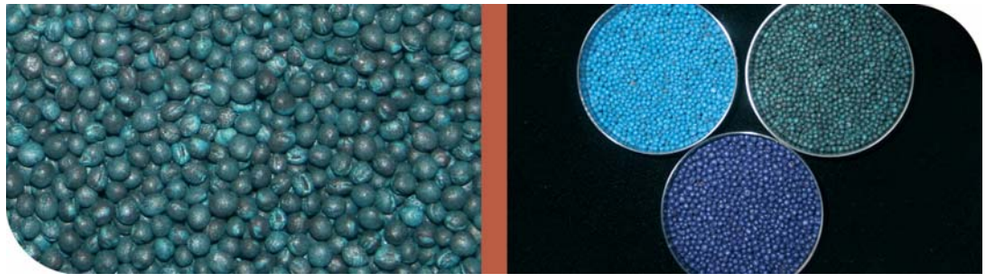
Metoda hodowlana

- uprawa odmian odpornych.

Ochrona chemiczna

- zaprawianie,
- oprysk przy użyciu fungicydów,
- zwalczanie chwastów i szkodników.

O dużym znaczeniu **metod agrotechnicznych** w ochronie zarówno ilości jak i jakości plonu wiadomo wiele. Metody te opisano szczegółowo, między innymi w poprzednich tomach (III cz. 1 i 2) serii „Teraz rzepak, Teraz olej". Na podkreślenie zasługuje kilka elementów, między innymi stosowanie: płodozmianu, nawozów naturalnych i organicznych oraz odpowiedniego terminu zbioru. Istotne jest też dobranie właściwych procesów technologicznych podczas zbioru, czyszczenia i suszenia nasion, aby ograniczyć możliwość uszkodzeń. Najważniejsze



Fot. 10. Zaprawiony materiał siewny pozwala zmniejszyć występowanie grzybów w czasie wegetacji

jest jednak, aby warunki przechowywania nasion nie sprzyjały rozwojowi grzybów pleśniowych.

Ochrona roślin rolniczych przed patogenami powinna polegać również na wykorzystaniu **odmian odpornych** lub tolerancyjnych na porażenie przez sprawców chorób. Nasiona z roślin, które podlegają podczas wegetacji mniejszej presji infekcyjnej, charakteryzują się lepszymi parametrami biologicznymi i chemicznymi.

Wybór odmiany i siew zaprawionych nasion daje szansę uzyskania zdrowego plonu.

Substancje aktywne zawarte w zaprawach ograniczają obecność patogenów na nasionach (Mrugas i Gwiazdowski 1998). **Zaprawa** nie tylko chroni kiełkujące nasiona, poprzez działanie systemiczne niektórych jej składników, zabezpiecza też roślinę w pierwszych tygodniach wzrostu (Fot. 4). Umożliwia to wschodzącym roślinom skiełkowanie, zakorzenienie się, wykształcenie dużych, zdrowych liścieni i pierwszych liści właściwych. **Ochrona chemiczna** podczas wegetacji jesienią (w fazie 6-8 liści) lub wiosną, w okresie wzrostu pędu, ale przede wszystkim w okresie kwitnienia jest często warunkiem uzyskania wysokiego, dobrej jakości plonu. Zastosowanie zabiegu powoduje ograniczenie porażenia roślin, a przez to zasiedlenia nasion przez grzyby. Plantacje należy prowadzić tak, aby przy zbiorze wszystkie nasiona w łuszczynach były dojrzałe i zdrowe. Przechowywanie nasion wolnych od patogenów jest dużo łatwiejsze i mniej ryzykowne.

Fot. 31. Trojszyk gryzący chrząszcz, larwa, wylinki i uszkodzone nasiona rzepaku (Olejarski)

6. Szkodniki w przechowywanym rzepaku i przygotowanie magazynu

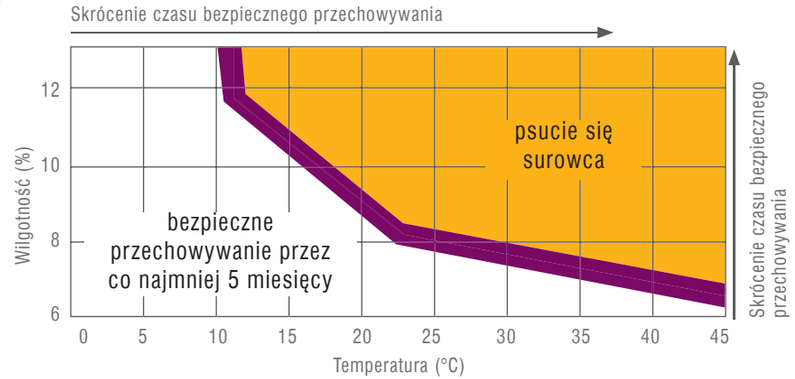
6.1. Wymagania w stosunku do surowca

Magazynowanie nasion rzepaku stawia znacznie większe wymagania co do warunków, czasu przechowywania i obiektów magazynowych, niż składowanie ziarna zbóż. Specyficzny skład nasion (ponad 40% tłuszczu) jest przyczyną ich szybkiego psucia się przy nie zachowaniu odpowiednich warunków przechowywania.

Najważniejszym czynnikiem decydującym o dobrym przechowywaniu jest wilgotność składowanych nasion (Rys. 25). Aby surowiec nie uległ zepsuciu nie powinna być ona niższa niż 5% ani wyższa niż 9%. Zalecana wilgotność względna powietrza w magazynie podczas przechowywania powinna wynosić od 30 do 70% (Niewiadomski 1983).

Na jakość magazynowanego surowca wpływają: wilgotność, temperatura, zanieczyszczenia oraz dojrzałość i zdrowotność nasion.

Rys. 25. Warunki bezpiecznego przechowywania nasion rzepaku w magazynie (Mills 1989).



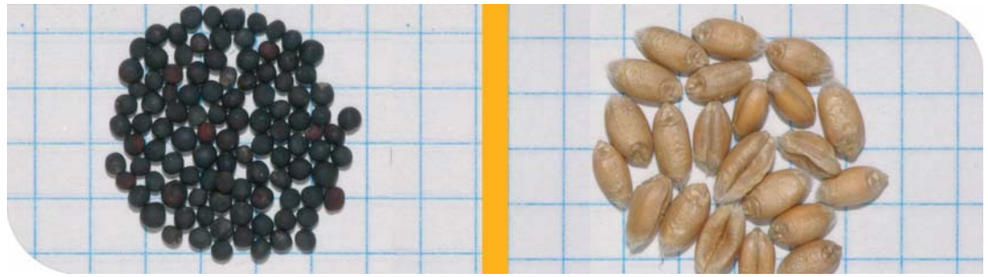
Należy pamiętać, że wilgotność składowanych nasion rzepaku nie jest jednolita i wyrównana w całym okresie przechowywania. Podlega różnym wahaniom w czasie w wyniku zachodzących w złożu nasion procesów dyfuzji i adsorpcji wody z powietrza przez nasiona, a także przez pochłanianie wody wydzielanej w trakcie oddychania nasion. W wierzchniej warstwie złoża wilgotność nasion może być znacznie wyższa niż w warstwach leżących głębiej.

Nasiona rzepaku bezpośrednio po zbiorze nie nadają się do długotrwałego magazynowania. Najpierw w jak najkrótszym czasie muszą być schłodzone, a następnie dosuszone, aby się nie zepsuły, co opisano szczegółowo w rozdziale 2 i 3. Dosuszanie ma istotny wpływ na jakość surowca i należy je prowadzić umiejętnie, aby nie uszkodzić i nie zniszczyć nasion (Kachel i in. 2005). Można to wykonać tylko w suszarniach ze sprawnym wymiennikiem ciepła. Uszkodzone w trakcie tego procesu nasiona, zbyt suche i w konsekwencji popękane szybciej się psują. Istotne jest wyrównanie nasion pod względem dojrzałości. Bardzo ważnym elementem bezpiecznego przechowywania nasion rzepaku jest również jak najdokładniejsze ich doczyszczenie przed zmagazynowaniem, zarówno z zanieczyszczeń organicznych jak i nieorganicznych. Całkowita ich zawartość nie powinna przekraczać 2%. Najbardziej istotne są zanieczyszczenia organiczne np.: zielone części roślin, nasiona chwastów, w tym przede wszystkim przytulii czepnej, której nasiona zbliżone są wielkością i kolorem do nasion rzepaku, a także żywe i martwe owady polowe. Niepożądane są również zanieczyszczenia sklerotami (sklerocjami) grzyba *Sclerotinia sclerotiorum*, które wielkością mogą być zbliżone do nasion rzepaku (Niewiadomski 1983). W celu dokładnego doczyszczenia nasion po zbiorze należy stosować kilka różnych metod.

6.2. Wybór magazynu i jego wyposażenie techniczne

Nasiona rzepaku można przechowywać zarówno w magazynach płaskich (podłogowe) jak i silosowych, co opisano już szczegółowo w rozdziale 4. Obiekty magazynowe muszą jednak spełniać określone wymagania techniczne, z których podstawowym jest zapewnienie odpowiednio niskiej temperatury i wilgotności składowanego surowca. Stąd konieczność zainstalowania w magazynie odpowiednio wydajnego systemu wentylacyjnego (wentylatory o dużej wydajności) i chłodniczego (agregaty do schładzania powietrza) (Janowicz 2004).

Nasiona rzepaku są znacznie mniejsze niż ziarniaki zbóż (Fot. 11) i wolne przestrzenie między nimi są bardzo małe, co znacząco utrudnia swobodny przepływ powietrza przez złoże. System wentylacji musi być zatem wielokrotnie bardziej wydajny niż w przypadku przechowywania ziarna zbóż i wraz z systemem chłodniczym musi umożliwiać w krótkim czasie przewietrzenie zmagazynowanych nasion oraz obniżenie ich temperatury do bezpiecznych zakresów.



Fot. 11. Nasiona rzepaku są znacznie mniejsze niż ziarniaki zbóż (Olejarski)

Złoże nasion rzepaku w magazynie jest bardziej podatne i wrażliwe na nawilżenie niż ziarno zbóż, stąd konieczność zwiększenia liczby czujników – urządzeń pomiarowo-kontrolnych (UPK) mierzących temperaturę i wilgotność składowanego surowca (patrz rozdział 4.7).

6.3. Przygotowanie magazynu do przechowywania nasion rzepaku

Przed zmagazynowaniem surowca zarówno magazyn jak i jego otoczenie należy odpowiednio przygotować, co wymaga podjęcia wielu różnych działań, w tym profilaktycznych, mających pośrednio zagwarantować bezpieczeństwo składowanych nasion. Należy przeprowadzić gruntowną lustrację i dokonać niezbędnych napraw.

W pierwszej kolejności z wnętrza magazynu należy usunąć wszelkie niepotrzebne przedmioty i sprzęt (Fot. 12). Następnie dokładnie zamieść i usunąć resztki nasion rzepaku z wcześniejszego sezonu magazynowego (lub ziarna, jeżeli było wcześniej magazynowane) (Fot. 13). Znacznie trudniej usunąć pozostałości nasion rzepaku niż ziarna zbóż. Są „tłuste", zawierają

Fot. 12. Nawet najmniejsze, niepotrzebne przedmioty i urządzenia muszą być usunięte z wnętrza magazynu aby nie przeszkadzały i nie dawały schronienia szkodnikom

Fot. 13. Przed zmagazynowaniem rzepaku wnętrze magazynu należy dokładnie posprzątać z resztek surowca składowanego w minionym sezonie

Fot. 14. Nasiona rzepaku są małe, owalne i trudno je usunąć z różnych zagłębień i szczelin w podłodze magazynu

bowiem znaczne ilości oleju, dlatego rozgniecione kleją się do podłoża, co utrudnia ich usunięcie. Na podłożu pozostają po nich tłuste plamy. Pozostawione resztki tłuszczu z czasem psują się (jełczeją). Poza tym nasiona rzepaku są małe i owalne, łatwo toczą się i wpadają do najmniejszych zagłębień, otworów i pęknięć, z których trudno je wydostać (Fot. 14). Są ciemno zabarwione (prawie czarne), co utrudnia ich wykrycie i dokładne usunięcie w czasie sprzątania magazynu.

Z gzymsów, elementów konstrukcyjnych, transportowych (zasyp, przenośniki, itp.) oraz z miejsc trudno dostępnych np. pod maszynami, należy dokładnie usunąć kurz, pajęczyny i inne zanieczyszczenia (Fot. 15,1, 15,2, 15,3). Cały magazyn dokładnie doczyścić, najlepiej przy pomocy odkurzacza, zwracając szczególną uwagę na wszelkie pęknięcia i szczeliny, w których oprócz różnych zanieczyszczeń mogą tkwić pojedyncze nasiona. Szczególnie dokładnie należy doczyścić system rozprowadzający powietrze.

Zebrane w trakcie sprzątania zanieczyszczenia i zmiotki (Fot. 16) powinno się skontrolować na obecność martwych i żywych szkodników, wylinek, przędzy, odchodów, itp. Po ich stwierdzeniu, w miarę możliwości oznaczyć do gatunku. Z jednej strony jest to ważna informacja mówiąca o obecności szkodników, z drugiej dająca możliwość ich skuteczniejszej eliminacji w przyszłości, co jest także bardzo ważne dla firm wykonujących zabiegi zwalczania.

Po posprzątaniu należy obejrzeć powierzchnię ścian i podłóg magazynu w poszukiwaniu ewentualnych uszkodzeń, a także sprawdzić stan techniczny zamontowanych w nim urządzeń. Wszelkie ubytki, pęknięcia, szczeliny itp. należy wypełnić trwałą zaprawą.

Fot. 15.1, 15.2, 15.3 Przed zmagazynowaniem surowca z wnętrza magazynu należy dokładnie usunąć kurz, pajęczyny i inne zanieczyszczenia

Fot. 16. Zebrane w trakcie sprzątania magazynu zmiotki powinny być skontrolowane na obecność szkodników magazynowych

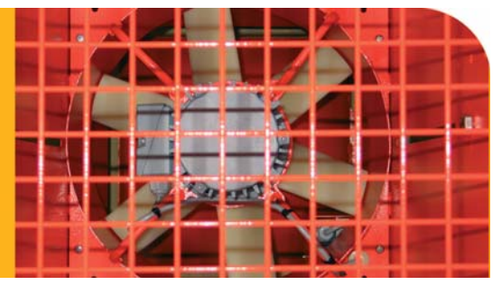
Fot. 17. Ogniska korozji poszycia silosów stalowych mogą być przyczyną poważnych strat surowca

W silosach wykonanych z blachy należy dokładnie skontrolować poszycie na obecność dziur i ognisk korozji (Fot. 17). Wszelkie uszkodzenia trzeba naprawić, a zniszczone elementy wymienić na nowe.

Magazyn zarówno płaski jak i silosowy powinien być dobrze odizolowany od dostępu wilgoci przenikającej z gruntu (izolacja fundamentów, odwodnienia, itp.), a także tej z opadów atmosferycznych (deszcz, śnieg). Nieszczelności i nieprawidłowości należy niezwłocznie usunąć (Fot. 18). Zewnętrzne ściany magazynu powinny być pomalowane na jasny kolor. Ogranicza to nagrzewanie ich i zgromadzonego surowca, a tym samym zmniejsza niekontrolowany ruch wody wewnątrz magazynowanego złoża nasion.

Przed zmagazynowaniem nasion rzepaku koniecznie należy sprawdzić działanie wszystkich urządzeń magazynowych np.: wentylatorów, urządzeń schładzających powietrze, urządzeń pomiarowo-kontrolnych i przeprowadzić potrzebne naprawy, regulacje oraz kalibracje. Dotyczy to także urządzeń takich jak np.: czyszczalnie, wialnie, suszarnie, przenośniki oraz urządzenia odpylające pomieszczenia i maszyny (aspiracja). Wszystkie osłony elementów ruchomych i napędowych urządzeń muszą być naprawione lub wymienione na nowe (Fot. 19). Urządzenia

Fot. 18. Nieodpowiednia lub brak izolacji przeciwwilgociowej magazynów jest przyczyną znacznych strat w surowcu



Fot. 19. Ruchome elementy urządzeń i maszyn powinny być odpowiednio zabezpieczone i osłonięte

Fot. 20. Niesprawna lub niewłaściwie zabezpieczona instalacja elektryczna może zagrażać bezpieczeństwu ludzi i przechowywanym surowcom

Fot. 21. Otwory wentylacyjne i kanały istniejące w magazynie powinny być odpowiednio zabezpieczone np. mocną siatką uniemożliwiającą przedostawanie się gryzoni

i maszyny powinny być użytkowane tylko zgodnie ze swoim przeznaczeniem. W magazynie należy także skontrolować, a jeżeli jest taka potrzeba, naprawić instalację elektryczną (Fot. 20). Przewody elektryczne muszą być osłonięte i zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi, przełączniki i lampy oświetleniowe sprawne i o nie uszkodzonej obudowie (konstrukcja pyłoszczelna i/lub wodoszczelna) (Bulsiewicz i in. 1975).

W obiektach adaptowanych na potrzeby magazynowania nasion rzepaku należy sprawdzić, czy istniejący system wentylacyjny umożliwia sprawną i wydajną wentylację, dostosowaną do wymogów bezpiecznego magazynowania.

Istniejący w magazynie system rozprowadzający powietrze powinien być odpowiednio zabezpieczony, np. przez okrycie materiałem o gęstym splocie. Zapobiega to przedostawaniu się do jego wnętrza, w czasie magazynowania drobnych nasion rzepaku. Zabezpiecza to przed powstaniem niedrożności, ograniczeniem przepływu powietrza i w skrajnym przypadku zapchaniem się systemu.

Magazyn musi być odpowiednio szczelny, aby nie przedostawały się z najbliższego otoczenia do jego wnętrza szkodniki. Otwory wentylacyjne i różnego rodzaju kanały istniejące w ma-

Fot. 22. Przez nieszczelności w drzwiach i oknach przedostają się w niekontrolowany sposób do wnętrza magazynu różne szkodniki

Fot. 23. Karmniki deratyzacyjne umożliwiają monitorowanie obecności gryzoni na zewnątrz magazynu

Fot. 24. Ptaki i gryzonie pozostawiają po sobie w magazynie odchody, co może być przyczyną zanieczyszczenia surowca

Fot. 25. Ptaki przesiadują na najwyższych budynkach skąd wypatrują pożywienia jakim może być rozsypany wokół magazynów i nie sprzątnięty surowiec

gazynie muszą być osłonięte siatką o drobnych oczkach (Fot. 21). Okna muszą być oszklone i osłonięte siatką, a drewniane drzwi, szczelne i obite stalową blachą. W magazynach płaskich drzwi można dodatkowo osłonić kurtyną np. z plastikowych pasków. Wszelkie włazy i drzwi muszą być sprawne i szczelnie zamykane. W magazynach płaskich ściany murowane należy pobielić wapnem, które działa odkażająco, po czym dobrze dosuszyć wnętrze obiektu.

Magazyn musi być dobrze zabezpieczony przed przedostawaniem się do jego wnętrza ptaków i gryzoni (Fot. 22). Myszy potrafią przecisnąć się już przez szczelinę o szerokości około 0,6 cm, a szczury przez szczelinę o szerokości około 1,3 cm. Wprawdzie gryzonie nie powodują znaczących strat w surowcu jakim są nasiona rzepaku, ale przyczyniają się do uszkodzeń elementów konstrukcyjnych magazynu. Wygryzają otwory w różnych materiałach (beton i stal nie jest żadnym problemem) i przegryzają instalację elektryczną. W celu ich wyeliminowania, na zewnątrz magazynu należy stosować, najlepiej po konsultacji z firmą DDD (dezynfekcja, dezynsekcja, deratyzacja) (o ile nie zlecono takiej usługi) tzw. karmniki deratyzacyjne (Fot. 23), a wewnątrz magazynów płaskich pułapki żywołowne i tzw. łapki. W bezpośrednim sąsiedztwie nasion nie należy stosować żadnych chemicznych środków bójczych (tzw. trutek), aby nie skazić składowanego surowca. Gryzonie i ptaki wydalają odchody (Fot. 24), które mogą zanieczyszczać surowiec, a także być ogniskami korozji elementów stalowych. Przez powstałe uszkodzenia (otwory) mogą wypadać nasiona. Może także przedostawać się woda z opadów i podsiąkająca z gruntu. Szkodniki te rozrzucają i rozdeptują surowiec, mogą również przenosić na swych ciałach np. roztocze. Na bieżąco należy sprzątać otoczenie magazynów z rozsypanego surowca, aby nie zwabiało szkodników, szczególnie ptaków. Siadają one na najwyższych budynkach, skąd obserwują teren w poszukiwaniu pożywienia (Fot. 25). W celu uniemożliwienia im tego, na dachach należy montować specjalne systemy odstraszające (np. siatki i kolce) (Fot. 26).

Fot. 26. Aby zniechęcić ptaki do siadania na budynkach należy montować specjalne kolce i siatki

Fot. 27. Z najbliższego otoczenia magazynu powinny być usunięte niepotrzebne przedmioty i urządzenia

Do pomieszczeń w magazynach płaskich nie wolno wpuszczać kotów, które rozdeptują i rozsypują surowiec, a także zanieczyszczają go odchodami.

Jeżeli w sezonie poprzednim stwierdzano w magazynie i surowcu szkodniki, na około dwa tygodnie przed zmagazynowaniem nasion należy wykonać zabieg chemicznego zwalczania. Szkodniki magazynowe są bardzo odporne na głód i przez długi czas mogą żyć bez pożywienia. Nie zwalczone przed zmagazynowaniem surowca są przyczyną późniejszych strat.

Przygotowując się do przechowywania nasion rzepaku należy także zadbać o otoczenie magazynu. W pierwszej kolejności, z najbliższego sąsiedztwa usunąć wszystkie niepotrzebne przedmioty i urządzenia (Fot. 27), które mogą być miejscem schronienia dla szkodników i ułatwiać im przedostawanie się niepostrzeżenie do obiektu. Dotyczy to także wszelkiej roślinności (trawa, krzewy, drzewa). Poza tym niepotrzebne przedmioty, urządzenia i roślinność mogą ograniczać swobodny ruch powietrza wokół magazynu powodując lokalny wzrost jego wilgotności. Z otoczenia magazynu należy usunąć także wszelkie drobne przedmioty jak np.: kontenery, pojemniki, puszki i garnki, w których może gromadzić się woda, a z której mogą korzystać szkodniki (np. gryzonie i ptaki). Teren wokół obiektu powinien być oświetlony, wyrównany, utwardzony i dobrze zdrenowany, aby nie tworzyły się zastoiska wody (Fot. 28). Woda deszczowa zbierająca się z dachu powinna być odprowadzana do kanalizacji deszczowej lub jak najdalej od magazynu. Także ukształtowanie terenu powinno umożliwiać swobodny spływ powierzchniowy od magazynu. W ten sposób ogranicza się zastoiska wody i zjawisko podsiąkania przez fundamenty do wnętrza magazynu. Przyziemie wokół budynków powinno być więc wybetonowane lub wyrównane na szerokości około 1 m lub większej. Ułatwia to później monitoring szkodników przedostających się z najbliższego otoczenia do wnętrza magazynu. Zewnętrzne ściany magazynu podobnie jak wewnętrzne powinny być gładkie, bez szczelin i pęknięć, w których mógłby gromadzić się kurz, zanieczyszczenia i ukrywać niektóre szkodniki.

Fot. 28. Teren wokół pomieszczeń magazynowych powinien być oświetlony, wyrównany, utwardzony i dobrze zdrenowany

6.4. Szkodniki magazynowe

Rolnicy magazynujący ziarno zbóż dobrze wiedzą o zagrożeniach jakie niosą ze sobą szkodniki magazynowe jak roztocze i owady występujące i żerujące w składowanych zbożach. Wiedza na temat szkodników, które mogą żerować na zmagazynowanym rzepaku jest jeszcze dość mała. W powszechnej opinii nasiona tego surowca nie stanowią dla nich odpowiedniego źródła pokarmu. Osłonięte są przecież stosunkowo twardą okrywą owocowo-nasienną, mają specyficzny skład (wysoka zawartość oleju, mogą zawierać glukozynolany, kwas erukowy), co powinno skutecznie uniemożliwiać żerowanie, a tym bardziej rozwój szkodników magazynowych. Tymczasem roztocze i owady w toku swojej ewolucji bardzo dobrze przystosowały się do różnych warunków. W niesprzyjających do rozwoju mogą zapadać w diapauzę (stan życia utajonego charakteryzujący się spowolnieniem większości procesów życiowych), są odporne na długotrwały brak pożywienia i szybko adaptują się do żerowania na bardzo różnych, czasami bardzo odmiennych pokarmach (polifagizm). Ocenia się, że trwa to już przeszło 10 000 lat, czyli mniej więcej od początków magazynowania przez człowieka płodów rolnych (Mueller 1998, Rees 2004).

Niektóre szkodniki magazynowe w sprzyjających warunkach mogą żerować na nasionach rzepaku, a nawet rozwijać się wydając pokolenia potomne. Są wśród nich zarówno roztocze jak i owady. Sprzyjają temu: nadmierna wilgotność nasion (są bardziej miękkie), zbyt mała wilgotność nasion poniżej 5% (są bardziej kruche i podatne na pękanie), obecność nasion niedojrzałych, uszkodzonych, zapleśniałych, a także zanieczyszczeń szczególnie organicznych. Występowaniu szkodników sprzyja także w znacznym stopniu przemienne magazynowanie nasion rzepaku i ziarna zbóż.

Szkodniki magazynowe (roztocze i owady) powodują dwojakiego rodzaju straty. Straty bezpośrednie – polegające na ubytku magazynowanego surowca w wyniku żerowania i pośrednie – bo ich obecność i żerowanie wpływa na pogorszenie się pozostałej jego części. Żerując uszkadzają w pierwszej kolejności zarodek, który jest najbardziej zasobną w składniki odżyw-

cze i najbardziej uwilgotnioną, a przez to najbardziej miękką częścią nasion. Ponadto szkodniki zanieczyszczają surowiec wylinkami, wydzielinami, wydalinami i martwymi osobnikami, a pośrednio wpływają na zwiększenie wilgotności i zainicjowanie lub przyspieszenie procesu samonagrzewania się zmagazynowanego surowca. Ponadto mogą być źródłem i wektorem infekcji mikroorganizmami znajdującymi się na ich ciele oraz w odchodach (Hudson i in. 1991).

Szkodniki w zmagazynowanym złożu rzepaku występują zwykle tylko w jego wierzchniej warstwie, w przeciwieństwie do szkodników zasiedlających składowane zboża, które mogą przebywać w różnych miejscach pryzmy. Spowodowane to jest między innymi tym, że wolne przestrzenie między nasionami rzepaku są znacznie mniejsze niż między ziarniakami zbóż, co znacznie utrudnia przemieszczanie się owadów – szkodników magazynowych w głębsze partie złoża. Dla mikroskopijnych roztoczy nie jest to jednak przeszkodą. Ponadto wierzchnia warstwa złoża ma zwykle znacznie wyższą temperaturę niż warstwy leżące głębiej (Barker 1998). W trakcie zasypywania nasion do magazynu zwykle gromadzi się tam także większość zanieczyszczeń (część gromadzi się także przy ścianach magazynu). W warstwie wierzchniej szkodniki żerują na nasionach chwastów i fragmentach roślin oraz na uszkodzonych, porośniętych, niedojrzałych i zapleśniałych nasionach rzepaku (Canola Production Handbook 2007).

Nieodpowiednie warunki przechowywania mogą sprzyjać pojawianiu się niektórych szkodników. Zawilgocenie surowca i w konsekwencji rozwój pleśni może oddziaływać przywabiająco na roztocze magazynowe i niektóre owady – szkodniki magazynowe jak: *Ahasverus advena* (Waltl.) czy gryzki odżywiające się właśnie strzępkami grzybów pleśniowych (Mallis 2004). Obecność tych szkodników świadczy o złych warunkach przechowywania surowca i prawdopodobnie także o powstałych już znacznych i nieodwracalnych stratach. Wzrost wilgotności sprzyja bujnemu rozwojowi roztoczy, co wpływa na skrócenie czasu bezpiecznego przechowywania surowca (Tab. 9).

Fot. 29. Mikroskopijnych rozmiarów roztocze mogą spowodować znaczne straty w rzepaku

Spośród szkodników największe szkody powodują **roztocze (rozkruszki)** (Fot. 29). Należą one do pajęczaków i są to najmniejsze i najczęściej występujące w magazynach szkodniki. Są kuliste lub owalne, mają do 1 mm długości. Ciała ich porastają liczne włoski i szczecinki różnej długości.

Tabela 9. Maksymalny czas przechowywania nasion rzepaku (w dniach) bez widocznych oznak rozwoju roztoczy (zbrylenia nasion) (Burrell i in. 1980)

Wilgotność początkowa nasion (%)	Temperatura (°C)				
	25	20	15	10	5
	Czas bezpiecznego przechowywania nasion rzepaku (dni)				
17	4	4	6	11	20
15,6	4	6	6	11	28
13,7	4	6	11	20	46
12,3	8	6	18	25	109
10,6	11	18	42	42	238
8,9	23	48	116	279	>300
6,7	69	180	>300	>300	>300

Z umieszczonych na grzbiecie gruczołów olejowych wydzielają toksyczne substancje nadające zmagazynowanym surowcom nieprzyjemny i specyficzny zapach. Wyczuwalny jest on po wejściu do magazynu już przy liczebności 200-500 roztoczy w 1 kg surowca (Mills 1989, Boczek i Czajkowska 2003). Ze względu na niewielkie rozmiary są bardzo trudne do wykrycia, a ich obecność stwierdza się dopiero w badaniach mikroskopowych. Mają 4 pary odnóży, co odróżnia je od owadów, które mają tylko 3 pary odnóży. Roztocze są wytrzymałe na głód i niską temperaturę, co pozwala im przetrwać niekorzystne warunki nawet przez kilka lat. Mogą rozwijać się już w stosunkowo niskich temperaturach. U niektórych gatunków w odpowiedzi na nieodpowiednie warunki środowiska, nieodpowiedni pokarm lub jego brak pojawia się specyficzne stadium rozwojowe tzw. hypopus, swego rodzaju forma przetrwalnikowa (Tab. 10) (Gołębiowska i Nawrot 1976). W tym stadium roztocze są bardzo odporne na stosowane chemiczne środki ochrony roślin zarówno kontaktowe jak i gazowe. Roztocze są bardzo trudne do całkowitej eliminacji. Niektóre gatunki mogą być zawlekane z pola do magazynu wraz z surowcem. Do życia potrzebują znacznie większej wilgotności powietrza niż owady i przebywają w miejscach zawilgoconych i w tych, w których rozwijają się grzyby pleśniowe, na których mogą żerować. W wysokiej temperaturze i wysokiej wilgotności względnej powietrza intensywnie się rozwijają. W wysokiej temperaturze i niskiej wilgotności zazwyczaj szybko giną. Ilość pokoleń w roku jest ściśle uzależniona od panujących warunków (Boczek i Czajkowska 2003, Oilseed rape 2009).

Jak wynika z przeprowadzonych w Wielkiej Brytanii badań, w wierzchniej warstwie złoża

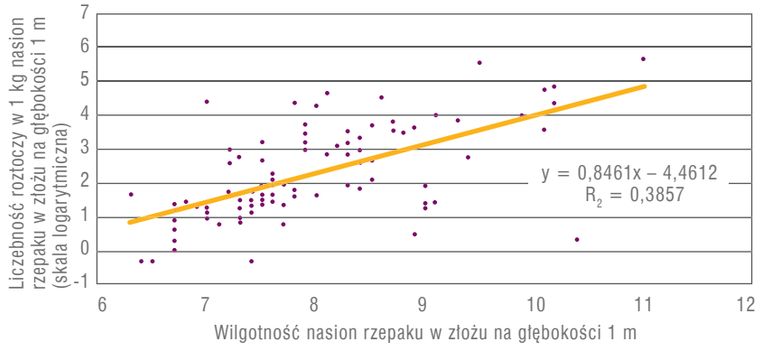
Tabela 10. Warunki ekologiczne występowania roztoczy (*Acarina*) w magazynach (Gołębiowska i Nawrot 1976)

Gatunek	Minimalna		W warunkach optymalnych		Obecność hypopusów	Środowisko naturalne
	temperatura (°C)	Wilgotność (%)	płodność (sztuk jaj)	czas rozwoju (dni)		
Rozkruszek polowo-magazynowy	3	74	110	11	+	pole i magazyn
Rozkruszek mączny	3	65	230	10	wyjątkowo	magazyn
Roztoczek suszowy	3	60	278	9	+	magazyn i ule
Sierposz roz-kruszkowiec	8	55	70	10	-	magazyn
Roztoczek owłosiony	5	60	70	20	+	magazyn
Roztoczek domowy	8	70	80	21	+	magazyn i mieszkania
Roztoczek brunatny	8	75	30	21	-	magazyn
Rozkruszek korzeniowy	4	78	400	21	+	pole i magazyn
Rozkruszek wydłużony	9	72	200	22	-	magazyn
Rozkruszek drobny	8	70	310	10	-	magazyn

populacja roztoczy jest zwykle najliczniejsza, co związane jest z wyższą wilgotnością. I tak np. w przypadku magazynowania nasion rzepaku o wilgotności 9% w wierzchniej warstwie złoża wilgotność może osiągnąć poziom 13%, a liczebność roztoczy wzrosnąć do ponad 10 000 w 1 kg nasion. W przypadku magazynowania nasion o wilgotności 7% wilgotność wierzchniej warstwy może osiągnąć 11%, a liczebność roztoczy osiągnie tylko kilka tysięcy osobników w 1 kg nasion. W warstwie nasion o wilgotności 7% liczebność roztoczy nie przekracza 100 osobników na 1 kg nasion (Rys. 26) (Drying and storing 2005).

Najczęściej stwierdzanym roztoczem w magazynowanym rzepaku jest **rozkruszek mączny** o owalnym ciele mlecznobiałego koloru z odcieniem brązowym, długości około 0,5 mm. Rozwój jego możliwy jest w zakresie temperatur 3-31°C. Przy licznej obecności szkodnika surowiec nabiera wyraźnego specyficznego zapachu. Rozkruszek może żerować na strzępkach

Rys. 26. Liczebność roztoczy występujących na głębokości 1 m w złożu w zależności od wilgotności zmagazynowanych nasion rzepaku Wyraźny gwałtowny wzrost liczebności roztoczy obserwowany jest powyżej 7,5 % wilgotności (Drying and storing 2005).



grzybów z rodzaju *Aspergilus* i *Alternaria*. W sprzyjających warunkach w ciągu roku może pojawić się bardzo wiele pokoleń potomnych. Długość życia dorosłych zależy od warunków środowiskowych i płci. W temperaturze 28°C dorosłe żyją około 1 miesiąca, a w temperaturze 0°C nawet do 1,5 roku (Boczek i Czajkowska 2003).

Spośród owadów – szkodników magazynowych na zmagazynowanych nasionach rzepaku występuje kilka gatunków. Są to: spichrzel orzechowiec, spichrzel surynamski, trojszyk gryzący, trojszyk ulec, rozpłaszczyk rdzawy, skórek zbożowy, *Trogoderma variabile*, gryzki, a także niektóre z gatunków motyli magazynowych (Sinha 1972, Barker 1998, Rees 1999, Caddick 2000, Caddick 2002, Rees 2003, CPC 2007, Olejarski 2011).

Spichrzele (spichrzel surynamski i spichrzel orzechowiec) to niewielkie brązowe lub ciemnobrązowe chrząszcze długości do 3,5 mm (Fot. 30). Można je rozpoznać po 6 wyraźnych ząbkach znajdujących się po każdej stronie przedplecza (środkowy fragment ciała). W tym

Fot. 30. Spichrzel surynamski to niewielki chrząszcz żerujący na nasionach rzepaku

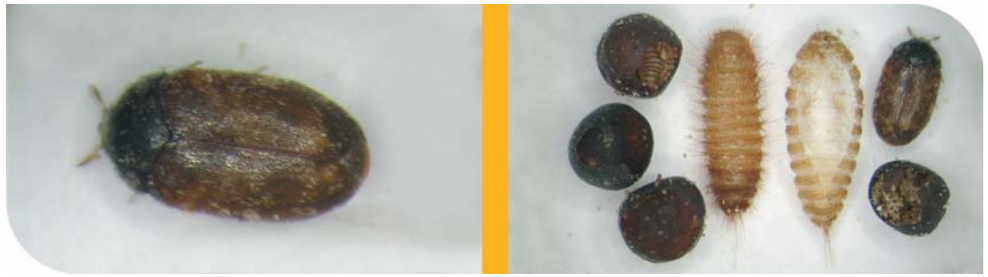
Fot. 32. Trojszyka ulca i trojszyka gryzącego można łatwo odróżnić po odmiennej budowie czułków

celu ze względu na niewielki wymiary szkodnika należy użyć szkła powiększającego lub lupy. Chrząszcze mają dobrze rozwinięte skrzydła, ale nie latają. Podrażnione kurczą odnóża i leżą nieruchomo udając martwe. Szkody powodują zarówno żerujące chrząszcze jak i larwy. Larwy są żółtobiałe i dorastają do 3 mm długości. Chrząszcze żyją do 2 lat.

Trojszyki (trojszyk gryzący i trojszyk ulec) to rdzawobrązowe chrząszcze długości do 5 mm (Fot. 31, str. 66). Choć mają skrzydła praktycznie nie latają. Można je łatwo rozpoznać (Fot. 32) i odróżnić spośród innych szkodników magazynowych. Podrażnione wydzielają benzochinony (2-metylo-p-benzochinon i 2-etylo-p-benzochinon) – lotne związki o nieprzyjemnym ostrym zapachu i gorzkim smaku. Przy bardzo dużej liczebności chrząszczy zapach ten może pozostawać trwale w surowcu i produktach finalnych. Szkody powodują zarówno żerujące chrząszcze jak i larwy (Fot. 33). Larwy są białożółte i dorastają do około 7 mm długości. Chrząszcze i larwy unikają miejsc oświetlonych. Trojszyki mogą rozwijać się w bardzo niskiej wilgotności względnej powietrza. Nie są odporne jednak na działanie niskich temperatur w dłuższym okresie czasu. Temperaturą krytyczną np. dla trojszyka ulca jest 7°C. Mogą jednak przetrwać okres zimy w nie ogrzewanych magazynach. Chrząszcze żyją około 2 lat.

Fot. 33. Nasiona rzepaku uszkodzone przez trojszyka ulca (widoczne wylinki po larwach szkodnika)

Rozpłaszczyk rdzawy to rdzawobrązowy chrząszcz długości zaledwie 1,5-2,5 mm. Szkody powodują zarówno żerujące chrząszcze jak i larwy. Larwy są żółtobiałe i dorastają do 3 mm długości. Larwy jak i chrząszcze są wytrzymałe na niską temperaturę i w magazynach nie ogrzewanych przeżywają zimę. Chrząszcze żyją około 1 roku.



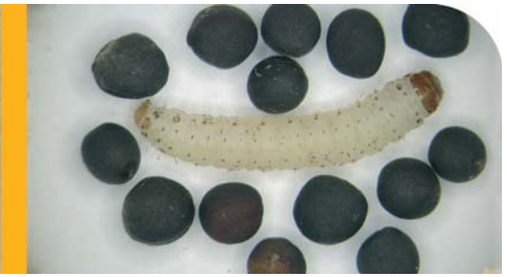
Fot. 34. Skórek zbożowy: chrząszcz, larwa, wylinka i uszkodzone nasiona rzepaku

Skórek zbożowy i ***Trogoderma variabile*** są podobne. Chrząszcze skórka są rdzawobrunatne z nieregularnymi plamkami (Fot. 34), a *Trogoderma variabile* czarnobrązowe lub czarne z 3 czerwonobrązowymi, złotymi lub szarymi, nieregularnymi liniami w poprzek pokryw. Są długości 1,5-3,0 mm. Chrząszcze skórka zbożowego chociaż mają skrzydła nie latają w przeciwieństwie do chrząszczy *Trogoderma variabile*. Larwy skórka zbożowego są żółte, a *Trogoderma variabile* ciemnobrązowe. Ich ciała pokryte są licznymi szczecinkami, które łatwo odłamują się przy dotknięciu. Na odwłoku znajduje się pęczek łamliwych włosków. Dorastają do 6 mm długości. Szkody powodują tylko żerujące larwy. Niszczą całkowicie nasiona pozostawiając znaczną ilość pyłu i odchodów. Przepoczwarczają się zawsze na powierzchni surowca, w wyniku czego po jakimś czasie pokrywa go gruby kożuch wylinek (Fot. 35). Odporne są też na niską temperaturę. Larwy skórka zbożowego mogą przetrwać w odrętwieniu nawet minus 10°C. W temperaturze +15°C mogą przeżyć wiele miesięcy. Oba gatunki są bardzo odporne na niską wilgotność względną powietrza i brak pokarmu. W nie sprzyjających warunkach mogą zapadać w diapauzę. Całkowita eliminacja szkodników jest bardzo trudna, szczególnie chrząszczy *Trogoderma variabile*, które mogą przelatywać z magazynu do magazynu. Chrząszcze żyją krótko, do kilkunastu dni i zwykle nie pobierają pokarmu.

Fot. 35. Obecność skórka zbożowego można stwierdzić po licznych wylinkach na powierzchni zmagazynowanego surowca

Gryzki czyli psotniki to niewielkie owady o ciele długości 1,5-2 mm. Mają bardzo zróżnicowany wygląd. Zwykle dużą głowę, długie czułki i wypukłe oczy, krótki tułów i duży odwłok. Ubarwione są żółto, szaro lub ciemnobrązowo. Niektóre gatunki mają skrzydła chociaż nie

Fot. 36. Motyl mklika mącznego jest szary i niepozorny



Fot. 37. Larwy motyli magazynowych dorastają do stosunkowo dużych rozmiarów i dobrze widoczne są wśród nasion rzepaku

latają, inne są bezskrzydłe lub mają skrzydła zredukowane do drobnych łusek. Większość gatunków żyje w środowisku naturalnym, a tylko niektóre przystosowały się do życia w pomieszczeniach zamkniętych. Występują w miejscach ciepłych i wilgotnych, w których rozwijają się grzyby pleśniowe stanowiące ich główny pokarm. Dorosłe żyją około 6 miesięcy.

Mklik mączny to motyl nocny o rozpiętości skrzydeł do 25 mm (Fot. 36). Skrzydła ma szare z dwoma charakterystycznymi ciemnymi zygzakowatymi liniami w części nasadowej i wierzchołkowej. Szkody powodują tylko żerujące larwy – gąsienice, które przędą lepkie, jedwabne nici, zlepiając nimi w mniejsze lub większe grudki surowiec, na którym żerują. Larwy są białe o zmiennym odcieniu od brudnoróżowego do zielonkawego i dorastają do 20 mm długości (Fot. 37). Ciało ich porastają delikatne włoski. W niskiej temperaturze larwy mogą zapadać w diapauzę. Motyle nie pobierają pokarmu i żyją około 2 tygodni.

Omacnica spichrzanka to motyl nocny o rozpiętości skrzydeł 14-18 mm (Fot. 38). Dzięki charakterystycznemu ubarwieniu jest stosunkowo łatwy do rozpoznania. Nasadowa część przednich skrzydeł jest żółtawa, pozostała zaś (mniej więcej połowa) jest charakterystycznie ciemnoczerwona lub ceglasta z szaroniebieskimi poprzecznymi paskami. Larwy (gąsienice) są białe o zmiennym odcieniu od zielonkawego przez pomarańczowe do czerwonego, co uzależnione jest od pokarmu, na którym żerują. Dorastają do 12 mm długości. W nie sprzyjających rozwojowi warunkach gąsienice zapadają w diapauzę, w której mogą przetrwać do 9 miesięcy. Osobniki dorosłe żyją w temperaturze pokojowej około 14 dni i nie pobierają pokarmu.

Fot. 38. Omacnica spichrzanka to niewielki charakterystycznie ubarwiony motyl

Na żerowanie rozwój i możliwość wydania pokolenia potomnego przez owady – szkodniki magazynowe może mieć wpływ odmiana oraz stan nasion rzepaku, co wykazały przeprowadzone w 1972 r. badania. W sprzyjających warunkach z jaj złożonych na zdrowych i całych nasionach jednej z badanych w doświadczeniu odmian rzepaku rozwinęły się do stadium owada dorosłego – chrząszcza takie owady – szkodniki magazynowe jak: spichrzel orzechowiec, trojszyk ulec, spichrzel surynamski i trojszyk gryzący. Natomiast z jaj złożonych na nasionach mechanicznie uszkodzonych (pokruszonych) rozwinęły się do stadium owada dorosłego – chrząszcza: trojszyk gryzący, spichrzel orzechowiec, trojszyk ulec i spichrzel suryinamski. Spichrzel orzechowiec okazał się najlepiej przystosowany do rozwoju na nasionach rzepaku i w sprzyjających warunkach wydał ze złożonych jaj pokolenie potomne. Rozpłaszczyk rdzawy chociaż żerował na nasionach rzepaku nie był w stanie zakończyć całego swego rozwoju (Sinha 1972).

Postęp hodowlany jaki nastąpił w ostatnich latach znacząco wpłynął na wiele parametrów zarówno fizycznych, jak i chemicznych nasion rzepaku. Ma to istotne znaczenie dla żerowania i rozwoju różnych szkodników magazynowych (głównie roztoczy i owadów), a tym samym poziomu strat jakie mogą powodować w zmagazynowanym rzepaku.

W Polsce do tej pory nie ma zbyt wielu doniesień na temat szkodników i szkód przez nie powodowanych w magazynowanym rzepaku. Dotychczas nie prowadzono szczegółowych badań w tym kierunku, a rzepaku nie magazynowano na tak dużą skalę jak obecnie. Zbierane nasiona przeznaczane były praktycznie w całości na potrzeby przemysłu tłuszczowego. Bezpośrednio po zbiorze, w krótkim czasie były sprzedawane i trafiały do dobrze przygotowanych magazynów przyzakładowych. Panujące w nich odpowiednie warunki przechowywania, a także dbałość o odpowiednie ich przygotowanie, czystość i regularne dezynsekcje skutecznie uniemożliwiały zasiedlenie i rozwój szkodników magazynowych. Obecnie, kiedy rzepak magazynowany jest nie zawsze w odpowiednio przystosowanych magazynach i warunkach problem obecności w surowcu roztoczy i owadów – szkodników magazynowych może stopniowo narastać.

6.5. Wykrywanie szkodników

Występowanie szkodników, głównie w wierzchniej warstwie złoża rzepaku, w znacznym stopniu ułatwia ich wczesne wykrycie i wyeliminowanie. Problem stanowi wykrywanie roztoczy, które wprawdzie mniej licznie, ale mogą przebywać w różnych miejscach złoża, nawet tych najgłębszych.

Im bardziej warunki magazynowania odbiegają od optymalnych, tym kontrole stanu surowca (wilgotność i temperatura) i obecności szkodników magazynowych powinny być wykonywane częściej.

W celu wykrycia szkodników najlepiej okresowo (np. raz w miesiącu) pobierać próby nasion, szczególnie z wierzchniej warstwy zmagazynowanego surowca, do badań laboratoryjnych. W miarę możliwości próby należy pobierać także z miejsc leżących głębiej, a w magazynach płaskich dodatkowo z miejsc, w których surowiec styka się ze ścianami i podłożem magazynu.

Fot. 39. Okresowa obserwacja powierzchni składowanego surowca pozwala na stwierdzenie obecności niektórych szkodników magazynowych

Okresowo należy oglądać powierzchnię złoża w poszukiwaniu ewentualnych szkodników i śladów ich żerowania w postaci np. wygryzionych nasion oraz obecności w postaci np.: wylinek, przędzy, żywych i martwych osobników (Fot. 39). Nasiona na powierzchni powinny być sypkie. Zbrylenia mogą świadczyć zarówno o wzroście wilgotności jak i rozwoju pleśni, a także o obecności szkodników magazynowych np. roztoczy. W trakcie lustracji w wielu miejscach należy dokonać pomiaru temperatury i wilgotności surowca.

O ile jest taka możliwość, należy stosować pułapki – urządzenia monitorujące obecność szkodników magazynowych. W handlu dostępne są zarówno pułapki na chrząszcze jak i motyle magazynowe (Fot. 40 i 41).

Fot. 40. W handlu dostępne są różne pułapki na motyle i chrząszcze magazynowe

Fot. 41. Pułapki feromonowe są pomocne w wykrywaniu motyli magazynowych

6.6. Zwalczanie szkodników

W Polsce do zwalczania szkodników można stosować tylko zarejestrowane i dopuszczone do obrotu środki ochrony roślin, zgodnie z zapisami w etykietach-instrukcjach stosowania, tak aby nie dopuścić do zagrożenia zdrowia ludzi i zwierząt, a także zanieczyszczenia środowiska naturalnego (art. 61, 68 ustawy) (Ustawa o ochronie roślin 2003). Na stronach internetowych Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi pod adresem: www.minrol.gov.pl, w zakładce Ochrona Roślin publikowane i aktualizowane są na bieżąco informacje na temat środków ochrony roślin (między innymi rejestr i etykiety-instrukcje stosowania).

Do zwalczania szkodników magazynowych roztoczy i owadów występujących w magazynowanych nasionach rzepaku można stosować tylko środki gazowe – fumiganty.

Fot. 42. Środek fosforowodorowy w wygodnej i praktycznej w stosowaniu postaci płytek do fumigacji

W Polsce, w handlu dostępne są tylko preparaty fosforowodorowe (Tab. 11) w kilku postaciach handlowych: tabletek (tablets), pastylek (pellets), torebek (bags), płytek (plates), taśm (strips), pasów (belts) i koców (blankets) (Fot. 42).

Najbardziej odpowiednie do fumigacji, zarówno ze względów praktycznych jak i bezpieczeństwa są: torebki (bags), płytki (plates), taśmy (strips), paski (belts) i koce (blankets). Po zabiegu i odwietrzeniu magazynu i złoża z rzepakiem, z łatwością można je odnaleźć, zebrać i usunąć, za co odpowiedzialnie są osoby przeprowadzające zabieg. Pozostałości preparatu pozostają w opakowaniach i nie zanieczyszczają surowca. W przypadku stosowania preparatów fosforowodorowych w postaci tabletek i pastylek umieszczanych w złożu luzem istnieje pewne ryzyko zanieczyszczenia nimi surowca (resztki wodorotlenku glinu) (Bond 1989). Ze względu jednak na bardzo wysoką toksyczność fumigantów (zaliczane są do grupy środków bardzo toksycznych i toksycznych) mogą je nabywać i stosować tylko przeszkolone osoby mające ważne zaświadczenie potwierdzające ukończenie odpowiedniego szkolenia (art. 66 ustawy) (Ustawa o ochronie roślin 2003).

Wykonanie zabiegów fumigacji najlepiej zlecić wyspecjalizowanym firmom DDD. Informacje na temat firm wykonujących usługowo zabiegi zwalczania szkodników magazynowych można uzyskać między innymi: w Wojewódzkich Inspektoratach Ochrony Roślin i Nasiennictwa (http://www.piorin.gov.pl/), w Polskim Stowarzyszeniu Pracowników Dezynfekcji, Dezyn-

Tabela 11. Gazowe środki ochrony roślin do fumigacji pustych pomieszczeń magazynowych i nasion rzepaku (stan na 15.04.2011 r.)

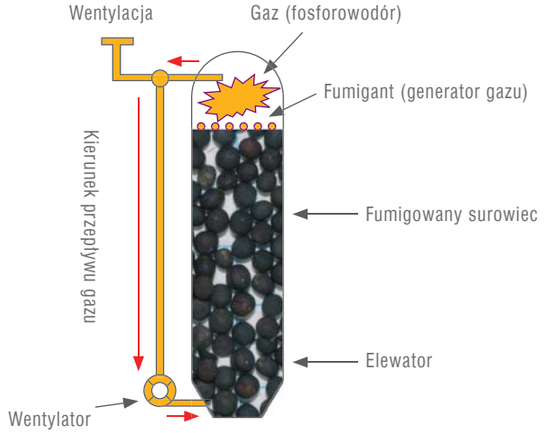
Nazwa handlowa środka	Forma użytkowa	Substancja aktywna	Zawartość substancji aktywnej (%)	Toks.	Ważność zezwolenia do
Zabiegi mogą wykonywać tylko przeszkoleni i uprawnieni pracownicy zakładów DDD					
Degesh Plates/Strips 56 GE	płytki/taśmy	fosforowodór (fosforek magnezu)	56	bt	2014-02-28
Delicia-Gastoxin 56 GE**	tabletki	fosforowodór (fosforek glinu)	56,8	bt	2010.06.26 *2011.12.26
Phostoxin 56 GE	tabletki	fosforowodór (fosforek glinu)	56	bt	2014.02.28
Quickphos Bags 56 GE	torebki	fosforowodór (fosforek glinu)	56	bt	2010.06.02 *2011.12.02
Quickphos Belts 56 GE	pasy	fosforowodór (fosforek glinu)	56	bt	2010.06.02 *2011.12.02
Quickphos Blankets 56 GE	koce	fosforowodór (fosforek glinu)	56	bt	2010.06.02 *2011.12.02
Quickphos Pellets 56 GE	pastylki	fosforowodór (fosforek glinu)	56	bt	2011.11.09
Quickphos Tablets 56 GE	tabletki	fosforowodór (fosforek glinu)	56	bt	2010.06.02 *2011.12.02

* termin, do którego środek może znajdować się w obrocie (dotyczy sor, których zezwolenia wygasły lub zostały cofnięte)
** z uwagi na fakt nie dopełnienia obowiązku dostosowania klasyfikacji środka do przepisów ustawy o substancjach i preparatach chemicznych art. 120 ustawy z 18.12.2003 r. o ochronie roślin środek nie może być wprowadzany do obrotu od 01.05.2007 r.
Zamieszczone w kolumnie „Toks" skróty oznaczają:
bt – środek bardzo toksyczny dla ludzi
Środki ochrony roślin mogą znajdować się w obrocie i stosowaniu nie dłużej niż 18 miesięcy od dnia upływu terminu ważności zezwolenia.

sekcji i Deratyzacji (http://www.deratyzacja.com.pl/) i w Stowarzyszeniu Venturia – Grupie Polskich Firm DDD (http://www.venturia.pl/).

Zabieg fumigacji środkami fosforowodorowymi można wykonać zarówno w pustych jak i w zapełnionych surowcem magazynach oraz środkach transportu, praktycznie w ciągu całego roku. Aby jednak były one skuteczne muszą być prowadzone w szczelnych lub odpowiednio doszczelnionych obiektach (Caddick 2002). W Polsce większość takich zabiegów przeprowadza się dopiero po stwierdzeniu obecności szkodników (tzw. zabiegi interwencyjne). W zależności od panujących warunków trwają one zwykle od kilku do kilkunastu, a w skraj-

Rys. 27. J - SYSTEM pozwala na przyspieszenie i skrócenie fumigacji (na podstawie materiałów Detia Degesch)



nych przypadkach nawet do kilkudziesięciu dni (Ignatowicz i in. 2009). Czas fumigacji można jednak znacznie skrócić stosując nowoczesne techniki fumigacji, z zastosowaniem między innymi Speedbox-ów i systemu recyrkulacji gazu (J-system) (Rys. 27) (Ignatowicz 2007, Olejarski i Nawrot 2008). Podstawowym czynnikiem jaki decyduje o czasie prowadzenia fumigacji z użyciem związków fosforowodorowych jest temperatura. Aktywność roztoczy i owadów ściśle zależy od temperatury i maleje w miarę jej obniżania. Stąd też zwalczanie szkodników fosforowodorem w temperaturze poniżej 15°C może być mniej efektywne (Caddic 2002, Annis 2003), a poniżej 5°C nie jest zalecane (Bond 1989).

Przy fumigacji preparatami fosforowodorowymi należy uwzględnić fakt, że nasiona rzepaku absorbują fosforowodór w trakcie gazowania, co może mieć pewien wpływ na skuteczność prowadzonych zabiegów (Barker 1998). W surowcach fumigowanych można stwierdzić pozostałości zarówno produktów rozkładu użytego preparatu, niezmieniony zaadsorbowany fosforowodór oraz połączenia chemiczne fumigantu ze składnikami surowca. W chronionych nasionach rzepaku mogą powstawać także nowe związki chemiczne jak fosforyny i fosforany. Fosforowodór może reagować z metalami szlachetnymi (miedź, srebro, złoto) i związkami miedzi. Prowadzi to do uszkodzeń różnych urządzeń elektrycznych i elektronicznych (czujniki) znajdujących się w fumigowanym pomieszczeniu. Przed fumigacją należy je w miarę możliwości usunąć z traktowanych pomieszczeń lub spróbować zabezpieczyć cienką warstwą parafiny lub oleju (Bond 1989).

Zbyt częste stosowanie fosforowodoru doprowadziło już w wielu krajach świata do wytworzenia się wysokiego poziomu odporności na tę substancję aktywną u wielu zwalczanych gatunków szkodników magazynowych. Szczególnie odporne są roztocze i niektóre rasy owa-

dów magazynowych np.: trojszyka gryzącego, spichrzela surynamskiego, skórka zbożowego i omacnicy spichrzanki (White i Lambkin 1990, Subramanyam i Hagstrum 1995; Rajendran 2001). Ponadto fumigacja fosforowodorem nie zabezpiecza surowca ani magazynu w dłuższym okresie czasu. Po odwietrzeniu szkodniki mogą pojawić się na nowo.

W Polsce, podobnie jak w wielu krajach świata np.: Francji, USA, Kanadzie, Australii i Japonii żaden z dostępnych w handlu środków kontaktowych przeznaczonych do zwalczania szkodników magazynowych nie jest dopuszczony do stosowania bezpośrednio na nasiona rzepaku. Można je jednak stosować do dezynsekcji pustych magazynów, na krótko przed zmagazynowaniem rzepaku (Tab. 12). Dostępne środki kontaktowe skutecznie eliminują owady – szkodniki magazynowe, nie zwalczają natomiast roztoczy.

Kontaktowe środki ochrony roślin można nabyć w handlu bez przeszkód. Jednak zgodnie z zapisami ustawy o ochronie roślin, aby wykonywać jakiekolwiek zabiegi przy ich użyciu należy ukończyć odpowiednie szkolenie w zakresie ich stosowania i mieć aktualne zaświadczenie o jego ukończeniu (art. 74 ustawy). Ważność wszystkich wydawanych zaświadczeń upoważniających do prowadzenia zabiegów przy użyciu środków ochrony roślin w produkcji rolnej (w tym środkami bardzo toksycznymi i toksycznymi) wynosi 5 lat licząc od dnia ukończenia szkolenia (art. 75 ustawy) (Ustawa o ochronie roślin 2003).

Przepisy Wspólnoty Europejskiej jasno określają dopuszczalne poziomy pozostałości pestycydów stosowanych do ochrony różnych produktach, w tym insektycydów używanych do ochrony zmagazynowanych nasion rzepaku (Tab. 13) (Rozporządzenie149/2008, Rozporządzenie 839/2008).

Jak wykazały przeprowadzone we Francji badania, środki kontaktowe należy stosować bar-

Tabela 12. Insektycydy kontaktowe do dezynsekcji pustych pomieszczeń magazynowych (stan na 15.04.2011 r.)

Rodzaj zabiegu	Nazwa handlowa środka	Substancja aktywna	Zawartość substancji aktywnej	Dawka	Toks.	Ważność zezwolenia do
Odymianie	Actellic 20 FU	Pirymifos metylowy	22,5%	1 świeca na 400-500 m^3	sz	2015.10.20
Opryskiwanie	Actellic 500 EC	Pirymifos metylowy	500 g/l	1 l + 9 l wody / 1000 m^2	sz	2015.06.20

Zamieszczone w kolumnie „Toks" skróty oznaczają:
sz – środek szkodliwy dla ludzi
Środki ochrony roślin mogą znajdować się w obrocie i stosowaniu nie dłużej niż 18 miesięcy od dnia upływu terminu ważności zezwolenia.

Tabela 13. Najwyższe dopuszczalne poziomy pozostałości (NDP) w nasionach rzepaku (mg/kg) substancji aktywnych środków ochrony roślin stosowanych do zwalczania szkodników magazynowych (roztoczy i owadów) (Rozporządzenie149/2008, Rozporządzenie 839/2008)

Pozostałości pestycydów	Najwyższe dopuszczalne poziomy pozostałości (NDP) (mg/kg)
Fosforowodór (fosforki wyrażone jako fosforowodór)	nie określono (nie prowadzi się badań w monitoringach)
Fosforowodory i fosforki: suma fosforku glinu, fosforowodoru glinu, fosforku magnezu, fosforowodoru magnezu, fosforku cynku i fosforowodoru cynku	0,1
Pirymifos metylowy	0,05
Deltametryna (cis-deltametryna)	0,1

dzo rozważnie, bowiem w trakcie magazynowania może dochodzić do tzw. zjawiska skażenia krzyżowego (cross-contamination). W jego efekcie insektycydy kontaktowe dopuszczone i stosowane do ochrony przed szkodnikami magazynowymi jednego surowca np. zbóż, mogą być przenoszone i skażać inny surowiec np. nasiona rzepaku, do ochrony którego nie są dopuszczone. Zjawisko to może zachodzić na drodze bezpośredniego kontaktu surowców, przez styczność ze ścianami traktowanych wcześniej środkiem kontaktowym magazynów lub wykorzystywanie jednego systemu transportu w magazynie, w którym równolegle magazynuje się ziarno zbóż i nasiona rzepaku. Przekroczenia dopuszczalnych poziomów pozostałości różnych środków kontaktowych w składowanych nasionach rzepaku zachodzące w wyniku skażenia krzyżowego mogą być znaczne i wielokrotnie przekraczać dopuszczalne limity (Tab. 14, 15) (Dauguet 2007, Dauguet 2009, Dauguet i in. 2010).

Tabela 14. Zanieczyszczenia substancjami aktywnymi kontaktowych środków ochrony roślin (µg/kg) w wyniku zjawiska skażenia krzyżowego stwierdzone w 22 badanych próbkach nasion rzepaku (sezon magazynowania 2007-2008) (10 µg/kg = 0,01 mg/kg) (fragment wg Dauguet i in. 2010)

Substancja aktywna	Granica oznaczalności	Najwyższe dopuszczalne poziomy pozostałości (NDP)	Średnio	Maksymalnie	% próbek ≥ granicy oznaczalności	% próbek > NDP
Pirymifos metylowy	10	50	130	1117	55	32
Chloropiryfos metylowy	10	50	3	31	9	0
Deltametryna	10	100	1	13	5	0

Tabela 15. Zanieczyszczenia substancjami aktywnymi kontaktowych środków ochrony roślin (µg/kg) w wyniku zjawiska skażenia krzyżowego stwierdzone w 32 badanych próbkach nasion rzepaku (sezon magazynowania 2008-2009) (10 µg/kg = 0,01 mg/kg) (fragment wg Dauguet i in. 2010)

Substancja aktywna	Granica oznaczalności	Najwyższe dopuszczalne poziomy pozostałości (NDP)	Średnio	Maksymalnie	% próbek ≥ granicy oznaczalności	% próbek > NDP
Pirymifos metylowy	10	50	16	212	37,5	9,4
Chloropiryfos metylowy	10	50	1	24	6,3	0
Deltametryna	10	100	3	64	6,3	0

7. Podsumowanie

Podsumowując wiadomości zawarte w poprzednich rozdziałach podczas przechowywania rzepaku należy pamiętać, że:

- Dłuższe przechowywanie nasion wilgotnych (powyżej 7%) prowadzi zawsze do obniżenia ich jakości, szczególnie niebezpieczne są choroby grzybowe i wynikające stąd zanieczyszczenia nasion mykotoksynami, które zagrażają zdrowiu zarówno ludzi (tłuszcze), jak i zwierząt (wytłok, śruta),
- Nasiona o wysokiej wilgotności i zanieczyszczeniu wymagają natychmiastowego skierowania ich do suszarń oraz oczyszczenia;,
- Magazyny należy ciągle kontrolować czy nie pojawiły się w nich szkodniki,
- Zachować wysoka czystość magazynów, w których przynajmniej dwa razy w roku powinny być przeprowadzone gruntowne porządki,
- Ściany, sufit i podłogi pustych magazynów, silosów należy dokładnie oczyścić po każdym sezonie przechowalniczym (resztki po sprzątaniu spalić lub głęboko zakopać zalewając je uprzednio wapnem chlorowanym),
- Zachować również czystość terenów bezpośrednio przylegających do magazynów,
- Dbać o czystość opakowań wielorazowego użytku (np. worków) wymagają one również dezynsekcji,
- Gwarancją bezpieczeństwa magazynów i silosów przed występowaniem szkodników magazynowych jest odpowiednia profilaktyka sanitarno – higieniczna,
- Lokalizacja magazynów oraz silosów powinna być zgodna z Rozporządzeniem Ministra Rolnictwa z 1997 r. (Dz. U. Nr 132 poz. 877 z późniejszymi zmianami: Dz. U. 2009 nr 108 poz. 907),

- Bezpieczeństwo pożarowe oraz zabezpieczenie przed wybuchem i wyładowaniami atmosferycznymi określa Załącznik do Rozporządzenia Ministra Rolnictwa z 1997 r. (Dz. U. Nr 132, poz. 877 i Dz. U. 2009 nr 108 poz. 907) i obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej Dz. U. z 2009 r. Nr 178, poz. 1380, z 2010 r. Nr 57, poz. 353,
- Zasady bezpieczeństwa i higieny pracy obowiązujące w suszarniach i magazynach określa Rozporządzenie Ministra Rolnictwa z 11 lutego 2009 r. (Dz. U. Nr 22, poz. 124).

8. Literatura

1. **Agarwal V.K., Sinclair J.B. 1987.** *Principles of seed pathology.* CRC Press, Boca Raton, Florida.
2. **Annis P. 2003.** *Sealed silos increase fumigation success.* Farming Ahead. 141: 32-33.
3. **Banachewicz W., 2004.** *Lekki, stalowy silos na produkty rolne – koncepcja konstrukcji montażu.* Międzynarodowa Konferencja Naukowa *Rozwój Budownictwa, Budowy Maszyn, Techniki Rolniczej.* Olsztyn 15-16 czerwca.
4. **Barker N. 1998.** *Practical aspects of canola storage: a bulk handler's perspective.* p. 272-276. In: *Stored grain in Australia.* Proceedings of the Australian Postharvest Technical Conference, Banks H.J., Damcevski K.A. (eds.). Australia, Canberra, 26-29 May 1998, 366 pp.
5. **Bąkowski W., Bodzek D. 1988.** *Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w naturalnym środowisku człowieka – pochodzenie, występowanie, toksyczność, oszacowanie emisji w Polsce.* Arch. Ochr. Środ. 3-4, 197-215.
6. **Bernacka J., Pawłowska L. 1999.** *Substancje szkodliwe i ich obecność w osadach z miejskich oczyszczalni ścieków*. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, 16, 25-42.
7. **Boczek J., Czajkowska B. 2003.** *Roztocze – magazynowe i kurzu domowego.* Themar. Warszawa. 132 ss.
8. **Bond E.J. 1989.** *Zwalczanie owadów metodą gazowania.* Tłumaczenie z języka angielskiego pod redakcją prof. dr J.J. Lipy. Instytut Ochrony Roślin. Poznań. 432 ss.
9. **Brazauskiene I., Petraitiene E. 2005.** *Seed infection of Brassica napus var. oleifera and Brassica rapa var. oleifera related to Alternaria blight severity on siliqua.* Botanica Lithuanica 11 (2): 71-77.
10. **Brazauskiene I., Petraitiene E., Mankeviciene A. 2006.** *Effects of genotype and environmental factors on rape seed contamination with mycotoxins and mycotoxin-producing fungi.* Ekologija 3: 14-20.
11. **Bulsiewicz T., Matzke W., Smarzyński E., Świątek H. 1975.** *Magazynowanie ziarna zbóż , nasion strączkowych i oleistych.* Praca zbiorowa. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Warszawa. 468 ss.
12. **Burrell N.J., Knight G.P. Armitage D.M., Hill S.T. 1980.** *Determination of the time available for drying rapeseed before the appearance of surface molds.* J. Stored Prod. Res. 16: 115-118.
13. **Caddick L. 2000.** *Cool and conditions maintain canola quality.* Farming Ahead. 103: 51-52.
14. **Caddick L. 2002.** *Store canola cool and dry to enhance oil quality.* Farming Ahead. 132: 19-21.
15. **Canola Production Handbook 2007.** *Great Plains Canola Production Handbook.* Kansas State University. MF-2734. 32 pp.
16. **Chełkowski J. 1985.** *Mikotoksyny, Wytwarzające je Grzyby i Mikotoksykozy.* Wyd. SGGW, Warszawa, 95 ss.
17. **Christensen C.M., Kaufmann H.H. 1969.** *Grain storage. The role of fungi in quality loss.* University of Minnesota Press, Minneapolis. MN. 153 pp.
18. **CPC 2007.** *Crop Protection Compendium.* CD-ROM Edition. CABI 2007. Nosworthy Way, Wallingford, Oxfordshire OX10 8DE, UK.
19. **Czyżewska S. 1958.** *Badania fitopatologiczno-mykologiczne nasion rzepaku* (Brassica napus var. oleifera). Rocz. Nauk Roln. 78 (2): 283-307.
20. **Dauguet S. 2007.** *Insecticide residues cross-contamination of oilseeds during storage.* Oléagineux, Corps Gras et Lipides 14, 313-316.
21. **Dauguet S. 2009.** *Insecticide residues cross-contamination of oilseeds during storage* (second part). Oléagineux, Corps Gras et Lipides 16, 144-148.
22. **Dauguet S., Fleurat-Lessard F., Loison J. 2010.** *Cross-contamination of oilseeds by insecticide residues during storage.* s. 827-832. W *International European Symposium on Stored Product Protection – Stress on chemical products*. Petzold R. (eds.). Julius-Kühn-Institut Berlin, 96 ss. ISBN: 978-3-930037-69-8.
23. **Degenhardt K.J., Skoropad W.P., Kondra Z.P. 1974.** *Effects of Alternaria blackspot on yield, oil content and protein content of rapeseed*. Can. J. Plant Sci. 54 (4): 795-799.
24. **Drozdowska L., Szulc P., Łukanowski A., Sadowski Cz. 2002.** *Glucosinolate content and pathogenic fungi occurrence in seed of spring oilseed rape fertilized with sulphur*. Plant Breeding and Seed Science 46 (2): 3-9.
25. **Drescher A., 1983.** *Metody obliczeń parć i przepływu materiałów ziarnistych w zbiornikach.* PWN, Warszawa-Poznań.
26. **Drying and storing 2005.** *Drying and storing rapeseed successfully 2005/2005*. Topic Sheet No. 89. Winter 2005/06. Home-Grown Cereals Autority. London. 2 pp.
27. **Dutkiewicz T., Lebek G., Masłowski J., Mielżyńska D., Ryborz St. 1988.** *Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w środo-wisku przyrodniczym.* Warszawa, PWN, 5-72.
28. **Eurocode 1, 2003.** *Basis of design and actions on structures. Part 4. Actions in silos and tanks.* DD ENV 1991-4.

29. **Fiedorow Z., Gołębniak B., Weber Z. 2008.** *Choroby Roślin Rolniczych.* AR, Poznań, 208 ss.
30. **Fornal J., 1973.** *Przenikanie 3,4 benzopirenu do pszenicy suszonej w suszarce ZSPŻ – 8.* Rocz. Nauk Rol. T69, C-4, 17-26.
31. **Fornal J., Sadowska J., Jaroch R., Kaczyńska B., Winnicki T. 1994.** *Effect of drying of rapeseeds on their mechanical properties and technological usability.* Int. Agrophysics. 8 (2), 215.
32. **Gołębiowska Z., Nawrot J. 1976.** *Szkodniki magazynowe.* PWN. Warszawa. 274 ss.
33. **Green B.R., Singh S., Babic I., Bladen C., Johnson-Flanagan A.M. 1998.** *Relationship of chlorophyll, seed moisture and ABA levels in the maturing Brassica napus seed and effect of a mild freezing stress.* Physiologia Plantarum 104: 125-133.
34. **Grzesiuk S., Kulka K., 1981.** *Fizjologia i biochemia nasion.* PWRiL, Warszawa.
35. **Gworek B., Klimczak K. 2000.** *Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w podstawowych elementach środowiska.* Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, 20, 5-20.
36. **Horabik J., Molenda M. 2002.** *Właściwości fizyczne sypkich surowców spożywczych. Zarys katalogu.* Acta Agrophysica 74.
37. **Horoszkiewicz-Janka J., Korbas M., Jajor E., Krawczyk R. 2010.** *Mycotoxins content and colonization level in winter wheat grain cultivated in transition period following to ecological system*. J. Res. Appl. Agric. Eng. 55(3): 117-121.
38. **Horoszkiewicz-Janka J., Jajor E., Korbas M. 2008.** *Wpływ grzybów toksynotwórczych na wybrane cechy jakościowe plonu zbóż i rzepaku.* Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 48 (3): 1039-1047.
39. **Hudson R., Woodruff J., Shumaker G., Hodges S., Murphy T., Monks D., Bertrand P., and Hammond C. 1991.** *Canola a new crop for Georgia, Canola Production Guide*: Georgia Extension Canola Committee.
40. **Ignatowicz S. 2007.** *Wdrażanie zamienników bromku metylu* (cz. I). Ochrona Roślin nr 7/8: 42-45.
41. **Ignatowicz S., Oboza S., Olejarski P. 2009.** *Rachunek ekonomiczny zabiegów fumigacji produktów spożywczych.* Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin. Vol.49(4): 2065-2070.
42. **ISO 4112:1990.** *Cereal and pulses – Guidance on measurement of the temperature of grain stored in bulk.*
43. **Izli N., Unal H,. Sincik M., 2009.** *Physical and mechanical properties of rapeseed at different moisture content.* Int. Agrophysics, 23, 137-145.
44. **Jajor E. 2006.** *Zasiedlenie nasion populacyjnych i mieszańcowych rzepaku ze zbioru w 2004*. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 46 (2): 451-460.
45. **Jajor E. 2010.** *Epidemiologia czerni krzyżowych na rzepaku.* Praca doktorska wykonana w Instytucie Ochrony Roślin PIB w Poznaniu, 131 ss.
46. **Janowicz L. 2004.** *Przechowywanie nasion rzepaku w magazynach silosowych.* Rzepak. IBMER. Warszawa, 6: 47-50.
47. **Jankowski P., Karpiński R., Cozel A., Krygier K., Cieślak B., Bartnikowska E., Obiedziński M. 1998.** *Badania porównawcze wybranych skażeń chemicznych w olejach roślinnych.* Rośliny Oleiste. XIX, 279-289.
48. **Janssen H. A. 1895.** *Versuche über Getreidedruck in Silozellen. Verein Deutscher Ingenieure, Zetschrift* (Düsseldorf), 39, 1045-1049.
49. **Jenike A.W. 1964.** *Storage and flow of solids.* Bull. 123, Eng. Expt. Sta., Utah State Univ.
50. **Kachel M., Szpryngiel M., Rybacki R., Tys J. 2005.** *Wpływ temperatury suszenia na jakość nasion rzepaku.* Inżynieria Rolnicza. 6: 275-285.
51. **Kobosko A., 1996.** *Systemy pomiarowo-kontrolne stosowane w magazynach materiałów sypkich i ziarnistych.* Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów, Warszawa.
52. **Kobosko A., 2003.** *Przeciwwybuchowe systemy monitorowania w przechowalnictwie rolniczym.* Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów, Warszawa.
53. **Kolasa A., 2006.** *Technika przechowalnictwa chłodniczego owoców i warzyw w atmosferze kontrolowanej. Politechnika Gdańska*
54. **Korniłłowicz-Kowalska T., Szwed A., Szwed G. 2000.** *Charakterystyka mykologiczna nasion rzepaku w zależności od warunków ich przechowywania*. Acta Agrophys. 37: 83-93.
55. **Kryczyński S., Mańka M., Sobiczewski P. 2002.** *Słownik fitopatologiczny*, Hortpress Sp. z o.o., Warszawa, 179 ss.
56. **Łukaszuk J., Molenda M, Horabik J., Montross M.D. 2009.** *Variability of pressure drops in grain generated by kernel shape and bedding method.* Journal of Stored Products Research, 45, 112-118.
57. **Nellist M.E., 1998.** *Bulk storage drying in theory and practice.* Journal of the Royal Agricultural Society of England. 159: 120-135.
58. **Niewiadomski H. 1983.** *Technologia nasion rzepaku.* PWN. Warszawa. 504 ss.
59. **Majchrzak B., Kurowski T.P., Karpińska Z. 2002.** *Zdrowotność jarych roślin krzyżowych a grzyby zasiedlające ich nasiona.* Acta Agrobot. 55: 199-210.

60. **Maude R.B., Humpherson-Jones F.M. 1980.** *Studies on the seed-borne phases of dark leaf spot (Alternaria brassicicola) and grey leaf spot (Alternaria brassicae) of brassicas.* Ann. Appl. Biol. 95: 311-319.
61. **Mallis A. 2004.** *Handbook of Pest Control.* Ninth Edition. GIE Media, Inc., 1397 pp.
62. **Mills A. 1989.** *Spoilage and heating of stored agricultural products. Prevention, detection, and control*. Publ. 1823E. Ottawa, Ontario, Agriculture Canada. 98 ss.
63. **Mills T., 1996.** *Storage of Canola* – Agriculture and Agri-Food Canada, Winnipeg, Canada.
64. **Maliszewska-Kordybach B. 1986.** *Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w środowisku przyrodniczym.* Wiadom. Ekolog., XXXII, 1, 47-63.
65. **Michna W. i in. 1999.** *Raport z badań monitorowych nad jakością gleb, roślin, produktów rolniczych i spożywczych w 1998 roku.* Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Warszawa, 134-142.
66. **Mrugas D., Gwiazdowski R. 1998.** *Patogeny wyizolowane z nasion rzepaku*. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 38 (2): 461-463.
67. **Mueller D.K. 1998.** *Stored product protection... A Period of Transition.* Insects Limited, Inc. USA. 352 ss.
68. **Oilseed rape. 2009.** *Oilseed rape. Cleaning, drying, handling and storage on the farm.* United Oilseeds Marketing Limited. England. 11 pp.
69. **Olejarski P. 2011.** Badania własne. Nie publikowane.
70. **Olejarski P., Nawrot J. 2008.** *Nowoczesne metody i techniki zwalczania szkodników magazynowych.* Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin. Vol.48(3): 945-948.
71. **Ostry V. 2008.** *Alternaria mycotoxins: an overview of chemical characterization, producers, toxicity, analysis and occurrence in food.* World Mycotoxin J. I (2): 175-188.
72. **PN-91/A-74010.** Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie wilgotności (rutynowa metoda odwoławcza).
73. **PN-ISO 6322-1.** Przechowywanie ziarna zbóż i roślin strączkowych. Ogólne zalecenia dotyczące składowania ziarna zbóż.
74. **PN-ISO 6322-2.** Przechowywanie ziarna zbóż i roślin strączkowych. Część 2: Praktyczne zalecenia.
75. **PN-81/B-01012.** Budowle magazynowe. Podział nazwy i określenia.
76. **Rajendran S. 2001.** *Insect resistance to phosphine – challenges and strategies.* Intern. Pest Control 43 (3): 118-123.
77. **Rees D. 1999.** *Current status of the warehouse beetle Trogoderma variabile (Coleoptera: Dermestidae) as a pest of grain storage in Australia.* p. 119-121. In: *Stored grain in Australia 2003.* Proceedings of the Australian Postharvest Technical Conference, Wrihgt E.J., Webb M.C., Highley E. (eds.). Australia, Canberra, 25-27 June 2003. CSIRO Stored Grain Research Laboratory.
78. **Rees D. 1999.** *Stored insects: a rogues` gallery.* Farming Ahead. 86: 59-59.
79. **Rees D. 2004.** *Insect of stored products.* Manson Publishing. CSIRO Publishing. Australia: 192 ss.
80. **Rusinek R., Stasiak M., Tys J., Horabik J., Tadla. 2010.** Patent application No. P.391028: An experimental device for the determination of the influence of the humidity of dry matter stored in silos and containers on the occurrence of the phenomenon of auto-overheating.
81. **Rusinek R., Łukaszuk J.** *Influence of moisture content on pressure ratio of rapeseeds.* Res. Agr. Eng., 50, 2004 (1):11-14.
82. **Rusinek R., 2010.** Sprawozdanie z projektu: *System monitorowania temperatury i wilgotności złoża rzepaku*, N310 3214 33 Instytut Agrofizyki PAN, Lublin
83. **Rybacki R., 2003.** *Wartość technologiczna porośniętych nasion rzepaku.* Praca doktorska. IA PAN, Lublin.
84. **Rybacki R., Skawiński P., Lampkowski M. 2001.** *Stan suszarnictwa nasion rzepaku w rejonie surowcowym Zakładów Tłuszczowych „Kruszwica" S.A.* Rośliny Oleiste. XXII, 539-549.
85. **Ryniecki A., Szymański P. 1999.** *Dobrze przechowywane zboże.* Wyd. II. Towarzystwo Umiejętności Rolniczych Poznań.
86. **Sadowski Cz., Lenc L., Pańka D. 2005.** *Wpływ stosowania siarki, magnezu, boru i fungicydów na zdrowotność i zasiedlenie przez grzyby nasion rzepaku jarego „Margo".* Rocz. AR Poznań 64: 143-153.
87. **Seidle E., Rude S., Petrie A. 1995.** *The Effect of Alternaria Black Spot of Canola on Seed Quality and Seed Yield and Studies on Disease Control.* Agriculture and Agri-Food Canada Saskatoon, Canada, 41 pp.
88. **Sinha R.N. 1972.** *Infestibility of oilseeds, clover, and Millet by stored-product insects.* Can. J. Plant Sci. 52: 431-440.
89. **Skriegan E,. 1992.** *Urządzenia chłodzące. „Goldsaat". Magazynowanie i chłodzenie rzepaku.* GRAINPOL, Wrocław
90. **Subramanyam, Bh. and D. W. Hagstrum. 1995.** *Integrated Management of Insects in Stored Products.* Marcel Dekker, Inc., New York, 426 pp.

91. **Stasiak M., Molenda M., Horabik J. 2006.** *Moduls of elasticity of rapeseeds by edometric and acoustic methods.* Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Vol. 9(4).
92. **Stępniewski A.; Szot B. 1995.** *Factors determining the resistance of rape seeds to damage.* Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, z. 427, 51-63.
93. **Szwed G., Łukaszuk J. 200**4. *Uszkodzenia nasion rzepaku jarego w warunkach działania sił udarowych.* Acta Agrophysica vol. 4(2004), nr. 3, pp. 815-822
94. **Tabuc C., Stefan G. 2005.** *Assessment of mycologic and mycotoxicologic contamination of soybean, sunflower and rape seeds and meals during 2002-2004.* Archiva Zootechnica 8: 51-56.
95. **Tylkowska K., Dorna H., Szopińska D. 2007.** *Patologia Nasion.* Wyd. AR Poznań, 184 ss.
96. **Tys J., Rybacki R., 2001.** *Rzepak – jakość nasion, procesy zbioru, suszenia, przechowywania.* Acta Agrophysica, 44, 75-80.
97. **Tys J., Sobczuk H., Rybacki R., 2002.** *Wpływ temperatury suszenia na właściwości mechaniczne nasion rzepaku.* Rośliny Oleiste, XXIII, 417-426.
98. **Tys J., 2006.** *Rzepak. Zbiór, suszenie, przechowywanie.* IA PAN Lublin.
99. **Tys J. 2005.** *Jak przechowywać nasiona rzepaku.* Nasz rzepak 8: 35-36.
100. **Ustawa o ochronie roślin. 2003.** Ustawa z dnia 18 grudnia 2003 r. o ochronie roślin (Tekst jednolity: Dz. U. 2008 r. Nr 133, poz. 849).
101. **White G.G., Lambkin T.A. 1990.** *Baseline Responses to Phosphine and Resistance Status of Store-Grain Beetle Pest in Queensland, Australia.* Entomological Society of America. Vol. 83, no. 5: 1738174.
102. **Wickiel G., Wower K., Gwiazdowski R., Horoszkiewicz-Janka J., Jajor E., Korbas M. 2010.** *Determination of selected Alternaria mycotoxins in rapeseed, rapeseed meal and rapeseed cake.* 9th. Int. Congres: Mycotoxins and Moulds. Bydgoszcz, 28-29.06.2010. Abstract, p. 47.
103. **Wolny S., Tys J. 2008.** *Kodeks dobrej praktyki produkcji rzepaku.* Tom 1, Polskie Stowarzyszenie Producentów Oleju.

9. Obowiązujące przepisy prawne z zakresu suszenia i przechowywania rzepaku

Rozporządzenie (WE) nr 1829/2003 Parlamentu Europejskiego i Rady z 22 września 2003 r. dotyczące genetycznie zmodyfikowanej żywności i paszy.

Rozporządzenie (WE) nr 1830/2003 Parlamentu Europejskiego i Rady z 22 września 2003 r. dotyczące możliwości śledzenia i etykietowania organizmów modyfikowanych genetycznie i zmieniające Dyrektywę 2001/18EC.

Rozporządzenia (WE) nr 183/2005 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 12 stycznia 2005 r. ustanawiające wymagania dotyczące higieny pasz.

Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1881/2006 z 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy zanieczyszczeń w środkach spożywczych, wraz z późniejszymi zmianami, które określa maksymalną zawartość benzo(a)pirenu w olejach do bezpośredniego spożycia na poziomie max 2,0 mg/kg (ppb).

Rozporządzenie Komisji (WE) nr 149/2008 z dnia 29 stycznia 2008 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 396/2005 Parlamentu Europejskiego i Rady poprzez ustanowienie załączników II, III i IV ustalających najwyższe dopuszczalne poziomy pozostałości dla produktów wymienionych w załączniku I do wymienionego rozporządzenia (Dz. U. L 58 z 01.03.2008: 1-398).

Rozporządzenie Komisji (WE) nr 839/2008 z dnia 31 lipca 2008 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 396/2005 Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do załączników II, III i IV dotyczących najwyższych dopuszczalnych poziomów pozostałości pestycydów w określonych produktach oraz na ich powierzchni (Dz. U. L 234 z 30.08.2008, 1-216).

Rozporządzenie Ministra Rolnictwa z 1997 r. (Dz. U. Nr 132 poz. 877 „Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dnia 7 października 1997 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie" z późniejszymi zmianami: Dz. U. Nr 108 poz. 907 „Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 22 czerwca 2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie").

Załącznik do Rozporządzenia Ministra Rolnictwa z 1997 r. (Dz. U. Nr 132, poz. 877 „Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dnia 7 października 1997 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie" i Dz. U. 2009 nr 108 poz. 907 „Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 22 czerwca 2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie").

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 16 maja 2007 r. (Dz. U. Nr 119, poz. 817) w sprawie najwyższych dopuszczalnych poziomów pestycydów które mogą znajdować się w środkach spożywczych lub na ich powierzchni.

Rozporządzenie Min. Rolnictwa i Rozwoju Wsi z 28 maja 2008 r. (Dz. U. Nr 95, poz. 605) w sprawie wykazu substancji aktywnych których stosowanie w środkach ochrony roślin jest zabronione.

Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej (Dz. U. z 2009 r. Nr 178, poz. 1380 „Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 15 października 2009 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o ochronie przeciwpożarowej", z 2010 r. Nr 57, poz. 353 „Ustawa z dnia 19 lutego 2010 r. o zmianie ustawy o ochronie przeciwpożarowej").

Rozporządzenie Ministra Rolnictwa z 11 lutego 2009 r. (Dz. U. Nr 22, poz. 124 „Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 5 stycznia 2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy magazynowaniu, przetwórstwie zbóż i produkcji pasz pochodzenia roślinnego").

10. Słownik

- **benzo(a)piren –** grupa organicznych związków chemicznych – wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, są związkami silnie rakotwórczymi
- **detekcja –** wykrywanie dowolnych sygnałów, wykrywanie zdarzeń, w tym fizycznych
- **punkt olejowy –** poziom ciśnienia jakie jest potrzebne do wypływu oleju z nasiona pod wpływem jego odkształcenia
- **substancje hydrofilowe –** substancja mająca zdolność otaczania się cząsteczkami wody
- **substancje hydrofobowe –** substancja nie wykazująca powinowactwa do wody
- **wilgotność nasion –** zawartość wody w nasionach określana zwykle w procentach w stosunku do ich masy (ciężaru)
- **wilgotność kondycjonalna nasion –** górny zakres wilgotności nasion, przy którym obserwuje się osłabienie procesów życiowych bez uszczerbku dla ich żywotności
- **wilgotność równoważna (równowagowa) –** oznacza, że zawartość wody w nasionach zależy od nasycenia powietrza parą wodną w określonej temperaturze, ale nie jest mu równa, zależy od indywidualnych właściwości nasion, często wyrażana za pomocą tabel i wykresów
- **wilgotność względna w przestrzeniach międzynasiennych –** wilgotność względna powietrza znajdującego się w porach wypełniających przestrzenie pomiędzy nasionami
- **wyolejanie –** wypływ oleju z nasiona, najczęściej na skutek przyłożenia sił zewnętrznych

PSPO
POLSKIE STOWARZYSZENIE PRODUCENTÓW OLEJU

Polskie Stowarzyszenie Producentów Oleju jest organizacją branży przetwórstwa nasion oleistych o zasięgu ogólnopolskim i skupia przedstawicieli wszystkich wiodących firm przemysłu tłuszczowego.

Misja

Misją Stowarzyszenia jest działanie na rzecz tworzenia warunków dla wzrostu konkurencyjności polskiego sektora olejowego.

Miejsce w branży

Firmy olejarskie obecnie zrzeszone w Polskim Stowarzyszeniu Producentów Oleju przerobiły w 2010 r. ok. 2,23 mln ton nasion rzepaku, co stanowiło 96% krajowego przerobu i wyprodukowały:

- około 917 tys. ton oleju rzepakowego
- około 1,12 mln ton poekstrakcyjnej śruty rzepakowej
- około 100 tys. ton makuchu

FEDIOL
The EU Oil & Proteinmeal Industry

Od 2008 r. jesteśmy członkiem FEDIOL – Europejskiej Federacji Przetwórców Nasion Oleistych

Zapraszamy na nasze strony internetowe:

www.pspo.com.pl

www.paszerzepakowe.pl

Teraz rzepak Teraz olej

PSPO
POLSKIE STOWARZYSZENIE PRODUCENTÓW OLEJU

Polskie Stowarzyszenie Producentów Oleju
ul. Grzybowska 2 lok. 49, 00-131 Warszawa
tel.: 022 313 07 88; faks: 022 436 39 66
e-mail: biuro@pspo.com.pl; www.pspo.com.pl

Zakłady Tłuszczowe „Kruszwica" S.A.
ul. Niepodległości 42
88-150 Kruszwica
tel. centrala: 052 353 51 00
faks: 052 351 51 99
E-mail: ztkruszwica@ztkruszwica.pl
Internet: www.ztkruszwica.pl
skup rzepaku: 052 353 53 07
sprzedaż oleju: 052 353 52 52
sprzedaż śruty: 052 353 54 01 lub 313

ADM Szamotuły Sp. z o.o.
ul. Chrobrego 29
64-500 Szamotuły
tel. centrala: 061 292 93 00
faks: 061 292 9 396
E-mail: wzthandel@adm.com
Internet: www.adm.com
skup rzepaku: 061 29 29 388
sprzedaż oleju: 061 29 29 390
sprzedaż śruty: 061 29 29 389

Elstar Oils S.A.
ul. Ogólna 1G
82-300 Elbląg
tel.: 055 239 80 00
faks: 055 239 80 01
E-mail: elstaroils@elstaroils.pl
Internet: www.elstaroils.pl
skup rzepaku: 055 239 80 52
sprzedaż oleju: 055 239 80 61
sprzedaż śruty: 055 239 80 21

Zakłady Tłuszczowe „Bielmar" Sp. z o.o.
ul. Sempołowskiej 63
43-300 Bielsko-Biała
tel.: 033 819 82 00
faks: 033 819 83 66
E-mail: bielmar@bielmar.com.pl
Internet: www.bielmar.com.pl
skup rzepaku: 033 819 83 59
sprzedaż oleju: 033 819 83 10
sprzedaż makuchu: 033 819 83 59 i 358

Zakłady Tłuszczowe w Bodaczowie Sp. z o.o.
Bodaczów
22-460 Szczebrzeszyn
tel.: 084 682 20 90
faks: 084 682 20 91
E-mail: ztb@ztb.pl
Internet: www.ztb.pl
skup rzepaku: 084 682 20 17
sprzedaż oleju: 084 682 20 92
sprzedaż śruty: 084 682 20 90

Komagra Sp. z o.o.
ul. Bema 83
01-233 Warszawa
tel.: 022 532 99 40
faks: 022 532 99 41
E-mail: biuro@komagra.pl
Internet: www.komagra.pl
skup rzepaku: 022 532 99 53,
sprzedaż oleju: 022 532 99 51
sprzedaż śruty: 022 532 99 51

Zakłady Chemiczne „Organika-Azot" S.A.
ul. Chopina 94
43-600 Jaworzno
tel.: (032) 614 31 28
fax: (032) 614 31 28
E-mail: tlocznia@azot.pl
Internet: www.azot.pl
skup rzepaku: (032) 614 31 28
sprzedaż oleju: (032) 614 31 28
sprzedaż śruty: (032) 614 31 28

PPHU WILMAR Marek Wilczyński
ul. Osiedleńcza 1A
55-020 Żórawina
tel.: (071) 31 65 272
fax: (071) 31 65 262
E-mail: info@wilmar-oils.pl
Internet: www.wilmar-oils.pl
skup rzepaku: (071) 31 65 272
kom. 512 106 840; 846
sprzedaż oleju: (071) 31 65 272
kom. 512 106 840
sprzedaż makuchu: (071) 31 65 272

Bastik Sp. z o.o.
ul. Prosta 2
63-720 Koźmin Wielkopolski
tel.: 062 721 62 04
faks: 062 721 62 04
E-mail: bastik1@wp.pl
Internet: www.bastik.neostrada.pl
skup rzepaku: 0 606 316 884
sprzedaż oleju: 0 606 316 884
sprzedaż makuchu: 0 606 316 884

PPHU „Kamex" Henryk Kramski
ul. Józefa Czapskiego 55
Brzezie k. Sulechowa
66-100 Sulechów
tel.: 068 385 33 21
faks: 068 385 33 21
E-mail: kamex@kamex.net.pl
Internet: www.kamex.net.pl
skup rzepaku: 068 385 33 21
sprzedaż oleju: 068 352 99 28
sprzedaż makuchu: 068 352 99 52

Z serii „Teraz rzepak, Teraz olej” dotychczas ukazały się:

Wszystkie książki z serii „Teraz rzepak, Teraz olej” można zamówić bezpłatnie w wersji elektronicznej poprzez stronę internetową **www.pspo.com.pl** lub zakupić w biurze PSPO albo za wysyłką pocztową.

RIELA® POLSKA
Oni zdobią to po mojej myśli.
ul. Przemysłowa 3, Kartoszyno, 84-110 Krokowa
tel.: 58 675 49 40 • tel./fax: 58 675 49 50
e-mail: info@riela.pl • Internet: www.riela.pl
D-48477 Riesenbeck, Münsterstraße 73
tel.: 0049-5454-93160 • fax: 0049-5454931699
e-mail: info@riela.de • Internet: www.riela.de
Suszarnie: do zboża, kukurydzy, roślin oleistych i strączkowych.
Pracujące w systemie porcjowym, obiegowym oraz przepływowym (ciągłym).
Modele o wydajności od 1,5 do 120 t/h.
Stacjonarne i przewoźne, wykonane z blachy ocynkowanej lub aluminiowej. Oszczędne, niezawodne, proste w obsłudze, z możliwością modułowej rozbudowy.
Silosy: o pojemności od 5 do 13.000 m³.
Przenośniki do transportu ziarna: kubełkowe, ślimakowe, pneumatyczne, redlery i przenośniki taśmowe.
Czyszczalnie do ziarna.
Urządzenia do mielenia i mieszania pasz sterowane komputerowo.
Systemy sterowania automatycznego oparte na PLC z pełną wizualizacją obiektu na komputerze PC.

prof. dr hab. Jerzy Tys
Instytut Agrofizyki Polskiej Akademii Nauk w Lublinie

dr inż. Robert Rusinek
Instytut Agrofizyki Polskiej Akademii Nauk w Lublinie

dr inż. Paweł Olejarski
Instytut Ochrony Roślin PIB w Poznaniu

prof. nadzw. dr hab. Marek Korbas
Instytut Ochrony Roślin PIB w Poznaniu

dr Ewa Jajor
Instytut Ochrony Roślin PIB w Poznaniu

inż. Konrad Gładkowski
Riela Polska Sp. z o.o.

PSPO
POLSKIE STOWARZYSZENIE PRODUCENTÓW OLEJU

Polskie Stowarzyszenie Producentów Oleju
ul. Grzybowska 2 lok. 49, 00-131 Warszawa
tel.: 22 313 07 88; faks: 22 436 39 66
e-mail: biuro@pspo.com.pl; www.pspo.com.pl

ISBN 978-83-927541-7-6