

## ALTERNATYWNE METODY ZWALCZANIA OWADZICH SZKODNIKÓW MAGAZYNOWYCH

JAN NAWROT, PAWEŁ OLEJARSKI

*Zakład Entomologii, Instytut Ochrony Roślin w Poznaniu*

**Synopsis.** Konsumentci coraz większą uwagę zwracają na jakość produktów rolnych. Coraz większa ich grupa domaga się produktów żywnościowych wolnych nie tylko od środków chemicznych ale także od szkodników magazynowych (fragmenty ciał, wydaliny i wydzieliny itp.). Osiągnięcie tego celu nie jest proste w przypadku produktów rolnych długotrwałe przechowywanych w magazynach. Panujące tam warunki, odmiennie niż w uprawach polowych, sprzyjają zwykle rozwojowi wielu szkodników magazynowych w tym owadom. Dzięki małym rozmiarom ciał, ukrytemu trybowi życia są one trudne do szybkiego wykrycia i zlikwidowania. Stosowane do ich eliminacji środki chemiczne są bardzo skuteczne, jednak ze względu na swe toksyczne właściwości są niepożądane przez konsumentów. Dlatego też po okresie zafascynowania szeroko stosowaną „chemią” nadszedł czas racjonalnego zwalczania szkodników magazynowych z uwzględnieniem wielu czynników dostępnych od bardzo dawna ale zarzuconych na rzecz środków chemicznych.

**Słowa kluczowe** – *key words*: szkodniki magazynowe – *stored product pests*, metody zwalczania – *control methods*, metody alternatywne – *alternative methods*

### WSTĘP

Owady mogą wyrządzać szkody w każdej fazie rozwojowej rośliny żerując na korzeniu, liściach, łodydze, kwiatach i nasionach. Nowoczesna ochrona roślin uprawnych zajmuje się biologią i zwalczaniem szkodników, zarówno w sezonie wegetacyjnym, jak i w trakcie magazynowania produktów roślinnych. Istnieją jednak zasadnicze różnice w biologii i metodach zwalczania szkodników na uprawach i w magazynach. Owady rozwijające się na uprawach narażone na zmienne warunki temperatury, wilgotności i wiatru muszą wykształcić specjalne mechanizmy przystosowawcze dla odbycia pełnego rozwoju. Często zdarza się, że owady mogą rozwijać się tylko na roślinie w ściśle określonej fazie rozwoju. Stadium rozwojowe owada wyrządzające szkody może zasiedlać w ściśle określonym czasie wybrane fazy rozwojowe rośliny. Minięcie się tych terminów zapewnia roślinie normalny rozwój. Ziarno, nasiona i inne produkty spożywcze są finalnym produktem rolnika. Magazynowane są w pomieszczeniach o stałej temperaturze i wilgotności, a więc w warunkach sprzyjających rozwojowi szkodników. Uszkodzenia magazynowanych produktów spowodowane przez owady (także inne organizmy) są trwałe i nie ulegają kompensacji jak to ma miejsce w uprawach polowych. W związku z tym każde, nawet najmniejsze uszkodzenia produktów obniżają ich jakość i wartość handlową.

Zabiegi zwalczania szkodników w uprawach prowadzi się na podstawie oceny prognozy ekonomicznej szkodliwości. Jest to pojęcie praktyczne określające liczbę szkodników, które nie zwalczane spowodują szkody w uprawie. W warunkach przechowalni każda liczba szkodników, nawet pojedyncze osobniki są zagrożeniem. Dzięki ogromnemu potencjałowi rozrodczemu i braku czynników limitujących liczebność, w krótkim czasie może nastąpić groźny w skutkach rozwój i wielokrotnienie liczebności szkodników.

Z tego też powodu skuteczność zabiegu zwalczania szkodników w przechowalniach, bez względu na wybraną metodę, musi być wyższa niż na uprawach. Pojedyncze, nie zabite w trakcie zabiegu owady mogą być początkiem nowej populacji.

## METODY OCHRONY MAGAZYNÓW I PRODUKTÓW

### Metoda chemiczna

Chemiczna ochrona magazynów jest metodą stosowaną w szerokim zakresie ze względu na wysoką skuteczność, łatwość wykonania i niskie koszty. Z uwagi na wysoką toksyczność środków używanych do zabiegów jest to metoda niebezpieczna i musi być wykonywana zgodnie z opracowanymi zasadami.

Syntetyczne środki chemiczne mogą być użyte zarówno w formie fumigantów (związki o niskiej prężności par działające na układ oddechowy owadów), jak i preparatów kontaktowych nanoszonych na wolne powierzchnie magazynowe i ziarno a działające na układ nerwowy owadów.

Kontaktowe środki chemiczne stosowane do zwalczania szkodników magazynowych zawierają takie same substancje biologicznie czynne jak stosowane w ochronie upraw polowych, jednak występują pewne różnice w trakcie wykonywania zabiegów. I tak:

1. środki chemiczne stosowane w pomieszczeniach zamkniętych stwarzają większe zagrożenie dla wykonującego zabieg, gdyż stężenie substancji biologicznie czynnej jest duże w przeliczeniu na jednostkę objętości;
2. środki chemiczne są stosowane w bezpośredniej bliskości produktów, które w przyszłości posłużą jako środki spożywcze dla człowieka lub pasze dla zwierząt. Na uprawach środki ochrony roślin stosowane są na liście, łodygi, kwiaty, gdzie ulegają zmywaniu, rozproszaniu i degradacji;
3. aktywność środka w pomieszczeniu zamkniętym jest znacznie dłuższa niż na uprawie, gdyż nie działają na niego czynniki atmosferyczne (deszcz, wiatr, światło słoneczne);
4. możliwość skażenia chronionego produktu jest dużo większa niż roślin w uprawach, co powoduje konieczność jego doczyszczania lub dyskwalifikację;
5. stosowanie środków chemicznych w magazynach nie powoduje zakłóceń w środowisku naturalnym i nie wpływa na śmiertelność innych organizmów niż szkodniki.

Do zwalczania szkodników w pomieszczeniach zamkniętych używa się tylko środki zarejestrowane i przeznaczone do tego celu zgodnie z przepisami Ustawy o ochronie roślin z 18 grudnia 2003 r. (Dz.U. z 2004 r. Nr 11, poz. 94 z późn. zm.). Wykaz takich środków publikowany jest corocznie w formie rozporządzenia Ministra Rolnictwa. Dostępny jest także w internecie na stronie [www.minrol.gov.pl](http://www.minrol.gov.pl). Każdy środek dopuszczony do obrotu musi posiadać etykietę-instrukcję stosowania w języku polskim.

Do niedawna bromek metylu był powszechnie stosowanym fumigantem. Z punktu widzenia ochrony roślin był to środek uniwersalny, ponieważ szybko przenikał do produktów i łatwo z nich się uwalniał, a jego pozostałości mogły być szybko usunięte. Ponieważ odkryto, że bromek metylu (i inne chlorowane węglowodory) niszczy sferę ozonową, na podstawie międzynarodowych umów zobowiązano użytkowników tego produktu do jego ograniczenia i całkowitej sektorowej eliminacji od 2005 roku [Bell 2002, Bond 1989, Fields i White 2002, Nawrot 2004]. Tak więc jedynym związkiem o działaniu gazowym jest obecnie fosforowódor produkowany w formie fosforu glinu lub magnezu. Taka sytuacja stwarza niebezpieczeństwo szybkiego powstawania populacji gatunków odpornych na ten fumigant, nie mówiąc już o tym, że fosforowódor nie jest preparatem skutecznym do gazowania pustych magazynów i młynów. Jak nigdy dotąd zaistniała potrzeba opracowania i wdrożenia alternatywnych metod ochrony magazynowanych produktów.

### Metody fizyczne

Wykorzystanie czynników fizycznych jest najstarszą metodą zwalczania szkodników magazynowych i sanitarnych. Prawie wszystkie dostępne dla człowieka czynniki fizyczne były testowane przeciwko szkodnikom magazynowym. Już w okresie neolitu przechowywano ziarno w glinianych naczyniach zakopanych w ziemi. Sterowano więc czynnikami fizycznymi w tym kierunku aby stworzyć jak najmniej korzystne warunki dla rozwoju owadów. Równie stara jest metoda traktowania szkodliwych owadów gorącą wodą [Sandner 1961]. Przed wprowadzeniem do praktyki syntetycznych insektycydów to właśnie metody fizyczne były stosowane na szeroką skalę. Po wycofaniu bromku metylu prawdopodobnie ich znaczenie znowu wzrosło, ale muszą być one najpierw zaadaptowane do nowych możliwości technicznych i do różnych systemów magazynowania produktów. Większość metod fizycznych działa wolniej niż fumiganty czy środki kontaktowe, wymagana jest także większa wiedza i wyższe nakłady finansowe na ich stosowanie.

### Wysoka temperatura

Rozwój owadów jest możliwy w zakresie temperatury +15 do +34°C, powyżej tej granicy zaczyna się strefa letalna. Każdy gatunek ma swoje optimum cieplne i dalsze podwyższenie temperatury o 5°C powoduje wydłużenie czasu rozwoju i wzrost śmiertelności wszystkich stadiów rozwojowych. Można wyróżnić dwie grupy szkodników pod względem optimum cieplnego: +30°C – należy tu większość chrząszczy, omacnica spichrzanka i mlik daktylowiec oraz +26°C – pozostałe motyle i roztocze. Powyżej +40°C może utrzymywać się w tzw. gorących plamach, powstających w przymie ziarna w wyniku zasiedlenia go przez szkodniki. W takich warunkach następuje migracja form ruchomych do strefy chłodniejszej, a formy nieruchome giną [Banks i Fields 1995].

Już temperatura powyżej +30°C może oddziaływać sterylizująco na owady. Dlatego też znając czas potrzebny do zabicia danego stadium rozwojowego szkodnika można dostosować proces suszenia ziarna tak, aby w tym czasie uzyskać jak największą skuteczność (tab. 1). Należy jednak wziąć pod uwagę fakt, że ziarno jest złym przewodnikiem ciepła i chroni owady ukryte w warstwie ziarna a tym bardziej stadia żerujące wewnątrz ziarna. Traktowanie zaś ziarna temperaturą powyżej +50°C jest ryzykowne, z uwagi na możliwość pogorszenia własności technologicznych produktu. W temperaturze +56°C białka ziarna ulegają nieodwracalnemu zniszczeniu.

Bardzo wysoką skuteczność uzyskuje się po gwałtownej zmianie temperatury. Zjawisko to nazywane szokiem termicznym powinno być szeroko wykorzystane w praktyce.

Wysokie temperatury mogą być i są już skutecznie wykorzystywane do zwalczania szkodników magazynowych w pustych obiektach, takich jak magazyny czy młyny zbożowe.

Wykorzystując systemowe rozwiązania opracowane m.in. przez firmę Thermonox z Niemiec (zestaw specjalnych nagrzewnic i wentylatorów) można skutecznie i bez użycia chemii wykonywać zabiegi dezynsekcji pustych pomieszczeń. Podczas takiego zabiegu wewnątrz całego obiektu poddawane jest przez kilkanaście godzin działaniu wysokiej temperatury (około +50°C i więcej), co prowadzi do śmierci owadów. Zaletą tej metody jest brak jakichkolwiek pozostałości środków chemicznych. Nie wymaga ona także żadnego pozwolenia. Brak środków chemicznych umożliwiła stały i nieograniczony dostęp do wszystkich dezynsekwanych pomieszczeń w trakcie trwania zabiegu. Minusem jest natomiast duże zapotrzebowanie na niezbędną do pracy urządzeń energię elektryczną.

Tabela 1. Czas potrzebny do osiągnięcia 90% śmiertelności szkodników w wysokiej temperaturze [Fields i White 2002]

Table 1. Time needed 90 % of insects mortality in high temperature [Fields &amp; White 2002]

Gatunek <i>Species</i>	Stadium <i>Stadium</i>	Temperatura <i>Temperature</i> (°C)	Czas ekspozycji <i>Time of treated</i>	Śmiertelność <i>Mortality</i> (%)
Kapturek zbożowiec	I	43	96 h	99,7
Mklik daktylowiec	P	50	2 h	100
Mklik próchniczek	L	43	24 h	100
Omacnica spichrzanka	P	45	2 h	100
Spichrzak surynameński	I	44	4,4 s	90
		49	20 s	97
Trojszyk gryzący	J, L, P, I	50	155 s	100
Trojszyk ulec	L, P, I	44	29 h	> 95
		46	2,7 h	> 95
Wolek ryżowy	I	47	4 s	90
Wolek zbożowy	I	48	155 s	100

J – jajo, *egg*, L – larwa, *larve*, P – poczwarka, *pupa*, I – imago

Tabela 2. Czas (dni) potrzebny do zabicia wszystkich stadiów rozwojowych w niskiej temperaturze [Fields i White 2002]

Table 2. Time (in days) needed to kill all stages of insects in low temperature [Fields &amp; White 2002]

Gatunek <i>Species</i>	Temperatura – <i>Temperature</i> (°C)						
	-18 do -15	-15 do -12	-12 do -9	-9 do -7	-7 do -4	-4 do -1	-1 do +2
Mklik mączny	1	3	4	7	24	116	–
Omacnica spichrzanka	1	3	5	8	28	90	–
Spichrzak surynameński	1	1	3	3	7	23	26
Trojszyk gryzący	1	1	1	1	5	8	17
Trojszyk ulec	1	1	1	1	5	12	17
Wolek ryżowy	1	1	1	3	6	8	16
Wolek zbożowy	1	3	–	14	33	46	73

### Niska temperatura

Rozwój owadów jako organizmów zmiennocieplnych całkowicie uzależniony jest od temperatury otoczenia. Przyjmuje się, że temperatura +14°C powoduje takie spowolnienie procesów życiowych, że populacja szkodników nie może odtwarzać potomstwa, co prowadzi do jej stopniowego wyginięcia. Jak już wspomniano wyżej, owady poprzez tworzenie skupisk i swoje procesy fizjologiczne potrafią podnieść lokalną temperaturę i przetrwać niekorzystny okres [Gołębiowska i Nawrot 1976]. Umiejętne obniżenie temperatury magazynowanych produktów i jej utrzymanie

skutecznie ogranicza występowanie szkodników magazynowych. Obecnie są już odpowiednie urządzenia do ochładzania nawet pomieszczeń o dużej objętości.

Odporność owadów na niską temperaturę zależy od gatunku owada, jego stadium rozwojowego i wieku. Najbardziej wrażliwe są jaja, natomiast osobniki dorosłe mogą przeżywać długie okresy czasu. Zupełnie różna jest odporność larw diapauzujących i aktywnych.

Na skuteczność działania niskiej temperatury wpływa także tempo jej obniżania. Jeśli jest ono wolne owady aklimatyzują się i przechodzą w stan odrętwienia, co umożliwia im przeżycie. Najbardziej wrażliwymi gatunkami są: trojszyk ulec, trojszyk gryzący i spichrzel surynamski, a najbardziej odpornymi: skórek zbożowy, wołek zbożowy, mklik próchniczek, mklik mączny i omacnica spichrzanka. Należy podkreślić, że dane dotyczące odporności poszczególnych gatunków na zimno pochodzą z badań laboratoryjnych i nie można ich przenosić na warunki panujące w elewatorach i magazynach (tab. 2).

### Modyfikowana atmosfera

Ideą tej metody jest zmiana składu powietrza wypełniającego magazyn, tak aby pozbawić owady możliwości oddychania. W atmosferze ziemskiej znajduje się 21% tlenu, 0,03% dwutlenku węgla, 78% azotu i 0,93% argonu. Opracowano więc różne kombinacje składu powietrza, które zawierają małe ilości tlenu lub duże ilości dwutlenku węgla. W tabeli 3 podano najczęściej stosowane kombinacje składu powietrza wykorzystywane do zwalczania szkodników w magazynach.

Tabela 3. Zawartość gazów w modyfikowanej atmosferze [Fields i White 2002]

Table 3. Contents of gases in modified atmosphere [Fields & White 2002]

Rodzaj atmosfery <i>Type of atmosphere</i>	Źródło <i>Source</i>	Skład (%) <i>Composition (%)</i>			
		O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Ar
Mało O <sub>2</sub>	Azot ze źródła ciekłego	0,5	–	99,4	–
Mało O <sub>2</sub>	Palnik propanowy	0,5	13,4	85,1	1,0
Mało O <sub>2</sub>	Palnik gazowy	0,5	20,8	78,2	0,5
Mało O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> ze źródła ciekłego	0,5	97,5	2,0	–
Magazyn hermetyczny	Metabolizm wewnątrz	2,0	18,0	81,0	1,0
Dużo CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> ze źródła ciekłego (> 98 %)	4,2	80,0	15,6	0,2
Dużo CO <sub>2</sub>		8,4	60,0	31,2	0,4
Dużo CO <sub>2</sub>		12,6	40,0	46,9	0,5

Nieodzownym warunkiem zastosowania tej metody jest gazoszczelny magazyn, odpowiednio zaprojektowany, zbudowany z gazoszczelnych materiałów i wyposażony w urządzenia kontrolujące ciśnienie i skład chemiczny powietrza w jego wnętrzu. Skuteczność metody zależy w głównej mierze od stadium rozwojowego szkodnika i od temperatury wewnątrz magazynu. W tabeli 4 podano orientacyjne czasy ekspozycji dla poszczególnych gatunków. Specjaliści stosujący tę metodę zalecają następujące zasady:

- gdy powietrze zawiera poniżej 1 % tlenu ekspozycja powinna wynosić co najmniej 20 dni,
- gdy powietrze zawiera 80 % CO<sub>2</sub> – 8,5 dnia, 60 % – 11 dni i 40 % – co najmniej 17 dni.

Tabela 4. Czasy ekspozycji (dni) potrzebne do uzyskania śmiertelności powyżej 95% w modyfikowanej atmosferze w różnej temperaturze [Fields i White 2002]

Table 4. Time (in days) needed to obtain over 95 % mortality of insects in modified atmosphere in different temperatures [Fields &amp; White 2002]

Gatunek <i>Species</i>	Modyfikowana atmosfera <i>Modified atmosphere</i>			
	50 – 70 % CO <sub>2</sub>		Poniżej <i>below</i> 1 % O <sub>2</sub>	
	14 – 17°C	20 – 29°C	14 – 17°C	20 – 29°C
Kapturek zbożowiec	28	1,5 I	28	> 4 J, I
Mklik daktylowiec	7 J, L	< 5 J, L	6 J, L	1,5 J, L
Mklik mączny	7	–	6 L	< 1,5 J
Omacnica spichrzanka	7 L	< 7	14 L	< 7
Rozpłaszczak rdzawy	7 I	–	–	< 2 I
Skórek zbożowy	–	–	12 L	–
Spichrzak surynamski	5 J, L, I	< 3 I	10 I	< 1,0 I
Trojszyk gryzący	5 – 6 L, I	< 7	> 14	7
Trojszyk ulec	–	< 3 L	7	> 7
Wolek ryżowy	21	6	28	> 14
Wolek zbożowy	42 – 56	6,5 I	12 I	16 I

J – jajo, *egg*, L – larwa, *larve*, I – imago

Z przedstawionej tabeli wynika, że metoda jest bardziej skuteczna w wysokiej temperaturze.

W klimacie umiarkowanym należy stosować długie okresy ekspozycji, co znacznie podnosi koszty wytwarzania odpowiedniej atmosfery [Banks i Fields 1995].

Pewną modyfikacją opisywanej metody jest przechowywanie produktów w warunkach beztlenowych, w gazoszczelnych elastycznych zbiornikach – sześciach. Po załadowaniu produktem i hermetycznym zamknięciu zbiornika następuje odessanie powietrza znajdującego się wewnątrz zbiornika. Powstają warunki niskiej próżni (znikoma zawartość tlenu), w których nie mogą żyć i rozwijać się owady i roztocze. W krótkim czasie wszystkie one giną. Tak zmagazynowane produkty można długo i bezpiecznie przechowywać bez obniżenia ich wartości i strat ze strony szkodników.

### Pyły obojętne

Pyły obojętne, takie jak popiół, wapno i sproszkowane minerały od dawna były stosowane jako środki ochrony ziarna przed szkodnikami. Dla ssaków nie są one toksyczne oraz nie zmieniają wartości wypiekowej mąki. Niekorzystnie wpływają jednak na sypkość ziarna oraz powodują dodatkowe jego zanieczyszczenie. Obecnie powraca się do stosowania pyłów, ale preparowanych według najnowszych technologii. Środki te działają mechanicznie usuwając z powierzchni ciała owadów woski kutykularne, co prowadzi do śmierci w wyniku wysychania. Można nimi także opryskiwać ściany i podłogi magazynów. Stosowane obecnie pyły można zaliczyć do następujących grup:

1. piasek, glina i ziemia mieszana z ziarnem w proporcji 10 kg·t<sup>-1</sup>,
2. ziemia krzemkowa,
3. żele krzemionkowe,
4. sproszkowane skały fosforanowe.

Metoda ta jest szeroko stosowana w Australii i Stanach Zjednoczonych, gdzie magazynowane ziarno posiada bardzo niską wilgotność. W warunkach wysokiej wilgotności względnej powietrza, obecność pyłów prowadzi do zbrylania się ziarna, a owady z czasem mogą regenerować zniszczoną warstwę wosków kutykularnych [Hagstrum i Subramanyam 2006].

#### **Promieniowanie gamma ( $0,4 \cdot 10^{-9}$ do $10^{-13}$ m)**

Źródłem twardego promieniowania gamma jest kobalt <sup>60</sup>. Z uwagi na szkodliwość dla ludzi oraz zmiany wywoływane w produktach spożywczych (tworzenie jonów i wolnych rodników, zakłócanie procesów utleniania i redukcji, rozkład aminokwasów i witamin, zmiany smaku, barwy, zapachu, wartości wypiekowych i zdolności kiełkowania nasion) badania nad jego wykorzystaniem w niektórych krajach są zabronione. Owady generalnie odporne są na działanie tego typu promieniowania i do ich zabicia potrzeba większych dawek niż dla zwierząt stałocieplnych. Najbardziej wrażliwym stadium jest jajo, najmniej poczwarka i imago. Promieniowanie działa na komórki rozrodcze powodując ich niszczenie lub uszkodzenie [Watters i Mac Queen 1967].

Podobne działanie ma promieniowanie jonizujące wytwarzane przez rozgrzaną katodę. Metoda ta jest już stosowana do utrwalania i dezynsekcji żywności. W porównaniu z promieniowaniem gamma promieniowanie jonizujące nie zmienia własności produktu i nie skaża produktu. Metoda skuteczna jest także przeciwko bakteriom i grzybom. Wysokie dawki promieniowania (powyżej 2 kGy) stosowane są do napromieniowania opakowań, niskie (do 1 kGy) do radiacyjnej dezynsekcji środków spożywczych.

#### **Promieniowanie Roentgena ( $10^{-7}$ do $10^{-10}$ m)**

Działają podobnie jak promienie gamma. Ich źródłem są lampy rentgenowskie i jak dotąd nie znalazły praktycznego zastosowania w zwalczaniu szkodników magazynowych [Hagstrum i Subramanyam 2006].

#### **Mikrofale ( $10^{-3}$ m)**

Promieniowanie mikrofalowe powoduje podwyższenie temperatury ciała owadów. Proces ten jest zależny w głównej mierze od zawartości wody w produkcie. W przypadku wykorzystania mikrofal do zwalczania szkodników ukrytych wewnątrz ziarna trzeba stosować bardzo duże natężenia promieni, co prowadzi do uszkodzenia produktu lub utraty zdolności kiełkowania. Natężenie 2,45 GHz działające w ciągu 10 sek. jest skuteczne w odniesieniu do większości szkodników [Nelson 1996].

#### **Fale krótkie (0,1 do 1 m)**

Powodują w organizmach żywych znaczne i gwałtowne podniesienie temperatury, co prowadzi do śmierci z przegrzania. Zastosowanie promieniowania o długości fali 12,5 cm i natężeniu  $2,5 \cdot 10^9$  Hz powoduje wzrost temperatury do 75°C już po 21-sekundowej ekspozycji.

#### **Promieniowanie ultrafioletowe i laserowe (0,01 do 0,78 $\mu$ m)**

Promieniowanie ultrafioletowe oddziałuje negatywnie na szkodniki magazynowe, ale z uwagi na fakt, że działa tylko powierzchniowo nie znalazło zastosowania do zwalczania tej grupy owadów. W ostatnich latach wykorzystano lampy ultrafioletowe do przywabiania owadów latających do pułapek elektrycznych. Skuteczność tych pułapek można zwiększyć przez umieszczenie w nich przynęt pokarmowych, np. fermentujących owoców dla wywilżny (*Drosophila*). Pułapki znalazły szerokie zastosowanie w sklepach, zakładach przetwórczych przemysłu spożywczego i hurtowniach spożywczych.

Promieniowanie laserowe również oddziałuje negatywnie na szkodniki magazynowe. Naświetlanie chrząszczy trojszyka ulca promieniami o długości fali 4880 Å powodowało po 20 minutach śmierć wszystkich osobników. Promienie te działają również na stadia umieszczone wewnątrz ziaren. Zawartość wody w ziarnie ulega zmniejszeniu a zdolność kiełkowania pozostaje bez zmian.

#### **Promieniowanie podczerwone (0,78 -1000 $\mu\text{m}$ ) i ultradźwięki**

Działa tylko na powierzchni produktu i z tego względu metoda ta ma ograniczone możliwości zastosowania. Dodatkową wadą jest silne rozgrzewanie powierzchni i szybka utrata wody.

Traktowanie ziarna ultradźwiękami powoduje podniesienie jego zdolności kiełkowania i zabija szkodniki magazynowe. Zastosowaniu tej metody w praktyce stoi na przeszkodzie fakt, że ultradźwięki w powietrzu działają na bardzo małe odległości, a dużo lepiej w wodzie. Budowa aparatu do traktowania ziarna byłaby niezwykle trudna i kosztowna [Stein 1986].

#### **Opakowania**

Umieszczenie produktu w opakowaniu stanowi poważną barierę do pokonania przez szkodniki. Jedynie larwy zaraz po wyjściu z jaja są zdolne penetrować opakowania papierowe i tekturowe i przedostawać się do ich wnętrza. Wiele gatunków chrząszczy może aktywnie przegryzać opakowania i niszczyć opakowane produkty. Wszystkie materiały opakowaniowe mogą być niszczone przez szkodniki, co powiększa powodowane przez nie straty. Jednak umieszczenie produktów w opakowaniach zawsze chroni je przed bezpośrednim atakiem szkodników.

Oprócz wymienionych wyżej czynników, zwalczanie owadów można prowadzić poprzez wykorzystanie takich urządzeń jak: pasy transmisyjne, podajniki pneumatyczne, entoletery, sita i wialnie. Owadzie szkodniki magazynowe nie lubią przemieszczania produktów, dlatego też wymienione wyżej zabiegi powodują wzrost ich ruchliwości i często bezładną migrację z zasiedlonego produktu. Przesypywanie zasiedlonego przez wołkę zbożowego ziarna zabija w znacznym procencie stadia larwalne i poczwarki wewnątrz ziarna oraz chrząszcze żerujące na zewnątrz ziarniaków.

#### **Metody integrowane**

Stosowanie w praktyce metody integrowanej nie polega na prostym łączeniu lub zamiennym stosowaniu w różnym czasie i w różnych sytuacjach kilku metod zwalczania szkodników. Wdrażanie metod integrowanych powinno obejmować wszystkie aspekty dobrej praktyki magazynowej. Punktem wyjścia i nieodzownym warunkiem stosowania metod integrowanych jest odpowiednia konstrukcja magazynu i urządzeń w jego otoczeniu. Personel magazynu powinien samodzielnie i w sposób pewny identyfikować gatunki szkodników, lub korzystać w tym względzie z usług fachowych doradców.

Stwierdzenie obecności szkodnika w magazynie zawsze wiąże się ze stratami ekonomicznymi i podnosi koszty magazynowania ziarna i innych produktów. Wielkość tych kosztów będzie rosła jeśli na czas nie zostaną podjęte odpowiednie kroki zaradcze [Nawrot 2001].

### **PIŚMIENNICTWO**

1. Banks, J., Fields, P. 1995. Physical Methods for Insect Control in Store-Grain Ecosystems. Stored – Grain Ekosystem. Eds. D.S. Jayas, N.D.G. White, W.E. Muir. Wyd. Marcel Dekker, Inc. New York, Basel, Hong Kong. 757: 353–409.
2. Bell, C.H. 2002. Replacing methyl bromide use for promises and commodities. Int. Pest Control 44(3): 115–117.

3. Bond, E.J. 1989. Zwalczanie owadów metodą gazowania. Wyd. Inst. Ochr. Roślin: 431.
4. Hagstrum, D.W., Subramanyam, B. 2006 Fundamentals of Stored Product Entomology. Wyd. AACC, St. Paul: 323.
5. Fields, P.G., White, N.D.G. 2002 Alternatives to methyl bromide treatments for stored-product and quarantine insects. *Ann. Rev. Entomol.* 47: 331–359.
6. Gołębiowska, Z., Nawrot, J. 1976. Szkodniki magazynowe. PWRiL: 274.
7. Nawrot, J. 2001. Owady – szkodniki magazynowe. Wyd. Themar, Warszawa: 149.
8. Nawrot, J. 2004. Aktualny stan zastosowań bromku metylu w ochronie roślin. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 44(1): 254–259.
9. Nelson, S.O. 1996. Review and assessment of radio – frequency and microwave energy for stored – grain insect control. *Trans. ASAE.* 39: 1475–1484.
10. Sandner, H. 1961. Owady szkodniki spichrzów i magazynów. PWN: 252.
11. Stein, W. 1986. Vorratsschädlinge und Hausungeziefer. Wyd. Ulmer Verlag, Stuttgart: 287.
12. Ustawa o ochronie roślin z 18 grudnia 2003 r. (Dz.U. z 2004 r. Nr 11, poz. 94 z późn. zm.).
13. Watters, F.L., Mac Queen, K.F. 1967. Effectiveness of gamma irradiation for control of species of stored – product insects. *J. Stored Prod. Res.* 3: 223–234.

J. NAWROT, P. OLEJARSKI

## ALTERNATIVE METHODS OF STORED PRODUCT PESTS MANAGEMENT

### Summary

Statutory obligation to obey the rules of food safety rests with owners of storerooms and companies processing foodstuffs. Inspectorates operated by the Ministry of Agriculture and Rural Development and the Ministry of Health fulfill the control role. Consumers pay more and more attention to foodstuffs quality as well.

Control of agrophages is one of the elements of good storage practice. Taking into consideration the fact that products for consumption by human or animals are stored short time, selection of methods and measures has to be very careful.

Chemicals used for control of insects are more frequently replaced by physical methods now. Technological advance in construction of airtight rooms allowed for application of such factors as high and low temperature and inert gases (nitrogen, carbon dioxide). Usage of microwave energy is a question of time only. A review of alternative methods of insects control (in relation to the chemical one) included in this paper gives views on wide range of their applications. Rules of good storage practice place pressure on necessity of adaptation of chosen method to technical specifications of the room or on combination of the methods to obtaining a high effectiveness.

Control of agrophages under any conditions should be read as a final solution. Systems of quality inspection (HACCP) valid now do not permit presence of agrophages in places of food processing as well as in foodstuffs being on the market. Definitely, early detection of agrophages and elimination of infested lots of product should be the priority.

Summing up, it is reasonable to recommend a general principle to the practice: if possible preventive and physical measures should be applied anytime and anywhere while chemical methods when it is necessary.

---

Prof. dr hab. Jan Nawrot

Zakład Entomologii  
Instytut Ochrony Roślin  
ul. Miczurina 20, 60-318 Poznań  
j.nawrot@list.pl