INSTYTUT OCHRONY ROŚLIN
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Metodyka integrowanej ochrony magazynów zbożowych dla doradców

Program Wieloletni Instytutu Ochrony Roślin 2016–2020
„Ochrona roślin uprawnych z uwzględnieniem bezpieczeństwa żywności oraz ograniczenia strat w plonach i zagrożeń dla zdrowia ludzi, zwierząt domowych i środowiska”
finansowany przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi
Zadanie 1.1.
Aktualizacja i opracowanie metodyk integrowanej ochrony roślin rolniczych oraz poradników sygnalizatora

INSTYTUT OCHRONY ROŚLIN
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Metodyka integrowanej ochrony magazynów zbożowych dla doradców

Opracowanie zbiorowe pod redakcją:
dr. inż. Tomasza Klejdysza
i prof. dr. hab. Marka Mrówczyńskiego

Program Wieloletni 2016–2020
„Ochrona roślin uprawnych z uwzględnieniem bezpieczeństwa żywności oraz ograniczenia strat w plonach i zagrożeń dla zdrowia ludzi, zwierząt domowych i środowiska"
finansowany przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi

Zadanie 1.1. Aktualizacja i opracowanie metodyk integrowanej ochrony roślin rolniczych oraz poradników sygnalizatora

POZNAŃ 2017

INSTYTUT OCHRONY ROŚLIN – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
Zakład Transferu Wiedzy i Innowacji, ul. Władysława Węgorka 20, 60-318 Poznań
tel. 61 864 90 27, e-mail: upowszechnianie@iorpib.poznan.pl, www.ior.poznan.pl

Opracowanie zbiorowe pod redakcją:
dr. inż. Tomasza Klejdysza i prof. dr. hab. Marka Mrówczyńskiego

Recenzent:
prof. dr hab. Bożena Kordan[2]

Autorzy opracowania:
dr inż. Tomasz Klejdysz[1]
prof. dr hab. Stanisław Ignatowicz[3]
dr Wojciech Kubasik[1]
dr Grzegorz Gorzała[4]
dr Paweł Olejarski[1]
dr Joanna Horoszkiewicz-Janka[1]
dr Ewa Jajor[1]
prof. dr hab. Marek Korbas[1]
dr Grzegorz Pruszyński[1]
prof. dr hab. Stefan Pruszyński[5]
prof. dr hab. Piotr Goliński[6]
dr hab. Agnieszka Waśkiewicz[6]
dr Joanna Zamojska[1]
prof. dr hab. Paweł Węgorek[1]
mgr Daria Dworzańska[1]

Autorzy zdjęć:
dr hab. Paweł Bereś, prof. nadzw.[1], mgr Robert Gawroński, prof. dr hab. Piotr Goliński[6], prof. dr hab. Stanisław Ignatowicz[3], dr Tomasz Klejdysz[1], dr Grzegorz Pruszyński[1]

[1] Instytut Ochrony Roślin – PIB, Poznań
[2] Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn
[3] Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa
[4] Główny Inspektorat Ochrony Roślin i Nasiennictwa, Warszawa
[5] emerytowany pracownik Instytutu Ochrony Roślin – PIB, Poznań
[6] Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań

Korekta językowa:
Monika Klejdysz

Korekta redakcyjna:
Monika Kardasz
Zakład Transferu Wiedzy i Innowacji

ISBN 978-83-64655-31-9

Nakład: 150 egz.
Skład i łamanie: Wojciech Szybisty
Druk: TOTEM, ul. Jacewska 89, 88-100 Inowrocław, www.totem.com.pl

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP 5

2. PRZEPISY PRAWNE 7

2.1. Prawo i zasady dotyczące integrowanej ochrony roślin 7
2.2. Przepisy prawne dotyczące magazynowania ziarna zbóż 9

3. RODZAJE MAGAZYNÓW ZBOŻOWYCH 14

4. OGÓLNE ZASADY INTEGROWANEJ OCHRONY MAGAZYNÓW ZBOŻOWYCH PRZED SZKODNIKAMI I PATOGENAMI – DOBRE PRAKTYKI 17

4.1. Prawidłowy zbiór ziarna 20
4.2. Prawidłowy transport ziarna 22
4.3. Higiena obiektów i urządzeń do magazynowania 24

5. PRAWIDŁOWE WARUNKI PRZECHOWYWANIA ZIARNA ZBÓŻ 34

6. NAJWAŻNIEJSZE SZKODNIKI W MAGAZYNACH ZBOŻOWYCH 39

6.1. Owady 40
6.1.1. Chrząszcze 40
6.1.2. Motyle 68
6.2. Roztocze 86
6.3. Kręgowce 93
6.3.1. Gryzonie 93
6.3.2. Ptaki 98

7. METODY WYKRYWANIA PORAŻENIA ZIARNA I MONITORING WYSTĘPOWANIA SZKODNIKÓW W MAGAZYNIE ZBOŻOWYM 102

7.1. Wykrywanie owadów – szkodników magazynowych 104
7.2. Wykrywanie roztoczy w magazynowanym ziarnie 112
7.3. Wykrywanie gryzoni w magazynie i wokół niego 113

8. OCENA STOPNIA ZASIEDLENIA PRZECHOWYWANEGO ZBOŻA PRZEZ SZKODNIKI 119

9. PODEJMOWANIE DECYZJI O ZWALCZANIU SZKODNIKÓW 123

10. GRZYBY POWODUJĄCE USZKODZENIA I OBNIŻENIE JAKOŚCI MAGAZYNOWANEGO ZIARNA 124
10.1. Grzyby występujące na nasionach 124
10.2. Mykotoksyny w płodach rolnych 136
10.3. Zapobieganie zasiedleniu nasion przez grzyby oraz powstawaniu mykotoksyn 142
10.4. Wpływ mykotoksyn na organizmy ludzi i zwierząt na przykładzie ochratoksyny A 144
11. METODY OGRANICZANIA SZKÓD W MAGAZYNACH 149
11.1. Niechemiczne 149
11.1.1. Fizyczne 149
11.1.2. Metody biotechniczne 161
11.1.3. Mechaniczne metody zwalczania gryzoni 161
11.1.4. Metody biologiczne 165
11.2. Chemiczne metody zwalczania owadów i roztoczy w pustych magazynach i w magazynowanym zbożu 179
11.2.1. Chemiczne metody zwalczania szkodników w pustych magazynach i silosach 179
11.2.2. Środki ochrony roślin o działaniu kontaktowym do stosowania na ziarno 181
11.2.3. Środki ochrony roślin o działaniu gazowym 184
11.3. Chemiczne metody zwalczania gryzoni 190
11.3.1. Formy użytkowe rodentycydów 191
11.3.2. Stosowanie rodentycydów 194
11.4. Metody odstraszania ptaków od obiektów magazynowych 197
12. PROBLEM ODPORNOŚCI SZKODNIKÓW MAGAZYNOWYCH NA ŚRODKI OCHRONY ROŚLIN 200
13. DOKUMENTOWANIE INTEGROWANEJ OCHRONY ROŚLIN ORAZ LISTY KONTROLNE 205
14. PODSUMOWANIE GŁÓWNYCH ZASAD INTEGROWANEJ OCHRONY MAGAZYNÓW ZBOŻOWYCH PRZED SZKODNIKAMI 209
15. LITERATURA 212

1. WSTĘP

Wyżywienie ciągle rosnącej populacji ludzi na Ziemi jest jednym z największych, globalnych wyzwań, jakiemu musi sprostać ludzkość. Siew, uprawa, zabezpieczenie upraw przed agrofagami i zbiór to tylko część zabiegów pozwalających na osiągnięcie tego celu. Zebrane plony muszą zostać należycie przechowane, aby wysiłek włożony w wyprodukowanie żywności nie poszedł na marne przez zniszczenie jej wskutek działalności szkodników w magazynach oraz aby zabezpieczyć potrzeby żywieniowe ludzi i zwierząt hodowlanych w ciągu całego roku. W wielu rozwiniętych krajach świata występuje nadprodukcja żywności i wiążąca się z tym potrzeba magazynowania nadwyżek, co stwarza dogodne warunki do rozwoju żerujących na niej szkodników.

Szkodniki przechowalniane nazywane też szkodnikami magazynowymi towarzyszyły człowiekowi od niepamiętnych czasów. Stanowiły zagrożenie dla zgromadzonej żywności prawdopodobnie we wszystkich starożytnych cywilizacjach. W ziarnie zbóż składanym w grobowcach faraonów (ok. 5 tys. lat temu) odnaleziono m.in. chrząszcze wołka zbożowego, trojszyków, spichrzela surynamskiego, kapturnika zbożowca, żywiaka chlebowca oraz pustoszy. W Japonii odkryto wołki (zbożowego, ryżowego i kukurydzowego) odciśnięte we fragmentach naczyń glinianych datowanych na 10,5 tys. lat przed naszą erą. Również obecnie szkodniki magazynowe są zagrożeniem i stanowią poważny problem nawet w najnowocześniejszych magazynach, pomimo znacznego postępu nauki i technologii przechowywania.

Szacuje się, że w skali globalnej szkodniki magazynowe niszczą od 8 do 10% wszystkich zbiorów! W Polsce sam tylko wołek zbożowy niszczy około 5% przechowywanego ziarna zbóż. Wartość ta jest zapewne zaniżona z uwagi na niechęć do ujawniania przez duże firmy faktu obecności szkodników, co mogłoby wpłynąć na pogorszenie reputacji firmy. Do strat jakie powodują szkodniki magazynowe należy zaliczyć: ubytek masy ziarna, obniżenie jego zdolności kiełkowania, zanieczyszczenie wylinkami, odchodami i ciałami martwych szkodników. Wskutek aktywności szkodników dochodzi do wzrostu wilgotności i zagrzewania się ziarna, co sprzyja namnażaniu się drobnoustrojów i dalszej deprecjacji surowca.

W przeciwieństwie do szkodników roślin uprawnych, większość szkodników magazynowych ma kosmopolityczne rozmieszczenie i występuje wszędzie tam, gdzie znajdą pokarm i dogodne warunki rozwoju. Szkodniki magazynowe w większości pochodzą z rejonów tropikalnych lub subtropikalnych. Ich rozprzestrzenianiu sprzyja, jak nigdy dotąd, masowy, globalny przepływ towarów. W zamkniętych, często zimą ogrzewanych magazynach, mają pod dostatkiem

pokarmu i w znacznej mierze izolowane są przed wrogami naturalnymi, które mogłyby ograniczyć ich liczebność.

Zabezpieczenie żywności oraz walkę ze szkodnikami utrudnia ich ogromna różnorodność oraz często skomplikowana i specyficzna ekologia. Szacuje się, że liczba samych tylko owadów związanych z różnego rodzaju magazynowanymi towarami to ponad 1600 gatunków, natomiast roztocze zasiedlające obiekty magazynowe to przynajmniej 260 gatunków. Do tego należy dodać liczne gatunki gryzoni, ptaków oraz grzybów, które poza niszczeniem żywności mogą skazić ją toksycznymi produktami przemiany materii – mykotoksynami.

Obecnie w Polsce zboża (pszenica, żyto, jęczmień, owies, pszenżyto oraz mieszanki zbożowe) uprawiane są na prawie 7 milionach hektarów. Ich udział w ogólnej produkcji roślinnej kraju wynosi 63,9%, a zbiory w 2016 roku wyniosły ponad 25,3 mln ton ziarna (GUS 2017). Pod względem powierzchni uprawy zbóż zajmujemy 2. miejsce w Unii Europejskiej (po Francji), a w zbiorach zbóż – 3. (po Francji i Niemczech) (ARR 2013). Tylko niewielka część tej masy zużywana jest na bieżąco. Zdecydowana większość musi być przechowywana do momentu ich wykorzystania.

2. PRZEPISY PRAWNE

2.1. Prawo i zasady dotyczące integrowanej ochrony roślin

Od 1 stycznia 2014 r. stosowanie integrowanej ochrony roślin stało się obowiązkiem wszystkich profesjonalnych użytkowników środków ochrony roślin. Wprowadzenie integrowanej ochrony roślin jako standardu produkcji roślinnej wynika bezpośrednio z postanowień art. 14 dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiającej ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów (Dz. Urz. UE L 309 z 24.11.2009, str. 71) (Dyrektywa 2009) oraz art. 55 rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1107/2009 z dnia 21 października 2009 r. dotyczącego wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin i uchylającego przepisy dyrektywy Rady 79/117/EWG i 91/414/EWG (Dz. Urz. UE L 309 z 24.11.2009, str. 1) (Rozporządzenie 2009).

Integrowana ochrona roślin została również uregulowana przepisami prawa krajowego. Zgodnie z art. 35 ustawy z dnia 8 marca 2013 r. o środkach ochrony roślin (Dz.U. 2017 r. poz. 50 ze zm.) (Ustawa 2013) użytkownicy profesjonalni zobowiązani są do:

- stosowania środków ochrony roślin z uwzględnieniem integrowanej ochrony roślin,
- prowadzenia chemicznej ochrony w taki sposób, aby nie stwarzać zagrożenia dla zdrowia ludzi, zwierząt oraz dla środowiska, w tym przeciwdziałania znoszeniu środków ochrony roślin na obszary i obiekty niebędące celem zabiegu,
- planowania stosowania środków ochrony roślin z uwzględnieniem okresu, w którym ludzie mogą przebywać na obszarze objętym zabiegiem.

Użytkownicy profesjonalni, którzy stosują środki ochrony roślin są zobowiązani do uwzględniania wymogów integrowanej ochrony roślin określonych w rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 kwietnia 2013 r. w sprawie wymagań integrowanej ochrony roślin (Dz.U. poz. 505) (Rozporządzenie 2013a). Według ww. rozporządzenia producent rolny powinien przed zastosowaniem chemicznej ochrony roślin wykorzystać wszelkie dostępne działania i metody ochrony przed agrofagami, aby ograniczyć stosowanie pestycydów. Zapisy tego rozporządzenia kładą nacisk m.in. na stosowanie płodozmianu, odpowiednich odmian, przestrzeganie optymalnych terminów, stosowanie

właściwej agrotechniki, nawożenie oraz zapobieganie rozprzestrzenianiu się organizmów szkodliwych. Jednym z wymogów jest również ochrona organizmów pożytecznych oraz stwarzanie warunków sprzyjających ich występowaniu, w szczególności dotyczy to owadów zapylających i naturalnych wrogów organizmów szkodliwych. Zastosowanie chemicznej ochrony roślin powinno być poprzedzone działaniami monitoringowymi oraz wsparte odpowiednimi instrumentami naukowymi i doradztwem.

Biorąc pod uwagę specyfikę niniejszej metodyki wiele elementów wskazanych w ww. rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi nie odnosi się bezpośrednio do magazynów zbożowych, niemniej przechowywane tam ziemiopłody musiały być uprawiane zgodnie z zasadami integrowanej ochrony roślin. Stosując integrowaną ochronę roślin w gospodarce magazynowej warto zwrócić szczególną uwagę na przestrzeganie zasad higieny, czyli czyszczenie i dezynfekcje magazynów, celem zapobiegania występowaniu i rozprzestrzenianiu się organizmów szkodliwych. Skuteczną metodą zapobiegawczą w gospodarce magazynowej jest także kontrola ziemiopłodów przeznaczonych do przechowywania przed ich wprowadzeniem do magazynu. Należy upewnić się, czy nie są one zainfekowane organizmami szkodliwymi, które w sprzyjających warunkach mogłyby namnożyć się oraz spowodować szkody ekonomiczne, uszkadzając, zanieczyszczając lub nawet niszcząc przechowywane płody rolne.

Według obowiązujących przepisów prawa, do ochrony chemicznej roślin (dotyczy to również zastosowań w magazynach) można stosować tylko środki ochrony roślin dopuszczone do obrotu i stosowania na podstawie zezwoleń wydanych przez Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Informacje o środkach ochrony roślin posiadających rejestrację zamieszczane są w rejestrze udostępnionym na stronie internetowej Biuletynu Informacji Publicznej Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi (https://bip.minrol.gov.pl/Informacje-Branzowe/Produkcja-Roslinna/Ochrona-Roslin). Na stronie internetowej Ministerstwa znajdują się również etykiety zarejestrowanych środków ochrony roślin, z którymi każdy zainteresowany może się zapoznać. Natomiast przed aplikacją środka ochrony roślin obowiązkiem każdego użytkownika jest dokładne zapoznanie się z etykietą i stosowanie się do jej zapisów.

Osoby wykonujące zabiegi środkami ochrony roślin muszą posiadać wymaganą wiedzę potwierdzoną aktualnym, na czas wykonywania zabiegów, zaświadczeniem o ukończeniu szkolenia w zakresie stosowania środków ochrony roślin lub doradztwa dotyczącego środków ochrony roślin, lub integrowanej produkcji roślin, lub innego dokumentu potwierdzającego uprawnienia do stosowania pestycydów. W przypadku stosowania fumigantów od stosującego wymagane jest przeszkolenie w zakresie stosowania środków ochrony roślin metodą fumigacji.

Użytkownik profesjonalny jest zobligowany do prowadzenia i przechowywania przez 3 lata dokumentacji zawierającej nazwę środka ochrony roślin, czas zastosowania i zastosowaną dawkę, obszar lub powierzchnię, lub jednostkę masy ziarna i uprawy, lub obiekty, na których zastosowano środek ochrony roślin. W dokumentacji wymaga się wskazania sposobu realizacji wymagań integrowanej ochrony roślin przez podanie, co najmniej przyczyny wykonania zabiegu środkiem ochrony roślin.

Na posiadaczach sprzętu do stosowania środków ochrony roślin ciąży obowiązek przeprowadzania okresowych badań potwierdzających sprawność techniczną sprzętu. Pierwsze badanie nowego sprzętu przeprowadza się nie później niż po upływie 5 lat od dnia jego nabycia. Z obowiązku badań wyłączone są opryskiwacze ręczne i plecakowe, których pojemność zbiornika nie przekracza 30 litrów.

2.2. Przepisy prawne dotyczące magazynowania ziarna zbóż

Silosy na zboże są budowlami rolniczymi w myśl rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dnia 7 października 1997 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie (Dz.U. z 2014 r., poz. 81) (Rozporządzenie 1997a). Rozporządzenie to określa warunki, które przy zachowaniu przepisów prawa budowlanego oraz odrębnych przepisów, a także ustaleń polskich norm zapewniają:

- bezpieczeństwo konstrukcji,
- bezpieczeństwo pożarowe,
- bezpieczeństwo użytkowania,
- odpowiednie warunki higieniczne i zdrowotne oraz ochronę środowiska,
- ochronę przed hałasem i drganiami,
- oszczędność energii i odpowiednią izolacyjność cieplną przegród,
- odpowiednie warunki użytkowe,
- ochronę uzasadnionych interesów osób trzecich,
- trwałość budowli,
- ochronę dóbr kultury.

Przygotowując miejsce pod budowę silosów na zboże o pojemności do 100 ton należy pamiętać, aby zachować minimalne odległości:

- 8 m od pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi,
- 8 m od innych budynków, z wyłączeniem budynków inwentarskich i gospodarczych,
- 15 m od instalacji służących do otrzymywania biogazu rolniczego,
- 15 m od składu węgla i koksu,
- 4 m od granicy działki sąsiedniej.

Odległość silosów na zboże o pojemności większej niż 100 ton powinna wynosić co najmniej:

- 10 m od pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi oraz od budynków inwentarskich, jednak nie mniej niż 15 m od otworów okiennych i drzwiowych w tych pomieszczeniach oraz budynkach,
- 8 m od budynków innych niż powyżej określone,
- odległości od instalacji służących do otrzymywania biogazu rolniczego, od składu węgla i koksu oraz od granicy działki sąsiedniej są takie same jak w przypadku silosów do 100 ton.

Należy również pamiętać, że w budowlach rolniczych przeznaczonych do magazynowania produktów spożywczych i pasz oraz komponentów przeznaczonych do ich produkcji, zabronione jest stosowanie materiałów toksycznych i charakteryzujących się stężeniem naturalnych izotopów promieniotwórczych większym od przewidzianego w przepisach w sprawie dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia, wydzielanych przez materiały budowlane, urządzenia i elementy wyposażenia w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi.

Osoby, które są zatrudnione w elewatorach i magazynach zbożowych podlegają przepisom rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dnia 27 czerwca 1997 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy magazynowaniu, przetwórstwie zbóż i produkcji pasz pochodzenia roślinnego (Dz.U. z 1997 r. Nr 76, poz. 479 ze zm.) (Rozporządzenie 1997b). Zgodnie z zapisami wymienionego rozporządzenia pracodawca jest obowiązany wyposażyć stanowiska pracy związane z obsługą maszyn i urządzeń technicznych w szczegółowe instrukcje bezpieczeństwa i higieny pracy.

Regulacjom ww. rozporządzenia podlega również sposób prowadzenia prac remontowych wewnątrz komór do magazynowania zbóż i ich przetworów oraz wewnątrz urządzeń technicznych, do których wchodzi się przez włazy. Takie prace mogą być wykonywane po uprzednim:

- poleceniu wydanym przez pracodawcę lub osobę przez niego upoważnioną,
- ich opróżnieniu i oczyszczeniu z resztek surowcowych lub przetworów zbożowych oraz przewietrzeniu,
- zablokowaniu lub odłączeniu urządzeń zasypowych i odbiorczych od źródeł zasilania na czas wykonywania prac remontowych lub konserwacyjnych oraz wywieszeniu tabliczki z napisem „Uwaga nie uruchamiać – remont".

W czasie prac prowadzonych w elewatorach i magazynach zbożowych niedopuszczalne jest:

- opuszczanie pracownika do komory wypełnionej zbożem poniżej nawisu ziarna,
- uwalnianie się pracownika z linki asekuracyjnej i urządzenia chroniącego przed upadkiem z wysokości w czasie pracy w komorze do magazynowania.

Maszyny, układy napędowe i urządzenia techniczne posiadające elementy ruchome stwarzające zagrożenie, powinny być wyposażone w osłony lub inne urządzenia ochronne uniemożliwiające bezpośredni kontakt z elementami ruchomymi. W czasie pracy maszyn i urządzeń technicznych niedopuszczalne jest:

- wykonywanie prac konserwacyjno-remontowych,
- regulowanie długości łańcuchów, pasków klinowych lub płaskich,
- dokonywanie wymiany zespołów roboczych lub sit,
- wyjmowanie zanieczyszczeń z sit separatora,
- czyszczenie stołu selekcyjnego i rynien wylotowych w selektorze,
- wkładanie ręki do otworów wlotowych i wylotowych śluzy kurzowej,
- regulowanie działania mechanizmu wstrząsowego lub napędowego ślimaka filtra,
- otwieranie pokrywek montażowych lub okienek kontrolnych na wlocie wybieraka dwuślimakowego.

Rozporządzenie „BHP" reguluje również sposób układania pryzmy z worków ze zbożem i jego przetworami w magazynach podłogowych. Zgodnie z nim, pryzmy należy formować z worków o jednakowej masie, kształcie, rodzaju opakowania i wymiarze, układanych zawiązkami do środka. W przypadku formowania pryzm wyższych niż 5 warstw po każdych pięciu warstwach od poziomu podłogi należy stosować wzmocnienia w postaci drewnianych przekładek. Do formowania pryzm o wysokości powyżej 1,50 m albo sześciu warstw od poziomu podłogi należy używać sprzętu mechanicznego.

Pryzmy należy układać w odległościach nie mniejszych niż 0,75 m od ściany oraz 1 m od innej pryzmy. Formowanie pryzm opartych o ścianę jest dopuszczalne pod warunkiem, że konstrukcja ściany magazynu odpowiada wymogom wytrzymałościowym dla tego rodzaju składowania, a zboże nie utraci swojej jakości.

Przed przygotowaniem magazynu do przechowywania ziarna zbóż, jak również w trakcie jego przechowywania następuje często konieczność zastosowania środków chemicznych. Zgodnie z ustawą z dnia 8 marca 2013 r. o środkach ochrony roślin (Dz.U. 2017 r. poz. 50 ze zm.) (Ustawa 2013) do stosowania środków ochrony roślin przeznaczonych dla użytkowników profesjonalnych konieczne jest posiadanie odpowiednich kwalifikacji. Zabiegi takie mogą być wykonywane przez osoby, które ukończyły szkolenie:

- w zakresie stosowania środków ochrony roślin w Rzeczypospolitej Polskiej potwierdzone zaświadczeniem o ukończeniu tego szkolenia, lub
- w zakresie doradztwa dotyczącego środków ochrony roślin w Rzeczypospolitej Polskiej potwierdzone zaświadczeniem o ukończeniu tego szkolenia, lub
- w zakresie integrowanej produkcji roślin potwierdzone zaświadczeniem o ukończeniu tego szkolenia, lub
- wymagane od użytkowników profesjonalnych w innym państwie członkowskim Unii Europejskiej lub w państwie będącym stroną umowy o Europejskim

Obszarze Gospodarczym, na podstawie przepisów obowiązujących w tym państwie, potwierdzone dokumentem o ukończeniu tego szkolenia, lub przedstawiły inny dokument wydany na podstawie przepisów obowiązujących w tym państwie, potwierdzający uzyskanie uprawnień do wykonywania zabiegów z zastosowaniem środków ochrony roślin przeznaczonych dla użytkowników profesjonalnych.

Szkolenia z zakresu stosowania środków ochrony roślin mogą być szkoleniami:
- podstawowymi, lub
- szkoleniami uzupełniającymi dla osób, które ukończyły szkolenia podstawowe.

Szkolenia uprawniające do stosowania środków ochrony roślin zachowują ważność przez okres 5 lat.

Ze szkoleń podstawowych w zakresie stosowania środków ochrony roślin są zwolnione osoby, które posiadają zaświadczenie wydane przez szkołę ponadgimnazjalną lub szkołę wyższą, stwierdzające, że w dokumentacji przebiegu nauczania tej osoby zostały uwzględnione wszystkie zagadnienia ujęte w programie szkolenia w danym zakresie lub posiadają kwalifikacje wymagane dla osób prowadzących szkolenia w zakresie integrowanej produkcji. Szkolenia w zakresie stosowania środków ochrony roślin nie są wymagane od pracowników naukowych szkół wyższych lub instytutów badawczych, jeżeli do zakresu obowiązków tych osób należy prowadzenie zajęć dydaktycznych, badań naukowych lub prac rozwojowych z zakresu rolnictwa, ogrodnictwa lub leśnictwa. Uprawnienia takie mają również osoby prowadzące szkolenia w zakresie:
- stosowania środków ochrony roślin,
- doradztwa dotyczącego stosowania środków ochrony roślin,
- integrowanej produkcji roślin.

Uprawnienia takie zachowują ważność przez okres 5 lat od dnia zakończenia nauki lub zaprzestania wykonywania ww. działalności.

Częstą metodą stosowania chemicznej ochrony magazynów jest prowadzenie w nich fumigacji. W przypadku zastosowania środków ochrony roślin metodą fumigacji należy pamiętać, że prowadzenie jej wymaga posiadania szkolenia z zakresu stosowania środków ochrony roślin metodą fumigacji. Prowadząc fumigację należy zachować szczególną ostrożność, ponieważ używane środki są bardzo niebezpieczne dla aplikującego jak również osób postronnych. Bezwzględnie przed zabiegiem należy zapoznać się z etykietą środka, dokładnie się do niej stosować, ze szczególnym uwzględnieniem warunków bezpiecznego stosowania preparatu.

Pobieranie próbek do badań laboratoryjnych na obecność pozostałości środków ochrony roślin reguluje rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi

z dnia 27 listopada 2013 r. w sprawie pobierania próbek roślin, produktów roślinnych lub przedmiotów do badań na obecność pozostałości środków ochrony roślin (Dz.U. z 2013 r. poz. 1549) (Rozporządzenie 2013b). Na podstawie powyższego rozporządzenia Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa prowadzi kontrolę prawidłowego stosowania środków ochrony roślin. Nic nie stoi jednak na przeszkodzie, aby magazynujący zboża wykorzystywali je do celów kontroli wewnętrznej. Rozporządzenie to określa sposób pobierania próbek do badań laboratoryjnych, zabezpieczenia próbek pobranych do badań oraz sposób postępowania z nimi. Próbobranie obejmuje pobranie próbek pierwotnych roślin lub produktów roślinnych, z których wydziela się, po ich połączeniu i dokładnym wymieszaniu, próbkę laboratoryjną, na której będą przeprowadzane analizy.

Próbki pierwotne należy pobierać równomiernie z całej powierzchni i głębokości magazynu. W przypadku pobierania próbek pierwotnych z miejsc przechowywania lub składowania:

- do 25 t – należy pobrać 5–10 próbek z całej powierzchni,
- powyżej 25 t do 250 t – należy wyznaczyć obszar próbobrania reprezentujący miejsce przechowywania lub składowania o wielkości 25 t i pobrać 5–10 próbek,
- powyżej 250 t – należy na każde rozpoczęte 250 t wyznaczyć jeden obszar próbobrania reprezentatywny dla miejsca przechowywania lub składowania o wielkości 25 t i z każdego wydzielonego obszaru pobrać 5–10 próbek.

Próbki pierwotne powinny być takiej samej lub, jeżeli nie jest to możliwe, podobnej wielkości, tak aby zapewnić reprezentatywność próbki laboratoryjnej. Próbki laboratoryjne, niezwłocznie po ich pobraniu umieszcza się w czystym, wykonanym z obojętnych materiałów opakowaniu, które zabezpiecza próbki przed zanieczyszczeniem, uszkodzeniem i ubytkiem. Dodatkowo należy pamiętać, że próbka laboratoryjna nasion zbóż nie może być mniejsza niż 1 kg.

3. RODZAJE MAGAZYNÓW ZBOŻOWYCH

Wzrost powierzchni gospodarstw rolnych wymusza budowę odpowiedniego zaplecza magazynowego. Bez tego niemożliwe jest długotrwałe i bezpieczne składowanie jakichkolwiek płodów rolnych, a tym samym zapewnienie wysokiego poziomu bezpieczeństwa żywności w całym łańcuchu żywnościowym, zgodnie z zasadą „od pola do stołu".

Aby nie stracić tak cennego surowca, jakim jest ziarno zbóż i mieć możliwość jego wykorzystania w późniejszym okresie, należy je odpowiednio zmagazynować. Zboża można przechowywać w różnych magazynach. Jednak, aby sprostać wymogom długotrwałego i bezpiecznego magazynowania, muszą być to obiekty do tego celu przygotowane już na etapie projektowania. Adaptowanie na cele magazynowe różnych obiektów, jak np. strychy, garaże i wiaty, nie powinno mieć miejsca, nawet w ograniczonym zakresie, gdyż nie zapewniają one szczelności i utrzymania odpowiednich warunków przechowywania.

Współczesne magazyny do przechowywania ziarna, ze względu na rodzaj składowanego w nich surowca, zaliczane są do grupy magazynów zamkniętych. Są to specjalne obiekty odpowiednio przygotowane i właściwie wyposażone. Zasadniczo dzielą się na spichlerze zbożowe (podłogowe i sąsiekowe) oraz komorowe (elewatory lub silosy) (Lada 2008).

Fot. 3.1. Pryzma ziarna w magazynie płaskim (fot. T. Klejdysz)

W spichlerzach podłogowych zboże składowane jest w mniejszych i większych pryzmach (fot. 3.1). Są to najstarsze konstrukcyjnie rodzaje magazynów zbożowych, w których ograniczone są możliwości transportu surowca, jego przewietrzania czy dosuszania, a większość prac wykonywana musi być ręcznie lub z niewielkim tylko udziałem urządzeń mechanicznych.

W spichlerzach sąsiekowych zboże składowane jest podobnie jak w spichlerzach podłogowych, ale powierzchnia, na której się ono znajduje, podzielona jest ściankami na mniejsze lub większe sektory, tzw. sąsieki. Podział taki daje większe możliwości zagospodarowania powierzchni i pojemności magazynowej niż spichlerze podłogowe i pozwala na magazynowanie obok siebie różnych partii, a nawet gatunków zbóż (Bulsiewicz i wsp. 1975; Bochat i Kupczyk 2009).

Spichlerze komorowe (elewatory lub silosy) (fot. 3.2), to zbiorniki zwykle o cylindrycznym kształcie i pojemności od kilku ton do kilku tysięcy ton. Mogą być one wykonane w technologii ceglanej (dawniejsze konstrukcje), betonowej (trwałe, ale kosztowne) lub stalowej (najbardziej popularne). Mogą być budowane jako pojedyncze obiekty lub zespoły (baterie) w układzie gniazdowym lub szeregowym (rzędowym). Spichlerze budowane w układzie gniazdowym są tańsze niż w szeregowym, jednak dają ograniczone możliwości rozbudowy o kolejne obiekty.

Fot. 3.2. Spichlerze komorowe z blachy stalowej (fot. T. Klejdysz)

Najbardziej popularne są spichlerze komorowe o konstrukcji stalowej (silosy), o ścianach wykonanych z blachy płaskiej (na mniejsze pojemności) lub blachy falistej (na większe pojemności: 1,5–10 tys. ton ziarna), z płaskim (większe pojemności) lub lejowym dnem (mniejsze pojemności) W celu ograniczenia zjawiska skraplania się pary wodnej wewnątrz silosu i poprawienia izolacyjności termicznej niektóre konstrukcje mogą mieć ściany o podwójnym płaszczu (Bochat i Kupczyk 2009).

Nowoczesne spichlerze komorowe wyposażone są w system czyszczenia, transportu, załadunku, wyładunku, wietrzenia, dosuszania, nadzorowania warunków temperaturowo-wilgotnościowych surowca itd. Wszelkie prace jak np. załadunek, wyładunek, przerzucanie ziarna z jednego spichlerza do innego są w pełni zautomatyzowane.

4. OGÓLNE ZASADY INTEGROWANEJ OCHRONY MAGAZYNÓW ZBOŻOWYCH PRZED SZKODNIKAMI I PATOGENAMI – DOBRE PRAKTYKI

Wprowadzenie do powszechnego użycia chemicznych środków ochrony roślin stworzyło wrażenie łatwego zwalczania organizmów szkodliwych dla roślin w polu i zgromadzonych plonów w magazynach. W XX wieku do ochrony zmagazynowanego ziarna zbóż przed szkodnikami magazynowymi powszechnie stosowano szeroką gamę chemicznych środków ochrony roślin. Wraz z rozwojem wiedzy na temat negatywnego ich wpływu na organizmy żywe i środowisko, stopniowo wycofywano z produkcji i użycia te, które zawierały substancje czynne uznane za szkodliwe i niebezpieczne dla zdrowia ludzi, zwierząt lub środowiska naturalnego (np. bromek metylu). Tym samym zmniejszyła się liczba chemicznych środków ochrony roślin przeznaczonych do zwalczania szkodników magazynowych.

Potrzeba poszukiwania rozwiązań, które pozwoliłyby zapewnić ochronę roślin w polu i przechowywanych plonów w magazynach przed organizmami szkodliwymi na odpowiednim poziomie, pozwalającym na zachowanie opłacalności ekonomicznej produkcji rolniczej, przy jednoczesnym ograniczeniu wszelkich skutków negatywnych stosowania środków ochrony roślin, doprowadziła do opracowania podstaw integrowanej ochrony roślin, a także integrowanej ochrony magazynów zbożowych przed szkodnikami i chorobami.

Integrowana ochrona magazynów zbożowych przed szkodnikami i chorobami jest sposobem ochrony przechowywanych plonów przed organizmami szkodliwymi, który polega na wykorzystaniu wszystkich dostępnych metod ochrony, w szczególności metod niechemicznych, w sposób minimalizujący zagrożenie dla zdrowia ludzi, zwierząt oraz dla środowiska. Integrowana ochrona przechowywanych produktów wykorzystuje w pełni wiedzę z zakresu biologii organizmów szkodliwych w celu określenia optymalnych terminów dla podejmowania działań zwalczających te organizmy, a także wykorzystuje bogaty zasób opracowanych metod niechemicznych możliwych do zastosowania w pomieszczeniach zamkniętych. Tym samym integrowana ochrona magazynów zbożowych przed szkodnikami i chorobami pozwala ograniczyć stosowanie chemicznych środków ochrony roślin do niezbędnego minimum i w ten sposób ograniczyć ich presję na środowisko naturalne, chronić zdrowie ludzi i zwierząt oraz różnorodność biologiczną środowiska rolniczego.

W integrowanej ochronie magazynów przed organizmami szkodliwymi powinny być wykorzystywane następujące narzędzia:

- metodyka integrowanej ochrony magazynów zbożowych przed szkodnikami i chorobami,
- progi ekonomicznej szkodliwości patogenów i szkodników – progi te określają, kiedy stosowanie zabiegu chemicznego staje się ekonomicznie opłacalne, tzn. przy jakiej liczebności organizmu szkodliwego straty, jakie może on spowodować, przewyższają koszty jego chemicznego zwalczania,
- systemy wspomagania decyzji w ochronie produktów przechowywanych w magazynach – systemy te, bazujące na znajomości biologii organizmów szkodliwych, wskazują optymalny termin wykonania chemicznych zabiegów ochronnych w magazynie.

Obowiązek stosowania zasad integrowanej ochrony roślin, a także integrowanej ochrony magazynów zbożowych przed szkodnikami i chorobami, przez wszystkich profesjonalnych użytkowników środków ochrony roślin począwszy od dnia 1 stycznia 2014 r., wynika z postanowień art. 14 dyrektywy 2009/128/WE oraz rozporządzenia nr 1107/2009, którego artykuł 55. stanowi, że środki ochrony roślin muszą być stosowane właściwie (Dyrektywa 2009; Rozporządzenie 2009).

Zgodnie z ogólnymi zasadami integrowanej ochrony roślin określonymi w załączniku III do dyrektywy 2009/128/WE oraz rozporządzeniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi, należy tak prowadzić ochronę magazynów, aby działania te były przyjazne środowisku: **nad chemiczne metody zwalczania organizmów szkodliwych należy przedkładać metody higieniczne, mechaniczne, fizyczne, biologiczne, biotechniczne i inne metody niechemiczne, jeżeli zapewniają one ochronę przed organizmami szkodliwymi**. Oznacza to pierwszeństwo niechemicznych metod ochrony magazynów przed metodami chemicznymi, ale jeżeli zajdzie potrzeba wykonania zabiegu chemicznego, wtedy należy wybrać środek chemiczny możliwie przyjazny środowisku.

W integrowanej ochronnie magazynów zbożowych przed szkodnikami i chorobami należy w pierwszej kolejności zapobiegać pojawieniu się organizmów szkodliwych w magazynie z ziarnem zbóż, co powinno być osiągane m.in. przez:

- prawidłowy zbiór ziarna zbóż i jego transport zgodnie z zasadami higieny fitosanitarnej,
- przestrzeganie zasad higieny obiektów i urządzeń do magazynowania,
- stosowanie zabiegów higieny fitosanitarnej (np. regularne czyszczenie maszyn i sprzętu wykorzystywanego w magazynach), aby zapobiec rozprzestrzenianiu się organizmów szkodliwych,
- stosowanie odmian odpornych lub tolerancyjnych na żerowanie szkodników magazynowych albo odmian odpornych lub tolerancyjnych na rozwój patogenów magazynowych,

- zapewnienie warunków bezpiecznego przechowywania zboża (czyszczenie, przewietrzanie i suszenie ziarna),
- stosowanie zabiegów zapobiegających introdukcji organizmów szkodliwych,
- stosowanie środków ochrony roślin w sposób ograniczający ryzyko powstania odporności u organizmów szkodliwych.

Decyzje o wykonaniu zabiegów w magazynie powinny być podejmowane w oparciu o monitoring występowania organizmów szkodliwych, z uwzględnieniem progów ekonomicznej szkodliwości, jeśli takie zostaną opracowane. Stosowanie środków ochrony roślin w magazynach powinno być ograniczone do niezbędnego minimum, w szczególności przez zredukowanie dawek lub ograniczenie ilości wykonywanych zabiegów.

Przydatnym narzędziem wprowadzonym i wykorzystywanym w wielu zakładach produkujących żywność jest tzw. system HACCP – system analizy zagrożeń i krytycznych punktów kontroli (Ćwiek-Ludwicka 1995). System ten nie proponuje konkretnych rozwiązań zabezpieczających osiągnięcie założonego celu, w tym przypadku przechowanie ziarna bez strat jego masy i jakości, ale wskazuje wytyczne, jakimi należy się kierować aby ten cel osiągnąć. W każdym, indywidualnym przypadku wdrażane zasady mogą się różnić. System HACCP opiera się na siedmiu zasadach:

1. Identyfikacja zagrożeń i opisanie środków zapobiegawczych: na schemacie np. zawierającym etapy zbioru, transportu aż końca okresu magazynowania, zaznaczyć należy wszystkie możliwe zagrożenia biologiczne (m.in. szkodniki), fizyczne (m.in. zawilgocenie surowca) i inne. Następnie należy oszacować istotność zidentyfikowanych zagrożeń i opisać środki kontrolne umożliwiające ich opanowanie.
2. Identyfikacja krytycznych punktów kontroli: rozpoznanie miejsc lub etapów produkcji, gdzie opanowanie zidentyfikowanych wcześniej zagrożeń jest najbardziej istotne dla zapewnienia bezpieczeństwa ziarna.
3. Identyfikacja limitów krytycznych. Dla każdego punktu krytycznego należy ustalić limity wartości czynników niekorzystnych, po przekroczeniu których może dojść do strat w surowcu (np. maksymalna, akceptowalna wilgotność ziarna w trakcie magazynowania oraz progi szkodliwości).
4. Ustalenie systemu monitorowania. Należy ustalić sposób monitorowania, częstotliwość (np. stosować pułapki feromonowe, czujniki temperatury i wilgotności) oraz sposób zapisywania wartości czynników mogących wpłynąć na pogorszenie stanu magazynowego ziarna.
5. Określenie działań korygujących. Należy opracować procedury działań korygujących, które muszą być podjęte, gdy monitorowanie wykaże przekroczenie ustalonych granic krytycznych (np. po przekroczeniu wartości krytycznej wilgotności należy przewietrzyć ziarno).

6. Ustalenie procedur weryfikacji systemu. Należy opisać sposób sprawdzania poprawności działania systemu, np. kontrole próbek ziarna na obecność szkodników, pleśni oraz ich właściwości fizycznych.
7. Ustalenie procedur zapisów. Należy opracować procedury sporządzania, prowadzenia, przechowywania i nadzorowania wszystkich dokumentów i zapisów systemu HACCP.

4.1. Prawidłowy zbiór ziarna

Pojawienie się kombajnu zbożowego, początkowo ciągnikowego, a następnie samojezdnego, znacznie ułatwiło żniwa. Tylko kombajnem można w jednym przejeździe roboczym skosić zboże, rozdzielić na ziarno, plewy i słomę, a wymłócone zboże zwieść do magazynów.

Przed wyjazdem w pole kombajnu zbożowego powinno się zadbać o czystość jego podzespołów mających kontakt z ziarnem. Wszystkie dostępne powierzchnie w układzie omłotowym kombajnu, w jego komorze sitowej, w wytrząsaczach i zbiorniku ziarna należy dokładnie oczyścić ze starego ziarna, pośladu i pyłu, bo w nich mogą występować i rozwijać się szkodniki i patogeny magazynowe, szczególnie, jeżeli zanieczyszczenia te zalegały w kombajnie dłuższy czas. Jeśli zabiegu tego nie wykona się lub zrobi się to niedbale, wówczas podczas pracy kombajnu w polu, szkodliwe organizmy przedostaną się do świeżego ziarna i zanieczyszczą go, co może być przyczyną dotkliwych strat w okresie późniejszego przechowywania plonu (Ignatowicz 2017).

W czasie pracy kombajn powinien mieć wyregulowane wszystkie mechanizmy i powinien być tak ustawiony, aby zebrać plon przy jak najmniejszych stratach. Kombajn nastawia się wstępnie, przejeżdża kilkadziesiąt metrów, a po zatrzymaniu sprawdza się stan ziarna w zbiorniku i ocenia wielkość strat za kombajnem. W zbiorniku nie powinny wówczas znajdować się całe kłosy lub ich fragmenty, w których jest jeszcze ziarno. Niedomłacania kłosów można uniknąć odpowiednio ustawiając obroty bębna młócącego. Oprócz kłosów, pod słomą poszukuje się również pojedynczych ziaren, które są wyrzucane z kombajnu przez niewłaściwie ustawione sita i wentylator. W przypadku obecności ziarniaków na ziemi po przejeździe, ww. elementy należy stosownie wyregulować.

Niektóre zboża posiadają większy niż przeciętnie udział słomy i np. podczas omłotu żyta czy pszenżyta, ziarno może wydostawać się na pole wraz ze słomą. Powodem tego może być zbyt duża ilość masy przechodzącej przez kombajn, tj. nastąpiło przekroczenie dopuszczalnej przepustowości kombajnu. Mniejsza prędkość jazdy lub lekkie uniesienie zespołu żniwnego (hederu), jeżeli nie zbiera się słomy, powinno zmniejszyć straty.

Podczas pracy kombajnu powstają mechaniczne uszkodzenia ziarniaków: ziarniaki są często „łamane". Sprzyja temu często upalna i sucha pogoda panująca

podczas żniw. Ziarniaki nadmiernie wówczas przesychają i stają się kruche. Drugą przyczyną uszkodzenia ziarniaków może być zbyt mała szczelina między bębnem a klepiskiem młocarni lub zbyt wysokie obroty bębna młócącego. Uszkodzenia mechaniczne ziarniaków w wyniku ich nadmiernego obciążenia dynamicznego mogą być powodowane też działaniem roboczych części kombajnu i innych maszyn używanych w przechowalnictwie, które powodują ściskanie, przesuwanie, tarcie, zgniatanie, uderzanie, ścieranie i klinowanie ziaren między elementami roboczymi. Przyczyną pęknięć wewnętrznych i zewnętrznych części ziarniaków może być także gwałtowne ogrzanie lub oziębienie ziarna. Uszkodzenia takie mogą też powstawać podczas grawitacyjnego rozładunku, gdy wysokość spadania ziarna jest wyższa niż 6 m (Janowicz 2007).

Ziarniaki z naruszoną tkanką okrywającą, popękane i połamane, stwarzają dogodne warunki do rozwoju tzw. szkodników wtórnych, do których zalicza się np. trojszyki (*Tribolium*), rozpłaszczyki (*Cryptolestes*), psotniki (Psocoptera) oraz wiele innych. Dogodne warunki rozwoju na uszkodzonych ziarniakach, pozbawionych ochronnych warstw, znajdują też grzyby z rodzaju *Aspergillus* i *Penicillium*. Zanieczyszczenie masy ziarna glebą, kurzem, kawałkami roślin, chwastami i słomą, dodatkowo sprzyja pojawowi tych grzybów. Grzyby te nazywane „magazynowymi" wytwarzają niebezpieczne produkty przemiany materii – mykotoksyny, które mogą spowodować uszkodzenia wątroby, nerek i centralnego układu nerwowego zarówno u ludzi, jak i u zwierząt inwentarskich.

Zagrożenie mykotoksynami można zmniejszyć, zapobiegając porażeniu zbóż w czasie wegetacji grzybami z rodzaju *Fusarium*, a w magazynie dbając o właściwe przechowywanie zboża. Zarodniki grzybów kiełkują, gdy wilgotność ziarna przekracza 15%, i wytwarzają wtedy grzybnię, która żywi się składnikami ziarna. Wzrost grzybni powoduje wzrost wilgotności i temperatury, co sprzyja dalszemu rozwojowi kolonii grzybów. W miejscach intensywnego rozwoju grzybni najczęściej występuje zjawisko samozagrzewania oraz zbrylanie się ziarna. Jednocześnie zdarza się, że ziarno ulega zagrzaniu przy wilgotności poniżej 15%. Proces ten jest inicjowany przez aktywność niektórych owadów, takich jak wołki, trojszyki, a najczęściej przez rozkruszki (Acaroidea). Lokalne nagromadzenie się tych szkodników w jednym miejscu powoduje miejscowy wzrost temperatury i wilgotności. Aktywność grzybów i sprzyjające warunki, w których gwałtownie rozmnażają się owady, mogą wywoływać tworzenie się „ognisk zagrzania", w których temperatura może dochodzić nawet do 43°C. Ogniska zagrzania ziarna początkowo są trudne do wykrycia, ponieważ mogą być niewielkie i oddalone od czujników temperatury. Samozagrzewanie powoduje nieodwracalne pogorszenie jakości i duże ubytki suchej substancji ziarna, niekiedy jego całkowitą dyskwalifikację do użycia. Przyczyną ww. strat mogą być właśnie, często bagatelizowane, uszkodzone ziarniaki w masie ziarna.

4.2. Prawidłowy transport ziarna

Transport zboża nie wymaga warunków chłodniczych, mimo to przedsiębiorca firmy transportowej powinien uzyskać potwierdzone przepisami prawa odpowiednie zaświadczenie z właściwego powiatowego inspektoratu sanitarnego (od stycznia 2018 r.: Powiatowy Inspektorat Państwowej Inspekcji Bezpieczeństwa Żywności).

Podstawowym wymaganiem dla powierzchni przeznaczonych do transportu ziarna i innych produktów pochodzenia roślinnego jest ich czystość. Powierzchnia komory ładunkowej powinna być gładka, bez szpar i szczelin. W ładowni zalegające resztki poprzednio transportowanych towarów ulegają rozkładowi, mogą na nich rozwijać się mikroorganizmy i szkodniki (fot. 4.1). W komorze ładunkowej powinno się wykryć wszystkie miejsca, w których zgromadziły się resztki poprzednio przewożonych towarów, np. stare ziarno, brud oraz inne nieczystości oraz niezwłocznie je usunąć. Obecność tych zanieczyszczeń w ładowni stanowi poważne ryzyko skażenia nowej partii ziarna, które będzie przewożone. Usuwanie resztek poprzednio transportowanych towarów i innych zanieczyszczeń należy prowadzić systematycznie we wszystkich posiadanych środkach transportu.

Fot. 4.1. Resztki ziarna pozostałe na przyczepie przeznaczonej do jego transportu mogą stać się źródłem infekcji nowych partii ziarna (fot. T. Klejdysz)

Fot. 4.2. Nieprawidłowo zabezpieczony transport ziarna na barce, zasypany śniegiem i opanowany przez gryzonie (fot. S. Ignatowicz)

Transport ziarna zbóż i innych produktów w postaci sypkiej musi gwarantować, że w czasie jego trwania w ziarnie nie wystąpią zmiany organoleptyczne. Przewożone zboże należy zabezpieczyć i chronić przed opadami atmosferycznymi (fot. 4.2) i zanieczyszczeniami zewnętrznymi, np. kurzem lub pyłem oraz szkodnikami, które zwabione zapachem mogą dostać się do transportu z natury.

Środki transportu ziarna zbóż powinny być wydzielone wyłącznie do przewożenia zboża i innych produktów roślinnych i nie zaleca się przewożenia nimi innych produktów. Najczęściej do transportu zboża wykorzystuje się przyczepy zabezpieczone plandekami (fot. 4.3). Jeśli w przedsiębiorstwie wdrożone są procedury dobrych praktyk transportowych i HACCP, wtedy można dopuścić transport artykułów niespożywczych, ale po przeprowadzeniu analizy zagrożeń i określeniu adekwatnych procedur utrzymania czystości. Należy również pamiętać, że obowiązuje zakaz transportu towarów i ładunków niebezpiecznych (ADR) wspólnie ze środkami spożywczymi, w tym z ziarnem zbóż, oraz bezpośrednio przed nimi.

Jeśli ziarno zbóż jest transportowane w opakowaniach jednostkowych (worki) i zbiorczych (worki na paletach), wówczas opakowania również powinny być zabezpieczone przed zanieczyszczeniami zewnętrznymi oraz uszkodzeniami ładunku. Niewłaściwe zabezpieczenie ładunku może powodować w trakcie transportu

Fot. 4.3. Przyczepa do transportu ziarna (fot. T. Klejdysz)

uszkodzenia opakowań, a tym samym potencjalne ich zanieczyszczenie oraz straty spowodowane wysypywaniem się ziarna. Ta forma transportu dopuszcza przewożenie ładunków mieszanych spożywczych i niespożywczych, jednak wyłącznie pod warunkiem, że nie wpływają one poprzez swoje właściwości na jakość ziarna zbóż.

Standardy międzynarodowe np. *IFS Logistics* (version 2.1) lub *BRC Global Standard for Storage and Distribution* (ISSUE 3) (BRC Storage & Distribution Standard 2017) podają szczegółowe określenia właściwości oraz specyfikacji dla transportowanego produktu, utrzymanie właściwego stanu technicznego powierzchni transportowych oraz infrastruktury dodatkowej, a także zapewnienie właściwych warunków oraz częstotliwości mycia i dezynfekcji, zastosowanie do mycia lub dezynfekcji środków chemicznych przeznaczonych dla przemysłu spożywczego i właściwych do rodzaju produktów oraz okresowej walidacji tych metod. Wszystkie powyższe wymagania powinny być wdrożone w firmach i dużych gospodarstwach rolnych, jako elementy rozbudowanego systemu zapewnienia bezpieczeństwa żywności.

4.3. Higiena obiektów i urządzeń do magazynowania

Rozmiar pomieszczeń magazynowych powinien być odpowiedni, aby umożliwić swobodne składowanie ziarna w zaplanowanej ilości. W przypadku przechowywania ziarna zbóż, jak i maszyn rolniczych w tym samym obiekcie, często

okazuje się, że magazyn jest za mały, a wówczas produkty są składowane w niewłaściwych miejscach. W konsekwencji ziarno i urządzenia znajdujące się w magazynach mogą zostać uszkodzone. W takich obiektach znacznie utrudniona jest również inspekcja oraz monitoring występowania szkodników. W niedostosowanych do potrzeb i przeładowanych magazynach szkodniki mogą mieć też lepsze warunki rozwoju, spowodowane m.in. mniejszą możliwością przewietrzania.

Dużych przedmiotów nie należy ustawiać przy zewnętrznych ścianach budynku, a szczególnie przy drzwiach, gdyż szkodniki (głównie gryzonie) mogą się w nich ukryć i przedostać do zakładu czy magazynu, gdy drzwi zostaną otwarte (fot. 4.4). Należy uczynić wszystko, aby szkodnikom uniemożliwić przedostawanie się do budynku gospodarczego, w którym będą przechowywane zboże i pasze. Drzwi tych obiektów powinny szczelnie przylegać do ściany i podłogi. Pojawienie się szpar lub szczelin w czasie, gdy pozostają one zamknięte nie powinno mieć miejsca. Częstym i największym błędem jest pozostawianie otwartych drzwi, szczególnie tych, które otwierają się na zewnątrz. Pomieszczenia, w których trzymane jest zboże, nie powinny być otwierane na zewnątrz, gdyż szkodniki z łatwością mogą dostać się do środka, a zapachy mogą łatwiej się ulatniać i wabić gryzonie, ptaki oraz owady latające.

Fot. 4.4. Palety przetrzymywane przy ścianie magazynu mogą stanowić kryjówkę dla gryzoni (fot. S. Ignatowicz)

W magazynie zbożowym nie powinno być okien. Jeśli jednak są potrzebne, powinny być zaopatrzone w siatkę o małych oczkach, aby nie mogły przez nią przedostać się drobne owady. Część ważnych szkodników magazynowych aktywnie lata w okresie, gdy panują wysokie temperatury i tak mogą zasiedlać magazyny (Klejdysz i Nawrot 2010) Siatka powinna być wykonana z metalu, aby uniemożliwić sforsowanie jej przez gryzonie. Podobnie jak w przypadku drzwi, okna oraz siatki również powinny być szczelnie dopasowane do futryn i ścian. Wloty powietrza powinny być zabezpieczone nie tylko przed gryzoniami, ale też przed owadami (fot. 4.5).

Utrzymanie szczelności obiektów magazynowych jest jednym z podstawowych zabezpieczeń przed szkodnikami. Należy również pamiętać, aby nie wabić szkodników w pobliże magazynu. Można to osiągnąć przez kontrolowanie zapachów wydostających się z obiektu, stosując odpowiednie filtry i przewody powietrzne.

Większość eksploatowanych dziś magazynów zbożowych i silosów zbudowano ponad 30 lat temu. Najczęściej były one wielokrotnie remontowane i odnawiane, ale nadal mogą w nich pojawiać się pęknięcia oraz inne otwory, przez które szkodniki mogą przedostać do wnętrza. Dlatego, szczególnie starym obiektom należy poświęcać dużo uwagi i na bieżąco likwidować wszelkie ich wady.

Otwory w ścianie, przez które przechodzą rury i przewody elektryczne, zawsze powinny być dokładnie uszczelnione, gdyż przez nie wnikają do środka owady,

Fot. 4.5. Wlot powietrza u podstawy silosu umożliwiający swobodne wnikanie owadów – szkodników magazynowych do wnętrza obiektu (fot. T. Klejdysz)

a jeśli otwory są większe, wtedy przeciskać się mogą nawet gryzonie. Należy usunąć też wszelkie otwory w ścianach po śrubach, wkrętach, itp., które mogą służyć owadom za kryjówki.

Wewnętrzne ściany magazynu powinny być gładkie i nie powinny posiadać występów i zbędnych parapetów, gdyż na nich gromadzi się pył, w którym szkodniki mogą się ukryć i rozwijać. Miejsca te są zwykle trudne do utrzymania w czystości i najczęściej nie są sprzątane regularnie. Im w magazynie mniej tego typu miejsc, tym łatwiej i szybciej można wykryć szkodniki w przypadku, gdy pomimo starań trafią jednak do niego.

W okresie przedżniwnym należy wdrożyć następujące dobre praktyki w celu poprawienia stanu budynków magazynowych:

- gdy budynek posiada okna, wówczas te, które są otwierane, muszą być wyposażone w siatkę zatrzymującą owady,
- jeśli okna nie zamykają się szczelnie, muszą zostać wyregulowane lub wymienione. Pozwoli to np. utrzymać w środku wymagane stężenie gazu podczas fumigacji,
- drzwi, które nie zamykają się szczelnie, muszą być naprawione lub wymienione,
- przewody i rury, które prowadzone są na ścianach muszą być w nich ukryte lub szczelnie zamknięte w okrągłych profilach,
- wszystkie urządzenia i maszyny znajdujące się w budynku magazynowym muszą być z łatwością otwierane w celu ułatwienia ich czyszczenia. Utrudniony dostęp do nawet części tylko urządzeń i maszyn może być powodem zaniedbań personelu wykonującego zabiegi chemiczne lub higieniczne,
- maszyny i inne obiekty nie powinny być ustawiane zbyt blisko ścian, gdyż ich czyszczenie będzie utrudnione,
- stosowane w magazynie materiały muszą być dopuszczone do kontaktu z żywnością i nieporowate. Unikać należy drewna, materiałów tekstylnych i izolacyjnych,
- palety z workami wypełnionymi magazynowanymi produktami należy ustawiać przynajmniej 50 cm od ścian i na podłodze. Pozostały przy ścianie pas podłogi należy przemalować na biało. Zdecydowanie ułatwia to znalezienie owadów lub odchodów gryzoni,
- wszystkie ściany, podłoga i sufity powinny być gładkie,
- silosy muszą być zamykane szczelnie (za pomocą siatki drucianej lub podobnego materiału), szczególnie od spodu, gdyż szereg typów obiektów posiada liczne kanały (korytarze) biegnące w dolnej części, które stanowią idealną kryjówkę dla szkodników (Böye i wsp. 2006; Ignatowicz 2017).

Wnętrze silosów koniecznie wyposażone musi być w drabinę (fot. 4.6) i przewody wentylacyjne w części dachowej (fot. 4.7), służące do usuwania powietrza wydmuchiwanego przez turbiny powietrzne. Przewody te u podstawy, od strony

zewnętrznej, powinny być wykończone gładko, szczelnie i starannie. Asfalt i inne porowate materiały dostarczają szkodnikom idealnych kryjówek (fot. 4.5), gromadzą też wilgoć, ułatwiając wzrost pleśni. Część silosów posiada tunele biegnące pod nimi. Powinny one być wystarczająco szerokie, aby można było dokonać ich inspekcji oraz posiadać własne oświetlenie i szczelne wejście.

Fot. 4.6. Wnętrze silosu zaopatrzone w drabinę (fot. T. Klejdysz)

Fot. 4.7. Właz na szczycie silosu zbożowego (fot. T. Klejdysz)

Czyszczenie i mycie ma na celu utrzymanie budynków gospodarczych wolnych od szkodników. W okresie przedżniwnym, gdy magazyny są puste, należy wykryć wszystkie miejsca, w których gromadzą się odpadki, stare ziarno, brud i inne nieczystości. Ich obecność w pomieszczeniu stanowi poważne ryzyko skażenia, gdyż resztki ulegają rozkładowi i rozwijają się na nich mikroorganizmy i szkodniki. Magazynowane produkty mogą zostać zanieczyszczone ciałami obcymi, a resztki „starego zboża" (fot. 4.8) mogą wabić szkodniki z innych pomieszczeń lub z zewnątrz.

Usuwanie tych resztek jest sprzątaniem, czyszczeniem i myciem, które należy prowadzić systematycznie we wszystkich pomieszczeniach budynków gospodarczych. Czyszczenie i mycie pomieszczenia magazynowego wydaje się być proste, ale faktycznie jest złożonym procesem. Należy wybrać odpowiednią metodę, urządzenia i środki chemiczne oraz właściwie je stosować. Po wykonanym zabiegu należy ocenić jego skuteczność oraz ciągle sprawdzać jego efekty.

Czyszczenie i mycie wewnątrz obiektów powinno odbywać się, gdy magazyny są puste. Ich ściany, sufit i podłogę należy dokładnie oczyścić usuwając resztki ziaren zbóż, nasion i innych produktów, a także śmieci, zmiotki, pajęczynę i kurz, a nawet je wygładzić. Duża ilość pyłu i brudu w pomieszczeniu pochłania stosowane preparaty owadobójcze i znacznie ogranicza kontakt szkodników z każdym insektycydem. Aktywność wielu dobrych środków owadobójczych w pomieszczeniach zapylonych i brudnych jest krótka.

Fot. 4.8. Pozostałe wewnątrz silosu resztki ziarna, niezebrane przez przenośnik ślimakowy (fot. T. Klejdysz)

Resztki zbóż wymiecione z magazynu można przeznaczyć na paszę po ześrutowaniu lub zalaniu wrzącą wodą. Zbędne odpadki należy spalić na zewnątrz magazynu lub zakopać na głębokość 30–40 cm po uprzednim zalaniu 20-procentowym roztworem wapna chlorowanego.

Po oczyszczeniu podłóg, okien, ścian i sufitów oraz po wyskrobaniu zanieczyszczeń z różnych szczelin i pęknięć należy wszelkie szpary zaszpachlować (fot. 4.9) zaprawą murarską lub mieszankami klejowymi na bazie cementu, których szeroka gama dostępna jest w handlu. Podczas tych prac należy przestrzegać następujących dobrych praktyk:

- powietrze używane do czyszczenia nie powinno być wydmuchiwane, ale zasysane – najlepiej zastosować odkurzacze przemysłowe (fot. 4.10),
- narzędzia (szczotki, miotły itp.) do czyszczenia poszczególnych pomieszczeń powinny być różnego koloru, gdyż stosowanie ich w różnych pomieszczeniach może doprowadzić do skażenia lub zanieczyszczenia szkodnikami, które mogą na nich zostać przeniesione,
- należy wybrać właściwą metodę czyszczenia (czyszczenie na sucho, na mokro, wysoką temperaturą, pianką) oraz odpowiednie środki chemiczne,
- należy określić częstotliwość czyszczenia i mycia oraz metodę weryfikacji zabiegu (pułapki feromonowe, inspekcje itp.).

Fot. 4.9. W spękaniach ścian i podłóg gromadzą się resztki ziarna. Stanowią one również kryjówkę dla szkodników (fot. T. Klejdysz)

Wszystkie pojemniki na śmieci ustawione w pomieszczeniach budynku powinny posiadać szczelne pokrywy. Pojemniki te muszą być zawsze zamknięte, aby nie były do nich wabione lub nie wydostawały się z nich szkodniki. Śmieci należy regularnie usuwać z pomieszczenia, a pojemniki na nie dezynsekować i/lub odkażać.

Porządki nie mogą ograniczyć się jedynie do wnętrz pomieszczeń. W najbliższej okolicy magazynu powinien być utrzymany porządek. Sterty śmieci i innych materiałów, które planuje się wykorzystać w przyszłości stanowią kryjówki dla gryzoni (fot. 4.11). Plac przed budynkiem magazynowym powinien być utwardzony, najlepiej betonem wylanym pod określonym stopniem nachylenia, aby woda po opadach deszczu swobodnie spływała i nie zatrzymywała się w formie kałuż. Betonowa posadzka powinna nadawać się do dokładnego sprzątania i mycia, wówczas nie będą na niej gromadzić się rozkładające substancje organiczne, które wabią z daleka szkodliwe owady.

Często plac zabudowywany jest kostką brukową, którą układa się na piasku. Pomimo iż jest to rozwiązanie modne i atrakcyjne, nie jest odpowiednie dla otoczenia magazynów zbożowych. Szczeliny pomiędzy kostkami oraz ich podsypka mogą stać się domem dla mrówek – niepożądanych lokatorów w bliskim sąsiedztwie magazynów. Lepsze są twardsze podłoża, które mrówki niechętnie zasiedlają,

Fot. 4.10. Odkurzacz przemysłowy (fot. S. Ignatowicz)

Fot. 4.11. Bałagan wokół obiektu magazynowego (fot. S. Ignatowicz)

ale na nich gromadzić się może woda deszczowa, dlatego należy zapewnić jej odpowiedni odpływ.

Przy fundamentach magazynu lub silosu należy założyć opaskę z grubego żwiru, którego kamienie mają średnicę 2 cm i większą. W takiej opasce nie pojawią się chwasty, gryzonie nie założą gniazd, a szkodniki nie będą występować, gdyż nie jest to dla nich atrakcyjne siedlisko. Nie należy ustawiać dużych przedmiotów przy ścianach (fot. 4.12), lecz powinno się zachować przestrzeń wokół nich i pod nimi, jeśli jest to możliwe. Znacznie ułatwia to utrzymanie czystości oraz zapobiega gromadzeniu się w tych miejscach odpadów.

W miejscach gromadzenia odpadków i śmieci szkodliwe owady znajdują schronienie i obfite źródło pokarmu. Z tych miejsc szkodniki przedostają się do magazynów. W związku z tym należy śmietnik ustawić w odległości 10–15 m od budynków, aby „utrzymywał" szkodniki z dala od pomieszczeń, w których przechowujemy produkty rolne. Jeśli odpadki i śmieci są gromadzone w specjalnie do tego wybudowanym budynku (śmietniku), to jego betonowa posadzka powinna być nachylona, aby podczas mycia woda mogła swobodnie spływać do ścieku. Kraty zamykające otwór prowadzący do kanalizacji należy często sprawdzać, czy nie są zatkane. Popłuczyny nie powinny zalegać na posadzce. Gromadząca się brudna woda może wabić szkodniki, szczególnie te, które przenoszą czynniki chorobotwórcze. Kraty muszą być wyjmowane w celu ich dokładnego czyszczenia. Odpady w miejscu ich gromadzenia należy przetrzymywać w zamkniętych i szczelnych pojemnikach, do których owady i inne szkodniki nie mają dostępu (Ignatowicz 2014).

Im więcej czasu przeznacza się na czyszczenie i mycie, tym mniej czasu i kosztów przeznaczy się na zabiegi chemiczne w celu rozwiązania problemu owadów, roztoczy i gryzoni – szkodników magazynowych.

5. PRAWIDŁOWE WARUNKI PRZECHOWYWANIA ZIARNA ZBÓŻ

Ziarno zebrane kombajnem nie jest materiałem jednorodnym i znajdują się w nim różnego rodzaju zanieczyszczenia. Mogą to być zanieczyszczenia użyteczne (poślad), np. ziarno drobne, pochodzące z wierzchołków kłosów, ziarniaki niedojrzałe lub uszkodzone mechanicznie. W ziarnie mogą znajdować się nieużyteczne zanieczyszczenia mineralne (piasek, grudki ziemi, drobne kamienie, kawałki szkła i metalu) oraz organiczne (cząstki słomy, plewy, łuski, zielone części i nasiona chwastów). Ziarno, które ma być przechowywane przez kilka miesięcy, nie może zawierać więcej niż 5% zanieczyszczeń, zarówno użytecznych, jak i nieużytecznych. Jeżeli poziom zanieczyszczeń jest wyższy niż 5%, ziarno należy poddać zabiegowi **czyszczenia**, który ma oddzielić wszelkiego rodzaju zanieczyszczenia od ziarniaków. Samo tylko usunięcie zielonych cząstek roślin i nasion chwastów może zmniejszyć średnią wilgotność masy ziarna nawet o 3%.

W procesie czyszczenia wykorzystuje się różne cechy aerodynamiczne i geometryczne zanieczyszczeń. W strumieniu powietrza generowanym przez rozdzielacze pneumatyczne następuje wydzielenie z ziarna zanieczyszczeń ciężkich, lekkich i bardzo lekkich (pyły). Cechy geometryczne ziarna są inne niż zanieczyszczeń, a wiec można zastosować sita o różnych kształtach i wymiarach oczek w zabiegu **przesiewania**, aby od ziarna zbóż oddzielić drobne i grube zanieczyszczenia.

Maszyny do czyszczenia ziarna są stosowane w punktach przyjęcia ziarna, w magazynach zbożowych, magazynach nasiennych i młynach. Najczęściej używane są urządzenia sitowo-pneumatyczne tzw. wialnie, w których ziarno jest oddzielane od zanieczyszczeń w strumieniu powietrza i na kilku sitach z otworami o różnych kształtach.

Ziarno zbóż wraz z mikroorganizmami i szkodnikami w magazynie tworzy specyficzny system żywych organizmów zwany **ekosystemem pielęgnowanego i przechowywanego ziarna**. Na procesy życiowe tego ekosystemu największy wpływ ma wilgotność i temperatura zarówno ziarna, jak i powietrza w przestrzeniach międzyziarnowych. Czynniki te determinują:

- tempo rozwoju pleśni i szkodników,
- stopień zmniejszenia zdolności kiełkowania,
- ilość wydzielonego dwutlenku węgla oraz związany z tym ubytek suchej masy ziarna.

Masa ziarna zbóż wysuszona do wilgotności 14% i schłodzona do temperatury 5°C może być bezpiecznie przechowywana przez 150 tygodni, a więc prawie

3 lata, jeśli przez ten okres zachowane zostaną wymienione wartości. Jeśli do magazynu (silosu) złożymy ziarno o wilgotności 23% w temperaturze 35°C, wtedy czas bezpiecznego przechowywania produktu wyniesie tylko 17 godzin (!), natomiast w temperaturze 15°C wzrasta do 9 dni. Jeżeli silos jest napełniany porcjami kilkakrotnie i ziarno ma różną wilgotność, wtedy pielęgnacja całości powinna przebiegać tak, jak ziarna o najwyższej wilgotności.

Obniżenie temperatury ziarna wydłuża czas bezpiecznego przechowywania. Zaleca się, aby w ciągu 7 dni po zbiorze kombajnowym obniżyć temperaturę całej partii ziarna poniżej 16°C, docelowo poniżej 10°C.

Zebrane kombajnem, suche ziarno wymaga troskliwej opieki, nie tylko schłodzenia do temperatury poniżej 10°C. W każdym ziarniaku przez kilka lub kilkanaście dni od zbioru kombajnowego zachodzi końcowa faza dojrzewania ziarna (tj. dojrzewanie pożniwne). Ziarniaki oddychają wtedy bardzo intensywnie i wydzielają ciepło oraz wilgoć („pocą się"): w masie składowanego ziarna wzrasta temperatura i wilgotność. Ziarno powinno być wtedy przewietrzane.

Tradycyjne **szuflowanie lub przesypywanie** nie wystarcza. Konieczne jest skuteczne przewietrzanie, które możliwe jest tylko wtedy, gdy magazyn zbożowy (silosowy czy płaski) jest wyposażony w wentylator (dmuchawa), urządzenia doprowadzające sprężone powietrze z wentylatora do warstwy ziarna (perforowana podłoga lub perforowane kanały wentylacyjne) i urządzenia pomiarowo-kontrolne.

Przewietrzanie (wentylowanie, aeracja ziarna) ziarna jest to wymuszenie powolnego przepływu powietrza przez nieruchomą warstwę ziarna w celu chłodzenia ziarna oraz wyeliminowania różnic temperatury i wilgotności ziarna w różnych częściach składowanej masy, które powodują powstanie bardzo powolnego ruchu powietrza w przestrzeniach międzyziarnowych. Przemieszczające się powietrze niesie ze sobą wilgoć i gromadzi ją w najchłodniejszych miejscach masy ziarna. Zgromadzona w okresie kilku lub kilkunastu tygodni wilgoć uruchamia procesy życiowe ziarna i grzybów pleśniowych, sprzyja też szkodnikom, co powoduje deprecjację ziarna.

Dobre wyniki przewietrzania osiąga się po przepłynięciu około 1300 m^3 powietrza przez każdą tonę składowanego ziarna. Zastosowany wentylator powinien mieć odpowiednią moc, aby to zapewnić. Dla zbóż o wilgotności mniejszej niż 15% zaleca się 20 m^3 powietrza wdmuchiwanego w ciągu godziny na każdą tonę ziarna (ISO 34/4/2 N 125), wtedy w ciągu 65 godzin przez każdą tonę zboża przepłynie wymagane 1300 m^3 powietrza. Powietrze powinno być równomiernie doprowadzone do warstwy ziarna, gdzie będzie przepływać w przestrzeniach międzyziarnowych, aby dotrzeć wszędzie, odebrać ciepło oraz wilgoć i wyprowadzić na zewnątrz magazynu. Najbardziej równomierny rozkład powietrza daje perforowana na całej powierzchni podłoga lub perforowane kanały wentylacyjne.

Właściwe wyniki wentylowania ziarna osiąga się wtedy, gdy przed załadunkiem ziarno zostało oczyszczone przy użyciu wialni lub czyszczalni, a podczas załadunku zadbano, aby nie tworzyły się przestrzenie o większej gęstości, trudniejsze do penetracji w nich powietrza. Należy więc zapewnić jednakową gęstość ziarna w całej masie i wyrównać górną jego powierzchnię. Do poprawienia warunków wentylowania ziarna stosuje się urządzenia do **mieszania ziarna** ('świdry'), które mocowane są w górnej części silosu lub magazynu płaskiego.

Gdy nie ma możliwości przewietrzania ziarna wentylatorem, można zastosować **przerzucanie ziarna** między komorami magazynu lub silosami, szczególnie w długookresowej pielęgnacji ziarna suchego. Należy pamiętać, że wtedy kontakt ziarna z powietrzem z otoczenia jest krótkotrwały, a zabieg może mieć ograniczoną skuteczność.

Często ziarno zbóż trafia do magazynu jako 'mokre zboże' (tab. 5.1). Jeśli planowane jest jego długookresowe przechowywanie, ziarno takie należy poddać suszeniu i chłodzeniu. Wyróżnia się wiele metod **suszenia ziarna**, z których najważniejsze są dwie: metoda suszenia niskotemperaturowego i metoda suszenia wysokotemperaturowego.

Tabela 5.1. Dopuszczalne wartości wilgotności ziarna do długookresowego przechowywania

Rodzaj ziarna i czas przechowywania	Bezpieczna wilgotność ziarna [%]	Typowa maksymalna wilgotność ziarna przy zbiorze [%]
Pszenica, żyto, pszenżyto, jęczmień, owies:		
do 6 miesięcy	14,0	20,0
ponad 6 miesięcy	13,0	20,0
Rzepak:		
do 6 miesięcy	8,0	17,0
ponad 6 miesięcy	7,0	17,0
Kukurydza:		
paszowa, do wiosny	15,5	35,0
6–12 miesięcy	14,0	35,0
ponad 12 miesięcy	13,0	35,0

Źródło: Ryniecki i Szymański (1998)

Ziarno podstawowych zbóż o wilgotności w dniu zasypywania mniejszej niż 20% można suszyć i chłodzić **metodą niskotemperaturową** w grubej nieruchomej warstwie. Wykorzystuje się zasadniczo potencjał suszący powietrza atmosferycznego, tylko czasem ogrzewa się powietrze o kilka stopni Celsjusza.

Gdy wilgotność zebranego ziarna kukurydzy przekracza 20%, niezbędne jest szybkie **suszenie wysokotemperaturowe**. Wtedy cienkie i ruchome warstwy ziarna przedmuchiwane są ogrzanym powietrzem. Zabieg suszenia zużywa wtedy znaczną ilość energii, ale jest szybki. Obniżenie wilgotności ziarna kukurydzy z 30% do 15% można uzyskać za pomocą typowej suszarki z wydajnością 30 t w ciągu godziny.

Jeżeli wilgotność zebranego ziarna, przeznaczonego do magazynowania wynosi 21–23% a gospodarstwo nie posiada suszarni, surowiec taki można dosuszyć używając następującej metody: do silosu lub magazynu płaskiego należy zasypać warstwę ziarna grubości mniejszej niż 0,7 m i intensywnie ją przedmuchiwać bez przerw, nawet wówczas, gdy warunki pogodowe są niekorzystne (wysoka wilgotność powietrza). Jeżeli po dobie takiej aeracji temperatura ziarna w silosie w ciągu dnia wzrasta o 2–4°C powyżej temperatury otoczenia, wtedy ziarno należy wymieszać np. przerzucając do drugiego silosu. Po obniżeniu wilgotności ziarna do około 19% można je dalej suszyć metodą niskotemperaturową (Ryniecki i Szymański 1998).

W okresie przechowywania ziarna zbóż w magazynach obserwuje się migrację wilgoci w składowanej partii. Kiedy pojawią się ogniska samozagrzania, wzrasta wówczas różnica temperatur w masie ziarna, co wywołuje niewielkie prądy wznoszące powietrza, które przenoszą wilgoć z cieplejszych do chłodniejszych miejsc. Dodatkowo efekt ruchu wilgoci pogłębia zmiana pór roku, podczas których temperatura na zewnątrz opada, a zewnętrzne warstwy w zbiorniku i im najbliższe partie ziarna ulegają ochłodzeniu. Powietrze pomiędzy nimi chłodzi się również, i jako „cięższe" zaczyna opadać przemieszczając jednocześnie w górę cieplejsze powietrze znajdujące się w centralnej części zbiornika. Na powierzchni ciepłe powietrze chłodzi się, a zawarta w nim wilgoć wytrąca się, przemieszczając ją w ten sposób z miejsca cieplejszego w chłodniejsze. Odwrotnie, chłodniejsze ziarno umieszczone w zbiorniku w okresie letnim zaczyna ogrzewać się przy ścianach zbiornika. Tak część zewnętrzna staje się cieplejsza od centralnej, więc kierunek prądów konwekcyjnych będzie odwrotny, ale transport wilgoci będzie również miał miejsce. Aby zminimalizować efekty tego zjawiska, pożądane jest okresowe napowietrzanie – aktywna aeracja (wentylacja) ziarna (Janowicz 2007).

Wszystkie zabiegi pielęgnacji zboża powinny być dokładnie kontrolowane, aby nie dopuścić do zawilgocenia i zepsucia ziarna. Używane powinny być urządzenia pomiarowo-kontrolne, które dostarczają cennych informacji o temperaturze i wilgotności masy ziarna oraz o temperaturze i wilgotności względnej powietrza wdmuchiwanego do masy ziarna.

Na wilgotny ziarniak składa się jego sucha substancja oraz znajdująca się w nim woda. Wilgotność ziarna (w_z) oblicza się ze wzoru:

$$w_z = \frac{(m_w - m_s) \times 100}{m_w} \ [\%],$$

gdzie: m_w – masa wilgotnego ziarna, m_s – masa suchego ziarna.

Kontrolę wilgotności przechowywanego, suchego ziarna należy przeprowadzać raz w miesiącu. W czasie suszenia niskotemperaturowego ziarna mokrego, jego wilgotność trzeba mierzyć codziennie. Do szybkiego pomiaru wilgotności ziarna służą przyrządy elektroniczne, które wyznaczają wilgotność ziarna w sposób pośredni: próbkę ziarna umieszcza się w niewielkiej komorze pomiarowej i poddaje działaniu pola elektromagnetycznego wysokiej częstotliwości. Nadal popularna jest jednak metoda suszarkowa: waży się dokładnie próbkę ziarna i następnie odparowuje się całą jego wodę w suszarce laboratoryjnej w temperaturze 130°C i próbkę ponownie się waży. Wilgotność ziarna (w_z) oblicza się ze wzoru podanego powyżej.

Pomiar temperatury ziarna jest ważny i niezbędny we wszystkich metodach pielęgnacji ziarna zbóż, gdyż podaje pośrednie informacje o zachodzących w masie ziarna procesach biologicznych, w tym o aktywności organizmów szkodliwych. Czujniki temperatury rozmieszczone powinny być w najbardziej zagrożonych miejscach masy ziarna, aby jak najszybciej wykryć ogniska samozagrzewania. W magazynach o średnicy <5 m wystarcza jedna sonda z czujnikami co 1,5–2 m. W magazynach o średnicy >9 m zaleca się minimum trzy takie sondy.

Kontrolę temperatury ziarna świeżo zebranego przeprowadza się codziennie, aż do wysuszenia ziarna do zaplanowanej wartości. Po wysuszeniu i schłodzeniu masy zboża, temperaturę ziarna powinno się kontrolować co 10 dni, w chłodniejszych okresach, zimą, oraz co 5 dni wiosną. Jeżeli stwierdzimy podwyższenie temperatury, oznacza to, że powstało ognisko samozagrzewania ziarna i należy podjąć działania naprawcze (przewietrzyć ziarno lub wymieszać, lub przerzucić do innej komory silosu).

Pomiary wilgotności względnej powietrza wygodnie prowadzi się za pomocą czujnika pojemnościowego. Składa się on z folii polimerowej, na którą naniesiono ścieżki ze złota: ścieżki te tworzą okładki kondensatora, a folia jest jego dielektrykiem. Całość znajduje się w obudowie z tworzywa sztucznego o niewielkich rozmiarach. Zmiany wilgotności względnej powietrza powodują kurczenie się albo rozciąganie folii, co wpływa na mierzalną pojemność elektryczną tak zbudowanego kondensatora (Ryniecki i Szymański 1998).

6. NAJWAŻNIEJSZE SZKODNIKI W MAGAZYNACH ZBOŻOWYCH

Magazyny zbożowe mogą stać się domem dla licznych grup zwierząt, najczęściej wykorzystujących przechowywane ziarno, jako pokarm i miejsce rozrodu. Większość z nich może poczynić duże szkody, zarówno bezpośrednio – obniżając ilość ziarna, jak i pośrednio – obniżając jego jakość, powodując tym często dyskwalifikację ziarna na cele spożywcze czy siew. Zniszczone ziarno nie nadaje się najczęściej też na paszę dla zwierząt. W zasiedlonym przez szkodniki ziarnie dochodzi do procesów jego zagrzewania, co sprzyja rozwojowi grzybów i dalszej deprecjacji surowca.

Największe szkody w magazynach zbożowych mogą powodować różne gatunki owadów, głównie chrząszcze i motyle, ale również roztocze oraz większe zwierzęta, takie jak gryzonie i ptaki.

Najważniejsze szkodniki magazynowanego ziarna to wołek zbożowy, trojszyki, rozpłaszczyki oraz roztocze, takie jak rozkruszki. Wołek zbożowy jest pierwotnym szkodnikiem, mogącym zasiedlać ziarno w pierwszej kolejności, nieuszkodzone jeszcze przez inne szkodniki czy drobnoustroje. Pozostałe gatunki chrząszczy najczęściej zasiedlają ziarno wcześniej opanowane przez wołka lub zniszczone przez grzyby i bakterie.

W przypadku braku pewności z jakim gatunkiem mamy do czynienia, należy posłużyć się dostępnymi kluczami do oznaczania oraz atlasami. Specjalistycznymi opracowaniami o charakterze kluczy do oznaczania owadów są np. publikacje z serii „Klucze do Oznaczania Owadów Polski", wydawane przez Polskie Towarzystwo Entomologiczne. Opracowania dotyczące wyłącznie szkodników magazynowych to np. klucz do oznaczania gatunków z rzędu chrząszczy i motyli szkodliwych w magazynach autorstwa Ignatowicza (1999). Stadia larwalne owadów, szkodników magazynowych można rozpoznać korzystając z klucza Nawrota (2003). Roztocze występujące w magazynach rozpoznać można przy użyciu kluczy Boczka (1966) oraz Boczka i Czajkowskiej (1996). Dwutomowe dzieło pod redakcją Gorhama (1991) zawiera klucze do identyfikacji roztoczy jak i owadów, szkodników magazynowych, zarówno postaci dorosłych, jak i larw. Wzbogacone jest ono licznymi, wysokiej jakości rysunkami oraz tablicami barwnymi. Wśród książek o charakterze atlasów z podstawowymi informacjami o szkodnikach magazynowych można wymienić prace Nawrota i Klejdysza (2010) oraz Hagstruma i wsp. (2013). W identyfikacji szkodników pomocna może być również wiedza dostępna w internecie oraz specjalistów entomologów.

Przegląd ważniejszych gatunków chrząszczy, szkodników magazynowanego ziarna oraz produktów jego przerobu przedstawiono poniżej.

6.1. Owady

Owady – szkodniki magazynowe przystosowały się do życia w pomieszczeniach i na magazynowanych produktach, pierwotnie jednak występowały w przyrodzie (np. gniazdach ptaków, pod korą drzew lub w martwej materii organicznej). Przechowywane produkty stały się dla nich cennym źródłem pokarmu, a warunki panujące w magazynach sprzyjały ich rozwojowi. Większość szkodników magazynowych z gromady owadów pochodzi z tropikalnych lub subtropikalnych regionów świata, skąd rozprzestrzeniły się na chłodniejsze rejony przy udziale człowieka. Pierwsze stwierdzenie np. wołka zbożowego w Europie to rok 1586 (Nawrot 2001). Obecnie jest to szkodnik powodujący największe szkody w magazynach zbożowych na świecie.

Owady żyjące w magazynach przystosowały się ewolucyjnie do tego środowiska przez zmiany w morfologii, fizjologii i ekologii. Główną przeszkodą było przystosowanie się do pobierania suchego pokarmu i przebywania w suchych pomieszczeniach, najczęściej bez dostępu do wody.

Owady, szkodniki magazynowe niszczą magazynowany produkt przez jego zjadanie, ale również zanieczyszczają go wylinkami, odchodami, ciałami martwych osobników, ale mogą również wytwarzać przędzę, produkować szkodliwe substancje chemiczne lub uczulające oraz powodować zagrzewanie ziarna i dalsze niszczenie surowca.

Z różnego rodzaju magazynów na świecie znanych jest ponad 1600 gatunków owadów. Należą one głównie do dwóch rzędów – chrząszczy (Coleoptera) oraz motyli (Lepidoptera) (Hagstrum i wsp. 2013). Duża część z nich stwierdzona została w magazynach zbożowych lub produktach przemiału zbóż, ale tylko nieliczne mogą powodować poważne szkody. Zostały one scharakteryzowane w kolejnej części opracowania.

6.1.1. Chrząszcze

Pośród licznych gatunków owadów z rzędu chrząszczy (Coleoptera) mogących rozwijać się w magazynach, tylko nieliczne mogą wyrządzić poważne szkody. Inne zaczynają pojawiać się częściej niż miało to miejsce w przeszłości. Obie te grupy zostały scharakteryzowane bardziej szczegółowo poniżej. Należy jednak zaznaczyć, że nie są to wszystkie, możliwe do odnalezienia w magazynach gatunki chrząszczy. Wiele innych gatunków niż opisane poniżej, pojawia się dopiero na już zniszczonym przez szkodniki lub grzyby ziarnie. Należą do nich np. przedstawiciele rodzin wymiecinkowatych (Latridiidae) lub zatęchlakowatych (Cryptophagidae). Jeszcze

inne są znajdowane w polskich magazynach zbożowych bardzo rzadko, np. trojszyk ciemny (*Tribolium madens* (Charp.)), lub drugi gatunek pleśniakowca – *Alphitobius laevigatus* (Fabr.). Faunie magazynowej mogą towarzyszyć też chrząszcze niezwiązane z ziarnem, np. wiele gatunków chrząszczy skórnikowatych (Dermestidae) może żywić się wylinkami i martwymi ciałami szkodników magazynowych, kolejne mogą pojawiać się np. w związku z obecnością gniazd ptasich (niektóre gatunki pustoszy: Ptinidae lub *Dermestes bicolor* Fabr.).

Wołek zbożowy
***Sitophilus granarius* (L.)**

Chrząszcz w zależności od warunków rozwoju i jakości pobieranego pokarmu larw osiąga od 2 mm do 5 mm długości. Ciało jego jest wydłużone, walcowate, barwy od jednolicie brązowej do prawie czarnej (fot. 6.1). Gruby pancerz chitynowy oraz zrośnięte pokrywy nadają chrząszczowi wyjątkowej wytrzymałości na zgniatanie. Głowa wyciągnięta jest w długi ryjek. Czułki są średniej długości, zgięte kolankowato. W czasie zagrożenia owad układa je wzdłuż ryjka i wówczas są trudne do wypatrzenia gołym okiem. Człony czułków rozszerzają się ku końcowi. Na przedpleczu znajdują się liczne, podłużne, eliptyczne wgłębienia, wewnątrz których obecne są pojedyncze, krótkie szczecinki. Na pokrywach znajdują się rzędy punktów. Nogi są stosunkowo krótkie i mocne. Ich golenie zaopatrzone są na końcu w kolec, szczególnie dobrze wyróżniają się wielkością te, położone na przedniej parze odnóży. Dymorfizm płciowy jest słabo zaznaczony. Samice są

Fot. 6.1. Chrząszcze wołka zbożowego na uszkodzonym ziarnie (fot. T. Klejdysz)

najczęściej nieco większe i masywniejsze od samców. Mają też nieco dłuższy ryjek. Zakończenie odwłoka samców jest nieco podgięte w dół.

Jajo jest białe lub kremowe, owalnego kształtu, długości od 0,6 do 0,8 mm oraz 0,2 do 0,3 mm szerokości. Jeden koniec jaja jest lekko ścięty. Larwa jest biała, z wyjątkiem ciemniejszej głowy z brązowymi żuwaczkami (fot 6.2). Ciało larwy jest łukowato zgięte z wyraźnie zaznaczonym pofałdowaniem. Dorasta ona do 2,5 mm długości. Poczwarka jest kremowobiała i przypomina kształtem owada dorosłego z podwiniętym i ułożonym wzdłuż ciała ryjkiem (fot. 6.3). Zarówno larwa jak i poczwarka przebywają wewnątrz ziarniaka.

Po przepoczwarczeniu, wybarwione już chrząszcze przebywają jeszcze w ziarniakach kilka dni. Po tym czasie opuszczają je i przystępują do rozrodu i żerowania. Długość życia chrząszczy wołka zbożowego uzależniona jest od dostępu do pokarmu, wilgotności oraz temperatury, w której przebywają. W wilgotności 75% i temperaturze 21°C mogą przeżyć rok. W tej samej wilgotności i temperaturze 29°C już tylko 5 miesięcy.

Samica wołka zbożowego składa jedno jajo do jednego ziarniaka. Wygryza w nim niewielką jamkę, w której umieszcza jajo, a następnie otwór zasklepia specjalną, szybko twardniejącą wydzieliną. Chroni ona jajo przed warunkami otoczenia i uszkodzeniami mechanicznymi oraz jest sygnałem chemicznym dla innych samic wołka, że dany ziarniak jest już zasiedlony. W przypadku gdy inna samica wołka złoży jednak jajo do już zasiedlonego ziarniaka, rozwój kończy tylko jeden owad. Płodność jednej samicy wynosi około 150 jaj, dziennie może złożyć ich od

Fot. 6.2. Larwa wołka zbożowego wyjęta z ziarniaka (fot. T. Klejdysz)

Fot. 6.3. Poczwarka wołka zbożowego w zniszczonym ziarniaku (fot. T. Klejdysz)

1 do 9 sztuk. Rozwój przebiega wewnątrz ziarniaka, który na zewnątrz nie wykazuje oznak zasiedlenia (brak odchodów, otworów). W trakcie żerowania i wzrostu larwa przechodzi 4 linienia. Długość rozwoju larwalnego uzależniona jest od temperatury i wilgotności. W warunkach optymalnych (28°C i 90% wilgotności) pełen rozwój trwa mniej niż miesiąc (Eastham i Segrove 1947; Gołębiowska 1952; Kirkpatrick i Wilbur 1965; Campbell i wsp. 1976; Longstaff 1981). Długość okresu rozwoju w zależności od warunków przedstawia tabela 6.1.

Tabela 6.1. Długość rozwoju (w dniach) wołka zbożowego w zależności od temperatury i wilgotności

Wilgotność [%]		**Temperatura [°C]**					
ziarna	**powietrza**	**15**	**20**	**22,5**	**25**	**27,5**	**30**
		Dni					
10,5	40,0	–	79,5	64,5	45,5	35,0	33,0
11,3	50,0	182,0	67,5	59,5	40,5	33,0	30,0
13,3	60,0	163,0	61,0	55,0	37,0	31,0	27,5
13,8	70,0	144,0	56,5	51,0	36,5	29,0	26,0
16,0	80,0	–	–	49,5	35,5	26,5	–

Źródło: Nawrot (2001)

W warunkach Polski, w pomieszczeniach nieogrzewanych mogą rozwinąć 3 generacje szkodnika, w ogrzewanych nawet 10. Liczebność każdego, kolejnego pokolenia wołka zbożowego rośnie wykładniczo.

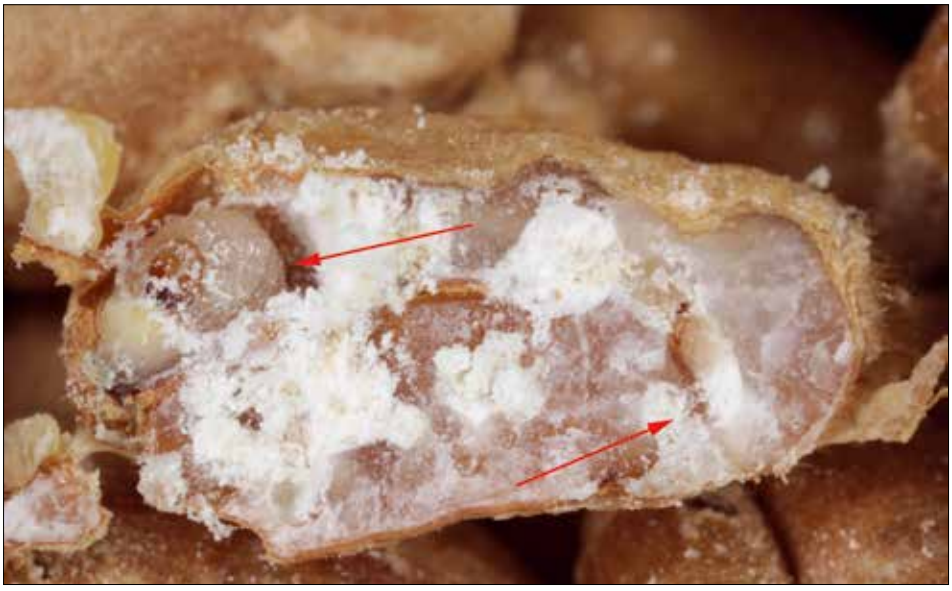
Chrząszcze wołka zbożowego są odporne na niskie temperatury, spadające nawet poniżej zera. Jednak w takich warunkach ich aktywność jest ograniczona – nie pobierają pokarmu i samice nie składają jaj. Chrząszcze wołka unikają światła i przebywają najczęściej w głębszych warstwach składowanego ziarna. W przypadku, gdy dochodzi do przegęszczenia populacji, owady wędrują i spotkać je można na ścianach i elementach konstrukcyjnych magazynów. W Polsce wołek zbożowy jest najgroźniejszym szkodnikiem magazynowanego ziarna.

Zasiedlane materiały: całe i uszkodzone ziarna różnych gatunków zbóż – pszenica, jęczmień, żyto, owies, pszenżyto, kukurydza, ryż, gryka, sorgo. Żerować może też na produktach wytworzonych ze zbóż – mąki, kasze, otręby i wiele innych. Wołek zbożowy rzadziej zasiedla inne materiały roślinne: nasiona roślin oleistych i bobowatych, żołędzie i kasztany (Lyon 2011).

Wołek ryżowy
***Sitophilus oryzae* (L.)**

Chrząszcze (fot. 6.4) osiągają długość od 2,5 mm do 4 mm. Ciało ich jest zabarwione na brązowo lub czerwonawo brązowo, pokryte rzadko rozmieszczonymi, krótkimi szczecinkami. Na pokrywach skrzydłowych znajdują się cztery jaśniejsze

Fot. 6.4. Chrząszcze wołka ryżowego na ziarnie (fot. T. Klejdysz)



Fot. 6.5. Larwy wołka ryżowego w ziarnie pszenicy (fot. T. Klejdysz)

plamy, najczęściej o rozmytych krawędziach, które niekiedy przybierają kształt dwóch biegnących w poprzek pokryw smug. Głowa, podobnie jak w przypadku wołka zbożowego, wyciągnięta jest w długi ryjek. Czułki położone są u nasady ryjka i są kolankowato zgięte. Na przedpleczu znajdują się liczne, owalne wgłębienia. Pokrywy skrzydłowe nie są zrośnięte a na ich powierzchni znajdują się rzędy punktów. Skrzydła lotne są dobrze wykształcone i szkodnik ten może aktywnie latać w wyższych temperaturach.

Jajo ma długość około 0,7 mm i jest barwy białej. Posiada wydłużony kształt i błyszczącą powierzchnię. Larwa (fot. 6.5) podobna jest do larwy wołka zbożowego, od którego różni się m.in. rozmieszczeniem i liczbą fałd na grzbietowej stronie ciała. Larwa wołka ryżowego dorasta do 2 mm długości i jest łukowato zgięta. Poczwarka również przypomina wyglądem poczwarkę wołka zbożowego, jednak widoczne już są u niej zawiązki skrzydeł lotnych. Wszystkie stadia preimaginalne przebywają zawsze wewnątrz zasiedlonego ziarna lub innego produktu.

Samice wołka ryżowego składają jaja do wnętrza ziarniaków. Jedna samica może złożyć ich prawie 600 (średnio około 380 sztuk). Długość życia chrząszczy zależy od dostępu do pokarmu, wilgotności i temperatury otoczenia. W sprzyjających warunkach chrząszcze mogą żyć ponad 2 lata. Wołek ryżowy do rozwoju wymaga wyższej temperatury niż wołek zbożowy. Rozwija się w zakresie temperatur pomiędzy 15°C a 34°C, przy optimum około 30°C. Optymalna wilgotność do rozwoju tego szkodnika to 70%. W warunkach optymalnych czas rozwoju jednego pokolenia wynosi około 35 dni, jednak w niższych temperaturach (np. 18°C) może przedłużyć się nawet do 4 miesięcy. W jednym ziarniaku może

rozwijać się kilka larw (fot. 6.5). W warunkach panujących w Polsce, w nieogrzewanych pomieszczeniach mogą rozwinąć się 2 lub 3 generacje szkodnika. Owady dorosłe wołka ryżowego są wrażliwe na niedostatek pokarmu i bez niego szybko giną. Są też mniej odporne na działanie niskiej temperatury niż wołek zbożowy, ale mogą przetrwać krótkie spadki temperatury –nawet poniżej –6°C. Pomiędzy magazynami przemieszcza się najczęściej wraz z zasiedlonymi partiami ziarna. W upalne, letnie dni może również pokonywać niewielkie odległości, przelatując pomiędzy obiektami. Lata jednak mniej chętnie niż chrząszcze wołka kukurydzowego. W obszarach tropikalnych gatunek ten zasiedlać może ziarno zbóż już na polach uprawnych, a później w magazynach. W Europie spotykany jest w pomieszczeniach zamkniętych, chociaż odnajdowano też go w pryzmach usypanych poza nimi, z resztek po czyszczeniu magazynów oraz pojedynczo, w trakcie przelotów. Znaczenie wołka ryżowego w Polsce rośnie w ostatnich latach, co prawdopodobnie wiąże się ze wzrostem średnich temperatur. Dodatkowe informacje na temat gatunku można odnaleźć w licznych publikacjach (Sharifi i Mills 1971a; Dobie 1973; Longstaff 1981, 1983).

Zasiedlane materiały: całe i uszkodzone ziarna różnych gatunków zbóż – pszenica, jęczmień, owies, żyto, pszenżyto, kukurydza, ryż, gryka i sorgo. Żerować i rozwijać może się też na produktach wytworzonych ze zbóż – mąki, kasze, otręby i wiele innych. Wołek ryżowy rzadziej zasiedla inne materiały roślinne – nasiona roślin oleistych i bobowatych oraz produkty ich przerobu, żołędzie, kasztany oraz nasiona tamaryndowca. Podawany był też z suszonych owoców, ziół, przypraw a nawet, jako szkodnik kauczuku (Hagstrum i wsp. 2013).

Wołek kukurydzowy
***Sitophilus zeamais* Motsch.**

Długość ciała chrząszczy (fot. 6.6) wynosi od 3,5 mm do 5 mm. Owad ubarwiony jest podobnie jak wołek ryżowy: przeważająca barwa ciała to kolor brązowy, a na pokrywach znajdują się po dwie, zmiennej wielkości i kształtu, jaśniejsze, pomarańczowe plamy o rozmytych konturach, jednak zwykle są one wyraźniej zaznaczone niż u wołka ryżowego. Na końcu ryjka znajdują się narządy gębowe. Czułki są kolankowato zgięte, a człony ich buławek rozszerzają się ku końcowi. Przedplecze pokrywają dość gęsto niewielkie, owalne zagłębienia. Pokrywy skrzydłowe nie są zrośnięte, a skrzydła drugiej pary (lotne) dobrze rozwinięte i w spoczynku złożone są pod pokrywami.

Jajo jest owalnego kształtu, białe i lśniące, długości około 0,7 mm. Larwa podobna jest do larwy wołka ryżowego: jest biała z ciemniejszą głową, nie posiada nóg, a jej ciało jest łukowato zgięte. Poczwarka kształtem przypomina owada dorosłego z podwiniętym wzdłuż ciała rykiem. Zabarwiona jest ona na biało lub kremowo. Jaja, larwy i poczwarki przebywają wewnątrz ziarniaków.

Fot. 6.6. Chrząszcz wołka kukurydzowego (fot. T. Klejdysz)

Wołek kukurydzowy ma jeszcze wyższe wymagania do rozwoju niż wołek ryżowy. Optimum temperaturowe dla niego to 27–31°C oraz wilgotność względna powietrza wynosząca 70%. Przy spełnionych wyżej warunkach rozwój jednego pokolenia szkodnika trwa nieco ponad miesiąc. Wołek kukurydzowy nie rozwija się w temperaturze niższej niż 17°C. W temperaturze 18°C rozwój jednego pokolenia może trwać nawet 4 miesiące. Szkodnik ten wrażliwy jest również na niską wilgotność i płodność samic gwałtownie spada, gdy wilgotność względna powietrza jest niższa niż 60%. Zarówno owady doskonałe jak i poszczególne stadia rozwojowe są w stanie przetrwać krótkotrwałe spadki temperatury – nawet od –15°C. Dodatkowe informacje na temat gatunku można odnaleźć w licznych publikacjach (Sharifi i Mills 1971b; Longstaff 1981; Throne 1994).

Wołek ryżowy pochodzi z tropikalnych regionów świata, gdzie zasiedlać może ziarno jeszcze na polach. W Polsce rozwija się głównie w zamkniętych obiektach magazynowych. Do zasiedlenia magazynowanych zbóż może dochodzić przez przemieszczenie partii ziarna ze szkodnikiem lub przez naturalne rozprzestrzenianie się przez przeloty. W ciepłe, letnie wieczory chrząszcze wołka kukurydzowego chętnie latają.

Zasiedlane materiały: ziarna różnych gatunków zbóż – pszenica, jęczmień, owies, żyto, pszenżyto, kukurydza, ryż, gryka, sorgo, oraz produkty z nich wytworzone – mąki, kasze, otręby i wiele innych. Wołek kukurydzowy niszczyć może też inne materiały pochodzenia roślinnego: nasiona roślin oleistych i bobowatych oraz produkty ich przerobu, żołędzie, kasztany, orzeszki ziemne, orzechy nerkowca, suszone owoce, zioła, wełnę i przyprawy (Hagstrum i wsp. 2013).

Kapturnik zbożowiec
***Rhyzopertha dominica* (F.)**

Chrząszcze o brązowej lub czerwonawej barwie ciała (fot. 6.7) osiągają od 2,5 mm do 3 mm długości. Ciało ich jest wydłużone i cylindryczne. Głowa jest skierowana w dół i przy obserwowaniu chrząszcza od góry nie jest widoczna. Czułki stosunkowo krótkie i proste, 10-członowe. Ich ostatnie trzy człony są znacznie większe od pozostałych i tworzą wyraźną buławkę. W przedniej części przedplecza znajdują się poprzecznie rozmieszczone rzędy ostro zakończonych wzgórków, wygiętych nieco ku tyłowi. Tylna część przedplecza z drobniejszymi wzniesieniami i drobno punktowana. Pokrywy skrzydłowe z rzędami punktów. Całe ciało pokryte jest rzadko rozmieszczonymi i w większości wygiętymi, krótkimi szczecinami. Golenie nóg zaopatrzone w rzędy ostrych kolców, z których największe znajdują się u nasady stóp. Brak dymorfizmu płciowego u osobników dorosłych.

Jaja (fot. 6.8) są białe o wydłużonym kształcie, długości ok. 0,6 mm. Młoda larwa ma wydłużony kształt ciała i pokryta jest rzadko rozmieszczonymi, długimi, jasnymi włoskami. Na końcu jej odwłoka znajduje się charakterystyczny hak. U starszych larw hak ten zanika. Zmieniają się też proporcje ich ciała: larwy stają się masywne, nagie z wyraźnie powiększoną przednią częścią ciała. Wszystkie stadia larwalne posiadają 3 pary krótkich nóg. Poczwarka typu wolnego jest barwy białej lub kremowej. Po kształcie zakończenia odwłoka poczwarki możliwe jest rozróżnienie płci.

Fot. 6.7. Chrząszcz kapturnika zbożowego na ziarnie (fot. T. Klejdysz)

Fot. 6.8. Złoże jaj kapturnika zbożowego na ziarniaku pszenicy (fot. T. Klejdysz)

Samice składają jaja w złożach od 2 do 5 sztuk, bezpośrednio na ziarno (fot. 6.8) lub w wytworzony w wyniku żerowania pył. Płodność kapturnika zbożowego jest stosunkowo duża i jedna samica w ciągu życia może złożyć około 400 jaj. Szkodnik do rozwoju wymaga wysokiej temperatury. Optimum to 30–32°C, natomiast minimalna temperatura, w której możliwy jest rozwój szkodnika to 17°C. W warunkach optymalnych pełen cykl rozwojowy może zamknąć się w jednym miesiącu, jednak w warunkach panujących w Polsce najczęściej rozwój jest znacznie wydłużony i może trwać nawet 8 miesięcy. Młoda larwa, po opuszczeniu osłonki jajowej początkowo żeruje w pyle wytworzonym przez osobniki dorosłe i inne larwy. Później może wgryzać się do ziarniaków. W ciągu życia może zniszczyć kilka ziarniaków, wielokrotnie opuszczając je i uszkadzając kolejne (fot. 6.9, 6.10). Poczwarki mogą przebywać w pyle lub w uszkodzonych ziarniakach. Obecność kapturnika zbożowca w ziarnie może zdradzać charakterystyczny, słodki zapach feromonów. Zarówno chrząszcze, jak i owady dorosłe podczas żerowania wytwarzają duże ilości pyłu, nie powodują natomiast zagrzewania się ziarna, w przeciwieństwie do większości innych szkodników magazynowych. Dodatkowe informacje na temat gatunku można odnaleźć w licznych publikacjach (Howe 1950; Stemley 1962; Longstaff 1999; Edde 2012).

Fot. 6.9. Ziarno pszenicy zniszczone przez kapturnika zbożowego (fot. T. Klejdysz)

Fot. 6.10. Ziarno kukurydzy zniszczone przez kapturnika zbożowego (fot. T. Klejdysz)

Kapturnik zbożowiec pochodzi najprawdopodobniej z Indii, gdzie oprócz ziarna zasiedla również drewno drzew w warunkach naturalnych. W Polsce jest regularnie stwierdzany w zaniedbanych magazynach zbożowych, a jego znaczenie wyraźnie rośnie. Do niedawna sądzono, że w warunkach Polski szkodnik ten przemieszcza się pomiędzy magazynami wyłącznie z transportami zasiedlonego ziarna. Jednak ostatnie badania donoszą, że chrząszcze chętnie latają w upalne, letnie wieczory i w ten sposób mogą przemieszczać się pomiędzy obiektami magazynowymi i zasiedlać nowe partie ziarna (Klejdysz i Nawrot 2010).

Zasiedlane materiały: całe, połamane i rozdrobnione ziarna zbóż i nasiona innych roślin – pszenica, jęczmień, żyto, pszenżyto, kukurydza, owies, proso, ryż oraz sorgo. Szkodnik niszczyć może również nasiona grochu, różnych gatunków fasoli oraz suszone warzywa, owoce i zioła. Rzadziej zasiedla produkty pochodzenia zwierzęcego: mleko w proszku, suszone wędliny. Kapturnik zbożowy oprócz produktów spożywczych może niszczyć opakowania wykonane z drewna oraz bambus (Hagstrum i wsp. 2013).

Rozpłaszczyk rdzawy
***Cryptolestes ferrugineus* (Steph.)**

Niewielkich rozmiarów chrząszcze długości 1,5–2,5 mm o charakterystycznie spłaszczonym ciele barwy brązowej (fot. 6.11). Głowa jest stosunkowo duża, skierowana do przodu. Znajduje się na niej para czułków o nieznacznie zróżnicowanych

Fot. 6.11. Chrząszcze rozpłaszczyka rdzawego na płatku owsianym: samica (po lewej), samiec (po prawej) (fot. T. Klejdysz)

wielkościowo członach. Przedplecze w zarysie jest kwadratowe, z wyraźnie zaznaczonymi, dwiema podłużnymi listewkami po bokach. Na pokrywach znajdują się podłużne rzędy punktów. Całe ciało pokryte jest krótkimi, delikatnymi i dość rzadko rozmieszczonymi szczecinkami. Dymorfizm płciowy zaznacza się w długości czułków, które u samca są dłuższe, a u samicy krótsze niż połowa ciała (fot. 6.11). Samce posiadają też 4-członowe stopy, samice natomiast 5-członowe.

Jaja rozpłaszczyka rdzawego są białe, wydłużonego kształtu, wielkości ok. 0,2 × 0,7 mm. Larwa jest żółtawa z brązową głową oraz charakterystycznym, rozwidlonym zakończeniem odwłoka oraz trzema parami krótkich nóg (fot. 6.12). Wyrośnięte larwy osiągają długość 4 mm. Na ich głowie dobrze widoczne są krótkie czułki. Ciało larwy jest wyraźnie segmentowane i szersze w tylnej części, pokryte nielicznymi, dość długimi i odstającymi włoskami. Ostatnie stadium larwalne buduje kokon, w którym dochodzi do przepoczwarczenia. Poczwarka jest biała i jej grzbietowa część oraz głowa pokryta jest rzadko rozmieszczonymi, sztywnymi, długimi szczecinkami.

Jedna samica może złożyć w ciągu życia ok. 300 jaj, średnio dziennie składa 6 sztuk. Larwy żerują na zniszczonych już przez inne szkodniki magazynowe ziarnie lub atakują połamane lub w inny sposób uszkodzone ziarniaki. Mogą też rozwijać się na nieuszkodzonych ziarniakach, ale dochodzi do tego rzadko i czas ich rozwoju znacznie się wydłuża. Długość rozwoju jednego pokolenia szkodnika od jaja do owada dorosłego wynosi w warunkach optymalnych (27°C i 75% wilgotności względnej) nieco ponad miesiąc. W temperaturze pokojowej może wydłużyć się do

Fot. 6.12. Larwa rozpłaszczyka rdzawego (fot. T. Klejdysz)

2,5 miesiąca. Larwy po 4 wylinkach osiągają maksymalne rozmiary i przepoczwarczają się w oprzędzie zbudowanym z resztek pożywienia, odchodów i innych, dostępnych materiałów. W nieogrzewanych pomieszczeniach może rozwijać się do 3 pokoleń szkodnika w ciągu roku, w ogrzewanych nawet kilkanaście. Rozpłaszczyk rdzawy toleruje okresowe spadki temperatury nawet do 0°C, jednak ginie w temperaturach niższych. Chrząszcze są wyjątkowo ruchliwe i energicznie przemieszczają się w masach magazynowanego ziarna. Posiadają też zdolność lotu, którą wykorzystują do zasiedlania nowych partii ziarna (Rilett 1949; Smith 1965; Hagstrum i Milliken 1988).

W warunkach Polski gatunek ten rzadko występuje jako jedyny szkodnik w danej partii surowca, najczęściej towarzyszy innym gatunkom np. wołkowi zbożowemu lub trojszykom. Może on też w pewnej mierze ograniczać populacje innych szkodników magazynowych, gdyż wykazuje cechy drapieżnika.

Zasiedlane materiały: całe, połamane i rozdrobnione ziarna zbóż i nasiona innych roślin – pszenica, jęczmień, żyto, pszenżyto, kukurydza, owies, proso, ryż, sorgo. Szkodnik ten niszczyć może też nasiona roślin bobowatych oraz oleistych, suszone warzywa, owoce, zioła, grzyby i przyprawy. Zdecydowanie preferuje jednak produkty rozdrobnione (Hagstrum i wsp. 2013).

Ahasverus advena (Waltl.) (Gatunek nie posiada polskiej nazwy)

Niewielki chrząszcz długości 1,5–2 mm i barwy brązowej (fot. 6.13). Ciało osobników dorosłych jest spłaszczone i pokryte krótkimi, rzadko rozmieszczonymi

Fot. 6.13. Chrząszcz *Ahasverus advena* (fot. T. Klejdysz)

szczecinkami barwy białej do żółtawej. Przednie kąty przedplecza chrząszczy są w formie charakterystycznych, tępo zakończonych wyrostków. Na głowie, przed oczami, umieszczone są średniej długości czułki z charakterystyczną 3-członową buławką na końcu, z której środkowy człon jest największy.

Jajo *A. advena* ma wydłużony kształt, a jego powierzchnię pokrywają drobne wgłębienia. Larwa osiąga 3 mm długości i jest barwy jasnobrązowej. Ciało larwy pokrywają rzadko rozmieszczone, długie, jasne szczecinki. Poczwarka rozmiarem zbliżona jest do osobników dorosłych, początkowo barwy białej, w miarę upływu czasu ciemnieje. Na bokach segmentów odwłokowych poczwarki znajdują się charakterystyczne wyrostki.

Samica składa jaja bezpośrednio na produkty spożywcze (do 9 dziennie). Rozwój pełnego pokolenia w temperaturze 25°C trwa około miesiąca. Larwy odżywiają się najczęściej zniszczonym przez inne szkodniki lub grzyby ziarnem i produktami z niego wytworzonymi. Do rozwoju wymagają wysokiej wilgotności. Nie rozwijają się w wilgotności względnej powietrza niższej niż 60% (Karnkowski 1990). Chrząszcze posiadają skrzydła lotne, ale latają stosunkowo niechętnie i tylko w wysokich temperaturach. Szkodnik ten zazwyczaj nie pojawia się licznie, jednak w zaniedbanych i ogrzewanych magazynach może być odnajdywany (David i Mills 1975; Jacob 1996).

Zasiedlane materiały: głównie uszkodzone lub spleśniałe ziarno zbóż i produkty z niego wytworzone. Chrząszcze i larwy chętnie zasiedlają też produkty o dużej zawartości tłuszczu: kakao, kopra, nasiona palmowe i różne orzechy. *Ahasverus advena* niszczyć może też słodycze, czekoladę, suszone owoce, zioła i przyprawy. Gatunek ten notowany jest także, jako szkodnik suszonych produktów pochodzenia zwierzęcego oraz wielu innych (Hagstrum i wsp. 2013).

Spichrzel surynamski
***Oryzaephilus surinamensis* (L.)**

Niewielki chrząszcz (2,5–3,5 mm) o wydłużonym i nieco spłaszczonym ciele barwy brunatnej (fot. 6.14). Całe ciało pokrywają krótkie, żółtawej barwy szczecinki, na pokrywach ułożone w równe rządki. Na głowie, blisko narządu gębowego umieszczona jest para krótkich czułków o wyraźnie zaznaczonej, 3-członowej buławce. Na przedpleczu znajdują się 2 podłużne zagłębiania, a każdy z jego boków zaopatrzony jest w 6 mocnych kolców. Dymorfizm płciowy u chrząszczy jest wyraźny. Samiec na wewnętrznej stronie ud trzeciej pary nóg posiada wyraźny kolec.

Jajo jest białe i mocno wydłużone o rozmiarach 0,8 × 0,2 mm. W pełni wyrośnięta larwa osiąga do 4 mm długości, ma wydłużony i lekko spłaszczony kształt ciała (fot. 6.15). Barwa larwy początkowo jest biała, w miarę wzrostu staje się ciemniejsza – jasnobrązowa. Głowa oraz fragmenty poszczególnych segmentów ciała larwy są ciemniejsze. Posiada ona 3 pary dobrze widocznych nóg. Poczwarka jest początkowo biała, później ciemnieje. Spoczywa w kolebce poczwarkowej wykonanej

Fot. 6.14. Chrząszcz spichrzela surynamskiego (fot. T. Klejdysz)

Fot. 6.15. Larwa spichrzela surynamskiego (fot. T. Klejdysz)

z dostępnych materiałów (pył, kurz, odchody i inne). Po bokach przedplecza i segmentów odwłokowych poczwarki znajdują się charakterystyczne, tępe wyrostki.

Chrząszcze są długowieczne i w sprzyjających warunkach mogą żyć nawet 2 lata. Płodność samicy zależy od warunków otoczenia i rodzaju pobieranego przez nią pokarmu. Spichrzel surynamski preferuje rozdrobnione produkty wytworzone z ziarna zbóż, a samice odżywiające się mąką mogą złożyć nawet 300 jaj, natomiast te, które mają do dyspozycji całe ziarno, średnio 10 razy mniej. Spichrzel surynamski w optymalnych warunkach rozwija się bardzo szybko. W temperaturze ok. 30°C i wilgotności 70–80% pełen cykl rozwojowy szkodnika trwa około 3 tygodni. Gatunek ten nie rozwija się w temperaturze niższej niż 16°C. Chrząszcze znoszą krótkotrwałe spadki temperatury nawet do –5°C i w warunkach Polski mogą przetrwać zimę w magazynach nieogrzewanych, korzystając z miejsc o podniesionej temperaturze spowodowanej aktywnością innych szkodników lub grzybów. Spichrzel surynamski penetruje pryzmy ziarna i ziarno magazynowane w silosach do dużych głębokości (Lergenmüller 1958; Komson i Stewart 1968; Hagstrum i Milliken 1988).

Zasiedlane materiały: ziarno zbóż takich jak – pszenica, kukurydza, ryż, owies proso i inne; produkty zbożowe – kasze, mąki, otręby, pieczywo. Szkodnik może niszczyć świeże oraz suszone owoce, różne rodzaje orzechów i produkty je zawierające. Chętnie zasiedla również nasiona roślin oleistych: słonecznik, rzepak, len, ale też soję, gorczycę i inne. Spichrzel surynamski znany jest z żerowania nawet w wyrobach farmaceutycznych (Hagstrum i wsp. 2013).

Ukrytek mauretański
***Tenebroides mauritanicus* (L.)**

Średniej wielkości chrząszcz (6–11 mm) o spłaszczonym i wydłużonym ciele barwy brązowej do czarnej (fot. 6.16). Nogi i czułki oraz spodnia strona ciała chrząszczy jest jaśniejsza. Głowa skierowana jest do przodu i zaopatrzona w mocne żuwaczki oraz krótkie, 11-członowe czułki, stopniowo rozszerzające się ku końcowi. Przedplecze najszersze jest w przedniej części, jego przednie kąty są charakterystycznie zaostrzone. Głowa i przedplecze pokryte są licznymi, eliptycznego kształtu wgłębieniami. Punkty na pokrywach są drobniejsze i owalnego kształtu. Na pokrywach znajdują się też podłużne, równoległe wgłębienia.

Jajo ma wydłużony kształt, jest barwy białej i długości od 1 mm do 1,5 mm. Larwa może osiągnąć prawie 20 mm długości i jest barwy kremowobiałej. Jej głowa, charakterystyczna para wyrostków na końcu odwłoka oraz nogi są ciemniejsze, niekiedy prawie czarne. Ciemniejsze są najczęściej też górne fragmenty pierwszego członu ciała położonego za głową. Ciało larwy pokryte jest skąpo długimi, jasnymi szczecinkami. Poczwarka ukrytka mauretańskiego jest biała i przypomina wyglądem owada dorosłego.

Fot. 6.16. Chrząszcz ukrytka mauretańskiego (fot. T. Klejdysz)

Chrząszcze są długowieczne i mogą żyć nawet 2 lata. W tym czasie jedna samica złożyć może nawet 1200 jaj. Długość rozwoju w dużej mierze zależy od temperatury i wilgotności, ale również od rodzaju pokarmu pobieranego przez larwy. W optymalnych warunkach rozwój jednego pokolenia może trwać nawet 10 tygodni, poza optimum może przedłużyć się do roku. Gatunek ten jest odporny na działanie niskich temperatur i okresowe braki pokarmu. W warunkach Polski w magazynach zbożowych i zakładach przetwórczych w ciągu roku rozwija się najczęściej jedno pokolenie szkodnika (Bond i Monro 1954).

Ukrytek mauretański w ostatnich latach spotykany jest coraz rzadziej. Nie pojawia się też zwykle w dużej liczebności. Dlatego jego znaczenie w ochronie magazynów spada. W magazynach, w których występuje może niszczyć inne szkodniki magazynowe (Hagstrum i wsp. 2013).

Zasiedlane materiały: gatunek ten wykazano, jako szkodnika aż 121 różnych surowców i produktów pochodzenia głównie roślinnego, ale też zwierzęcego. Zasiedla ziarno zbóż, zarówno całe, jak i rozdrobnione oraz produkty z niego wytworzone, żeruje również w orzechach, ziołach, przyprawach, suszonych owocach i grzybach oraz wielu innych produktach (Hagstrum i wsp. 2013).

Rogatek spichrzowy
***Gnatocerus cornutus* (Fabr.)**

Średniej wielkości chrząszcze o długości ciała od 3,5 mm do 4,5 mm. W ubarwieniu osobników dorosłych przeważa barwa brązowa. Rogatek spichrzowy ma wyraźnie zaznaczony dymorfizm płciowy. Samce posiadają na głowie 2 charakterystyczne wyrostki, a ich żuwaczki są mocno powiększone i kształtem

Fot. 6.17. Samiec rogatka spichrzowego (fot. T. Klejdysz)

Fot. 6.18. Samica rogatka spichrzowego (fot. T. Klejdysz)

Fot. 6.19. Larwy rogatka spichrzowego (fot. T. Klejdysz)

Fot. 6.20. Poczwarka samca rogatka spichrzowego (fot. T. Klejdysz)

przypominają rogi (fot. 6.17). Głowy samic nie posiadają opisanych wyżej przydatków i przypominają kształtem ciała trojszyka gryzącego (fot. 6.18). Czułki u obu płci są średniej długości i nieznacznie poszerzają się ku wierzchołkowi. Głowa, przedplecze i pokrywy są drobno punktowane, na pokrywach większe punkty ułożone są w podłużne rządki.

Jaja rogatka spichrzowego są białe i owalnego kształtu. Larwy (fot. 6.19) typu drutowca mają wydłużone, walcowate ciało barwy żółtawej. Ich głowa, zakończenie odwłoka i przepaski na poszczególnych segmentach ciała są nieco ciemniejsze – brązowe. Ciało larwy zakończone jest charakterystycznym, zaostrzonym i uniesionym do góry wyrostkiem. Kremowobiała poczwarka (fot. 6.20) spoczywa w delikatnej kolebce poczwarkowej zbudowanej z pyłu, resztek pokarmu i kału.

Płodność samicy wynosi około 400 jaj. Dziennie składa ona 2–3 jaja. Chrząszcze w sprzyjających warunkach mogą przeżyć rok. Gatunek ma wysokie wymagania termiczne i wilgotnościowe. Optymalne warunki dla jego rozwoju to 30°C i ok. 80% wilgotności względnej. W nieogrzewanych magazynach rozwój jednego pokolenia może trwać ponad pół roku (Pimentel 1949; Tsuda i Yoshida 1984; Savvidou i Bell 1994).

Rogatek spichrzowy występuje dość rzadko w magazynach w Polsce. Dłużej może się utrzymać jedynie w ogrzewanych obiektach.

Zasiedlane materiały: różnego rodzaju surowce i produkty pochodzenia roślinnego. Najczęściej ziarno różnych rodzajów zbóż oraz wytworzone z nich produkty. Rogatek spichrzowy rzadziej wykazywany był jako szkodnik suszonych owoców, ziół oraz nasion roślin oleistych (Hagstrum i wsp. 2013).

Czarnuch ryżowiec
***Latheticus oryzae* Waterh.**

Chrząszcze mają ciało wydłużone, nieco spłaszczone, barwy żółtoczerwonej (fot. 6.21), długości 2,5–3 mm. Głowa jest wydłużona, w zarysie prostokątna, z charakterystycznie powiększonym nadustkiem, co odróżnia ten gatunek m.in. od trojszyków. Czułki są krótkie, spłaszczone i rozszerzające się ku końcowi. Ciało pokryte jest drobnym punktowaniem. Na pokrywach dodatkowo obecne są podłużne żeberka. Przedplecze najszersze jest w przedniej połowie.

Larwa ma wydłużony, walcowaty kształt i barwę białą lub żółtawą. Posiada ona 3 pary odnóży oraz liczne, długie i rzadko rozmieszczone szczecinki. Zakończenie odwłoka larwy jest charakterystyczne i utworzone z dwóch ostrych wyrostków.

Gatunek o wysokich wymaganiach termicznych. Samica może złożyć do 300 jaj pokrytych lepką wydzieliną, bezpośrednio na ziarniaki lub produkty mączne. Minimalna temperatura, w której gatunek może się rozwijać to 25°C. W tej temperaturze pełen rozwój trwa około 4 miesięcy. Czarnuch ryżowiec jest wrażliwy również na niską wilgotność i rozwija się, gdy wilgotność względna powietrza jest wyższa niż 30%. W warunkach optymalnych (35°C i 75% wilgotności) rozwój

Fot. 6.21. Chrząszcz czarnucha ryżowego (fot. T. Klejdysz)

jednego pokolenia trwa około miesiąca (Lever 1963; Hafez i Chapman 1966; Nowosielski-Slepowron i Aryeetey 1980).

Do niedawna czarnuch ryżowiec był sporadycznie zawlekany do kraju z importowanymi towarami. W ostatnich latach jednak spotkany jest coraz częściej. Nie stanowi jednak dużego zagrożenia dla dobrze prowadzonych i zabezpieczonych magazynów. Z uwagi na wysokie wymagania termiczne i wilgotnościowe spotykany może być w zaniedbanych obiektach. Może zasiedlać połamane ziarniaki lub wcześniej uszkodzone przez inne szkodniki. Chrząszcze czarnucha ryżowca chętnie latają w ciepłe, letnie wieczory i wabione światłem mogą wlatywać do otwartych pomieszczeń.

Zasiedlane materiały: ziarno różnych gatunków zbóż – pszenica, jęczmień, owies, żyto, pszenżyto, kukurydza, ryż, gryka, sorgo. Głównie jednak produkty z nich wytworzone – mąki, kasze, otręby i wiele innych. Gatunek ten uszkadzać może szereg innych produktów roślinnych: suszone owoce, pasze, nasiona roślin bobowatych, orzechy i inne (Hagstrum i wsp. 2013).

Trojszyk ulec
***Tribolium confusum* Duv.**

Długość ciała chrząszczy zależy od warunków rozwoju i wynosi od 2,6 mm do 5 mm. Imagines mają połyskujące w świetle ciało barwy brązowej (fot. 6.21). Głowę i przedplecze pokrywają nieregularnie rozmieszczone, niewielkie wgłębiania. Na pokrywach obecne są podłużne rządki oraz drobne pofałdowania. Czułki są 11-członowe, krótkie i ostatnie 6 członów stopniowo rozszerza się ku końcowi, tworząc buławkę. Dymorfizm płciowy u osobników dorosłych jest słabo zaznaczony. Przeciętnie samice są większe i masywniejsze od samców.

Fot. 6.22. Larwa (po lewej) i chrząszcz (po prawej) trojszyka ulca (fot. T. Klejdysz)

Jaja trojszyka ulca są barwy białej i rozmiarów 0,58–0,74 na 0,30–0,41 mm. Samice pokrywają je lepką wydzieliną, do której przylega pył, resztki pokarmu i odchody. Wyrośnięte larwy mogą osiągać 7 mm długości, są typu drutowca i barwy żółtawej z ciemniejszymi przepaskami i głową oraz parą charakterystycznych wyrostków na końcu odwłoka (fot. 6.22). Poczwarka jest biała i nieco mniejsza od owada dorosłego. Ma podwiniętą głowę i widoczne zawiązki skrzydeł. Spoczywa ona najczęściej w niewielkich jamkach w pyle lub mące, niekiedy poczwarki gromadzą się na powierzchni zasiedlonego produktu.

Chrząszcze są długowieczne i w sprzyjających warunkach mogą żyć nawet ponad 3,5 roku. W tym czasie jedna samica składa nawet 1200 jaj, średnio 15 sztuk dziennie. Długość życia i płodność chrząszczy zależy od warunków termicznych, wilgotnościowych i rodzaju pobieranego pokarmu. Trojszyk ulec najchętniej zasiedla produkty przemiału zbóż i artykuły z nich wytworzone, jednak może też porażać całe, nieuszkodzone ziarniaki i wówczas rozpoczyna żerowanie od ich zarodka, pozbawiając je zdolności kiełkowania. Gatunek do rozwoju wymaga wysokiej temperatury i poniżej 20°C nie rozmnaża się. Optimum warunków to temperatura ok. 31°C i wilgotność względna powietrza na poziomie 70%. W opisanych warunkach i przy dostępie do odpowiedniego pokarmu, rozwój jednego pokolenia trwa krócej niż miesiąc. W temperaturze 24°C, rozwój może przedłużyć się do dwóch miesięcy. Chrząszcze i larwy trojszyka ulca cechuje częściowy kanibalizm i w przypadku niedoboru pokarmu mogą zjadać przedstawicieli własnego gatunku. Szkodnik ten jest dość wrażliwy na niską temperaturę i ginie już po 1 dniu, gdy spadnie ona poniżej –6,7°C. Chrząszcze

pomimo posiadania skrzydeł lotnych, nie przejawiają chęci latania i przemieszczają się pomiędzy magazynami wraz z zasiedlonymi partiami towarów bądź na opakowaniach. Zaniepokojone chrząszcze wydzielają cuchnące substancje – benzochinony, które nadają produktowi trwałego, nieprzyjemnego zapachu. Substancje te są również toksyczne dla zwierząt i ludzi, dlatego opanowany przez trojszyka ulca produkt nie nadaje się do przerobu i na pasze (Howe 1960; Hagstrum i Milliken 1988).

Trojszyk ulec w warunkach Polski rozwijać się może jedynie w pomieszczeniach zamkniętych. Jest jednym z najgroźniejszych szkodników (po wołku zbożowym) magazynowanego ziarna i produktów z niego wytworzonych.

Zasiedlane materiały: trojszyk ulec jest gatunkiem o bardzo szerokim spektrum możliwych do zasiedlenia, magazynowanych produktów. Dotychczas wykazany był jako szkodnik aż 138 różnych produktów pochodzenia roślinnego, rzadziej zwierzęcego. Najchętniej rozwija się i niszczy rozdrobnione ziarno zbóż (mąki, kasze, otręby i inne) oraz nasiona innych roślin. Zasiedla też suszone owoce, zioła oraz grzyby, orzechy, nasiona roślin oleistych oraz gotowe produkty, w których skład wchodzą wyżej wymienione (Hagstrum i wsp. 2013).

Trojszyk gryzący
***Tribolium castaneum* (Herbst)**

Chrząszcz bardzo podobny do trojszyka ulca, jednak nieco od niego mniejszy (2,3–3,5 mm długości). Różni się też od niego budową buławki czułków, której trzy ostatnie człony są wyraźnie większe od pozostałych (fot. 6.23).

Fot. 6.23. Chrząszcz trojszyka gryzącego (fot. T. Klejdysz)

Fot. 6.24. Młoda larwa trojszyka gryzącego (fot. T. Klejdysz)

Jajo jest mniejsze niż u trojszyka ulca, białe i pokryte kleistą substancją, do której przywierają drobiny kurzu, pył i inne nieczystości. Larwa (fot. 6.24) jest bardzo podobna do larwy trojszyka ulca. Podobnie jak ona posiada dwa ostro zakończone wyrostki na końcu ciała. Różni się od larwy trojszyka ulca m.in. liczbą i rozmieszczeniem szczecinek na udach środkowej pary nóg oraz na tergitach odwłoka. Poczwarka jest biała, typu wolnego. Wyrośnięta larwa nie buduje typowej kolebki poczwarkowej, a jedynie niewielkie jamki w pyle lub poczwarka spoczywa na powierzchni substratu. Po wyglądzie zakończenia odwłoka poczwarki możliwe jest odróżnienie płci przyszłych chrząszczy.

Chrząszcze w zależności od warunków otoczenia mogą żyć nawet 1,5 roku. W tym czasie owady wielokrotnie kopulują i jedna samica może złożyć nawet 450 jaj, bezpośrednio na przyszły pokarm larw. Trojszyk gryzący to szkodnik o wysokich wymaganiach termicznych. Optimum do jego rozwoju to 35°C. W tej temperaturze oraz wilgotności względnej ok. 80% rozwój jednego pokolenia może trwać mniej niż 3 tygodnie. Zwykle jednak przedłuża się, a w skrajnych przypadkach cykl rozwojowy szkodnika może trwać około pół roku. W Polsce gatunek ten rozwija się jedynie w zamkniętych pomieszczeniach. W ogrzewanych obiektach może pojawić się kilka pokoleń szkodnika w ciągu roku, w innych od 2 do 3 generacji. Trojszyk gryzący jest stosunkowo mało wrażliwy na niską wilgotność. W wysokich temperaturach chrząszcze trojszyka gryzącego chętnie latają i zwabione zapachem lub światłem wlatują do pomieszczeń magazynowych, zakładów przetwórczych oraz mieszkań. W cieplejszych krajach mogą pojawiać się już przed zbiorami na roślinach w polu.

Owad ten, podobnie jak trojszyk gryzący wydziela toksyczne dla zwierząt i ludzi benzochinony (Howe 1956, 1962; Hagstrum i Milliken 1988; Lhaloui i wsp. 1988).

Zasiedlane materiały: trojszyk gryzący zasiedlać może jeszcze więcej produktów niż trojszyk ulec. Stwierdzono go aż w 233 różnych produktach pochodzenia roślinnego oraz zwierzęcego. Najchętniej jednak, podobnie jak trojszyk ulec, rozwija się i niszczy produkty przemiału ziarna zbóż (Hagstrum i wsp. 2013).

Pleśniakowiec lśniący
***Alphitobius diaperinus* (Panz.)**

Średniej wielkości chrząszcz (długość 5–6 mm) o krępym i nieco spłaszczonym ciele barwy od jednolicie brązowej do czarnej, o intensywnym połysku (fot. 6.25). Na głowie znajduje się para krótkich, stopniowo rozszerzających się ku końcowi czułków. Przedplecze w zarysie jest trapezowate z zaokrąglonymi krawędziami bocznymi. Głowa, przedplecze i pokrywy są drobno punktowane, pokrywy dodatkowo z rzędami punktów.

Larwa jest typu drutowca, posiada 3 pary krótkich nóg i dorasta do 9 mm długości. Na poszczególnych segmentach ciała znajdują się szerokie, ciemniejsze przepaski. Na zakończeniu ciała larwy znajduje się jeden, skierowany ku górze kolec. Poczwarka ma barwę białą lub żółtawą, osiąga podobną długość jak owady dorosłe. Na bokach segmentów odwłoka poczwarki znajdują się charakterystyczne, płytkowate wyrostki.

Fot. 6.25. Formy barwne chrząszczy pleśniakowca lśniącego (fot. T. Klejdysz)

Samica pleśniakowca lśniącego składa jaja bezpośrednio na pokarm przyszłych larw. Pokryte kleistą wydzieliną przywierają one do substratu. Długość rozwoju zależy od temperatury, wilgotności i dostępu do odpowiedniego pokarmu. W temperaturze 30°C i wilgotności względnej 35–45% rozwój jednego pokolenia szkodnika trwa nieco ponad miesiąc. W niższych temperaturach może przeciągnąć się nawet do roku. Larwy pleśniakowca lśniącego preferują zniszczone przez inne szkodniki oraz grzyby ziarno, produkty z nich wytworzone oraz pasze dla zwierząt (Wilson i Miner 1969; Rueda i Axtell 1996). W magazynach zbożowych mogą zasiedlać już nienadające się do niczego ziarno, skąd mogą rozchodzić się i niszczyć kolejne jego partie. Pleśniakowiec lśniący jest problemem na fermach drobiu, gdzie przy masowym pojawie larw w ściółce mogą one kaleczyć ptaki, stwarzając problem o znaczeniu sanitarnym. Oprócz środowisk synantropijnych gatunek ten występuje też w Polsce w warunkach naturalnych, głównie w dziuplach zajętych przez dłuższy czas przez ptaki oraz pod odstającą korą drzew. W ostatnich dekadach jest coraz więcej doniesień o występowaniu tego gatunku w naturze (Iwan i wsp. 2012).

Zasiedlane materiały: zniszczone wcześniej przez grzyby i inne szkodniki ziarno różnych gatunków zbóż i produkty z nich wytworzone. Zasiedla też pasze, orzechy, produkty z rozdrobnionych nasion innych roślin niż zboża oraz suszone zioła, grzyby, przyprawy i owoce. Niszczyć może też magazynowane produkty pochodzenia zwierzęcego (Hagstrum i wsp. 2013).

Mącznik młynarek
***Tenebrio molitor* L.**

Chrząszcze mącznika młynarka osiągają długość od 12 mm do 16 mm. Mają czarne lub ciemnobrązowe zabarwienie o matowym połysku (fot. 6.26). Ciało chrząszcza jest wydłużone i nieco spłaszczone. Na głowie znajdują się 11-członowe czułki, tylko nieznacznie rozszerzające się ku końcowi. Pokrywy skrzydłowe są prawie równoległe, z rzędami dobrze widocznych, podłużnych żeberek. Skrzydła lotne są dobrze rozwinięte i chrząszcze chętnie latają. W ciepłe wieczory i noce, wlatują do pomieszczeń zwabione światłem. Dymorfizm płciowy zaznacza się w budowie goleni przedniej pary nóg. U samców są one silnie, łukowato wygięte.

Jajo jest białe i ma wydłużony kształt, długości około 1,6 mm. Samica pokrywa je kleistą wydzieliną, do której przywierają pył i rozdrobniony substrat. Larwy mącznika młynarka są typu drutowca i dorastają nawet do 30 mm (fot. 6.26). Mają żółte oraz brązowe zabarwienie z wyraźnymi przyciemnieniami pomiędzy segmentami ciała. Posiadają one 3 pary krótkich nóg i charakterystyczną parę ostro zakończonych, skierowanych do góry wyrostków na ostatnim segmencie odwłoka. Poczwarka rozmiarem dorównuje owadom dorosłym i początkowo jest barwy kremowej (fot. 6.26). W miarę zbliżania się do przepoczwarczenia, ciemnieje.

Fot. 6.26. Chrząszcz (po lewej), poczwarka (w środku) i larwa (po prawej) mącznika młynarka (fot. T. Klejdysz)

Samica może złożyć w ciągu życia nawet 500 jaj, umieszczając je bezpośrednio na przyszłym pokarmie larw. W temperaturze optymalnej (ok. 26°C) oraz dostępie do pokarmu, pełen cykl rozwojowy może zamknąć się w czasie 6–8 miesięcy, w temperaturze ok. 21°C może wydłużyć się nawet do 1,5 roku. Larwy unikają światła i żerują najczęściej w głębszych partiach magazynowanych produktów. Chrząszcze mącznika młynarka są aktywne w szerokim spektrum temperatury otoczenia: od 11°C do 40°C. Zarówno osobniki dorosłe jak i larwy odporne są na okresowy brak pokarmu i niską temperaturę i przy jej obniżeniu nawet poniżej -10°C mogą przetrwać kilka tygodni (Cotton 1927; Ludwig 1956; Koura i wsp. 1972).

Mącznik młynarek może pojawiać się w magazynach, gdzie przechowuje się ziarno i produkty mączne długookresowo lub w ciągłej rotacji. Z uwagi na długi cykl rozwojowy oraz swoje duże rozmiary, ułatwiające jego wykrycie, zazwyczaj nie pojawia się masowo. Oprócz magazynowanych towarów, szkodnik może niszczyć też opakowania oraz wyposażenie magazynów wykonane z materiałów naturalnych.

Zasiedlane materiały: całe i uszkodzone ziarno różnych gatunków zbóż – jęczmień, pszenica, żyto, owies, pszenżyto, kukurydza, ryż, sorgo, gryka. Chętnie żeruje też na produktach wytworzonych ze zbóż – mąki, kasze, płatki, otręby i wiele innych (Hagstrum i wsp. 2013).

6.1.2. Motyle

Motyle to rząd owadów, których postaci dorosłe mają zwykle dwie pary dobrze rozwiniętych, dużych skrzydeł, których powierzchnia pokryta jest zachodzącymi na siebie dachówkowato łuskami. Przechodzą one przeobrażenie zupełne. Jaja mogą mieć różny kształt i kolor, jednak w wypadku szkodników magazynowych najczęściej są okrągłe lub owalne, barwy jasnej. Składane są pojedynczo lub w grupach, często bezpośrednio na magazynowane produkty. Z jaja wykluwa się larwa (gąsienica), która ma 3 pary nóg tułowiowych i od 2 do 5 par odnóży odwłokowych (posuwek). Larwy przechodzą zwykle kilka wylinek, oddzielających poszczególne stadia larwalne. Niektóre cechy morfologiczne gąsienic, takie jak np. budowa żuwaczek czy układ włosków pokrywających ciało (chetotaksja), pozwalają na oznaczenie gatunku. Larwy gatunków magazynowych zwykle ubarwione są jasno, jednak ich barwa może się zmieniać w zależności od koloru przyjmowanego pokarmu. Wiele gąsienic dzięki znajdującym się na wardze dolnej gruczołom ma zdolność produkowania przędzy. Jej pojawienie się na magazynowanych produktach jest często pierwszym widocznym objawem żerowania larw. Nić służy także wielu gąsienicom do budowania oprzędu lub bardziej ścisłego kokonu przed przepoczwarczeniem. Poczwarka jest typu zamkniętego, z silnym chitynowym oskórkiem, zwykle (u gatunków magazynowych) barwy brązowej. Wiele gatunków przepoczwarcza się poza miejscem żerowania – można wtedy obserwować wędrujące gąsienice szukające odpowiednich kryjówek, takich jak załomy ścian, narożniki i zagięcia opakowań itp.

Motyle będące szkodnikami w magazynach to najczęściej niewielkie gatunki, których rozpiętość skrzydeł mieści się w zakresie 8–30 mm. Większość z nich to bardzo szerokie polifagi rozwijające się na różnorodnej materii organicznej. W wypadku gatunków występujących w naszym kraju w warunkach naturalnych są to np. ptasie gniazda, wyplówki ptaków drapieżnych, owocniki grzybów nadrzewnych, rozkładające się i przerośnięte grzybnią drewno. W magazynach uszkadzane może być ziarno oraz produkty z niego wytworzone, nasiona, wszelkiego rodzaju susze roślinne, suszone owoce, grzyby itp. oraz niektóre produkty pochodzenia zwierzęcego, takie jak mleko w proszku czy sucha karma dla zwierząt. Część gatunków pochodzących ze strefy tropikalnej i subtropikalnej, w naszym kraju rozwija się wyłącznie w pomieszczeniach ogrzewanych lub jedynie w okresie letnim. Większość larw żeruje na powierzchni magazynowanych produktów, pokrywając je przędzą lub budując rurkowate schronienia. Sprzędzione fragmenty ziarna, odchody i wylinki są charakterystycznym objawem żerowania gąsienic motyli będących szkodnikami magazynów. Wyjątkiem są larwy skośnika zbożowiaczka, których rozwój odbywa się wewnątrz ziarniaków zbóż i kukurydzy.

Wiele gatunków może rozwijać się w sposób ciągły, wymogiem jest wystąpienie odpowiednich warunków termicznych i wilgotnościowych. Część gatunków wykazuje cykliczność rozwoju związaną z fotoperiodem, dla innych sygnałem do przejścia w stan diapauzy jest obniżająca się temperatura.

Jak wspomniano wyżej, identyfikacja niektórych gatunków jest możliwa na podstawie cech morfologicznych larw. W wypadku postaci dorosłych sytuacja ta wygląda bardzo różnie – niektóre gatunki można bez problemu oznaczyć po cechach zewnętrznych (np. omacnicę spichrzankę), inne dla pewnej identyfikacji (np. niektóre gatunki z rodzajów *Ephestia* i *Cadra*) wymagają wypreparowania aparatów kopulacyjnych i analizy ich budowy z użyciem mikroskopu. Zasiedlenie magazynu przez formy dorosłe można także sprawdzać przy pomocy pułapek feromonowych, należy jednak pamiętać, że nie zawsze działają one wybiórczo i część gatunków (zwłaszcza blisko spokrewnionych) może reagować na ten sam feromon.

Poniżej przedstawiono przegląd najczęściej spotykanych gatunków motyli – szkodników w magazynach zbożowych.

Mól ziarniak
***Nemapogon granella* (L.)**

Motyle (fot. 6.27) osiągają długość 6–8 mm i rozpiętość skrzydeł 9–14 mm. W spoczynku skrzydła złożone są wzdłuż ciała, co nadaje owadom wyraźnie klinowaty kształt. Przednie skrzydło jest wąskie, zwężające się ku końcowi, z długą strzępiną przy brzegu zewnętrznym. Tło skrzydła jest jasne, z rozsianymi ciemnobrązowymi plamami i grupami ciemnych łusek. Tylne skrzydło jest także wąskie,

Fot. 6.27. Motyl mola ziarniaka (fot. T. Klejdysz)

Fot. 6.28. Poczwarka mola ziarniaka w odsłoniętym oprzędzie (fot. T. Klejdysz)

barwy szaro-brązowej, z długą strzępiną wzdłuż tylnego brzegu. Głowa pokryta jest gęstymi, jasnymi i sterczącymi łuskami.

Jaja są owalne, barwy jasnej, białe lub żółtawe. Gąsienice dorastają do ok. 10 mm i są jasne, zwykle barwy kremowej z ciemniejszą, brązową głową. Ich ciało pokryte jest rzadkimi, jasnymi włoskami. Poczwarka ma ok. 5 mm długości i jest zabezpieczona gęstym kokonem, w który larwa wprzędza resztki pokarmu (fot. 6.28).

Motyle przystępują do kopulacji krótko po przepoczwarczeniu. Samica rozpoczyna składanie jaj już 2 dni później, bezpośrednio na produkty lub opakowania. Składanie jaj trwa od 3 do nawet 13 dni. Płodność samicy waha się od ok. 30 do ponad 200 jaj, przeciętnie jest to ok. 100 jaj. Jaja składane są zwykle pojedynczo. W temperaturze 25–27°C larwy wylęgają się po 4–5 dniach, w temp. 11–12°C trwa to nawet 40–45 dni. Gatunek rozwija się w zakresie temperatur 7–27°C i przy wilgotności 65–95%. Optymalne warunki to 25°C i wysoka wilgotność – w granicach 90%. Przy ich spełnieniu rozwój jednego pokolenia trwa ok. 70 dni.

Gąsienice wgryzają się do wnętrza ziarniaków, rozpoczynając żerowanie od zarodka, następnie zjadają resztę ziarna. Produkują też duże ilości przędzy, którą mogą niemal całkowicie pokryć powierzchnię zaatakowanych produktów. Przepoczwarczenie ma miejsce najczęściej poza żerowiskiem, np. na ścianach czy szczelinach podłogi. Motyle żyją około 2 tygodni (w dogodnych warunkach nawet dłużej) i są aktywne nocą. W naszych warunkach rozwijają się zwykle 2 pokolenia – pierwsze wiosną (kwiecień, maj), drugie późnym latem (sierpień,

wrzesień). Gąsienice drugiego pokolenia (zimujące) do zakończenia rozwoju potrzebują przechłodzenia.

W Polsce gatunek występuje powszechnie i ma duże znaczenie gospodarcze. Zasiedla głównie magazyny zbożowe, młyny, hurtownie spożywcze, sklepy i mieszkania. Gatunek ten rozwija się także w warunkach naturalnych, gdzie zasiedla głównie nadrzewne gatunki grzybów, takie jak porek brzozowy (*Piptoporus betulinus* Bull. Fr.), żółciak siarkowy (*Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill) czy żagiew łuskowata (*Polyporus squamosus* (Huds.) Fr.). Larwy mogą żerować w szerokim spektrum produktów roślinnych, takich jak ziarno zbóż i jego przetwory, susze roślinne, suszone warzywa i grzyby, bakalie, niekiedy także sery. Gąsienice wyrządzają niekiedy szkody w winnicach, uszkadzają naturalny korek, którym zamknięte jest leżakujące wino.

Ponieważ gatunek ten występuje w warunkach naturalnych i rozprzestrzenia się spontanicznie, istotne jest takie zabezpieczenie magazynów, by nie pozwolić na jego przeniknięcie do wnętrza. Polega to przede wszystkim na zabezpieczeniu okien gęstą siatką oraz instalowaniu śluz wejściowych. Lot osobników dorosłych można monitorować przy użyciu pułapek feromonowych.

Skośnik zbożowiaczek
***Sitotroga cerealella* (Ol.)**

Motyle (fot. 6.29, 6.30) osiągają długość ok. 6–7 mm i rozpiętość skrzydeł 13–19 mm. W czasie spoczynku skrzydła złożone są wzdłuż ciała. Przednie skrzydło jest wąskie z wyraźnie zaznaczonym wierzchołkiem i długą strzępiną przy zewnętrznym brzegu. Tło skrzydła jest żółte, rysunek różnie wykształcony, zwykle w postaci rozsianych grup ciemnych łusek (fot. 6.30). Tylne skrzydło ubarwione jednolicie szarożółto, z wyraźnie wyciągniętym wierzchołkiem (cecha rodziny) i obwiedzione bardzo długą strzępiną. Głowa jest jasna z długimi, podgiętymi ku górze głaszczkami wargowymi, czułki są długie i nitkowate. Tułów i odwłok są barwy jasnobrązowej.

Jaja są owalne, o wymiarach 0,3 × 0,6 mm, początkowo białe, przed wyjściem gąsienic pomarańczowe. Gąsienice po wyjściu z jaja mają ok. 1 mm długości i barwę żółtoróżową z wyraźnie ciemniejszą, brązową głową. Larwy ostatniego, czwartego stadium osiągają 7 mm długości, są barwy kremowobiałej i mają słabo wykształcone nogi tułowiowe i odnóża odwłokowe (posuwki). Gąsienice żerujące w ziarniakach kukurydzy są żółte (fot. 6.29). Poczwarka osiąga długość 5 mm, początkowo jest jasna z ciemnymi oczami, później przybiera barwę ciemnobrązową.

Motyle wkrótce po opuszczeniu poczwarek przystępują do kopulacji. Samica składa jaja bezpośrednio na ziarno, pojedynczo lub w złożach do kilkunastu sztuk. Płodność samicy wynosi od kilkudziesięciu do 150 jaj. Gąsienice po wyjściu z jaj wgryzają się do wnętrza ziarna, gdzie przebiega ich cały rozwój. W jednym ziarnie zbóż żeruje jedna larwa, ale w ziarnie kukurydzy może być ich kilka. Optymalne warunki dla rozwoju skośnika to temperatura 30°C

Fot. 6.29. Larwa (po lewej) i motyl (po prawej) skośnika zbożowiaczka (fot. P. Bereś)

Fot. 6.30. Motyl skośnika zbożowiaczka na uszkodzonej przez jego larwy kukurydzy (fot. P. Bereś)

i wilgotność powietrza 75-80%. Rozwój gatunku jest możliwy w zakresie temperatur 16-34°C. W warunkach optymalnych rozwój jednego pokolenia trwa około miesiąca, w niższych temperaturach znacznie się wydłuża (w naszym kraju zwykle kilka miesięcy). Gąsienice krótko przed przepoczwarczeniem wygryzają w ziarnie otwór, który pokrywają gęstą przędzą. Po przepoczwarczeniu, przez ten otwór (fot. 6.30) wychodzą dorosłe motyle. Motyle nie pobierają pokarmu i żyją od 10 dni do miesiąca (Warren 1956; Mills i Wilbur 1967; Hansen i wsp. 2004; Perez-Mendoza i wsp. 2004). W naszych warunkach klimatycznych rozwija się zwykle jedno pokolenie rocznie, w krajach tropikalnych nawet do 12.

Gatunek ten w naszych warunkach rozwija się jedynie w pomieszczeniach zamkniętych, głównie magazynach zbożowych, młynach, piekarniach itp. Ponieważ licznie rozmnaża się w krajach o cieplejszym klimacie, zwykle zawlekany jest lokalnie z zainfekowanym ziarnem. Larwy rozwijają się w ziarniakach różnych zbóż (w tym ryżu) i kukurydzy, wyjadając ich wnętrze. Wygryzione ziarna tracą zdolność kiełkowania i nie nadają się do konsumpcji. W naszych warunkach gatunek rozprzestrzenia się wyłącznie z zasiedlonym ziarnem.

Zachowanie odpowiednich warunków magazynowania – niskiej temperatury i wilgotności, skutecznie hamuje rozwój skośnika zbożowiaczka. W zapobieganiu powodowanym przez niego stratom konieczna jest prewencja i nieprzyjmowanie zasiedlonego materiału.

Mól nasienniczek
***Hofmannophila pseudospretella* (Staint)**

Motyle osiągają długość ciała do 12 mm i rozpiętość skrzydeł od 15 mm do 25 mm. W czasie spoczynku skrzydła są złożone płasko nad odwłokiem i nieco zachodzą na siebie, co nadaje spoczywającym motylom nieco eliptyczny kształt (fot. 6.31). Przednie skrzydło jest wydłużone, stosunkowo wąskie z wyraźnie zaznaczonym wierzchołkiem. Jego tło jest jasnobrązowe, rysunek ma postać rozsianych plam zbudowanych z większych lub mniejszych grup ciemnobrązowych łusek. Zewnętrzny brzeg skrzydła otacza szara strzępina. Tylne skrzydło jest szersze, barwy jednolicie szarej, z długą szarą strzępina przy brzegu tylnym. Głowa jest barwy jasnobrązowej, oczy są czarne, a czułki długie i nitkowate. Głaszczki wargowe są długie i zagięte ku górze ponad głowę. Tułów i odwłok są szaro-brązowe.

Jaja są owalne, długości ok. 0,6 mm, twarde, błyszczące, nieprzyklejone do podłoża. Gąsienice dorastają do kilkunastu milimetrów długości, są ubarwione biało, a ich ciało jest prawie przezroczyste i często widoczna jest przeświturająca treść pokarmowa. Głowa jest barwy brązowej, tarczka przedtułowiowa jest jasnobrązowa. Całe ciało pokryte jest rzadkimi, jasnymi włoskami. Poczwarka jest barwy jasnobrązowej i zabezpieczona jasnym, częściowo przeświturającym kokonem.

Fot. 6.31. Motyl mola nasienniczka (fot. T. Klejdysz)

Samice po kopulacji składają jaja bezpośrednio na produkty będące pokarmem gąsienic. Rozwój embrionów jest możliwy w zakresie temperatur 10–29°C i trwa w zależności od warunków od ok. 10 do prawie 50 dni. Płodność samic waha się od ok. 100 do ponad 500 jaj. Larwy po wykluciu wgryzają się do produktów i żerują w zbudowanych z nici oprzędach, unikając światła. Rozwój larw w warunkach optymalnych trwa 70–80 dni. W temperaturze 10°C wydłuża się aż do 180 dni. Do rozwoju larwy potrzebują wysokiej wilgotności w granicach 70–90%. Stadium poczwarki trwa około 14 tygodni w temperaturze 10°C, 7 tygodni w 15°C, 25 dni w 20°C i 15 dni w 25°C (Woodroffe 1951). Larwy w większości wypadków przechodzą diapauzę w czasie chłodniejszych miesięcy roku. Przed przepoczwarczeniem opuszczają żerowisko i wędrują po ścianach. W temperaturze pokojowej jedno pokolenie rozwija się w ciągu ok. 120 dni. Rozwój w nieogrzewanych pomieszczeniach jest długi i w ciągu roku rozwija się zwykle jedno pokolenie. Ze względu na zróżnicowane tempo rozwoju dorosłe motyle spotykane są od wiosny do jesieni.

Gatunek ten pojawia się w naszym kraju w warunkach naturalnych, a jego larwy odżywiają się martwą materią organiczną, np. w ptasich gniazdach i budkach lęgowych. Poza tym gatunek ten jest często spotykany w mieszkaniach, magazynach, młynach, browarach itp. Gąsienice mogą żerować na szerokim spektrum pokarmów pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, takich jak zboże i jego przetwory, słód, drożdże, proszek jajeczny, mleko w proszku itp. W naszym kraju gatunek ten nie powoduje większych strat i zwykle nie pojawia się licznie.

Ponieważ mól nasienniczek ma wysokie wymagania wilgotnościowe, podstawową metodą ograniczania powodowanych przez niego strat jest niedopuszczanie

do zawilgocenia przechowywanych produktów. Istotne jest również odpowiednie zabezpieczenie magazynu, by nie dopuścić do przenikania motyli ze środowiska naturalnego.

Zadarlica śpiżarnianka
***Pyralis farinalis* (L.)**

Motyle (fot. 6.32) osiągają długość do kilkunastu milimetrów i rozpiętość skrzydeł w granicach 20–30 mm. Skrzydła w spoczynku są złożone płasko i przyciśnięte do podłoża, co nadaje siedzącym owadom trójkątny kształt. Odwłok jest często uniesiony i zagięty ku przodowi ciała – „zadarty" – co dało źródło polskiej nazwie rodzaju. Przednie skrzydło jest wyraźnie trójkątne w zarysie. Część nasadowa i zewnętrzna skrzydła jest koloru brązowego, a przez środek skrzydła przebiega szeroka, jasnobrązowa przepaska, ograniczona z brzegów jasnymi liniami. Tylne skrzydło jest barwy ciemnoszarej z dwiema jaśniejszymi, falistymi liniami w części środkowej. Głowa jest barwy jasnobrązowej, tułów i odwłok są brązowe.

Jaja są owalne, o wymiarach ok. 0,5 × 0,35 mm z bogato urzeźbionym chorionem. Larwy dorastają do 25 mm, są słabo owłosione, zwykle barwy brudnobiałej (zabarwienie często zależy od pokarmu), z ciemną głową i tarczką przedtułowia. Poczwarka ma długość ok. 12 mm i ma barwę ciemnobrązową.

Motyle są aktywne głównie w godzinach wieczornych i nocą, żyją ok. 10 dni. Do kopulacji dochodzi wkrótce po wyjściu z poczwarek. Płodność samicy wynosi zwykle od 200 do 400 jaj, które są składane po kilkanaście sztuk bezpośrednio na produktach i opakowaniach. Wylęgające się gąsienice żerują powierzchniowo,

Fot. 6.32. Motyl zadarlicy spiżarnianki (fot. T. Klejdysz)

w gęstych rurkowatych oprzędach, w których chowają się w razie zaniepokojenia. W pełni wyrośnięta larwa opuszcza oprzęd i przed przepoczwarczeniem buduję kokon, w który często włączane są fragmenty uszkadzanych produktów. W miesiącach letnich rozwój jednego pokolenia trwa od 1,5 miesiąca do 2 miesięcy. W naszych warunkach klimatycznych w nieogrzewanych magazynach rozwijają się przeciętnie 2 pokolenia. Niewyrośnięte gąsienice mogą zapadać w diapauzę w ciągu miesięcy zimowych, natomiast w ogrzewanych magazynach rozwój może być ciągły (Curtis i Landolt 1992).

Warunkiem zasiedlenia produktów przez zadarlicę spiżarniankę jest ich wysoka wilgotność. Gąsienice żerują na wielu produktach pochodzenia roślinnego, takich jak ziarno zbóż i jego przetwory, wilgotna słoma, odpady produkcji roślinnej itp., zwykle zawilgoconych i zaatakowanych przez grzyby. Rzadko notowane są na produktach pochodzenia zwierzęcego, jak np. mleko w proszku. Motyl ten może rozwijać się także w warunkach naturalnych, gdzie gąsienice mogą żerować na rozkładającym się, przerośniętym grzybnią drewnie.

Gatunek ten pojawia się powszechnie, lecz zwykle niezbyt licznie, w różnego rodzaju pomieszczeniach, takich jak młyny, przetwórnie, magazyny, mieszkania, w których produkty przechowywane są przez dłuższy czas w złych warunkach. Gąsienice nie wyrządzają zwykle większych strat, gdyż rzadko pojawiają się na produktach, które nie są jeszcze zniszczone przez wilgoć i grzyby.

Zachowanie odpowiednich warunków magazynowania – niskiej wilgotności i temperatury, skutecznie hamuje rozwój zadarlicy. W zapobieganiu powodowanym przez ten gatunek stratom konieczna jest prewencja i odpowiednie zabezpieczenie magazynu, uniemożliwiające wnikanie motyli z zewnątrz.

Mklik próchniczek
***Ephestia elutella* (Hübner)**

Motyle osiągają długość 8–11 mm i rozpiętość skrzydeł 16–22 mm. W czasie spoczynku skrzydła są złożone wzdłuż ciała (fot. 6.33). Przednie skrzydła są szarobrązowe do ciemnoszarych, z dwiema poprzecznymi przepaskami (niekiedy słabo zaznaczonymi) z ułożonych równolegle ciemnych i jasnych łusek w nasadowej i zewnętrznej części skrzydła. Tylne skrzydła są jasnoszare z nieco ciemniejszymi żyłkami i brzegiem skrzydła oraz jasnoszarą strzępiną. Głowa, tułów i odwłok są barwy szarobrązowej.

Jaja są prawie owalne, wielkości 0,5 × 0,3 mm, barwy białej, połyskujące, o nieregularnej powierzchni. Gąsienica jest barwy białej do białokremowej, pokryta włoskami wyrastającymi z drobnych ciemnych brodawek (pinacula), które są nieco większe niż u mklika mącznego. Głowa jest barwy brązowej, tarczka przedtułowiowa jest brązowa. Poczwarka ma długość ok. 9 mm i jest zabezpieczona kokonem. Początkowo jest żółtobrązowa, później ciemnieje.

Fot. 6.33. Motyl mklika próchniczka na ścianie magazynu (fot. T. Klejdysz)

Samica po kopulacji składa jaja pojedynczo lub w niewielkich złożach, bezpośrednio na produkty lub w ich pobliżu. Płodność samic wynosi przeciętnie od 100 do 150 jaj. Po wylęgu gąsienice aktywnie poszukują pokarmu. Żerują zwykle na jego powierzchni tworząc oprzęd. Czas ich rozwoju jest zależny od warunków zewnętrznych i jakości pobieranego pokarmu. W warunkach optymalnych (25°C i wilgotność 70%) może on trwać około miesiąca, w gorszych warunkach nawet ponad rok, gdyż część gąsienic zapada w diapauzę. W naszym kraju, w pomieszczeniach nieogrzewanych rozwija się od 2 do 3 pokoleń rocznie. Dorosłe osobniki nie pobierają pokarmu i żyją w temperaturze pokojowej do 2 tygodni (Waloff i wsp. 1948; Bell 1975; Imura 1981; Ashworth 1993; Subramanyam i Hagstrum 1993).

Mklik próchniczek jest w Polsce pospolitym i groźnym szkodnikiem przechowywanych produktów. Najczęściej pojawia się w pomieszczeniach zamkniętych, takich jak magazyny, spiżarnie, hurtownie spożywcze, sklepy itp., ale spotykany jest też w warunkach naturalnych. Gąsienice porażają szerokie spektrum produktów roślinnych, takich jak ziarno zbóż i jego przetwory, susze roślinne (poważny szkodnik tytoniu), zioła, suszone warzywa, nasiona, orzechy, bakalie i czekoladę. Okazjonalnie może żerować także na produktach pochodzenia zwierzęcego. Gąsienice żerują na powierzchni produktów pod oprzędem zbudowanym z nici. Zasiedlone produkty są rozdrabniane i silnie sprzędzione z grudkami odchodów oraz wylinkami larwalnymi. Ponieważ motyle pojawiają się również w terenach otwartych, produkty mogą być zasiedlane poza magazynami, np. w suszarniach.

Do monitorowania i ograniczania liczebności mklika próchniaczka stosuje się pułapki feromonowe.

Mklik mączny
***Ephestia kuehniella* Zell.**

Motyle (fot. 6.34, 6.35) osiągają długość 10–14 mm i rozpiętość skrzydeł 20–25 mm. W czasie spoczynku skrzydła są złożone wzdłuż ciała. Przednie skrzydła są szare do szarobrązowych ze słabo zaznaczonymi przepaskami z ciemnych łusek w nasadowej i zewnętrznej części skrzydła. Tylne skrzydła są jasnoszare z ciemniejszymi żyłkami i brzegiem skrzydła oraz jasnoszarą strzępiną. Głowa, tułów i odwłok są barwy szarobrązowej.

Jaja są owalne, wielkości 0,5 × 0,3 mm, barwy beżowej. Gąsienica (fot. 6.36) jest barwy białej do białokremowej, pokryta włoskami wyrastającymi z drobnych ciemnych brodawek (pinacula). Głowa jest barwy ciemnobrązowej, tarczka przedtułowiowa jest brązowa. Poczwarka (fot. 6.37) ma długość ok. 9 mm i jest zabezpieczona kokonem. Początkowo jest jasnobrązowa, później ciemnieje.

Samica po kopulacji składa jaja pojedynczo lub w niewielkich złożach, bezpośrednio na produkty lub w ich pobliżu. Płodność samic wynosi do ponad 400 jaj, przeciętnie ok. 200. Jaja składane są w zakresie temperatur 13–33°C. W temperaturze optymalnej (26°C) larwy opuszczają jaja po 4 dniach, przy niższych temperaturach proces ten może trwać nawet do 3 tygodni. Jeśli jaja były złożone poza produktem, gąsienice wówczas aktywnie poszukują pokarmu. Uszkadzana jest przede wszystkim wierzchnia warstwa produktu, którą larwy pokrywają przędzą. Długość rozwoju zależy od temperatury: w 17°C trawa 128 dni, w 20°C jest to 55–70 dni,

Fot. 6.34. Samica mklika mącznego w trakcie uwalniania feromonu płciowego (T. Klejdysz)

Fot. 6.35. Motyle mklików mącznych na zniszczonym ziarnie. Na dole kopulująca para (fot. T. Klejdysz)

Fot. 6.36. Gąsienice mklika mącznego pod warstwą przędzy (fot. T. Klejdysz)

Fot. 6.37. Poczwarka mklika mącznego wyjęta z oprzędu (fot. T. Klejdysz)

a w 30°C jedynie 29 dni. W szczególnie niekorzystnych warunkach rozwój trwać może nawet 420 dni. W naszym kraju w pomieszczeniach nieogrzewanych rozwija się do 3 pokoleń rocznie, w ogrzewanych nawet 6. Wszystkie stadia są stosunkowo odporne na niskie temperatury i przeżywają jednodniową ekspozycję na −10°C. Dorosłe osobniki nie pobierają pokarmu i żyją w temperaturze pokojowej około 2 tygodni, a przy dostępie do wody, nawet o tydzień dłużej. Dzień spędzają nieruchomo przesiadując na ścianach, produktach czy opakowaniach, aktywnie latają nocą (Bell 1975; Jacob i Cox 1977; Imura 1981; Subramanyam i Hagstrum 1993).

Mklik mączny jest w Polsce bardzo pospolitym i groźnym szkodnikiem przechowywanych produktów. W przeciwieństwie do omacnicy spichrzanki, częściej niż w domach mieszkalnych pojawia się w magazynach, młynach czy piekarniach. Gąsienice żerują na szerokim spektrum produktów roślinnych, okazjonalnie także na zwierzęcych, jak np. suche owady. Najczęściej atakowane są jednak ziarno, produkty z niego wytworzone oraz wszelkiego rodzaju susze roślinne (w tym tytoń), suszone warzywa, owoce i bakalie. Zasiedlone produkty są rozdrabniane i sprzędzone nicią, do której przyczepiają się grudki odchodów oraz wylinki larwalne i martwe osobniki dorosłe. Przy licznym pojawie może dochodzić do zawilgocenia i pleśnienia produktów.

Do monitorowania i ograniczania liczebności mklika mącznego stosuje się pułapki feromonowe.

Mklik daktylowiec
***Cadra cautella* (Wlk.)**

Motyle (fot. 6.38) zwykle osiągają rozpiętość skrzydeł w granicach 10–20 mm, przy czym samice są przeciętnie nieco większe od samców. W czasie spoczynku skrzydła złożone są wzdłuż ciała nad odwłokiem. Przednie skrzydło jest wydłużone, zwykle barwy szarobrązowej do brązowej. Rysunek jest zachowany w różnym stopniu i dobrze widoczny tylko u osobników, które niedawno opuściły poczwarki.

W typowej formie jest to wąska ciemna przepaska przebiegająca w 1/3 od nasady skrzydła i zygzakowata, jasna linia otoczona ciemnymi łuskami w zewnętrznej części skrzydła. Często spotyka się także osobniki ubarwione niemal jednolicie z rozsianymi po skrzydle niewielkimi grupami ciemniejszych łusek.

Jaja są owalne, białe, o przeciętnych rozmiarach 0,43 × 0,31 mm. W czasie rozwoju ich kolor zmienia się na pomarańczowy. Gąsienice mają ciemnobrązową głowę i tarczkę przedplecza, są barwy kremowej, ale ich ubarwienie może się zmieniać w zależności od przyjmowanego pokarmu. Całe ciało pokryte jest dość długimi rzadkimi włoskami, wyrastającymi z niewielkich ciemnych brodawek (pinacula). W ostatnim stadium, w zależności od przyjmowanego pokarmu, osiągają długość od 9 do 14 mm. Poczwarka jest zabezpieczona luźnym kokonem, ma barwę brązową i długość 5–7 mm.

Motyle przystępują do kopulacji po kilku godzinach od wyjścia z poczwarek. Dorosłe owady nie pobierają pokarmu, natomiast dostęp do wody wydłuża życie motyli, które trwa ok. 10 dni. Dostęp do wody zwiększa także płodność samic, która wynosi przeciętnie 200 jaj. Jaja składane są zwykle bezpośrednio na produktach. Gąsienice wylęgają się, w zależności od temperatury, po 3 dniach (28–34°C)

Fot. 6.38. Motyl mklika daktylowca (fot. T. Klejdysz)

aż do ponad 20 dni (14°C – dolna granica dla rozwoju jaj). Niska wilgotność powietrza powoduje dużą śmiertelność jaj. Optimum wilgotności dla rozwoju gąsienic to 60–85%, ale część larw jest w stanie ukończyć rozwój nawet w bardzo suchych warunkach. Czas rozwoju jest zależny także od temperatury i trwa on od 34 dni (32–34°C) do nawet ponad 200 (16°C). W optymalnych warunkach, przy wysokiej temperaturze i wilgotności może rozwinąć się kilka pokoleń szkodnika rocznie. Gatunek ten jest wrażliwy na spadek temperatury i praktycznie nie rozwija się poniżej 15°C. Gąsienice rzadko zapadają w diapauzę i giną w temperaturze poniżej 0°C (Steele 1970; Bell 1975; Barrer 1976; Imura 1981; Sinha i wsp. 1986; Subramanyam i Hagstrum 1993).

Gatunek ten w naszych warunkach rozwija się jedynie w pomieszczeniach zamkniętych a zimę jest w stanie przetrwać jedynie w ogrzewanych magazynach. Mklik daktylowiec zwykle zawlekany jest z produktami spożywczymi z krajów o znacznie cieplejszym klimacie. Lokalnie może wyrządzać straty na produktach przechowywanych przez dłuższy czas, w warunkach wysokiej temperatury i wilgotności. Larwy żerują na wielu produktach pochodzenia roślinnego, w ziarnie rozpoczynają żerowanie od zarodków. Często spotykane są w importowanych bakaliach, rzadziej uszkadzają produkty pochodzenia zwierzęcego (np. mleko w proszku).

Zachowanie odpowiednich warunków magazynowania – niskiej temperatury i wilgotności, skutecznie hamuje rozwój mklika daktylowca. Nawet stosunkowo krótkie wymrażanie produktów i magazynów powoduje śmierć wszystkich stadiów rozwojowych. W zapobieganiu powodowanym przez niego stratom, konieczna jest prewencja i nieprzyjmowanie zasiedlonego materiału. Szczególną ostrożność należy zachować w przypadku produktów pochodzących z krajów tropikalnych i subtropikalnych.

Omacnica spichrzanka
***Plodia interpunctella* (Hüb.)**

Motyle (fot. 6.39, 6.41A) osiągają długość 8–10 mm i rozpiętość skrzydeł 16–20 mm. W czasie spoczynku skrzydła są złożone wzdłuż ciała (fot. 6.39). Ich nasadowa część jest jasna – jasnobrązowa z rozsianymi ciemniejszymi łuskami, od połowy skrzydła są barwy ochrowej z kilkoma poprzecznymi przepaskami z ciemnoszarych i srebrzystych łusek. Tylne skrzydła są jasne, ciemno obwiedzione, z krótką szarą strzępiną. Głowa, tułów i czułki są ciemne, odwłok jest barwy jasnobrązowej.

Jaja są kuliste, barwy szarobiałej, średnicy od 0,3 mm do 0,5 mm. Larwy (fot. 6.40, 6.41) są barwy kremowej, pokryte rzadkimi włoskami, które wyrastają z niepigmentowanych brodawek (pinacula), co jest cechą charakterystyczną gatunku (w obrębie rodziny). Głowa jest barwy brązowej, tarczka przedtułowia jest jasnobrązowa. Larwy dorastają do 12–14 mm. W czasie żerowania ich kolor może zmieniać się w zależności od pobieranego pokarmu, na np. różowy czy

Fot. 6.39. Motyl omacnicy spichrzanki (fot. T. Klejdysz)

Fot. 6.40. Gąsienica omacnicy spichrzanki na ziarnie (fot. T. Klejdysz)

Fot. 6.41. Gąsienica omacnicy spichrzanki niszcząca plaster pszczeli (fot. T. Klejdysz)

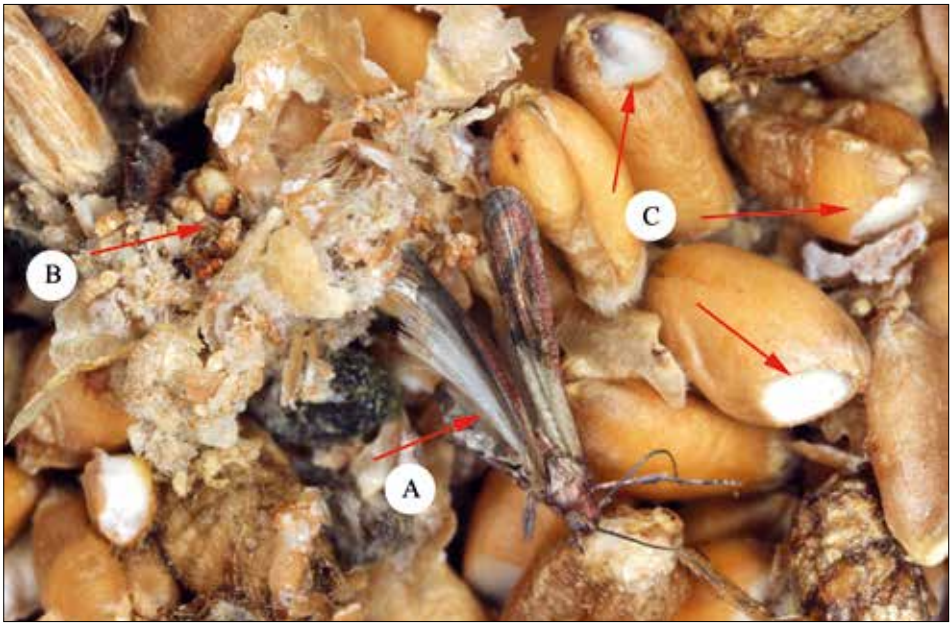
zielonkawy. Poczwarka osiąga zwykle długość 7–10 mm, jest barwy jasnobrązowej, lśniąca, zwykle zabezpieczona przeświturającym kokonem.

Do kopulacji dochodzi od 1 do 3 dni po wyjściu osobników dorosłych z poczwarek. Samiec i samica łączą się odwłokami i zwrócone tyłem do siebie pozostają połączone przez dłuższy czas. Po kopulacji samica składa jaja – pojedynczo lub w niewielkich złożach, zwykle bezpośrednio na produkty, które będą stanowiły pokarm larw. Płodność samic wynosi od kilkudziesięciu do nawet 500 jaj, przeciętnie ok. 200. Larwy wylęgają się w temperaturze 20°C po około tygodniu, w temperaturze 30°C już po 3–4 dniach. Jeśli jaja zostały złożone na opakowaniu, larwy aktywnie poszukują pokarmu i mogą wnikać do środka przez minimalne szczeliny i otwory. Larwy starszych stadiów potrafią przegryzać żuwaczkami opakowania z papieru, kartonu, a nawet stosunkowo grubej (0,7 mm) folii. Gąsienice przechodzą przez 5 do 7 stadiów larwalnych. Wyrośnięte larwy przed przepoczwarczeniem wędrują w poszukiwaniu odpowiedniego miejsca, którym może być np. zagięcie papieru, narożnik między ścianami czy szczelina w podłodze. Budują tam luźny kokon, w którym następuje przepoczwarczenie. Dorosłe osobniki nie pobierają pokarmu i żyją około 2 tygodni. Rozwój jednego pokolenia w warunkach optymalnych (temperatura 30°C, wilgotność 75%) trwa ok. miesiąca, w niekorzystnych warunkach nawet 300 dni. W nieogrzewanych magazynach

rozwijają się w naszym kraju zwykle 2–3 pokolenia, w pomieszczeniach ogrzewanych rozwój może być ciągły.

Omacnica spichrzanka jest obecnie jednym z najczęściej występujących gatunków motyli magazynowych, wyrządzającym znaczne straty, zarówno w magazynach, jak i gospodarstwach domowych. Zasiedla szerokie spektrum produktów pochodzenia roślinnego, a niekiedy także zwierzęcego (np. mleko w proszku). Larwy mogą odżywiać się ziarnem wszystkich zbóż oraz przetworami zbożowymi. W magazynach zbożowych preferują materiał z dużym udziałem połamanych ziarniaków. Zasiedlają przede wszystkim powierzchniową warstwę ziarna. Zjadają głównie zarodki ziarniaków (fot. 6.41C). Szczególnie chętnie żerują na nasionach roślin oleistych, np. słonecznika czy dyni. Bardzo często porażane są suszone owoce i warzywa oraz bakalie i przyprawy. W domach i sklepach larwy omacnicy znajdowane są często w słodyczach, np. w czekoladzie. Zasiedlone produkty są rozdrabniane i sprzędzione nicią, do której przyczepiają się grudki odchodów (fot. 6.41B) oraz wylinki larwalne. Przy licznym pojawie dochodzi do zawilgocenia i pleśnienia produktów. Starsze stadia larwalne nagryzają i dziurawią opakowania, co może ułatwić zasiedlanie pokarmu przez kolejne gatunki.

Dorosłe motyle niechętnie wylatują poza magazyny i zabudowania, a gatunek ten rozprzestrzenia się głownie z zasiedlonymi produktami. Do monitorowania wylotu i liczebności omacnicy spichrzanki można używać pułapek feromonowych.



Fot. 6.41. Zniszczone przez omacnicę spichrzankę ziarno. Martwy motyl (A), odchody (B), uszkodzone przez larwy zarodki ziarniaków (C) (fot. T. Klejdysz)

6.2. Roztocze

Roztocze (Acarina) należą do gromady pajęczaków (Arachnida). Występują one powszechnie w różnych środowiskach. Niektóre z nich powodować mogą dotkliwe straty w magazynach, są to głównie gatunki należące do dwóch rodzin: rozkruszkowate (Acaridae) i roztoczkowate (Glycyphagidae) (Boczek 1966, Boczek i Błaszak 2016). Należą one do szkodników wtórnych i rozmnażają się masowo, kiedy ziarno ma podwyższoną wilgotność i temperaturę, często wskutek opanowania przez inne szkodniki (np. wołka zbożowego). Przypadkowymi gośćmi w obiektach magazynowych mogą być też roztocze z podrzędu Mesostigmata (fot. 6.42), które rozwijają się w warunkach polowych, a do magazynów trafiają wraz z ziarnem. Oprócz roztoczy żywiących się ziarnem, w magazynach powszechnie występują również ich wrogowie naturalni, również roztocze, ale głównie z rodziny sierposzowatych (Cheyletidae). Roztocze zazwyczaj obecne są w większości magazynów zbożowych, ale dają o sobie znać dopiero, gdy pojawią się odpowiednie warunki dla ich rozwoju.

Długość ciała roztoczy magazynowych nie przekracza 1 mm i znajdują się one na granicy widzialności ludzkiego oka. Wyraźnie dostrzegalne są dopiero w większej liczebności (fot. 6.43). Ciało ich składa się z gnatosomy, idiosomy oraz 4 par odnóży (u larw jest ich 3). Na gnatosomie znajdują się narządy gębowe służące do rozdrabniania i pobierania pokarmu. Część gatunków nie posiada oczu, a niekiedy jedynie tzw. plamki wzrokowe. Idiosoma stanowi większą część ciała, posiada

Fot. 6.42. *Blattisocius tarsalis* − przedstawiciel roztoczy z podrzędu Masostigmata, pospolitych w magazynach zbożowych (fot. T. Klejdysz)

Fot. 6.43. Liczne osobniki rozkruszków na zarniakach pszenicy (fot. T. Klejdysz)

najczęściej owalny, wypukły kształt i na niej umiejscowione są odnóża. Całe ciało roztoczy pokrywają liczne, najczęściej odstające i różnej długości, rzadko rozmieszczone szczeciny, z których niektóre mogą być rozwidlone. Pełnią one m.in. funkcje czuciowe, a ich układ, długość i liczba są ważnymi cechami diagnostycznymi, umożliwiającymi odróżnianie poszczególnych gatunków.

Cechą pozwalającą odróżnić przedstawicieli rozkruszkowatych od roztoczkowatych jest obecność u tych pierwszych poprzecznej bruzdy na idiosomie pomiędzy drugą i trzecią parą odnóży. Pospolite gatunki rozkruszków można zidentyfikować przy użyciu klucza Boczka i Czajkowskiej (1996).

Ciało roztoczy jest najczęściej białe lub kremowe, ale zależy głównie od rodzaju pobieranego przez nie pokarmu. Zdarza się, że nawet w obrębie jednego gatunku odnaleźć można białe, różowe lub fioletowawe osobniki. Dymorfizm płciowy objawia się najczęściej różnicą w wielkości ciała. Samce są najczęściej mniejsze od samic. Roztocze magazynowe są jajorodne, chociaż u niektórych gatunków stwierdzono rozwój partenogenetyczny. Jaja są owalne lub kuliste i początkowo błyszczące, pokryte lepką substancją, do której przywierają kurz i inne zanieczyszczenia. Pozwala to na przywieranie jaj do różnych powierzchni, co ułatwia rozprzestrzenianie się roztoczy po innych magazynach. W rozwoju roztoczy magazynowych występuje kilka stadiów. Niektóre gatunki posiadają w swoim rozwoju stadium deutonimfy, nazywanej też hypopusem. Stadium to nie pobiera pokarmu i może być nieruchome. Jest ono wyjątkowo wytrzymałe na niekorzystne warunki otoczenia (w tym na akarycydy) i uczepione ciał owadów, gryzoni, opakowań, butów i innych, może przenosić się do innych magazynów i w sprzyjających warunkach podjąć dalszy rozwój (Boczek 1966; Boczek i Błaszak 2016).

Rozkruszek mączny
***Acarus siro* L.**
syn.: *Tyroglyphus farinae* Latr., *Aleurobius farinae* (L.)

Osobniki dorosłe osiągają od 0,4 mm do 0,7 mm długości ciała. Samice są prawie dwukrotnie większe od samców. Odnóża pierwszej pary u samca są wyraźnie silniejsze i grubsze od pozostałych, na ich udach występuje wyraźny kolec. Na stopach ostatniej pary nóg oraz po bokach otworu genitalnego samca obecne są przyssawki płciowe. Kutikula młodych osobników jest przezroczysta, u starszych grubieje i nabiera barwy mlecznej. Odnóża (u osobników dorosłych 4 pary, u larw – 3) oraz aparat gębowy są zwykle ciemniejsze niż reszta ciała. Ciało zarówno osobników dorosłych, jak i form młodocianych pokrywają krótkie szczecinki (fot. 6.44). Jajo ma wymiary 0,14 × 0,09 mm i jest prawie przezroczyste. Młoda larwa po wyjściu z jaja ma ok. 0,2 mm długości i 0,1 mm szerokości i posiada 3 pary odnóży. Kolejne stadium – protonimfa jest nieco większe i posiada już 4 pary odnóży. U tritonimfy widoczna jest już szczelina płciowa z dwiema parami wyrostków zmysłowych. Hypopus jest ruchomy o ciele jajowatym i spłaszczonym. Hypopusy u tego gatunku spotyka się raczej rzadko.

Samica rozkruszka mącznego składa jaja (w ciągu życia do 200 sztuk) bezpośrednio na produkty spożywcze lub na opakowania. Optymalna temperatura rozwoju to 25°C, a wilgotność względna powietrza 85% (odpowiada to około 14% wilgotności produktu). W tych warunkach rozwój jednego pokolenia szkodnika może trwać tylko 9 dni. W niższej temperaturze i wilgotności pełen cykl rozwojowy może trwać nawet 2 miesiące. W warunkach magazynów nieogrzewanych

Fot. 6.44. Różne stadia rozwojowe rozkruszka mącznego (fot. T. Klejdysz)

w Polsce może rozwinąć się kilkanaście pokoleń szkodnika. W temp. 10°C następuje zahamowanie rozmnażania, w temp. 0°C osobniki rozkruszka mącznego mogą przeżyć do 1,5 roku, giną po jednym dniu w temp. –15°C, są wrażliwe na wysokie temperatury i niską wilgotność (temp. powyżej 34°C i wilgotność produktu poniżej 12% hamuje rozwój i rozmnażanie) (Boczek 1957).

Rozkruszek mączny jest jednym z najpowszechniejszych szkodników magazynowych w Polsce. Jego ogromna płodność i możliwość rozwoju w niskich temperaturach powodują, że może on wyrządzać szkody nawet w dobrze zabezpieczonych i szczelnych magazynach.

Gatunek ten może niszczyć całe i uszkodzone ziarno różnych gatunków zbóż: pszenica, jęczmień, owies, żyto, pszenżyto, kukurydza, ryż, gryka, sorgo. Żerować i rozwijać może się też na produktach wytworzonych ze zbóż: mąki, kasze, otręby i wiele innych. Rozkruszek mączny chętnie zasiedla inne materiały roślinne: nasiona roślin oleistych i bobowatych oraz produkty ich przerobu. Gatunek ten często występuje w suszonych owocach, ziołach, grzybach, przyprawach i wielu innych produktach roślinnych (Hagstrum i wsp. 2013).

Rozkruszek polowo-magazynowy
***Acarus farris* (Oud.)**
syn. *Aleurobius farris* Oud.

Zewnętrznie bardzo podobny do rozkruszka mącznego, nieco jednak od niego mniejszy. Rozkruszek polowo-magazynowy różni się też od rozkruszka mącznego m.in. wyglądem szczecin na grzbietowej stronie ciała i stóp 1. i 2. pary nóg.

Rozwój i wymagania środowiskowe ma również bardzo zbliżone do poprzedniego gatunku. Nie rozwija się, gdy temperatura spada poniżej 3°C, a wilgotność poniżej 74%. Samica składa ok. 150 jaj. Gatunek ten spotykany jest częściej w środowisku polowym niż w magazynach, do których trafia właśnie z pól wraz z zebranym ziarnem. W magazynach rzadziej niż rozkruszek mączny pojawia się masowo, chociaż zdarza się, że wyrządza duże szkody (Sánchez-Ramos i wsp. 2007).

Rozkruszek drobny
***Tyrophagus putrescentiae* (Schr.)**
syn.: *Acarus putrescentiae* Schr.,
***Tyrophagus noxius* Zach., *Tyrophagus lintneri* (Osb.)**

Samica osiąga od 0,32 mm do 0,49 mm dł. ciała, samiec jest nieco mniejszy (0,28–0,42 mm) i bardziej owalny od samicy. Ciało osobników dorosłych jest białe, niekiedy z odcieniem różowym (fot. 6.45). Różowawe są również gruczoły łojowe umieszczone po bokach ciała. Brzuszna strona ciała jest spłaszczona, grzbietowa – wypukła. Jaja są białe, długości około 0,11 mm i mocno zróżnicowanej

Fot. 6.45. Rozkruszek drobny (fot. T. Klejdysz)

szerokości. Larwa jest prawie bezbarwna, posiada stosunkowo krótkie szczeciny, długości ok. 0,12 mm. Kolejne stadia są podobne, lecz stopniowo coraz większe i coraz lepiej zaczynają się u nich uwidaczniać cechy płciowe.

Dorosłe osobniki mogą żyć nawet przeszło rok. W tym czasie samice składają jaja (średnio 150 jaj, maksymalnie ponad 650 sztuk) pojedynczo, bezpośrednio na pokarm lub w najbliższym jego sąsiedztwie. Optymalna temperatura do rozwoju to ok. 24°C, a optymalna wilgotność zawiera się w przedziale 85–95%. Gatunek ten nie rozwija się poniżej 8°C i wilgotności powietrza niższej niż 70%.

W optymalnych warunkach rozwój jednego pokolenia szkodnika trwa zaledwie 8–10 dni. Dorosłe roztocze są stosunkowo odporne na działanie niskiej temperatury i potrafią przetrwać krótkotrwałe spadki temperatury poniżej –15°C.

Rozkruszek drobny obok rozkruszka mącznego jest jednym z najgroźniejszych szkodników magazynowanego ziarna i jego rozdrobnionych produktów. Powoduje on wzrost wilgotności i zagrzewanie się ziarna. Pojawiają się wówczas grzyby z rodzajów *Aspergillus* i *Pennicillium*, których strzępki również są chętnie zjadane przez tego szkodnika. Warunki te sprzyjają również rozwojowi rozkruszka drobnego i może on pojawiać się w mocno przegęszczonych populacjach tworzących zwartą masę roztoczy. W drobno zmielonych produktach zbożowych żeruje głównie w wierzchnich warstwach, w magazynowanym ziarnie może zasiedlać całą masę.

Gatunek ten zasiedlać może praktycznie wszystkie magazynowane produkty pochodzenia roślinnego, zarówno całe ziarniaki, jak i produkty ich przemiału oraz artykuły z nich wytworzone. Szczególnie chętnie zasiedla zapleśniałe materiały, suszone grzyby, przyprawy, owoce i zioła (Hagstrum i wsp. 2013). Gatunek ten jest problemem w pieczarkarniach, gdzie uszkadzać może żywą grzybnię i owocniki pieczarek (Boczek 1966).

Oprócz wyżej opisanych gatunków rozkruszków, w magazynach zbożowych może pojawiać się też rozkruszek wydłużony – *Tyrophagus longior* (Garv.).

Roztoczek owłosiony
***Lepidoglyphus destructor* (Schr.)**
syn.: *Acarus destructor* Schr., *Glycyphagus destructor* (Schr.)

Osobniki dorosłe roztoczka owłosionego osiągają długość ciała od 0,37 mm do 0,6 mm. Samice są najczęściej większe od samców. Ciało osobników dorosłych jest matowe, barwy białej. Nogi są dość masywne, a stopy mocno wydłużone. Na powierzchni ciała znajdują się długie, pierzaste, rzadko rozmieszczone szczeciny, najdłuższe w tylnej jego części. Jaja mają owalny kształt i długość ok. 0,13 mm. Hypopus jest nieruchomy i pozostaje w wylince pozostałej po poprzednim stadium.

Samica składa dziennie średnio 3 jaja, łącznie w ciągu życia jedynie kilkadziesiąt. Minimalna temperatura, w jakiej stwierdzono rozwój roztoczka owłosionego to 5°C, a minimalna wilgotność względna powietrza – ok. 60%. Optymalne warunki dla rozwoju tego szkodnika to 25°C i wilgotność ponad 80%. W tych warunkach i dostępie do odpowiedniego pokarmu rozwój jednego pokolenia trwa niecałe 3 tygodnie. Hypopusy tworzą się w niskich temperaturach – w temperaturze 0°C mogą przetrwać bez pożywienia nawet 2 lata (Chmielewski 2001). Gatunek jest bardzo ruchliwy jak na roztocze. Porusza się energicznymi ruchami i w ciągu minuty potrafi przebyć 16 cm (Boczek 1966).

Szkodnik ten bardzo często występuje w magazynach zbożowych. Zazwyczaj jednak nie tworzy tak dużych zagęszczeń populacji, jak rozkruszek mączny czy drobny i przez to wyrządzane przez niego straty są mniejsze. Powodować może jednak zagrzewanie się ziarna i wytwarza pył podczas żerowania. Zanieczyszcza też ziarno wylinkami, odchodami i ciałami martwych osobników, które mogą powodować schorzenia u ludzi i zwierząt.

Roztoczek owłosiony niszczyć może większość magazynowanych produktów takich jak: ziarno zbóż, nasiona innych roślin (szczególnie o dużej zawartości olejów), suszone zioła i owoce. W produktach mocno rozdrobnionych żeruje tylko na ich powierzchni (Boczek 1966).

Roztoczek domowy
***Glycyphagus domesticus* (DeG.)**
syn. *Acarus domesticus* DeG.

Dorosłe roztocze są owalnego kształtu, lekko matowe, długości ciała od 0,39 mm do 0,75 mm. Przez powierzchnię ciała często widoczny jest zarys ciemnego przewodu pokarmowego w formie dwóch, ciemnych linii. Na powierzchni ciała obecne są rzadko rozmieszczone, pierzaste i sztywne szczeciny. Nogi są wydłużone, a stopy

cienkie. Samce nie posiadają przyssawek analnych i stopowych. Jajo jest matowe, owalne i prawie przezroczyste. Larwy mają ciało gładkie i błyszczące. Hypopus jest nieruchomy i spłaszczony o długości ok. 0,33 mm.

Jedna samica może złożyć w ciągu życia od kilkudziesięciu do ponad 100 jaj. W temperaturze 25°C i wilgotności względnej powietrza 90% rozwój jednego pokolenia trwa 3 tygodnie, ale już w 16°C długość czasu rozwoju podwaja się. Stadium hypopusa trwa od 5 dni do nawet 6 miesięcy i wydaje się, że nie zależy od warunków rozwoju. Stadium to jest wyjątkowo wytrzymałe na niską wilgotność i przy 10% wilgotności względnej powietrza może przeżyć nawet tydzień (Boczek 1966).

Roztoczek domowy rozpoczyna żerowanie na całym ziarnie od zarodka, pozbawiając ziarniak zdolności kiełkowania, uszkadzać może jednak też pozostałą część ziarniaka. Oprócz magazynów, produktów spożywczych, roztoczek domowy występować może też w zawilgoconych domach, zasiedlając tapicerowane meble, materace oraz dywany. Gatunek ten znacznie rzadziej występuje w warunkach polowych, w gniazdach ptaków i słomie. U osób mających długi kontakt z tym gatunkiem mogą pojawić się schorzenia dróg oddechowych.

Roztoczek domowy zasiedlać może ziarna zbóż i produkty ich przemiału, suszone owoce, grzyby i zioła (w których może występować szczególnie licznie). Niszczyć może też produkty pochodzenia zwierzęcego, np. suszone mięso i konserwy. Ponieważ ciało roztoczka domowego pokrywają długie i sztywne szczeciny, może on poruszać się tylko w gruboziarnistych produktach, w drobno zmielonych przebywa na ich powierzchni.

Roztoczek brunatny
***Gohieria fusca* (Oud.)**
syn. *Glycyphagus fuscus* Oude.

Ciało osobników dorosłych jest owalne z przewężeniem w przedniej części, długości od 0,35 mm do 0,45 mm, barwy jasnobrązowej z różowym odcieniem i pokryte jest rzadko rozmieszczonymi, krótkimi szczecinkami. Nogi są dość masywnie zbudowane, a na ich części znajdują się podłużne wgłębienia. Otwór genitalny samicy nakryty jest dwiema fałdami ciała. Wierzch ciała larwy pokryty jest drobnymi brodawkami.

Płodność samic jest stosunkowo niska i wynosi około 30 jaj. Gatunek rozwija się w temperaturze wyższej niż 8°C i w wilgotności względnej powietrza wyższej od 75%. W temperaturze 25°C pełen cykl rozwojowy trwa 11 dni, natomiast w 20°C przedłuża się do ponad 3 tygodni. W cyklu rozwojowym rozkruszka brunatnego nie występuje stadium hypopusa.

Szkodnik ten może niszczyć produkty powstałe z przemiału ziarna zbóż takie jak mąki i kasze, rzadko zasiedla całe ziarna zbóż. Roztoczek brunatny zasiedlać może też mleko w proszku, nasiona roślin oleistych oraz suszone zioła.

6.3. Kręgowce

Ważną grupą szkodników magazynowych są kręgowce, a wśród nich gryzonie i ptaki. Ich negatywny wpływ na magazynowane ziarno jest często bagatelizowany i pomijany. Tymczasem ta grupa szkodników może być przyczyną poważnych strat zarówno ilościowych, jak i jakościowych składowanego surowca. Dodatkowo także stanowią one realne zagrożenie epidemiologiczne, są bowiem wektorami wielu chorób i pasożytów groźnych dla zwierząt hodowlanych oraz człowieka. Zarówno gryzonie, jak i ptaki szukają w magazynach zbożowych miejsca schronienia i pożywienia. Myszy, szczury, wróble i gołębie zaliczane są do gatunków synantropijnych, które przystosowały się do życia w środowisku zmienionym przez człowieka, w bliskim sąsiedztwie z miejscem zamieszkania lub jego działalności (Strzałko i Mossor-Pietraszewska 2006).

6.3.1. Gryzonie

Z gospodarczego punktu widzenia największe znaczenie, jako szkodniki magazynowe w tej grupie zwierząt mają: mysz domowa, mysz polna oraz szczur śniady i szczur wędrowny (rodzina myszowate – Muridae). Gryzonie to szkodniki wyjątkowo uciążliwe, a szczury dodatkowo są bardzo inteligentne. Wszystkie gryzonie odznaczają się bardzo wysoką płodnością. W ciągu roku dają po kilka miotów z kilkoma młodymi (gatunki poliestralne – wielorujowe), co pozwala im w krótkim czasie opanować nowe, nieraz rozległe tereny. Są wielożerne (polifagi), nie gardzą żadnym pożywieniem i w krótkim czasie adaptują się do pobierania bardzo różnych pokarmów.

Gryzonie są zwinne i bardzo szybko poruszają się. Potrafią wspinać się po pionowych rurach i chodzić po linach oraz przewodach np. elektrycznych i telefonicznych. Potrafią podskakiwać, aby dostać się na wyżej położone miejsca i bezpiecznie zeskakiwać z dużych wysokości. Przecisną się przez niewielkie szczeliny – myszy o wysokości około 0,6 cm, a szczury o wysokości około 1,3 cm! Gryzonie są bardzo ostrożne, czujne i nieufne. Mają doskonały węch, smak, dotyk, i słuch (słyszą ultradźwięki) i dobrze pływają. Unikają oświetlonych miejsc i bezpośredniego kontaktu z człowiekiem, a także kotami i psami, chowając się we wszystkich możliwych, ustronnych miejscach. Zwiększoną aktywność wykazują w porze nocnej, kiedy czują się bezpieczniej. Obecność kotów i psów w otoczeniu magazynu powoduje u nich wzmożoną czujność. Gryzonie, szczególnie szczury, są bardzo nieufne, co przejawia się między innymi w tym, że niechętnie pobierają „nowy" pokarm (neofobia) (Mallis 2004; Ziętek i wsp. 2010).

Zasiedlone ziarno zanieczyszczają odchodami, sierścią i martwymi osobnikami, a także rozdeptują je i rozrzucają. W pomieszczeniach, w których stale bytują wyczuwalny jest w powietrzu tzw. mysi zapach. W miejscach częstego ocierania się ciał gryzoni (narożniki ścian, miejsca styku ściany z podłogą) i przeciskania przez

wąskie otwory czy szczeliny, widoczne są tłuste ślady. Przy ścianach pomieszczeń, przy których zwykle poruszają się, widoczne są ślady ich odnóży (mniejsze mysie, większe szczurze).

W gruncie, także tym przyległym do magazynu, kopią tunele i nory. Po zasiedleniu magazynu, tunele i nory drążą również pod/lub w podłodze. W celu dostania się do wnętrza magazynu mogą podkopywać fundamenty, nawet na znacznej głębokości, i przegryzać je, oraz przechodzić przez rury kanalizacyjne. Mogą uszkadzać materiały izolacyjne stosowane do ocieplania ścian i stropów, np. wełnę czy styropian.

Gryzonie przegryzają opakowania i to zarówno te papierowe, drewniane, plastykowe, jak i stalowe. Robią dziury w ścianach, drzwiach i elementach konstrukcyjnych magazynu, maszynach i rozmaitych urządzeniach. Przegryzają także istniejącą w obiekcie infrastrukturę techniczną, np. przewody elektryczne, sieciowe, rury kanalizacyjne, instalację wodną (fot. 6.46), czujniki systemu monitoringu temperatury i wilgotności. Przez powstałe otwory w opakowaniach, poszyciu grodzi magazynowych i zewnętrznych ścian silosów, może wypadać zmagazynowane ziarno, zwabiając inne szkodniki z najbliższego otoczenia magazynu. Przez uszkodzenia konstrukcji może przedostawać się do pomieszczeń magazynowych woda z opadów atmosferycznych, a także podsiąkająca z gruntu.

Siekacze gryzoni są bardzo twarde (5,5 w skali twardości Mosha) i rosną przez całe życie, około 0,4 mm dziennie. Zwierzęta te zmuszone są do nieustannego gryzienia i ich ścierania, na co poświęcają około 2% swojej codziennej aktywności. Silne szczęki

Fot. 6.46. Szkody spowodowane przez szczura – przegryziona rura kanalizacyjna (fot. S. Ignatowicz)

wywierają nacisk do 500 kg/cm^2, a częstotliwość ugryzień wynosi do 6/s. Uszkodzenia w postaci dwóch równoległych rowków pozostawione przez siekacze gryzoni na twardych przedmiotach i surowcach, ułatwiają częściowo ich rozpoznanie. Myszy pozostawiają ślady od 1 do 2 mm, a szczury od 3,5 mm do 4 mm szerokości (Mallis 2004).

Gryzonie wydalają duże ilości moczu, znacząc nim ścieżki po których poruszają się. Moczem zanieczyszczają też ziarno, na którym żerują. Składniki moczu są chemicznie agresywne, dlatego też z czasem mogą być źródłem ognisk korozji elementów stalowych w magazynach. Gryzonie wydalają także dużą ilość odchodów. Myszy od 40 do 100 grudek o wielkości około 6 mm, a szczury od 20 do 50 grudek dziennie o wielkości od 13 mm do 19 mm i o wydłużonym kształcie.

Gryzonie stanowią szczególne zagrożenie jako szkodniki sanitarne. Mogą przenosić bardzo wiele różnych, niebezpiecznych chorób zakaźnych (dżuma, tyfus, leptospiroza – choroba Weila, salmonelloza, hantawirusowy zespół płucny, wścieklizna, wirus limfocytarnego zapalenia splotów naczyniowych i opon mózgowych – LCM, wirus gorączki Lassa i wiele innych). Gryzonie mogą również przenosić ekto- i endopasożyty (pchły, roztocze, nicienie i wiele innych), które są niebezpieczne dla ludzi i zwierząt hodowlanych (Mallis 2004; Ziętek i wsp. 2010; Dudek i Tryjanowski 2016).

Obecność gryzoni lub samych tylko ich wydalin w otoczeniu człowieka może być przyczyną różnych reakcji alergicznych, nieżytu górnych dróg oddechowych czy astmy.

Mysz domowa
***Mus musculus* L.**

Ma smukłe ciało o długości od 7 cm do 12 cm, ogon długości od 5,5 cm do 11 cm i masę od 15 g do 25 g. Na zaostrzonym pyszczku znajdują się włosy czuciowe (tzw. wąsy), które ułatwiają poruszanie się w ciemności. Uszy myszy domowej są dość długie i cienkie, ogon słabo owłosiony, pokryty łuskami ułatwiającymi wspinaczkę. Kończyny są pięciopalczaste, o chwytnych palcach zakończonych pazurkami. Ciało pokrywa futerko, które na grzbiecie jest koloru szarego z odcieniem żółtawym, a na brzuchu przechodzi stopniowo w kolor białawy. Samice na brzuchu mają 5 par sutków.

Gatunek ten należy do gniazdowników i występuje na terenie całego kraju. Rozwój myszy domowej możliwy jest przez cały rok. Dojrzałość płciową osobniki myszy domowej osiągają w wieku 2–3 miesięcy. Ciąża trwa około 20 dni. Liczba miotów w ciągu roku wynosi od 5 do 8. W jednym miocie rodzi się od 4 do 9 młodych (fot 6.47). Noworodki są nagie i ślepe, w okresie letnim rodzi się ich najwięcej, w pozostałych porach roku mniej osobników. Przedstawiciele tego gatunku wydzielają charakterystyczny mysi zapach. W warunkach naturalnych mysz domowa żyje od 1,5 roku do 2 lat (Serafiński i Wielgus-Serafińska 1988; Kowalski 1991; Ziętek i wsp. 2010; Zientek 2015).

Fot. 6.47. Gniazdo myszy domowej z młodymi (fot. G. Pruszyński)

W okresie wegetacyjnym mysz domowa poza budynkami może występować na polach uprawnych i w ogrodach. Na zimę migruje do zabudowań mieszkalnych i gospodarczych oraz magazynów.

Mysz polna
***Apodemus agrarius* (Pall.)**

Zwana jest także myszarką polną. Ma ciało długości od 7 cm do 12,5 cm, ogon od 6,5 cm do 9 cm i masę od 15 g do 39 g. Jej uszy są bardzo małe. Ciało pokryte jest futerkiem, które na grzbietowej części jest koloru brązowego, z czarną pręgą wzdłuż kręgosłupa, a na brzuchu koloru białego, podobnie jak kończyny.

Gryzoń ten występuje na terenie całej Polski, szczególnie jednak na glebach wilgotnych i żyznych. Od wiosny do jesieni zamieszkuje pola, łąki, brzegi lasów, zarośla i ogrody, a na zimę migruje do kopców. Rozmnaża się od wiosny do jesieni. Liczba miotów wynosi od 3 do 4 w ciągu roku. W jednym miocie rodzi się od 2 do 9 młodych. Jest to gatunek o aktywności dziennej.

Szczur śniady
***Rattus rattus* (L.)**

Jest gryzoniem znacznie większym od myszy i ma ciało o długości od 16 cm do 23 cm, ogon od 18 cm do 25 cm i masę od 175 g do 300 g. Jest podobny do szczura wędrownego, ale znacznie mniejszy i smuklejszy. Na ostro zakończonym pysku ma cienkie, prawie nagie, duże uszy. Ciało pokryte jest futerkiem koloru szaro-brązowego, a na podbrzuszu biało-szarego. W populacji tego gatunku występuje duża zmienność

ubarwienia osobników – od szarej przez barwy pośrednie aż do czarnej. Ogon ma prawie nagi, z rzadka owłosiony, pokryty łuskami, zawsze dłuższy od ciała.

Szczur śniady bardzo dobrze się wspina, pomagając sobie przy tym ogonem. Gatunek ten rozmnaża się przez cały rok. Liczba miotów w ciągu roku wynosi od 2 do 5. W 1 miocie rodzi się od 6 do 12 młodych. Gatunek o aktywności nocnej. Dziennie zjada około 20 g pokarmu (Mallis 2004; Ignatowicz 2016b).

Szczur wędrowny
***Rattus norvegicus* (Berk.)**

Gryzoń ten ma krępe ciało długości od 19 cm do 28 cm, długi ogon od 13 cm do 23 cm i masę od 250 g do 350 g. Ogon tego gatunku jest zawsze krótszy od ciała, prawie nagi, pokryty pierścieniami łusek. Jego pysk jest tępo zakończony, uszy małe, gruboskórne i wyraźnie owłosione. Ciało szczura wędrownego pokryte jest futerkiem koloru szarobrązowego, brunatnoszarego, z żółtawym odcieniem, do prawie czarnego, na podbrzuszu koloru biało-szarego, szarego, lub żółtawego. Stopy są czerwonawe. Samica na brzuchu ma 5–6 par sutków.

Gatunek ten występuje pospolicie na terenie całego kraju. Rozmnaża się przez cały rok. Dojrzałość płciową i zdolność do rozrodu osiąga w wieku 5 tygodni. Ciąża trwa około 20 dni. Samica jest w stanie rodzić jeden miot za drugim. Liczba miotów wynosi od 4 do 6 w ciągu roku. W jednym miocie rodzi się od 6 do 12 młodych, wyjątkowo do 20 osobników (fot. 6.48). Młode otwierają oczy już kilkanaście dni po urodzeniu. Gatunek o aktywności nocnej (Mallis 2004; Ignatowicz 2016c).

Fot. 6.48. Gniazdo szczura wędrownego z młodymi (fot. S. Ignatowicz)

6.3.2. Ptaki

Wiele gatunków ptaków przystosowało się do życia w bliskim sąsiedztwie człowieka. Są to między innymi wróble (rodzina wróblowate – Passeridae) i gołębie (rodzina gołębiowate – Columbidae). Ptaki, szczególnie gołębie, mogą przenosić na swym ciele kleszcze należące do rodziny obrzeżkowatych (Argasidae), które mogą być niebezpieczne również dla ludzi (Dudek i Tryjanowski 2013). Obrzeżki mogą przenosić wirusy, bakterie i piroplazmy. Europejski obrzeżek gołębi może być wektorem krętków wywołujących boreliozę, riketsji gorączki Q, pałeczki salmonellozy ptasiej oraz egiptionellozy i piroplazmozy ptasiej. Jest także nosicielem wirusów zachodniego Nilu, Tahyna, Grand Arbaud i Ponteves, wirusów Quaranfil oraz wirusów kleszczowego zapalenia mózgu (TBE). U ludzi wrażliwych ślina obrzeżków wywołuje miejscowe reakcje alergiczne, rzadziej uogólnione, lub zatrucia, o różnym nasileniu (Solarz 2013).

Ptaki po dostaniu się do wnętrza magazynu zanieczyszczają ziarno odchodami, piórami i martwymi osobnikami, a także rozdeptują je i rozrzucają. Mają bardzo dobry wzrok. Przesiadują na najwyższych częściach magazynu i przyległych budynków, na wysokich słupach, a także na drzewach rosnących w sąsiedztwie magazynu, skąd wypatrują możliwości pobrania pokarmu, np. ziarna rozsypanego podczas transportu do i z magazynu (Dudek i Tryjanowski 2013).

Należy pamiętać, że większość występujących w pobliżu magazynów i zabudowań wiejskich ptaków podlega prawnej ochronie gatunkowej (Dz.U. 2014 poz. 1348). Wyjątkiem jest m.in. gołąb grzywacz, który jest gatunkiem łownym i podlega pod przepisy prawa łowieckiego.

Wróbel zwyczajny
***Passer domesticus* (L.)**

To mały i krępy ptak, o dużej głowie i mocnym dziobie (fot. 6.49.), występujący na terenie Europy i Azji, o ciele długości od 16 cm do 18 cm, rozpiętości skrzydeł około 21 cm i masie od 20 g do 39 g. Ubarwienie samców i samic jest odmienne. Samce mają wierzch ciała brązowy z ciemniejszymi paskami, podbrzusze szare. Policzki są szare, oddzielone brązową pręgą od szarego wierzchu głowy. Na podgardlu widoczny jest czarny śliniak, a na skrzydle jedna biała pręga. Dziób jest szary, w okresie lęgowym czarny. Nogi brązowe lub różowe. Samice są szarobrązowe, grzbiet paskowany. Nad okiem obecna jest, nie zawsze, wyraźna, jaśniejsza brew. Dziób jest szary, a nogi koloru różowego. Młode podobne są do samic (Brown i wsp. 2006; Del Hoyo i wsp. 2013).

Okres lęgowy wróbla zwyczajnego trwa od kwietnia do sierpnia. Liczba wyprowadzanych lęgów wynosi od 3 do 5 w ciągu roku. Jest to gatunek monogamiczny. Wróble zakładają gniazda w szczelinach budynków, w gniazdach bocianów, w budkach lęgowych i innych dostępnych miejscach, w pobliżu siedzib

Fot. 6.49. Wróbel zwyczajny – samiec (fot. T. Klejdysz)

ludzkich. Samica znosi 6–7 jaj o różnym zabarwieniu skorupki, przeważnie zielonkawe i gęsto plamkowane na szaro lub brązowo. Inkubacja trwa 13–14 dni. Po wykluciu z jaj pisklęta pozostają w gnieździe przez 14–17 dni (Hudec 1997).

Gołąb miejski
***Columba livia* f. *urbana* Gmel.**

Gatunek ten wywodzi się od udomowionego gołębia skalnego (*Columba livia*). Populacja zamieszkująca tereny zurbanizowane składa się z osobników, które uciekły z hodowli i przystosowały się do życia w miastach.

Ciało osobników dorosłych ma długość od 31 cm do 36 cm. W ubarwieniu przeważa kolor szary (fot. 6.50). Na skrzydłach najczęściej znajdują się dwa czarne paski. Ubarwienie poszczególnych osobników może znacznie się różnić, gdyż gatunek ten często krzyżuje się w rasami hodowlanymi gołębi domowych. Występuje najczęściej w większych miastach o zwartej, starej zabudowie, gdzie gniazduje na strychach kamienic, we wnękach wysoko położonych okien oraz innych, osłoniętych od warunków atmosferycznych miejscach. Gniazdo to skromna, płaska konstrukcja złożona z niewielkiej ilości patyków. Samica składa najczęściej 2 jaja, z których po 17 dniach lęgną się pisklęta. Zdolność lotu i samodzielność osiągają po 4–5 tygodniach.

Fot. 6.50. Gołębie miejskie: u góry forma zbliżona do typowej, poniżej krzyżówka z gołębiami domowym (fot. T. Klejdysz)

Grzywacz, gołąb grzywacz
***Columba palumbus* L.**

Grzywacz to największy spośród gatunków gołębi występujących w Polsce. Ma ciało długości 41–45 cm, skrzydła rozpiętości 70–75 cm, masę 284–690 g. Upierzenie jest koloru niebieskoszarego. Na karku widoczna jest zielono-fioletowa opalizacja. Pióra po bokach szyi ułożone są pasami. Wykazują zielono-fioletowy połysk (Kruszewicz 2007; Del Hoyo i wsp. 2013; Marchowski 2015).

Okres lęgowy trwa od lutego do początku września, ze szczytem w okresie od czerwca do września. Grzywacz wyprowadza 2 lęgi w ciągu roku. Gołębie te budują gniazda na wysokości 3–5 m nad ziemią, w koronach drzew, na budynkach lub półkach skalnych. Samica składa 1–4 białych jaj, które wysiadują na zmianę oboje rodzice przez 16–17 dni. Nieopierzone młode do piątego dnia życia karmione są wydzieliną z wola rodziców. W okresie późniejszym karmione są typowym pokarmem. Młode opuszczają gniazdo po 3–4 tygodniach, a przez kolejne 2 tygodnie są jeszcze dokarmiane przez samca lub samicę (Gibbs i wsp. 2010; Twardowski i Twardowska 2016).

Fot. 6.51. Synogarlica turecka (sierpówka) (fot. R. Gawroński)

Sierpówka, synogarlica turecka
***Streptopelia decaocto* (Friv.)**

To średniej wielkości i smukłej budowy gatunek gołębia, z długim ogonem (fot. 6.51). Ma ciało długości 28–33 cm, skrzydła rozpiętości 48–53 cm i masę ciała 150–200 g. Upierzenie jest szaro-kremowe, wierzch z brązowawym odcieniem, pierś i brzuch płowożółte z różowawym nalotem. Głowa od góry jest brązowo-szara, a pozostała część szaroróżowa. Na karku widoczna jest czarna pół-obroża z białym obramowaniem górnej krawędzi, zwana też „sierpem". Boki ciała są niebieskoszare, nogi czerwone, dziób czarny, na końcu czerwonawo biały.

Ptaki te budują płytkie gniazda z drobnych gałązek na drzewach, w zaroślach, czasem na krzewach i budynkach. Samica składa 2 białe jaja, które wysiadywane są przez 14–15 dni przez oboje rodziców. Liczba lęgów wynosi od 3 do 4 w ciągu roku. Pisklęta opuszczają gniazdo po 20 dniach (Żelichowska 2017).

7. METODY WYKRYWANIA PORAŻENIA ZIARNA I MONITORING WYSTĘPOWANIA SZKODNIKÓW W MAGAZYNIE ZBOŻOWYM

Monitoring jest jednym z najważniejszych elementów systemu integrowanych metod zwalczania szkodników (IPM). Za pomocą technik monitorowania wykrywana jest obecność szkodników, nawet we wczesnych stadiach ich rozwoju, określane miejsca, gdzie podwyższona jest ich aktywność, oraz otrzymuje się informację o rozmiarze porażenia. Stosowane są następujące techniki monitorowania szkodników w pomieszczeniach magazynowych:

- wywiad,
- inspekcja,
- pobieranie próbek produktu,
- odczyty temperatury produktu,
- przegląd urządzeń (pułapek) do monitorowania szkodników.

Wywiad przeprowadzać powinien pracownik odpowiedzialny za ochronę zboża przed szkodnikami, wypytując innych zatrudnionych o ich spostrzeżenia dotyczące szkodników. Zadawać może następujące pytania: Czy ktoś zaobserwował szkodniki? Co widział? Ile szkodników widział? Gdzie je widział? Kiedy je widział? Otrzymane informacje należy potwierdzić inspekcją.

Inspekcja rozumiana tu jako monitoring występowania, jest podstawowym składnikiem każdego programu integrowanych metod zwalczania szkodników. Celem inspekcji jest oszacowanie liczebności szkodnika oraz określenie, jaki gatunek szkodnika jest obecny i w których miejscach występuje. Wszystkie pomieszczenia, które szkodniki zasiedlają, muszą być dokładnie określone i zidentyfikowane. Powinny one podlegać stałej obserwacji przechowywanego produktu w magazynie, zwłaszcza w miejscach ciepłych i wilgotnych, w których gromadzą się szkodniki. Niektóre owady są przyciągane przez światło i dlatego można je znaleźć w pobliżu lamp, w ich kloszach lub na parapetach okiennych. Szkodliwe gatunki owadów można też często odnaleźć w pajęczynach obecnych w budynku (fot. 7.1). Obserwacje te pozwalają na stwierdzenie występowania szkodników w magazynie, ale nie wystarczają do określenia stopnia zasiedlenia przechowywanego ziarna zbóż i nie mogą być podstawą do podjęcia decyzji o ich zwalczaniu.

W przypadku, gdy podczas inspekcji zostanie stwierdzona obecność owadów, osobników dorosłych albo ich stadiów rozwojowych, konieczne jest zidentyfikowanie ich do gatunku. Tylko po „dobrym rozpoznaniu wroga" można rozpocząć zabiegi zwalczania. Klucze do identyfikacji oraz inne opracowania umożliwiające

Fot. 7.1. Chrząszcz wołka zbożowgo uwięziony w pajęczynie (fot. T. Klejdysz)

rozpoznanie szkodników z grupy bezkręgowców omówiono w rozdziale 6. Także rozmieszczenie i liczebność szkodników w obiekcie magazynowym lub w zbożu muszą być dokładnie określone. Innym ważnym zadaniem podczas inspekcji jest znalezienie drogi, jaką szkodniki przedostają się do budynku lub produktu. Pomocne w określeniu źródła pochodzenia szkodników mogą być też informacje o procesie produkcyjnym oraz o zwyczajach i zachowaniu się zatrudnionych. Biorąc pod uwagę zebrane informacje można zaplanować zabiegi prewencyjne (zapobiegawcze). Zbite szyby w oknach, nieszczelne drzwi, szczeliny w ścianach i podobne przypadki należy odnotować i zaznaczyć na planie pomieszczenia, obiektu lub magazynu, wymienić w „liście zadań korekcyjnych" i dopilnować, aby jak najszybciej stwierdzone uchybienia zostały naprawione (Ignatowicz 2007b).

Pobieranie próbek przyjmowanych, nowych partii ziarna zbóż powinno być obowiązkowe. Próbki te muszą być pobierane losowo (Hagstrum i Flinn 1994). W miejscu pobrania należy je ocenić wizualnie, czy nie zawierają żywych lub martwych owadów. Przed wprowadzeniem nowej partii ziarna do magazynu powinna być określana jego wilgotność. W laboratorium próbki powinny zostać przebadane dokładniej, z zastosowaniem specjalnych metod wykrywania stadiów larwalnych owadów ukrytych np. wewnątrz ziaren (wysokoczuły mikrofon, metody barwienia i inne). Jednak w pierwszej kolejności należy je przesiać przy użyciu sit o oczkach mniejszych niż wielkość ziarniaków (fot. 7.2). Najlepiej użyć zestawu sit o coraz mniejszych oczkach, połączonych razem. Pozwala to na oddzielenie obiektów o różnej wielkości na poszczególnych sitach.

7.1. Wykrywanie owadów – szkodników magazynowych

Najbardziej zróżnicowaną grupą szkodników magazynowych są owady. Ich wykrycie nie jest łatwe z uwagi na małe rozmiary ciała oraz, najczęściej ukryty tryb życia. Do ich wykrycia opracowano szereg metod, z których najważniejsze omówiono poniżej.

Przegląd urządzeń do monitorowania

Pułapki do monitorowania szkodników (fot. 7.3, 7.5–7.8) są obecnie szeroko stosowane, a ich obecność w magazynie zbożowym świadczy o stosowaniu profesjonalnej metody monitorowania owadów. Pułapki są konieczne przy realizacji każdego systemu zarządzania jakością w magazynach. W pułapkach umieszczane są dyspensery (fot. 7.4) emitujące feromony płciowe lub agregacyjne (tab. 7.1). Feromony nie wykazują właściwości toksycznych i są łatwe w użyciu, a na szkodniki działają specyficznie.

Tabela 7.1. Szkodniki mogące pojawiać się w magazynach zbóż, których feromony są obecnie dostępne na rynku

Nazwa potoczna szkodnika	Nazwa naukowa szkodnika	Rodzaj dostępnego atraktantu
Kapturnik olbrzymek	*Prostephanus truncatus*	feromon agregacyjny wabiący samce i samice
Kapturnik zbożowiec	*Rhyzopertha dominica*	feromon agregacyjny wabiący samce i samice
Mklik daktylowiec	*Cadra cautella*	feromon płciowy wabiący samce
Mklik figowiak	*Cadra figulilella*	feromon płciowy wabiący samce
Mklik mączny	*Ephestia kuehniella*	feromon płciowy wabiący samce
Mklik próchniczek	*Ephestia elutella*	feromon płciowy wabiący samce
Omacnica spichrzanka	*Plodia interpunctella*	feromon płciowy wabiący samce
		atraktant składania jaj przez samicę
		atraktant obu płci
Skośnik zbożowiaczek	*Sitotroga cerealella*	feromon płciowy wabiący samce
Skórek zmienny	*Trogoderma variabile*	feromon płciowy wabiący samce
Spichrzel orzechowiec	*Oryzaephilus mercator*	atraktant pokarmowy wabiący samce i samice

Spichrzel surynamski	*Oryzaephilus surinamensis*	atraktant pokarmowy wabiący samce i samice
Świdrzyk cygarowiec	*Lasioderma serricorne*	feromon płciowy wabiący samce
Trojszyk gryzący	*Tribolium castaneum*	feromon agregacyjny wabiący samce i samice
		atraktant pokarmowy wabiący samce i samice
Trojszyk ulec	*Tribolium confusum*	feromon agregacyjny wabiący samce i samice
		atraktant pokarmowy wabiący samce i samice
Wołek kukurydzowy	*Sitophilus zeamais*	feromon agregacyjny wabiący samce i samice
Wołek ryżowy	*Sitophilus oryzae*	feromon agregacyjny wabiący samce i samice
Zadarlica spiżarnianka	*Pyralis farinalis*	feromon płciowy wabiący samce
Żywiak chlebowiec	*Stegobium paniceum*	feromon płciowy wabiący samce

Źródło: Ignatowicz (1998c, 2007b), Heaps (2006), Hagstrum i wsp. (2013)

Feromony są substancjami semiochemicznymi wydzielanymi do środowiska przez konkrety gatunek, na które inne osobniki tego samego gatunku reagują odpowiednim zachowaniem. Są to lotne, często proste związki organiczne o różnej budowie. Feromon zwykle nie jest jednym związkiem, lecz kompozycją dwóch lub kilku związków zmieszanych w określonych proporcjach. W zależności od pełnionych przez nie funkcji u owadów, wyróżnia się następujące feromony:

- feromony płciowe, które są produkowane przez samice i wabią samce do kopulacji,
- feromony alarmu, które ostrzegają osobniki własnego gatunku o niebezpieczeństwie,
- feromony-afrodyzjaki, wydzielane przez samca, który spotkał samicę, aby zachęcić ją do zbliżenia,
- feromony znacznikowe, które służą np. do oznaczenia jaja gospodarza, do którego zostało złożone jajo przez pasożyta, aby samica innego pasożyta (tego samego gatunku) nie składała w nim kolejnych jaj,
- feromony agregacyjne (kolonizacyjne) wpływające na gromadzenie się osobników jednej lub obu płci danego gatunku w jednym miejscu,
- feromony dystrybucyjne, decydujące o określonym rozmieszczeniu populacji na danym terenie lub w przechowywanym produkcie (Boczek i Lewandowski 2016).

Fot. 7.2. Przykład sit do wykrywania szkodników w ziarnie (fot. T. Klejdysz)

Feromony płciowe są produkowane i wydzielane przez samice szkodników żyjących krótko (krócej niż miesiąc) i nieodżywiających się w okresie reprodukcji. Przykładem może być pospolity u nas mklik mączny (*Ephestia kuehniella*) lub omacnica spichrzanka *(Plodia interpunctella)*. Szkodliwe w magazynach są larwy tych gatunków, które zjadają przechowywane produkty, sklejają je przędzą i zanieczyszczają odchodami, wylinkami i ciałami martwych owadów. Owady dorosłe (motyle) żyją krótko, bo tylko 1–2 tygodnie. W tym okresie nie pobierają pokarmu. Po kopulacji składają około 200 jaj na przechowywane produkty lub w ich pobliżu (na opakowania) i to jest ich „główne zadanie". Aby samica w tak krótkim czasie mogła złożyć jaja, musi jak najszybciej odbyć kopulację i w tym celu skutecznie zwabić samca. Samice wydzielają wówczas feromony płciowe, na które reagują samce, przylatując nawet ze znacznej odległości. Ten typ komunikowania się występuje też u innych szkodników magazynowych z rzędu motyli, a także u niektórych chrząszczy, np. u strąkowców (Bruchinae), skórnikowatych (Dermestidae) i części kołatkowatych (Anobiidae).

Osobniki dorosłe wielu szkodników, np. wołki lub trojszyki, żyją długo i pobierają pokarm w okresie rozmnażania się. Po znalezieniu dużej masy pożywienia owady te produkują tzw. **feromony agregacyjne**, które powodują skupianie się innych osobników (tego samego gatunku) w jednym miejscu, tuż przy źródle, gdzie są uwalniane. Tym samym zwiększa się prawdopodobieństwo łączenia się owadów w pary, gdyż na feromon agregacyjny reagują

Fot. 7.3. Pułapka lejkowa z możliwością zamontowania feromonu wabiącego samce motyli − szkodników magazynowych (fot. T. Klejdysz)

Fot. 7.4. Dyspensery feromonowe (fot. S. Ignatowicz)

zarówno samce, jak i samice. U wołka zbożowego feromon agregacyjny wydzielają samce, ale u innych chrząszczy mogą to robić samice. Feromony agregacyjne działają na owady na odległość 2–4 m od źródła, a więc słabiej niż feromony płciowe. Z uwagi na fakt, że wabią one osobniki obu płci, przy wykrywaniu szkodników w magazynie pułapki zawierające feromon agregacyjny są czasem bardziej wydajne niż pułapki zawierające feromon płciowy, który wabi tylko samce.

Opracowano różne rodzaje pułapek z uwzględnieniem mobilności i zachowania poszczególnych gatunków owadów, które wymagają monitoringu (fot. 7.3, 7.5–7.8). Przy wyborze właściwej pułapki należy odpowiedzieć sobie na kilka pytań: Czy połowy będą się odbywać wewnątrz, czy na zewnątrz budynku, czy łowione będą tylko owady biegające czy latające, czy odłowy prowadzone będą w pomieszczeniach zapylonych, czy w niezapylonych? Obecnie na rynku dostępne są pułapki dla prawie wszystkich owadów – szkodników przechowywanych produktów, a do najczęściej używanych należą:

- pułapka typu „pitfall",
- pułapka podłogowa,
- pułapka lejkowa,
- pułapka typu „delta",
- pułapka okienkowa („window trap").

Fot. 7.5. Pułapka typu delta (fot. S. Ignatowicz)

Pułapki delta (fot. 7.5) i okienkowa są wykonane z plastyku lub trwałego kartonu i posiadają wewnątrz lepowe powierzchnie, które zatrzymują owady. Pułapki podłogowe, lejkowe i typu „pitfall" mają różne inne mechaniczne bariery, które uniemożliwiają ucieczkę złapanym owadom.

Pułapki na chrząszcze (np. pułapki typu „pitfall", fot. 7.6) są często stosowane w celu wykrycia wczesnego porażenia produktu. Umieszczane są na powierzchni zboża lub w małych wzgórkach wykonanych na powierzchni ziarna. Wołki, które przemieszczają się po powierzchni zboża, wpadają do pułapek. Pułapki te powinny być regularnie przeglądane i wówczas dostarczają cennych wskazówek o stopniu porażenia. Stwierdzenie pierwszych osobników chrząszczy w tych pułapkach powinno zaalarmować osoby odpowiedzialne za bezpieczeństwo przechowywania ziarna. Inne metody monitoringu obejmują regularne pobieranie próbek ziarna lub umieszczanie specjalnych pułapek wewnątrz ziarna. Pułapki podłogowe (fot. 7.7, 7.8) są przeznaczone do nadzorowania otoczenia masy ziarna albo mogą być używane w silosach lub magazynach.

Pułapki lejkowe (fot. 7.9) są przeważnie używane w pomieszczeniach zapylonych w celu wykrycia i monitorowania mklików i omacnicy spichrzanki. Pułapki „delta" i pułapki okienkowe wyłapują owady wewnętrzną powierzchnią lepową i są najczęściej używane w czystych magazynach. Wszystkie te pułapki mogą być wyposażone w dyspensery feromonowe (Böye i wsp. 2006).

Wykrywanie obecności owadów magazynowych za pomocą feromonów umieszczonych w pułapkach jest zawsze konieczne tam, gdzie żywność lub pasze są produkowane lub przechowywane przez dłuższy czas (Arbogast i wsp. 2000).

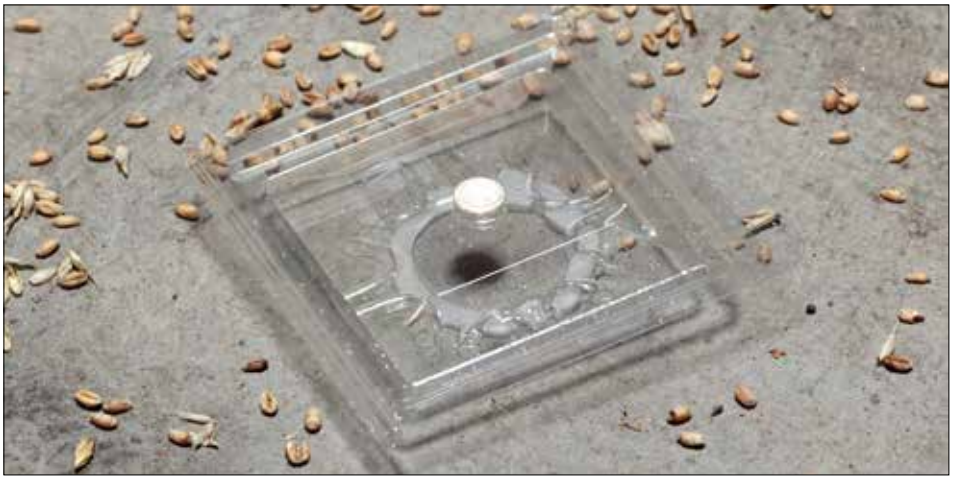
Stosowanie pułapek do wykrywania szkodników

Fot. 7.6. Pułapka typu „pitfall" (fot. T. Klejdysz)

Dyspensery zawierające substancje wabiące (feromony, atraktanty) powinny być przechowywane przed użyciem w lodówce i umieszczane w pułapkach zgodnie z zaleceniami producenta.

Pułapki powinny być rozwieszane (rozkładane) w pomieszczeniach nieprzewiewnych, w których cyrkulacja powietrza jest ograniczona, a więc w magazynach, składach i przechowalniach, w miejscach wygodnych do przeprowadzenia ich przeglądu i kontroli oraz wykonywania innych czynności (np. przemieszczanie produktów). Najczęściej umieszcza się je ponad poziomem głowy, w miejscach, gdzie jest ograniczony ruch pojazdów transportu wewnętrznego lub jego brak, z dala od wszelkiego rodzaju przejść. Takie rozmieszczenie powoduje, że pułapki nie przeszkadzają w normalnej pracy i zapobiega to ich zniszczeniu.

Fot. 7.7. Przykład pułapki podłogowej (fot. T. Klejdysz)



Fot. 7.8. Przykład pułapki podłogowej na trojszyki z atraktantem pokarmowym (fot. T. klejdysz)

Fot. 7.9. Pułapka lejkowa (fot. S. Ignatowicz)

Pary feromonu przenoszone są przez poruszające się powietrze, stąd ważne jest, aby w budynkach, gdzie prowadzi się walkę ze szkodnikami, pułapki umieścić w miejscach początku głównych prądów powietrza. Umożliwia to rozprzestrzenianie się feromonu po całym budynku. W zależności od rodzaju pomieszczeń, miejsca te mogą obejmować obszar przyjmowania produktów lub obszary produkcyjne wraz z przyległymi korytarzami i przejściami. W przypadku, gdy pomieszczenia budynku są wysokie, niektóre pułapki należy rozmieścić najwyżej jak to możliwe, biorąc przy tym pod uwagę wygodę ich obsługi i kontroli. Ogrzane powietrze wraz z feromonem unosi się ku górze i wabi do pułapek osobniki motyli przebywające w górnych strefach magazynów.

Pułapki feromonowe należy sprawdzać co najmniej raz na tydzień, a złapane owady powinny być policzone i zidentyfikowane, najlepiej do poziomu gatunku.

Wyniki monitoringu muszą być dokładnie dokumentowane przez osobę, która jest odpowiedzialna za system monitorowania szkodników. Dokumenty powinny zawierać następujące informacje: data przeglądu, numer pułapki, opis miejsca położenia lub zawieszenia pułapki, liczbę odłowionych owadów, poziom szkód, podjęte działania dotyczące zwalczania szkodników, rodzaj i termin wykonania niezbędnego zabiegu, inne uwagi oraz podpis technika. Dokładny plan pomieszczenia produkcyjnego lub budynku magazynowego z zaznaczoną aktualną lokalizacją (i numerem) każdej pojedynczej pułapki, jak również raporty z przeglądu powinny być dostępne o każdej porze w miejscu, w którym odbywa się nadzór.

Pułapki najczęściej wykorzystuje się do wykrywania szkodników w magazynach, gdyż działają szczególnie skutecznie wtedy, gdy populacja szkodnika jest mała. Służą też do określenia miejsc występowania szkodnika i liczebności populacji. Na podstawie zebranych informacji podejmuje się decyzję o zwalczaniu chemicznym szkodników. Interpretacja wyników monitoringu powinna być przeprowadzona ostrożnie, aby podjąć właściwą decyzję, kiedy należy przeprowadzić odpowiedni i najbardziej skuteczny zabieg i jakie dodatkowe działania powinny być wdrożone, aby w przyszłości zapobiec wtargnięciu szkodników do pomieszczenia.

Stosując pułapki feromonowe można wykryć obecność szkodnika znacznie wcześniej niż tylko w czasie rutynowej inspekcji wizualnej. Otrzymane informacje jednak nie wystarczają do określenia stopnia zasiedlenia przechowywanego ziarna zbóż i nie mogą być podstawą do podjęcia decyzji o ich zwalczaniu. Jest to jedynie sygnał, że w magazynie obecne są szkodliwe organizmy i wówczas należy zastosować metody pozwalające na wykrycie szkodnika w magazynowanym produkcie. Dokładne dane o liczebności szkodników uzyskać można po odsianiu ich z całej masy zgromadzonego zboża i policzeniu. Nie jest to jednak możliwe nawet w małych przechowalniach ziarna, dlatego pobierane są próbki produktu, w których liczy się szkodliwe owady. Uzyskane dane o liczebności szkodników przelicza się na większą objętość (np. na 1 m^3 zboża) lub większą jednostkę masy produktu (np. 1 kg lub 100 kg zboża) (Ignatowicz 2007b).

7.2. Wykrywanie roztoczy w magazynowanym ziarnie

Roztocze ze względu na niewielkie rozmiary ciała, wolne poruszanie się oraz barwę ciała podobną do produktu, są trudne do wykrycia w magazynowanym produkcie, szczególnie przy niewielkiej ich liczebności. Przeoczenie tych szkodników, przy ich ogromnym potencjale rozrodczym może skutkować dotkliwymi stratami. Dlatego bardzo ważne jest, aby wykryć obecność roztoczy w magazynie na tyle wcześnie, aby nie zdążyły one nadmiernie się rozmnożyć.

Do skutecznego wykrycia roztoczy konieczne jest prawidłowe pobranie próbek ziarna. Ziarno pobiera się niewielkimi porcjami (ok. 1 kg) z różnych punktów magazynu i różnych głębokości ziarna. Przy pobieraniu prób należy zwrócić szczególną

uwagę na miejsca, gdzie ziarno przylega do ścian lub podłóg, gdzie możliwe jest pojawienie się wilgoci. Pobrane próbki miesza się ze sobą, a następnie oddziela się niewielką część do przeprowadzania analizy, jedną z opisanych poniżej metod.

Wyróżnia się 3 stopnie porażenia produktu w zależności od liczby żywych lub martwych roztoczy w 1 kg produktu (Boczek 1966):

- I stopień: 1–20 osobników roztoczy,
- II stopień: 21–40 osobników roztoczy,
- II stopień: powyżej 40 osobników roztoczy.

Przesiewanie jest najprostszą metodą wykrywania roztoczy w produktach sypkich o granulacji większej niż rozmiary ciała roztoczy. Przygotowaną próbkę przesiewa się przez sito o oczkach tak dobranych, aby roztocze wraz z pyłem zostały oddzielone od produktu, który powinien w całości pozostać na sicie. Odsiewanie powinno prowadzić się nad ciemnym papierem. Następnie, przy użyciu urządzenia powiększającego np. lupy, należy przejrzeć otrzymane przesiewki i policzyć osobniki roztoczy (wszystkie stadia rozwojowe). Metoda ta nie jest doskonała, gdyż nie oddzielimy nią roztoczy, które żerują wewnątrz ziarniaków.

Wypłaszanie roztoczy przy użyciu **Lejka Berlese'a** jest bardziej pracochłonną i czasochłonną metodą, ale umożliwia wypłoszenie z przygotowanej próbki wszystkich, ruchomych stadiów roztoczy. Lejek Berlese'a to urządzenie składające się w dolnej części z lejka o nachyleniu ścian 42° z umieszczonym pod nim naczyniem z płynem (np. woda z niewielką ilością detergentu), do którego wpadają wypłoszone roztocze z próbki znajdującej się na sicie umiejscowionym nad lejkiem. Powyżej sita umieszcza się żarówkę o mocy 40–60 W. Ciepło i światło żarówki zmusza roztocze do przemieszczania się od ich źródła i wpadają one do pojemnika umieszczonego pod lejkiem. Czas wypłaszania wynosi od 2 do 8 godzin. Po tym czasie należy policzyć roztocze znajdujące się w pojemniku.

7.3. Wykrywanie gryzoni w magazynie i wokół niego

Aby zmniejszyć szkodliwość gryzoni w magazynie z ziarnem zbóż, konieczne jest ich szybkie wykrycie i skuteczne zwalczenie. Jeśli zauważone zostaną nawet pojedyncze ślady ich obecności w budynku magazynowym, wówczas w celu określenia rozmiaru populacji należy przeprowadzić dokładną lustrację wszystkich pomieszczeń, budynków i otoczenia, gdyż szkodniki, a więc i gryzonie, „nie znają granic".

Szczury i myszy pozostawiają liczne oznaki swojej obecności. Na ich podstawie możemy określić: gatunek gryzonia, jego liczebność (szacunkowo), miejsca gniazdowania, miejsca w których są szczególnie aktywne, drogi przedostawania się do pomieszczeń oraz ścieżki, którymi przemieszczają się po terenie i wokół magazynu.

Do najważniejszych oznak obecności gryzoni (szczurów i myszy) należą (Corrigan 1996):

Odgłosy ich aktywności

W zasiedlonym przez gryzonie pomieszczeniu można usłyszeć różne odgłosy świadczące o ich aktywności. Gryzonie hałasują szczególnie nocą, gdy wspinają się po ścianach, po pochyłych zadaszeniach, po belkach stropowych. Można je również usłyszeć, gdy gryzą twarde przedmioty. Szczury wydają piski i inne dźwięki, gdy walczą ze sobą. Popiskują też podczas kopulacji lub gdy troszczą się o młode.

Podniecenie psów lub kotów

Gdy pies lub kot słyszy lub węchem wyczuwa bliską obecność gryzonia, wówczas pobudzony wącha i drapie podłogę lub ścianę, pod którą lub za którą znajduje się mysz lub szczur.

Odchody gryzoni

Gryzonie pozostawiają odchody w miejscach, gdzie są aktywne: wzdłuż ścieżek, przy ścianach, za różnymi przedmiotami, w pobliżu pokarmu oraz w kryjówkach. Po znalezieniu odchodów gryzoni, należy zwrócić uwagę na ich kształt, rozmiar i ogólny wygląd. Po tych cechach możliwe jest określenie gatunku gryzonia oraz można ocenić, kiedy mogło dojść do ich pojawienia się.

Szczur wędrowny pozostawia największe odchody, o długości do 19–20 mm. Odchody szczura śniadego są mniejsze, długości 13–15 mm, i są charakterystycznie wygięte w kształt litery „C". Mysz domowa pozostawia grudki kału znacznie mniejsze, długości 3–8 mm (średnio 6 mm). Można je pomylić z odchodami karaczana amerykańskiego, zwanego też przybyszką. Pod powiększeniem na drobnych odchodach karaczana (około 1 mm długości) można zauważyć charakterystyczne krawędzie. Odchody myszy są natomiast walcowate, zaostrzone na obu końcach i prawie zawsze zawierają włoski sierści, dobrze widoczne pod powiększeniem.

Liczba odchodów nie jest dobrym wskaźnikiem liczebności gryzoni w danym pomieszczeniu, gdyż ilość pozostawianych „bobków" przez jednego osobnika jest bardzo zmienna i zależy od wielu czynników, m.in. od rodzaju pożywienia, zawartości w nim wody, od dostępności wody, od stopnia koprofagizmu (tj. zjadanie odchodów). Szczury wędrowne karmione pożywką laboratoryjną wydalały średnio po 37 odchodów dziennie (od 16 do 55 w zależności od osobnika), a szczury śniade – średnio po 59 „bobków" (od 31 do 126 w zależności od osobnika). Mysz domowa produkuje 50 i więcej odchodów w ciągu dnia.

Licząc odchody gryzoni w danym pomieszczeniu lub miejscu nie określimy w sposób poprawny liczebności gryzoni, ale możemy określić miejsca ich największej aktywności. Duże ilości odchodów w jednym miejscu oznaczają, że w nim gryzonie spędzają dużo czasu i w tym miejscu należy wyłożyć trutkę lub ustawić łapkę albo chwytacz. Specyficzne rozmieszczenie odchodów może nam wskazać drogę, którą gryzonie dostają się lub próbują się przedostać z zewnątrz do budynku lub z jednego pomieszczenia do drugiego.

Aby ocenić, czy w danym pomieszczeniu gryzonie są nadal aktywne, należy usunąć stare odchody (po zebraniu spalić lub zakopać) i po kilku dniach sprawdzić, czy pojawiły się nowe. Znalezione odchody gryzoni należy zawsze dokładnie obejrzeć. Jeśli odchody są świeże, wówczas są wilgotne, miękkie i błyszczące, po 2–3 dniach stają się suche, szare lub matowoczarne i kruche. Szczególną uwagę należy zwrócić na barwę odchodów gryzoni, która może dostarczyć cennych informacji o pobieranym przez nie pokarmie. Jeśli gryzonie zjadają zabarwiony pokarm (wiele rodentycydów jest barwionych np. na niebiesko), wówczas niezmieniony barwnik może przechodzić do odchodów, który je też zabarwia (w podanym przykładzie – na niebiesko).

Ślady po moczu gryzoni

Ślady po moczu szczurów i myszy fluoryzują w promieniach ultrafioletowych (UV) i zjawisko to można wykorzystywać w celu określenia areału aktywności tych gryzoni. Należy więc używać lamp (latarek) emitujących światło w zakresie fal UV do wykrywania moczu. Świeża, ale sucha pozostałość po moczu fluoryzuje na kolor niebieskobiały, natomiast stara pozostałość na kolor żółtobiały (Meehan 1984; Frantz i Davis 1991). Oczywiście, obecność moczu gryzoni w produkcie świadczy o jego poważnym skażeniu.

Gryzonie przemieszczając się, znaczą swoje ścieżki i produkty kropelkami moczu i wydzielinami urogenitalnymi (feromonami). Jeden dorosły szczur wałęsający się po powierzchni pryzmy ziarna może w ten sposób zanieczyścić ponad 10 000 ziarniaków zboża w ciągu jednej doby. Jedna para szczurów może oddać aż 5,7 litra moczu w ciągu roku i zabrudzić w ten sposób tony zboża.

W pewnych okolicznościach myszy i szczury wypróżniają się w jednym szczególnym miejscu, które jest zauważalne nawet bez użycia lamp (latarek) emitujących UV. Powstają wtedy tzw. „słupy urynowe".

Zapach

Zapach fermentującego moczu i odchodów może być wyczuwalny tylko w pomieszczeniach zamkniętych. O obecności nawet pojedynczej myszy świadczyć może charakterystyczny „mysi zapach". Mysz domowa pozostawia cuchnący, bardzo stężony mocz. Nerki myszy domowej oszczędzają wodę, są podobne do nerek zwierząt pustynnych, przystosowanych dobrze do niedostatku wody.

Smugi zabrudzeń po ocieraniu się

Wzdłuż ścian, o które regularnie ocierają się gryzonie w trakcie przemieszczania, powstają widoczne smugi zabrudzeń od natłuszczonej sierści, kurzu i brudu. Ślady te pozostawia najczęściej szczur wędrowny. Ślady na ścianach i przy belkach stropowych pozostawia szczur śniady, gdy się wspina i „huśta się" na belce stropowej przy ścianie. Mysz domowa tworzy smugi zabrudzeń na małych

powierzchniach, które są jednak trudniejsze do zauważenia. Świeże smugi zabrudzeń są miękkie i lepkie. Z czasem ulegają wysuszeniu, zbierają kurz i mogą płatami odpadać od ściany przy próbie zdrapania paznokciem.

Ślady stóp i ogona

Gryzonie pozostawiają ślady stóp i ogona na zakurzonej powierzchni oraz w piasku, na miękkiej glebie, w błocie i w śniegu.

W celu wykrycia aktywności gryzoni w pomieszczeniu lub w celu stwierdzenia czy gryzonie interesują się przechowywanym produktem, zaleca się w kilku miejscach na gładkiej powierzchni o wymiarach 30 cm (dł.) × 10 cm (szer.) rozsypać talk, ziemię okrzemkową (dodatkowo zabija pasożyty gryzoni i owady – szkodniki magazynowe), drobny piasek lub w ostateczności mąkę (w ostateczności, bo mąka wabi owady – szkodniki magazynowe i gryzonie, dla których może być pokarmem). Gdy chcemy określić tą metodą aktywność gryzoni na zewnątrz budynków, wtedy pylisty materiał należy rozsypać pod przykryciem np. pod deską opartą o ścianę.

Jeśli po dobie lub kilku dniach stwierdzimy ślady stóp o długości równej lub większej niż 30 mm, oznacza to, że po powierzchni tej przebiegł szczur wędrowny lub śniady. Jeśli ślady są mniejsze, to bez wątpienia pozostawione zostały przez myszy. Ślady stóp o różnych rozmiarach informują nas o tym, że w pomieszczeniu lub w okolicy występuje kilka gatunków gryzoni, o różnych rozmiarach ciała i w różnym wieku.

Świeże ślady stóp są wyraźne, podczas gdy stare ślady pokryte są kurzem i przez to są mniej wyraziste. Ślady 5-palczastych stóp tylnych są częściej widoczne niż ślady 4-palczastych stóp przednich. Aby je lepiej dostrzec, należy badaną powierzchnię oświetlić latarką pod kątem.

Ślady ogona widoczne na powierzchni pokrytej talkiem lub grubą warstwą kurzu również są dowodem obecności gryzoni w pomieszczeniu. Zaznaczyć jednak należy, że ogon po podłożu ciągnie szczur stary lub chory. Szczury śniade i młode szczury wędrowne noszą ogon uniesiony. Obecność licznych śladów wleczenia ogona, może świadczyć o tym, że szczury pobierają trutkę i są już zatrute lub podtrute. Na terenie wokół budynków zakładu i magazynów należy również poszukiwać tropów i śladów ogona gryzoni. Mogą się one odcisnąć w błocie.

Ścieżki

Gryzonie, a w szczególności szczury, chodzą stałymi ścieżkami, które znaczą substancjami zapachowymi i z których praktycznie nie zbaczają. Ścieżki łączą miejsca obfite w pokarm lub w wodę z kryjówką. Ścieżek szczurów i mysz należy wyszukiwać wzdłuż ścian budynków, ogrodzeń, płotów, przy rumowisku, w trawie, gdzie tworzą wąskie udeptane dróżki. Szczury nie poruszają się chętnie po otwartej przestrzeni, zawsze przebywają w roślinności, w której mogą się ukryć i właśnie w gęstej roślinności należy wyszukiwać ich ścieżek. Ścieżki szczurów są większe niż myszy.

Używane ścieżki wewnątrz pomieszczeń są wolne od warstewki kurzu (jakby wymiecione). Na ich przebiegu należy ustawiać łapki, chwytacze lub wykładać zatrutą przynętę. Gdy na ścieżce rozpięta jest niezniszczona pajęczyna, albo gdy dróżka pokryta jest warstewką kurzu, oznaczać to może, że nie jest ona używana od dłuższego czasu. Jeśli ścieżki są liczne i przebiegają w różnych kierunkach, oznacza to, że na danym terenie szczury czują się bardzo dobrze i swobodnie.

Uszkodzone produkty i elementy konstrukcyjne budynku

Przeglądając magazynowany surowiec należy poszukiwać śladów jego uszkodzeń w formie nadgryzień lub uszkodzonych opakowań (otworów w workach). Produkty przechowywane w workach są często uszkadzane przez gryzonie. Z uszkodzonych opakowań wysypuje się wówczas ziarno, tworząc małe piramidki przy worku. Po wyglądzie nadgryzień można określić, czy zostały spowodowane przez szczura, czy przez mysz. Szczury pozostawiają duże fragmenty ziarna, np. kukurydzy, z której wyjadają tylko zarodek. Ostre i małe nadgryzienia są charakterystyczne dla myszy.

Uszkodzeń należy poszukiwać dokładnie oglądając drzwi (na nich często widoczne są ślady prób wtargnięcia gryzoni), przewody elektryczne, telefoniczne i łącza komputerowe, rury wodociągowe, opakowania, opakowane produkty i inne materiały przetrzymywane w pomieszczeniu. Wydawać by się mogło, że przez niewielkie otwory gryzonie nie są w stanie się przecisnąć, tymczasem, przy użyciu swoich mocnych i ciągle rosnących zębów mogą powiększyć zbyt małe dla nich szczeliny i przedostać się przez przeszkody.

Należy też dokładnie oglądać wyłożone bloczki woskowe lub saszetki pasty wyłożonego rodentycydu. Jeśli zauważymy jego ubytki, to po kształcie i wielkości nadgryzień można określić, jakie gryzonie występują w okolicy. Dorosły szczur pozostawia ślady po siekaczach szerokości 3,5 mm. Nacięcia młodych szczurów i myszy są drobniejsze.

Nory

Szczur wędrowny chętnie kopie nory (fot. 7.10) w celu urządzenia kryjówki lub założenia gniazda (fot. 6.48, rozdział 6.3.1 – szczur wędrowny), natomiast szczur śniady robi to tylko okazyjnie. Gryzonie mogą zakładać gniazda wewnątrz budynku w strefie dolnej (szczur wędrowny), w strefie dachowej (szczur śniady) i na zewnątrz budynku. Do tych gniazd mogą prowadzić otwory wygryzione w konstrukcji budynku (w ścianach) lub nory, jeśli gniazdo jest na zewnątrz. Otwory wygryzione przez szczury mają średnicę od 6 cm do 8 cm, natomiast do gniazd myszy domowej prowadzą otwory o średnicy 2 cm, które są równo (o gładkich brzegach) wycięte.

Otwory wejściowe do nor gryzoni znajdują się w miejscach pokrytych obficie roślinnością albo przy fundamentach np. magazynu (fot. 7.10). Jeśli są w użyciu, wówczas wejście nie jest zajęte przez pajęczynę i jest wolne od kurzu i drobnych

Fot. 7.10. Nora szczura przy fundamencie budynku (fot. S. Ignatowicz)

resztek. Przy wejściu (jeśli jest w twardym podłożu) można zauważyć ślady zabrudzeń od ocierania się, resztki pokarmu i świeżo wykopaną glebę, oznacza to, że nora jest używana.

Widoczne żywe gryzonie

Mysz domowa prowadzi niezbyt regularny tryb życia, dlatego często może być zauważona w dzień. Szczury zaś są aktywne nocą i w ciągu dnia są rzadko widywane. Jeśli jednak zdarzy się, że szczury są aktywne w budynku inwentarskim lub w jego otoczeniu w ciągu dnia, oznaczać to może, że na terenie obiektu występuje liczna, aktywna i od dawna osiedlona populacja gryzoni, które czują się w nim bezpiecznie. Widoczne w dzień szczury są to najczęściej osobniki, które z powodu przegęszczenia populacji oraz ostrej konkurencji o pokarm i o kryjówki, muszą je opuścić, odstępując miejsce wyżej położonym w ich hierarchii społecznej osobnikom.

Szczury i mysz domowa chętnie wspinają się po przedmiotach znajdujących się w pomieszczeniu. Aby dostrzec te gryzonie, należy oglądać nie tylko podłogę, lecz także powierzchnie położone wysoko. Nocą gryzonie można łatwo wykryć za pomocą silnie świecącej latarki, gdyż ich oczy odbijają jej światło.

W pomieszczeniu, w którym są miejsca trudne do obserwacji myszy (np. wnęki w ścianach), można przeprowadzić ultraniskoobjętościowe (ULV) opryskiwanie punktowe naturalną pyretryną synergizowaną tlenkiem butylopiperonylu (PBO, związek ten dodawany jest do pyretryny i pyretroidów w celu zwiększenia ich działania). Synergizowana pyretryna działa drażniąco na myszy, które po zabiegu przemieszczają się do tej części pomieszczenia, w której nie przeprowadzono opryskiwania i wówczas można je nawet dokładnie policzyć (Ignatowicz 2013a).

8. OCENA STOPNIA ZASIEDLENIA PRZECHOWYWANEGO ZBOŻA PRZEZ SZKODNIKI

W celu wykrycia szkodników poruszających się w przestrzeniach międzyziarnowych i określenia wielkości ich populacji, stosowane są zgłębniki magazynowe (fot. 8.1) lub pułapki chwytne (fot. 8.2, 8.3). Ważną różnicą pomiędzy zgłębnikami magazynowymi (próbnikami zbożowymi) i pułapkami chwytnymi jest to, że próbniki wykrywają szkodniki tylko w tej objętości ziarna, która jest pobierana, natomiast pułapki wyłapują owady ze znacznie większej objętości ziarna, co pozwala na wykrycie nawet nielicznych szkodników w przechowywanym produkcie.

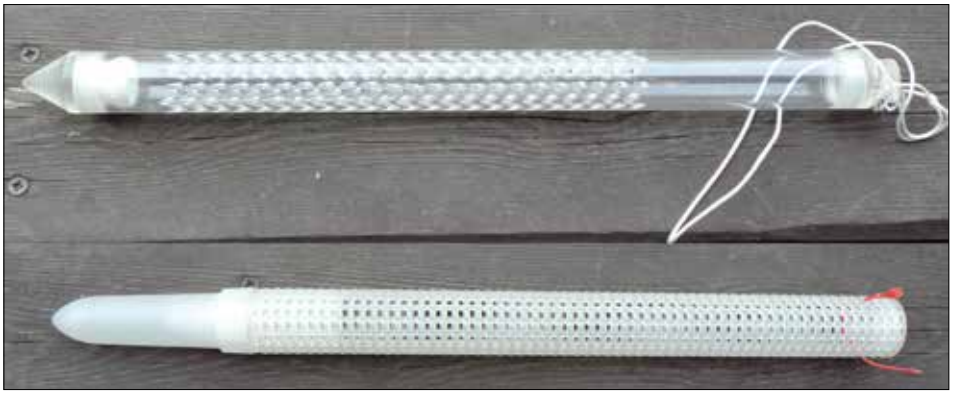
O wydajności pułapek chwytnych decyduje ruchliwość owadów, która zależy od gatunku, warunków środowiskowych i okresu wyłapywania (Fargo i wsp. 1989). Wielokrotnie stwierdzano, że liczba wyłapywanych owadów do pułapek była zawsze większa, gdy pułapki pozostawiano w zbożu przez dłuższy czas. Do pułapek częściej wpadały chrząszcze rozpłaszczyka rdzawego (*Cryptolestes ferrugineus*) niż kapturnika zbożowca (*Rhyzopertha dominica*). Spowodowane jest to większą ruchliwością rozpłaszczyka i mniejszymi rozmiarami ciała pozwalającymi na sprawne poruszanie się pomiędzy ziarniakami zbóż (Hagstrum i Flinn 1992).

Zaletą metody wykrywania szkodników w ziarnie za pomocą zgłębników magazynowych jest to, że daje ona szybsze wyniki niż pułapki chwytne, które pozostawia się na kilka dni lub tygodni w zbożu. Natomiast poważną wadą jest to, że aby dokładnie określić liczebność szkodników w słabo porażonym zbożu, należy pobrać wiele prób do żmudnej analizy laboratoryjnej.

W próbkach pobranych za pomocą zgłębników magazynowych można policzyć owady i uzyskane dane łatwo przeliczyć np. na 1 kg lub 100 kg zboża. Nie jest to łatwe zadanie z danymi uzyskanymi za pomocą pułapek chwytnych, jeśli nie jest znany czas wyłapywania owadów i rozmieszczenie pułapek. Ponadto, na podstawie danych uzyskanych z pułapek chwytnych, których nie przeliczono na 1 kg zboża, można przeszacować liczebność szkodników w magazynie, co z kolei

Fot. 8.1. Próbnik, nazywany zgłębnikiem magazynowym (fot. S. Ignatowicz)

Fot. 8.2. Pułapka chwytna na chrząszcze magazynowe typu „pitfall" umieszczana w masie ziarna (fot. S. Ignatowicz)



Fot. 8.3. Przykłady pułapek chwytnych na chrząszcze magazynowe do umieszczania w ziarnie (fot. S. Ignatowicz)

może wymusić dodatkowe, zbędne zabiegi interwencyjne (np. fumigacji), a więc i niepotrzebne wydatki dla przedsiębiorstwa.

Liczba pobieranych próbek

Aby dokładnie określić liczebność szkodnika w magazynie za pomocą próbników zbożowych, należy pobrać jak najwięcej prób. Z przytoczonego niżej przykładu (tab. 8.1) można zauważyć, że w pobranych z użyciem zgłębników magazynowych 10 próbkach zboża liczba chrząszczy w każdej z 10 próbek zboża była inna, a liczebność złapanych szkodników wahała się od 0 do 5, często więc była różna od średniej (2,7) dla 10 próbek. Trzy gatunki szkodników były tylko w 2 próbkach z 10 pobranych próbek, a w jednej próbce nie stwierdzono szkodników, co świadczy o tym, że szkodniki nie były równomiernie rozmieszczone w zbożu (Hagstrum 1994).

Przyjmując, że średnia kumulacyjna wynosiła 2,7 dla 10 pobranych próbek, to wówczas możemy zauważyć, że po pobraniu 4 próbek średnia ta wzrosła z 2,0 do 2,5. Pobieranie następnych próbek wpływało nieznacznie na tempo przyrostu tej wartości. Jeśli w pobranej próbce nie stwierdzono szkodliwych owadów, wówczas można mylnie wywnioskować, że zboże jest wolne od szkodników. Jeśli ocenę oparto tylko na próbkach nr 4 lub 8, w których stwierdzono po 4–5 osobników, wówczas można za wysoko ocenić liczebność chrząszczy w zbożu, niepotrzebnie zlecić zabieg fumigacji, gdy wystarczające jest tylko przewietrzenie i schłodzenie przechowywanego zboża.

Przyczyną konieczności pobierania większej liczby próbek, jest to, że owady zasiedlające zboże zwykle rozmieszczają się w nim nierównomiernie. W zbiorniku z równomiernym rozmieszczeniem szkodników wystarczyłoby pobrać tylko jedną próbkę zboża, aby prawidłowo określić stopień jego porażenia. Takiej sytuacji w praktyce jednak nie spotkamy. W porażonym produkcie szkodniki występują grupowo, dlatego w jednym magazynie mogą być partie zboża bez szkodników i są takie, które zawierają od 1 do 5 osobników w próbce (tab. 8.1). W zbiorniku metalowym, w którym przechowuje się zboże, próby powinny być pobierane w środku zbiornika i w czterech kierunkach, w połowie odległości od środka do ściany zbiornika. Przy małej liczbie pobieranych próbek możemy również za nisko ocenić porażenie przechowywanego ziarna, jeśli zamiast próbki środkowej zostanie pobrana jedna z sąsiadujących, w której nie stwierdzono szkodników. Stąd wniosek, że należy pobierać jak najwięcej próbek, aby jak najdokładniej ocenić porażenie produktu przez szkodniki magazynowe (Hagstrum 1994).

Tabela 8.1. Liczba osobników wymienionych gatunków chrząszczy wykrytych w poszczególnych próbkach pobranych za pomocą próbnika zbożowego

Numer próbki	Kapturnik zbożowiec	Wołek ryżowy	Rozpłaszczyk rdzawy	Liczba chrząszczy w próbce	Średnia kumulacyjna wyników
1	1	0	1	2	2,0
2	2	0	1	3	2,5
3	0	0	0	0	1,7
4	0	5	0	5	2,5
5	0	1	1	2	2,4
6	0	0	2	2	2,3
7	1	1	1	3	2,4
8	1	2	1	4	2,6
9	3	0	0	3	2,7
10	0	0	3	3	2,7

Źródło: Hagstrum i Flinn (1994)

9. PODEJMOWANIE DECYZJI O ZWALCZANIU SZKODNIKÓW

Kiedy należy przeprowadzić zabieg zwalczania szkodników w przechowywanym zbożu? Do podjęcia tej decyzji lub o ponownym pobieraniu próbek potrzebne są informacje o stopniu porażenia zboża przez szkodniki i dane o tempie wzrostu ich liczebności w zależności od warunków zewnętrznych (temperatura i wilgotność zboża).

Gdy liczebność szkodników np. wołka zbożowego, zostanie określona na poziomie 0,1 owada na 1 kg ziarna, wówczas przy temperaturze 32°C i 14-procentowej wilgotności ziarna, ponowne pobieranie prób należy przeprowadzić po miesiącu, aby stwierdzić, czy próg zagrożenia: **2 owady w 1 kg ziarna** nie został przekroczony. Jeśli temperatura jest niższa, np. 22°C lub wilgotność ziarna wynosi 10% i mniej, wówczas powtórne pobieranie prób można opóźnić, a nawet nie przeprowadzać przed sprzedaniem lub przerobem zboża.

Wzrost liczebności populacji w określonych warunkach jest różny dla poszczególnych gatunków szkodników. Gdy liczebność np. wołka ryżowego została określona na poziomie 0,1 owada w 1 kg zboża, wtedy należy po miesiącu ponownie przeprowadzić pobieranie prób, aby upewnić się, że liczebność tego szkodnika nie przekroczyła progu szkodliwości. Gdy w zbożu nie występuje wołek ryżowy, wówczas ponowne rozmieszczenie pułapek i pobieranie prób można opóźnić, gdyż tempo rozwoju innych szkodników: kapturnika zbożowca, rozpłaszczyka rdzawego, trojszyka gryzącego i spichrzela surynamskiego jest znacznie wolniejsze niż wołka ryżowego.

Na podstawie analizy wzrostu liczebności szkodników w magazynie można zadecydować o opóźnieniu fumigacji lub zrezygnować z drugiego zabiegu fumigacyjnego. Przy liczebności wynoszącej 0,01 szkodnika w 1 kg zboża, populacja nie wzrośnie do progu zagrożenia: **2 owady w 1 kg zboża**, jeśli zabieg fumigacji zostanie przesunięty o 30 dni. Gdy fumigacja jest przeprowadzana później, wtedy szkodniki mają za mało czasu, aby odbudować populację przed schłodzeniem ziarna (Hagstrum i Flinn 1994; Ignatowicz 1998a).

Podjęcie decyzji o zastosowaniu zwalczania szkodników w zbożu nie jest więc prostym zadaniem, dlatego opracowano odpowiednie programy komputerowe, które pomagają w pracy osobom zajmującym się przechowalnictwem zbóż, np. SGA-Pro (Flinn i wsp. 2007). Każdy z nich, po drobnych adaptacjach, może być stosowany w komputerach używanych przez pracowników zajmujących się magazynami.

10. GRZYBY POWODUJĄCE USZKODZENIA I OBNIŻENIE JAKOŚCI MAGAZYNOWANEGO ZIARNA

Jednym z ważnych powodów obniżenia się jakości nasion są występujące na nich zarówno patogeniczne, jak i saprotroficzne grzyby. Ze względu na miejsce w którym zasiedlają nasiona, grzyby te dzieli się na polowe i przechowalnicze (Tylkowska i wsp. 2007). Grzyby polowe mogą być obecne w nasionach podczas dojrzewania i zbioru. Do grupy tej należą między innymi grzyby, które podczas wegetacji są sprawcami chorób. Z porażonych dolnych części roślin zarodniki grzybów trafiają z kroplami deszczu i wiatrem na kłosy, wiechy i kolby na różnym etapie ich rozwoju. Niektóre gatunki grzybów mogą przerastać tkanki tych części roślin, w których powstaje ziarno lub nasiona, aby następnie porażać ziarno czy nasiona. Część grzybów z porażonych organów roślin trafia na nasiona podczas żniw. W kolejnym etapie, czyli podczas czyszczenia, transportu i przechowywania nasiona mogą również być zasiedlane przez grzyby. Podział na grupy grzybów przechowalniczych i polowych oraz saprotroficznych i patogenicznych jest orientacyjny i umowny. W pewnych okolicznościach grzyby saprotroficzne mogą stać się patogenami. Często występują one, jako wtórne czynniki chorobotwórcze, atakując rośliny osłabione przez czynniki biotyczne lub abiotyczne.

Zasiedlenie nasion przez grzyby uzależnione jest od warunków występujących podczas wegetacji, zbioru, transportu oraz przechowywania, a stopień zagrzybienia związany jest z szeregiem czynników agrotechnicznych, tj. zmianowaniem, sposobem uprawy, gęstością siewu, nawożeniem, izolacją przestrzenną, obecnością na plantacji sprawców chorób, szkodników i chwastów, a także z warunkami i sposobem zbioru oraz przechowywania. Również ważnym elementem agrotechnicznym decydującym o zdrowotności nasion jest udział rośliny uprawnej w strukturze zasiewów. Brak ochrony fungicydowej w fazie kwitnienia zbóż i rzepaku może również skutkować większym nasileniem występowania grzybów na uzyskanych z takich roślin nasionach. Zdrowe rośliny, mają większe szanse na wydanie wolnych od grzybów i dorodnych nasion.

10.1. Grzyby występujące na nasionach

Niebezpieczeństwo zasiedlenia ziarna zbóż przez grzyby chorobotwórcze pojawia się pod koniec wegetacji, gdy następuje dojrzewanie wytworzonych nasion lub ziarna. Ryzyko zasiedlenia nasion przez grzyby i zawartość mykotoksyn wzrasta w sezonie o większej ilości opadów. Zwalczanie grzybów chorobotwórczych na plantacji oraz zapobieganie ich rozwojowi podczas magazynowania surowca jest szczególnie uzasadnione ze względu na możliwość wytwarzania przez niektóre grzyby szkodliwych metabolitów wtórnych – mykotoksyn (Mrówczyński 2013).

W tabeli 10.1 zestawiono grzyby chorobotwórcze, które mogą występować na nasionach. Część z wymienionych w tabeli grzybów, w sprzyjających warunkach, może nadal rozwijać się w magazynach.

Tabela 10.1. Patogeny zasiedlające nasiona zbóż

Patogen	Choroba, którą powoduje	Nasiona roślin, na których występuje	Objawy	Straty	Zwalczanie
Alternaria spp.	czerń zbóż	jęczmień, owies, pszenica, pszenżyto, rzepak, żyto	na powierzchni ziarniaków, szczególnie w bruzdce ziarniaków czarny lub ciemnobrunatny nalot grzybni z zarodnikami	przedwczesne starzenie się liści i defoliacja, opadanie kwiatów i przedwczesne pękanie łuszczyn rzepaku, zmniejszona zawartość tłuszczu i białka, chloroza siewek, a niekiedy nawet ich zamieranie, mykotoksyny	ochrona kłosa przy udziale odpowiednich s.cz. Fungicydy np. z grupy strobiluryn zmniejszają zasiedlenie przez *Alternaria* spp.
Bipolaris zeicola, syn. *Helminthosporium carbonum* (st. dosk. *Cochliobolus carbonum*)	helmintosporioza kukurydzy	kukurydza	nalot grzybni barwy czarnej na ziarniaki kukurydzy	brak danych	hodowla odpornościowa, brak opracowanej chemicznej metody zwalczania w Polsce
Bipolaris sorokiniana (st. dosk. *Cochliobolus sativus*)	czerń zbóż	jęczmień, pszenica	nalot aksamitnej zwartej grzybni o czarnej barwie na ziarnie	ok. 5–10%	brak chemicznego zwalczania

Tabela 10.1. (cd.)

Bipolaris sorokiniana, syn. *Drechslera sorokiniana*, syn. *Helminthosporium sorokiniana* (st. dosk. *Cochliobolus sativus*)	zgorzel siewek	owies, pszenica, jęczmień	nalot aksamitnej zwartej grzybni o czarnej barwie na ziarnie	ok. 5–10%	brak chemicznego zwalczania
Bipolaris victoriae syn. _Drechslera victoriae_ syn. _Helminthosporium victoriae_ (st. dosk. _Cochliobolus victoriae_)	**helmintosporioza**	**owies**	**nalot aksamitnej zwartej grzybni o czarnej barwie na ziarnie**	**ok. 5–10%**	**brak chemicznego zwalczania**
Cladosporium sp.	czerń zbóż	jęczmień, owies, pszenica, pszenżyto, żyto	czarny nalot grzybni na ziarnie, niekiedy pokrywa całą powierzchnię ziarna	10%, mykotoksyny	ostatni zabieg „na kłos" z użyciem fungicydów np. z grupy strobiluryn
Drechslera tritici-repentis, syn. *Helminthosporium tritici-repentis* (st. dosk. *Pyrenophora tritici-repentis*)	brunatna plamistość liści	pszenica	zdrobnienie ziarna, czarne punkty w okolicach zarodka ziarniaka	brak danych	zwalczanie przy użyciu fungicydów w czasie wegetacji

Tabela 10.1. (cd.)

Fusarium culmorum (st. dosk. *Giberella* spp.), *Fusarium graminearum* (st. dosk. *Giberella zeae*)	fuzarioza kłosów, zgorzel siewek, fuzaryjna zgorzel podstawy źdźbła i korzeni	jęczmień, owies, pszenica, pszenżyto, żyto	pomarszczenie i zadrobnienie ziarniaków, nalot białej lub różowej grzybni, zmiana barwy ziarniaków na np. jasnoróżową, lekkie przejaśnienia plew, kłosy częściowo lub całkowicie zamierają, przy silnym nasileniu choroby na ziarniakach i plewach widoczna jest łososiowa grzybnia oraz zarodniki grzybów, lekkie przejaśnienia plew, kłosy częściowo lub całkowicie zamierają. Przy silnym nasileniu choroby na ziarniakach i plewach widoczna jest łososiowa grzybnia oraz zarodniki grzybów	5–25% (nawet więcej), mykotoksyny, zmniejszenie masy tysiąca ziaren, obniżenie liczby ziaren z kłosa, ciemniejsze barwa pieczywa, mniejsza zawartość enzymów proteolitycznych, zmniejszenie zawartość skrobi w ziarnie oraz pogorszenie wartości wypiekowej mąki,	zaprawianie materiału siewnego, zwalczanie w czasie wegetacji z użyciem fungicydów np. z grupy chemicznej triazole

Tabela 10.1. (cd.)

Fusarium spp.	fuzaryjna zgorzel podstawy źdźbła i korzeni, fuzarioza kłosów, fuzarioza siewek, zgorzel siewek	jęczmień, owies, pszenica, pszenżyto, żyto	na kłosach chorobę można rozpoznać po ich całkowitym lub częściowym przebarwieniu na żółto i po całkowitym lub częściowym przewężeniu (zwłaszcza żyta) przy dużej wilgotności zainfekowane kłosy pokrywają się białym lub różowym nalotem, porażone kłoski też zabarwiają się na różowo lub buraczkowo. Ziarno porażone może być przebarwione na różowo, zniekształcone, o mniejszej masie tysiąca ziaren, gdy porażenie kłosów jest wczesne, to ziarno nie powstaje w kłoskach	5–30%, mykotoksyny	zaprawianie materiału siewnego i opryskiwanie roślin w trakcie wegetacji
Fusarium graminearum (st. dosk. *Giberella zeae*)	zgorzel siewek, fuzarioza kolb kukurydzy	kukurydza	różowa lub kremowa, fioletowa grzybnia na powierzchni ziarniaków, przy wysokiej wilgotności ziarna pomarańczowe sporodochia z zarodnikami konidialnymi	do 30% , mykotoksyny	zwalczanie fuzariozy kolb w czasie wegetacji przy użyciu zalecanych fungicydów

Tabela 10.1. (cd.)

Fusarium moniliforme (st. dosk. *Gibberella fujikuroi*)	zgorzel siewek, fuzarioza kolb kukurydzy	kukurydza	różowa lub kremowa, fioletowa grzybnia na powierzchni ziarniaków, przy wysokiej wilgotności ziarna pomarańczowe sporodochia z zarodnikami konidialnymi	do 30% , mykotoksyny	zwalczanie fuzariozy kolb w czasie wegetacji przy użyciu zalecanych fungicydów
Microdochium nivale, dawniej *Fusarium nivale* (st. dosk. *Monographella nivalis* syn. *Calonectria nivalis*)	pleśń śniegowa	jęczmień, owies, pszenica, żyto	przy wysokiej wilgotności powietrza na ziarnie nieprawidłowo przechowywanym występuje biały nalot grzybni	w latach z długo zalegającą okrywą śnieżną od 10–50%, przy łagodnych zimach 5–10%	zaprawianie materiału siewnego
Sphacelia segetum (st. dosk. *Claviceps purpurea*)	sporysz zbóż i traw	jęczmień, owies, pszenica, pszenżyto, żyto	ziarniaki w kłosie przekształcone w purpurowoczarne rożki (sklerocja) różnej wielkości	1–5%, pogorszenie jakości surowca	brak opracowanej metody, separacja w czasie czyszczenia ziarna na stole grawitacyjnym lub przy pomocy urządzeń specjalistycznych
Sphacelotheca reiliana	głownia pyląca kukurydzy	kukurydza	zanieczyszczenie powierzchniowe ziarniaków, zanieczyszczone ziarniaki są barwy brązowej	5–15%, pogorszenie jakości ziarna	zaprawianie materiału siewnego

Tabela 10.1. (cd.)

Stagonospora nodorum, syn. *Septoria nodorum* (st. dosk. *Phaeosphaeria nodorum*)	septorioza plew pszenicy	pszenica, pszenżyto	nasiona pomarszczone, zadrobniałe, poślednie, matowe	10-50%	zwalczanie choroby przy użyciu odpowiednich fungicydów w czasie wegetacji
Stenocarpella maydis, syn. *Diplodia maydis*, syn. *Sphaeria maydis*	zgorzel siewek	kukurydza	grzybnia i zarodniki na ziarnie lub w ziarnie, ziarniaki matowe, pomarszczone	do 15%	brak chemicznej ochrony
Tilletia controversa	śnieć karłowa pszenicy	pszenica	pobrunatnienie ziarna przez teliospory sprawcy choroby, brązowa masa teliospor na powierzchni ziarna	do 50% lub całkowita utrata wartości	zaprawianie materiału siewnego
Tilletia tritici, syn. *Tilletia caries*	śnieć cuchnąca pszenicy	pszenica	pobrunatnienie ziarna przez teliospory sprawcy choroby, brązowa masa teliospor na powierzchni ziarna	do 50% lub całkowita utrata wartości	zaprawianie materialu siewnego
Ustilago avenae	głownia pyląca owsa	owies	nalot w postaci zanieczyszczenia powierzchniowego przez brunatne zarodniki grzyba	do 10%	zaprawianie materiału siewnego
Ustilago hordei	głownia zwarta jęczmienia	jęczmień	nalot w postaci zanieczyszczenia powierzchniowego przez brunatne zarodniki grzyba	do 10%	zaprawianie materiału siewnego
Ustilago levis	głownia zwarta owsa	owies	nalot w postaci zanieczyszczenia powierzchniowego przez brunatne zarodniki grzyba	do 5%	zaprawianie materiału siewnego

Tabela 10.1. (cd.)

Ustilago maydis	głownia guzowata kukurydzy	kukurydza	brązowe ziarno spowodowane przez uwolnione z narośli grzyba teliospory	1–80%	zaprawianie materiału siewnego, uprawa odmian o zwiększonej odporności
Ustilago nuda	głownia pyląca jęczmienia	jęczmień	brązowy nalot teliospor sprawcy choroby na powierzchni ziarniaków	15–20%	zaprawianie materiału siewnego
Urocystis occulta	głownia źdźbłowa żyta	żyto	czarne teliospory pokrywające powierzchnię ziarna	do 5%	zaprawianie materiału siewnego
Ustilago tritici	głownia pyląca pszenicy	pszenica, pszenżyto	czarne teliospory pokrywające powierzchnię ziarna	do 1%	zaprawianie materiału siewnego

Źródło: Vázquez i wsp. (2003), Tylkowska i wsp. (2007)

Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli 10.1, wiele gatunków grzybów zasiedla nasiona. Spośród wymienionych, szerzej opisane zostaną poniżej te rodzaje, które są głównymi producentami mykotoksyn i ich występowanie w płodach rolnych może powodować straty, ale także stwarza ryzyko skażenia i zanieczyszczenia mykotoksynami wytworzonej żywności (tab. 10.2).

Tabela 10.2. Producenci i spektrum tworzonych mykotoksyn

Rodzaj grzyba	Wytwarzane toksyny
Aspergillus	aflatoksyna B1, G1, M1, ochratoksyna A, sterigmatocystyna
Penicillium	ochratoksyna A, cytrynian, patulina, penitrem A
Fusarium	trichoteceny (m.in. deoksyniwalenol, niwalenol, toksyna T-2, toksyna HT-2,), zearalenon, fumonizyny, moniliformina
Alternaria	kwas tenuazonowy, alternariol
Claviceps	ergotalkoidy

Źródło: Grajewski (2006)

Grzyby z rodzaju *Aspergillus*

Są to grzyby zaliczane do grupy grzybów przechowalniczych. Na ziarnie występuje około 26 gatunków stanowiących 5–6 grup o ściśle określonym minimum wilgotnościowym, poniżej którego nie rosną. Generalnie grzyby te rozwijają się przy wilgotności ziarna nawet poniżej 17% i rosną najlepiej w klimacie ciepłym. Zakres temperatur dla rozwoju tych grzybów jest bardzo szeroki i wynosi od –8°C do 58°C (Broda i Grajek 2009). Nie stwierdzono, aby wykształcały mechanizm zakażania roślin w czasie wegetacji.

Grzyby z rodzaju *Penicillium*

Grzyby te zaliczane są, podobnie jak *Aspergillus* spp., do grupy grzybów przechowalniczych. Rodzaj *Penicillium* – w klimacie umiarkowanym stanowi zróżnicowaną, szeroko rozpowszechnioną grupę mikroorganizmów i liczy ponad 200 gatunków grzybów. Do najczęściej spotykanych w zamkniętych pomieszczeniach należą: *Penicillium expansum* Link, *P. chrysogenum* Thom. (syn. *P. notatum)*, *P. cyclopium* West. Gatunki te często występują na produktach żywnościowych – czerstwym chlebie, serach, owocach takich jak jabłka i cytrusy, przyczyniając się nie tylko do psucia żywności, ale i skażając ją przez wytwarzane mykotoksyny (Frisuad i wsp. 2004). Grzyby z rodzaju *Penicillium* zaliczane są do powszechnie występujących w powietrzu alergenów. Grzyby te

potrzebują do wzrostu znacznej wilgotności środowiska, dlatego często izolowane są z zawilgoconych pomieszczeń mieszkalnych, bibliotek, a także z piekarni.

Grzyby z rodzaju *Fusarium*

Grzyby z rodzaju *Fusarium* są pasożytami okolicznościowymi, które żyją saprotroficznie w glebie. Niebezpieczeństwo występowania grzybów rodzaju *Fusarium* wynika z faktu, iż mogą porażać rośliny uprawne przez cały okres wegetacji oraz w sprzyjających warunkach, również w trakcie magazynowania. Dotyczy to przede wszystkim zbóż, w tym również kukurydzy oraz w mniejszym stopniu rzepaku. Symptomy chorób powodowanych przez grzyby rodzaju *Fusarium* potocznie określa się, jako choroby fuzaryjne lub fuzariozy. Do najważniejszych gatunków porażających zboża w trakcie wegetacji należą: *Fusarium culmorum* (W.G. Smith) Sacc., *F. graminearum* Schw., *F. avenaceum* (Fr.) Sacc., *F. poae* (Peck) Woll., *Microdochium nivale* (Fr.) Sam. et Hall. (*F. nivale*), *F. moniliforme* J. Sheld i *F. proliferatum* (Matsush.) Nirenb. Wyżej wymienione gatunki mogą wywoływać następujące jednostki chorobowe: przedwschodową fuzaryjną zgorzel siewek, powschodową fuzaryjną zgorzel siewek, fuzaryjną zgorzel podstawy źdźbła i korzeni, fuzariozę liści, fuzariozę kłosów (kolb lub wiech).

Są to organizmy ubikwistyczne, tj. dobrze przystosowane do zmieniających się warunków atmosferyczno-glebowych. Zakres temperatur, w których mogą się rozwijać, jest bardzo szeroki i wynosi od 0°C do 30°C (Pląskowska 2010). Warunki niesprzyjające rozwojowi jednego z kilku występujących gatunków mogą być korzystne dla innego. Choroby powodowane przez grzyby z rodzaju *Fusarium* pojawiają się zwłaszcza w latach cieplejszych, o obfitych opadach i wysokiej wilgotności. Co kilka lat choroby powodowane przez grzyby z rodzaju *Fusarium* i gatunek *M. nivale* mają duże nasilenie (epidemia choroby). Jest to możliwe, ponieważ nie ma odmian całkowicie odpornych na porażanie przez patogen (*Fusarium* spp.). Szkodliwość tych grzybów jest znaczna, ponieważ mają krótki cykl rozwojowy – w jednym okresie wegetacyjnym wytwarzają znaczne ilości zarodników oraz mogą produkować mykotoksyny.

Dużą ilość grzybów z rodzaju *Fusarium* w końcowej fazie wzrostu zbóż, gdy są wykłoszone (oraz gdy kukurydza wytworzy kolby) tłumaczy się tym, że sprawcy fuzarioz są gatunkami polifagicznymi. Mogą tworzyć dobrze rozwiniętą grzybnię, często tworzą liczne sporodochia z milionami zarodników konidialnych. Niektóre z tych grzybów mają zdolność tworzenia zarodników workowych. Mogą żyć w glebie i na resztkach pożniwnych.

Przyczyny obecności grzybów rodzaju *Fusarium* to:

- uproszczona uprawa roli oraz bezorkowy system uprawy,
- zbyt częsta uprawa zbóż po sobie lub zbyt krótkie przerwy w uprawie,

- nasilenie infekcji grzybów z rodzaju *Fusarium* zależne jest od ich występowania w poprzednim sezonie wegetacyjnym,
- warunki klimatyczne panujące w okresie kwitnienia,
- przenawożenie azotem.

Zwalczanie grzybów rodzaju *Fusarium*, ze względu na duże zróżnicowanie gatunków jest trudne i uzależnione od wielu czynników, ale jest możliwe w czasie wegetacji roślin przez zastosowanie chemicznych środków grzybobójczych.

Grzyby z rodzaju *Alternaria*

Grzyby z rodzaju *Alternaria* należą do najbardziej rozpowszechnionych gatunków w przyrodzie i są głównie saprotroficzne (Logrieco i wsp. 2003; Thomma 2003). Niektóre z nich nabyły jednak zdolności patogeniczne (pasożyty fakultatywne), powodując różne choroby, jak np. zgorzel siewek czy plamistość liści, na roślinach kapustowatych określane jako czerń krzyżowych oraz czerń zbóż. Grzyby te w uprawie mogą być obecne przez cały sezon wegetacyjny. W uprawie zbóż występować mogą pod koniec wegetacji, głównie, gdy zboża zbyt długo oczekują na zbiór. Wśród grzybów z omawianego rodzaju najczęściej na rzepaku i zbożach spotykany jest gatunek *A. alternata* (Fr.) Keissl., który może stać się patogeniczny dla żyjących w niekorzystnych warunkach roślin (Marcinkowska 2003; Thomma 2003).

Grzyby z rodzaju *Claviceps*

Claviceps purpurea (Fries) Tulasne (buławinka czerwona) jest powszechnie występującym grzybem w strefie klimatu umiarkowanego, któremu sprzyjają, panujące w tym klimacie, okresowe spadki temperatury potrzebne do zapoczątkowania procesu wytwarzania zarodników. *Claviceps purpurea* występuje głównie w lokalizacjach i latach z okresami ciepłej, deszczowej pogody w czasie kwitnienia, co powoduje brak żywotnego pyłku i opóźnienie zapylenia. Choroba powodowana przez ten patogen – sporysz zbóż i traw, występuje w uprawie zbóż, zwłaszcza żyta i pszenżyta, ale również w uprawie pszenicy, jęczmienia i wielu traw. Sporysz występuje jedynie na organach generatywnych, inne części roślin nie są porażane. Konidia sporyszu atakują tylko młode, na ogół niezapylone zalążnie traw i zbóż i naśladują wzrost łagiewki pyłkowej. Zamiast ziaren w kłosach występują przetrwalniki grzyba (sklerocja) (fot. 10.1), które po wypadnięciu z kłosów, dostają się do gleby w czasie żniw lub wraz z ziarnem do magazynów. Grzyb *C. purpurea* zimuje w postaci rożkowatego kształtu przetrwalników lub ich fragmentów w glebie. Na wiosnę przetrwalniki kiełkują, powstają zarodniki workowe, które przeniesione przez wiatr na znamiona słupków dokonują infekcji. Przetrwalniki – sklerocja mogą zachować żywotność do trzech lat. Choroba prowadzi do poważnych szkód ekonomicznych z powodu skażenia ziarna ponad

Fot. 10.1. Sporysz na kłosach jęczmienia (fot. T. Klejdysz)

trzydziestoma, niezwykle szkodliwymi alkaloidami występującymi w sklerocjach grzyba *C. purpurea*, w skład których wchodzą np. takie substancje jak: ergometryna, ergotamina, ergotyna, ergosynina i wiele innych. W celu uniknięcia rozwoju choroby ważna jest przy wyborze plantacji znajomość historii pól. Ma to znaczenie, ponieważ istnieje niebezpieczeństwo, że na takiej plantacji może występować sporysz. Również uprawa roślin zbożowych w monokulturze, zwiększa ryzyko wystąpienia choroby.

10.2. Mykotoksyny w płodach rolnych

Poszczególne gatunki grzybów mogą tworzyć zazwyczaj kilka charakterystycznych toksycznych metabolitów wtórnych – mykotoksyn. Część z nich wykazuje działanie toksyczne dla ludzi, zwierząt, roślin oraz drobnoustrojów. Są to z reguły niskocząsteczkowe substancje, w stosunku do których organizm nie może wytworzyć żadnych przeciwciał. Większość z nich jest wyjątkowo stabilna w środowisku naturalnym i nie ulega degradacji w wyniku różnych zabiegów fizycznych i chemicznych (Grajewski 2006). Poziom mykotoksyn zależy od genotypu grzyba oraz wielu innych determinantów powodujących stres środowiskowy (warunki pogodowe, czynniki chemiczne i biologiczne itd.) (Jajor i wsp. 2011).

W tabeli 10.3 przedstawiono gatunki grzybów wytwarzające mykotoksyny, które mogą występować w różnych produktach spożywczych i paszach. W zestawieniu tym uwzględniono przede wszystkim produkty lub surowce roślinne, które są uprawiane w naszym kraju. Wynika z niej, że np. zboża czy przygotowana z nich pasza

mogą być skażone przez kilka metabolitów jednocześnie, może wówczas nastąpić synergistyczne działanie dwóch lub większej ilości toksycznych związków skutkujące zwiększeniem toksyczności (Cegielska-Radziejewska i wsp. 2009).

Tabela 10.3. Produkowane przez grzyby mykotoksyny i wybrane produkty, które mogą zanieczyszczać

Gatunek grzyba	Mykotoksyna	Zanieczyszczane produkty
Aspergillus flavus Link, *A. parasiticus* Speare	aflatoksyna B1, B2, aflatoksyna G1, G2	zboża, nasiona oleiste
Penicillium verrucosum Dierckx, *Aspergillus ochraceus* G. Wilh.	ochratoksyna A	zboża, piwo, nasiona oleiste
Fusarium graminearum Schwabe, *Fusarium culmorum* (W.G. Smith) Saccardo	deoksyniwalenol, niwalenol	ziarno wszystkich gatunków zbóż
F. sporotrichioides Sherb., *F. poae* (Peck) Wollenw.	T-2 toksyna, HT-2 toksyna	zboża
F. moniliforme J. Sheld., *F. proliferatum* (Matsush.) Nirenberg	fumonizyny	kukurydza, produkty kukurydziane
F. graminearum Schwabe, *Fusarium culmorum* (W.G. Smith) Saccardo	zearalenon	głównie ziarno kukurydzy, zboża, nasiona oleiste
Gatunki *Fusarium* spp.	moniliformina	zboża
Alternaria alternata (Fr.) Keissl., (*A. tenuis* Nees)	alternariol, ester monometylowy alternariolu, kwas tenuazonowy, tentoksyna	zboża, nasiona oleiste
Claviceps purpurea (Fr.) Tul.	alkaloidy sporyszu	zboża

Źródło: www.latesting.com

Do ważnych mykotoksyn, zarówno pod względem ekonomicznym, jak i toksykologicznym w skali europejskiej i światowej zaliczamy: aflatoksynę B1 i ochratoksynę A wytwarzane przez grzyby rodzaju *Aspergillus* i *Penicillium*. Do zanieczyszczenia plonów przez te grzyby dochodzi w czasie przechowywania płodów, natomiast deoksyniwalenol, zearalenon i fumonizyna B1

powstawać mogą po zakażeniu ziarna w kłosie na polu oraz w magazynach, w czasie przechowywania zbóż. Substancje te wykazywać mogą ostre działanie toksyczne, cechują je też właściwości mutagenne, teratogenne i estrogenne (Korbas i Horoszkiewicz-Janka 2007). Ze względu na różnorodną toksyczność i odporność na działanie wysokiej temperatury ich obecność w żywności i paszach stanowi zagrożenie dla życia i zdrowia ludzi i zwierząt (Samson i Reenen-Hoekstra 1988). Spożywanie żywności lub podawanie paszy skażonej mykotoksynami wywołuje różne choroby określane ogólnie jako mykotoksykozy (Góral i Arseniuk 2005).

Ziarno zbóż uprawiane w Polsce narażone jest przede wszystkim na występowanie metabolitów wytwarzanych przez grzyby rodzaju *Fusarium*. Szczególnie niebezpieczne są mykotoksyny należące do trichotecenów (m.in. deoksyniwalenol i niwalenol) oraz fumonizyny i zearalenon oraz jego pochodne (Gąsiorowski 2004). Trichotoceny obejmują około 150 związków o zbliżonej budowie cząsteczkowej. Deoksyniwalenol należy w Europie Środkowej do najczęściej występujących w zbożach mykotoksyn. W ziarnie zdrowym zawartość deoksyniwalenolu jest niewielka i wynosi poniżej 0,05 mg/kg. Udowodniono, że wzrost porażenia kłosa przez Fusarium spp. o 1% powodować może wzrost ilości deoksyniwalenolu w ziarnie o 0,3 mg/kg (Chełkowski 1985). Zawartość deoksyniwalenolu w porażonych ziarniakach pszenicy i pszenżyta wynosi średnio 30 mg/kg. Natomiast w ziarnie zdrowym ilość deoksyniwalenolu jest niewielka i wynosi poniżej 0,05 mg/kg. Porażone ziarno kukurydzy może zawierać nawet dziesięciokrotnie większe ilości mykotoksyn niż ziarno pszenicy. W badaniach Stanisławczyk i wsp. (2010) oceniano ilość mykotoksyn (aflatoksyn, ochratoksyny A, deoksyniwalenolu i zearalenonu) w produktach znajdujących się w obrocie na terenie województwa podkarpackiego. W 11 próbkach ziarna żyta i pszenicy nie stwierdzono przekroczeń dopuszczalnych zawartości określonych w rozporządzeniu UE, a maksymalne stężenie deoksyniwalenolu wynosiło 321 μg/kg. Na 25 badanych próbek mąki, tylko w jednej próbce stwierdzono przekroczenie dopuszczalnej zawartości deoksyniwalenolu (784 μg/kg). Pokrzywa i wsp. (2007) określali zawartość aflatoksyn, ochratoksyny A i patuliny w produktach spożywczych pochodzących z punktów handlowych województwa małopolskiego i nie zanotowali przekroczenia najwyższych dopuszczalnych poziomów zawartości mykotoksyn. Zawartość deoksyniwalenolu i zearalenonu w ziarnie zbóż i kukurydzy oraz w paszach z nich produkowanych badała Cegielewska-Radziejewska i wsp. (2009). Z przeprowadzonych analiz wynika, że największą ilość deoksyniwalenolu stwierdzono w próbkach kukurydzy, na średnim poziomie stężenia – 1200 μg/kg, podczas gdy w próbkach jęczmienia i żyta nie przekraczała 300 μg/kg. W wyniku innych badań wycofana została w 2007 roku ze sklepów w Bydgoszczy partia skażonej ochratoksyną A mąki żytniej (Grajewski i Twarużek 2009).

Główną mykotoksyną wytwarzaną w trakcie niewłaściwego przechowywania ziarna zbóż we wszystkich strefach klimatycznych jest ochratoksyna A. Produkowana jest przez grzyby z rodzajów *Aspergillus* i *Penicillium* (Chełkowski 1985). W czasie przechowywania ziarna zbóż i nasion roślin oleistych przy nadmiernej wilgotności, zawartość zarodników grzybów przekracza 10 000 w 1 gramie. Chełkowski (1981) w silnie porażonym ziarnie znajdował nawet 1 milion zarodników grzybów w gramie ziarna.

Toksynami syntetyzowanymi przez niektóre szczepy *Aspergillus flavus* Link są aflatoksyny. W naszym klimacie aflatoksyny nie są najważniejszym zanieczyszczeniem ziarna zbóż, natomiast duże zawartości aflatoksyn stwierdza się w importowanych makuchach arachidowych i bawełnianych oraz w ziarnie kukurydzy ze strefy subtropikalnej (Chełkowski 1981).

Obowiązujące w Polsce normy dopuszczalnej zawartości mykotoksyn są zgodne z normami Unii Europejskiej. Mają one ograniczyć do minimum ryzyko związane z użyciem skażonego mykotoksynami surowca do produkcji żywności dla ludzi i zwierząt. W tabeli 10.4 zestawiono najwyższe dopuszczalne poziomy zawartości wybranych mykotoksyn, które zanieczyszczać mogą środki spożywcze – rozporządzenie Komisji (WE) NR 1126/2007, rozporządzenie Komisji (WE) NR 1881/2006. Zapewnienie bezpiecznej żywności jest konieczne m.in. ze względu na powodowanie ciężkich schorzeń u zwierząt (nowotwory, dystrofie itp.) oraz potencjalne zagrożenie kancerogenne dla ludzi przez fumonizyny produkowane przez *F. moniliforme* i *F. proliferatum*. Są one pod szczególnym nadzorem IARC (Międzynarodowej Agencji Badań nad Rakiem).

Tabela 10.4. Najwyższe dopuszczalne zawartości wybranych mykotoksyn w środkach spożywczych

Środki spożywcze	**Najwyższe dopuszczalne poziomy [µg/kg]**
Deoksyniwalenol	
Nieprzetworzone zboża, inne niż pszenica durum, owies i kukurydza	1250
Pszenica durum i owies, nieprzetworzone	1750
Nieprzetworzona kukurydza, z wyjątkiem nieprzetworzonej kukurydzy przeznaczonej do mielenia na mokro	1750

Tabela 10.4. (cd.)

Zboża przeznaczone do bezpośredniego spożycia przez ludzi, mąka zbożowa, otręby oraz zarodki jako produkt końcowy wprowadzany na rynek do bezpośredniego spożycia, za wyjątkiem przetworzonej żywności na bazie zbóż oraz żywności dla niemowląt i małych dzieci; frakcje mielenia kukurydzy o rozmiarze cząstek powyżej i co najwyżej 500 mikronów	750
Makaron (suchy)	750
Chleb (w tym małe produkty piekarnicze), ciasta, herbatniki, przekąski zbożowe i płatki śniadaniowe	500
Przetworzona żywność na bazie zbóż oraz żywność dla niemowląt i małych dzieci	200
Frakcje mielenia kukurydzy o rozmiarze cząsteczek powyżej 500 mikronów, objęte kodem CN 1103 13 lub 1103 20 40 oraz inne produkty mielenia kukurydzy o rozmiarze cząsteczek powyżej 500 mikronów nieprzeznaczone do bezpośredniego spożycia przez ludzi, objęte kodem 1904 10 10	750
Frakcje mielenia kukurydzy o rozmiarze cząsteczek co najwyżej 500 mikronów, objęte kodem CN 1102 20 oraz inne produkty mielenia kukurydzy o rozmiarze cząsteczek co najwyżej 500 mikronów nieprzeznaczone do bezpośredniego spożycia przez ludzi, objęte kodem CN 1904 10 10	1250
Zearalenon	
Nieprzetworzone zboża, inne niż kukurydza	100
Nieprzetworzona kukurydza, z wyjątkiem nieprzetworzonej kukurydzy przeznaczonej do mielenia na mokro	350
Zboża przeznaczone do bezpośredniego spożycia przez ludzi, mąka zbożowa, otręby oraz zarodki jako produkt końcowy wprowadzany na rynek do bezpośredniego spożycia, za wyjątkiem: kukurydzy przeznaczonej do bezpośredniego spożycia przez ludzi, przekąski kukurydziane i płatki śniadaniowe; przetworzona żywność na bazie zbóż i kukurydzy oraz żywność dla niemowląt i małych dzieci; frakcje mielenia kukurydzy o rozmiarze cząsteczek powyżej 500 mikronów i co najwyżej 500 mikronów	75

Tabela 10.4. (cd.)

Chleb (w tym małe produkty piekarnicze), ciasta, herbatniki, przekąski zbożowe i płatki śniadaniowe, z wyjątkiem przekąsek kukurydzianych i płatków śniadaniowych na bazie kukurydzy	50
Kukurydza przeznaczona do bezpośredniego spożycia przez ludzi, przekąski kukurydziane i płatki śniadaniowe na bazie kukurydzy	100
Przetworzona żywność na bazie zbóż (z wyjątkiem przetworzonej żywności na bazie kukurydzy) oraz żywność dla niemowląt i małych dzieci	20
Przetworzona żywność na bazie kukurydzy dla niemowląt i małych dzieci	20
Frakcje mielenia kukurydzy o rozmiarze cząsteczek powyżej 500 mikronów, objęte kodem CN 1103 13 lub 1103 20 40 oraz inne produkty mielenia kukurydzy o rozmiarze cząsteczek powyżej 500 mikronów nieprzeznaczone do bezpośredniego spożycia przez ludzi, objęte kodem CN 1904 10 10	200
Frakcje mielenia kukurydzy o rozmiarze cząsteczek co najwyżej 500 mikronów, objęte kodem CN 1102 20 oraz inne produkty mielenia kukurydzy o rozmiarze cząsteczek co najwyżej 500 mikronów nieprzeznaczone do bezpośredniego spożycia przez ludzi, objęte kodem CN 1904 10 10	300
Fumonizyny, suma B1 i B2	
Nieprzetworzona kukurydza, z wyjątkiem nieprzetworzonej kukurydzy przeznaczonej do mielenia na mokro	4000
Kukurydza przeznaczona do bezpośredniego spożycia przez ludzi, żywność na bazie kukurydzy przeznaczona do bezpośredniego spożycia przez ludzi, za wyjątkiem płatków śniadaniowych na bazie kukurydzy i przekąsek kukurydzianych; przetworzonej żywności na bazie kukurydzy oraz żywności dla niemowląt i małych dzieci	1000
Płatki śniadaniowe na bazie kukurydzy i przekąski kukurydziane	800
Przetworzona żywność na bazie kukurydzy oraz żywność dla niemowląt i małych dzieci	200

Tabela 10.4. (cd.)

Frakcje mielenia kukurydzy o rozmiarze cząsteczek powyżej 500 mikronów, objęte kodem CN 1103 13 lub 1103 20 40 oraz inne produkty mielenia kukurydzy o rozmiarze cząsteczek powyżej 500 mikronów nieprzeznaczone do bezpośredniego spożycia przez ludzi, objęte kodem CN 1904 10 10	1400
Frakcje mielenia kukurydzy o rozmiarze cząsteczek co najwyżej 500 mikronów, objęte kodem CN 1102 20 oraz inne produkty mielenia kukurydzy o rozmiarze cząsteczek co najwyżej 500 mikronów nieprzeznaczone do bezpośredniego spożycia przez ludzi, objęte kodem CN 1904 10 10	2000
Ochratoksyna A – wartości podano w tabeli 10.5	
Przetrwalniki buławinki czerwonej i alkaloidy sporyszu	
Nieprzetworzone zboża	5

Źródło: Rozporządzenie (2007), Rozporządzenie (2006), Rozporządzenie (2015)

10.3. Zapobieganie zasiedleniu nasion przez grzyby oraz powstawaniu mykotoksyn

Podstawowym elementem ochrony przed zasiedleniem nasion przez grzyby oraz powstawania mykotoksyn jest ograniczenie występowania w trakcie wegetacji grzybów chorobotwórczych przez kompleksową ochronę roślin przed chorobami w ramach integrowanej ochrony – przez zaprawianie materiału siewnego oraz opryskiwanie roślin przy użyciu fungicydów w trakcie wegetacji. Dla owsa niestety nie zarejestrowano dotychczas żadnych fungicydów do opryskiwania roślin podczas wegetacji. Jedynym zabiegiem, który chroni wschodzące ziarno oraz rośliny w początkowych fazach ich rozwoju jest zaprawianie ziarna. W kukurydzy występowanie sprawców fuzarioz, w tym fuzariozy kolb, ogranicza się przez tworzenie optymalnych warunków dla rozwoju roślin oraz wykonywanie zabiegów ochrony roślin przy użyciu fungicydów w czasie wegetacji, a następnie odpowiednie dosuszenie i przechowywanie ziarna.

Spośród niechemicznych metod ważna jest prawidłowa agrotechnika. Polega ona na m.in. na właściwej strukturze zasiewów, starannej uprawie gleby, izolacji przestrzennej gatunków form jarych i ozimych, optymalnego terminu, gęstości i głębokości siewu, zrównoważonego nawożenia oraz optymalnych warunków zbioru i przechowywania. Zalecany jest wysiew odmian, które według COBORU charakteryzują się tolerancją lub podwyższoną odpornością na np. fuzariozę kłosów. Nie bez znaczenia dla obecności grzybów w ziarnie są uszkodzenia podczas

zbioru, transportu lub przechowywania. Porośnięte i zanieczyszczone resztkami pożniwnymi lub innymi nasionami ziarno jest bardziej narażone na zasiedlenie przez grzyby, a różnego rodzaju uszkodzenia i zanieczyszczenia partii ziarna sprzyjają penetracji tkanek przez drobnoustroje (Tys 2005). Ziarniaki niedojrzałe i porośnięte charakteryzują się większą wilgotnością, co powoduje podwyższenie ich aktywności enzymatycznej i mikrobiologicznej. Rozrastająca się grzybnia powoduje agregację i konsolidację ziarna, co może doprowadzić do samonagrzewania i zbrylenia przechowywanego materiału (Tys i wsp. 2011).

Ze względu na ryzyko rozwoju grzybów oraz biosyntezę mykotoksyn, podczas przechowywania surowca, ważne jest zapewnienie optymalnych warunków tego procesu, szczegółowo opisanych w rozdziale 5. Istotne jest, aby ziarno przeznaczone do składowania miało odpowiednią wilgotność oraz aby nie było zanieczyszczone przez nasiona chwastów. Szczególne zagrożenie stwarza wzrost zawartości zarodników grzybów w warunkach wysokiej temperatury oraz nadmiernej wilgotności. Najczęściej grzyby przechowalnicze nie rozwijają się w temperaturze poniżej 0°C. Natomiast temperatura w zakresie 30–33°C, to optymalna temperatura dla rozwoju grzybów, a temperatura 50–55°C stanowi górną granicę (Tylkowska i wsp. 2007). Chełkowski (1999) podaje, że w temperaturze 15°C, przy wilgotności 24% i wyższej, znaczące ilości toksyn grzybowych mogą być tworzone już po 2 tygodniach. Jeżeli wilgotność będzie wynosić 18%, okres ten wydłuży się do 10 tygodni, a przy wilgotności 15% – nawet do wielu miesięcy. W badaniach Bieleckiej i wsp. (1994) wielkość i tempo przyrostu liczby drobnoustrojów pozostawały w prostej korelacji z zawartością wody. Bezpieczna wilgotność dla ziarna kukurydzy, która pozwala dobrze przechowywać ziarno przez 6–12 miesięcy bez większego ryzyka tworzenia mykotoksyn wynosi 14% (Chełkowski 1999). Na występowanie i rozwój grzybów, oprócz wilgotności i temperatury otoczenia oraz obecności innych nasion wpływa także ciśnienie panujące w komorze zbiornika oraz czas ich składowania (Korniłłowicz-Kowalska i wsp. 2000; Tylkowska i wsp. 2007). Oprócz czynników wymienionych powyżej znaczenie mają również: skład powietrza, interakcje z innymi gatunkami grzybów, interakcje z owadami i gryzoniami żyjącymi w magazynach, a także odporność ziarna na skażenie grzybami (Broda i Grajek 2009). Do sposobów pozwalających zredukować liczebność grzybów w ziarnie zbóż należą: sterylizacja poprzez moczenie w podchlorynie sodowym lub moczenie w etanolu, odkażanie roztworem chloru poprzedzone płukaniem etanolem oraz dodatek kwasu propionowego. Skażone ziarno można poddać ekstruzji i działaniom wysokich temperatur oraz naświetlaniu promieniami UV. Wśród metod dezynfekcji zbóż wymienić można również fumigację dostępnymi związkami, ozonowanie ziarna oraz traktowanie zimną plazmą pod niskim ciśnieniem (Broda i Grajek 2009).

Mykotoksyny w płodach rolnych oraz produktach spożywczych można wykryć za pomocą wysokosprawnej chromatografii oraz testem immunoenzymatycznym

wykonywanym na spektrofotometrze. Pierwsza metoda wymaga użycia spcecjalistycznej i kosztownej aparatury pozwalającej z analityczną dokładnością na oznaczenie jakościowe i ilościowe wtórnych metabolitów oraz ich pochodnych. Druga metoda jest zdecydowanie tańsza i prostsza w wykonaniu, a uzyskany wynik informuje o ogólnej zawartości badanej mykotoksyny (nie podaje udziału poszczególnych pochodnych). Te urządzenia mają zastosowanie w magazynach lub wytwórniach pasz w celu zapewnienia bezpieczeństwa wytwarzanych produktów.

10.4. Wpływ mykotoksyn na organizmy ludzi i zwierząt na przykładzie ochratoksyny A

Niewłaściwe przechowywanie płodów rolnych, w warunkach sprzyjających rozwojowi grzybów mikroskopowych (podwyższona temperatura i wilgotność) może być główną przyczyną powstawania ich toksycznych metabolitów – mykotoksyn (Gilbert i wsp. 2001; Waśkiewicz i Goliński 2013).

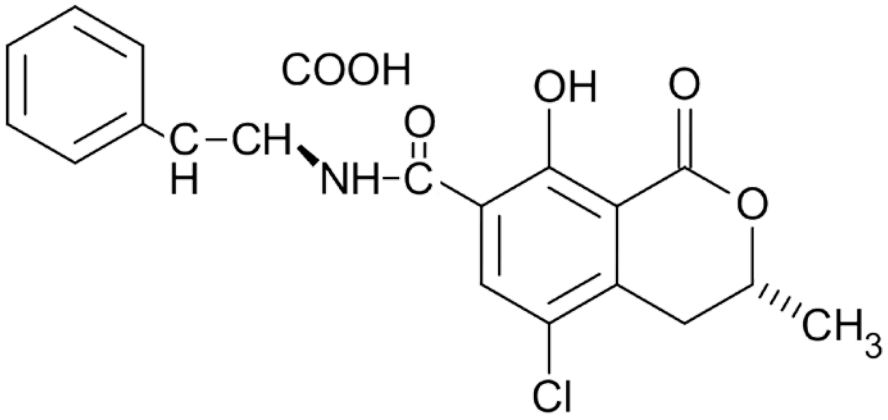
W świetle dostępnej literatury jedną z najważniejszych mykotoksyn przechowalniczych, stwierdzaną najczęściej w surowcach zbożowych, żywności i paszach w warunkach klimatycznych naszego kraju jest ochratoksyna A (Waśkiewicz i Goliński 2013) (Ryc. 10.1).

Toksynę tę wykryto w 1965 roku, jako produkt metabolizmu grzyba *Aspergillus ochraceus* Wilhelm, podczas badania jego toksycznych szczepów w ziarnie zbóż (Scott 1965). Krótko potem, w Stanach Zjednoczonych wyizolowano ochratoksynę A z ziaren kukurydzy i uznano ją za związek potencjalnie nefrotoksyczny (Shotwell i wsp. 1969).

Ochratoksyna A – produkt metabolizmu wtórnego grzybów rodzaju *Aspergillus* i *Penicillium*, powszechnie związana jest z przechowalnictwem i zazwyczaj nie występuje w okresie wzrostu roślin (Waśkiewicz i Goliński 2013; Wawrzyniak i Waśkiewicz 2014), choć w przypadku winogron tworzona jest również w polu (Battilani i Pierti 2002; Visconti i wsp. 2008). Naturalne występowanie ochratoksyny A jest związane z bogatymi w skrobię artykułami żywnościowymi, takimi jak zboża, w tym pszenica, jęczmień, kukurydza, ryż, owies, żyto (MacDonald i wsp. 2004; Waśkiewicz i Goliński 2013) oraz nasionami jadalnymi roślin strączkowych i tworzonymi z nich produktami spożywczymi (Filali i wsp. 2001; Gilbert i wsp. 2001).

Z powodu stosunkowo wysokiej stabilności termicznej ochratoksyny A, podczas procesów ogrzewania, pieczenia czy fermentacji, nie ulega ona rozkładowi (Tangni i wsp. 2002) i jest zazwyczaj wykrywana w końcowych produktach spożywczych czy paszowych (Raters i Matissek 2008).

Duże powinowactwo ochratoksyny A do białek, a w szczególności do albuminy krwi pozwala jej gromadzić się we krwi i narządach zwierząt monogastrycznych, głównie w nerkach (Curtui i wsp. 2001), które wykorzystywane są do produkcji wyrobów spożywczych. Dlatego też, produkty wieprzowe, szczególnie te,



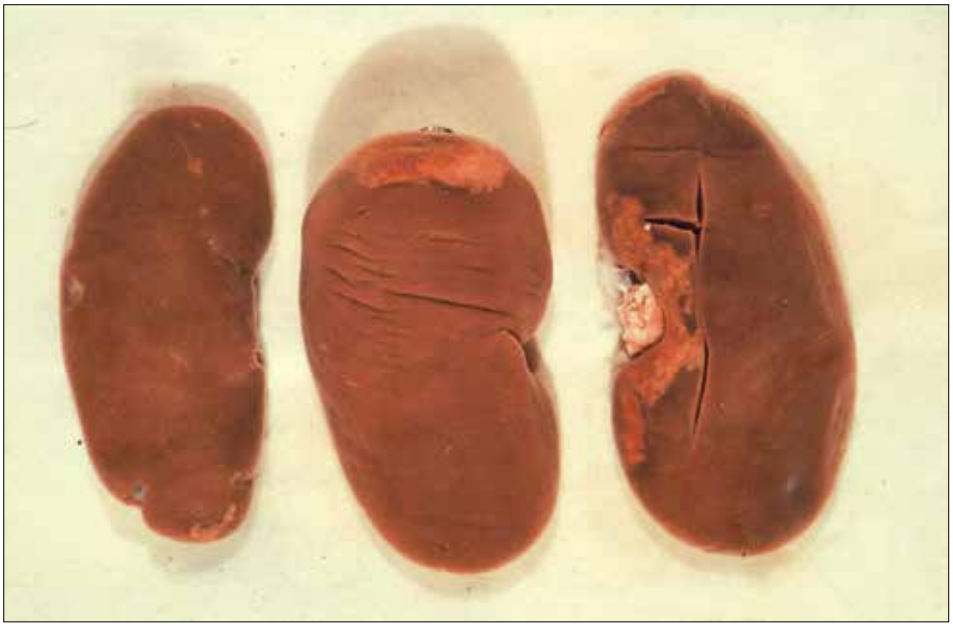
Ryc. 10.1. Struktura chemiczna ochratoksyny A

które zawierają krew i nerki są uważane za ważne źródło ochratoksyny A u ludzi (Kotowski i wsp. 2000). W mniejszym stopniu zanieczyszczone są wyroby wędzone oraz szynka (Dall'Asta i wsp. 2010).

Wśród zwierząt gospodarskich świnie są szczególnie wrażliwe na działanie ochratoksyny A, której obecność na poziomie 200 mg na kg paszy wykorzystywanej w tuczu tych zwierząt jest toksykologicznie znacząca i szkodliwa dla zdrowia, szczególnie przy 3–4-miesięcznym jej podawaniu w karmie. Natomiast stężenie toksyny rzędu 4000 mg na kg paszy powoduje zmiany nefropatyczne obserwowane już po kilku dniach prowadzenia eksperymentu (Krogh i wsp. 1974). Pomimo, że stężenie tej toksyny w żywności i paszach jest zazwyczaj stosunkowo niskie, to dzięki kumulacji w organizmie ludzi i zwierząt, stanowi istotny problem zdrowotny (Zheng i wsp. 2005). Nefropatia ochratoksynowa u świń jest schorzeniem typowym dla krajów europejskich, stwierdzono bowiem liczne przypadki zmian chorobowych w nerkach i obecności ochratoksyny A we krwi tych zwierząt (Kotowski i wsp. 1993; Jørgensen i Petersen 2002). Ochratoksyna A przenika do krwi w pierwszym tygodniu po podaniu skażonej toksyną paszy, a najwyższe stężenie osiąga po 2–3 tygodniach spożywania, natomiast czas zaniku tego związku jest bardzo długi i dochodzi nawet do 7 tygodni. Najwyższe stężenia nierozłożonej toksyny obserwowano kolejno we krwi, w nerkach, wątrobie, mięśniach i tkance tłuszczowej (Curtui i wsp. 2001), przy czym poziom ochratoksyny A we krwi świń był około 5 razy wyższy niż w nerkach (Hult i wsp. 1980).

Typowymi, makroskopowymi objawami nefropatii ochratoksynowej u świń są następujące zmiany nerek:

- powiększenie organów,
- zmiana ich koloru (tzw. blade nerki),
- drobne pęcherzyki na powierzchni,
- cysty i zwłóknienia w części korowej (fot. 10.2 i 10.3).



Fot. 10.2. Zmiany makroskopowe nerek wieprzowych z objawami nefropatii ochratoksynowej świń (fot. P. Goliński)

Obserwuje się ponadto obniżenie zdolności przesączania i wydzielania kwasu *p*-aminohipurowego oraz zagęszczania moczu, a także pojawienie się w nim białka i glukozy, z następującą martwicą komórek kanalików nerkowych, a w zaawansowanym stanie stwardnieniem i zanikiem kłębuszków nerkowych (Dragacci i wsp. 1999).

Najwięcej badań dotyczących toksyczności ochratoksyny A przeprowadzono na zwierzętach laboratoryjnych (szczurach, myszach i chomikach), wykazując nekrozę kanalików nerkowych, komórek wątroby i śledziony oraz gruczołów limfatycznych. Stwierdzono także przekrwienia i owrzodzenia przewodu pokarmowego, a u ciężarnych samic zmiany teratogenne u płodów (Aydin i wsp. 2003, Mantle i wsp. 2005).

Obecność ochratoksyny A w żywności, zarówno pochodzenia roślinnego jak i zwierzęcego wskazuje, że kolejnym ogniwem w biologicznym obiegu tej toksyny jest człowiek. Liczne badania potwierdzają, że toksyna ta ma działanie kancerogenne, nefrotoksyczne, teratogenne, immunotoksyczne i prawdopodobnie neurotoksyczne (Dortant i wsp. 2001). W Polsce prowadzono badania nad zawartością ochratoksyny A w surowicy krwi matki i płodu oraz w mleku kobiecym. Około 20% próbek mleka kobiecego zawierało tę toksynę, natomiast poziom jej w surowicy krwi matek wynosił 1,14 ng cm^{-3}, a w surowicy krwi pępowinowej 1,96 ng cm^{-3}. Zjawisko zwiększania się stężenia ochratoksyny A w surowicy krwi płodu tłumaczono jej aktywnym transportem przez

Fot. 10.3. Zwłóknienia na powierzchni nerek. Nerki powiększone (nerka lewa), blade (lewa i prawa) oraz struktura marmurkowata (nerka prawa) (fot. P. Goliński)

łożysko, co mogło być spowodowane podobną budową chemiczną ochratoksyny A i fenyloalaniny (Postupolski i Karłowski 2002). Stwierdzono również, że dieta kobiet, we krwi których wykryto ochratoksynę A była o 30% bogatsza w produkty zbożowe. Nie jest jednak celowe zmniejszanie ich ilości w diecie, wskazana jest natomiast rezygnacja z produktów, takich jak kawa, piwo, wino oraz produktów z udziałem krwi wieprzowej i nerek (Postupolski i Karłowski 1998; Skaug i wsp. 2001).

Ochratoksyna A wpływa również na ruch rzęsek w drogach oddechowych, stanowiących jedną z najważniejszych barier biologicznych między organizmem ludzkim a środowiskiem.

Przedstawione doniesienia wskazują, że kontakt konsumenta nawet z bardzo niskimi stężeniami toksyny może prowadzić do przewlekłych chorób trudnych do zdiagnozowania, a w konsekwencji do nowotworów nerek i wątroby (Walker 2002).

W 1993 roku Międzynarodowa Komisja ds. Badań nad Rakiem zaklasyfikowała ochratoksynę A do grupy B, jako prawdopodobnie kancerogenną dla ludzi (IARC 1993), a kilka lat później, w 1998 roku Naukowy Komitet ds. Żywności oszacował i zalecił, aby w dziennej dawce spożycia nie przekraczać zawartości toksyny na poziomie 5 mg ochratoksyny A na kg masy ciała.

Zapobieganie zagrożeniom związanym z zanieczyszczeniem żywności mykotoksynami zostało uznane przez Komisję Europejską za jeden z priorytetów

gospodarki żywnościowej. Na podstawie licznych raportów naukowych opracowano przepisy regulujące dopuszczalne stężenia ochratoksyny A w zbożach i ich produktach oraz wprowadzono normy dla toksyn tworzonych przez grzyby rodzaju *Fusarium*.

Wspólnota Europejska, mając na uwadze zdrowie społeczeństwa, zakazała sprzedaży artykułów żywnościowych z nadmierną ilością ochratoksyny A, a w szczególności na poziomie toksykologicznie istotnym. Dopuszczalny, bezpieczny poziom ochratoksyny A w zbożach i suszonych owocach winogron uregulowany został przepisami UE (Rozporządzenie 2005), a obecnie obejmuje także inne artykuły spożywcze m. in. wino, sok z winogron, kawę, piwo, kakao i przyprawy – Rozporządzenie Komisji WE (2006), Rozporządzenie Komisji UE (2012) (tab. 10.5).

Tabela 10.5. Dopuszczalne poziomy stężeń ochratoksyny A w wybranych produktach żywnościowych

Produkty	**Najwyższy, dopuszczalny poziom ochratoksyny A [mg/kg]**
Nieprzetworzone zboża	5,0
Wszystkie produkty pochodzące z nieprzetworzonych zbóż, w tym produkty z przetworzonych zbóż oraz zboża przeznaczone do bezpośredniego spożycia przez ludzi	3,0
Suszone owoce winogron (koryntki, rodzynki i sułtanki)	10,0
Palone ziarna kawy i mielona kawa palona	5,0
Kawa rozpuszczalna	10,0
Wina (czerwone, białe, różowe), sok z winogron oraz moszcz gronowy	2,0
Żywność dla niemowląt i przetworzona żywność na bazie zbóż dla niemowląt i małych dzieci	0,5

Źródło: Rozporządzenie (2007, 2006, 2015)

Pomimo szerokiej wiedzy na temat szkodliwego wpływu mykotoksyn na organizm ludzi i zwierząt, nadal istnieje potrzeba bieżącej oceny toksycznego oddziaływania tych substancji, tym bardziej, że istnieje coraz więcej doniesień o nowych dotychczas nieznanych źródłach tych metabolitów i ich pochodnych.

11. METODY OGRANICZANIA SZKÓD W MAGAZYNACH

11.1. Niechemiczne

W przypadku, gdy monitoring występowania szkodników wykazał ich obecność w magazynie zbożowym, a ich liczebność przekroczyła próg szkodliwości (o ile został opracowany), wówczas należy zastosować interwencyjne metody zwalczania szkodników, wśród których ważną rolę odgrywają metody niechemiczne: fizyczne, biotechniczne i biologiczne.

11.1.1. Fizyczne

Metody fizyczne polegają na wykorzystaniu do niszczenia szkodników następujących czynników fizycznych: kontrolowana atmosfera, wysoka lub niska temperatura, wilgotność, promieniowanie, ciśnienie, dźwięk i obojętne pyły.

Kontrolowana atmosfera

Kontrolowaną atmosferę (zmodyfikowaną atmosferę) uzyskuje się w szczelnym pomieszczeniu (komorze) z przechowywanymi produktami po dodaniu azotu (N_2) w takiej ilości, że stężenie tlenu wynosi <1% (np. system Veloxy) lub po dodaniu ditlenku węgla (CO_2) w celu obniżenia zawartości tlenu poniżej 8%. Obecnie częściej stosuje się atmosfery modyfikowane azotem, a nie CO_2, gdyż taki zabieg jest tańszy i wygodniejszy. W tak zmodyfikowanych atmosferach szkodniki giną po 2–3 tygodniach w temperaturze 25–30°C. Zabieg zwalczania szkodników przy wykorzystaniu tej metody jest więc zabiegiem długotrwałym. Zwykle uszczelnienie pomieszczeń przygotowane do gazowania fosforowodorem jest tu wystarczające.

Dezynsekcja w warunkach beztlenowych stosowana jest w wielu muzeach na świecie. Jak dotąd nie znalazła zastosowania w ochronie zboża przed szkodnikami, chociaż posiada w tym względzie duży potencjał. Kontrolowaną atmosferą zwalczane są szkodniki w różnych przedmiotach zabytkowych: wykonanych z drewna (ikony, ramy obrazów, podobrazia drewniane, zabytkowe meble, stare instrumenty), w starych i zabytkowych księgach, zbiorach archiwalnych, kolekcjach przyrodniczych, wyrobach z wełny, przedmiotach wykonanych ze skóry oraz trofeach myśliwskich. Obiekty zabytkowe, na których ma zostać wykonany zabieg, zamykane są w opakowaniu z folii gazoszczelnej. Do wnętrza opakowania pompowany

jest azot, który w systemie Veloxy jest pozyskiwany z powietrza atmosferycznego i podlega sterylizacji UV. Wpompowany azot „wypycha" stopniowo z folii powietrze, aż do osiągnięcia stężenia tlenu wynoszącego 0,1–0,3%. Szczelnie zamknięte przedmioty w atmosferze niskotlenowej (czyli głównie w azocie) pozostawia się na 3 tygodnie. Taki okres ekspozycji gwarantuje 100-procentowy skuteczność dezynsekcji. Z powodu braku tlenu giną wszystkie stadia owadów: formy dorosłe szkodników, ich jaja, larwy i poczwarki.

Dezynsekcja w systemie Veloxy jest nowoczesną, skuteczną i ekologiczną metodą dezynsekcji. Zastępuje tradycyjne środki chemiczne, nieraz niebezpieczne dla ludzi i przedmiotów zabytkowych.

Dezynsekcja z zastosowaniem urządzenia Veloxy jest:

- bezpieczna dla obiektów; zamknięcie w azocie (gaz neutralny) nie zagraża werniksom, metalom szlachetnym, polichromii ani złoceniom i barwnikom; brak tlenu dodatkowo zapobiega „starzeniu się" przedmiotów, np. hamuje korozję,
- bezpieczna dla pracowników i właścicieli przedmiotów. Podczas dezynsekcji metodą Veloxy nie używa się żadnych chemikaliów i związków chemicznych,
- wykonywana na miejscu, więc aby zdezynsekować przedmioty nie ma konieczności ich transportu,
- przechowywanie w azocie hamuje również rozwój bakterii, pleśni i innych grzybów, a także chroni obiekt przed szkodliwym działaniem tlenu.

Jak jednak wspomniano wcześniej, metoda ta nie jest obecnie stosowana w ochronie ziarna zbóż.

Wysoka temperatura

Temperatura jest najważniejszym czynnikiem otoczenia, który określa możliwości przeżycia i tempo rozmnażania się szkodników magazynowych, a w konsekwencji rozmiary szkód, jakie one powodują. Owady i roztocze z łatwością przystosowują się do różnych warunków środowiskowych, ale zakres temperatur im sprzyjający jest raczej wąski (tab. 11.1). Większość szkodników preferuje temperatury w zakresie od 13°C do 35°C. Powyżej i poniżej tego zakresu możliwości rozwoju populacji owadów i roztoczy są znacznie ograniczone, a temperatury ekstremalne powodują szybką ich śmierć. Wysoka temperatura może być stosowana w celu zniszczenia szkodników występujących w zakładach przemysłu spożywczego i paszowego, w młynach, w wielu obiektach inwentarskich, a także w ziarnie i w niektórych innych towarach.

Zastosowanie wysokich temperatur w celu dezynsekcji pomieszczeń z produktami nie jest nową metodą zwalczania szkodników magazynowych. Już w XVI wieku we Francji wysoką temperaturą zwalczano skośnika zbożowiaczka (*S. cerealella*) (Oosthuizen 1935). W Ohio, w 1835 r. ogrzewano pomieszczenia z pszenicą do temperatury 57°C, aby zniszczyć wołka (*Sitophilus* sp.). Ogrzewanie młynów

Tabela 11.1. Wpływ temperatury na szkodniki magazynowe

Strefa	Zakres temperatur [°C]	Skutki
Letalna	powyżej 62	śmierć w ciągu <1 minuty
	od 50 do 62	śmierć w ciągu <1 godziny
	od 45 do 50	śmierć w ciągu <1 dnia
	od 35 do 42	populacja powoli wymiera, owady wyszukują chłodnych miejsc
Suboptymalna	35	maksymalna temperatura do rozmnażania się
	od 32 do 35	powolny wzrost liczebności populacji
Optymalna	od 25 do 32	maksymalny wzrost liczebności populacji
Suboptymalna	od 13 do 25	powolny wzrost liczebności populacji
Letalna	od 5 do 13	powolne wymieranie
	od 3 do 5	brak ruchliwości szkodników
	od −10 do −5	śmierć w ciągu tygodni lub miesięcy w zależności od aklimatyzacji
	od −25 do −15	śmierć w ciągu <1 godziny

Źródło: Ignatowicz, opracowanie własne

było w Stanach Zjednoczonych powszechną praktyką w latach 1910–1930. Popularność metody zmniejszyła się znacznie wraz z wprowadzeniem szybko działających gazowych środków ochrony roślin: bromku metylu i fosforowodoru.

Jeśli temperatura zostanie sztucznie podniesiona powyżej 35°C, wówczas szkodniki znajdą się w warunkach dla nich niesprzyjających, a nawet stresowych. Owady nie są odporne na ciepło, gdyż nie mają zdolności regulowania temperatury ciała. Nie są one zdolne do „pocenia się" i szybko giną, wystawione na wysokie temperatury.

Śmiertelne (letalne) dla owadów są temperatury powyżej 45°C (tab. 11.2). W temperaturze 56–58°C białkowe składniki ciała owadów, w tym enzymy, są nieodwracalnie niszczone w ciągu pół godziny, następnie ciała szkodników ulegają odwodnieniu i zmienia się pH ich płynów ustrojowych, co powoduje śmierć. Różne stadia rozwojowe szkodników magazynowych inaczej reagują na wysoką temperaturę. Zwykle poczwarki dłużej wytrzymują podwyższoną temperaturę niż larwy, a te dłużej niż jaja i osobniki dorosłe, szczególnie wtedy, gdy stosowane są w zabiegu temperatury niższe niż 48°C (Fields 1992). Temperatury nie powinny przekroczyć poziomów powyżej 60°C z powodu niebezpieczeństwa uszkodzenia konstrukcji budynku, maszyn i przedmiotów, które są wrażliwe na tak wysoką

temperaturę. Należy więc zadbać, aby osiągnąć temperaturę 50–55°C we wszystkich częściach pomieszczenia, aby szkodniki ukryte w szczelinach, szparach, towarach, pod drewnem i pod różnymi przedmiotami zostały uśmiercone.

Tabela 11.2. Temperatury maksymalne (°C) powodujące **100-procentową śmiertelność** szkodników magazynowych po 1 godzinie lub 48 godzinach

Szkodnik	Temperatura (°C)	
	po 1 godzinie	po 48 godzinach
Wołek zbożowy	+49	+43
Wołek ryżowy	+51	+45
Wołek kukurydzowy	+53	+47
Spichrzel surynamski	+55	+42
Rozpłaszczyk rdzawy	+50	+40
Trojszyk ulec	+47	+40
Ukrytek mauretański	+48	+41
Żywiak chlebowiec	+57	+47
Strąkowiec grochowy	+49	+44

Źródło: Ignatowicz, opracowanie własne

Obecnie w ochronie przechowywanych produktów coraz częściej wysoką temperaturę, która działa zabójczo na szkodniki uzyskujemy przez ogrzewanie ziarna w suszarniach.

W prostych zastosowaniach zanieczyszczone szkodnikami produkty są krótkotrwale ogrzewane do temperatury 50–70°C i następnie schładzane. Taki zabieg skutecznie niszczy szkodniki i jednocześnie zapobiega uszkodzeniu wrażliwych produktów. Dezynsekcja większości produktów następuje po ich ogrzaniu do temp. 65°C przez okres krótszy niż 1 minuta. Należy przy tym pamiętać, że wysokość temperatury należy dostosować do wilgotności produktu. Gdy jest on bardziej wilgotny, konieczne jest stosowanie wyższej temperatury lub utrzymanie jej przez dłuższy czas (Boczek 1992). Zabieg taki jest jednak bardzo energochłonny, a metoda wymaga zainwestowania znacznych środków finansowych w celu wybudowania instalacji do stosowania ogrzewania większych partii produktów w komorach grzewczych lub próżniowych.

Opracowano następujące technologie wykorzystania wysokich temperatur do zwalczania szkodników występujących w budynkach magazynowych: Temp-Air, ThermoSol, ThermoNox.

Technologia **Temp-Air** polega na wykorzystaniu opalanych gazem ziemnym, propanem lub ropą pieców, które są umieszczane na zewnątrz budynku zabiegowego. Pobrane z zewnątrz i ogrzane powietrze jest wprowadzane do budynku za pomocą przewodów dystrybucyjnych zainstalowanych na stałe lub czasowo. Temperatura w budynku wzrasta o 10°C w ciągu jednej godziny. Gdy temperatura osiągnie poziom 60°C, wówczas grzejniki wyłączają się i temperaturę utrzymuje się przez określony czas. Temperatura wewnątrz pomieszczeń jest dokładnie monitorowana, a każde chłodne miejsce, w którym mogą ukryć się szkodniki, jest dogrzewane.

Początkowa temperatura wtłaczanego powietrza musi być znacznie wyższa niż 50°C, aby powietrze ogrzane do letalnej dla szkodników temperatury dotarło do wszystkich części budynku. Tak gorące powietrze jest niebezpieczne i może powodować szkodzenia poprzez przegrzanie części budynku i wrażliwych na wysoką temperaturę sprzętów. Utrzymanie wymaganej temperatury jest trudne, gdyż gorące powietrze z jednego źródła zewnętrznego musi być rozprowadzone przewodami po częściach budynku, w których temperatura może być niższa. Inną wadą tej metody jest to, że gorące powietrze zwykle przemieszcza się do góry, pod sufit, a powinno być skierowane na podłogę, gdzie jest najbardziej potrzebne. Zapotrzebowanie na energię jest zwykle wysokie, gdyż pobrane z zewnątrz powietrze o temperaturze otoczenia musi być ogrzane do temperatury zabiegowej, zanim zostanie wprowadzone do budynku. Zaletą metody jest to, że w czasie ogrzewania powstaje wewnątrz budynku większe ciśnienie niż na zewnątrz, w wyniku czego chłód nie wnika do wewnątrz przez nieszczelności.

W technologii **ThermoSol** źródłem ciepła jest niemiecki kocioł olejowy Meschle S-950 o mocy cieplnej 750 kW, a paliwem olej opałowy od lokalnych dystrybutorów. Kocioł posiada dwa palniki, które włączają się w zależności od potrzeb. Po osiągnięciu temperatury roboczej 50–60°C włącza się na ogół jeden palnik. Kocioł jest połączony z pompą cyrkulacyjną elastycznym wężem o śr. 2,5 cala. Pompa o zmiennej wydajności zasila system grzewczy gorącą wodą o temp. 95–99°C. Ochłodzona w wymiennikach i wężach woda powraca do kotła. Pomieszczenie ogrzewają wymienniki ciepła, każdy o mocy 46 kW.

Technologia **ThermoNox** polega na zastosowaniu małych, ruchomych i elektrycznych grzejników (fot. 11.1), które w celu przeprowadzenia zabiegu są umieszczane wewnątrz budynku inwentarskiego. W tym przypadku dobrą i równomierną dystrybucję ciepła zapewnia się za pomocą wentylatorów, które są rozmieszczane w celu podtrzymania optymalnej cyrkulacji powietrza wewnątrz. Technologia **ThermoNox** została opracowana do zastosowań w przemyśle młynarskim, ale wydaje się, że może być stosowana szeroko w różnych obiektach. W młynach zwraca się szczególną uwagę na niebezpieczeństwo związane z wybuchowością pyłu.

We wszystkich technologiach ogrzane powietrze jest rozprowadzane równomiernie po pomieszczeniu specjalnymi wentylatorami podłogowymi.

Fot. 11.1. Grzejnik ThermoNox (fot. S. Ignatowicz)

Technologie ogrzewania **nie wymagają gazoszczelności pomieszczeń, ale budynki muszą być odpowiednio przygotowane**, aby nie tracić ciepła. Ze względów ekonomicznych należy zrobić wszystko, aby najpierw wykorzystać wewnętrzne ciepło obiektu. W tym celu okna, drzwi, otwory wentylacyjne i inne większe otwory należy szczelnie zamknąć na 2–3 dni przed zabiegiem. W niektórych pomieszczeniach jest dostępne ciepło z konwertorów ciepła i powinno być równomiernie rozmieszczone w pomieszczeniach, które będą ogrzewane, aby wspomóc zabieg (Norstein 1996; Imholte i Imholte-Tauscher 1999).

Wysokie temperatury są też wykorzystywane do dezynsekcji urządzeń zajętych przez szkodniki, worków wielokrotnego użytku i innych opakowań za pomocą gorącej wody, albo wagonów kolejowych i innych środków transportu sprężoną i suchą parą wodną.

Niskie temperatury

Stosowanie niskich temperatur (zamrażania) produktów porażonych przez szkodniki stosuje się tylko na małą skalę, np. do ochrony obiektów muzealnych czy małych ilości cennych produktów spożywczych. Śmiertelność szkodników uzyskuje się po kilkudniowym zamrażaniu produktu do temp. –15°C lub niższej. Zamrażanie powinno być szybkie, aby zapobiec aklimatyzacji szkodników.

Poniżej temperatury 10°C rozmnażanie się większości szkodników ustaje, ale w temp. 4°C dorosłe osobniki wielu owadów mogą przeżyć nawet przez wiele miesięcy, chociaż ich stadia rozwojowe najczęściej giną. Szkodniki pochodzenia

tropikalnego, do których zaliczane są wołek ryżowy (*Sitophilus oryzae*), wołek kukurydzowy (*S. zeamais*), ukrytek mauretański (*Tenebrioides mauritanicus*) są wrażliwe na niskie temperatury, natomiast inne, pochodzenia rodzimego (rozpłaszczyki – *Cryptolestes* spp., strąkowce, rozkruszki i larwy motyli) wykazują na nią odporność. Schładzanie produktów lub pomieszczeń z produktami jest często stosowane w celu zahamowania rozmnażania się szkodników oraz w celu ich ochrony przed ponownym porażeniem, a nie jako typowy zabieg dezynsekcyjny, którego celem jest uśmiercenie szkodników.

Promieniowanie jonizujące

W celu dezynsekcji produktów rolniczych promieniowanie jonizujące może być stosowane w wysokich dawkach, powodujących natychmiastowe zabicie występujących w produkcie owadów, roztoczy i nicieni lub częściej w niskich dawkach wywołujących ich sterylność płciową.

Wysokie dawki (>2 kGy) promieniowania jonizującego są zalecane np. do dezynsekcji opakowań wielokrotnego użytku. Niskie dawki promieniowania jonizującego (do 1 kGy) są zalecane do radiacyjnej dezynsekcji płodów rolnych zaatakowanych przez różne szkodniki. Taki zabieg hamuje rozwój form młodocianych szkodników, wywołuje sterylność płciową i śmierć dojrzałych osobników w ciągu kilku tygodni. Szkodniki należące do różnych gatunków, czy nawet ras jednego gatunku, różnią się wrażliwością na promieniowanie jonizujące. Oddziaływanie promieniowania na owady i roztocze zależy też od ich wieku, płci, pokarmu, temperatury i wielu innych czynników. Im młodsze jest stadium rozwojowe szkodnika, tym wyższa jest jego wrażliwość na promieniowanie jonizujące. Otrzymanie sterylnych osobników dorosłych muchówek, chrząszczy czy roztoczy wymaga zastosowania różnych dawek promieniowania (Banks 1976; Ignatowicz 1998d).

Szkodniki należące do rzędu motyli są znacznie bardziej odporne na sterylizujące działanie promieniowania jonizującego niż chrząszcze i rozkruszki. Często dawka 1,0 kGy promieniowania gamma nie sterylizuje wszystkich samic i samców, ale znacznie obniża ich płodność. Skuteczność promieniowania gamma i szybkich elektronów w wywoływaniu sterylności szkodników jest podobna.

Promienie jonizujące musi dobrze penetrować napromieniowywany materiał. Gdy stosowane są przenikliwe promienie X lub gamma, wtedy warstwa produktów lub opakowań może być znaczna. Natomiast grubość materiałów napromieniowywanych przyśpieszonymi elektronami powinna być dostosowana do ich przenikliwości. Elektrony przyśpieszone w akceleratorach nadają się szczególnie do dezynsekcji materiałów sypkich (ziarno zbóż). Miały one zastosowanie np. w porcie Odessa do dezynsekcji importowanych zbóż przed złożeniem w silosach (Zakladnoi i wsp. 1982).

Zabieg z zastosowaniem promieniowania jonizującego w dawce do 0,5 kGy nie niszczy od razu wszystkich szkodników, ale stwarza sytuację, w której pozostające

w przechowywanym produkcie sterylne owady i roztocze „chronią" go przed ponownym zasiedleniem przez szkodniki, które po zabiegu dostają się do magazynu. Sterylne szkodniki pozostają w magazynie i kopulują z osobnikami, które nie otrzymały dawki promieniowania jonizującego powodującej ich bezpłodność, albo dostały się do przechowalni wraz z nową partią produktu. W wyniku takich kopulacji samice składają sterylne jaja, z których nie rozwijają się potomne osobniki (Ignatowicz 1998d).

Promienie ultrafioletowe (UV)

Najpopularniejszymi urządzeniami do niszczenia owadów latających są emitujące promieniowanie ultrafioletowe lampy owadobójcze, które świecąc wabią je z daleka. Lampy te są instalowane w magazynach, w zakładach przemysłowych, pomieszczeniach mieszkalnych, szpitalach i w sklepach mięsnych. Lampy owadobójcze z wkładem lepowym są z powodzeniem stosowane w zakładach przetwórstwa spożywczego, gdyż ograniczają one zagrożenie, że martwe owady trafią do przetwarzanej żywności.

W lampach owadobójczych stosowane jest promieniowanie ultrafioletowe, które wabi owady latające, a także wysokie napięcie elektryczne (4000–5000 V), które je zabija. Aby zwiększyć ich skuteczność, do lamp dodaje się trikozen, feromon płciowy much, naniesiony na pasek plastykowy albo na wkład lepowy. Obecność mieszaniny feromonów trikozenu i heneikozenu zwiększa 2,5-krotnie skuteczność lamp owadobójczych w wyłapywaniu dokuczliwych much (*Musca domestica* L.).

Ważne jest miejsce zawieszenia lampy w pomieszczeniu. Lampy owadobójcze powinny być umiejscowione na drodze przedostawania się owadów z zewnątrz do pomieszczeń i w miejscach, w których szkodniki reagować będą na światło.

Pierwszą linią obrony przed nalatującymi owadami będą otwory wejściowe. Pierwsze lampy owadobójcze z wkładem lepowym należy zawiesić w odległości 3,5–7,5 m od otworów wejściowych, nie bliżej. Jeśli owad wpadnie do pomieszczenia, jego oczy muszą się dostosować do zmiany światła i dopiero po przebyciu odległości 3–4 m jest on w stanie zareagować na świecącą lampę. Reakcja owada na promienie UV z lampy będzie wówczas bardzo silna. Szkodnik unieruchomiony na lepie lampy owadobójczej, przy otworze drzwiowym, nie będzie stanowić problemu później, np. w pomieszczeniach ze zbożem.

Lampy owadobójcze powinny być rozmieszczone przed pomieszczeniem magazynowym, ale nie na zewnątrz budynku. Gdy wymagany jest wysoki poziom higieny, wówczas lampy powinny świecić nie tylko przed pomieszczeniem produkcyjnym. Przynajmniej jedna (minimalnie jedna z wkładem lepowym) powinna być zawieszona w obszarze produkcji, aby pełniła funkcję urządzenia do monitorowania owadów latających (najlepiej w zaciemnionym miejscu, z dala od otwartych produktów). Doskonałymi miejscami do zawieszenia lamp owadobójczych

są wąskie korytarze, które zmuszają owady do reakcji na światło UV. Lampy powinny być na schodach, aby wyłapać te latające szkodniki, które mogą przedostać się na inne piętra budynku magazynowego. Bardzo skuteczne są lampy owadobójcze umieszczone w zacisznych kątach pomieszczeń, szczególnie tam, gdzie jest ciepło i większe stężenie zapachów (Ignatowicz 2008).

Nie wszystkie szkodniki magazynowe wabi światło UV, ale mklik mączy (*Ephestia kuehniella*), omacnica spichrzanka (*Plodia interpunctella*), świdrzyk cygarowiec (*Lasioderma serricorne*) i żywiak chlebowiec (*Stegobium paniceum*) są często przechwytywane przez lampy owadobójcze z siatką rażącą lub z lepem (Bruce i Lum 1979).

Ciśnienie

W zabiegach zwalczania szkodników magazynowych wykorzystywane jest też wysokie ciśnienie. Używa się ditlenku węgla (CO_2) pod ciśnieniem 20–30 barów, a więc do zabiegu wymagane są specjalne komory fumigacyjne. Zabieg jest szybki, ale droższy od fumigacji fosforowodorem, gdyż wysokie są koszty odpornych na ciśnienie komór fumigacyjnych. Z tych powodów wysokie ciśnienie stosuje się do dezynsekcji cennych produktów: zioła, przyprawy, kawa lub kakao.

Efekt owadobójczy jest oparty o nadciśnienie trwające pewien czas w kombinacji z CO_2, które kończy nagły spadek ciśnienia. W czasie spadku ciśnienia pod koniec zabiegu tkanki owadów ulegają zniszczeniu.

Fot. 11.2. Solidne komory wysokociśnieniowe do dezynsekcji produktów żywnościowych z zastosowaniem ditlenku węgla pod wysokim ciśnieniem (fot. S. Ignatowicz)

Metalowe komory, odporne na wysokie ciśnienie wraz z dodatkowym wyposażeniem są drogie, ale zabieg z wysokim ciśnieniem i z CO_2 można ukończyć już po 2–6 godzinach, w zależności od ciśnienia (20–40 barów). Komory są projektowane w różnych rozmiarach, od 20 m^3 do 60 m^3, często są budowane zgodnie z zapotrzebowaniem klienta. Ważnym składnikiem urządzenia jest osobny zbiornik z CO_2 używanym do napełniania komór (fot. 11.2). Zbiorniki te dostępne są w różnych rozmiarach i mogą zawierać nawet 100 ton czystego CO_2. Automatyczny system dozowania w kombinacji z innym wyposażeniem reguluje podawanie dwutlenku węgla do komór i jego usuwanie z komór po zabiegu. Ciśnienie jest zwiększane przez podanie CO_2 ze zbiornika w stanie płynnym do komory ciśnieniowej, gdzie ditlenek węgla zmienia stan skupienia do formy gazowej.

Zestaw wykorzystujący CO_2 pod wysokim ciśnieniem powinien zawsze składać się z dwóch komór zainstalowanych jedna obok drugiej, co pomaga zaoszczędzić znaczne ilości CO_2, zakładając, że jest używany za każdym razem. W przypadku, gdy są wykorzystywane dwie komory stojące obok siebie, jedna komora jest zawsze pod ciśnieniem (np. 30 barów), gdy druga jest wywietrzona, wyładowana i gotowa jest do ponownego załadunku. Po załadunku nowej partii towaru do tej komory, jest ona zamykana i do niej jest przekazywana połowa ilości CO_2 z komory będącej pod ciśnieniem, co oznacza, że ciśnienie 15 barów (włączając CO_2) jest w ten sposób zaoszczędzane. Reszta CO_2 jest uwalniana do atmosfery. W systemie jednokomorowym cały CO_2 jest utracony w czasie wentylacji po zabiegu. Praca komór fumigacyjnych jest w znacznym stopniu zautomatyzowana z wyjątkiem załadunku i wyładunku towaru.

W Polsce działa już kilka przemysłowych instalacji, w których do zwalczania szkodników wykorzystuje się ditlenek węgla pod wysokim ciśnieniem.

Dźwięk

Ucho ludzkie rejestruje dźwięki w zakresie od 20 Hz do 20 kHz. Szkodliwe w magazynach owady i gryzonie odbierają również dźwięki poza podanym zakresem, które można wykryć tylko specjalnymi urządzeniami (Pye 1979). Sądzono więc, że odpowiednio dobrane dźwięki zwabią szkodniki do pułapek, lub odstraszą je od źródła pokarmu, lub zakłócą ich rozwój lub system komunikowania się (Osmun 1972). Wielu badaczy i konstruktorów przystąpiło do prób użycia odstraszaczy dźwiękowych w walce ze szkodnikami. Do odstraszania gryzoni stosowane były i są różne generatory ultradźwięków, które umieszcza się w chłodniach, magazynach, pawilonach handlowych, piwnicach lub strychach. Szczególnie tam, gdzie gryzonie mogą uszkodzić przewody i sprzęt elektryczny. Typowe urządzenie odstraszające składa się z następujących zespołów:

- źródła zasilania lub zespołu przyłączeniowego do sieci elektrycznej,
- generatora ultradźwięków,

- zespołu regulacyjnego, stosowanego obecnie coraz częściej z oprogramowaniem,
- zespołu przewodów o odpowiedniej długości, dopasowanej oporności i konstrukcji chroniącej przed uszkodzeniami przez gryzonie,
- zespołu głośników generujących, w szczelnych obudowach z membranami chronionymi za pomocą odpowiednich siatek.

Popularny ultradźwiękowy odstraszacz gryzoni działa na powierzchni 100 m^2, czyli na odległość 10 m prostopadle do generatora i po 5 m w bok od miejsca jego zamocowania. Specjalnie dobrana wysoka częstotliwość, która jest emitowana przez urządzenie powoduje, że gryzonie przebywające w pomieszczeniach lub w ogrodzie są systematycznie nękane uciążliwymi sygnałami, niesłyszalnymi dla ucha ludzkiego. Sygnały te wysyłane są jako przerywane drgania ultradźwiękowe o modulowanej częstotliwości i osiągają poziom ciśnienia akustycznego w przedziale od 70 dB do 120 dB. Już przy poziomie około 70 dB gryzonie uciekają przestraszone, a poziom 110 dB jest dla nich prawdopodobnie nie do zniesienia. Odstraszacze są dla ludzi bezpieczne. Człowiek może bez wpływu dla zdrowia przebywać i pracować przez 8 godzin w odległości 2 m od takiego generatora.

Ostatnio na polskim rynku pojawiły się ultradźwiękowe odstraszacze, które, jak podaje dystrybutor, są najbardziej zaawansowanymi technologicznie urządzeniami z tej serii. Dzięki bardzo wysokiemu zakresowi częstotliwości oraz funkcjom automatycznej zmiany częstotliwości i „omiatania" terenu skutecznie działają odstraszająco na różne szkodniki: myszy, szczury, pchły, mole, ćmy, mrówki, pająki i wiele innych. Urządzenie wysyła ultradźwięki, które niesłyszalne dla człowieka, są bardzo uciążliwe i nieprzyjemne dla gryzoni i owadów. Zniechęca szkodniki do przebywania na chronionym terenie. W urządzeniu pracuje nadajnik ultradźwięków, emitujący dźwięki w zakresie 30000–65000 Hz i natężeniu dźwięku do 130 dB. Odstraszacz w wersji jednokierunkowej pokrywa swoim zasięgiem obszar 325–400 m^2, a urządzenie o kącie emisji wynoszącej 260° zabezpiecza od 370 m^2 do 470 m^2.

Opracowano i zaoferowano na rynku różne urządzenia generujące ultradźwięki z przeznaczeniem do odstraszania gryzoni od budynków, w których przechowywana jest żywność, ale wyniki niezależnych badań tych urządzeń nie potwierdziły ich skuteczności. Na przykład, dwa różne urządzenia emitujące ultradźwięki w zakresie 41–48 kHz nie wypłoszyły szczurów wędrownych z magazynu, nie zapobiegły ich wnikaniu do magazynu, a nawet nie wpływały na ich żerowanie, gdy zostały umieszczone w odległości 1,5 m od pokarmu (Kluijver 1980). Praktyczna skuteczność urządzeń emitujących ultradźwięki jest więc niewielka. Szczury i inne gryzonie szybko się przyzwyczajają do ultradźwięków i po czasie decydują się nawet na założenie gniazda (!) niedaleko od generatora.

Dźwięk wykorzystywany jest także w innych urządzeniach do odstraszania gryzoni, takich jak brzęczki, dzwonki, gwizdki, czy odtwarzacze nagranych pisków cierpiącego szczura i głosów ptaków drapieżnych. Dźwięki nadawane są przemiennie z błyskami jaskrawego światła, aby utrzymać szczury w ciągłym napięciu nerwowym. I w tym przypadku, szczury jako zwierzęta od dawna związane z człowiekiem, szybko przyzwyczajają się do tego rodzaju nowych wynalazków, a więc do emitowanych dźwięków, błysków światła i innych czynników fizycznych.

Dźwięki o niskiej częstotliwości (10–24 Hz) zmniejszają liczbę pojawiających się motyli omacnicy spichrzanki o 21–26%, ale zwiększają aktywność ich gąsienic, co może mieć korzystny wpływ na skuteczność zabiegów chemicznych zastosowanych w magazynie (Mullen 1973).

Pyły obojętne

Pyły obojętne zarejestrowane są od dawna w niektórych krajach i stosowane w ochronie ziarna zbóż i nasion motylkowych w zabiegach zapobiegawczych (profilaktycznych) i interwencyjnych. Służą nie tylko do dezynsekcji zaatakowanego materiału, lecz również do jego ochrony przed szkodnikami. Pyły odgrywają ważną rolę w integrowanej metodzie zwalczania szkodników magazynowych, gdyż utrzymują liczebność szkodników na tak niskim poziomie, że zwalczanie ich innymi metodami jest niepotrzebne. W odpowiednich warunkach szybko zabijają szkodniki, a po zastosowaniu nawet małych dawek można osiągnąć całkowitą ich śmiertelność. Pyły obojętne otrzymane z ziemi okrzemkowej (np. Dryacide) dodane do suchego ziarna zbóż zapewniają ochronę produktu przez wiele lat. Zawiesiny wodne niektórych pyłów stosuje się w profilaktycznych zabiegach opryskiwania pustych magazynów. Są szczególnie skuteczne w suchych materiałach i suchych pomieszczeniach magazynowych. W naszych przechowalniach nie znajdują jednak szerszego zastosowania, gdyż tracą owadobójcze właściwości w wilgotności względnej powietrza wyższej niż 75%.

Do najważniejszych typów pyłów obojętnych należą:

- ziemia okrzemkowa (amorficzne, uwodnione krzemiany) otrzymywana z osadów okrzemkowych. Dodawana jest do przechowywanego ziarna w dawce 1 kg/t lub nawet mniejszej,
- aerożele krzemowe. Są to bardzo lekkie, niehigroskopijne pyły o wysokiej aktywności owadobójczej. Stosowane są w dawkach niższych niż pyły otrzymywane z ziemi okrzemkowej,
- niekrzemowe pyły, np. fosforyty i fosforany. Fosforyty były od dawna stosowane w egipskich przechowalniach, a fosforan trójwapniowy skutecznie niszczy owady i rozkruszki i jest dodawany do niektórych produktów w dawce 1–3% w celu ochrony ich przed tymi szkodnikami.

11.1.2. Metody biotechniczne

W ostatnich latach coraz częściej stosuje się metody biotechniczne w formie rozmieszczonych chwytnych pułapek feromonowych do wykrywania wczesnego porażenia przechowywanych produktów, a nawet do bezpośredniego zwalczania szkodników w magazynach. Charakterystykę feromonów wydzielanych przez owady i inne bezkręgowce do środowiska przedstawiono w rozdziale 7.

W ochronie roślin stosuje się feromony w pułapkach wykonanych z mas plastycznych lub kartonu i pokrytych od środka nieschnącym lepem. W takiej pułapce umieszcza się gąbczastą masę nasyconą feromonem. Ze znacznej odległości feromony wabią szkodniki, które przyklejają się do ścianki pułapki i giną. Różne są cele i sposoby stosowania pułapek feromonowych w przechowalniach:

- wykrywanie szkodników w pomieszczeniach magazynowych i określenie ich liczebności („monitorowanie") za pomocą pojedynczych pułapek,
- masowe wyłapywanie szkodnika przez rozmieszczanie licznych pułapek w celu obniżenia liczebności populacji szkodnika („mass trapping"),
- zakłócenie komunikowania się samic z samcami (dezorientacja), co uniemożliwia łączenie się w pary („mating disruption"),
- zwalczanie szkodników nową metodą, polegająca na tym, że do pułapki wabiącej dodaje się insektycydy (np. pyretroidy, biopreparaty – *Bacillus thuringiensis*, wirusy lub zarodniki grzybów owadobójczych).

Obecnie pułapki najczęściej stosuje się do wykrywania szkodników owadzich, gdyż działają szczególnie skutecznie wtedy, gdy populacja szkodnika jest mała. Służą też do określenia miejsc występowania szkodnika i liczebności jego populacji. Na podstawie otrzymanych informacji podejmuje się decyzję o zwalczaniu chemicznym szkodników.

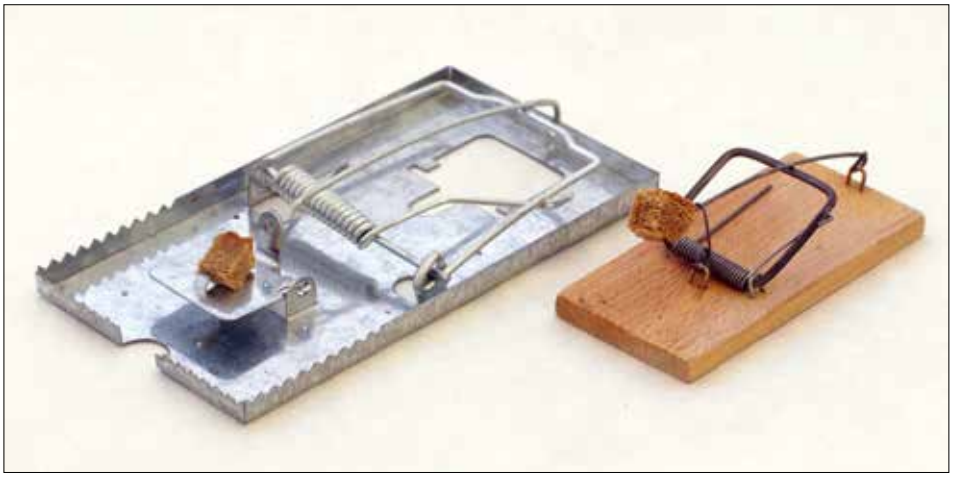
11.1.3. Mechaniczne metody zwalczania gryzoni

Urządzenia stosowane w metodzie mechanicznej cieszą się dużą popularnością wśród użytkowników, gdyż efekt ich działania jest dobrze widoczny. Najczęściej stosowane urządzenia, które mogą być zastawiane w celu schwytania lub uśmiercenia gryzoni w magazynach zbożowych to:

- pułapki zatrzaskowe: myszołapki i szczurołapki (potrzaski, gilotynki),
- chwytacze gryzoni (pułapki żywołowne),
- pułapki klejowe.

Pułapki zatrzaskowe

Myszołapki i szczurołapki (fot. 11.3) (potrzaski, gilotynki) są znane i używane od dawna, a obecnie przeżywają swoją „drugą młodość", głównie jednak



Fot. 11.3. Pułapki zatrzaskowe do odłowu szczurów (po lewej) **i** myszy (po prawej) (fot. T. Klejdysz)

w amatorskim zwalczaniu gryzoni. Ich pierwotny wzór nie zmienił się znacznie od ponad 150 lat. Jest to metalowa ramka napięta silną sprężyną. Podstawy pułapek wykonywane są zwykle z twardego drewna, a ich części stalowe powinny być galwanizowane i odporne na korozję. Dostępne są też łapki z plastykową lub metalową podstawą. Na hakach pułapek zatrzaskowych należy umieścić przynętę, np. kawałek wędliny, sera, orzech lub masło z orzechów ziemnych lub inne. Na haki części łapek można umocować materiał, który ciężarne samice myszy chętnie pobierają na gniazdo (np. zwitek waty, nici).

Pułapki zatrzaskowe są skuteczne w likwidowaniu małej populacji myszowatych w niewielkich pomieszczeniach. Zalety oraz wady tych urządzeń przedstawiono w tabeli 11.3. Lepsze wyniki uzyskuje się w niszczeniu myszy niż szczurów, gdyż szczury szybko rozpoznają zagrożenie i unikają zastawionych urządzeń.

Tabela 11.3. Zalety i wady stosowania szczurołapek i myszołapek

Zalety łapek	Wady łapek
Za pomocą łapek można szybko usunąć gryzonie z pomieszczenia	Sukces stosowania łapek zależy od zręczności, doświadczenia i determinacji stosującego tę metodę
Łapki są urządzeniami monitoringowymi. Pozwalają wykryć obecność gryzoni na samym początku i potwierdzić ich eliminację po zakończonej akcji	Zabieg wyłapywania gryzoni za pomocą łapek jest czasochłonny i pracochłonny. Muszą być często sprawdzane (najlepiej co 24 godziny)

Można i trzeba je stosować tam, gdzie używanie rodentycydów jest zakazane	Nie mogą być stosowane w pomieszczeniach, w których przebywają dzieci i zwierzęta domowe
Nie ma zagrożenia nieprzyjemnego zapachu od rozkładających się ciał gryzoni, jeśli martwe gryzonie są usuwane	Gryzonie złapane za ogon lub stopę mogą przesunąć łapkę w nieznane miejsce (trzeba je umocować)
Łapki mogą być używane wielokrotnie	Łapki które zostały zwolnione, nie są aktywne do chwili ich ponownego zastawienia

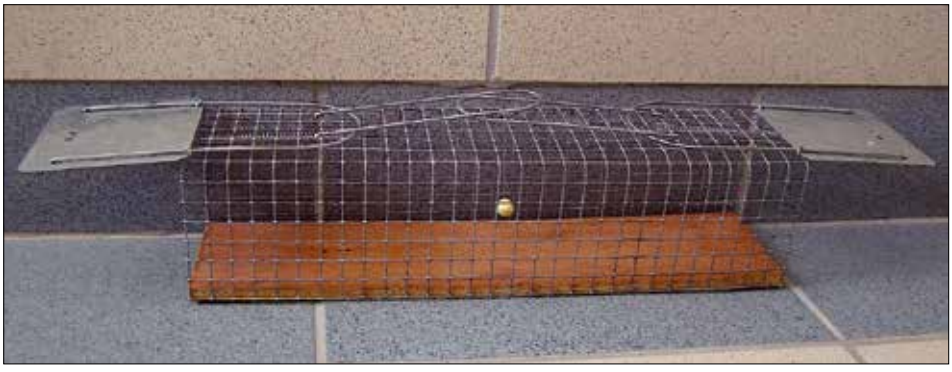
Źródło: Ignatowicz, opracowanie własne

Chwytacze gryzoni

Są bardzo bezpiecznymi urządzeniami deratyzacyjnymi. Nie umieszcza się w nich przynęt i nie posiadają mechanizmu powodującego śmierć odłowionego zwierzęcia. Chwytacze zatrzymują żywe gryzonie w pułapce. Jest to bardzo istotne w porównaniu z deratyzacją chemiczną. Przy stosowaniu rodentycydów podtrute gryzonie wyszukują kryjówek, w których giną. Niewykryte przez obsługę magazynu zawczasu są źródłem nieprzyjemnego zapachu, a także substratem, w którym mogą rozmnażać się muchy i inne szkodliwe owady.

Chwytacze na szczury (fot. 11.4) wykonane są z lakierowanego drutu miedzianego o grubości np. 1,4 mm tworzącego siatkę o oczkach 11 × 11 mm. Chwytacze mogą być jedno- i dwukomorowe, jedno- lub dwuwejściowe (przelotowe), z zapadnią albo z klapką zatrzaskową wykonaną z blachy ocynkowanej. Chwytacze na myszy, wykonane z galwanizowanej siatki stalowej o wymiarach oczek 5 × 5 mm i o grubości drutu 0,6 mm, mogą mieć też wejście od góry.

Chwytacze gryzoni mogą być stosowane z przynętą lub bez niej, jednak przynęty znacznie zwiększają ich skuteczność. Przynętą może być materiał na gniazdo



Fot. 11.4. Nastawiona pułapka żywołowna na szczura (fot. S. Ignatowicz)

Fot. 11.5. Szczur w pułapce żywołownej (fot. S. Ignatowicz)

(np. kulka z waty bawełnianej), albo ulubiony pokarm gryzoni, najlepiej inny niż znajdujący się w danym pomieszczeniu, np. w magazynie zbożowym w pułapce umieszczać należy pokarm mięsny, suszone owoce, słodycze. Tam, gdzie pokarm jest trudno dostępny, w pułapce można umieścić smugę z masła z orzeszków ziemnych albo zwitek waty z kropelką ekstraktu waniliowego. W pomieszczeniach, w których jest dużo dostępnego pożywienia, skuteczność wabiąca tych atraktantów pokarmowych jest niska.

Chwytacze i łapki są urządzeniami prostymi, tanimi i skutecznymi w wyłapywaniu gryzoni (fot. 11.5). Ponieważ nie zawierają trucizn, można je stosować w pomieszczeniach, w których użycie niebezpiecznych rodentycydów jest niewskazane lub zabronione.

Pułapki klejowe

Wykonane są ze sztywnego materiału pokrytego warstwą mocnego, nieschnącego kleju. Po dostaniu się gryzonia na powierzchnię pokrytą klejem zostaje on unieruchomiony (fot. 11.6). W handlu dostępne są pułapki klejowe na myszy i szczury. Część z nich zaopatrzona jest w substancje wabiące gryzonie, co dodatkowo podnosi ich skuteczność. Pułapki tego typu stosuje się w magazynach zbożowych w ograniczonym zakresie.

Fot. 11.6. Myszy odłowione na pułapki klejowe (fot. S. Ignatowicz)

11.1.4. Metody biologiczne

Metoda biologiczna, a więc wykorzystanie w ograniczaniu liczebności gatunków szkodliwych ich wrogów naturalnych, znajduje się obecnie w centrum zainteresowania współczesnej ochrony roślin. Szerzej o metodzie biologicznej, jej miejscu w integrowanych programach ochrony, a także ochronie entomofauny pożytecznej pisali Pruszyński (2016), Pruszyński i Pruszyński (2015) oraz Pruszyński i wsp. (2012). Na metodę tę składają się dwa obszary działań. Pierwszy to wykorzystanie i wspieranie występującego w środowisku oporu naturalnego. Natomiast drugi to wprowadzanie czynników biologicznych i biotechnicznych do zwalczania konkretnych gatunków organizmów szkodliwych. Zrozumiałym jest, że w ochronie magazynów zastosowanie znajduje jedynie drugi obszar metody biologicznej, chociaż zdarza się, że wrogowie naturalni szkodników magazynowych mogą pojawiać się niekiedy w tych obiektach spontanicznie. Szczególne znaczenie tej metody podkreśla obowiązek prowadzenia ochrony roślin zgodnie z zasadami integrowanej ochrony. Integrowana ochrona zakłada bowiem ograniczenie do minimum stosowania chemicznych środków ochrony roślin i wykorzystywanie metod niechemicznych, spośród których metoda biologiczna posiada największe znaczenie (obecnie głównie w obiektach szklarniowych) i może być stosowana, obok

metod fizycznych i zapobiegawczych, do zabezpieczania ziarna przed szkodnikami. Zainteresowanie wykorzystaniem metody biologicznej ma swoje odzwierciedlenie zarówno w intensyfikacji badań, jak i próbach praktycznego jej zastosowania. Dotyczy to również ochrony magazynowanych plonów, w których zastosowanie metody biologicznej ma swoje dodatkowe uzasadnienie. Wymienić tu należy generalne oczekiwania konsumentów na produkcję żywności pozbawionej pozostałości środków ochrony roślin (Flinn i Schöller 2012). Wykorzystanie metody biologicznej ogranicza ryzyko występowania pozostałości do minimum, względnie całkowicie je eliminuje. Szczególnie ważne jest to przy przechowywaniu produktów pochodzących z rolnictwa ekologicznego, w którym zgodnie z założeniami, nie stosuje się chemicznych środków ochrony roślin. Zastosowanie zabiegów chemicznych w produktach przechowywanych całkowicie niweczyłoby trudy prowadzenia uprawy zgodnie z zasadami rolnictwa ekologicznego. Ponadto czynnika biologicznego nie trzeba stosować na całej powierzchni, a jedynie punktowo, po czym następuje namanażanie i sukcesywne przemieszczanie w całej objętości magazynowanego ziarna. Należy również zwrócić uwagę na możliwość regulowania warunków środowiskowych w magazynie i dostosowanie ich (temperatura, wilgotność) do wymagań wprowadzonych wrogów naturalnych. Z punktu widzenia ochrony roślin, odporność szkodników na ich wrogów naturalnych rozwija się znacznie wolniej niż na insektycydy a w wielu przypadkach nigdy nie ma to miejsca. W odniesieniu do mikroorganizmów atakujących szkodniki magazynowe, mogą być one stosowane w sposób identyczny jak środki chemiczne, przy czym nie pozostawiają one pozostałości.

Wymienione pozytywne aspekty stosowania metody biologicznej w ochronie przechowywanych produktów od dawna wpływały na rozwój badań i próby zastosowania czynników biologicznych w magazynach. Należy jednak zaznaczyć, że niezwykle obiecujące wyniki uzyskiwane w warunkach laboratoryjnych nie zawsze potwierdzały się w warunkach produkcyjnych i aktualnie wykorzystanie metody biologicznej w magazynach prowadzone jest na małą skalę i nie odpowiada ani warunkom, ani możliwościom tej metody. Na taki stan miało wpływ wiele czynników. Należy podkreślić, że stosowanie metody biologicznej wymaga lepszego przygotowania zawodowego producenta oraz poświęcenia więcej czasu na kontrolę występowania gatunków szkodliwych. Bardzo ważne jest ustalenie terminu zastosowania czynnika biologicznego tak, aby była zachowana odpowiednia proporcja liczby wypuszczanych osobników do nasilenia szkodnika. Często należy brać pod uwagę nie tylko pojaw, ale i stadia rozwojowe szkodnika, ponieważ wypuszczane gatunki pożyteczne mają swoje preferencje pokarmowe i chętniej atakują wybrane stadia rozwojowe. Jest rzeczą zrozumiałą, że stosując metodę biologiczną trzeba mieć pełne rozeznanie z jakimi gatunkami szkodników mamy do czynienia i uwalniać określone

gatunki wrogów naturalnych. Z przedstawionych danych jasno wynika, że zastosowanie metody biologicznej musi być odpowiednio zaplanowane i przygotowane. Tym bardziej, że przechowywanie pasożytów czy drapieżców jest zwykle ograniczone w czasie i zbyt wczesny ich zakup może doprowadzić do ich wysokiej śmiertelności w okresie przechowywania. Natomiast zastosowanie ich zbyt późno może spowodować, że w magazynie rozwinie się zbyt duża liczba szkodników. Wprowadzanie czynnika biologicznego skutkuje wzrostem zanieczyszczeń biologicznych w przechowywanym materiale. Jakkolwiek ziarno zbóż może być doczyszczone przed przekazaniem do młynów, to jednak zwiększa to koszt przechowywania. Ponadto nie zawsze udaje się wyeliminować wszystkie zanieczyszczenia. W pełni popierając wymagania stawiane przez konsumentów dotyczące braku pozostałości chemicznych środków ochrony roślin w spożywanych produktach, trudno jednak wyobrazić sobie reakcję konsumenta na znajdowane np. w mące zanieczyszczenia resztkami owadów. W integrowanych programach ochrony pierwszeństwo mają metody niechemiczne, w tym metoda fizyczna i biologiczna. Jednak w przypadku braku skutecznej metody niechemicznej należy stosować metodę chemiczną tak, aby nie dopuścić do strat ekonomicznych.

W badaniach nad możliwością wykorzystania metody biologicznej w ochronie magazynów zbożowych uwzględniono wiele gatunków pożytecznych reprezentujących owady, roztocze, nicienie, bakterie, grzyby, wirusy i pierwotniaki, uzyskując w wielu przypadkach obiecujące wyniki. W tym opracowaniu podane są jedynie ważniejsze przykłady organizmów pożytecznych stosowanych w ochronie magazynów.

Bakterie

W roku 1911 w gąsienicach mklika mącznego (*Ephestia kühniella*) odkryto owadobójczą bakterię *Bacillus thuringiensis*. Gatunek, który obecnie znajduje najszersze zastosowanie jako środek biologiczny w zwalczaniu wielu gatunków szkodników. Biopreparaty z *B. thuringiensis* nie znalazły jednak szerszego zastosowania w ochronie produktów przechowywanych, a jedynym przykładem praktycznego wykorzystania jest preparat przeznaczony do opryskiwania powierzchni ziarna w silosach i na pryzmach zarejestrowany w USA (Nawrot 2001).

Wirusy

Wiele gatunków wirusów wykryto w szkodnikach magazynowych, z których większość atakuje motyle, a jedynie kilka poraża chrząszcze. Najczęściej poszczególne gatunki wirusów są związane z pojedynczymi gatunkami szkodników. Jednym z pierwszych przykładów jest wirus granulozy mklika daktylowca (*Cadra cautella*), który przez pewien czas był dostępny w formie preparatu zarejestrowanego np. w USA (Boczek 1978; Flinn i Schöller 2012).

Fot. 11.7. Chrząszcz zabity przez grzyba entomopatogenicznego (fot. T. Klejdysz)

Grzyby

Stwierdzono, że szkodniki magazynowe są atakowane przez entomopatogeniczne grzyby, z których najczęściej występuje gatunek *Beauveria bassiana* (fot. 11.7). Jest to powszechnie występujący gatunek, często wykorzystywany w biologicznym zwalczaniu wielu szkodników. Problemem w skutecznym stosowaniu grzybów w zwalczaniu szkodników magazynowych jest jednak konieczność zapewnienia odpowiednio wysokiej wilgotności (nawet powyżej 90%), co nie jest zgodne z wymogami przechowywania produktów (Hluchy i Samsinakova 1989).

Pierwotniaki

Wiele gatunków pierwotniaków może infekować szkodniki w magazynach. Natomiast większe znaczenie przypisuje się mikrosporidiom. Według Boczka (1978) owady zaatakowane przez pierwotniaki zmieniają swoje zachowanie, obniżona jest ich płodność i długość życia, jak również są bardziej wrażliwe na czynniki abiotyczne.

Pasożyty i drapieżcy

W tabeli 11.4 zestawiono wrogów naturalnych szkodników magazynowych z gromady owadów. Lista ta jest obszerna i wskazywać by mogła na szerokie wykorzystanie wrogów naturalnych w biologicznym zwalczaniu szkodników magazynowych.

Tabela 11.4. Wrogowie naturalni najważniejszych szkodników magazynowych z gromady owadów

Rząd	Rodzina	Gatunek wroga naturalnego	Zwalczany szkodnik magazynowy
Coleoptera	Carabidae	*Somotrichus unifasciatus* (Dej.)	pleśniakowiec lśniący
	Histeridae	*Teretrius nigrescens* (Levis)	kapturnik zbożowiec
	Tenebrionidae	*Palorus shikhae* Sarup	czarnuch ryżowiec, spichrzel surynamski, trojszyk gryzący
Diptera	Muscidae	*Helina uliginosa* Fll.	mól nasienniczek
	Rhinophoridae	*Melanophora roralis* (L.)	zadarlica śpiżarnianka
	Tachinidae	*Clausicella floridensis* (Town.)	omacnica spichrzanka
		Clausicella neomexicana (Town.)	omacnica spichrzanka
		Phytomyptera tarsali (Coq.)	zadarlica śpiżarnianka
Hemiptera	Anthocoridae	*Cardiasthetus nazarenus* Reut.	mklik mączny
		Dufouriellus ater (Duf.)	trojszyk ulec
		Nidicola marginata H. & D.	mącznik młynarek, mklik mączny, omacnica spichrzanka, skośnik zbożowiaczek, trojszyk ulec
		Orius insidiosus (Say)	mklik próchniczek
		Xylocoris cursitans (Fall.)	mklik próchniczek, omacnica spichrzanka, spichrzel surynamski, trojszyk ulec
		Xylocoris flavipes (Reut.)	kapturnik zbożowiec, mklik daktylowiec, mklik mączny, mklik próchniczek, omacnica spichrzanka, skośnik zbożowiaczek, spichrzel surynamski, czarnuch ryżowiec, trojszyk gryzący, trojszyk ulec

Tabela 11.4. (cd.)

Hemiptera	Anthocoridae	*Xylocoris galactinus* (Fieb.)	rozpłaszczyk rdzawy
		Xylocoris sordidus (Reut.)	mklik mączny, trojszyk ulec
	Reduviidae	*Amphibolus venator* Klug	czarnuch ryżowiec, mklik daktylowiec, pleśniakowiec lśniący, trojszyk gryzący, trojszyk ulec
		Peregrinator biannulipes M. & S.	kapturnik zbożowiec, mklik daktylowiec, mklik mączny, omacnica spichrzanka, pleśniakowiec lśniący, rogatek spichrzowy, spichrzel surynamski, trojszyk gryzący, trojszyk ulec, wołek kukurydzowy, wołek ryżowy, wołek zbożowy, zadarlica śpiżarnianka
	Bethylidae	*Cephalonomia meridionalis* (Ash.)	spichrzel surynamski
		Cephalonomia rhizoperthae Xu, Weng & He	kapturnik zbożowiec
		Cephalonomia tarsalis (Ash.)	spichrzel surynamski, trojszyk gryzący, wołek kukurydzowy, wołek ryżowy, wołek zbożowy
		Cephalonomia waterstoni Gah.	rozpłaszczyk rdzawy, wołek ryżowy
		Goniozus columbianus Ash.	mól ziarniak, zadarlica śpiżarnianka
		Goniozus emigratus (Roh.)	mklik próchniczek
		Goniozus gallicola (Kieff.)	mklik próchniczek
		Holepyris glabratus (Fabr.)	mklik daktylowiec, mklik mączny, mklik próchniczek, omacnica spichrzanka
		Holepyris sylvanidis (Brèth.)	rozpłaszczyk rdzawy, spichrzel surynamski, wołek ryżowy, wołek zbożowy

Tabela 11.4. (cd.)

Hymenoptera	Bethylidae	*Plastanoxus fukuokensis* Ter.	wołek ryżowy
		Plastanoxus monroi Rich.	mklik daktylowiec, omacnica spichrzanka
		Rhabdepyris rhizoperthae Men.	kapturnik zbożowiec
		Rhabdepyris zea Tur. & Wat.	trojszyk gryzący, trojszyk ulec
		Sclerodermus immigrans Brid.	rogatek spichrzowy, trojszyk gryzący
	Braconidae	*Apanteles carpatus* (Say)	zadarlica śpiżarnianka
		Apanteles nephoptericis (Pack.)	mklik mączny, omacnica spichrzanka
		Bracon mellitor Say	mklik mączny
		Bracon pectoralis (Wes.)	skośnik zbożowiaczek
		Chelonus blackburni Cam.	mklik mączny, skośnik zbożowiaczek
		Chremylus elaphus Hali.	mklik mączny, mól ziarniak, wołek ryżowy, wołek zbożowy
		Habrobracon brevicornris	mklik daktylowiec, mklik mączny, omacnica spichrzanka
		Habrobracon hebetor (Wes.)	mklik daktylowiec, mklik mączny, mklik próchniczek, omacnica spichrzanka, skośnik zbożowiaczek
		Macrocentrus ancylivorus Roh.	omacnica spichrzanka
		Phanerotoma flavitestacea Fisch.	mklik mączny
		Phanerotoma hapaliae de Saeg.	mklik mączny
		Phanerotoma ocularis Kohl	mklik mączny

Tabela 11.4. (cd.)

Hymenoptera	Chalcididae	*Psilochalcis brevialata* Gr. & John.	mklik daktylowiec, mklik próchniczek, omacnica spichrzanka
	Eupelmidae	*Eupelmus cushmani* (Craw.)	omacnica spichrzanka
		Zatropis incertus (Ash.)	wołek ryżowy
		Zatropus incertus incertus (Ash.)	wołek kukurydzowy
	Ichneumonidae	*Angitia incipiens* Wall.	mklik mączny
		Angitia kiehtani Vier.	omacnica spichrzanka
		Diadegma chrysostictos (Gmel.)	mklik mączny, mklik próchniczek, omacnica spichrzanka
		Hemiteles bipunctator (Thun.)	mól ziarniak
		Hemiteles tineae Rond.	mól ziarniak
		Hypsicera curvator (Fabr.)	mól nasienniczek, zadarlica śpiżarnianka
		Liotryphon punctulatus (Ratz.)	mklik mączny
		Mesostenus gracilis Cress.	mklik mączny, mklik próchniczek, omacnica spichrzanka
		Mesostenus longicaudis Cress.	mklik mączny
		Nemeritis caudatula Thoms.	mól ziarniak
		Syzeuctus zairensis Ben.	mklik daktylowiec
		Venturia canescens (Grav.)	mklik daktylowiec, mklik mączny, mklik próchniczek, mól nasienniczek, mól ziarniak, mącznik młynarek, omacnica spichrzanka, zadarlica śpiżarnianka

Tabela 11.4. (cd.)

Hymenoptera	Ichneumonidae	*Xenolytus bitinctus* (Gmel.)	mól nasienniczek, mól ziarniak
	Pteromalidae	*Anisopteromalus calandrae* (How.)	kapturnik zbożowiec, mklik daktylowiec, mklik mączny, mklik próchniczek, skośnik zbożowiaczek, wołek kukurydzowy, wołek ryżowy, wołek zbożowy
		*Anisopteromalus mollis*_Rusch.	rozpłaszczyk rdzawy
		Cerocephala cornigera West.	wołek ryżowy, wołek zbożowy
		Cerocephala dinoderi gah.	kapturnik zbożowiec, trojszyk ulec, wołek kukurydzowy, wołek ryżowy
		Dibrachys boarmiae (Walk.)	mól nasienniczek, skośnik zbożowiaczek
		Dibrachys cavus (Walk.)	mklik daktylowiec, mól nasienniczek, mól ziarniak, omacnica spichrzanka, wołek ryżowy, wołek zbożowy
		Dibrachys clisiocampae (Fitch)	skośnik zbożowiaczek
		Lariophagus distinguendus (For.)	kapturnik zbożowiec, wołek kukurydzowy, wołek ryżowy, wołek zbożowy
		Meraporus requisitus Tuck.	wołek zbożowy, wołek ryżowy
		Pteromalus cerealellae (Ash.)	kapturnik zbożowiec, skośnik zbożowiaczek, wołek kukurydzowy, wołek ryżowy, wołek zbożowy
		Pteromalus pyrophilus Koll.	skośnik zbożowiaczek
		Pteromalus tritici Fitch	wołek ryżowy, wołek zbożowy
		Theocolax elegans (West.)	kapturnik zbożowiec, pleśniakowiec lśniący, rozpłaszczyk rdzawy, skośnik zbożowiaczek, wołek kukurydzowy, wołek ryżowy, wołek zbożowy

Tabela 11.4. (cd.)

Hymenoptera	Pteromalidae	*Theocolax formiciformis* West.	wołek ryżowy, wołek zbożowy
	Trichogrammatidae	*Trichogramma brassicae* Bezd.	mklik daktylowiec, mklik mączny
		Trichogramma carverae Oa. & Pi.	mklik daktylowiec, mklik mączny
		Trichogramma evanescens West.	mklik daktylowiec, mklik mączny, mklik próchniczek, omacnica spichrzanka, skośnik zbożowiaczek, trojszyk gryzący
		Trichogramma minutum Ril.	mklik daktylowiec, mklik mączny, omacnica spichrzanka, skośnik zbożowiaczek
		Trichogramma parkeri Nag.	mklik daktylowiec
		Trichogramma pretiosum Ril.	mklik daktylowiec, omacnica spichrzanka
		Trichogramma turkestanica Mey.	mklik mączny, mklik próchniczek
Psocoptera	Liposcelididae	*Liposcelis bostrychophilus* Bad.	omacnica spichrzanka

Źródło: Hagstrum i wsp. (2013)

Jak zaznaczono wcześniej, stan wykorzystania w praktyce tych gatunków jest ograniczony. Składa się na to wiele przyczyn, z których jako pierwszą należy wymienić brak opracowanych metod masowej hodowli gatunków pożytecznych, które stanowiłyby podstawę ich wprowadzania do magazynów w wymaganym terminie. Należy tu rozumieć, że owady pożyteczne muszą być dostępne w każdym terminie, kiedy zaistnieje potrzeba ich uwolnienia. Wiele prac nad wrogami naturalnymi szkodników magazynowych ma charakter poznawczy, a celem badań nie jest opracowanie zaleceń praktycznych. W niektórych przypadkach wskazane jest stosowanie równolegle dwóch gatunków pożytecznych, dotyczy to np. pasożyta larw *Habrobracon hebetor* oraz pasożyta jaj z rodzaju *Trichogramma* spp. Jednoczesne zastosowanie pasożyta jaj oraz pasożyta larw znacznie zwiększa skuteczność zabiegu. W badaniach nad zwalczaniem mklika daktylowca wykazano, że liczebność szkodnika była ograniczona o 37,3%

po zastosowaniu *Trichogramma*, w 66,1% po zastosowaniu *H. hebetor* i w 84,3% po zastosowaniu obu gatunków jednocześnie (Brower i Press 1990). W zwalczaniu szkodników magazynowych w USA, a także niektórych krajach europejskich hodowane są gatunki z rodzaju *Trichogramma* i znajdują się w sprzedaży (Flinn i Schöller 2012).

Gatunki z rodzaju *Trichogramma* znalazły szerokie zastosowanie w biologicznym zwalczaniu szkodników sadów i upraw polowych. W ostatnich latach były też stosowane z dobrym skutkiem w ograniczaniu liczebności omacnicy prosowianki, najgroźniejszego szkodnika kukurydzy w Polsce (Bereś 2016). Znaczenie w ograniczaniu liczebności szkodników mają również inne błonkówki pasożytnicze. Niektóre pojawiają się w magazynach spontanicznie i często niezauważone przez osoby odpowiedzialne za zabezpieczenie magazynów, skutecznie niszczą szkodniki (fot. 11.8, 11.9).

Ważną grupę szkodników stanowią rozkruszki. W zwalczaniu tych groźnych szkodników zastosowanie może znaleźć sierposz rozkruszkowiec (*Cheyletus eruditus*) (fot. 11.10), drapieżny roztocz o wielkości około 0,6 mm. Szerokie badania nad tym gatunkiem wykonał Boczek (1961). Utrudnieniem w wykorzystaniu tego gatunku w praktycznym zwalczaniu rozkruszków są różne wymagania klimatyczne drapieżcy i ofiary. Rozkruszki mają mniejsze wymagania cieplne i lepiej rozwijają się zimą przy niższej temperaturze, natomiast jesienią i wiosną szybciej rozmnaża się sierposz. Autor podaje, że również w tym przypadku nie udało się opracować masowej hodowli tego gatunku.

Do wrogów naturalnych roztoczy, będących szkodnikami magazynowanych produktów należą też inne gatunki roztoczy, z innych rodzin niż Cheyletidae,

Fot. 11.8. *Anisopteromalus calandrae* z rodziny Pteromalidae pasożytująca m.in. w larwach wołków i kapturnika zbożowego (fot. T. Klejdysz)

Fot. 11.9. Błonkówka z rodziny Bethylidae pasożytująca w larwach chrząszczy – szkodników magazynowych (fot. T. Klejdysz)

Fot. 11.10. Sierposz rozkruszkowiec (*Cheyletus eruditus*) (fot. T. Klejdysz)

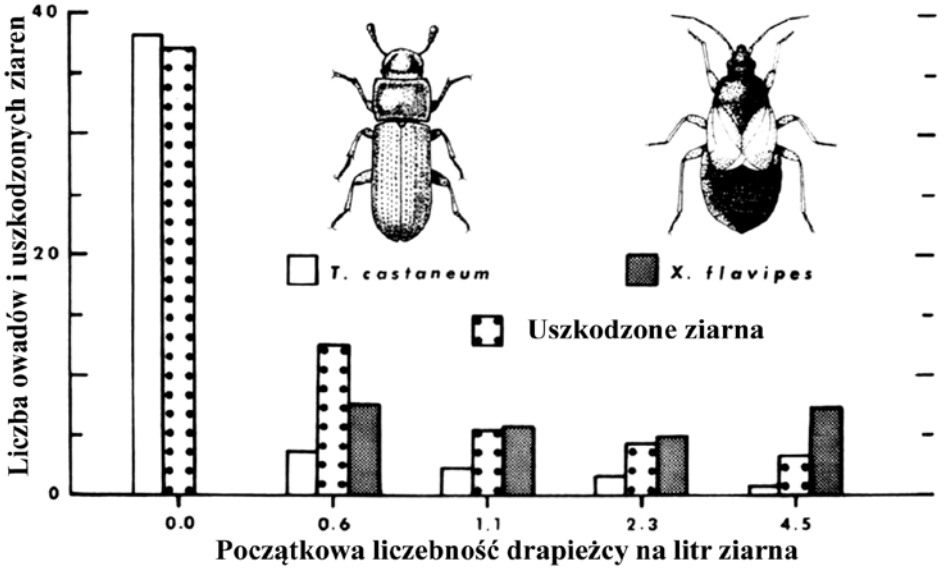
np. Pyemotidae: *Pyemotes ventricosus* (Newp.), Ascidae: *Blattisocius tarsalis* (Berl.), *B. dentriticus* (Berl.), Phytoseiidae: *Neoseiulus barkeri* Hugh. i *Amblyseius obtusus* (Koch). Dodatkowo na roztocze magazynowe polować mogą niektóre gatunki gryzków (Psocoptera) oraz drapieżne larwy z rodzaju *Trisopsis*, przedstawiciela muchówek z rodziny pryszczarkowatych (Cecidomyiidae). W ograniczaniu liczebności roztoczy magazynowych pewną rolę mogą odgrywać też grzyby: *Sporendonema sebi* Fr. i *Aspergillus restrictus* G.Sm., oraz pierwotniaki z rodzaju *Nosema* (Boczek 1966).

Przykładem potrzeby dokładnej znajomości biologii i zachowania drapieżców jest pluskwiak *Xylocoris flavipes* (Hemiptera, Anthocoridae) (fot. 11.11), który atakuje ruchome stadia wielu gatunków szkodników magazynowych, ale ogranicza się do żerowania na powierzchni ziarna a nie penetruje wnętrza (Nawrot 2001; Schöller i wsp. 2006). Jednak nawet przy niskiej liczebności potrafi istotnie ograniczyć szkody powodowane przez szkodniki magazynowe (wykres 11.1).

Należy z dużym prawdopodobieństwem zakładać, iż sukcesywnie będzie się zwiększało zastosowanie metody biologicznej w ochronie magazynów zbożowych. Za takim założeniem przemawiają rosnące wymogi jakościowe ze strony społeczeństw, nieakceptujące pozostałości chemicznych środków ochrony roślin.

Fot. 11.11. Drapieżny pluskwiak z rodzaju *Xylocoris* (fot. T. Klejdysz)

Wykres 11.1. Wpływ drapieżnika *Xylocoris flavipes* na populację trojszyka gryzącego (*Tribolium castaneum*) oraz na wielkość powodowanych przez niego szkód w magazynowanym ziarnie, po 14–15 tygodniach (Press i wsp. 1975).



Analizując tabelę 11.4 można by zakładać, że nasza wiedza o zastosowaniu metody biologicznej w magazynach jest już duża, a przynajmniej wystarczająca. Tak jednak nie jest. Istnieją duże potrzeby rozwijania badań nad przydatnością poszczególnych gatunków wrogów naturalnych w zwalczaniu określonych szkodników z uwzględnieniem warunków stosowania, terminów oraz stosunków liczebnościowych pasożyta i ofiary. Podany przykład jednoczesnego zastosowania dwóch gatunków pasożytów jest motywacją do rozszerzania badań w tym kierunku. Zastosowanie metody biologicznej będzie wymagało lepszego przygotowania zawodowego osób prowadzących magazyny. Znajomość nie tylko występujących szkodników, ale także ich liczebności, występujących stadiów rozwojowych oraz warunków panujących w pomieszczeniu, będzie podstawą skutecznego zastosowania metody biologicznej. Nie bez znaczenia będzie dostępność wrogów naturalnych w sprzedaży, do zastosowania w zalecanych terminach. Istnieje niewiele przykładów udanego opracowania masowych hodowli wrogów naturalnych. Pozytywnym przykładem jest hodowla gatunków z rodzaju *Trichogramma*. Dopracowania wymaga doczyszczanie produktów przechowywanych po zastosowaniu metody biologicznej w celu usunięcia zanieczyszczeń organicznych. Ta lista potrzeb jest stosunkowo długa, ale mając na uwadze znaczenie metody biologicznej dla obecnej i przyszłej ochrony roślin nie może ona zniechęcać do kontynuacji działań.

11.2. Chemiczne metody zwalczania owadów i roztoczy w pustych magazynach i w magazynowanym zbożu

Jeśli po wykonaniu podstawowych zabiegów higienicznych w magazynie i silosie stwierdzone zostaną pojedyncze szkodniki, np. wołki, trojszyki lub mkliki, zawsze konieczne jest zwalczanie ich metodą chemiczną. Do wyboru zarejestrowane są środki ochrony roślin o kontaktowym lub gazowym działaniu na ww. oraz inne szkodniki.

Obecnie dostępne preparaty oparte są jedynie na kilku substancjach czynnych. Ich stosowanie powinno być oparte o zapisy etykiet poszczególnych preparatów. Pamiętać jednak należy, aby zwrócić uwagę na optymalną temperaturę działania, w której dana substancja czynna działa najskuteczniej (tab. 11.5).

Tabela 11.5. Optymalna temperatura, w której działają najlepiej preparaty zawierające substancje czynne

Substancja czynna	Optymalna temperatura stosowania
cypermetryna	poniżej 20°C
deltametryna	poniżej 20°C
pirymifos metylowy	powyżej 15°C
fosforek glinu	powyżej 5°C
fosforek magnezu	powyżej 5°C

Źródło: www.minrol.gov.pl

11.2.1. Chemiczne metody zwalczania szkodników w pustych magazynach i silosach

Opryskiwanie jest zabiegiem chemicznym, który polega na pokrywaniu powierzchni cienką warstewką cieczy przy pomocy ręcznego lub spalinowego opryskiwacza plecakowego. Krople cieczy roboczej dobrze przyczepiają się i pokrywają chronioną powierzchnię, dlatego na opryskiwanie decydować się należy, jeśli wymagana jest dokładność i dłuższe działanie środka ochrony roślin.

Opryskiwanie należy przeprowadzać według szczegółowej instrukcji stosowania, podanej w etykiecie wybranego preparatu. Po zabiegu pomieszczenie powinno zostać pozostawione możliwie jak najdłużej zamknięte, co najmniej przez 4 godziny. Gdy magazyn jest silnie zaatakowany przez szkodniki, wówczas należy opryskiwać nie tylko jego sufit, ściany i podłogi, ale także zewnętrzne ściany budynku i podłoże przylegające do fundamentu budynku z zewnątrz, gdyż również

w tych miejscach mogą znajdować się szkodniki i z nich mogą przedostać się do wnętrza magazynu.

Obecnie na rynku środków ochrony roślin, zarejestrowane do zwalczania szkodników magazynowych preparaty zawierają m.in. pirymifos metylowy, jako substancję czynną. Jest on wysoce skuteczny w zwalczaniu pierwotnych (wołki, strąkowce, kapturnik zbożowiec, skórek zbożowy) i wtórnych (rozkruszki, trojszyki, spichrzel surynamski, ukrytek mauretański) szkodników przechowywanego ziarna zbóż. Preparaty z pirymifosem metylowym dostępne są w formie koncentratu do sporządzania emulsji wodnej. Charakteryzuje go dobre działanie kontaktowe, żołądkowe i gazowe na szkodniki magazynowe.

Ciecz roboczą uzyskuje się po uzupełnieniu 1 litra środka (przy założeniu zawartości pirymifosu metylowego na poziomie 50%) do 10 l wodą. Otrzymany w ten sposób roztwór preparatu wystarcza na 1000 m^2 powierzchni ścian, podłóg i sufitów. Przed przystąpieniem do dezynsekcji należy szczelnie zamknąć drzwi i okna oraz wyłączyć wentylację. Podczas wykonywania zabiegu zwrócić należy szczególną uwagę, aby nie nanieść cieczy roboczej na części maszyn, silników elektrycznych, transmisji przekładniowych, jeśli znajdują się w magazynie. Nie należy też opryskiwać powierzchni nasłonecznionych. Po zabiegu opryskiwania należy pomieszczenie pozostawić zamknięte możliwie jak najdłużej, co najmniej 4 godziny, po czym dobrze wywietrzyć. Obiekt można oddać do użytku po wyschnięciu opryskanej powierzchni i dokładnym wywietrzeniu.

Do dezynsekcji pustych pomieszczeń można też zastosować preparaty zawierające pirymifos metylowy metodą odymiania. Przed wykonaniem zabiegu koniecznie należy zamknąć wszystkie wywietrzniki i okna oraz uszczelnić pomieszczenie. Dla uzyskania najlepszej skuteczności, podłogi i przylegające do niej części ścian można opryskać wcześniej preparatem owadobójczym o działaniu kontaktowym, po czym wykonać odymianie.

Jedna świeca dymna wystarcza na pomieszczenia o kubaturze nie przekraczającej 500 m^3. Po zapaleniu świecy dym wznosi się do góry w formie kolumny, a po dotarciu do dachu lub sufitu stopniowo opada i osiada równomiernie na wszystkich powierzchniach w pomieszczeniu. W większych pomieszczeniach wymagane jest użycie więcej niż jednej świecy. Wówczas należy je równomiernie rozmieścić w pomieszczeniu tak, aby po zapaleniu dym rozchodził się po całym obiekcie. Jeżeli podłoga jest drewniana, wtedy świece należy ustawić na podkładzie zabezpieczającym (cegła, dachówka itp.). Zapalanie świec należy rozpocząć od najdalszej części obiektu, zbliżając się stopniowo do wyjścia. Świecę należy wcześniej wstrząsnąć w celu rozluźnienia zawartości, zerwać metalową folię i zapalić wystający zapalnik zapałką lub zapalniczką (nie należy wyjmować zapalnika). W razie zapalenia się, płomień należy zdmuchnąć. Zapalnik tli się około 20 sekund zanim nastąpi wydzielanie preparatu. Po zapaleniu wszystkich świec należy jak najszybciej opuścić odymiany obiekt i zamknąć go na okres 24 godzin.

Metoda odymiania pustych magazynów ma szereg zalet, wśród których najpierw należy wymienić użycie mniejszej ilości substancji owadobójczej niż przy zabiegu opryskiwania. Substancja czynna zostaje naniesiona na dosłownie wszystkie powierzchnie, penetruje każdy zakamarek, gdzie niszczy szkodniki biegające i latające, przez co zwiększa skuteczność zabiegu. Świece są proste i łatwe w użyciu, nie wymagają specjalistycznego sprzętu, a więc pozwalają na zredukowanie kosztów zabiegu. Metoda odymiania jest skuteczna w każdym pomieszczeniu zamkniętym. Odymianie nie powoduje zwiększenia wilgotności w magazynie, a tym samym nie są stwarzane korzystne warunki do rozwoju grzybów pleśniowych. Jest to szczególnie istotne w obiektach starszych, gdzie utrzymanie niskiej wilgotności jest często problematyczne.

Puste magazyny i silosy zasiedlone przez szkodniki poddaje się też gazowaniu czyli fumigacji. Stosowane są w tym celu środki ochrony roślin, które generują fosforowodór: PH_3, bardzo trujący gaz nie tylko dla szkodników, ale również dla ludzi i zwierząt. Zabiegi fumigacji należy zlecić wyspecjalizowanej firmie zwalczającej szkodniki magazynowe, której pracownicy posiadają ważne zaświadczenia ukończenia szkolenia z zakresu stosowania środków ochrony roślin metodą fumigacji.

11.2.2. Środki ochrony roślin o działaniu kontaktowym do stosowania na ziarno

Głównym źródłem i wylęgarnią szkodników zbożowych są małe magazyny gospodarskie, w których ziarno jest przechowywane przez wiele miesięcy, nie zawsze w odpowiednich warunkach. Z tych składów szkodniki są przenoszone wraz z odstawianym zbożem do dużych magazynów i elewatorów centralnego systemu dystrybucji.

Szkodniki żerujące i mnożące się w przechowywanym ziarnie oraz produktach jego przerobu, najlepiej rozwijają się w ciepłym i wilgotnym środowisku, dlatego magazyny ze zbożem trzeba utrzymywać w stanie suchym, dbając jednocześnie o odpowiednią wymianę powietrza. Wietrzenie należy przeprowadzać w dni pogodne i suche powodując przeciągi, gdyż chłodne powietrze z zewnątrz zawiera zawsze mniej pary wodnej niż będące wewnątrz składu. Wietrzyć trzeba krótko, aby temperatura w magazynie pozostała wyższa niż na zewnątrz. Jeżeli na zewnątrz jest cieplej niż w magazynie, to należy wietrzyć tylko przy niskiej wilgotności powietrza, gdyż ciepłe i wilgotne powietrze wpuszczone do chłodniejszego magazynu powoduje wilgotnienie ścian i ziarna (Olejarski 2005).

Przechowywane ziarno musi być stale suche. Najlepsza jest wilgotność poniżej 12%, nie może być wyższa niż 13,5%, jeśli ziarno ma być trwale zabezpieczone przed szkodnikami. Warunki te są jednak trudne do spełnienia w większości naszych magazynów, dlatego przechowywane zboże i produkty jego przemiału powinny być

stale kontrolowane, czy nie znajdują się w nich szkodniki. Zboże przechowywane w magazynach gospodarskich powinno być chronione przed szkodnikami, często bardzo trudnymi do wykrycia, za pomocą środków ochrony roślin. Zwalczanie szkodników w magazynach gospodarskich metodą gazowania często jest niemożliwe z powodu niskiej ich gazoszczelności i wysokich kosztów uszczelnienia.

Wykrycie nawet pojedynczych szkodników i poddanie produktu dezynsekcji za pomocą preparatu kontaktowego, może zapobiec ich masowemu rozmnożeniu, a więc i poważnym stratom.

Na rynku obecnie dostępne są nieliczne środki ochrony roślin do zastosowania bezpośrednio na ziarno, które przeznacza się do konsumpcji. Zawierają one następujące substancje czynne:

- pirymifos metylowy,
- deltametrynę,
- cypermetrynę.

Środki ochrony roślin zawierające ww. substancje czynne, mogą być stosowane:

- prewencyjnie, np. podczas wypełniania silosu zbożem, lub
- interwencyjnie, gdy w przechowywanym zbożu zostaną znalezione żywe owady.

Działają one owadobójczo nawet w dość niskiej temperaturze (od 5°C), dlatego można je stosować nawet zimą, jeśli w magazynowanym zbożu zostaną wykryte szkodniki. Wówczas należy zorganizować przesypanie ziarna z jednego silosu do drugiego (pustego), a podczas tej czynności wybrany środek nanosić automatycznym aplikatorem, zamontowanym w zamkniętej przestrzeni, bezpośrednio na ziarno podczas jego transportu przenośnikiem taśmowym. Wykonanie takiego zabiegu można zlecić wyspecjalizowanemu zakładowi usługowemu zaopatrzonemu w automatyczny aplikator, który zostanie właściwie zamontowany na przenośnikach taśmowych tak, aby nie było kontaktu cieczy użytkowej z przenośnikami. Wymóg ten uzyskuje się poprzez wybór odpowiedniego miejsca ustawienia dyszy aplikacyjnej, co też ma zapewnić wysoką skuteczność działania preparatu.

Przed przystąpieniem do zabiegu z zastosowaniem wybranego środka ochrony roślin, który jest stężoną emulsją (EC) do rozcieńczania wodą, należy sporządzić ciecz użytkową. W tym celu należy dokładnie ustalić potrzebną jej ilość.

Zalecaną dawką środka zawierającego cypermetrynę na 100 ton ziarna są 2 litry preparatu, który należy rozcieńczyć 48 litrami wody. Dodanie 48 litrów wody w formie cieczy roboczej do 100 ton ziarna podnosi jego wilgotność tylko o 0,05%, więc problemy związane ze zwiększeniem wilgotności ziarna w czasie zabiegu praktycznie nie istnieją. Dawka ta, tj. 20 ml preparatu na 1 tonę ziarna zapewnia jego ochronę powyżej roku (12–15 miesięcy), ale jeżeli przetrzymanie ziarna w silosie planowane jest przez okres krótszy, np. do 6 miesięcy, wtedy można zastosować dawkę o połowę mniejszą, czyli 10 ml preparatu na każdą tonę ziarna.

Odmierzoną ilość zakupionego środka ochrony roślin należy wlać do zbiornika opryskiwacza napełnionego częściowo wodą (z włączonym mieszadłem), po czym uzupełnić do potrzebnej ilości. Po wlaniu środka do zbiornika opryskiwacza niewyposażonego w mieszadło hydrauliczne, ciecz należy wymieszać mechanicznie. Preparat zawierający cypermetrynę łatwo rozcieńcza się w wodzie, dając jednorodną mlecznobiałą emulsję wodną, która nie rozwarstwia się.

Opryskiwać należy ziarno znajdujące się na taśmie transportującej, przestrzegając dawkowania. Górną z zalecanych dawek środka, tj. 20 ml preparatu na każdą tonę ziarna, można zastosować w przypadku większego nasilenia wystąpienia wołków, trojszyków, kapturnika zbożowca, czy spichrzela surynamskiego w ziarnie. Decydując się na zastosowanie konkretnego preparatu należy pamiętać o zachowaniu rotacji środków, czyli przemiennego stosowania środków ochrony roślin zawierających substancje czynne o innym mechanizmie działania.

Preparaty zawierające cypermetrynę oraz pirymifos metylowy zabezpieczają magazynowane ziarno przed szkodnikami na znacznie dłuższy czas niż środki ochrony roślin zawierające np. deltametrynę. Dlatego planując długookresowe magazynowanie ziarna (powyżej roku) należy rozważyć zastosowanie ich prewencyjnie lub interwencyjnie.

Środki ochrony roślin o działaniu kontaktowym są również skuteczne w zabiegach interwencyjnych. Preparaty z substancją czynną z grupy pyretroidów, podobnie jak preparaty zawierające jako substancję czynną pirymifos metylowy, szybko i skutecznie niszczą chrząszcze – szkodniki magazynowe, które żerują i rozwijają się w zbożu.

Po wykonanym zabiegu opryskiwania ziarno chronione jest przez wiele miesięcy, natomiast **okres karencji jest krótki i wynosi tylko 1 dzień**. Oznacza to, że następnego dnia po zabiegu ziarno można przekazać do sprzedaży lub przerobu. Wynika to z faktu, że tuż po zabiegu poziom pozostałości cypermetryny w zbożu jest znacznie niższy od maksymalnego poziomu, jaki jest dopuszczalny (2 ppm) w ziarnie pszenicy, żyta, jęczmienia, pszenżyta i ryżu. Co więcej, poziom pozostałości cypermetryny w ziarnie zbóż zmniejsza się w pierwszych trzech miesiącach do nieznacznej zawartości wynoszącej 1,2 ppm przy dawce 2 litrów preparatu na 100 ton ziarna, oraz 0,6 ppm przy dawce o połowę niższej.

Po zabiegu z zastosowaniem preparatu kontaktowego, magazynowane ziarno zachowuje wysoką jakość handlową, gdyż zniszczone zostają szkodniki zbożowe zanim się w nim rozmnożą, a tym samym nie wzrośnie stężenie mykotoksyn, nie ulegnie zmianie jakość białka i ziarno zachowa swoisty naturalny zapach. Stwierdzono, że profesjonalnie wykonany, zgodnie z zaleceniami, zabieg ochronny nie ma wpływu na jakość wypiekową mąki otrzymanej z ziarna opryskanego cieczą użytkową wybranego środka i zapewnia dobrą ochronę przechowywanego ziarna zbóż przed szkodnikami przez okres do 15 miesięcy (Ignatowicz 2016a).

11.2.3. Środki ochrony roślin o działaniu gazowym

Formy użytkowe fosforków metali i fosforowodór

W większości przypadków fosforowodór jest stosowany jako ciało stałe, łatwe w użyciu i znane jako fosforek metalu. Fosforek glinu i fosforek magnezu są fosforkami metali, które są powszechnie stosowane do fumigacji przechowywanego zboża i innych produktów żywnościowych oraz pustych pomieszczeń magazynowych, silosów zbożowych i paszowych. Fosforki metali reagują z parą wodną znajdującą się w otoczeniu, a produktem tej reakcji jest fosforowodór (PH_3), który jest substancją czynną. Reakcja chemiczna przebiega zgodnie ze wzorem:

Fosforek glinu $AlP + 3H_2O - Al(OH)_3 + PH_3\uparrow$
Fosforek magnezu $Mg_3P_2 + 6H_2O - 3Mg(OH)_2 + 2PH_3\uparrow$

Wydajność tych reakcji zależy od temperatury i wilgotności, stąd w warunkach chłodu i niskiej wilgotności reakcje będą spowolnione i gaz wydzielał się będzie wolniej. Fosforek glinu generuje fosforowodór zwykle wolniej (tab. 11.6), natomiast fosforek magnezu uwalnia PH_3 już po kilku minutach po umieszczeniu go w wilgotnej atmosferze. Fosforek magnezu reaguje z wilgocią w niższych temperaturach i w niższej wilgotności niż fosforek glinu, a ponadto rozkłada się całkowicie. Umożliwia to skuteczną fumigację w niższych temperaturach, w których fosforek glinu nie może być stosowany. Fosforek magnezu nadaje się dobrze do gazowania np. orzechów i tytoniu, które są przechowywane w suchych pomieszczeniach (Böye i wsp. 2006; Ignatowicz 2007a).

Tabela 11.6. Zalecany minimalny czas ekspozycji dla fosforków glinu w warunkach 60% wilgotności względnej powietrza

Temperatura	Minimalny czas ekspozycji
Poniżej 5°C	nie zaleca się zabiegu
5–10°C	14 dni
11–15°C	7 dni
16–25°C	4 dni
Powyżej 25°C	3 dni

Źródło: Detia Degesch

Charakterystyka fosforowodoru

Czysty fosforowodór jest bezbarwny, bez smaku i zapachu. Świeżo powstały z preparatów zawierających fosforki metali ma zapach czosnku lub

rozkładającej się ryby. Zapach amoniaku powstaje z określonych form użytkowych zawierających węglan amonu i służy jako czynnik ostrzegający. Fosforowodór ma małą cząsteczkę i niski punkt wrzenia. Jest tylko 1,2 razy cięższy od powietrza, więc z łatwością miesza się i nie wymaga wentylatora do wymuszonego wymieszania z powietrzem. Ponieważ ma małą cząsteczkę i jest raczej niepolarny, szybko penetruje towary i bariery, takie jak papier opakowaniowy i folie. Po zabiegu jest łatwo odwietrzany z zagazowanych produktów, nie pozostawiając praktycznie żadnych pozostałości po odwietrzaniu.

Fosforowodór może samorzutnie zapalić się w powietrzu powyżej granicy palności wynoszącej 1,8% (17 900 ppm). Do zapłonu może również dojść, gdy formy użytkowe fosforków połączą się z wodą, kwasami lub innymi związkami chemicznymi. Typowe stężenia zabiegowe gazu są znacznie niższe niż 17 800 ppm, więc fosforowodór stosowany właściwie nie powoduje zagrożenia pożarowego lub niebezpieczeństwa eksplozji. Aby zapobiec zagrożeniom, drażetki lub tabletki należy rozmieścić równomiernie.

Czas potrzebny do zniszczenia populacji szkodnika waha się od 3 do 7 dni, a nawet dłużej, w zależności od temperatury (tab. 11.6). Tak długi czas często wyklucza możliwość jego zastosowania, gdyż czas jest kosztownym składnikiem kanałów dystrybucyjnych. Z powodu szybkiego obiegu wielu produktów, fosforowodór nie może być stosowany w wielu zakładach (Böye i wsp. 2006; Ignatowicz 2007a).

Działanie na szkodniki

Fosforowodór jest bardzo trujący dla owadów, innych zwierząt i ludzi. Działa na szkodniki, owady i gryzonie, zakłócając ich funkcje oddechowe. Dokładny sposób działania tego gazu nie jest znany. Prawdopodobnie hamuje pobieranie i transfer elektronów od tlenu do struktur ciała. Z tego właśnie powodu tlen musi być obecny w atmosferze w odpowiednich ilościach, aby fosforowodór działał skutecznie, a obniżenie zawartości tlenu w atmosferze zwykle powoduje niższą śmiertelność szkodników. Ponadto stwierdzono, że fosforowodór działa na system nerwowy owadów, prowadząc do ich paraliżu. Paraliż mięśni obsługujących tchawki hamuje aktywną transpirację.

Działanie na towary i materiały

Towary gazowane fosforowodorem nie ulegają najmniejszym zmianom. Zapach, smak, wygląd, właściwości mielenia i wypiekowe traktowanego ziarna zbóż nie zmieniają się. Czysty fosforowodór w dawkach zabiegowych nie jest trujący dla roślin. Szczegółowe badania wykazały, że fosforowodór może być stosowany w zabiegach kwarantannowych do zwalczania muszek owocówek (*Drosophila* spp.) w świeżych owocach i warzywach, jak również skośnika ziemniaczaka (*Phthorimaea operculella* (Zell.)) w przechowywanych ziemniakach. Fosforowodór nie

zakłóca kiełkowania nasion i dlatego może być stosowany nawet do wielokrotnego gazowania materiału siewnego.

Fosforowodór w stężeniach wyższych niż 100 ppm i w wilgotności względnej powietrza wynoszącej 50% wykazuje właściwości korozyjne dla miedzi, brązu, stopów miedzi, szlachetnych metali, takich jak srebro i złoto (Bond 1989). Może też reagować z solami metali na filmach fotograficznych. Z tego powodu rzadko jest stosowany w budynkach, w których znajdują się przewody elektryczne, urządzenia elektryczne, wyposażenie telefoniczne, komputery i maszyny kontrolowane mikroprocesorami. Wymagane są specjalne techniki uszczelniania i ochrony przewodów elektrycznych i silników, aby nie wystąpiły uszkodzenia części miedzianych.

Fosforowodór w środowisku

Po fumigacji towary i budynki są wietrzone, a fosforowodór jest uwalniany do atmosfery, w której ulega szybkiej dyfuzji. Z powodu stale wysokiej częstotliwości reakcji z rodnikami OH^-, przemieszczenie się fosforowodoru do stratosfery nie jest możliwe. Fosforowodór jest szybko usuwany z troposfery, gdyż przemienia się w kwas fosforowodorowy, krystaliczną substancję, która wytrąca się z atmosfery i opada na ziemię, gdzie jest absorbowana (Böye i wsp. 2006; Ignatowicz 2007a).

Fosforki metali dostępne na rynku

Dostępne są następujące formy użytkowe fosforków: drażetki, tabletki, saszetki, woreczki, płytki, koce i inne. Najpowszechniej używanymi formami fosforków metali są drażetki i tabletki z dodatkiem parafiny. Dostarczane są w gazoszczelnych i szczelnie zamykanych aluminiowych butelkach lub puszkach.

Drażetki i tabletki

Drażetki ważą około 0,6 g i każda drażetka może uwolnić 0,2 g fosforowodoru. Są pakowane w szczelnie zamykanych butelkach. Tabletki są produkowane w dwóch kulistych kształtach: okrągłe lub płaskie. Tabletka waży około 3 g i uwalnia 1 g fosforowodoru. Kuliste tabletki są pakowane w szczelnie zamykanych butelkach. Płaskie tabletki są umieszczane w cylindrycznych rurkach, które pakowane są w puszkach. Drażetki i tabletki mogą być używane do gazowania następujących produktów żywnościowych i innych towarów: zboża, nasiona motylkowatych, nasiona oleistych, drewno, bambus, różne nasiona. Drażetki i tabletki są specjalnie opracowane do fumigacji zbóż w silosach, masy ziarna w magazynach płaskich i worków w stosach.

Fosforki metali są także dostępne w innych różnorodnych formach użytkowych, które w porównaniu z drażetkami i tabletkami umożliwiają szybsze zastosowanie wstępnie określonej dawki i łatwe usunięcie odgazowanego materiału. Są to fosforki metali w przepuszczających gaz woreczkach lub opakowaniach

pęcherzykowatych lub impregnowane w folii polietylenowej. Te łatwe do usunięcia opakowane formy użytkowe są szczególnie przydatne do stosowania w sypkich materiałach przetworzonych lub gotowych do użycia, takich jak: mąka, orzechy, popcorn i suszone owoce, w których pozostałości nie są dozwolone.

Woreczki, pasy, łańcuchy woreczków i koce

Woreczki zawierają 56–67% fosforku glinu zamkniętego w woreczkach Tyvek (pokrycie polietylenowe), które są przepuszczalne dla par wody i PH_3, lecz praktycznie nieprzepuszczalne dla wody w płynie. Woreczki nie powinny być otwierane przez rozerwanie w czasie fumigacji. Po wyjęciu z opakowania (folia aluminiowa), następuje opóźniony rozkład fosforku dzięki specjalnym składnikom o właściwościach opóźniających (absorbujących). Jeśli są poprawnie rozmieszczone, całkowicie odgazowane woreczki zawierają zwykle małe ilości nieprzereagowanego fosforku glinu i mogą być bezpiecznie zniszczone. Nie są uważane za niebezpieczne odpady.

Woreczki szczególnie nadają się do gazowania małych pomieszczeń i małych ilości towarów sypkich, jak np. w wagonach kolejowych. Mogą być po prostu dodane do sypkich surowców rolniczych i innych produktów w trakcie napełniania silosów. W tym przypadku woreczki są usuwane, gdy produkt jest pobierany z silosu. Woreczki łączy się z sobą i otrzymuje się następujące produkty: pasy, koce z woreczków i łańcuchy woreczków (tab. 11.7).

Tabela 11.7. Formy użytkowe preparatu generującego fosforowodór zawierającego 57% fosforku glinu jako substancji czynnej

Forma użytkowa	Masa [g]	Fosforowodór [g]	Wymiary [mm]
Woreczek	34,0	11,3	110,0 × 110,0
Pas	136,0	45,2	1,200 ×70,0
Koc z woreczków	3,4	1,133	5,900 × 220,0
Łańcuch woreczków	340,0	113,0	1,100 × 110,0

Źródło: Detia Degesch

Pas jest specjalnie zaprojektowany po to, aby mógł być umieszczony w masie produktu za pomocą oczka na linę, znajdującego się na jednym z końców pasa. Łańcuch utworzony jest z 10 połączonych ze sobą woreczków i zalecany jest do gazowania stosów i pomieszczeń.

Koc jest długim pasem zawierającym 100 woreczków. Koc łatwo jest zastosować i usunąć po fumigacji, zresztą jak i inne produkty utworzone z woreczków.

Dobrze nadaje się do fumigacji na wielką skalę, np. ładowni statków, magazynów płaskich i do zabiegów przestrzennych.

Płytki i taśmy

Fosforek magnezu jest produkowany nie tylko w formie drażetek lub tabletek, lecz także jest zamykany w płytkach i taśmach polietylenowych. Wymiary impregnowanych płytek to 28 × 17 cm. Każda płytka uwalnia 33 g fosforowodoru. Taśma utworzona jest z 20 płytek połączonych z sobą i uwalnia 660 g fosforowodoru. Każda płytka lub taśma jest zamknięta w gazoszczelnych opakowaniach foliowych. Opakowania te nie zamykają się powtórnie. Bęben zawiera 120 płytek lub 6 taśm, które mogą uwolnić 3,960 g fosforowodoru. Fosforek magnezu jest również pakowany w małe, przepuszczające gaz opakowania, które używa się do gazowania wyposażenia lub mniejszych pomieszczeń (Böye i wsp. 2006; Ignatowicz 2007a).

Podstawowe zasady stosowania fosforowodoru

Jedną z zalet fosforku glinu lub magnezu jest to, że są one stosunkowo proste do stosowania w czasie fumigacji. W pierwszej kolejności należy obliczyć objętość pomieszczenia lub tonaż produktu, który wymaga zagazowania, po czym wyłożyć odpowiednią liczbę drażetek lub tabletek. Inna metoda polega na umieszczeniu odpowiedniej liczby woreczków, pasów, koców, płytek czy taśm w gazowanym pomieszczeniu, albo przyczepieniu ich do tacy kartonowej lub pasa z cienkiej siatki metalowej, albo po prostu umieszczeniu na/w produkcie, który wymaga zagazowania. Pomieszczenia poddawane zabiegowi muszą być następnie uszczelniane i zamykane. Przykłady zalecanych dawek do częstych zabiegów są podane w tabeli 11.8. Pamiętać należy, że rekomendacje producenta mogą się zmieniać. Zawsze należy postępować zgodnie z instrukcjami podanymi w etykiecie–instrukcji stosowania preparatu.

Tabela 11.8. Zalecane dawki fosforowodoru w różnych zabiegach fumigacji

Zabieg fumigacji	Zakres dawek [g PH3]
Silos (napełniony)	11,3 g na 1 tonę
Silos (pusty)	5,0 g na 1 m^3
Zboże w płaskim magazynie i stosy worków	14,0 g na 1 tonę
Przyprawy i herbata w stosach worków	2,0 g na 1 m^3
Inne produkty w stosach worków	10,0 g na 1 tonę
Kontenery (w zależności od produktu)	9,0 g na 1 tonę lub 6,0 g na 1 m^3
Tytoń	1,0 g na 1 m^3

Źródło: Detia Degesch

Fosforek glinu nie od razu wydziela fosforowodór, z tego powodu stosowanie jego różnych form użytkowych może być prowadzone bez ochrony dróg oddechowych. Należy jednak monitorować stężenie gazu, aby potwierdzić, czy ochrona dróg oddechowych jest potrzebna. Gazowanie z zastosowaniem fosforków glinu jest długotrwałe. Zwykle okres ekspozycji wynosi 72 godziny w temp. 20°C i 45–55% wilgotności względnej powietrza. Wydzielanie gazu jest powolne i może trwać od 12 do 48 godzin, zanim wymagane stężenie fosforowodoru zostanie osiągnięte. Czas ekspozycji dla fosforku magnezu jest krótki i może wynosić tylko 60 godzin. W żadnym przypadku woda w formie płynnej nie powinna kontaktować się z fosforkiem glinu lub magnezu, gdyż może dojść do wybuchu lub pożaru.

Czas ekspozycji zależy od gatunku zwalczanego owada, temperatury, wilgotności względnej powietrza i stosowanej formy użytkowej fosforku. Im niższa temperatura, tym wolniejszy jest przebieg reakcji chemicznej generującej fosforowodór, więc wymagany jest dłuższy okres ekspozycji. W niższych temperaturach aktywność owadów (np. oddychanie) jest powolna i pobieranie gazu jest również słabsze niż w wyższych temperaturach. W każdym razie należy przestrzegać instrukcji stosowania preparatu przygotowanej przez producenta, aby zapewnić zadowalające wyniki fumigacji (Nawrot 2001; Böye i wsp. 2006; Ignatowicz 2007a).

Ozonowanie

Jest nowoczesną metodą fumigacji posiadającą szereg zalet m.in.:

- ozon uzyskiwany jest w miejscu zabiegowym z tlenu atmosferycznego przy użyciu generatorów ozonu,
- ozon szybko ulega rozkładowi, więc po zabiegu nie przedostaje się do atmosfery,
- zabieg ozonowania działa na praktycznie wszystkie gatunki szkodników magazynowych oraz mikroorganizmy powodujące szkody w magazynowanym ziarnie,
- ozon uważany jest za gaz bezpieczny i w dawkach zalecanych do stosowania w magazynach jest nieszkodliwy dla ludzi,
- jest już szeroko stosowany np. do dekontaminacji przypraw w celu zniszczenia mikroorganizmów,
- znana jest technologia budowy lub adaptacji istniejących komór, łatwa do wdrożenia.

Liczne publikacje zawierają obiecujące wyniki badań nad teoretycznym zastosowaniem ozonu do zwalczania szkodników (owadów, roztoczy, gryzoni) oraz mikroorganizmów magazynowych (Mason i wsp. 1999; Kells i wsp. 2001; Hollingsworth i Armstrong 2005). Jednak jego zastosowanie praktyczne w magazynach zbożowych jest ograniczone z uwagi na niską wydajność obecnie istniejących generatorów ozonu, niepozwalającą na otrzymanie tego gazu w wystarczającej ilości w odpowiedniej jednostce czasu i utrzymanie jego odpowiedniego stężenia, niezbędnego do zwalczenia szkodników. W przyszłości jednak, metoda ta może być

alternatywą dla fosforowodoru i innych, toksycznych substancji czynnych stosowanych obecnie w magazynach zbożowych.

11.3. Chemiczne metody zwalczania gryzoni

Obiekty magazynowe z ziarnem zbóż nęcą gryzonie z całej okolicy, a po zwabieniu dostarczają im ciepła, licznych kryjówek, pokarmu i nawet wody. W magazynie zbożowym myszy i szczury czują się jak w raju, a nam czynią znaczne szkody. Zjadają przechowywane zboża oraz zanieczyszczają je moczem i odchodami. Są ważnymi wektorami czynników chorobotwórczych – przenoszą przynajmniej 45 chorób ludzi i zwierząt domowych, m.in.: salmonellozę, trichinozę, toksoplazmozę. Uszkadzają struktury drewniane budynków magazynowych i znajdujące się w nich przewody elektryczne.

Od rolników wymaga się, aby przechowywanie zbóż odbywało się w środowisku wolnym od gryzoni i innych szkodników. Najskuteczniejszym sposobem walki z myszami i szczurami w zabudowaniach i w ich okolicy jest stosowanie **rodentycydów,** czyli środków gryzoniobójczych, umieszczanych w karmnikach deratyzacyjnych (fot. 11.1, 11.2). Metoda chemiczna tępienia gryzoni wchodzi w zakres integrowanych metod zwalczania.

Rodentycydy są często bardzo niebezpieczne dla ludzi oraz zwierząt domowych i inwentarskich, powinny być stosowane ostrożnie, zgodnie z zaleceniami podanymi w etykiecie preparatu. Podczas pracy z rodentycydami należy używać odzieży

Fot. 11.12. Jednokomorowy karmnik deratyzacyjny (fot. T. Klejdysz)

Fot. 11.1. Karmnik deratyzacyjny przy ścianie magazynu zbożowego (fot. S. Ignatowicz)

ochronnej, butów i rękawic gumowych, nie jeść, nie pić i nie palić. Po pracy należy umyć się wodą i mydłem, wypłukać usta i zmienić odzież. Opróżnione opakowania po preparatach należy składować w sposób uniemożliwiający skażenie otoczenia i następnie zwrócić do hurtowni środków chemicznych lub sklepu, w którym zostały zakupione.

11.3.1. Formy użytkowe rodentycydów

W zabiegach tępienia gryzoni stosowane są następujące formy użytkowe rodentycydów:

- gazy,
- proszki o działaniu kontaktowym,
- pianka,
- zatruta woda (trutka płynna),
- zatruty pokarm stały (np. zatrute ziarno, płatki, bloczki woskowe, granulat, pasta, krem).

Gazy (fumiganty)

Zabiegi fumigacji z zastosowaniem fosforowodoru, zwalczające szkodniki w magazynie, powodują również śmierć wszystkich znajdujących się w nim

myszy i szczurów, gdyż gryzonie są bardziej wrażliwe na działanie gazów niż owady i roztocze. Nie należy jednak planować gazowania tylko przeciw gryzoniom, gdyż taki zabieg jest za drogi i nieskuteczny w obiektach, które nie są szczelne. Toksyczne gazy mogą być stosowane tylko przez przeszkolone osoby z zachowaniem szczególnej ostrożności do gazowania nor w wilgotnej glebie lub do fumigacji produktów zasiedlonych przez myszy w gazoszczelnych komorach lub silosach.

Proszki o działaniu kontaktowym

Zawierają one wysokie stężenie substancji czynnej. Gryzonie zanieczyszczone proszkiem zlizują go podczas pielęgnacji futra i zatruwają się. Proszki nie mogą być stosowane w wielu obiektach, ponieważ są silnymi truciznami. Profesjonaliści mogą używać proszek do samodzielnego wyrabiania trutek. Można np. wymieszać proszek z ulubionym pokarmem gryzoni (płatki owsiane). Proszki o kontaktowym działaniu na gryzonie mogą stosować tylko profesjonalne firmy deratyzacyjne.

Pianki

Gryzoniobójcze pianki wtryskuje się do otworów i w wąskie przejścia uczęszczane przez gryzonie. Podobnie jak w przypadku proszków, podczas czyszczenia zabrudzonego futerka gryzonie zlizują piankę z sierści i w ten sposób substancja czynna dostaje się do ich przewodu pokarmowego i je zatruwa. Podobnie jak wyżej opisane formy użytkowe rodentycydów, pianki mogą stosować tylko profesjonalne firmy deratyzacyjne.

Trutka płynna (zatruta woda)

Trutka płynna nie jest często używana w akcjach deratyzacyjnych. Trutka płynna może być z ostrożnością stosowana w suchych pomieszczeniach (magazyny z suchymi produktami, piekarnie, magazyny zbożowe) lub w obiektach, w których woda jest trudno dostępna. Bardzo dobre wyniki uzyskuje się, gdy wraz z płynną trutką wykładaną w pojemnikach, wykładane są suche przynęty pokarmowe. Szczury piją 15–30 ml wody dziennie. Myszy nie muszą pić tak często, ale gdy płynną trutkę umieści się w miejscu ich bytowania, wtedy chętnie ją pobierają. Przy stosowaniu trutek płynnych należy starannie wybrać miejsca ustawienia poidełek i zrobić wszystko, aby zapobiec skażeniu pomieszczenia płynnym rodentycydem.

Zatruty pokarm stały

To ziarno zbóż, płatki owsiane, granulaty, pakieciki granulatu, bloczki woskowe, pasty i kremy, zawierające substancję czynną oraz przynętę pokarmową, związki mumifikujące, wosk, a także bitrex lub gormax, czyli bardzo gorzkie substancje zabezpieczające ludzi i zwierzęta domowe przed przypadkowym spożyciem trutki.

Trutki na bazie ziarna są popularne, ale ich wadą jest to, że substancja czynna zostaje naniesiona na powierzchnię ziaren i osypuje się z nich w wyniku ocierania ziarniaków o siebie. W konsekwencji, część ziaren pszenicy zatrzymuje mniejszą dawkę rodentycydu, a inne ziarna za dużą. Gryzonie potrafią wyczuć ziarno ze zwiększoną dawką substancji czynnej i mogą go unikać. Kolejną wadą trutki w formie zatrutego ziarna jest to, że może być roznoszone przez gryzonie po obiekcie i okolicy.

Trutki zbożowe są bardziej atrakcyjne dla gryzoni, jeśli do ich wyrobu przeznaczy się wysokiej jakości produkty zbożowe, np. płatki owsiane, jęczmienne czy pszenne. Nie nadają się do stosowania w miejscach wilgotnych, gdyż absorbują wilgoć. Trutki na bazie ziarna i trutki zbożowe są atrakcyjnym pokarmem dla owadów – szkodników magazynowych i nieusunięte po zakończonej deratyzacji mogą stanowić stałe źródło tych szkodników.

Granulaty są chętnie zjadane przez gryzonie, gdyż rozmiar granulek przypomina im duże nasiona lub orzechy. Są często zabierane przez szczury i myszy z tacek lub karmników i chowane w różne miejsca, co może stanowić zagrożenie dla zwierząt domowych i hodowlanych w gospodarstwie. Granulaty służą do trucia gryzoni w norach. Należy je głęboko umieszczać w korytarzach gryzoni; rzadko są wtedy wypychane na zewnątrz. Myszy są mniej wrażliwe na antykoagulanty niż szczury, dlatego granulaty z przeznaczeniem do zwalczania myszy często zawierają dwie różne substancje czynne z grupy antykoagulantów.

Zatruta przynęta może być w **pakiecikach**: małe ilości zatrutego ziarna, zatrutych płatków zbożowych lub granulatu są zamykane w woreczkach plastykowych, papierowych lub celofanowych. Opakowanie przedłuża świeżość trutki i ułatwia jej rozmieszczanie. Pakieciki mogą służyć nie tylko do zwalczania gryzoni, ale także do ich monitorowania. Na opakowaniach widoczne są uszkodzenia po gryzieniu, po których można rozpoznać szkodnika. Jednak z uszkodzonych pakiecików trutka wysypuje się na podłogę karmnika i po okolicy. Gryzonie mogą zabierać wysypane granule lub uszkodzone pakieciki z karmników, roznosić je i skażać w ten sposób chroniony obiekt. Z tego powodu granulaty luzem lub w pakiecikach nie są zalecane do stosowania poza norą gryzoni.

Bloczki woskowe ze względu na wysoką zawartość parafiny lub wosku są mniej atrakcyjne dla gryzoni niż inne zatrute przynęty, np. ziarno, płatki czy granulaty. Ich zaletą jest natomiast dłuższa trwałość w warunkach wysokiej wilgotności. Mogą być stosowane w miejscach suchych i bardzo wilgotnych, np. w kanałach do zwalczania „szczurów kanałowych". Posiadają otwór na drut, za pomocą którego przytwierdza się je w karmniku.

Pasty są bardzo atrakcyjną formą użytkową dla gryzoni. Zawierają dużo tłuszczu, są więc odporne na wilgoć. Pasty z bardzo dużą ilością substancji wysokokalorycznych są chętnie pobierane nie tylko przez gryzonie, ale również przez inne, niepożądane w magazynach zwierzęta. Z tego powodu należy je koniecznie umieszczać w karmnikach deratyzacyjnych.

11.3.2. Stosowanie rodentycydów

Od dawna stosowane są preparaty zawierające fosforek cynku, który jest nanoszony na ziarno lub płatki zbóż. Wykazuje on bardzo szybkie działanie toksyczne na gryzonie. Preparaty zawierające fosforek cynku należy stosować wtedy, gdy populacja gryzoni na terenie obiektu jest bardzo wysoka. Zalecane są do zwalczania myszy, które nigdy nie najadają się do syta w jednym miejscu i rzadko wracają do poprzedniego żerowiska. Myszy muszą pobrać pojedynczą, ale skuteczną dawkę trucizny. Przed zastosowaniem ziarna pszenicy zatrutego fosforkiem cynku należy wykładać ziarno niezatrute, aby szczury przyzwyczaić do miejsca wykładania trutki. Po 3–4 dniach należy wystawić zatrute ziarno.

Powszechnie są obecnie stosowane rodentycydy w skład których wchodzą antykoagulanty II generacji, zawierające np. brodifakum, bromadiolon, difenakum czy flokumafen. Preparaty te zawierają bardzo małe stężenia substancji czynnej, ale wywołują śmierć gryzoni po 3–7 dniach w wyniku intensywnych krwotoków wewnętrznych. Witamina K1 jest antidotum na truciznę. Ponieważ produkty zawierają bardzo mało trucizny, dlatego nie wywołują u gryzoni odruchu obawy przed trutką i nie ma potrzeby wykładania niezatrutych przynęt, zanim zastosowany zostanie rodentycyd z antykoagulantem. Świeże trutki powinny być wykładane tak długo, jak trwa żerowanie gryzoni. Najczęściej okres ten wynosi około 2 tygodni. Antykoagulanty stosuje się na początku programu zwalczania gryzoni, po zastosowaniu rodentycydów, które nie zawierają antykoagulantów, oraz w zabiegach prewencyjnych (Ignatowicz 2011).

Należy pamiętać, że gryzonie, które osiedliły się w gospodarstwie, nie przemieszczają się daleko w celu poszukiwania pokarmu, którego jest w nim pod dostatkiem. Trutki należy umieszczać więc tam, gdzie myszy lub szczury są aktywne. Gryzoniobójcze bloczki woskowe lub pastę w saszetkach należy umieszczać w norach lub przy norach, tuż przy miejscach ich regularnego żerowania, albo na drodze między gniazdem a pokarmem.

Eliminację gryzoni lub zapobieganie ich występowaniu w każdym przedsiębiorstwie osiąga się za pomocą karmników deratyzacyjnych z rodentycydem ustawionych w bariery (pierścienie):

- bariera I – wokół ogrodzenia (jeśli obiekt jest ogrodzony), biegnącą wzdłuż płotu, od wewnątrz ogrodzenia,
- bariera II – wokół zewnętrznej ściany wszystkich budynków inwentarskich,
- bariera III – wokół wewnętrznej ściany określonych pomieszczeń budynków, wokół których umieszczonych zostanie kilkanaście lub kilkadziesiąt karmników deratyzacyjnych z rodentycydami.

Karmniki deratyzacyjne chronią trutkę przed wilgocią i kurzem, dostarczają gryzoniom miejsca, gdzie w spokoju mogą pobrać zatruty pokarm oraz zabezpieczają trutkę przed dostępem dzieci i zwierząt domowych.

Karmniki deratyzacyjne do tępienia gryzoni należy ponumerować i ich rozmieszczenie należy nanieść na plan sytuacyjny gospodarstwa. Karmniki należy ustawić w odległości od 15 cm do 30 m jeden od drugiego, w zależności od analizy sytuacji deratyzacyjnej: gęściej, gdy gryzonie są liczne.

Wszystkie karmniki deratyzacyjne I i II bariery powinny być zamontowane na stałe do ściany budynku lub do podłoża, a gdy podłoże jest miękkie – do płyt chodnikowych np. o wymiarach 30 × 30 cm. Na pokrywie karmniki można oznaczyć ostrzegającym opisem: *Karmnik Deratyzacyjny. Nie Dotykać. Uwaga! Wyłożona Trutka Na Gryzonie*. W karmnikach (po zamocowaniu ich na stałe) należy umieścić na drucie od 1 do 3 bloczków woskowych lub saszetki pasty z antykoagulantem II generacji, albo w rynience po 50–70 g granulowanego rodentycydu zamkniętego w perforowanym woreczku foliowym.

Granulat luzem lub w saszetkach jest gorszą formą użytkową rodentycydu do stosowania na terenie gospodarstwa, niż bloczki woskowe i saszetki pasty, gdyż:

- gryzonie uwalniają granulat z saszetki,
- po otwarciu saszetki granulat ulega zawilgoceniu na podłodze karmnika,
- granulat może być wyniesiony przez mysz lub szczura na teren gospodarstwa, gdzie może stanowić zagrożenie dla zwierząt niedocelowych.

Jeśli mimo wszystko zdecydujemy się na rodentycyd w formie granulatu, wtedy powinniśmy używać go w woreczkach foliowych lub w saszetkach, które można przytwierdzić (zawiesić) w karmniku za pomocą np. klipsów.

Karmniki z rodentycydem pełnią podwójną funkcję: niszczą szczury oraz myszy przedostające się na teren gospodarstwa i jednocześnie będą służyć do monitorowania ich aktywności, a także do oszacowania ich liczebności na podstawie ilości pobranej trutki (szczur wędrowny zjada 28 g pokarmu dziennie, mysz – 3 g). Częstotliwość inspekcji i obsługi karmników deratyzacyjnych ustawionych na zewnątrz budynków zależy od aktywności gryzoni, pory roku i rodzaju używanych trutek.

Karmniki mogą być przeglądane co tydzień, 2 razy w miesiącu lub 1 raz w miesiącu. Po stwierdzeniu dużej aktywności gryzoni na terenie gospodarstwa (np. w okresie jesiennym i wiosennym) karmniki należy sprawdzać co 2 tygodnie, potem – co 4 tygodnie. W czasie każdego przeglądu nadgryzione przez gryzonie bloczki preparatu (lub uszkodzone przez gryzonie woreczki foliowe z granulatem) należy usunąć z karmników, a w ich miejsce umieścić świeże bloczki lub saszetki rodentycydu. W tych karmnikach, które stale nie są odwiedzane przez gryzonie, trutkę należy wymienić na nietoksyczną przynętę z atraktantem.

Zaleca się założenie i prowadzenie „Karty przeglądu karmników deratyzacyjnych", aby podczas inspekcji każdego z karmników odnotowywać w niej:

- pobieranie trutki przez gryzonie (aktywność gryzoni), podając np. w procentach lub w gramach ilość wyjedzonej trutki. Dane dotyczące aktywności gryzoni można zestawiać co kwartał lub raz na rok,

- uzupełnienie trutki w karmniku,
- zniszczenie trutki przez inne zwierzęta (np. owady, ślimaki) lub przez warunki środowiskowe, np. zawilgocenie,
- kradzieże trutki (wtedy konieczne jest plombowanie karmników deratyzacyjnych),
- zmiana rodzaju (formy użytkowej) stosowanej trutki (np. zamiana woskowych bloczków na pastę),
- stwierdzenie w karmniku deratyzacyjnym lub w jego sąsiedztwie martwych osobników (o ile takie przypadki wystąpią, wówczas należy określić gatunek gryzonia),
- ślady bytowania gryzoni w karmniku lub najbliższej jego okolicy (odchody myszy lub szczura).

Na podstawie zebranych danych o aktywności gryzoni należy podjąć dodatkowe działania mające na celu obniżenie liczebności szkodników na terenie gospodarstwa, np.

- zwiększenie lub zmniejszenie liczby karmników deratyzacyjnych w barierze I i II,
- zmiana ich usytuowania,
- zwiększenie lub zmniejszenie ilości wykładanej trutki,
- zmiany stosowanej formy użytkowej rodentycydu,
- rezygnacja ze stosowania rodentycydu na rzecz nietoksycznych przynęt.

W czasie każdego przeglądu karmników deratyzacyjnych (nie rzadziej niż raz na miesiąc!) ocenić należy stan pomieszczeń, budynków i ich otoczenia pod względem sanitarnym. Zwrócić należy uwagę na te aspekty higieny, które prowadzą do powstania problemu ze szkodnikami (Ignatowicz 2016a).

Karmniki deratyzacyjne należy czyścić podczas każdego ich przeglądu. Martwe gryzonie znalezione w czasie inspekcji należy poddać utylizacji zgodnie z obowiązującymi przepisami. Miejsce po znalezionym gryzoniu należy zdezynfekować preparatem przeznaczonym do dezynfekcji powierzchni.

Nory gryzoni, miejsca gniazdowania gryzoni i ich ścieżki, a także inne warunki sprzyjające gryzoniom i innym szkodnikom, należy na bieżąco usuwać z całego terenu obiektu. Jeśli zostanie stwierdzona duża aktywność gryzoni w barierze II, wówczas należy rozważyć możliwość zwiększenia liczby karmników deratyzacyjnych w obrębie I bariery (tj. wokół ogrodzenia), zmianę ich usytuowania lub zmianę stosowanego preparatu. Rodentycyd należy wykładać w karmnikach w takiej ilości, aby trutka nie została wyjedzona między inspekcjami.

Pamiętajmy, że gryzonie licznie występujące w obiekcie zniszczymy tylko wtedy, gdy zastosujemy kombinację różnych metod zwalczania szkodników jednocześnie na zewnątrz i wewnątrz budynków (Ignatowicz 2011).

11.4. Metody odstraszania ptaków od obiektów magazynowych

Najważniejsza metoda obniżania liczebności wróbli i gołębi wokół budynków gospodarczych polega na ograniczaniu ptakom dostępu do pokarmu i wody, na usuwaniu miejsc do odpoczynku, nocowania i gniazdowania. Zabiegi te powinny być stosowane odpowiednio długo, wówczas przyniosą oczekiwane wyniki (Palmer 1973). Obejmują one między innymi następujące zabiegi sanitarno-higieniczne (Ignatowicz 2013b):

- dokładne sprzątanie rozrzuconego ziarna zbóż i innych produktów wokół magazynów i silosów,
- przechowywanie ziarna w szczelnych magazynach, pomieszczeniach i zbiornikach,
- drenowanie okolic budynków gospodarczych, aby ograniczyć miejsca z wodą stojącą (kałuże),
- likwidowanie miejsc, w których ptaki mogą nie tylko wypoczywać, ale także zakładać gniazda,
- modyfikowanie struktur i elementów architektonicznych budynku tak, aby nie były atrakcyjne dla ptaków do siadania w celu odpoczynku, nocowania i gniazdowania. Można to osiągnąć np. przez powiększenie nachylenia występów do >45° za pomocą różnych materiałów (drewno, blacha, kamień),
- rozmieszczanie kolców (sztyft) drucianych w miejscach, gdzie siadają ptaki (Geis 1976; King 1982).

Sztyfty można wykonać samemu z ostro zakończonych kawałków drutu stalowego, które umieszcza się w podłożu tak, aby były skierowane we wszystkich kierunkach. Sztyfty można stosować na zewnątrz lub wewnątrz budynku po to, aby usunąć miejsca, w których ptaki odpoczywają, nocują i gniazdują. Zakłada się je na parapetach okien, występach, okapach, na szczycie dachu i innych miejscach, na których ptaki siadają. Po rozmieszczeniu w budynku lub na zewnątrz, sztyfty należy przeglądać co kilka miesięcy, gdyż ptaki mogą je pokryć materiałem do budowy gniazd lub odchodami.

Różne są sposoby odstraszania szkodliwych ptaków z terenu gospodarstwa lub z okolic, w których znajdują się uprawy. Stosowane są tradycyjne „strachy", detonatory (armatki) acetylenowe, a także odtwarza się z taśm magnetofonowych lub płyt CD krzyk przerażonych ptaków lub odgłosy ptaków drapieżnych. Skuteczność tych metod jest zazwyczaj krótkotrwała. Związane blisko z człowiekiem wróble i gołębie szybko przyzwyczajają się do „urządzeń odstraszających" i należy je ciągle modyfikować oraz przemieszczać, aby nadal działały. Błyski światła, barwne flagi, kolorowe balony, szmatki, błyszczące i uderzające o siebie blaszki, gumowe węże, imitacje ptaków drapieżnych wykonane z tworzywa sztucznego i inne tego rodzaju „strachy"

również działają na ptaki bardzo krótko (Dolber i wsp. 1986), a ultradźwięki nie odstraszają gołębi.

Usuwanie gniazd z jajami lub pisklętami gołębi miejskich, np. za pomocą silnego strumienia wody lub inaczej, jest nielegalną i społecznie nieakceptowaną metodą, ale skuteczną (Krakowski i Payne 1986).

Można wypróbować repelenty, czyli substancje chemiczne o działaniu odstraszającym na ptaki. Do chemicznych związków odstraszających ptaki należą np. polybuteny, które są sprzedawane w formie płynnej lub jako pasty. Nie są trujące dla ptaków. Naniesione na chronioną powierzchnię tworzą lep, którego ptaki unikają i nie siadają na miejscach nim pokrytych. Z lepu tworzy się paski o grubości 1–1,5 cm oddalone od siebie o 8–10 cm. Skuteczność lepów jest krótka w pomieszczeniach zapylonych, ale w innych miejscach odstraszają ptaki przez nawet dwa lata.

W „walce" z wróblami i gołębiami bardzo ważne jest właściwe zabezpieczanie budynków i ich pomieszczeń, czyli zadbanie o ich szczelność. Jest to chyba najbardziej skuteczny sposób pozbycia się ptaków i ich szkodliwości w pomieszczeniach, w których przechowywane są produkty żywnościowe i paszowe. Sprawdzić należy szczelność wszystkich otworów budynku. Otwory o średnicy około 2 cm należy zamknąć, aby uniemożliwić wróblom zasiedlenie pomieszczenia. Szczególnie dziury w ścianach budynku powinny zostać dokładnie uszczelnione.

Ptaki dostają się do pomieszczeń magazynowych najczęściej przez otwarte drzwi. Nieużywane drzwi należy zamykać. Zniszczone okna należy naprawić, a zbite szyby wymienić. Otwierane okna powinny być zasłonięte drucianą siatką uniemożliwiającą ptakom przedostanie się do wewnątrz budynku. Stosować należy siatki o wielkości oczek do 2 cm, najlepiej jednak mniejszych, gdyż zabezpieczać one będą również przed dostaniem się do magazynu gryzoni i większych owadów. Siatki te mogą być też wykorzystywane do zabezpieczenia otworów na dachu, lekkich ścian i okapów.

Jeśli ptaki dostaną się do pomieszczenia, wówczas należy ograniczyć im miejsca, w których odpoczywają i gniazdują, a następnie spróbować wypłoszyć na zewnątrz budynku. Jeżeli ta metoda nie poskutkuje, wówczas należy wyłapać je za pomocą pułapek (gołębie i wróble) lub delikatną siecią ornitologiczną (wróble).

W pomieszczeniu zamkniętym należy rozwiesić sieć nylonową pod sufitem, która odetnie ptakom dostęp do krokwi, drewnianych połączeń belek pod sufitem, występów i innych miejsc, chętnie przez ptaki zajmowanych. Po tym zabiegu ptaki należy wyłapać za pomocą pułapek. Stosowane są różne pułapki, większe dla gołębi, mniejsze dla wróbli.

Pułapki (klatki) do chwytania ptaków można stosować wewnątrz pomieszczeń i na zewnątrz budynków. Do tych urządzeń należy ptaki przyzwyczaić, podając im

na zewnątrz klatki atrakcyjny pokarm przez 3–4 dni, po czym pożywienie należy umieścić wewnątrz klatki. Należy następnie poczekać, aż do klatki wejdzie 4–5 gołębi. Klatkę z ptakami należy wtedy usunąć z pomieszczenia, a ptaki wywieźć na odległość większą niż 100 km, żeby nie powróciły.

Należy pamiętać, że większość ptaków występujących w Polsce podlega ochronie gatunkowej (w tym wróbel domowy oraz gołąb miejski) i jakiekolwiek zabiegi zmierzające do ich płoszenia, chwytania i przemieszczania wymagają uzyskania stosownych derogacji od zakazów uzyskanych w Regionalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska.

Zabezpieczając pomieszczenia magazynowe i zabudowania przed szkodami ze strony ptaków pamiętajmy o ich bardzo pożytecznej roli w przyrodzie. Stosujmy tylko takie metody mechaniczne, które są bezpieczne dla zdrowia i życia ptaków (Ignatowicz 1998b).

12. PROBLEM ODPORNOŚCI SZKODNIKÓW MAGAZYNOWYCH NA ŚRODKI OCHRONY ROŚLIN

Odporność szkodników (owady, roztocze, gryzonie) na substancje czynne środków ochrony roślin jest obecnie zjawiskiem powszechnym. Największe zagrożenie dla upraw polowych i zmagazynowanych zbóż stanowi zjawisko odporności owadów na insektycydy. Dotyczy ono wszystkich chemicznych i biologicznych substancji wykorzystywanych w ochronie roślin. Bardzo częstym i niebezpiecznym zjawiskiem jest występowanie odporności krzyżowej, która polega na tym, że wykształcony mechanizm lub mechanizmy odporności na jedną substancję czynną, są również odpowiedzialne za odporność na inne związki chemiczne. Efektem tego zjawiska jest obniżenie lub brak skuteczności zabiegów chemicznych, co pociąga za sobą ekonomiczne straty producentów rolnych oraz producentów środków ochrony roślin. Mechanizmy odporności szkodników mają najczęściej charakter fizjologiczny i są sterowane genetycznie, zarówno przez mutacje, jak i czynniki epigenetyczne.

Mechanizmy odporności polegają między innymi na enzymatycznym rozkładzie toksyn w reakcjach utleniania, redukcji, hydrolizy lub przenoszenia grup funkcyjnych toksyn, a także koniugacji z cukrami, aminokwasami, siarczanami i innymi związkami endogennymi organizmu owadów. W reakcjach tych insektycydy, które z reguły są związkami lipofilnymi, ulegają przekształceniu do związków hydrofilnych. Ich metabolity rozpuszczone w wodzie są następnie usuwane z organizmu. W ten sposób ilość toksyn potrzebna do zabicia owada ulega redukcji do dawki, która już nie jest dla organizmu zabójcza. W skrajnych przypadkach do miejsca działania substancji czynnej już ona nie dociera (Schoknecht i Otto 1989; Malinowski 2003). Najczęściej spotykanym mechanizmem odporności u owadów jest zwiększony metabolizm oksydacyjny przy użyciu enzymów oksydacyjnych. Charakterystyczną cechą tej grupy enzymów jest bardzo szerokie spektrum działania na wiele substancji chemicznych (Philippou i wsp. 2010). Prawdopodobnie jest to cecha ewolucyjna, wykształcona przez owady na drodze współzawodnictwa z roślinami, które z kolei produkują ogromną ilość toksyn, na przykład rotenon, nikotynę, pyretrynę, metopren, fizostygminę i inne. Związki te były prekursorami wielu grup chemicznych insektycydów. W praktyce ochrony roślin do zwalczania gatunków owadów, które wykształciły odporność opartą o metabolizm oksydacyjny wykorzystuje się substancje, których metabolity tlenowe są silniejszą toksyną niż związek macierzysty, na przykład chloropiryfos. Inną możliwością wykorzystywaną w praktyce ochrony roślin jest blokowanie

enzymów oksydacyjnych przy użyciu synergetyków niektórych insektycydów (Węgorek 2009). Kolejnym mechanizmem odporności na insektycydy jest metabolizm hydrolityczny, w którym udział biorą enzymy z grupy hydrolaz. Enzymy te – esterazy, są powodem wysokiej odporności wielu gatunków owadów, między innymi szkodnika magazynowego chrząszcza – trojszyka gryzącego (*Tribolium castaneum*). Transferazy to kolejna grupa enzymów wykorzystywana przez szkodliwe owady w procesach odporności na insektycydy. Ten mechanizm dotyczy wielu grup chemicznych insektycydów, jednak najefektywniej reaguje ze związkami fosforoorganicznymi. Również ta grupa enzymów może być blokowana przez odpowiednie synergetyki, co jest wykorzystywane w badaniach diagnostycznych w ochronie roślin (Malinowski 2003).

Inne mechanizmy odporności owadów na insektycydy polegają głównie na zmianach w budowie białek receptorowych dla insektycydów. Ponieważ większość insektycydów to neurotoksyny, zmiany dotyczą najczęściej receptorów występujących w komórkach nerwowych (kanał sodowy, chlorkowy i inne) lub budowy acetylocholinoesterazy. Zmiany tych białek spowodowane są mutacjami w genach, które je kodują, a owady które posiadają te wersje genów (allele) przeżywają zabiegi chemiczne i na drodze genetycznej przekazują te cechy potomstwu. Im większy polimorfizm danej populacji szkodnika, tym bardziej prawdopodobne jest występowanie różnych wersji genu, w tym kodującego zmienioną wersję białek i szansa na szybkie wykształcenie odporności pod wpływem presji selekcyjnej (Nauen i Denholm 2005).

Niektóre gatunki owadów wykształciły mechanizmy wspomagające wyżej wymienione oparte na metabolizmie. Jest to mechanizm zwolnionego przenikania toksyn przez okrywy ciała, a także zmiany w zachowaniu polegające na zaprzestaniu żerowania lub bezruchu.

Czynniki epigenetyczne, o których wspomniano we wstępie, prawdopodobnie odgrywają również bardzo ważną rolę w odporności niektórych gatunków owadów na insektycydy. Wpływają one nie na mutacje, lecz na program funkcjonowania genów, czyli na biochemię komórek (Spork 2011). Zjawiskiem tym można wytłumaczyć między innymi bardzo szybkie narastanie odporności owadów na insektycydy, ale również szybki powrót do wrażliwości po zaprzestaniu selekcji daną substancją czynną. Osobniki prawdopodobnie przekazują kopie swoich zmienionych programów genetycznych do następnych pokoleń tak długo, jak długo oddziaływają czynniki selekcji. Zjawisko to może skutkować odpornością na środki ochrony roślin.

Ponieważ odporność owadów na środki ochrony roślin polega na wielu mechanizmach i jest trudna do przewidzenia, jedynym środkiem zaradczym jest stosowanie się do ogólnych zasad zapobiegawczych. Należy pamiętać, że odporności, jako zjawiska naturalnego, nie można wyeliminować. Można natomiast zjawisko to ograniczać przez ograniczenie presji selekcyjnej środków ochrony roślin.

Podstawą jest monitorowanie poziomu wrażliwości agrofagów na środki ochrony roślin. W celu zmniejszenia ryzyka pojawienia się i narastania zjawiska odporności owadów, należy stosować rotację różnych substancji chemicznych, należących do różnych grup chemicznych, o różnych mechanizmach działania. Bardzo ważny jest również odpowiedni dobór substancji czynnej – należy wybierać substancje o najwyższej skuteczności w stosunku do zwalczanego agrofaga oraz wykonywać zabieg zgodnie z zaleceniami zawartymi w etykiecie środka ochrony roślin.

Podobnie jak w warunkach polowych, także w magazynach, dochodzi do zjawiska odporności agrofagów, szczególnie owadów magazynowych na stosowane środki ochrony roślin. Środowisko magazynu jest środowiskiem sztucznym, odmiennym od naturalnego i nie podlega procesom zachodzącym w środowisku naturalnym. W magazynie utrudniony jest stały monitoring zgromadzonego ziarna, dlatego wykrycie jakichkolwiek nieprawidłowości jest zwykle opóźnione w czasie. Na domiar złego, w handlu dostępnych jest niewiele, bo tylko kilka środków ochrony roślin – insektycydów i rodentycydów, które można zastosować do ochrony zmagazynowanego ziarna. Obecnie nie ma na rynku zarejestrowanych środków ochrony roślin dedykowanych do zwalczania roztoczy magazynowych w ziarnie zbóż, a tylko jeden posiada rejestrację na zwalczanie rozkruszka mącznego w pustych obiektach magazynowych.

Wśród doniesień na temat odporności szkodników magazynowych, najwięcej dotyczy owadów, a szczególnie ich odporności na fosforowodór. Gaz ten jest dość powszechnie stosowany do fumigacji ziarna, szczególnie w państwach wysoko uprzemysłowionych. Nic w tym dziwnego, ponieważ prawidłowo wykonany zabieg gazowania, z reguły pozwala na skuteczną eliminację szerokiego spektrum szkodników magazynowych. W prowadzonych w różnych państwach świata badaniach stwierdzono, że odporność na fosforowodór, w różnym stopniu wykazują: kapturnik zbożowiec (*Rhyzopertha dominica* F.), trojszyk gryzący (*Tribolium castaneum* Herbst), mklik daktylowiec (*Cadra cautella* Walk.), omacnica spichrzanka (*Plodia interpunctella* Hüb.), spichrzel surynamski (*Oryzaephilus surinamensis* L.), świdrzyk cygarowiec (*Lasioderma sericorne* F.), skórek zbożowy (*Trogoderma granarium* Ev.) i wołek kukurydzowy (*Sitophilus zeamays* Motsch.) (Zettler i wsp. 1989; Rajendran i Narasimhan 1994; Zettler i Keever 1994; Bell i Wilson 1995; Hori i Kasaishi 2005; Lorini i wsp. 2007; Pimentel i wsp. 2009). W większości przypadków do wytworzenia odporności na fosforowodór u zwalczanych owadów magazynowych przyczyniło się właśnie jego częste stosowanie w zabiegach dezynsekcyjnych (Rajendran 2001). Oprócz fosforowodoru, owady magazynowe wykształciły także odporność na insektycydy z innych grup chemicznych, m.in. na pyretroidy. Przykładem może być kapturnik zbożowiec (*R. dominica*) (Lorini i Galley 1999).

Źródła odporności mogą być różnego pochodzenia. W wyniku wieloletniego nacisku selekcyjnego, szkodniki wytwarzają różne fizjologiczne i behawioralne

mechanizmy odporności na insektycydy (Gliniewicz 1988; Malinowski 2000, 2003). Te szkodniki, które mają niski poziom respiracji, są fizjologicznie lepiej przygotowane do wytworzenia odporności, m.in. na fosforowodór (Pimentel i wsp. 2007). Odporność może być uwarunkowana genetycznie, co potwierdzają liczne badania, między innymi populacji kapturnika zbożowca (*R. dominica*), trojszyka gryzącego (*T. castaneum*) (Schlipalius i wsp. 2008; Schlipalius 2010), czy wołka ryżowego (*S. oryzae*) (Nguyen i wsp. 2015). Wpływ na to ma obecność tzw. genów odporności. Możliwość ich identyfikacji w populacji, np. na drodze diagnostyki molekularnej może być pomocna w wykrywaniu odporności, a tym samym ułatwiać zarządzanie odpornością i skuteczniejsze zwalczanie szkodników (Nguyen i wsp. 2015, Nguyen 2016).

Także w Polsce stwierdzono przypadki odporności owadów magazynowych na stosowane środki ochrony roślin. W badaniach prowadzonych w Instytucie Ochrony Roślin – Państwowym Instytucie Badawczym, w latach 2010–2012, stwierdzono przypadki odporności wołka zbożowego na deltametrynę. Nie stwierdzono przypadków pełnej odporności na pirymifos metylowy i fosforowodór wśród badanych populacji tych szkodników. W prowadzonych badaniach stwierdzono także zmniejszoną wrażliwość badanych populacji wołka zbożowego i trojszyka ulca na deltametrynę oraz pirymifos metylowy oraz kilka przypadków zmniejszonej wrażliwości chrząszczy wołka zbożowego na fosforowodór (Olejarski i Węgorek 2013).

Odpowiednia rotacja środków chemicznych stosowanych do zwalczania szkodników magazynowych, a także odpowiedni dobór grup chemicznych substancji czynnych w znacznym stopniu decyduje o powodzeniu zabiegu chemicznego zwalczania. Aktualnie dostępne w handlu środki kontaktowe zawierają tylko 3 substancje czynne: deltametrynę, alfa-cypermetrynę oraz pirymifos metylowy, należące do dwóch grup chemicznych pyretroidów i związków fosforoorganicznych. Wprawdzie do zwalczania szkodników magazynowych można zastosować kilka środków do fumigacji, ale wszystkie one generują ten sam toksyczny gaz – fosforowodór (Rejestr środków ochrony roślin 2017). Taki stan rzeczy sprzyja nasileniu zjawiska odporności. Dwie grupy chemiczne i jeden gaz znacznie ograniczają właściwą rotację środków, a tym samym zwiększa się ryzyko wystąpienia odporności, szczególnie przy częstym powtarzaniu zabiegów.

Z prowadzonych w latach 2010–2012 badań ankietowych wynika, że zwalczanie szkodników w magazynach zbożowych w Polsce prowadzono zarówno z użyciem preparatów kontaktowych, jak i gazowych, ale częściej stosowano preparaty zawierające pirymifos metylowy, rzadziej deltametrynę. Zabiegi z użyciem gazowych środków fosforowodorowych prowadzono praktycznie tylko w magazynach profesjonalnych (Olejarski i wsp. 2013). Możliwość uzyskania przez każdego zainteresowanego rolnika uprawnień do prowadzenia zabiegów metodą fumigacji (Rozporządzenie 2013c) pozwala przypuszczać, że liczba fumigacji

wykonywanych we własnym zakresie będzie wzrastać, co nie będzie gwarantowało ich poprawnego, profesjonalnego przeprowadzenia, przede wszystkim ze względu na brak specjalistycznego sprzętu, w zakup którego, ze względu na cenę, prawdopodobnie nie będą inwestować rolnicy.

Strategia zapobiegania odporności szkodników magazynowych na stosowane w magazynach zbożowych środki ochrony roślin opiera się na przestrzeganiu poniżej wymienionych zasad:

- stosowaniu tylko zarejestrowanych i dopuszczonych do użycia środków ochrony roślin zarówno w magazynach pustych, jak i zapełnionych,
- środek z substancją czynną z określonej grupy chemicznej stosować należy, o ile to możliwe, tylko jeden raz w sezonie (roku) i zgodnie z zapisami etykiety środka,
- w miarę możliwości należy prowadzić rotację środków ochrony roślin z uwzględnieniem przemiennego stosowania preparatów zawierających substancję czynną pochodzącą z różnych grup chemicznych,
- środki ochrony roślin stosować należy zgodnie z zapisami etykiety stosowania, w zalecanych dawkach i częstotliwości. Stosowanie zbyt niskich dawek może przyspieszać selekcjonowanie populacji o średnim poziomie odporności, a zbyt wysokich – o poziomie bardzo wysokim,
- zabiegi opryskiwania ziarna przeprowadzać należy tylko odpowiednim, sprawnym i wyregulowanym sprzętem. Należy pamiętać też o prawidłowym ciśnieniu i optymalnym pH cieczy roboczej oraz temperaturze w czasie wykonywania,
- w przypadku nieskuteczności zabiegu chemicznego, zabieg należy powtórzyć stosując środek zawierający substancję czynną z innej grupy chemicznej, o innym mechanizmie działania lub przeprowadzić zabieg inną metodą zwalczania (np. z grupy niechemicznych),
- należy ograniczyć lub zaprzestać stosowania środka z substancją czynną, co do której zachodzi pewność, że w zwalczanej populacji szkodników występują osobniki odporne, do momentu ponownego wystąpienia jego silnej wrażliwości,
- przed zastosowaniem w magazynach preparatów fosforowodorowych, przeprowadzić testy odporności na fosforowodór zwalczanych w obiekcie szkodników (np. Phosphine Resistance Test Kit produkcji Detia Degesh, dostępny w Polsce) – dotyczy to przede wszystkim specjalistycznych firm DDD.

13. DOKUMENTOWANIE INTEGROWANEJ OCHRONY ROŚLIN ORAZ LISTY KONTROLNE

Obowiązek prowadzenia dokumentacji dotyczącej stosowania środków ochrony roślin przez użytkowników profesjonalnych wynika z art. 67. rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1107/2009 z dnia 21 października 2009 r. dotyczącej wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin i uchylającej przepisy dyrektywy Rady 79/117/EWG i 91/414/EWG (Rozporządzenie 2009). Użytkownik profesjonalny jest zobligowany do prowadzenia i przechowywania przez 3 lata dokumentacji dotyczącej wykonanych zabiegów. Prowadzona dokumentacja musi zawierać obligatoryjnie takie elementy, jak: nazwa środka ochrony roślin, czas zastosowania i zastosowaną dawkę, obszar (lub powierzchnię, lub jednostkę masy ziarna) i uprawy (lub obiekty), na których zastosowano środek ochrony roślin. Dodatkowo ustawa o środkach ochrony roślin w art. 35. obliguje rolnika do wskazania w prowadzonej dokumentacji sposobu realizacji wymagań integrowanej ochrony roślin przez podanie co najmniej przyczyny wykonania zabiegu środkiem ochrony roślin. Stosujący środki ochrony roślin może w dokumentacji odnotowywać również inne działania i spostrzeżenia związane z prowadzoną produkcją rolniczą, np. informacje o warunkach pogodowych podczas wykonywanego zabiegu oraz godziny aplikacji. Po wykonaniu zabiegu w tabeli można podać informacje dotyczące jego skuteczności (tab. 12.1).

Prowadzona starannie dokumentacja jest cennym źródłem informacji o zużyciu środków ochrony roślin i prawidłowości ich stosowania. Ewidencja zabiegów ma także duże znaczenie w przypadku wykonywania zabiegów, w trakcie których mogło dojść do wystąpienia m.in. zatrucia osób, a w przypadku zabiegów w uprawach polowych: zatrucia pszczół czy uszkodzenia sąsiednich upraw na skutek zniesienia cieczy. Dokumentacja taka w produkcji rolniczej może być również pomocna przy wyborze roślin następczych w płodozmianie.

Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa w ramach prowadzonych kontroli stosowania środków ochrony roślin weryfikuje również u profesjonalnych użytkowników stosowanie zasad integrowanej ochrony roślin z wykorzystaniem listy kontrolnej (tab. 12.2).

Mając na uwadze specyfikę tej metodyki wiele elementów wskazanych w liście kontrolnej bezpośrednio nie odnosi się do magazynów tylko do produkcji polowej. Należy jednak pamiętać, że przechowywane w magazynach produkty musiały być uprawiane zgodnie z zasadami integrowanej ochrony roślin, a wówczas znajomość tych reguł jest niezbędna.

Tabela 12.1. Przykładowa tabela do prowadzenia dokumentacji zabiegów środkami ochrony roślin

Lp.	Termin wykonania zabiegu	Nazwa uprawianej/przechowywanej roślinyny (odmiana)	Powierzchnia uprawy/magazynu w gospodarstwie [ha]	Wielkość powierzchni/jednostka masy ziarna, na której wykonano zabieg [ha]	Numer pola/pomieszczenia	Zastosowany środek ochrony roślin				Przyczyna zastosowania środka ochrony roślin z podaniem nazwy choroby, szkodnika lub chwastu	Uwagi		
						Nazwa handlowa	Nazwa substancji czynnej	Dawka [l/ha]/[l/m]/[l/m^3]/[l/t]; [kg/ha]/[kg/m]/[kg/m^3]/[kg/t] lub stężenie [%]			Faza rozwojowa uprawianej rośliny	Warunki pogodowe podczas zabiegu	Skuteczność zabiegu
1.													
2.													
3.													

Źródło: Bereś i Mrówczyński 2013

Tabela 12.2. Lista kontrolna stosowania zasad integrowanej ochrony roślin

I. Działania w celu zapobiegania lub ograniczenia występowania organizmów szkodliwych	**Tak/Nie**	**Nie dotyczy**	**Uwagi**
Płodozmian, termin siewu lub sadzenia	❑/❑	❑	
Agrotechnika uprawy	❑/❑	❑	
Stosowanie odmian odpornych/ tolerancyjnych oraz materiału siewnego wytworzonego i poddanego ocenie zgodnie z przepisami o nasiennictwie	❑/❑	❑	
Biologiczne i mechaniczne zwalczanie organizmów szkodliwych	❑/❑	❑	
Zrównoważone nawożenie, nawadnianie i wapnowanie	❑/❑	❑	
Stosowanie środków higieny (np. czyszczenie i dezynfekcja maszyn, sprzętu, powierzchni magazynowych, monitorowanie stanu ziemiopłodów przed ich zmagazynowaniem itp.)	❑/❑	❑	
Inne, wskazać jakie	❑/❑	❑	
II. Korzystanie z narzędzi wspomagających podejmowanie decyzji o zwalczaniu organizmów szkodliwych			
Monitorowanie organizmów szkodliwych	❑/❑	❑	
Progi ekonomicznej szkodliwości	❑/❑	❑	
Opracowania naukowe, dane meteorologiczne	❑/❑	❑	
Korzystanie z usług doradczych w integrowanej ochronie roślin	❑/❑	❑	
III. Podejmowanie działań w celu minimalizowania zagrożeń związanych ze stosowaniem środków ochrony roślin			
Stosowanie selektywnych środków ochrony roślin	❑/❑	❑	
Ograniczenie liczby zabiegów	❑/❑	❑	
Redukowanie dawek	❑/❑	❑	
Przemienne stosowanie środków ochrony roślin	❑/❑	❑	
Czy w ocenie profesjonalnego użytkownika stosowane działania i metody integrowanej ochrony roślin są efektywne?	❑/❑	❑	

Źródło: PIORIN

Stosowanie środków ochrony roślin z uwzględnieniem realizacji zasad integrowanej ochrony roślin wiąże się wypełnieniem podstawowych wymogów prawnych dotyczących posiadanej dokumentacji, środków ochrony roślin oraz prawidłowości wykonywania zabiegów chemicznej ochrony roślin. Poniżej zamieszczone punkty umożliwią osobie stosującej środki ochrony roślin zweryfikowanie spełnienia tych wymogów.

Obligatoryjne punkty kontrolne:

- posiadanie, przez osobę stosującą środki ochrony roślin, aktualnego, na czas wykonywania zabiegów, zaświadczenia o ukończeniu szkolenia w zakresie stosowania środków ochrony roślin (przy fumigowaniu w zakresie stosowania środków ochrony roślin metodą fumigacji) lub doradztwa dotyczącego środków ochrony roślin, lub integrowanej produkcji roślin, lub innego dokumentu potwierdzającego uprawnienia do stosowania środków ochrony roślin (lub uprawnień wynikających ze zwolnień w ramach ustawy o środkach ochrony roślin);
- posiadanie dowodów zakupu fabrycznie nowego sprzętu albo aktualnego protokołu badania technicznego potwierdzającego sprawność techniczną sprzętu przeznaczonego do stosowania środków ochrony roślin oraz oznaczenia znakiem kontrolnym lub posługiwanie się sprzętem wyłączonym z obowiązku badań;
- posiadanie i prawidłowe prowadzenie dokumentacji dotyczącej stosowanych środków ochrony roślin;
- stosowanie środków ochrony roślin zgodnie z etykietą;
- stosowanie środków ochrony roślin z uwzględnieniem zasad integrowanej ochrony roślin;
- przechowywanie środków ochrony roślin wyłącznie w oryginalnych opakowaniach;
- przechowywanie środków ochrony roślin w miejscach do tego przeznaczonych, zgodnie z wymaganiami prawa;
- używanie wyłącznie środków ochrony roślin wpisanych do rejestru środków dopuszczonych do obrotu zezwoleniem/pozwoleniem ministra właściwego do spraw rolnictwa;
- używanie nieprzeterminowanych środków ochrony roślin;
- prawidłowe postępowanie z opakowaniami jednostkowymi po środkach ochrony roślin;
- przestrzeganie okresów, po zastosowaniu środka ochrony roślin, w którym ludzie oraz zwierzęta gospodarskie nie powinny przebywać na obszarze objętym zabiegami.

14. PODSUMOWANIE GŁÓWNYCH ZASAD INTEGROWANEJ OCHRONY MAGAZYNÓW ZBOŻOWYCH PRZED SZKODNIKAMI

Integrowana ochrona magazynów zbożowych przed szkodnikami nie jest prostym zadaniem i wymaga dużej wiedzy i zaangażowania osób za nią odpowiedzialnych. Niniejsze opracowanie zawiera ogólne zasady i podstawowe metody bezpiecznego przechowywania ziarna zbóż. Prawdziwą skarbnicą wiedzy z szeroko pojętej ochrony magazynów zbożowych jest szczegółowa wiedza zawarta w publikacjach wymienionych w rozdziale „Literatura". Główne zasady integrowanej ochrony magazynów zbożowych streścić można do następujących punktów:

- ziarno należy składować tylko w obiektach do tego przeznaczonych (magazyny silosowe, komorowe itp.) i przystosowanych (szczelne, doczyszczone, wyposażone w urządzenia/czujniki monitorujące wilgotność i temperaturę składowanego ziarna itp.), których konstrukcja i wyposażenie jest zgodne z odpowednimi przepisami prawa;
- przed zmagazynowaniem ziarna, pomieszczenie w którym będzie się znajdować należy dokładnie oczyścić, sprawdzić i wyregulować sprzęt oraz urządzenia magazynowe (system transportowy, urządzenia czyszczące, wentylatory, urządzenia grzewcze/chłodzące, czujniki warunków itp.). W przypadku obecności żywych szkodników magazynowych przeprowadzić zabieg zwalczania. W pierwszej kolejności należy rozważyć wykorzystanie metod niechemicznych, następnie tych z użyciem środków ochrony roślin;
- składować tylko zdrowe, doczyszczone i dosuszone ziarno;
- po zmagazynowaniu ziarna należy prowadzić zabiegi tzw. pielęgnacji pożniwnej (intensywne przewietrzanie, chłodzenie itp.);
- ziarno magazynować należy w niskiej temperaturze i przy niskiej wilgotności względnej powietrza, okresowo wentylować, w razie potrzeby chłodzić i/lub dosuszać;
- monitorować obecność szkodników magazynowych za pomocą pułapek i detektorów, np. chwytnych, lepowych, feromonowych, pokarmowych, mechanicznych;
- kontrolować przyjmowane do magazynu transporty ziarna na obecność szkodników magazynowych, także pochodzące od dostawców zewnętrznych, w tym szczególnie dokładnie z importu (ryzyko przedostania się populacji odpornej);

- w przypadku braku lub słabej znajomości zagadnień związanych ze szkodnikami magazynowymi i zasad właściwego wykonywania zabiegów chemicznego zwalczania, wykonanie zabiegu dezynsekcji zlecić wykwalifikowanej firmie DDD (Dezynfekcja, Dezynsekcja, Deratyzacja);
- zabiegi zwalczania szkodników magazynowych środkami ochrony roślin wykonywać tylko w obiektach magazynowych;
- stosować tylko zarejestrowane i dopuszczone do użycia środki ochrony roślin zarówno w magazynach pustych, jak i zapełnionych;
- środek z substancją czynną z określonej grupy chemicznej stosować, o ile to możliwe, tylko jeden raz w sezonie (roku) i zgodnie z zapisami etykiety środka;
- w miarę możliwości prowadzić rotację środków ochrony roślin z uwzględnieniem przemiennego stosowania preparatów zawierających substancję czynną pochodzącą z różnych grup chemicznych;
- opryskiwanie ziarna środkami kontaktowymi wykonywać tylko w trakcie jego przemieszczania w systemie transportowym. Niedopuszczalne jest opryskiwanie środkami ochrony roślin powierzchni pryzm;
- stosować i dobierać środki ochrony roślin w zależności od stwierdzonych gatunków szkodników. W przypadku szkodników rozwijających się wewnątrz ziarniaków (wołki, kapturnik zbożowiec, skośnik zbożowiaczek) wykonać gazowanie (fumigację), a w przypadku pozostałych szkodników, których cały cykl rozwojowy odbywa się w wolnych przestrzeniach miedzyziarnowych, stosować środki kontaktowe lub gazowanie;
- środki ochrony roślin stosować zgodnie z zapisami etykiety stosowania, w zalecanych dawkach i częstotliwości. Stosowanie zbyt niskich dawek może przyspieszać selekcjonowanie populacji o średnim poziomie odporności, a zbyt wysokich – o poziomie bardzo wysokim;
- zabiegi opryskiwania ziarna przeprowadzać tylko odpowiednim, sprawnym i wyregulowanym sprzętem. Należy pamiętać o prawidłowym ciśnieniu i optymalnym pH cieczy roboczej oraz temperaturze w czasie wykonywania;
- w przypadku nieskuteczności zabiegu chemicznego, powtórzyć zabieg, stosując środek zawierający substancję czynną z innej grupy chemicznej, o innym mechanizmie działania lub przeprowadzić zabieg inną metodą zwalczania (np. z grupy niechemicznych);
- prowadzić rejestr gatunków szkodników stwierdzanych w pustym magazynie i składowanym ziarnie oraz wszystkich zabiegów chemicznego zwalczania z uwzględnieniem zastosowanych środków. Informacje takie są podstawą do właściwego planowania kolejnych zabiegów zwalczania. Zapisy w rejestrze należy udostępniać do wglądu, przy zlecaniu zabiegów wykwalifikowanej firmie DDD;
- ograniczyć lub zaprzestać stosowania środka z substancją czynną, co do której zachodzi pewność, że w zwalczanej populacji szkodników występują osobniki odporne, do momentu ponownego wystąpienia jego silnej wrażliwości;

- w przypadku gazowania i stosowania w magazynie preparatów fosforowodorowych, skrócić czas zabiegu środkami technicznymi, np. przez zastosowanie recyrkulacji gazu (J-system) oraz Speedboxów – dotyczy to przede wszystkim wykwalifikowanych firm DDD dysponujących takim sprzętem;
- przed zastosowaniem w magazynach preparatów fosforowodorowych, przeprowadzić testy odporności na fosforowodór zwalczanych w obiekcie szkodników (np. Phosphine Resistance Test Kit produkcji Detia Degesh, dostępny w Polsce) – dotyczy to przede wszystkim wykwalifikowanych firm DDD;
- zabiegów gazowania (fumigacji) preparatami fosforowodorowymi nie wykonywać przy temperaturze ziarna poniżej +5°C.

15. LITERATURA

Arbogast R.T., Kendra P., Mankin R.W., McGovern J.E. 2000. Monitoring insect pests in retail stores by trapping and spatial analysis. Journal of Economic Entomology 93 (5): 1531–1542.

ARR 2013. Rynek zbóż w Polsce. Agencja Rynku Rolnego, Warszawa, 24 ss. ISBN 978-83-64002-24-3.

Ashworth J.R. 1993. The biology of *Ephestia elutella*. Journal of Stored Products Research 29: 199–205.

Aydin G., Ozcelik N., Cicek E., Soyoz M. 2003. Histopathologic changes in liver and renal tissues induced by ochratoxin A and melatonin in rats. Human and Experimental Toxicology 22: 383–391.

Banks H.J. 1976. Physical control of insects – recent developments. Journal of the Australian Entomological Society 15 (1): 89–100.

Barrer P.M. 1976. The influence of delayed mating on the reproduction of *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Phycitidae). Journal of Stored Products Research 12:165–169.

Battilani P., Pietri A. 2002. Ochratoxin A in grapes and wine. European Journal of Plant Pathology 108: 639–643.

Bell C.H. 1975. Effects of temperature and humidity on development of four pyralid moth pests of stored products. Journal of Stored Products Research 11: 167–175.

Bell C.H., Wilson S.M. 1995. Phosphine tolerance and resistance in *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae). Journal of Stored Products Research 31 (3): 199–205.

Bereś P.K. 2016. Omacnica prosowianka bez tajemnic. Kompendium wiedzy. Hortpress, 127 ss.

Bereś P.K., Mrówczyński M. (red.). 2013. Metodyka integrowanej ochrony kukurydzy dla producentów. Instytut Ochrony Roślin – PIB, Poznań, 67 ss.

Bielecka M., Biedrzycka E., Biedrzycka E., Śmieszek M. 1994. Warunki zbioru i przechowywania a jakość nasion rzepaku. Część II. Jakość mikrobiologiczna. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops 15 (2): 135–143.

Bochat P., Kupczyk A. 2009. Przechowywanie ziarna – rodzaje, wady i zalety magazynów zbożowych. Przegląd Zbożowo-Młynarski 2: 16–18.

Boczek J. 1957. Rozkruszek mączny (*Tyroglyphus farinae* L.) – morfologia, biologia, ekologia, szkodliwość oraz próby zwalczania. Roczniki Nauk Rolniczych Seria A 75: 559–644.

Boczek J. 1961. Biologia i ekologia sierposza rozkruszkowca (*Cheyletus eruditus* Schr.) (Acarina, Cheyletidae). Prace Naukowe Instytutu Ochrony Roślin 175–230.

Boczek J. 1966. Roztocze – szkodniki roślin i produktów przechowywyanych. Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 246 ss.

Boczek J. 1978. Możliwości stosowania metod biologicznych w zwalczaniu szkodników magazynów. s. 409–415. [w:] „Biologiczne metody walki ze szkodnikami roślin" (Boczek J., Lipa J.J., red.) Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.

Boczek J. 1992. Niechemiczne metody zwalczania szkodników roślin. Wyd. SGGW, Warszawa, 245 ss.

Boczek J., Błaszak Cz. 2016. Roztocze (Acari). Znaczenie w życiu i gospodarce człowieka. Wyd. SGGW, Warszawa, 248 ss.

Boczek J., Czajkowska B. 1996. Klucz do rozkruszków (Acarida: Acaroidea). [w:] Diagnostyka szkodników roślin i ich wrogów naturalnych. Wyd. SGGW, Warszawa, t. 2: 31–52.

Boczek J., Lewandowski M. 2016. Nauka o szkodnikach roślin uprawnych. Wyd. SGGW, Warszawa, 411 ss.

Bond E.J. 1989. Zwalczanie owadów metodą gazowania. Instytut Ochrony Roślin, Poznań, 432 ss.

Bond E.J., Monro H.A.U. 1954. Rearing the cadelle *Tenebroides mauritanicus* (L.) (Coleoptera: Ostomidae) as a test insect for insecticidal research. The Canadian Entomologist 86: 402–408.

Böye J., Ignatowicz S., Lange H., Muck O., Mueller D.K., Navarro S., Sotiroudas V., Hofmeier H., Hemptinne G.J., Hemptinne A., Rubsamen B. 2006. Szkoleniowa i techniczna pomoc we wdrażaniu technologii alternatywnych dla bromku metylu w sektorze „po zbiorze" w krajach z gospodarką w okresie przejściowym. Podręcznik szkoleniowy, United Nations Environment Programme, 100 ss.

BRC Storage & Distribution Standard. 2017. Issue 3. The standard was published on August 1, 2016 and will enter into force on February 1, 2017.

Broda M., Grajek W. 2009. Mikroflora ziarna zbóż i metody redukcji skażenia mikrobiologicznego. Postępy Nauk Rolniczych 61 (2): 19–30.

Brower J.H., Press J.W. 1990. Interaction of *Bracon hebetor* (Hymenoptera; Braconidae) and *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in suppressing stored product moth populations in small in shell peanut storages. Journal of Economic Entomology 83: 1096 –1101.

Brown R., Ferguson J., Lawrence M., Lees D. 2006. Tropy i ślady ptaków. [tyt. oryg. Tracks & Signs of the Birds of Britain & Europe]. MUZA, 328 ss.

Bruce W.A., Lum P.T.M. 1979. The effects of UV radiation on stored-product insects. s. 271–277. [w:]: Proceedengs of 2nd International Working Conference on Stored Product Entomology, September 10–16, Ibadan, Nigeria.

Bulsiewicz T., Matzke W., Smarzyński E., Świątek H. 1975. Magazynowanie ziarna zbóż nasion strączkowych i oleistych. Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa, 465 ss.

Campbell A., Singh N.B., Sinha R.N. 1976. Bioenergetics of the granary weevil, *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). Canadian Journal of Zoology 54: 786–798.

Cegielska-Radziejewska R., Szablewski T., Karolczak K., Kaczmarek A., Kijowski J. 2009. Ocena zawartości mikotoksyn w zbożach paszowych i paszach metodą immunoenzymatyczną. Nauka Przyroda Technologie 3 (4): 1–9.

Chełkowski J. 1981. Wstępna ocena zagrożenia ziarna zbóż grzybami z rodzaju *Fusarium* i wytwarzanymi przez nie mikotoksynami. Nowe Rolnictwo 15: 8–10.

Chełkowski J. 1985. Mikotoksyny, wytwarzające je grzyby i mikotoksykozy. Wyd. SGGW, Warszawa, 95 ss.

Chełkowski J. 1999. Pleśnie i mikotoksyny. s. 6–9. [w:] „Dobrze przechowane zboże" (A. Ryniecki, P. Szymański, red.). Wydawnictwo MR INFO Towarzystwo Umiejętności Rolniczych, Poznań, 96 ss.

Chmielewski W. 2001. Buckwheat as a nourishment of *Lepidoglyphus destructor* (Schr.) (Acari: Glycyphagidae). Fagopyrum 18: 61–64.

Corrigan R.M. 1996. Rodent monitoring and IPM. Pest Control Technology 24 (8): 81–82.

Cotton R.T. 1927. Notes on the biology of the meal worms, *Tenebrio molitor* Linne and *T. obscurus* Fab. Annals of Entomological Society of America 20: 81–86.

Curtis C.E., Landolt P.J. 1992. Development and life history of *Pyralis farinalis* L. (Lepidoptera: Pyralidae) on an artificial diet. Journal of Stored Products Research 28: 171–177.

Curtui V.G., Gareis M., Usleber E., Märtlbauer E. 2001. Survey of Romanian slaughtered pigs for the occurrence of mycotoxins ochratoxins A and B and zearalenone. Food Additives and Contaminants 18 (8): 730–738.

Ćwiek-Ludwicka K. 1995. HACCP – system analizy zagrożeń krytycznych punktów kontrolnych dla zapewnienia bezpieczeństwa żywności. Roczniki Państwowego Zakładu Higieny 46 (1): 39–52.

Dall'Asta C., Galaverna G., Bertuzzi T., Moseriti A., Pietri A., Dossena A., Marchelli R. 2010. Occurrence of ochratoxin A in raw ham muscle, salami and dry-cured ham from pigs fed with contaminated diet. Food Chemistry 120 (4): 978–983.

David M.H., Mills R.B. 1975. Development, oviposition, and longevity of *Ahasverus advena*. Journal of Economic Entomology 68: 341–345.

Del Hoyo J., Elliott A., Sargatal J., Christie D.A. 2013. Handbook of the Birds of the World. Special Volume: New Species and Global Index. Lynx Edicions, 812 ss.

Dobie P. 1973. An investigation into the use of an x-ray technique in the study of pre-emergent stages of *Sitophilus oryzae* (L.) developing in Manitoba wheat. Journal of Stored Products Research 9: 7-–12.

Dolber R.A., Woronecki P.P., Bruggers R.L. 1986. Reflecting tapes repel blackbirds from millet, sunflowers, and sweet corn. Wildlife Society Bulletin 14 (4): 418–425.

Detia Degesh: http://www.detia-degesch.de. Dostęp: 14.05.2017.

Dortant P.M., Peters–Volleberg G.W., van Loveren H., Marquardt R.R., Speijers G.J. 2001. Agerelated differences in the toxicity of ochratoxin A in female rats. Food and Chemical Toxicology 39 (1): 55–65.

Dragacci S., Groso F., Bire R., Fremy J.M., Coulon S. 1999. A French monitoring programme for determining ochratoxin A occurrence in pig kidneys. Natural Toxins 7: 167–173.

Dudek K., Tryjanowski P. 2013. Ptaki, które wybrały miasto. Ciemne strony miejskiej awifauny, Biuletyn PSPDDiD, Warszawa,. 2 (73): 33–36.

Dudek K., Tryjanowski P. 2016. Gryzonie, których można się bać… Poważne źródło zagrożenia sanitarnego. Biuletyn PSPDDiD, Warszawa,.3 (86): 15–17.

Dyrektywa 2009. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów (Dz. Urz. UE L 309 z 24.11.2009, str. 71).

Eastham L.E.S., Segrove F. 1947. The influence of temperature and humidity on instar length in *Calandra granaria* Linn. Journal of Experimental Biology 24: 79–94.

Edde P.A. 2012. A review of the biology and control of *Rhyzopertha dominica* (F.) the lesser grain borer. Journal of Stored Products Research 48: 1–18.

Fargo W.S., Epperly D., Cuperus G.W., Noyes R.T., Clary B.L. 1989. Influence of temperature and duration on trap capture of stored grain insect species. Journal of Economic Entomology 82: 970–973.

Fields P.G. 1992. The control of stored product insects and mites with extreme temperatures. Journal of Stored Products Research 28: 89–118.

Filali A., Ouammi L., Betbeder A.M., Baudrimont I., Soulaymani R., Benayada A., Creppy E.E. 2001. Ochratoxin A in beverages from Marocco: a preliminary survey. Food Additives and Contaminants 18 (6): 565–568.

Flinn P.W., Hagstrum D.W., Reed C.R., Phillips T.W. 2007. Stored grain advisor pro: decision support system for insect management in commercial grain elevators. Journal of Stored Products Research 43: 375–383.

Flinn P.W., Schöller M. 2012. Biological control: insect pathogens, parasitoids, and predators. Kansas State University, USA, 9 ss.

Frantz S.C., Davis D.E. 1991. Bionomics and integrated pest management of commensal rodents. s. 243–313. [w:] "Ecology and Management of Food Industry Pests" (J.R. Gorham, red.), Aoac Intl., 595 ss.

Frisuad J.C., Smedsgaard J., Larsen T.O. 2004. Mycotoxins, drugs and other extrolites produced by species in *Penicillium* subgenus *Penicillium*. Studies in Mycology 49: 201–41.

Gąsiorowski H. 2004. Pszenica. Chemia i technologia. Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 616 ss.

Geis A.D. 1976. The effect of building design and quality on nuisance bird problems. s. 51–53. Proceedings of the 7th Vertebrate Pest Conference, March 9–11, Monterey, California, USA.

Gibbs D., Barnes E., Cox J. 2010. Pigeons and Doves: A Guide to the Pigeons and Doves of the Christopher Helm, London, 616 ss.

Gilbert J., Brereton P., MacDonald S. 2001. Assessment of dietary exposure to ochratoxin A in the UK using a duplicate diet approach and analysis of urine and plasma samples. Food Additives and Contaminants 18 (12): 1088–1093.

Gliniewicz A. 1988. Czynniki wpływające na ewolucję odporności w populacjach stawonogów. Roczniki Państwowego Zakładu Higieny 39 (1): 75–83.

Gołębiowska Z. 1952. Wołek zbożowy (*Calandra granaria* L.) – morfologia, ekologia, biologia i zwalczanie. Roczniki Nauk Rolniczych 59: 243–258.

Góral P., Arseniuk E. 2005. Mikotoksyny fuzaryjne w ziarnie zbóż. s. 4–7. Agro Serwis. Materiały z Forum Producentów Roślin Zbożowych, Kukurydzy i Rzepaku, Warszawa.

Gorham J.R (red.). 1991. Insect and Mite Pests in Food, An Illustrated Key. US Department of Agriculture and US Department of Health and Human Services. Agriculture Handbook No. 655, 767 ss.

Grajewski J. (red.) 2006. Mikotoksyny i grzyby pleśniowe. Zagrożenia dla człowieka i zwierząt. Wyd. Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, 198 ss.

Grajewski J., Twarużek M. 2009. Zabójcze pleśnie. Wiedza i Życie 5: 23–26.

GUS. 2017. Rozkrut D. (red.). Mały rocznik statystyczny Polski, 539 ss.

Hafez M.A.M.A., Chapman G. 1966. Effects of temperature and high relative humidity on the rate of development and mortality of *Latheticus oryzae* Waterhouse (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Stored Products Research 1: 235–242.

Hagstrum D.W. 1994. Field monitoring and prediction of stored-grain insect populations. Postharvest News and Information, 5: 39–45.

Hagstrum D.W., Flinn P.W. 1992. Integrated pest management of stored grain insects. s. 535–562. [w:] „Storage of Cereal Grains and Their Products" (D.B. Sauer, red.). American Association Cereal Chemists, Saint Paul Minnesota, USA.

Hagstrum D.W., Flinn P.W. 1994. Population dynamics, sampling for insects, and pest management decisions. s. 107–112. Proceeding of IV National Stored Grain Pest Management Training Conference, September 18–21, Manhattan, Kansas, USA.

Hagstrum D.W., Klejdysz T., Subramanyam B., Nawrot J. 2013. Atlas of Stored-Product Insects and Mites. AACC International, 600 ss.

Hagstrum D.W., Milliken G.A. 1988. Quantitative analysis of temperature, moisture and diet factors affecting insect development. Annals of the Entomological Society of America 81: 539–546.

Hansen L.S., Skovgard H., Hell K. 2004. Life table study of *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae), a strain from west Africa. Journal of Economic Entomology 97: 1484–1490.

Heaps J.W. 2006. Insect Management for Food Storage and Processing. AACC International, 231 ss.

Hluchy M., Samsinakova A. 1989. Comparative study on the susceptibility of adult *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and larval *Galleria mellonella* (L.) (Lepidoptera: Pyralidae) to the entomogenous fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Journal of Stored Products Research 25:61–64.

Hollingsworth R.G., Armstrong J.W. 2005. Potential of temperature, controlled atmospheres and ozone fumigation to control trips and mealybugs on ornamental plants for export. . Journal of Economic Entomology 98 (2): 289–298.

Hori M., Kasaishi Y. 2005. Development of a new assay method for quickly evaluating phosphine resistance of the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (Fabricius) (Coleoptera: Anobidae), based on knockdown of the adult beetles. Applied Entomology and Zoology 40 (1): 99–104.

Howe R.W. 1950. The development of *Rhizopertha dominica* (F.) (Col., Bostrichidae) under constant conditions. The Entomologist's Monthly Magazine 86: 1–5.

Howe R.W. 1956. The effect of temperature and humidity on the rate of development and mortality of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera, Tenebrionidae). Annals of Applied Biology 44: 356–368.

Howe R.W. 1960. The effects of temperature and humidity on the rate of development and the mortality of *Tribolium confusum* Duval (Coleoptera, Tenebrionidae). Annals of Applied Biology 48: 363–376.

Howe R.W. 1962. The effects of temperature and humidity on the oviposition rate of *Tribolium castaneum* (Hbst.) (Coleoptera, Tenebrionidae). Bulletin of Entomological Research 53: 301–310.

Hudec K. 1997. Ptaki – przewodnik Collinsa. Multico, 295 ss.

Hult K., Hokby K., Gatenbeck S., Rutqvist L. 1980. Ochratoxin A in blood from slaughter pigs in Sweden use in evaluation of toxin content and consumed feed. Applied and Environmental Microbiology 39: 828–830.

IARC. 1993. Some naturally occurring substances; food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins. International Agency for Research on Cancer monographs on the evaluation of carcinogenic risks to human (Lyon: WHO/IARC) 56: 397–444, 445–466, 489–521.

Ignatowicz S. 1998a. Ocena stopnia porażenia przechowywanego zboża przez szkodniki i podejmowanie decyzji o ich zwalczaniu. Przegląd Zbożowo-Młynarski 3: 18–20.

Ignatowicz S. 1998b. Szkodliwość wróbli i gołębi oraz metody ich zwalczania. Biuletyn Polskiego Stowarzyszenia Pracowników DDD 1 (11): 3–5.

Ignatowicz S. 1998c. Wykrywanie szkodników magazynowych w przechowywanym zbożu i produktach jego przemiału. Zastosowanie pułapek z feromonami płciowymi i atraktantami pokarmowymi. Przegląd Zbożowo-Młynarski 8: 33–35.

Ignatowicz S. 1998d. Zastosowanie promieniowania jonizującego w rolnictwie: Radiacyjna dezynsekcja przechowywanych produktów rolniczych. Postępy Techniki Jądrowej 41 (2): 2–8.

Ignatowicz S. 1999. Oznaczanie gatunków z rzędu chrząszczy i motyli, szkodliwych w magazynach. s. 40–105. [w:] „Diagnostyka szkodników roślin i ich wrogów naturalnych" (J. Boczek, red.). Wyd. SGGW, Warszawa.

Ignatowicz S. 2007a. Fosforowodór i formy użytkowe fosforków metali. Przegląd Zbożowo-Młynarski 10: 37–38.

Ignatowicz S. 2007b. Monitorowanie szkodników w pomieszczeniach magazynowych. Higiena 2 (2): 15–16.

Ignatowicz S. 2008. Lampy owadobójcze i ich zastosowanie. Bydło 5: 51–52.

Ignatowicz S. 2011. Formy użytkowe produktów biobójczych przeznaczonych do zwalczania gryzoni i bezpieczne ich stosowanie. Ogólnopolski Informator Drobiarski 11 (242): 24–32.

Ignatowicz S. 2013a. Jak wykryć występowanie gryzoni w obiekcie drobiarskim i wokół niego. Polskie Drobiarstwo 11: 46–49.

Ignatowicz S. 2013b. Szkodliwe ptaki i metody ich oddalania od budynków zakładu produkcyjnego. Rzeźnik Polski 3 (164): 42–45.

Ignatowicz S. 2014. Przygotuj magazyn na zboże. Nowoczesna Uprawa 7: 10–13.

Ignatowicz S. 2016a. Zwalczanie gryzoni. Metody chemiczne i mechaniczne. Agrobydło. 1: 54–57.

Ignatowicz S. 2016b. Szkodniki sanitarne. Szczur śniady. http://szkodniki.waw.pl/artyku%C5%82/szkodniki–sanitarne–szczur–sniady. Dostęp: 14.08.2017.

Ignatowicz S. 2016c. Szkodniki sanitarne. Szczur wędrowny [online]. [Dostęp: 14.08.2017].Dostępny w internecie: <http://www.szkodniki.waw.pl/artyku%C5%82/szkodniki–sanitarne–szczur–wędrowny>.

Ignatowicz S. 2017. Zadbaj o magazyny. Nowoczesna Uprawa 7: 8–11.

Imholte T.J., Imholte-Tauscher T.K. 1999. Engineering for Food Safety and Sanitation: A Guide to the Sanitary Design of Food Plants and Food Plant Equipment. Technical Institute of Food Safety, Woodinville, Washington, USA, 382 ss.

Imura O. 1981. Effect of relative humidity on the development and oviposition of four phycitid moth pests associated with stored products. Report of Natiolal Food Research Institute 38: 106–114.

ISO 34/4/2 N 125. International Organization for Standarization, Geneva.

Iwan D., Kubisz D., Tykarski P. 2012. Tenebrionoidea: Tenebrionidae, Boridae. Critical checklist, distribution in Poland and meta-analysis. Coleoptera Poloniae, cz. 1, Uniwersytet Warszawski – Wydział Biologii, Warszawa, 480 ss.

Jacob T., Cox P.D. 1977. The influence of temperature and humidity on the life-cycle of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Stored Products Research 13: 107–118.

Jacob T.A. 1996. The effect of constant temperature and humidity on the development, longevity and productivity of *Ahasverus advena* (Waltl.) (Coleoptera: Silvanidae). Journal of Stored Products Research 32: 115–121.

Jajor E., Wickiel G., Horoszkiewicz–Janka J. 2011. Grzyby rodzaju *Alternaria* i ich toksyczne metabolity występujące w nasionach rzepaku ozimego. Progres in Plant Protection 51 (4): 1633–1638.

Janowicz L. 2007. Współczesne przechowalnictwo ziarna zbóż. Przemysł Spożywczy 7: 24–27.

Jørgensen K., Petersen A. 2002. Content of ochratoxin A in paired kidney and meat samples from healthy Danish slaughter pigs. Food Additives and Contaminants 19 (6): 562–567.

Kells S.A., Mason L.J., Maier D.E., Woloshuk C.P. 2001. Efficacy and fumigation characteristics of ozone and stored maize. Journal of Stored Products Research 37 (4): 371–382.

King C.B. 1982. Facility design for bird exclusion. 23–30 [w:] „Bird Control in Food Plants – It's a Flying Shame". American Association of Cereal Chemists, Saint. Paul Minnesota, 69 ss.

Kirkpatrick R.L., Wilbur D.A. 1965. The development and habit of granary weevil, *Sitophilus granarius* within the kernel of wheat. Journal oof Economic Entomology 58: 979–985.

Klejdysz T. Nawrot J. 2010. First record of outdoor occurrence of stored-product coleopterans in arable landscape. Journal of Plant Protection Research 50 (4): 558–560.

Kluijver H. 1980. Pest control in unmalted grains in the tropics. Master Brewers Association Technical Quarterly 17 (3): 149–155.

Komson A., Stewart R.K. 1968. The effect of temperature and diet upon the development of the sawtoothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis* (Linn.) and of the merchant grain beetle, *Oryzaephilus mercator* (Fauv.) (Coleoptera, Cucujidae). Thailand Journal of Agriculture Science 1: 40–51.

Korbas M., Horoszkiewicz-Janka J. 2007. Znaczenie i możliwości ograniczania szkodliwych metabolitów pochodzenia grzybowego. Progress in Plant Protection 47 (1): 141–148.

Korniłłowicz-Kowalska T., Szwed A., Szwed G. 2000. Charakterystyka mykologiczna nasion rzepaku w zależności od warunków ich przechowywania. Acta Agrophysica 37: 83–93.

Karnkowski W. 1990. *Ahasverus advena* Waltl - mało znany szkodnik magazynowy. Ochrona Roślin 10: 12-13.

Kotowski K., Grabarkiewicz-Szczęsna J., Waśkiewicz A., Kostecki M., Goliński P. 2000. Ochratoxin A in porcine blood and in consumed feed samples. Mycotoxin Research 16: 66–72.

Kotowski K., Kostecki M., Grabarkiewicz-Szczesna J., Goliński P. 1993. Pozostałość ochratoksyny A w nerkach i krwi świń. Medycyna Weterynaryjna 49: 554–556.

Koura A., El-Halfawy M.A., Bishara S.I. 1972. On the biology of *Tenebrio molitor* L. in Egypt. Bulletin of the Entomological Society of Egypt 56: 297–300.

Kowalski K. 1991. Mały słownik zoologiczny. Ssaki. Wiedza Powszechna, Warszawa, 454 ss.

Krakowski J., Payne N.F. 1986. Population ecology of rock doves in a small city. Wisconsin Academy of Science, Arts and Letters 74: 50–57.

Krogh P., Axelsen H.H., Elling F., Gyrd–Hansen N., Hald B., Hyldgaard-Jensen J., Larsen A.E., Madsen A., Mortensen H.P., Moller T., Petersen O.K., Ravnskov U., Rostgaard M., Aalund O. 1974. Experimental porcine nephropathy. Changes of renal function and structure induced by ochratoxin A-contaminated feed. Acta Pathologica Microbiologica Et Immunologica Scandinavica. Section A., Suppl. 246: 2–21.

Kruszewicz A. 2007. Ptaki Polski. Encyklopedia ilustrowana. Multico, 312 ss.

Lada E.H. 2008. Podstawy przetwórstwa spożywczego. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, 200 ss. ISBN 978–83–02–10126–7.

Lergenmüller E. 1958. Ökologische Untersuchungen am Getreideplattkäfer. [Ecological Investigations on the saw-toothed grain beetle.]. Zeitschrift für Angewandte Zoologie 45: 31–97.

Lever R.J.A. 1963. On the early stages of *Latheticus oryzae* Waterhouse (Col., Tenebrionidae). The Entomologist's Monthly Magazine 98: 175–176.

Lhaloui S., Hagstrum D.W., Keith D.L., Holtzer T.O., Ball H.J. 1988. Combined influence of temperature and moisture on red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae) reproduction on whole grain wheat. Journal of Economic Entomology 81: 488–489.

Logrieco A., Bottalico A., Mule G., Moretti A., Perrone G. 2003. Epidemiology of fungi and their associated mycotoxins for some mediterranean crops. European Journal of Plant Pathology 109: 645–667.

Longstaff B.C. 1981. Biology of the grain pest species of the genus *Sitophilus* (Coleoptera: Curculionidae): a critical review. Protection Ecology 2: 83–130.

Longstaff B.C. 1983. The demography of the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), submodels of age-specific survivorship and fecundity. Bulletin of Entomological Research 73: 333–344.

Longstaff B.C. 1999. An experimental and modeling study of the demographic performance of *Rhyzopertha dominica* (F.). I. Development rate. Journal of Stored Products Research 35: 89–98.

Lorini I., Collins P.J, Daglish G.J, Nayak M.K, Pavic H. 2007. Detection and characterisation of strong resistance to phosphine in Brazilian *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). Pest Management Science 63 (4): 358–364.

Lorini I., Galley D. J. 1999. Deltamethrin resistance in *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae), a pest of stored grain in Brazil. Journal of Stored Products Research 35 (1): 37–45.

Ludwig D. 1956. Effects of temperature and parental age on the life cycle of the mealworm, *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera, Tenebrionidae). Annals of the Entomological Society of America 49: 12–15.

Lyon W.F. 2011. Granary and Rice Weevils. Ohio State University Extension Fact Sheet. HYG-2088-97. http://ohioline.osu.edu/hyg-fact/2000/2088.html.

MacDonald S., Prickett T.J., Wildey K.B., Chan D. 2004. Survey of ochratoxin A and deoxynivalenol in stored grains from the 1999 harvest in the UK. Food Additive and Contaminants 21 (2): 172–181.

Malinowski H. 2000. Fizjologiczne, biochemiczne i behawioralne mechanizmy odporności owadów na insektycydy chemiczne. Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, A 1 (892): 7–43.

Malinowski H. 2003. Odporność owadów na insektycydy. Mechanizmy powstawania i możliwości przeciwdziałania. Wyd. Wieś Jutra, 211 ss.

Mallis A. 2004. Handbook of Pest Control. Ninth Edition. GIE Media Inc., 1397 ss.

Mantle P., Kulinskaya E., Nestler S. 2005. Renal tumourigenesis in male rats in response to chronic dietary ochratoxin A. Food Additive and Contaminants, Suppl. 1: 58–64.

Marchowski D. 2015. Ptaki Polski. Kompletna lista 450 stwierdzonych gatunków. SBM Renata Gmitrzak, Warszawa, 448 ss.

Marcinkowska J. 2003. Oznaczanie rodzajów grzybów ważnych w patologii roślin. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa, 328 ss.

Mason L.J., Strait C.A., Woloshuk C.P., Maier D.E. 1999. Controlling stored grain insects with ozone fumigation. Proceedings of 7th International Conference on Stored.-Products Protection 1: 536–547.

Meehan A.P. 1984. Rat and Mice. Their Biology and Control. Rentokil Ltd., East Grinstead, UK, 383 ss.

Mills R.B., Wilbur D.A. 1967. Radiographic studies of Angoumois grain moth development in wheat, corn and sorghum kernels. Journal of Economic Entomology 60: 671–677.

Mrówczyński M. (red.). 2013. Integrowana ochrona upraw rolniczych. T. 1: Podstawy integrowanej ochrony. Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 153 ss.

Mullen M.A. 1973. Low frequency sound affecting the development of the Indian meal moth. Journal of Georgia Entomological Society 8 (4): 320–321.

Nauen R., Denholm I. 2005. Resistance of insect pests to neonicotinoid insecticides: current status and future prospects. Archives of Insect Biochemistry and Physiology 58: 200–215.

Nawrot J. 2001. Owady – szkodniki magazynowe. Themar Import-Eksport, Warszawa, 149 ss.

Nawrot J. 2003. Klucz do rozpoznawania stadiów larwalnych szkodników magazynowych. Themar Import-Eksport, Warszawa, 39 ss.

Nawrot J., Klejdysz T. 2010. Atlas owadów szkodników żywności. Polskie Stowarzyszenie Pracowników Dezynfekcji, Dezynsekcji, Deratyzacji, 147 ss.

Nguyen T.T. 2016. Genetics of phosphine resistance in the rice weevil *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). PhD Thesis, School of Biological Sciences, The University of Queensland. DOI: 10.14264/uql.2016.564. 151 ss.

Nguyen T.T., Collins P.J., Ebert P.R. 2015. Inheritance and Characterization of Strong Resistance to Phosphine in *Sitophilus oryzae* (L.). PLoS One. 10 (4): e0124335.

Norstein S. 1996. Heat treatment in the Scandinavian milling industry. Heat treatment as an alternative to methyl bromide. Norwegian Pollution Control Authority. Environmental Technology 96 (02F): 1–38.

Nowosielski-Slepowron B.J.A., Aryeetey E.A. 1980. Developmental biology of field and laboratory populations of *Latheticus oryzae* Waterhouse (Coleoptera: Tenebrionidae) under various conditions of temperature and humidity. Journal of Stored Products Research 16: 55–66.

Olejarski P. 2005. Przygotowanie ziarna zbóż do przechowywania. Ochrona Roślin 10: 7–10.

Olejarski P., Węgorek P. 2013. Odporność szkodników magazynowych na substancje czynne insektycydów stosowanych w Polsce do ochrony magazynowanego ziarna. Progress in Plant Protection 53 (2): 249–256.

Olejarski P., Węgorek P., Zamojska J. 2013. Monitoring i zwalczanie szkodników w obiektach magazynowych w Polsce. Progress in Plant Protection 53 (3): 455–461.

Oosthuizen M.J. 1935. The effect of high temperature on the confused flour beetle. Minnesota Technical Bulletin 107: 1–45.

Osmun J.V. 1972. Physical methods of pest control. Journal of Environmental Quality 1 (1): 40–45.

Palmer T.K. 1973. Bird Management on the farm and at the processing plant. s. 15–16. [w:] Proceedings of 6th Bird Control Seminar. October 30–31 – November 1, Bowling Green, Ohio, USA.

Perez-Mendoza J., Weaver D.K., Throne J.E. 2004. Development and survivorship of immature Angoumois grain moth (Lepidoptera: Gelechiidae) on stored corn. Environmental Entomology 33: 807–814.

Philippou D., Field L., Węgorek P., Zamojska J., Andrews M., Slater R., Moores G. 2010. Characterising metabolic resistance in pyrethroid – insensitive pollen beetle (*Meligethes aeneus* F.) from Poland and Switzerland. Pest Management Science 67 (2): 239–243.

Pimentel D. 1949. Biology of *Gnathocerus cornutus*. Journal of Economic Entomology 42: 229–231.

Pimentel M.A.G., Faroni L.R.D'A, Guedes R.N.C., Sousa A.H. Tótola M.R. 2009. Phosphine resistance in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). Journal of of Stored Product Research 45 (1): 71–74.

Pimentel M.A.G., Faroni L.R.D'A, Tótola M.R., Guedes R.N.C. 2007. Phosphine resistance, respiration rate and fitness consequences in stored-product insects. Pest Management Science 63 (9): 876–881.

Pląskowska E. 2010. Charakterystyka i taksonomia grzybów z rodzaju *Fusarium*. Mikologia Lekarska 17 (3): 172–176.

PN-EN ISO 712:2012. Polska Norma, wersja polska.

Pokrzywa P., Cieślik E., Topolska K. 2007. Ocena zawartości mikotoksyn w wybranych produktach spożywczych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. 3 (52): 139–146.

Postupolski J., Karłowski K. 1998. Contamination of human milk with ochratoxin A. s. 251–253. [w:] Proceedings of the 20th Mycotoxin-Workshop. June 8–10, Detmold, Germany.

Postupolski J., Karłowski K. 2002. Ochratoxin A in maternal and fetal blood and in maternal milk. 24th Mycotoxin-Workshop, June 3–5, Berlin - Marienfelde, Germany.

Press J.W., Flaherty B.R., Arbogast R.T. 1975. Control of the red flour beetle, *Tribolium castaneum*, in a warehouse by a predaceous bug, *Xylocoris flavipes*. Journal of Georgia Entomological Society 10: 76–78.

Pruszyński G. 2016. Entomofauna pożyteczna i jej ochrona. s. 26–60. [w:] „Metody ochrony w integrowanej ochronie roślin" (S. Pruszyński, red.). CDR w Brwinowie, Oddział w Poznaniu.

Pruszyński S., Bartkowski J., Pruszyński G. 2012. Integrowana ochrona roślin w zarysie. CDR w Brwinowie, Oddział w Poznaniu, 56 ss.

Pruszyński S., Pruszyński G. 2015. Integrowana ochrona roślin w zwalczaniu szkodników roślin uprawnych. CDR w Brwinowie, Oddział w Poznaniu, 47 ss.

Pye J.D. 1979. Why ultrasounds? Endeavour 3 (2): 57–62.

Rajendran S. 2001. Insect resistance to phosphine – challenges and strategies. International Pest Control Magazine 43 (3): 118–123.

Rajendran S., Narasimhan K.S. 1994. Phosphine resistance in the cigarette beetle *Lasioderma sericorne* (Coleoptera: Anobidae) and overcoming control failures during fumigation of stored tobacco. International Journal of Pest Management 40 (2): 207–210.

Raters M., Matissek R. 2008. Thermal stability of aflatoxin B1 and ochratoxin A. Mycotoxin Research 24 (3): 130–134.

Rejestr środków ochrony roślin 2017. Rejestr środków ochrony roślin dopuszczonych do obrotu zezwoleniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi – aktualizacja 01.08.2017 r. [online]. Dostępny w internecie: <https://bip.minrol.gov.pl/Informacje-Branzowe/Produkcja-Roslinna/Ochrona-Roslin/Rejestr-Srodkow-Ochrony-Roslin>

Rilett R.O. 1949. The biology of *Laemophloeus ferrugineus* (Steph.). Canadian Journal of Research 27: 112–148.

Rozporządzenie 1997a. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dnia 7 października 1997 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie (Dz.U. z 2014 r., poz. 81).

Rozporządzenie 1997b. Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dnia 27 czerwca 1997 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy magazynowaniu, przetwórstwie zbóż i produkcji pasz pochodzenia roślinnego (Dz.U. z 1997 r. Nr 76, poz. 479 ze zm.).

Rozporządzenie 2005. Rozporządzenie Komisji (WE) NR 123/2005 z dnia 26 stycznia 2005 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 466/2001 w odniesieniu do ochratoksyny A. L 25/3.

Rozporządzenie 2006. Rozporządzenie Komisji (WE) NR 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. L 364/5.

Rozporządzenie 2007. Rozporządzenie Komisji (WE) NR 1126/2007 z dnia 28 września 2007 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych w odniesieniu do toksyn Fusarium w kukurydzy i produktach z kukurydzy. L 255/14.

Rozporządzenie 2009. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1107/2009 z dnia 21 października 2009 r. dotyczące wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin i uchylającego przepisy dyrektywy Rady 79/117/EWG i 91/414/EWG (Dz. Urz. UE L 309 z 24.11.2009, str. 1).

Rozporządzenie 2012. Rozporządzenie Komisji (UE) NR 594/2012 z dnia 5 lipca 2012 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych zanieczyszczeń ochratoksyną A, polichlorowanymi bifenylami o działaniu niepodobnym do dioksyn i melaminą w środkach spożywczych. L 176/43.

Rozporządzenie 2013a. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 kwietnia 2013 r. w sprawie wymagań integrowanej ochrony roślin (Dz.U. poz. 505).

Rozporządzenie 2013b. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 27 listopada 2013 r. w sprawie pobierania próbek roślin, produktów roślinnych lub przedmiotów do badań na obecność pozostałości środków ochrony roślin (Dz.U. z 2013 r., poz. 1549)

Rozporządzenie 2013c. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 8 maja 2013 r. w sprawie szkoleń w zakresie środków ochrony roślin (Dz.U. poz. 554).

Rozporządzenie 2015. Rozporządzenie Komisji (UE) 1940/2015 z dnia 28 października 2015 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów przetrwalników buławinki czerwonej w niektórych nieprzetworzonych zbożach oraz w odniesieniu do przepisów dotyczących monitorowania i sprawozdawczości. L 283/3

Rozporządzenie 2014. Ministra Środowiska z dnia 6 października 2014 r. w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt (Dz.U. 2014 poz. 1348).

Rueda L.M., Axtell R.C. 1996. Temperature dependent development and survival of the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus*. Medical and Veterinary Entomology 10: 80–86.

Ryniecki A., Szymański P. 1998. Dobrze Przechowane Zboże. MR INFO, Poznań, 97 ss.

Samson R.A., Reenen-Hoekstra E.S. 1988. Introduction to Food-Borne Fungi. Centraalbureau voor Schimmelcultures, BAARN, 299 ss.

Sánchez-Ramos I., Alvarez-Alfageme F. Castañera P. 2007. Development and survival of the cheese mites, *Acarus farris* and *Tyrophagus neiswanderi* (Acari: Acaridae), at constant temperatures and 90% relative humidity. Journal of Stored Products Research 43: 64–72.

Savvidou N., Bell C.H. 1994. The effect of larval density, photoperiod and food change on the development of *Gnatocerus cornutus* (F.) (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Stored Products Research 30: 17–21.

Schlipalius D. 2010. Diagnostic technologies for phosphine resistance management. Final report for CRC20080 project of Cooperative Research Centre for National Plant Biosecurity, 2010 Jun 30. [online]. [Dostęp: 21.07.2017]. Dostępny w internecie: <http://legacy.crcplantbiosecurity.com.au/sites/all/files/20080_final_report.pdf>.

Schlipalius D.I., Chen W., Collins P.J., Nguyen T., Reilly P.E.B., Ebert P.R. 2008. Gene interactions constrain the course of evolution of phosphine resistance in the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica*. Heredity 100 (5): 506–16.

Schoknecht U., Otto D. 1989. Enzymes involved in the metabolism of organophosphorous, carbamate and pyrethroid insecticides. Chemistry of Plant Protection 2: 117–156.

Schöller M., Flinn P.W., Grieshop M.J., Zd'arkova E. 2006. Biological Control of Stored Product Pests. s. 66–82. [w:] "Insect Management for Food Storage and Processing" 2nd Edition (J. W. Heaps, red). Amarican Association Cereal Chemists, 231 ss.

Scott D.B. 1965. Toxigenic fungi isolated from cereal and legume products. Mycopathologia et Mycologia Applicata 25: 213–222.

Serafiński W., Wielgus-Serafińska E. 1988. Ssaki. Zwierzęta świata. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 437 ss.

Sharifi S., Mills R.B. 1971a. Developmental activities and behavior of the rice weevil inside wheat kernels. Journal of Economic Entomology 64:1114–1118.

Sharifi S., Mills R.B. 1971b. Radiographic studies of *Sitophilus zeamais* Mots. in wheat kernels. Journal of Stored Products Research 7: 195–206.

Shotwell L.L., Hesseltine C.W., Goulden M.L. 1969. Ochratoxin A: occurrence as natural contaminant of a corn sample. Journal of Appleid Microbiology 17: 765–766.

Sinha R.N., Madrid F.J., White N.D.G. 1986. Bioenergetics of *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Phycitidae) feeding on stored wheat. Annals of the Entomological Society of America 79: 622–628.

Skaug M.A., Helland I., Solvoll K., Saugstad D. 2001. Presence of ochratoxin A in human milk in relation to dietary intake. Food Additives and Contaminants 18 (4): 321–327.

Smith L.B. 1965. The intrinsic rate of natural increase of *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera, Cucujidae). Journal of Stored Products Research 1: 35–49.

Solarz K. 2013. Obrzeżki gołębie, czyli miękkie kleszcze synantropijne. Ektopasożyty ptaków i ludzi. Biuletyn Polskiego Stowarzyszenia Pracowników Dezynfekcji, Dezynsekcji i Deratyzacji 1 (72): 24–26.

Spork P. 2011. Drugi kod. W.A.B., Warszawa, 377 ss.

Stanisławczyk R., Rudy M., Świątek B. 2010. Występowanie mikotoksyn w zbożach i przetworach zbożowych znajdujących się w placówkach handlowych województwa podkarpackiego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. 6 (73): 58–66.

Steele R.W. 1970. Copulation and oviposition behaviour of *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Phycitidae). Journal of Stored Products Research 6: 229–245.

Stemley P.G. 1962. The life history and behavior of an internal feeding stored grain insect, *Rhyzopertha dominica* (Fab.), by use of x-ray. Ph.D. thesis, Kansas State University. KS.

Strzałko J., Mossor-Pietraszewska T. 2006. Kompendium wiedzy o ekologii. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 553 ss.

Subramanyam Bh., Hagstrum D.W. 1993. Predicting development times of six stored-product moth species (Lepidoptera: Pyralidae) in relation to temperature, relative humidity, and diet. European Journal of Entomology 90: 51–64.

Tangni E.K., Ponchaut S., Maudoux M., Rozenberg R., Larondelle Y. 2002. Ochratoxin A in domestic and imported beers in Belgium: occurrence and exposure assessment. Food Additives and Contaminants 19 (12): 1169–1179.

Thomma B.P.H.J. 2003. *Alternaria* spp. from general saprophyte to specific parasite. Molecular Plant Pathology 4 (4): 225–236.

Throne J.E. 1994. Life history of immature maize weevils (Coleoptera: Curculionidae) on corn stored at constant temperature and relative humidities in the laboratory. Environmental Entomology 23: 1459–1471.

Tsuda Y., Yoshida T. 1984. Population biology of the broadhorned flour beetle, *Gnathocerus cornutus* (F.) I. Life tables and population parameters. Applied Entomology and Zoology 19: 129–131.

Twardowski J., Twardowska K. 2016. Ptaki świata. Szczegółowe opisy 800 gatunków. SBM, Warszawa, 447 ss.

Tylkowska K., Dorna H., Szopińska D. 2007. Patologia nasion. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, 184 ss.

Tys J. 2005. Jak przechowywać nasiona rzepaku. Nasz Rzepak. 8: 35–36.

Tys J., Rusinek R., Olejarski P., Korbas M., Jajor E., Gładkowski K. 2011. Teraz rzepak, Teraz olej. Tom V.Suszenie i przechowywanie nasion rzepaku. Polskie Stowarzyszenie Producentów Oleju, Warszawa, 104 ss.

Ustawa 2013. Ustawa z dnia 8 marca 2013 r. o środkach ochrony roślin (Dz.U. 2017 r., poz. 50 ze zm.).

Vázquez D., Gonnet S., Nin M., Bentancur O. 2003. Effect of *Fusarium* proteases on breadmaking properties. Proceedings of 8th Gluten Workshop. Viterbo, Italia, 4 ss.

Visconti A., Perrone G., Cozzi G., Solfrizzo M. 2008. Managing ochratoxin A risk in the grape-wine food chain. Food Additives and Contaminants. Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment 25 (2): 193–202.

Walker R. 2002. Risk assessment of ochratoxin: current views of the European Scientific Committee on Food Additives and Contaminants. Advances in Experimental Medicine and Biology 504: 249–255.

Waloff N., Norris M.J., Richards O.W. 1948. Fecundity and longevity of *Ephestia elutella* Hübner (Lep. Phycitidae). Transactions of the Entomological Society of London 99: 245–267.

Warren L.O. 1956. Behavior of Angoumois grain moth and several strains of corn at two moisture levels. Journal of Economic Entomology 49: 316–319.

Waśkiewicz A., Goliński P. 2013. Mycotoxins in foods, feeds and their compenents. Krmiva 55 (1): 35–45.

Wawrzyniak J., Waśkiewicz A. 2014. Ochratoxin A and citrinin production by *Penicillium verrucosum* on cereal solid substrates. Food Additives and Contaminants 31 (1): 139–148.

Węgorek P. 2009. Badania nad odpornością chrząszczy słodyszka rzepakowego (*Meligethes aeneus* F.) na insektycydy. Rozprawy Naukowe Instytutu Ochrony Roślin – PIB 20, 122 ss.

Wilson T.H., Miner F.D. 1969. Influence of temperature on development of the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of the Kansas Entomological Society 42: 294–303.

Woodroffe G.E. 1951. A Life-history Study of the Brown House Moth, *Hofmannophila pseudospretella* (Staint.) (Lep., Oecophoridae). Bulletin of Entomological Research 41 (03): 529–553.

www.latesting.com: http://www.latesting.com/PDFDocuments/Marketing/LAT_FungalGlossary.pdf. Dostęp 15.08.2017.

www.minrol.gov.pl. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Dostęp: 14.05.2017.

Zakladnoi G.A., Menishenin A.I., Pertrsovskii E.S., Salimov R.A., Cherepkov V.G., Krzeminskii V.S. 1982. Industrial application of radiation deinsectification of grain. Soviet Atomic Energy 52: 74–78.

Żelichowska H. 2017. Sierpówka. [w:] Internetowy atlas ptaków. [online]. [Dostęp: 14 sierpnia 2017]. Dostępny w internecie: <http://www.bird–watching.pl/index.php?/category/175>.

Zettler J.L., Halliday W.R., Arthur F.H. 1989. Phosphine resistance in insects infesting stored peanuts in the Southeastern United States. Journal of Economic Entomology 82 (6): 1508–1511.

Zettler J.L., Keever D.W. 1994. Phosphine resistance in cigarette beetle (Coleoptera: Anobidae) associated with tobacco storage in the Southeastern United States. Journal of Economic Entomology 87 (3): 546–550.

Zheng Z., Hanneken J., Houchins D., King R.S., Lee P., Richard J.L. 2005. Validation of an ELISA test kit for the detection of ochratoxin A in several food commodities by comparison with HPLC. Mycopathology 159: 265–272.

Zientek H. 2015. Encyklopedia. Małe ssaki domowe. Dragon, Bielsko-Biała, 117 ss.

Ziętek J., Adaszek Ł., Winiarczyk St. 2010. Choroby zakaźne myszy i szczurów z elementami zoonoz, wybranymi zagadnieniami z hodowli, anatomii i fizjologii. Elamed, Katowice, 110 ss.

ISBN 978-83-64655-31-9