



Instytut Ochrony Roślin Państwowy Instytut Badawczy

ul. Władysława Węgorka 20, 60-318 Poznań

SZKODNIKI MAGAZYNOWE ORAZ INTEGROWANE METODY ICH ZWALCZANIA

Materiały szkoleniowe

Poznań, 27 maja 2025 r.



Ministerstwo Rolnictwa
i Rozwoju Wsi

Szkolenie w ramach dotacji celowej z budżetu państwa na rok 2025,
Obszar tematyczny 1. Ochrona roślin oraz ograniczanie zagrożeń związanych
z rozprzestrzenianiem się organizmów kwarantannowych i stosowaniem środków ochrony roślin
Zadanie 1.11. Upowszechnianie i wdrażanie wiedzy o integrowanej ochronie roślin



INSTYTUT OCHRONY ROŚLIN – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

ul. Władysława Węgorka 20, 60-318 Poznań

www.ior.poznan.pl

Autorzy opracowania:

dr Wojciech Kubasik

dr Tomasz Klejdysz

prof. dr hab. Stanisław Ignatowicz

Korekta redakcyjna:

Monika Kardasz

Hanna Kazikowska

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część niniejszych materiałów nie może być reprodukowana w jakiegokolwiek formie i w jakikolwiek sposób bez pisemnej zgody autorów.

ISBN 978-83-974552-6-9



**Ministerstwo Rolnictwa
i Rozwoju Wsi**

Opracowano w ramach dotacji celowej Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi na rok 2025

Obszar tematyczny 1. Ochrona roślin oraz ograniczanie zagrożeń związanych z rozprzestrzenianiem się organizmów kwarantannowych i stosowaniem środków ochrony roślin

Zadanie 1.11. Upowszechnianie i wdrażanie wiedzy o integrowanej ochronie roślin

SPIS TREŚCI

SZKODNIKI MAGAZYNOWE – PRZEGLĄD WAŻNIEJSZYCH GATUNKÓW ORAZ WYBRANE INTEGROWANE METODY OCHRONY MAGAZYNÓW ZBOŻOWYCH

dr inż Tomasz Klejdysz

Instytut Ochrony Roślin – PIB, Poznań

Centrum Badań Rejestracyjnych Agrochemikaliów 5

dr Wojciech Kubasik

Instytut Ochrony Roślin – PIB, Poznań

Zakład Monitorowania i Sygnalizacji Agrofagów 5

BEZPIECZNE STOSOWANIE FUMIGANTÓW W RAMACH INTEGROWANYCH METOD ZWALCZANIA SZKODNIKÓW PRODUKTÓW PRZECHOWYWANYCH

prof. dr hab. Stanisław Ignatowicz

Konsultacje Entomologiczne, Warszawa..... 25

dr inż. Tomasz Klejdysz
Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy
Centrum Badań Rejestracyjnych Agrochemikaliów
e-mail: t.klejdysz@iorpib.poznan.pl

dr Wojciech Kubasik
Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Monitorowania i Sygnalizacji Agrofagów
e-mail: w.kubasik@iorpib.poznan.pl

SZKODNIKI MAGAZYNOWE – PRZEGLĄD WAŻNIEJSZYCH GATUNKÓW ORAZ WYBRANE INTEGROWANE METODY OCHRONY MAGAZYNÓW ZBOŻOWYCH

Wyżywienie ciągle rosnącej populacji ludzi na Ziemi jest jednym z największych, globalnych wyzwań, jakiemu musi sprostać ludzkość. Siew, uprawa, zbiór i zabezpieczenie upraw przed agrofagami 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 mikroorganizmów i szkodników w magazynach oraz aby zabezpieczyć potrzeby żywieniowe ludzi i zwierząt hodowlanych w ciągu całego roku.

Szkodniki przechowywalniane 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) odcisnięte 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. 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 znajduje 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.

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.

PRZEPISY PRAWA

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 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.

Przed przygotowaniem magazynu do zapelnienia, jak również w trakcie jego użytkowania występuje 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.) 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,
- w zakresie doradztwa dotyczącego środków ochrony roślin w Rzeczypospolitej Polskiej potwierdzone zaświadczeniem o ukończeniu tego szkolenia,

- w zakresie integrowanej produkcji roślin potwierdzone zaświadczeniem o ukończeniu tego szkolenia,
- 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,
- 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 zwolnione są osoby, które spełniają wymagania opisane w ustawie.

Jedną z najczęściej stosowanych metod chemicznej ochrony magazynów jest fumigacja. W przypadku zastosowania środków ochrony roślin metodą fumigacji należy pamiętać, że prowadzenie jej wymaga posiadania szkolenia z zakresu stosowania środków ochrony roślin metodą fumigacji.

RODZAJE MAGAZYNÓW NA PRZYKŁADZIE MAGAZYNÓW ZBOŻOWYCH

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 sásiekowe) oraz komorowe (elewatory lub silosy).

W spichlerzach podłogowych zboże składowane jest w mniejszych i większych pryzmach. 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 sásiekowych zboże składowane jest podobnie jak w spichlerzach podłogowych, ale powierzchnia na której się ono znajduje, podzielona jest ściankami na mniejsze lub większe sektory, tzw. sásieki. Taki podział daje większe możliwości

zagospodarowania powierzchni i pojemności magazynowej niż spichlerze podłogowe oraz pozwala na magazynowanie obok siebie różnych partii, a nawet gatunków zbóż.

Spichlerze komorowe (elewatory lub silosy), to zwykle zbiorniki o cylindrycznym kształcie i pojemności od kilku 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, i w ich przypadku ograniczone są możliwości rozbudowy o kolejne obiekty.

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.

Nowoczesne spichlerze komorowe wyposażone są w systemy: 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.

OGÓLNE ZASADY INTEGROWANEJ OCHRONY MAGAZYNÓW

Integrowana ochrona magazynów 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 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 szkodnikami i chorobami należy w pierwszej kolejności zapobiegać pojawieniu się organizmów szkodliwych, co powinno być osiągnięte m.in. przez:

- prawidłowy zbiór plonu 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 (czyszczenie surowców, przewietrzanie oraz suszenie ziarna i nasion),
- 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 są opracowane. Stosowanie środków ochrony roślin w magazynach powinno być ograniczone do niezbędnego minimum, w szczególności przez zredukowanie dawek lub ograniczenie ilości wykonywanych zabiegów.

HIGIENA OBIEKTÓW I URZĄDZEŃ DO MAGAZYNOWANIA

Zadbanie o czystość magazynu powinno być pierwszą i podstawową czynnością przed przyjęciem do niego nowego ziarna, niezależnie czy przechowujemy go w silosach (blaszanych lub betonowych) czy w zwykłym magazynie płaskim. Pozostałości wcześniej przechowywanych plonów mogą być źródłem infekcji dla nowych partii ziarna. Nawet niewielkie ilości ziarna pozostawione w różnego rodzaju szczelinach, na elementach konstrukcyjnych i w narożnikach pomieszczeń stanowią poważne zagrożenie dla nowych partii ziarna. Dlatego wszelkiego rodzaju zanieczyszczenia powinny być usunięte z magazynów przed ich ponownym napełnieniem. Oprócz pozostałości ziarna należy usunąć też kurz, pajęczyny oraz inne zanieczyszczenia, w których mogą ukryć się szkodniki, stanowią one także rezerwuár zarodników grzybów powodujących pleśnienie ziarna.

Pozornie pustym, nieoczyszczonym magazynom nie poświęca się specjalnej uwagi i poziom zabezpieczeń przed szkodnikami bywa tam często niski. Również w czasie gdy magazyn pozostaje pusty, wszelkiego rodzaju drogi wejścia szkodników (wsypy, otwory wentylacyjne, okna oraz inne) należy odpowiednio zabezpieczać. Szkodniki magazynowe, takie jak gryzonie czy posiadające zdolność lotu owady, chętnie wnikają do takich

pomieszczeń zwabione resztkami ziarna lub nawet samym zapachem, utrzymującym się jeszcze długo po opróżnieniu magazynu.

Dbając o czystość magazynów należy również pamiętać o utrzymaniu w czystości innych urządzeń (suszarnie, taśmociągi itp.), środków transportu (przyczepy) oraz zbioru (kombajny) mających kontakt z plonem. Pozostawienie w nich lub na nich ziarna z poprzedniego sezonu może przekreślić wysiłki włożone w dezynsekcję pustych magazynów. W ww. urządzeniach mogą zalegać resztki ziarna, które nie są w żaden sposób chronione przed szkodnikami. Jeżeli trafią do magazynów wraz z nową partią ziarna, mogą stać się źródłem infekcji i dotkliwych strat. Pamiętać też trzeba o opakowaniach (np. workach), w których mogą być transportowane mniejsze partie ziarna. One również mogą stać się źródłem zakażenia dla świeżego plonu.

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.

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 te parametry. Jeśli do magazynu (silosu) złożone zostanie 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 napełniany jest porcjami kilkakrotnie i ziarno ma różną wilgotność, wtedy pielęgnacja całości powinna przebiegać tak, jak ziarna o najwyższej wilgotności (tab. 1).

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 dużej uwagi, 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 późne). 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.

Przewietrzanie ziarna (wentylowanie, aeracja) 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.

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.

Tabela 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 – ponad 6 miesięcy	14,0 13,0	20,0 20,0
Rzepak: – do 6 miesięcy – ponad 6 miesięcy	8,0 7,0	17,0 17,0
Kukurydza: – paszowa, do wiosny – 6–12 miesięcy – ponad 12 miesięcy	15,5 14,0 13,0	35,0 35,0 35,0

NAJWAŻNIEJSZE SZKODNIKI MAGAZYNOWE

W magazynach zbożowych może pojawić się szereg organizmów szkodliwych: gryzonie, ptaki, grzyby oraz bezkręgowce, takie jak roztocze oraz różnego rodzaju owady. Identyfikacja i postępowanie z roztoczami oraz owadami mogącami powodować straty w magazynach są szczególnie trudne z uwagi na ich różnorodność, duży potencjał rozrodczy oraz trudności związane z ich wykryciem.

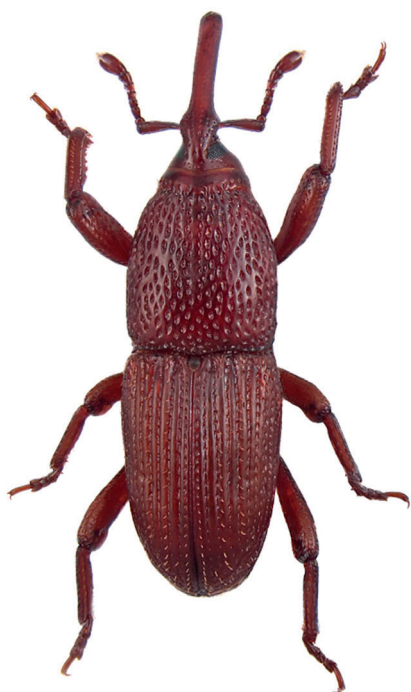
Roztocze to drobne pajęczaki, których długość ciała wynosi poniżej 1 mm. Zazwyczaj obecne są w większości magazynów zbożowych, ale dają o sobie znać dopiero, gdy warunki

będą dla nich odpowiednie. Należą do szkodników wtórnych i rozmnażają się masowo, kiedy ziarno ma podwyższoną wilgotność i temperaturę, często wskutek opanowania przez inne szkodniki (np. wołka zbożowego). Szkody w magazynach zbóż wyrządzają głównie rozkruszkowate (m.in. rozkruszek mączny, drobny, polowo-magazynowy) oraz roztoczkowate (m.in. roztoczek brunatny, suszowy).

Najgroźniejsze owady – szkodniki magazynowanego ziarna to: wołek zbożowy, trojszyk gryzący, trojszyk ulec, kapturnik zbożowy, mklik mączny, a w ostatnich latach coraz większego znaczenia nabiera omacnica spichrzanka. Wymienione gatunki zasiedlają ziarno jako pierwsze, powodując wzrost jego wilgotności i temperatury. Następnie postępuje dalsza degradacja surowca przez grzyby, roztocze oraz wkraczają inne, bardziej wrażliwe szkodniki, takie jak: chrząszcze z rodziny wymiecinkowatych, gryzki, pustosze, rozplaszczyki, spichrzele, mole i wiele innych.

Wołek zbożowy (*Sitophilus granarius* L.)

Chrząszcz o ciele wydłużonym, walcowatym (2,0–5,0 mm), barwy jasnobrązowej do czarnej z lekkim połyskiem. Pancerz chitynowy gruby, przez co ciało wydaje się wyjąt-



kowo twarde. Głowa wyciągnięta w ryjek. Chrząszcze nie posiadają skrzydeł lotnych. Występuje prawie wyłącznie w pomieszczeniach zamkniętych: składach i różnego rodzaju magazynach ziarna. Zasiedla całe, najczęściej nieuszkodzone ziarniaki zbóż.

Rozwój: samica wygryza otwór w ziarniaku, do którego składa jedno jajo, następnie zasklepia go ochronną wydzieliną. W ciągu życia może złożyć około 150 jaj. W jednym ziarniaku rozwija się tylko jedna larwa. Cały cykl rozwojowy przebiega wewnątrz ziarna i z zewnątrz porażone ziarno wygląda na zdrowe. Rozwój szkodnika możliwy jest już w temperaturze 11°C i w wilgotności względnej powietrza wyższej niż 40%. W optymalnych warunkach (30°C i 70% wilgotności) rozwój jednego pokolenia może trwać niecałe 4 tygodnie.

Trojszyk ulec (*Tribolium confusum* Duv.)

Chrząszcz o ciele wydłużonym, nieco spłaszczonym, barwy czerwonoróżowej, długości 2,6–5,0 mm. Występuje w pomieszczeniach zamkniętych, ogrzewanych, takich jak: magazyny, mieszkania, młyny, sklepy, piekarnie. Zasiedla najczęściej ziarna zbóż i produkty ich przerobu jak mąka, chleb, płatki owsiane, otręby.

Rozwój: samica może złożyć w ciągu 8–10 miesięcy ponad 500 jaj (1–15 sztuk dziennie). Rozwój szkodnika możliwy jest w zakresie temperatury 20–38°C i w wilgotności względ-

nej powietrza wyższej niż 10%. W warunkach optymalnych (34°C i 70% wilgotności względnej) rozwój jednego pokolenia może zamknąć się w czasie krótszym niż miesiąc. Szkodnik o dużym znaczeniu gospodarczym. Jest jednym z najczęściej spotykanych szkodników magazynowych na świecie. W ogrzewanych pomieszczeniach może wyrządzić duże straty, zanieczyszczając je wylinkami, odchodami i pyłem powstałym podczas żerowania. Porażone ziarno nie nadaje się do siewu, gdyż chrząszcze i larwy rozpoczynają żerowanie od zarodka. Chrząszcze wydzielają benzochinony nadające zakażonemu produktowi nieprzyjemnego zapachu. Dodatkowo mogą uszkadzać opakowania.

Do trojszyka ulca podobny jest trojszyk gryzący (*Tribolium castaneum* Herbst). Jest on jednak przeciętnie mniejszy od trojszyka ulca. Rozwój i szkodliwość obu gatunków jest podobna.



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

Chrząszcze osiągają od 2,5 do 3 mm długości, ich ciało jest barwy brązowej lub czerwonej, jest wydłużone i cylindryczne. Głowa jest skierowana w dół i przy obserwowaniu chrząszcza od góry nie jest widoczna. Czułki są stosunkowo krótkie, a ich ostatnie trzy człony tworzą wyraźną buławkę. W przedniej części przedplecza znajdują się poprzecznie rozmieszczone rzędy ostro zakończonych wgłosek, wygiętych nieco ku tyłowi. Występuje w magazynach zbożowych. Zasiedla oraz niszczy zarówno całe ziarniaki, jak i połamane i uszkodzone.

Rozwój: samice składają jaja w złożach od 2 do 5 szt. (w sumie ok. 400) bezpośrednio na ziarno lub w wytworzony w wyniku żerowania pył. Szkodnik ten 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 żeruje w pył 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. 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.

Mklik mączny (*Ephestia kuehniella* Zell.)



Motyl osiągający rozpiętość skrzydeł do 25 mm. Przednie skrzydła są szare z mniej lub bardziej zaznaczonymi, ciemniejszymi przepaskami. Poraża różnego rodzaju zboża i produkty z nich wytworzone. W magazynach zbóż preferuje uszkodzone, połamane ziarniaki. Motyle nie pobierają pokarmu i są aktywne tylko w nocy.

Rozwój: samice żyją stosunkowo krótko, bo około 2 tygodni. W tym czasie składają średnio 200 jaj. Szkodliwe są gąsienice, które przędą

lepkie, jedwabne nici. Przędza pokrywa najczęściej ziarno, a pod nią żerują gąsienice. Rozwój może mieć miejsce w temperaturze powyżej 13°C, przy optimum bliskim 30°C. Szkodnik o dużym znaczeniu gospodarczym. Pospolity w magazynach i innych obiektach z produktami mącznymi.

Omacnica spichrzanka (*Plodia interpunctella* Hübner)



Motyl osiąga rozpiętość skrzydeł 14–22 mm i jest charakterystycznie ubarwiony. Nasadowa część przednich skrzydeł jest żółtawa, pozostała ceglasta, czerwona z kilkoma szaroniebieskimi przepaskami. Gatunek w ostatnich latach stał się pospolity i liczny w całej Polsce. Spotkać go można głównie w pomieszczeniach zamkniętych: magazyny, sklepy, pomieszczenia gospodarcze i dla zwierząt. W mieszkaniach jest jednym z najczęściej spotykanych szkodników. W magazynach

zbożowych poraża najczęściej uszkodzone ziarniaki.

Rozwój: samica może złożyć średnio 200 jaj. Gąsienice żerują w oprzędach, a tempo rozwoju uzależnione jest od przyjmowanego pokarmu, temperatury i wilgotności względnej powietrza. W warunkach optymalnych (30°C i 75% wilgotności) pełen cykl rozwojowy szkodnika zamyka się w ciągu jednego miesiąca. W warunkach Polski rozwijają się zwykle dwa lub trzy pokolenia rocznie. W pomieszczeniach ogrzewanych rozwój szkodnika może przebiegać okrągły rok. Motyle nie pobierają pokarmu. Zwykle nie unikają też światła i obserwować je można na ścianach pomieszczeń. Znaczenie gospodarcze omacnicy spichrzanki w ostatnich latach wyraźnie wzrasta. Corocznie wyrządza duże straty.

METODY WYKRYWANIA I MONITORING WYSTĘPOWANIA SZKODNIKÓW W MAGAZYNACH

Najprostszą metodą wykrywania szkodników w ziarnie jest jego dokładne obejrzenie. Jednak jest to czasochłonne, pracochłonne i mało skuteczne przy niewielkim zagęszczeniu szkodników. Sprawdza się ona przy wykrywaniu gąsienic motyli, które żerują najczęściej na powierzchni ziarna i wytwarzają przędzę.

Znacznie skuteczniejsze do wykrywania innych szkodników magazynowych jest zastosowanie sita o rozmiarze oczek nieco mniejszym niż wielkość ziarniaków. W praktyce najlepiej sprawdza się sito o oczkach 2 mm. Umożliwia ono oddzielenie od ziarna większości szkodników magazynowych. Przesiewać należy niewielkie partie ziarna, tzn. 1–2 litry, pobierane z różnych miejsc przyzmy w magazynie płaskim lub z dostępnych miejsc w silosach. Materiał, który zostanie odsiany od ziarna należy zebrać do pojemnika i przejrzeć, najlepiej z wykorzystaniem lupy lub szkła powiększającego. Do wykrycia porażenia ziarna przez rozkruszki lub inne roztocze lepiej jest zastosować sito o mniejszych rozmiarach oczek, np. 1 mm. Zebrany wcześniej materiał (z przesiania ziarna sitem o większych oczkach) przesiać ponownie na czarną kartkę papieru lub inny ciemny, gładki materiał, tworząc cienką, równomierną warstwę. Roztocze mają jasne ciało i krótko po przesianiu zaczną przemieszczać się po powierzchni kartki, tworząc maleńkie korytarze w pyłe.

Przesiewanie daje dobre efekty przy wykrywaniu jawnego porażenia ziarna przez chrząszcze, larwy części gatunków oraz przy poszukiwaniu roztoczy. Można tą metodą wykryć również martwe owady i inne zanieczyszczenia ziarna. Metoda ta jest jednak nieskuteczna przy wykrywaniu stadiów szkodników żerujących wewnątrz ziarniaków. Należą do nich larwy wołków (zbożowy, ryżowy, kukurydzowy), kapturnik zbożowy oraz gąsienice skośnika zbożowiaczka. Zasiedlone przez larwy tych gatunków ziarno zewnętrznie wygląda na wolne od szkodników, a jego wnętrze jest wyjadane przez larwy owadów. Niewykryte w porę, ukryte porażenie może skutkować dotkliwymi stratami podczas magazynowania.

Wykrycie ukrytego porażenia ziarna jest znacznie trudniejsze niż owadów żyjących na jego powierzchni. Wymaga dobrze wyposażonego laboratorium oraz przeszkolonego personelu. Większość znanych metod jest droga i skomplikowana. Stosunkowo łatwą do przeprowadzania jest metoda flotacji, która wykorzystuje fakt, że ziarniaki, w których rozwijają się larwy są lżejsze od niezasiedlonych i unoszą się na powierzchni wody, podczas gdy zdrowe opadają na dno. Metoda ta jednak nie jest zbyt dokładna, np. niedojrzałe, opalone przez grzyby ziarniaki również unoszą się na powierzchni. Metoda ta nie wykrywa również ziarniaków, w których dopiero zostały złożone jaja.

Miejsca na ziarniakach, gdzie złożone zostały jaja przez wołka można wykryć wykorzystując jedną z metod barwienia, np. kwaśną fuksyną. Moczoną przez ok. 2 minuty próbkę ziarna przenosi się do roztworu wodnego kwaśnej fuksyny (ok. 1 litr wody na 0,5 grama kwaśnej fuksyny, z niewielkim dodatkiem octu) na kolejne 2–3 minuty, a następnie

płucze pod bieżącą wodą. Próbkę ziarna podczas zabiegu najlepiej przetrzymywać na sicie i zmieniać jedynie kąpiele. W przypadku, gdy do ziarniaków wołki złożyły jaja, na ich powierzchni widoczne będą niewielkie, intensywnie czerwono zabarwione punkty.

Dobłą, choć długotrwałą metodą wykrywania porażenia ukrytego ziarna (zarówno jaj, jak i larw) jest hodowla próbek w cieplarni. W tym celu niewielkie partie ziarna umieszcza się w słojach zabezpieczonych drobną tkaniną i przechowuje w warunkach optymalnych dla rozwoju większości szkodników magazynowych, tj. w temperaturze 24–28°C i wilgotności ok. 80%. Tak założoną hodowlę należy kontrolować co kilka dni. Jeżeli w pojemnikach pojawiają się szkodniki, można mieć pewność, że zaczną się one pojawiać wkrótce również w partii ziarna, z której pobraliśmy próbki.

Najmniej pracochłonną i bardzo skuteczną metodą wykrywania szkodników owadzych w magazynowanym ziarnie (ale również w magazynach pustych) jest użycie pułapek. Używa się do tego celu pułapki feromonowe oraz mechaniczne, uniemożliwiające wydostanie się szkodników, które na nie lub do nich trafiły.

Do monitoringu owadów latających bardzo dobrym rozwiązaniem są różnego rodzaju pułapki lepowe. W połączeniu z atraktantami, takimi jak feromony, stają się szczególnie skuteczne na konkretne gatunki szkodników. Atraktanty mogą też być wykorzystywane w pułapkach lejkowych, gdzie odłowione owady zostają uwięzione w pojemniku pod lejkiem. Na zasadzie lepu działają również pułapki typu „delta”.

Do monitoringu występowania chrząszczy przebywających w masie ziarna warto zastosować pułapki typu „pitfall”, które umieszcza się wewnątrz przytmy lub w silosie. Posiadają one otwory umożliwiające wejście szkodników, które następnie uwięzione zostają w niżej położonym pojemniku.

W magazynach płaskich sprawdzą się również pułapki podłogowe. Odławiają one chrząszcze (wołki, trojszyki, spichrzele i inne), które dodatkowo wabione mogą być różnego rodzaju atraktantami umieszczanymi w tych pułapkach.

Przy stosowaniu pułapek trzeba pamiętać o ich kontrolowaniu. Należy to robić przynajmniej raz w tygodniu, a nawet częściej.

Szkodniki owadzie łatwiej wykryć w pustym magazynie niż w zapełnionym. W poszukiwaniu pokarmu wędrują one często po podłodze, ścianach i elementach konstrukcyjnych. Szczególnie chętnie przebywają na parapetach okiennych, w pobliżu lamp oraz w różnego rodzaju wilgotnych i ciemnych zakamarkach. Do obserwacji owadów w pomieszczeniach magazynowych przydatne jest dodatkowe oświetlenie (np. latarka) oraz lupa lub szkło powiększające. Należy zwracać również uwagę na skupiska przędzy, przypominające gęstą pajęczynę, pod którymi często przebywają gąsienice moli lub omacnicy spichrzanki.

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

- odgłosy ich aktywności. W zasiedlonym przez gryzonia pomieszczeniu można usłyszeć różne odgłosy świadczące o ich aktywności. Gryzonia hałasują

szczególnie nocą, gdy wspinają się po ścianach, pochyłych zadaszeniach i 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 wacha 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,
- inne (ślady po moczu, zapach, smugi zabrudzeń po ocieraniu się, ślady stóp i ogona, ścieżki, uszkodzone produkty i elementy konstrukcyjne budynku, nory).

METODY DEZYNSEKCJI PUSTYCH MAGAZYNÓW

Szkodniki magazynowe, takie jak rozkruszki i owady mają niewielkie rozmiary ciała i mogą zostać przeoczone przy inspekcjach oraz oczyszczaniu powierzchni magazynowych. Larwy oraz formy dorosłe szkodników potrafią ukryć się w niedostępnych miejscach. Należy zatem pamiętać, że ważnym zabiegiem przed przyjęciem nowej partii ziarna jest dokonanie profilaktycznej dezynsekcji powierzchni magazynowych. Elementy magazynów można opryskać insektycydami kontaktowymi, jednak zdecydowanie lepszą metodą jest zastosowanie świec dymnych lub fumigantów. Fumigacja oraz użycie świec dymnych daje lepszy efekt zwalczania niż opryskiwanie, gdyż gaz dociera do wszystkich zakamarków pomieszczeń magazynowych. Ponadto działa również na stadia szkodników trudne do zwalczania insektycydami kontaktowymi, tj. jaja i larwy ukryte wewnątrz ziarniaków oraz jaja złożone w inne miejsca w magazynie (stadium jaja z uwagi na niewielką wymianę gazową z otoczeniem jest szczególnie trudne do unieszkodliwienia). Użycie świec dymnych lub fumigantów nie podnosi też niepotrzebnie wilgotności w pomieszczeniach magazynowych (jak ma to miejsce przy stosowaniu oprysków opartych na wodzie), tym samym mniejsze jest niebezpieczeństwo pojawienia się grzybów pleśniowych.

Wykonanie zabiegów profilaktycznej dezynsekcji pustych pomieszczeń magazynowych najlepiej powierzyć wyspecjalizowanym firmom DDD (Dezynsekcja, Dezynfekcja, Deratyzacja). Zamknięte pomieszczenia przy stosowaniu środków ochrony roślin stanowią duże zagrożenie dla niedoświadczonego użytkownika, tym bardziej, że wykorzystywane

w nich preparaty charakteryzują się zwykle wyższą szkodliwością w porównaniu ze środkami ochrony roślin stosowanymi na polach. Lista dopuszczonych do stosowania środków, które można wykorzystać do odkażania pustych przestrzeni magazynowych dostępna jest na stronie internetowej Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Opryskiwanie pustych pomieszczeń, przy zastosowaniu preparatów zawierających np. pirymifos metylowy powinno być przeprowadzone przy użyciu ręcznego lub spalinowego opryskiwacza plecakowego. Cienką warstwą cieczy należy pokryć sufit, ściany i podłogi pomieszczeń magazynowych. Należy jednak uważać, aby nie stosować preparatu na elementy metalowe, gdyż pirymifos metylowy ma właściwości utleniające i może spowodować ich korozję.

Preparaty zawierające pirymifos metylowy można też stosować do odymiania pustych pomieszczeń magazynowych. Przed wykonaniem zabiegu konieczne należy uszczelnić pomieszczenie. Jedna świeca dymna wystarcza na pomieszczenia o kubaturze do 500 m³. 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.

Oprócz zarejestrowanych środków ochrony roślin, dopuszczonych do stosowania w pustych magazynach, na rynku dostępne są tzw. biocydy. Są to substancje nieprzeznaczone do kontaktu z żywnością i surowcami do jej wytworzenia. Nie zostały przebadane pod kątem wpływu na magazynowane produkty i należy zachować szczególną ostrożność przy ich stosowaniu i zawsze przestrzegać zasad opisanych w etykiecie.

PODEJMOWANIE DECYZJI O ZWALCZANIU SZKODNIKÓW W MAGAZYNACH ZBOŻOWYCH

Do podjęcia decyzji o zwalczaniu szkodników potrzebne są informacje o stopniu porażenia i dane o tempie wzrostu ich liczebności (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% 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 go 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: kaptownika zbożowca, rozplaszczyka rdzawego, trojszyka gryzącego i spichrzela surynamskiego jest znacznie wolniejsze niż wołka ryżowego.

Na podstawie analizy wzrostu liczebności szkodników w magazynie można zdecydować 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.

METODY OGRANICZANIA SZKÓD W MAGAZYNACH

METODY NIECHEMICZNE

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 Velloxy) 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 fosforowodem jest tu wystarczające.

Wysoka i niska 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. Większość szkodników preferuje temperatury w zakresie od 13 do 35°C (tab. 2).

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 temperatury -15°C lub niższej. Zamrażanie powinno być szybkie, aby zapobiec aklimatyzacji szkodników.

Tabela 2. 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

Inne metody fizyczne: promieniowanie jonizujące, promienie ultrafioletowe (UV), ciśnienie, dźwięk, pyły obojętne.

METODY BIOTECHNICZNE

Metoda ta wykorzystuje różne rodzaje pułapek do wyłapywania szkodników. Obecnie pułapki najczęściej stosuje się do wykrywania szkodników owadzych, 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.

MECHANICZNE METODY ZWALCZANIA GRYZONI

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

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

METODA BIOLOGICZNA

Wykorzystuje wrogów naturalnych szkodników magazynowych w ograniczaniu ich liczebności. W metodzie biologicznej wykorzystać można: pożyteczne owady (drapieżniki i pasożyty), roztocze, nicienie, bakterie, grzyby, wirusy i pierwotniaki. Metoda ta jednak jest problematyczna z wielu względów i efekty jej działania pojawiają się stosunkowo późno, przez co nie jest szeroko stosowana. Należy jednak zaznaczyć, że organizmy pożyteczne pojawiają się często w magazynach spontanicznie i ograniczając liczebność szkodników będą niezauważone.

METODA CHEMICZNA DEZYNSEKCJI ZIARNA

Opryskiwanie insektycydami wymaga stosunkowo dużego nakładu pracy, a preparat często nie dociera do wszystkich miejsc, gdzie znajdują się szkodniki magazynowe. Ziarno, aby zostało odpowiednio zabezpieczone tą metodą, powinno być równomiernie pokryte preparatem. Do wykonania zabiegu można wykorzystać moment transportu ziarna do silosów lub binów opryskując zboże poruszające się po pasie transmisyjnym. Dostęp do strumienia ziarna jest też przydatny przy stosowaniu metody gazowania. Tabletki, z których w kontakcie z wilgocią uwolni się fosforowodór można stopniowo dodawać w trakcie napełniania magazynu pionowego. W przypadku zabiegu fumigacji w magazynie płaskim, tabletki (lub pastylki albo saszetki) ze środkiem należy umieścić wewnątrz pryzmy, używając specjalnego zgłębnika lub rury. Aby ulatniający się fosforowodór równomiernie rozprzestrzeniał się w masie ziarna dobrze jest je przykryć nieprzepuszczalną folią lub plandeką. Zarówno w przypadku magazynów pionowych, jak i płaskich, pomieszczenia te powinny być szczelne. Unikamy wówczas strat substancji czynnej oraz niebezpieczeństwa zastosowania za niskiej dawki środka (który może ulotnić się poza pomieszczenia magazynowe), co może skutkować mniejszą skutecznością zabiegu.

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. Główne zasady integrowanej ochrony magazynów, na przykładzie magazynów zbożowych:

- 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 są zgodne z odpowiednimi przepisami prawa,
- przed zmagazynowaniem ziarna, pomieszczenie, w którym będzie się ono 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, doczyszczane i dosuszone ziarno,
- po zmagazynowaniu ziarna należy prowadzić zabiegi tzw. pielęgnacji poźniwej (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 wypełnionych,
- 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 przym,
- stosować i dobierać środki ochrony roślin w zależności od stwierdzonych gatunków szkodników. W przypadku szkodników rozwijających się wewnątrz ziarniaków (wołki, kapturki zbożowiec, skośnik zbożowiaczek) wykonać gazowanie (fumigację), a w przypadku pozostałych szkodników, których cały cykl rozwojowy odbywa się w wolnych przestrzeniach międzyziarnowych, 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 jego 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.

prof. dr hab. Stanisław Ignatowicz
Konsultacje Entomologiczne, Warszawa
e-mail: stanislaw.ignatowicz@gmail.com

BEZPIECZNE STOSOWANIE FUMIGANTÓW W RAMACH INTEGROWANYCH METOD ZWALCZANIA SZKODNIKÓW PRODUKTÓW PRZECHOWYWANYCH

W przechowywanych plonach zebranych z pól, w produktach spożywczych i paszach występują i często powodują poważne straty różne gatunki owadów, roztoczy i gryzoni, które zaliczane są do grupy szkodników magazynowych. Szkodniki te zjadają magazynowane produkty, zanieczyszczają je wylinkami i trupami, wydalinami oraz odchodami, zakażają bakteriami i grzybami. Powodują również zawilgocenie i zagrzewanie ziarna – jeśli zasiedlają je licznie. Straty powodowane przez szkodniki magazynowe możemy zmniejszyć stosując różne sposoby zwalczania owadów i roztoczy.

Wprowadzenie do powszechnego użycia chemicznych środków ochrony roślin, stworzyło wrażenie łatwego zwalczania organizmów niszczących rośliny w polu i zgromadzonych plonów w magazynach. W XX wieku do ochrony zmagazynowanych produktów przed szkodnikami magazynowymi powszechnie stosowano szeroką gamę chemicznych środków ochrony roślin.

Wraz z rozwojem wiedzy na temat negatywnego wpływu środków ochrony roślin 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. Zmniejszała się więc liczba dozwolonych chemicznych środków ochrony roślin przeznaczonych do zwalczania szkodników magazynowych.

Potrzeba poszukiwania nowych rozwiązań, które pozwoliłyby zapewnić ochronę 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** przed szkodnikami i chorobami, a także integrowanej ochrony zebranych z pól plonów.

Integrowana ochrona przechowywanych produktów przed szkodnikami i chorobami polega więc na wykorzystaniu wszystkich dostępnych metod ochrony, w szczególności metod niechemicznych, w sposób opłacalny i 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 przechowywanych produktów przed szkodnikami i chorobami pozwala ograniczyć stosowanie chemicznych środków ochrony roślin do niezbędnego minimum i w ten sposób umożliwia ograniczenie ich presji na środowisko naturalne oraz chroni zdrowie ludzi i zwierząt oraz różnorodność biologiczną środowiska rolniczego.

W okresie przechowywania produkty rolnicze są chronione przed szkodnikami różnymi metodami – składowymi integrowanej ochrony. Można je podzielić na 2 grupy: (a) metody pośrednie (zapobiegawcze) i (b) metody bezpośredniego zwalczania (interwencyjne).

Z metod bezpośrednich najbardziej skuteczne są metody chemiczne polegające na stosowaniu preparatów gazowych, czyli fumigantów. Do 2005 r. w Polsce były zarejestrowane do fumigacji tylko dwa gazy: bromek metylu i fosforowodór. Są to gazy, które docierają do produktów tam, gdzie nie wnikają pestycydy o działaniu kontaktowym. Niszczą szkodniki szybko i skutecznie, ale są niebezpieczne dla ludzi, zwierząt i środowiska. Bromek metylu bardzo skutecznie niszczy ozon w stratosferze. Z tego powodu zgodnie z Protokołem Montrealskim wycofaliśmy bromek metylu z zastosowań w rolnictwie z dniem 1 stycznia 2005 r. Obecnie do fumigacji możemy stosować tylko **fosforowodór**. Jednak jego znaczenie może być w najbliższej przyszłości bardzo ograniczone, gdyż szkodniki łatwo tworzą rasy odporne na ten gazowy środek ochrony roślin.

Niechemiczne metody zwalczania szkodników w magazynach są dlatego ważne i dobrze poznane, ale w praktyce są stosowane na małą skalę. Potrzebny jest z naszej strony poważny wysiłek badawczo-wdrożeniowy, aby metody te znalazły trwałe i właściwe miejsce w praktyce przechowalniczej, szczególnie wtedy, gdy z powodu pojawienia się ras odpornych szkodników na fumiganty, zabraknie nam środków do gazowania zmagazynowanych zbóż. Rola metod niechemicznych w ochronie przechowywanych produktów niewątpliwie rośnie, gdyż od 2014 r. obowiązują w produkcji rolniczej zasady integrowanego zwalczania szkodników roślin i produktów przechowywanych.

Jak już stwierdzono, integrowane zwalczanie szkodników roślin i produktów przechowywanych polega na łącznym stosowaniu wszystkich dostępnych metod i sposobów niszczenia szkodników w celu obniżenia liczebności szkodliwych zwierząt w sposób skuteczny, ekonomiczny oraz bezpieczny dla środowiska i zdrowia ludzi. A więc w systemie tym bardzo ważną rolę odgrywają metody zapobiegawcze (np. higieniczne, dbałość o szczelność techniczną obiektu), ale często nie są stosowane lub są wykonywane niedbale.

SZCZELNOŚĆ TECHNICZNA BUDYNKU

Przed złożeniem zebranych z pól plonów w magazynie czy silosie należy obiekt magazynowy poddać szczegółowej inspekcji, podczas której trzeba wykazać wszelkie uszkodze-

nia i nieszczelności obiektu, przez które z zewnątrz wnikają szkodniki. Różne szkodniki, a szczególnie gryzonie, przedostają się do magazynu z zewnątrz przez szczeliny i szpary w drzwiach. Młoda mysz przecisnie się przez szparę większą niż 6 mm, a młody szczur przez szczelinę wysokości 12 mm. Gdy magazyn jest szczelny, wtedy nie wtargną do niego szkodniki z zewnątrz i nie będzie potrzeby ich zwalczania. Sprawdzić więc trzeba, czy wszystkie drzwi po zamknięciu szczelnie przylegają do ścian i podłogi. Wszelkie niedociągnięcia w ich szczelności należy usunąć.

Największym błędem jest pozostawianie otwartych drzwi, szczególnie wtedy, jeśli otwierają się na zewnątrz. Zawsze należy za sobą zamykać drzwi, jeśli nie używa się ich do załadunku lub wyładunku.

Okna w magazynie z produktami spożywczymi w ogóle nie są zalecane! Jeśli już są i używa się ich do wietrzenia składu, wtedy koniecznie muszą być zaopatrzone w siatkę o drobnych oczkach (<1 mm). W przeciwnym razie nie należy ich otwierać. W ten sposób ogranicza się wnikanie owadów latających do magazynu.

Otwory w ścianie, przez które przechodzą przewody elektryczne i rury, zawsze powinny być dokładnie uszczelnione, gdyż owady również przez nie wnikają do środka. Jeśli otwory te są większe, wtedy przejdą też gryzonie.

METODY HIGIENICZNE

Metody higieniczne obejmują wszelkie ogólnogospodarcze zabiegi sanitarne mające na celu niedopuszczenie do rozwoju szkodników w magazynach. Czystość w pomieszczeniach musi być utrzymywana przez cały rok, a gruntowne porządki należy wykonywać co najmniej dwa razy do roku.

Czyszczenie i mycie powierzchni magazynowej ma na celu utrzymanie budynków gospodarczych wolnych od szkodników. W okresie przedźniwnym, gdy magazyny i silosy na ogół są puste, należy wykryć wszystkie miejsca, w których gromadzą się odpadki, stare ziarno, kurz, brud i inne nieczystości. Resztki „starego ziarna” mogą wabić szkodniki z innych pomieszczeń lub z zewnątrz.

Obecność zanieczyszczeń w pomieszczeniu jest niepożądana, gdyż stanowi poważne ryzyko skażenia świeżych plonów. Stare resztki ulegają rozkładowi i na nich rozwijają się mikroorganizmy (grzyby, bakterie) i szkodniki. Sprzątanie, czyszczenie i mycie magazynu są bardzo ważnymi czynnościami, które należy przeprowadzać systematycznie.

Gdy pomieszczenia są puste, wtedy ich ściany, sufit i podłogę należy dokładnie oczyścić usuwając resztki ziaren zbóż, nasion i innych produktów, a także śmieci, zmiotki, pajęczynę i kurz. Po oczyszczeniu ścian, podłóg, okien i sufitów z pyłu oraz po wyskrobaniu zanieczyszczeń z różnych szczelin i pęknięć, wszelkie szpary należy zaspachlować zaprawą murarską lub kitem okiennym. Te czynności należy wykonać starannie,

pamiętając o tym, że zabiegi opryskiwania z zastosowaniem insektycydów są zazwyczaj nieskuteczne, gdy zostaną przeprowadzone na zapyłonej powierzchni. Pochłania ona preparaty owadobójcze i ogranicza kontakt szkodników z naniesionym insektycydem. Z tych powodów aktywność wielu dobrych środków w pomieszczeniach zapyłonych i brudnych jest krótka i niska.

Po wykonaniu sprzątania, czyszczenia i mycia, w pustym magazynie należy rozmieścić pułapki lepowe na szkodniki biegające i owady latające, aby potwierdzić, że magazyn jest wolny od szkodników. Jeśli w pomieszczeniu stwierdzone zostaną chociaż pojedyncze szkodniki, np. wołki, trojszyki, czy mkliki, wówczas należy wykonać zabieg ich zwalczania za pomocą insektycydów. Możliwe jest zastosowanie środka ochrony roślin, np. Actellic 500 EC metodą opryskiwania, albo Actellic 20 FU metodą odymiania, względnie fosforowodór metodą gazowania.

Ziarno zbóż w polu nie jest atakowane przez wołki, trojszyki, mkliki, czy omacnicę spi-chrzanek. Te owady zaliczane są do grupy szkodników magazynowych, bo zasiedlają produkty rolnicze po ich złożeniu w magazynie. Pojawiają się np. w zbożu dlatego, że nie zostały wytępione w pustych magazynach przed żniwami albo przedostały się z zewnątrz do budynku gospodarczego, np. z nową partią ziarna zbóż i pasz z innego magazynu. Z tych powodów magazyny częściowo lub całkowicie wypełnione należy chronić przed przywleczeniem szkodników z zewnątrz. Produkty i opakowania przed złożeniem do magazynu należy kontrolować czy nie zawierają szkodników. Produkty zanieczyszczone szkodnikami nie powinny być składowane w pobliżu „zdrowych”.

Gdy detektory szkodników (pułapki lepowe, pułapki chwytne, pułapki feromonowe) wykażą obecność ich w magazynie, wtedy należy zastosować **interwencyjne metody zwalczania szkodników**, wśród których ważną rolę mogą odegrać niechemiczne metody fizyczne, biotechniczne i biologiczne.

METODY 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.

Kontrolowaną (= zmodyfikowana) 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 Velloxy) lub po dodaniu ditlenku węgla (CO_2) w celu obniżenia zawartości tlenu poniżej 8% . Ostatnio 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 $25\text{--}30^\circ\text{C}$, więc zabieg zwalczania szkodników tą metodą jest zabiegiem trwającym długo.

Zwykle uszczelnienie pomieszczeń przygotowane do gazowania fosforowodorem jest tu wystarczające, jednak gdy stosowany jest ditlenek węgla pod ciśnieniem 20–30 barów, wtedy specjalne komory fumigacyjne są niezbędne. Zabieg jest szybki, ale droższy od fumigacji fosforowodorem, gdyż wysokie są koszty komór fumigacyjnych. Z tych powodów metodę stosuje się do dezynsekcji cennych produktów: zioła, przyprawy, kawa, kakao. W naszym kraju działa już kilka przemysłowych instalacji, w których do zwalczania szkodników wykorzystuje się ditlenek węgla pod wysokim ciśnieniem.

Coraz częściej stosowana jest wysoka temperatura, która działa zabójczo na szkodniki magazynowe. W temperaturze powyżej 35°C następuje spowolnienie rozwoju szkodników, a temperatury powyżej 50°C powodują nieodwracalne i szkodliwe zmiany w wyniku denaturacji białek wchodzących w skład szkodników i wyniku ich odwodnienia. W prostych zastosowaniach wystarcza krótkotrwale ogrzewane do temperatury 50–70°C i następnie schłodzenie. 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 min. Zabieg jest jednak bardzo energochłonny, a metoda wymaga zainwestowania znacznych środków finansowych w celu wybudowania instalacji do stosowania ogrzewania większych partii produktów w komorach grzewczych i/lub próżniowych.

Częściej stosujemy wysokie temperatury do dezynsekcji urządzeń w pomieszczeniach, całych młynów, magazynów i innych obiektów. Powietrze jest ogrzewane do temperatury około 60°C w specjalnych piecach stojących na zewnątrz budynku i następnie wprowadzane do pomieszczeń specjalnymi przewodami. W innej technologii piece znajdują się wewnątrz budynku i są zasilane energią elektryczną. Ogrzane powietrze jest rozprowadzane równomiernie po pomieszczeniu specjalnymi wentylatorami podłogowymi.

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 są żywe nawet przez wiele miesięcy, chociaż ich stadia rozwojowe giną. Szkodniki pochodzenia tropikalnego, do których zaliczane są: wołki ryżowe (*Sitophilus oryzae*), wołki kukurydzowe (*S. zeamais*), ukrytek mauretański (*Tenebrioides mauritanicus*) i świrdrzyk cygarowiec (*Lasioderma serricorne*) są wrażliwe, natomiast inne pochodzenia rodzimego (rozplaszczki, *Cryptolestes* spp., strąkowce, rozkruszki i larwy motyli) są odporne. 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.

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. Motyle są znacznie bardziej odporne na sterylizujące działanie promieniowania jonizującego niż chrząszcze i rozkruszki. Często dawka 1 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 muszą dobrze penetrować napromieniowywany materiał. Gdy stosowane są przenikliwe promienie X lub gamma, wtedy warstwa produktów lub opakowań może być znaczna. Natomiast grubość materiałów napromieniowywanych przyspieszonymi elektronami powinna być dostosowana do ich przenikliwości. Elektrony przyspieszone w akceleratorach nadają się szczególnie do dezynsekcji materiałów sypkich (ziarno zbóż).

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

Pyły obojętne są od dawna zarejestrowane w niektórych krajach i stosowane w ochronie ziarna zbóż i nasion innych roślin 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 metodami chemicznymi 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 dodane do suchego ziarna zbóż zapewniają ochronę produktu przez kilka lat. Zawiesiny wodne niektórych pyłów stosuje się w profilaktycznych zabiegach opryskiwania pustych magazynów. Szczególnie skuteczne są w suchych materiałach i suchych pomieszczeniach magazynowych. W naszych przechowalniach nie znajdują jednak szerszego zastosowania, gdyż tracą owadobójcze właściwości w wilgotności wyższej niż 75% w.w.p. Ziemia okrzemkowa (amorficzne uwodnione krzemiany) otrzymywana z osadów okrzemkowych jest dodawana do przechowywanego ziarna w dawce 1 kg/t lub nawet mniejszej.

METODY BIOTECHNICZNE

W ostatnich latach coraz częściej stosuje się metody biotechniczne w formie rozmieszczonych chwytnych pułapek feromonowych, nie tylko do wykrywania wczesnego porażenia przechowywanych produktów, ale nawet do bezpośredniego zwalczania szkodników w magazynach. Feromony są związkami chemicznymi wydzielanymi przez owady i inne bezkręgowce do środowiska, na które reagują, określonym zachowaniem, osobniki tego samego gatunku. W zależności od pełnionych funkcji wyróżnia się feromony: płciowe, alarmowe, znacznikowe, agregacyjne, dystrybucyjne.

U szkodników magazynowych są dwa podstawowe typy komunikowania się za pomocą feromonów. U owadów, których osobniki dorosłe żyją krótko (do jednego miesiąca) i w tym okresie nie odżywiają się, samice wydzielają feromon płciowy, na który reagują samce (mkliki, strąkowce, skórnikowate). U owadów, których osobniki dorosłe żyją długo (ponad miesiąc) i muszą się odżywiać w okresie reprodukcji, samce produkują feromony agregacyjne, na które reagują samice i samce (np. wołki, trojszyki).

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 dyspenser feromonowy. Z dość 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 poprzez rozmieszczenie 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, polegającą na tym, że do pułapki wabiącej dodaje się insektycydy (np. pyretroidy, biopreparaty – *Bacillus thuringiensis*, wirusy lub zarodniki grzybów owadobójczych), aby wywołać wśród szkodników epidemię.

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

METODY BIOLOGICZNE

Biologiczne metody ochrony produktów magazynowanych przed szkodnikami zaliczane są do metod zapobiegawczych, gdyż zastosowane czynniki biologiczne mogą przez dłuższy czas chronić przechowywane produkty. Stosuje się klasyczne metody biologiczne polegające na wykorzystaniu drapieżców i parazytoidów oraz metody mikrobiologiczne.

Możliwości szerszego stosowania klasycznych metod biologicznych są jednak ograniczone, gdyż każdy owad, pożyteczny czy szkodnik, nie powinien znajdować się w produkcie spożywczym. W niektórych sytuacjach można wykorzystywać tylko małe, drobne organizmy pożyteczne (*Bracon hebetor*, *Trichogramma evanescens*, *Xylocoris flavipes*), które najczęściej przebywają poza warstwą przechowywanego produktu i pojawiają się w produkcie tylko wtedy, gdy atakują szkodniki.

Większe możliwości stosowania w ochronie produktów magazynowych mogą mieć metody mikrobiologiczne. Przeprowadzono udane próby zwalczania szkodników magazynowych za pomocą preparatów zawierających bakterie, wirusy i pierwotniaki. Już w 1927 r. zwalczano szkodliwe gąsienice motyli w magazynach za pomocą *B. thuringiensis* Berl. Pozostałości preparatów opartych o *B. thuringiensis* działają ponad rok i skutecznie niszczą wrażliwe gatunki. Niestety, stwierdzono już pierwsze przypadki odporności larw motyli na *B. thuringiensis*. Pojedyncze preparaty wirusowe (głównie bakulowirusy) są już produkowane i stosowane w magazynach. Wirusy i pierwotniaki mogą być stosowane w metodzie zwalczania szkodników magazynowych, polegającej na przywabianiu ich do pułapek feromonowych i niszczeniu.

Jeśli po wykonaniu podstawowych zabiegów higienicznych w magazynie i silosie stwierdzimy występowanie pojedynczych szkodników, np. wołków, trojszyków, czy mklików, wtedy konieczne jest zwalczanie szkodników metodą chemiczną. Do wyboru mamy środki ochrony roślin o kontaktowym lub gazowym działaniu na szkodniki.

ZWALCZANIE SZKODNIKÓW W PUSTYCH MAGAZYNACH I SILOSACH

Opryskiwanie jest pospolitym zabiegiem chemicznym, który polega na nanoszeniu na powierzchnię cienkiej warstewki cieczy przy pomocy ręcznego lub spalinowego opryskiwacza plecakowego. Krople cieczy roboczej dobrze przyczepiają się i pokrywają chronioną

powierzchnię, dlatego na opryskiwanie decydujemy się, jeśli zależy nam na dokładności i dłuższym działaniu środka ochrony roślin.

Opryskiwanie należy przeprowadzać według szczegółowej instrukcji stosowania podanej w etykiecie wybranego preparatu. Po zabiegu pomieszczenie należy pozostawić możliwie jak najdłużej zamknięte (min. 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 z tych miejsc szkodniki mogą przedostać się do wewnątrz.

Preparat Actellic 500 EC w 1 litrze zawiera 500 g substancji czynnej (s.c.z.) – pirymifos metylowy, który decyduje o wysokiej skuteczności preparatu w zwalczaniu pierwotnych (wołki, strąkowce, kapturki zbożowce, skórek zbożowy) i wtórnych (rozkruszki, trojszyki, spichrzak surynamski, ukrytek mauretański) szkodników przechowywanego ziarna zbóż. Actellic 500 EC jest środkiem owadobójczym w formie koncentratu do sporządzania emulsji wodnej. Charakteryzuje go dobre działanie kontaktowe, żołądkowe i oddechowe na szkodniki magazynowe.

Ciecz roboczą Actellic 500 EC uzyskujemy po uzupełnieniu 1 litra środka do 10 l wodą. Otrzymany w ten sposób roztwór preparatu wystarcza na 1000 m² powierzchni ścian, podłóg i sufitów. Przed przystąpieniem do dezynsekcji należy szczelnie zamknąć drzwi i okna oraz wyłączyć wentylację. Podczas wykonywania zabiegu zwrócić należy 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 preparat Actellic 20 FU metodą odymiania. Przed wykonaniem zabiegu trzeba zamknąć wszystkie wentylatory i okna oraz uszczelnić pomieszczenie. Dla uzyskania najlepszej skuteczności podłogi i przylegające do niej części ścian należy wcześniej opryskać preparatem owadobójczym o działaniu kontaktowym, po czym wykonać odymianie.

Jedna świeca dymna Actellic 20 FU wystarcza na 500 m³ pomieszczenia. Po zapaleniu świecy dym wznosi się do góry w kształcie 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. Wtedy 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 najdalszego końca obiektu zbliżając się do wyjścia. Świecę wstrząsnąć w celu rozluźnienia zawartości, zerwać metalową folię i zapalić wystający zapalnik zapalką lub zapalniczką (nie należy wyjmować zapalnika). W razie zapalenia się płomienia trzeba zdmuchnąć. Zapalnik

tli się około 20 sekund zanim nastąpi wydzielanie się preparatu. Po zapaleniu wszystkich świec należy szybko opuścić odymiany obiekt i zamknąć go na okres 24 godzin.

Metoda odymiania pustych magazynów za pomocą świec Actellic 20 FU 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 warunki do rozwoju grzybów pleśniowych.

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

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 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.

Przechowywane ziarno musi być stale suche. Najlepsza jest wilgotność poniżej 12%, a 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 zboża i produkty jego przemiału powinny być stale sprawdzane,

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 dostępne są nieliczne środki ochrony roślin do stosowania bezpośrednio **na ziarno, które przeznacza się do konsumpcji**:

- Actellic 500 EC z substancją czynną pirymifos metylowy (i jego odpowiedniki: Magazynier 500 EC, Rovar 500 EC);
- K-Obiol 25 EC i K-Obiol Max (s.c. deltametryna);
- TALISMA EC (s.c. cypermetryna), która 1 litrze preparatu zawiera 80 g (7,89%) substancji aktywnej oraz 228 g butotlenku piperonylu (PBO), który jest **synergetykiem**, czyli substancją wzmacniającą toksyczne działanie cypermetryny.

Wyżej wymienione środki ochrony roślin mogą być stosowane prewencyjnie, np. podczas wypełniania silosu zbożem, albo interwencyjnie, gdy w przechowywanym zbożu zostaną znalezione żywe owady. Działają 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 przesypywanie ziarna z jednego silosu do drugiego (pustego), a podczas tej czynności wybrany środek zastosować 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 uzyskuje się poprzez wybór odpowiedniego miejsca ustawienia dyszy aplikacyjnej, co też ma zapewnić wysoką skuteczność działania preparatu.

Po zabiegu z zastosowaniem preparatu kontaktowego zboże zachowuje **wysoką jakość handlową**, gdyż zniszczone zostaną 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 zabieg ochronny nie ma także wpływu na jakość wypiekową mąki otrzymanej z ziarna opryskanego cieczą użytkową wybranego środka. Zapewnia dobrą ochronę przechowywanego ziarna zbóż przed szkodnikami przez okres do 15 miesięcy. Skutecznie wtedy niszczy chrząszcze – szkodniki przechowywanego zboża, gdy pojawią się w ziarnie. Gwarantuje więc wysoką jakość handlową ziarna, które zawsze powinno być wolne od szkodników i nieswoistego zapachu.

ŚRODKI OCHRONY ROŚLIN O DZIAŁANIU GAZOWYM

Formy użytkowe fosforków metali i fosforowodór. Fosforek glinu i fosforek magnezu są fosforkami metali, które są powszechnie stosowane do fumigacji przechowywanego zboża i innych produktów żywnościowych oraz obiektów. Fosforki metali reagują z parą wodną otoczenia i generują substancję czynną – fosforowodór (PH₃) zgodnie ze wzorem:

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

Wydajność tych reakcji zależy od temperatury i wilgotności, stąd w warunkach chłodu i niskiej wilgotności reakcje są spowolnione i jest gorsze wydzielanie gazu. Fosforek glinu generuje fosforowodór zwykle wolniej (tab. 1), natomiast fosforek magnezu uwalnia PH₃ już po kilku minutach od umieszczeniu 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.

Tabela 1. Zalecany minimalny czas ekspozycji dla fosforków glinu w warunkach 60% wilgotności względnej powietrza, gdy stosowane są worki, koce, pasy lub łańcuchy

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

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 bez stratyfikacji 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). Zapłon może też wystąpić, jeśli formy użytkowe fosforków będą miały kontakt z wodą, kwasami lub innymi związkami chemicznymi. Typowe stężenia zabiegowe gazu są znacznie niższe niż 17800 ppm, więc fosforowodór stosowany właściwie nie powoduje pożaru ani 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. 1). Tak długi okres często wyklucza możliwość jego zastosowania, gdyż czas jest kosztownym składnikiem kanałów dystrybucyjnych. Z powodu szybkiego obiegu wielu produktów, fosforowodór nie może być stosowany w niektórych zakładach.

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 do końca 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 był trujący, 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 owocanek w świeżych owocach i warzywach, jak również skośnika ziemniaczaka w przechowywanych ziemniakach. Fosforowodór nie zakłóca kiełkowania nasion i dlatego może być stosowany do gazowania materiału siewnego, nawet wielokrotnego.

Fosforowodór w stężeniach wyższych niż 100 ppm i w wilgotności względnej powietrza wynoszącej 50% wykazuje właściwości korozyjne dla miedzi, brązu, stopów miedzi, drogocennych metali takich, jak srebro i złoto. Może też reagować 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.

Los fosforowodoru 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. Fosforowódor 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.

Fosforki metali dostępne na rynku. Dostępne są następujące formy użytkowe fosforów: drażetki, tabletki, saszetki, woreczki, płytki, koce i inne. Najpowszechniej używanymi formami fosforów 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 (fot. 1). 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.



Fot. 1. Drażetki i tabletki fosforku glinu (fot. Detia Degesch)

Woreczki, pasy, łańcuchy woreczków i koce

Woreczki np. produktu Detia Gas Ex-B zawierają 56–67% fosforu 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 fosforu dzięki specjalnym składnikom o właściwościach opóźniających (absorbujących). Jeśli są poprawnie rozmieszczone, całkowicie odgazowane woreczki zawierają zwykle małe ilości nieprzereagowanego fosforu 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. 2).

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 (fot. 2).

Tabela 2. Formy użytkowe preparatu zawierającego 57% fosforu glinu jako substancji czynnej

Forma użytkowa	Masa [g]	Fosforowodór [g]	Wymiary [mm]
Woreczek	34	11.3	110 × 110
Pas	136	45.2	1.200 × 70
Koc z woreczków	3.400	1.133	5.900 × 220
Łańcuch woreczków	340	113	1.100 × 110



Fot. 2. Łańcuch woreczków (fot. Detia Degesch)



Fot. 3. Koc z woreczków (fot. Detia Degesch)

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 (fot. 3).

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: 28×17 cm. Każda taka 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 (fot. 4). Fosforek magnezu jest również pakowany w małe, przepuszczające gaz opakowania, które używa się do gazowania wyposażenia lub mniejszych pomieszczeń.



Fot. 4. Płytki (fot. Detia Degesch)

PODSTAWOWE ZASADY STOSOWANIA FOSFOROWODORU

Jedną z zalet fosforu glinu lub magnezu jest to, że są one stosunkowo proste do stosowania w czasie fumigacji. Obliczamy objętość pomieszczenia lub tonaż produktu, który zamierzamy zagazować, po czym wykładamy odpowiednią liczbę drażetek lub tabletek. Inną metodą polega na umieszczeniu odpowiedniej liczby woreczków, pasów, koców, płytek czy taśm w gazowanym pomieszczeniu, albo przyczepienie ich do tacy kartonowej lub pasa z cienkiej siatki metalowej, albo po prostu umieszczeniu na lub w produkcie, który zamierzamy zagazować. Pomieszczenia poddawane zabiegowi są następnie uszczelniane i zamykane. Przykłady zalecanych dawek do częstych zabiegów są podane w tabeli 3. Pamiętać należy, że rekomendacje producenta mogą się zmieniać. Zawsze należy postępować zgodnie z instrukcjami podanymi w etykiecie-instrukcji stosowania wybranego preparatu.

Tabela 3. Zalecane dawki fosforowodoru w różnych zabiegach fumigacji

Zabieg fumigacji	Zakres dawek [g PH ₃]
Silos (napełniony)	11.3 g na 1 t
Silos (pusty)	5 g na 1 m ³
Zboże w płaskim magazynie i stosy worków	14 g na 1 t
Przyprawy i herbata w stosach worków	2 g na 1 m ³
Inne produkty w stosach worków	10 g na 1 t
Kontenery (w zależności od produktu)	9 g na 1 tonę <i>lub</i> 6 g na 1 m ³
Tytoń	1 g na 1 m ³

Fosforek glinu nie od razu wydziela fosforowodor. Z tego powodu wykładanie form użytkowych fosforów może być prowadzone bez ochrony dróg oddechowych. Należy jednak monitorować stężenie gazu, aby potwierdzić, czy ochrona dróg oddechowych jest potrzebna. Gazowanie z zastosowaniem fosforów glinu jest długotrwałe. Zwykle okres ekspozycji wynosi 72 godziny w temp. 20°C i 45–55% wilgotności względnej powietrza, bo wydzielanie gazu jest powolne. Może to trwać od 12 do 48 godzin, zanim wymagane stężenie fosforowodoru zostanie osiągnięte. Czas ekspozycji dla fosforu magnezu jest krótki i może wynosić tylko 60 godzin. W żadnym przypadku woda nie powinna kontaktować się z fosforem glinu lub magnezu, gdyż może wystąpić wybuch lub pożar.

Czas ekspozycji zależy od gatunku owada, temperatury, wilgotności względnej powietrza i stosowanej formy użytkowej fosforu. Im niższa temperatura, tym wolniejszy jest przebieg reakcji chemicznej generującej fosforowodor, więc wymagany jest dłuższy okres ekspozycji. W niższych temperaturach aktywność owadów (np. oddychanie) jest powolna i automatycznie pobór gazu jest niski. W każdym razie należy przestrzegać instrukcji stosowania preparatu przygotowanej przez producenta, aby zapewnić zadowalające wyniki fumigacji.

Fosforowodór (PH_3) powstający w wyniku reakcji fosforu metalu z wilgocią jest trujący dla ludzi i zwierząt. Należy ściśle przestrzegać wszystkich przepisów odnoszących się do stosowania preparatów wydzielających bardzo toksyczny gaz – fosforowodór. Producenci dbają, aby ich preparaty stwarzały maksymalne bezpieczeństwo w czasie ich stosowania. Preparaty są stosowane w prosty sposób, a opóźnione wydzielanie z nich gazu gwarantuje bezpieczeństwo dla osób wykonujących zabieg. W instrukcji stosowania każdego preparatu podane jest zalecenie, aby wszystkie pojemniki z fosforem metalu otwierać wyłącznie na otwartej przestrzeni.

Zabiegi zwalczania szkodników w przechowywanych produktach za pomocą gazu mogą wykonywać wyłącznie pracownicy, którzy ukończyli szkolenie w zakresie stosowania środków ochrony roślin metodą fumigacji.



INSTYTUT OCHRONY ROŚLIN
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

ul. Władysława Węgorka 20, 60-318 Poznań
tel. 61 864 90 06, e-mail: sekretariat@iorpib.poznan.pl
www.ior.poznan.pl

ISBN 978-83-974552-6-9

