

MATERIAŁY SZKOLENIOWE

dla osób prowadzących szkolenia w zakresie stosowania środków ochrony roślin - zgodnie z zał. nr 4 do Rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 8 maja 2013 r. w sprawie szkoleń w zakresie środków ochrony roślin (Dziennik Ustaw z 2013 r. Poz. 554) - **Program szkolenia w zakresie stosowania środków ochrony roślin sprzętem naziemnym, z wyłączeniem sprzętu montowanego na pojazdach szynowych oraz innego sprzętu stosowanego w kolejnictwie.**

Opracowano w ramach Zadania Celowego MRiRW na 2022 rok

– Zadanie 6.7. Doskonalenie techniki ochrony roślin – kierownik dr A. Godyń

Wykonawcy:

| | |
|---------------------------|-------------------------------|
| dr A. Broniarek-Niemiec | Zakład Ochrony Roślin IO-PIB |
| dr W. Warabieda | Zakład Ochrony Roślin IO-PIB |
| dr hab. G. Soika prof. IO | Zakład Ochrony Roślin IO-PIB |
| dr K. Pochrzast | Zakład Ochrony Roślin IO-PIB |
| prof. dr hab. P. Węgorzek | Instytut Ochrony Roślin – PIB |
| dr hab. J. Zamojska | Instytut Ochrony Roślin – PIB |
| dr D. Dworzańska | Instytut Ochrony Roślin – PIB |

Instytut Ogrodnictwa – Państwowy Instytut Badawczy
Skierniewice 2022 r.

Spis treści

| Rodzaj szkolenia / Temat szkolenia / Zagadnienie | Str. |
|--|------|
| Program szkolenia podstawowego | |
| Temat nr 2 - Charakterystyka i stosowanie środków ochrony roślin (45 min) | |
| 2.1. Skład środków ochrony roślin (5 min) | 3 |
| Literatura do 2.1 | 4 |
| 2.2. Formy użytkowe środków ochrony roślin (6 min) | 4 |
| Literatura do 2.2 | 6 |
| 2.3. Okres karencji i okres prewencji (8 min) | 6 |
| Literatura do 2.3 | 8 |
| 2.4. Charakterystyka środków ochrony roślin pod względem stwarzania przez nie zagrożeń dla zdrowia człowieka, pszczoł i organizmów wodnych (8 min) | 8 |
| Literatura do 2.4 | 10 |
| 2.5. Podział środków ochrony roślin (8 min): | 10 |
| a) ze względu na funkcję | 10 |
| b) ze względu na sposób oddziaływania na organizmy szkodliwe | 12 |
| c) ze względu na sposób zachowania się na roślinie | 12 |
| Literatura do 2.5 | 13 |
| 2.6. Czynniki warunkujące skuteczne działanie środków ochrony roślin, w tym (10 min): | 13 |
| a) dobór środka ochrony roślin | 13 |
| b) termin przeprowadzenia zabiegu | 16 |
| c) dawka środka ochrony roślin | 18 |
| d) warunki atmosferyczne | 20 |
| e) łączne stosowanie agrochemikaliów | 20 |
| Literatura do 2.6 | 22 |

2.1. Skład środków ochrony roślin

Czas omawiania: ok. 6 – 8 (ok. 7 min)

Lider opracowania: dr A. Broniarek-Niemiec

Środek ochrony roślin (ś.o.r.) to środek składający się z substancji czynnych, sejfnerów lub synergetyków i przeznaczony do jednego z następujących zastosowań:

- ochrona roślin lub produktów roślinnych przed wszelkimi organizmami szkodliwymi lub zapobieganie działaniu takich organizmów, chyba że głównym przeznaczeniem takich produktów jest utrzymanie higieny, a nie ochrona roślin lub produktów roślinnych,
- wpływanie na procesy życiowe roślin, na przykład poprzez substancje działające jako regulatory wzrostu, inne niż substancje odżywcze,
- zabezpieczanie produktów roślinnych w zakresie, w jakim takie substancje lub środki nie podlegają szczególnym przepisom wspólnotowym dotyczącym środków konserwujących,
- niszczenie niepożądanych roślin lub części roślin z wyjątkiem glonów, chyba że dane środki są stosowane na glebę lub wodę w celu ochrony roślin,
- hamowanie lub zapobieganie niepożądanemu wzrostowi roślin z wyjątkiem glonów, chyba że dane środki są stosowane na glebę lub wodę w celu ochrony roślin.

Podstawowym składnikiem każdego środka ochrony roślin jest **substancja lub substancje czynne (aktywne)**. **Substancje czynne** to substancje chemiczne lub mikroorganizmy, wykazujące ogólne lub specyficzne oddziaływanie na organizmy szkodliwe lub na rośliny, części roślin lub na produkty roślinne. Działanie więc substancji czynnej najczęściej polega na niszczeniu agrofagów. Zazwyczaj jest to związek chemiczny, który jest odpowiedzialny za efekt toksyczny i unieszkodliwienie lub likwidację agrofagów. W czystej chemicznie postaci substancja czynna jest na ogół mało przydatna w praktyce rolniczej. Może to być spowodowane jej nietrwałością podczas przechowywania, niewielką rozpuszczalnością w wodzie, podatnością na działanie niekorzystnych czynników środowiska (np. szybki rozkład przez słońce lub bardzo łatwe zmywanie przez deszcz). Zawartość substancji czynnej w ś.o.r. zazwyczaj nie przekracza 20-40%, ale są też takie, w których zawartość substancji czynnej wynosi nawet 80% lub zaledwie 1,5%. Np. środek o nazwie handlowej Kaptan Gold 80 WG zawiera 80 % kaptanu, a środek Decis Ogród 0,15 EW - zaledwie 1,5% deltametryny jako substancji czynnej.

W procesie produkcji środków ochrony roślin do substancji czynnej dodawane są **substancje towarzyszące**, które sprawiają, że aktywność biologiczna finalnego produktu jest wyższa, a jego stosowanie jest łatwiejsze oraz bardziej bezpieczne.

Każdy ś.o.r. zawiera nośnik, który nie jest wprawdzie toksyczny dla agrofaga, ale ułatwia aplikację preparatu i sporządzanie stabilnej cieczy użytkowej.

Częstym składnikiem ś.o.r. są tzw. sejfnery, czyli związki, które chronią roślinę uprawną przed toksycznym działaniem substancji czynnej.

Synergetyki - substancje lub preparaty, które wzmacniają działanie substancji czynnych.

Kolejnym składnikiem ś.o.r. są adiuwanty (zwilżacze, wspomagacze, surfaktanty), czyli substancje pomocnicze poprawiające ich skuteczność biologiczną poprzez modyfikacje właściwości fizycznych i chemicznych cieczy roboczej. Mechanizm działania adiuwanta zależy od jakości jego składu i dawki. Niektóre adiuwanty mogą być sprzedawane osobno.

Rodzajem adiuwantów wchodzących niekiedy w skład ś.o.r. są surfaktanty, czyli związki powierzchniowo czynne, które poprawiają właściwości fizykochemiczne cieczy użytkowej. Są one odpowiedzialne za zmniejszenie napięcia powierzchniowego kropeł i lepsze nawilżenie opryskiwanej powierzchni.

W ostatnim okresie pojawiły się retardanty znoszenia, które zwiększają wielkość kropeł. Dzięki temu zmniejsza się podatność kropeł na znoszenie.

Choć skład ś.o.r., nie jest znany i zazwyczaj jest tajemnicą strzeżoną przez producenta, to wybrane informacje z tego zakresu są jawne i muszą znaleźć się w etykiecie. Musi ona zawierać informację o

nazwie i zawartość substancji czynnej oraz listę substancji wchodzących w skład preparatów, które nie są ś.o.r., a mogą stwarzać zagrożenie dla ludzi, zwierząt i środowiska przyrodniczego.

Literatura

- <https://royalbrinkman.pl/bank-wiedzy/dezynfekcja-i-ochrona/rodzaje-chemicznych-srodkow-ochrony-roslin>
- <https://royalbrinkman.pl/bank-wiedzy/dezynfekcja-i-ochrona/jak-wybrac-wlasciwy-adiuwant>
- Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) Nr 1107/2009 z dnia 21 października 2009 r.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1107&from=BG>
- <https://www.kalendarzrolnikow.pl/947/formulacja-a-skuteczność-i-bezpieczeństwo-stosowania-sor>
- <https://www.kalendarzrolnikow.pl/947/formulacja-a-skuteczność-i-bezpieczeństwo-stosowania-sor>

2.2. Formy użytkowe środków ochrony roślin

Czas omawiania: ok. 5 – 7 (ok. 6 min)

Lider opracowania: dr A. Broniarek-Niemiec

Formulacja (forma użytkowa) jest fizyczną postacią środka ochrony roślin (substancji czynnej/czynnych oraz substancji towarzyszących), która została nadana w procesie technologicznym w trakcie wytwarzania ś.o.r. Forma użytkowa sprawia, że kombinacja różnych składników wykorzystanych w preparacie nadaje się do użycia zgodnie z przeznaczeniem. Informacja o formulacji środka ochrony roślin znajduje się w etykiecie produktu. Często jest ona zakodowana w ostatnich literach skrótu literowego nazwy handlowej preparatu (np. Movento 100 SC; Delan 700 WG; Topas 100 EC).

Formulacja ma istotne znaczenie podczas przygotowania cieczy użytkowej, w tym zwłaszcza podczas sporządzania mieszanin kilku preparatów jednocześnie. Wpływa także na bezpieczeństwie stosowania oraz trwałość i skuteczność zabiegu oraz decyduje o sposobie aplikacji, jak również wpływa na cenę preparatu.

Ś.o.r. są zazwyczaj wytwarzane w trzech głównych formach:

- stałej
- płynnej
- gazowej

Formulacje stałe ś.o.r. występują zazwyczaj w formie proszkowej i granulowanej. Formy proszkowe są łatwe w stosowaniu i przechowywaniu. W porównaniu do ciekłych formulacji są bardziej bezpieczne w stosowaniu, ponieważ trudniej przenikają przez skórę do wnętrza organizmu, charakteryzują się niższym kosztem produkcji i mniejszym ryzykiem występowania fitotoksyczności. Ich wadą jest pylenie podczas wstępnego rozładania w trakcie przygotowania cieczy użytkowej, co stanowi zagrożenie przedostawania się preparatów do dróg oddechowych. Ciecz sporządzona ze ś.o.r. w formulacjach stałych musi być stale mieszana, aby utrzymać stałe stężenie preparatu w zbiorniku i w celu uniknięcia zapychania się rozpylaczy, filtrów i przewodów cieczowych. Coraz częściej stosuje się formy granulowane formulacji stałych, które są łatwiejsze do stosowania i przechowywania, nie pylą lub pylenie jest niewielkie, co ma wpływ na ich cenę. Są słabo absorbowane przez skórę w porównaniu do formulacji ciekłych, przez co ten sposób kontaktu nie stanowi większego zagrożenia dla użytkownika. Natomiast przypadkowo rozsypane granule są niebezpieczne dla zwierząt (np. formulacja GR). Niektóre granulaty mogą trudniej się rozpuszczać.

Z kolei preparaty w formulacji płynnej nie wymagają długiego mieszania podczas sporządzania cieczy użytkowej i charakteryzują się wysoką skutecznością biologiczną. Podczas przygotowania cieczy

użytkowej są bardziej bezpieczne i łatwiejsze w użyciu dla operatora opryskiwacza niż formułacje stałe, ponieważ nie pylą oraz nie tworzą grudek i zbryleń. Są jednak łatwo absorbowane przez skórę i przez to łatwo wnikają do wnętrza organizmu. Wprawdzie wpływa to korzystnie na skuteczność zabiegu, ale jednocześnie stwarza większe zagrożenie dla operatora, gdy preparat zanieczyści skórę. Jednocześnie płynne preparaty muszą być starannie wymieszane, zwłaszcza przy wyższych temperaturach, aby uniknąć fitotoksyczności u roślin. Niekiedy płynne ś.o.r. zawierają w swoim składzie łatwopalne rozpuszczalniki, co zwiększa ryzyko pożaru, zwłaszcza podczas niewłaściwego przechowywania i transportu.

Fumigacja inaczej gazowanie to zwalczanie szkodników za pomocą fumigantów tj. substancji chemicznych w postaci dymu, pary lub gazu. W rolnictwie stosowane jest zarówno gazowanie gleby, jak i pomieszczeń. Gazowanie gleby wykonywane jest za pomocą inżektorów. Przeprowadza się je na głębokości około 10-20 cm. Proces ten najczęściej wykorzystywany jest na niewielkich powierzchniach, w przypadku roślin, których koszt sprzedaży jest wysoki, na przykład w szklarniach, na polach pod uprawę roślin mącznych np. truskawek. Gazowanie pomieszczeń opiera się natomiast na stosowaniu preparatów w formie gazowej. Pomieszczenia podczas zabiegu muszą być zamknięte. Rozwiązanie to wykorzystywane jest m.in. w szklarniach, magazynach, spichlerzach. Skuteczność uzależniona jest od stężenia gazu i czasu ekspozycji. Do gazowania najczęściej wykorzystywane są preparaty zawierające fosforiki glinu i magnezu. Związki te należą do „bardzo toksycznych” i mogą być stosowane tylko przez specjalistyczne firmy DDD.

Z uwagi na rosnące koszty produkcji roślinnej, w tym zwłaszcza cen paliw, coraz częściej stosuje się mieszaniny zbiornikowe różnych preparatów (patrz: temat 2, zagadnienie 6). W takim przypadku należy przestrzegać kolejności dodawania preparatów o różnych formach użytkowych, aby zapobiec zbrylaniu się ś.o.r. i powstawaniu niejednorodnej cieczy użytkowej.

Kolejność dodawania preparatów o różnych formułacjach:

1. Zawiesiny (WP, WG, SC),
2. Emulsje (EC, EW, SE),
3. Roztwory (SL, SP, SG)

Poniżej przedstawiono najczęściej stosowane literowe oznaczenie form użytkowych:

Forma płynna

- CS – zawiesina kapsułek w cieczy do stosowania po rozcieńczeniu wodą
- DC – koncentrat dyspergujący do stosowania po rozcieńczeniu wodą
- EC – koncentrat do sporządzania emulsji wodnej do stosowania po rozcieńczeniu wodą
- EO – emulsja, woda w oleju do stosowania po rozcieńczeniu wodą
- EW – emulsja, olej w wodzie do stosowania po rozcieńczeniu wodą
- ME – mikroemulsja – ciekła, klarowna forma użytkowa zawierająca olej i wodę, przeznaczona do stosowania bezpośrednio lub po rozcieńczeniu wodą
- GL – żel do sporządzania emulsji wodnej, do stosowania po rozcieńczeniu wodą
- HN – koncentrat do zamgławiania na gorąco bezpośrednio lub po uprzednim rozcieńczeniu
- KN – koncentrat do zamgławiania na zimno bezpośrednio lub po uprzednim rozcieńczeniu
- OD – koncentrat w formie zawiesiny olejowej do stosowania po rozcieńczeniu wodą
- OF – koncentrat zawiesinowy rozcieńczony olejem do stosowania po rozcieńczeniu rozpuszczalnikiem organicznym
- SC – koncentrat stężonej zawiesiny do stosowania po rozcieńczeniu wodą
- SE – zawiesino-emulsja do stosowania po rozcieńczeniu wodą
- SL – koncentrat do stosowania po rozcieńczeniu wodą
- ZC – mieszanina form CS i SC do rozcieńczania wodą
- ZE – mieszanina form CS i SE do rozcieńczania wodą
- ZW – mieszanina form CS i EW do rozcieńczania wodą

Forma stała

- EG – granule do sporządzania emulsji wodnej
- SG – granule rozpuszczalne w wodzie
- SP – proszek rozpuszczalny w wodzie
- WG – granulaty do sporządzania zawiesiny wodnej
- WP – proszek do sporządzania zawiesiny wodnej

Forma gazowa

- FK – świeca dymna
- FU – generator dymów, łatwopalna forma użytkowa, na ogół stosowana w postaci stałej, po zapaleniu jej wydziela się gaz o silnym działaniu toksycznym, który łatwo rozprzestrzenia się wśród roślin,
- FR – pręt dymny
- FW – pastylka emitująca dymy
- GE – produkt wytwarzający gaz w wyniku reakcji chemicznej

Środki ochrony roślin gotowe do użytku (bez potrzeby rozpuszczania)

- AE – dyspenser aerozolowy umieszczony w pojemniku, na ogół uwalniany rozpylaczem w formie kropli po uprzednim otwarciu zaworu
- AL – ciecz do bezpośredniego użycia w postaci nierozcieńczonej (nie jest opisana specyficznym kodem)
- AP – proszek do bezpośredniego stosowania, który nie jest opisany specyficznym kodem
- ME – mikroemulsja do stosowania bezpośrednio lub po rozcieńczeniu wodą (ciekła, klarowna, zawierająca olej i wodę)
- SD – koncentrat zawiesinowy do bezpośredniego stosowania.

Preparaty do zaprawiania nasion:

- CF – zawiesina kapsułek do bezpośredniego stosowania lub po rozcieńczeniu wodą
- DS – proszek do bezpośredniego stosowania na sucho
- ES – emulsja do bezpośredniego stosowania lub po rozcieńczeniu wodą
- FS – płynny koncentrat do bezpośredniego stosowania lub po rozcieńczeniu wodą
- GF – żel do bezpośredniego stosowania
- LS – roztwór do bezpośredniego stosowania lub po rozcieńczeniu wodą
- SS – proszek rozpuszczalny w wodzie;
- WS – proszek do sporządzania zawiesiny w formie papki.

Literatura

- Vademecum środków ochrony roślin. Opracowanie zbiorowe pod redakcją M. Korbas, A. Paradowskiego i P. Węgorka. Wydawnictwo Agronom, Poznań, 2017, s. 673.
- <https://www.e-pole.pl/uprawy/formulacje-srodkow-ochrony-roslin-abc-form-uzytkowych>
- <https://hortinet.pl/formulacja-srodkow-ochrony-roslin/>
- <https://podrb.pl/integrowana-ochrona/formy-uzytkowe-srodkow-ochrony-roslin>

2.3. Okres karencji i okres prewencji

Czas omawiania: ok. 7 - 9 (ok. 8 min)

Lider opracowania: dr K. Pochrzast

Okres karencji to czas jaki musi upłynąć od dnia (godziny) wykonania zabiegu do momentu zbioru rośliny przeznaczonej do spożycia przez ludzi i zwierzęta. Większość środków ma okres karencji sięgający od kilku do kilkunastu dni.. Okres karencji jest ustalany w badaniach poprzedzających

przygotowanie preparatu do rejestracji. W tym celu wykonywane są doświadczenia, które mają na celu precyzyjne określenie okresu karencji. Zakres prowadzonych badań oraz obowiązujące metodyki ich przeprowadzania są oficjalnie ustalane w Unii Europejskiej i są jednakowe dla wszystkich środków ochrony roślin oraz krajów członkowskich.

Okres karencji zostaje wyznaczony dla wszystkich środków ochrony roślin, a każdy z nich ma przypisany czas, w którym ulega rozkładowi. Okres karencji zależy od składu i zawartości substancji czynnej w ś.o.r. oraz od czasu jego degradacji. Należy jednak pamiętać, że w przypadku nieprawidłowego zastosowania środka ochrony roślin, np. użycia zbyt wysokiej dawki lub wystąpienia nietypowych warunków pogodowych, czas degradacji może się wydłużyć. W rezultacie w żywności mogą znajdować się pewne ilości środków ochrony roślin, czyli pozostałości środków ochrony roślin. Duży wpływ mają warunki środowiskowe, w tym zwłaszcza meteorologiczne (opady deszczu, wilgotność i temperatura powietrza, liczba słonecznych dni), które wpływają na intensywność degradacji ś.o.r. i tym samym na poziom pozostałości. Na okres karencji ma wpływ także rodzaj uprawy, dlatego np. dla marchwi i ziemniaków, których korzenie lub bulwy nie są poddane bezpośredniemu opryskiwaniu, okres karencji jest krótszy. Istotna jest także presja agrofaga, która wiąże się wysokością dawki ś.o.r.

Okres prewencji oznacza z kolei czas kiedy ludzie i zwierzęta, w tym pszczoły, nie powinni stykać się z chronionymi roślinami i przebywać w pobliżu miejsc, w których zastosowano ś.o.r. Podobnie jak w przypadku karencji, okres prewencji wyznacza się w trakcie badań poprzedzających rejestrację preparatu na podstawie metodyk zatwierdzonych w ramach UE. W zależności od preparatu, okres ten może być liczony w godzinach lub też dniach. Szczególnie istotny jest okres prewencji dla pszczół, ponieważ zapewnienie bezpieczeństwa tym owadom ma kluczowe znaczenie w uprawie wielu gatunków roślin będąc gwarancją wysokich i dobrych jakościowych plonów. Dotyczy to w takim samym stopniu pszczoły miodnej, , których tylko w Polsce żyje ponad 470 gatunków. jak i innych owadów zapylających

Zatrucia pszczół i innych owadów zapylających, powodowane przez środki ochrony roślin, są prawdziwą zimą pszczelarzy. Przyczyną tych zatruć jest wiele, ale do najważniejszych (wg. Pruszyńskiego) należą:

- nieprzestrzeżenie zapisów etykiety środków ochrony roślin,
- nieprawidłowy dobór środków ochrony roślin i ich dawek,
- nieprawidłowy dobór terminu zabiegu chemicznej ochrony,
- nieprawidłowa technika zabiegu,
- stosowanie niedozwolonych na danej uprawie środków ochrony roślin,
- brak przygotowania wykonawców zabiegów.

Przeciwdziałanie zatruciom pszczół jest konieczne. W tym celu konieczne jest staranne zapoznanie się z etykietą ś.o.r., w tym zwłaszcza z pkt. „Środki ostrożności związane z ochroną środowiska naturalnego”. W tym punkcie można znaleźć dodatkowe informacje dotyczące ograniczeń mających na celu ochronę owadów zapylających np.:

- W czasie kwitnienia roślin uprawnych zaleca się stosowanie środka poza okresami aktywności pszczół (Amistar Gold Max).
- W celu ochrony pszczół i innych owadów zapylających nie stosować na rośliny uprawne w czasie kwitnienia. Nie używać w miejscach gdzie pszczoły mają pożytek. Nie stosować na uprawę kiedy występują w niej kwitnące chwasty (Conviso One - Termin ważności zezwolenia minął 31.07.2022 r., choć okres na zużycie istniejących zapasów trwa do 2024 r.).
- W celu ochrony pszczół i innych owadów zapylających nie stosować na rośliny uprawne w czasie kwitnienia. Nie stosować, kiedy występują kwitnące chwasty. Nie używać w miejscach, gdzie pszczoły mają pożytek (spadź). Nie stosować na roślinach, których kwitnienie może rozpocząć się przed upływem okresu prewencji (Decis Expert 100 EC - Termin ważności zezwolenia minął 31.10.2022 r., choć okres na zużycie istniejących zapasów trwa do 2024 r.).

Przestrzeganie takich zapisów jest niezwykle ważne dla bezpieczeństwa pszczół, dlatego rozumiejąc ich rolę w produkcji roślinnej, każdy plantator powinien świadomie chronić nie tylko pszczoły miodne lecz także inne gatunki dziko żyjących owadów zapylających.

Wyjaśnić różnice pomiędzy terminami karencja i prewencja i przedstawić przykładowe etykiety z informacjami z tego zakresu. Opisać znaczenie karencji w ograniczaniu do minimum negatywnych następstw stosowania chemicznych ś.o.r., w tym dla wielkości ich pozostałości ś.o.r. w płodach rolnych (kontrola jakości, wpływ na zdrowie konsumentów). Zwrócić uwagę na zagrożenia dla pszczół związane z nieprzestrzeganiem okresu prewencji, nie tylko w odniesieniu do rośliny uprawnej lecz także do kwitnących chwastów znajdujących się w sąsiedztwie opryskiwanej uprawy. Omówić zagrożenia dla pszczół i owadów miododajnych związane ze stosowaniem ś.o.r.

Literatura

- Pruszyński G. 2014. Okres prewencji dla pszczół – jak chronić owady <https://www.sumiagro.pl/zapylacze/okres-prewencji-dla-pszczol-jak-chronic-owady/>
- <https://www.modr.mazowsze.pl/porady-dla-rolnikow/tpr-inne/245-wlasciwe-postepowanie-ze-srodkami-ochrony-roslin>
- <https://www.target.com.pl/porady-i-inspiracje/poradniki/po-jakim-czasie-od-wykonania-oprysku-mozna-zbierac-plony/>

2.4. Charakterystyka środków ochrony roślin pod względem stwarzania przez nie zagrożeń dla zdrowia człowieka, pszczół i organizmów wodnych

Czas omawiania: 7 – 9 minut (ok. 8 min)

Zespół opracowujący: prof. P. Węgorek, dr hab. J. Zamojska, dr D. Dworzańska (IOR-PIB)

Konspekt szkolenia: Zagadnienie należy omówić w sposób komplementarny z tematem 6 (Bezpieczeństwo i higiena pracy ...) zagadnienia 2 i 3. Przedstawić klasyfikację ś.o.r. pod względem ich toksyczności oraz sposób ich oznaczania (T+; T; Xn) i omówić sposób jej ustalania. Podać przykłady najbardziej toksycznych substancji aktywnych dla zdrowia ludzi i zwierząt i wskazać na ograniczenia w ich zakupie i obrocie. Omówić rodzaje zatruc i toksycznego działania ś.o.r. na organizm człowieka. Zaprezentować sposoby zapobiegania zagrożeniom dla pszczół i organizmów wodnych. Przedstawić zagrożenia związane z niewłaściwym stosowaniem i przechowywaniem ś.o.r. (skażenia gleby i wód powierzchniowych).

2.4.1. Omówienie slajdów

Mechanizmy działania insektycydów – przedstawione na slajdzie. Według mechanizmów działania insektycydy podzielone są w grupy (klasyfikacja IRAC – Insecticide Resistance Action Committee)

Pyretroidy – 3 slajdy - Pyretroidy są syntetycznymi pochodnymi naturalnych pyretryn, które występują w kwiatkach złocieni: dalmatyńskiego, kaukaskiego. Naturalne pyretryny, ze względu na słabą trwałość fotochemiczną, nie znalazły szerokiego zastosowania w ochronie przed szkodnikami. Posiadały jednak wiele cech pożądanych dla środków ochrony roślin, tj.: szybkie i silne działanie porażające i owadobójcze, przy jednoczesnej małej toksyczności dla organizmów stałocieplnych, brak bioakumulacji i szybką biodegradację na skutek utleniania i fotolitycznego rozpadu. Podjęto liczne badania mające na celu wynalezienie syntetycznych substancji, opartych na działaniu pyretryn naturalnych, ale stabilniejszych. Syntetyczne pyretroidy zostały wprowadzone na rynek ochrony roślin w latach 60. i 70. XX wieku i są stosowane do dzisiaj, stanowiąc najpopularniejszą grupę chemiczną insektycydów, stosowaną na całym świecie. Związki z grupy pyretroidów są estrami kwasu chryzantemowego (3-(2,2-dimetylowinylo)-2,2-dimetylocyklopropanokarboksyłowego) lub analogów tego kwasu i alkoholi pierwszo- lub drugorzędowych, które zawierają co najmniej jedno wiązanie

podwójne. Są dobrze rozpuszczalne w tłuszczach, nietrwałe w środowisku, mało toksyczne dla ssaków i ptaków. Niestety charakteryzują się również małą selektywnością dla entomofauny pożytecznej i obojętnej. Pomimo tego, na skutek ich wieloletniego (od lat 80. XX wieku) i powszechnego stosowania w ochronie roślin, obecnie jest wiele gatunków owadów silnie uodpornionych na substancje czynne z tej grupy chemicznej. Mechanizm działania pyretroidów opiera się na blokowaniu kanałów sodowych w komórkach nerwowych owadów, powodując długotrwałe ich otwarcie lub opóźnianie ich zamykania. W konsekwencji następuje depolaryzacja neuronu i powtarzające się wyładowania, które objawiają się w postaci konwulsji i drgawek. Pyretroidy powodują również dysfunkcje kanałów wapniowych, które odpowiadają za uwalnianie acetylocholin (ACh) i zaburzenia działania pomp chlorkowo-sodowych w neuronach presynaptycznych. Pyretroidy wykazują działanie kontaktowe i żołądkowe.

Oksadiazyny – jeden slajd - Przedstawicielem tej grupy chemicznej był wycofany już indoksakarb, o działaniu podobnym do toksyny skorpionia. Pomimo, że substancja ta działa na kanał sodowy podobnie jak pyretroidy, to w odróżnieniu od tych substancji, nie powoduje nadwzbudzenia neuronu. Indoksakarb, blokuje napływ jonów sodu do wnętrza komórki nerwowej, nie dopuszczając tym samym do depolaryzacji neuronów.

Karbaminiany i związki fosforoorganiczne – 3 slajdy - Pierwszy naturalny karbaminian został wyizolowany przez A. Windausa i H. Hautha w roku 1864 z nasion rośliny bobu kalabryjskiego (*Physostigma venenosum*). Był to alkaloid o nazwie fizostygmina, który posłużył jako wzorzec do poszukiwań innych syntetycznych związków, o podobnych właściwościach insektycydowych. Insektocydy karbaminianowe są estrami nietrwałego, w naturalnych warunkach, kwasu karbaminowego. Karbaminiany wykazują działania żołądkowe, kontaktowe i gazowe. Podobnie jak insektocydy fosforoorganiczne (wycofane), nie oddziałują bezpośrednio na kanały jonowe w komórkach nerwowych owadów. Charakteryzują się dużą aktywnością biologiczną, polegającą przede wszystkim na hamowaniu esterazy cholinowej (AChE). W wyniku tego procesu dochodzi do toksycznego nagromadzenia acetylocholin w synapsie, czego następstwem jest zakłócenie w przewodzeniu bodźców, objawiające się nadpobudliwością, a w wielu przypadkach także śmiercią organizmu.

Neonikotynoidy (w tym samym miejscu układu nerwowego działają również insektocydy z grupy butenolidów (flupyradifuron), a także wycofane sulfoksyminy i pochodne nereistoksyny – 3 slajdy - Prekursorem współczesnych neoniktynoidów jest wykorzystywana do dziś (przede wszystkim jako fumigant) nikotyna – naturalny związek chemiczny o działaniu neurotoksycznym, z grupy alkaloidów pirydynowych, będących pochodnymi N-metylopirydyn, nazywanych powszechnie nikotynoidami. Występuje naturalnie w liściach i korzeniach tytoniu szlachetnego (*Nicotiana tabacum*). Neonikotynoidy wykazują działanie agonistyczne w stosunku do acetylocholin (ACh). Po przedostaniu się do organizmu owada zastępują ACh w jej receptorach (AChR) - nikotynowych i nikotynowo-muskarynowych – na błonach komórek postsynaptycznych, aktywując te receptory podobnie do ACh. Ponieważ substancje te nie ulegają szybkiej degradacji enzymatycznej tak, jak to ma miejsce w przypadku ACh, wywołany w ten sposób impuls nerwowy trwa w sposób ciągły, co powoduje nadpobudliwość neuronów postsynaptycznych objawiającą się drgawkami i konwulsjami wrażliwych owadów, a często również prowadzi do ich śmierci. Substancje czynne z tej grupy chemicznej po zastosowaniu ich w ochronie roślin wykazują właściwości translaminarne i systemiczne. Na owady działają kontaktowo i żołądkowo.

Karboksyamidy i diamidy – 1 slajd - Mechanizm działania karboksyamidów polega na modulowaniu organów chorodontalnych, ale ich docelowe miejsce działania nie jest znane. Wiadomo jednak, że substancja ta hamuje procesy żerowania wrażliwych gatunków owadów. Przedstawicielem tej grupy chemicznej w Polsce jest flonikamid, charakteryzujący się selektywnym działaniem na szkodniki ssące, m. in. mszyce. Przedstawicielami diamidów, są dwie substancje czynne: chlorantraniliprol oraz cyjanotraniliprol. Substancje te aktywują receptory rianodiny tworzące kanały wapniowe w błonach komórek nerwowych i mięśniowych. Pobudzenie tych receptorów powoduje niekontrolowany wypływ jonów wapnia z komórki. W efekcie, owad przestaje żerować, jego mięśnie mogą ulegać niekontrolowanemu skurczom, a po wyczerpaniu zasobów wapnia następuje paraliż. Objawy te są

widoczne w ciągu kilku godzin od spożycia toksyny. Do śmierci owadów dochodzi w ciągu 2–4 dni. Diamidy wykazują działanie żołądkowe, a w mniejszym stopniu kontaktowe. W środkach ochrony roślin w Polsce stosowane są zarówno w postaci zapraw nasiennych mających stanowić alternatywę dla zapraw neonikotynoidowych (np. cyjanotraniliprol), a także w postaci preparatów nalistnych (chlorantraniliprol, cyjanotraniliprol).

Bioinsektycydy – 1 slajd – informacje na slajdzie

Literatura

- Korbas M., Paradowski A., Węgorek P., Jajor E., Horoszkiewicz-Janka J., Zamojska J., Danielewicz J., Czyczewski M., Dworżańska D. 2017. Vademecum środków ochrony roślin. (M. Korbas, A. Paradowski, P. Węgorek, red.). Wydawnictwo Agronom, Poznań, 676 ss.
- Różański L. 1992. Przemiany pestycydów w organizmach żywych i w środowisku. PWRiL, Warszawa, 275 ss.
- Węgorek P. 2007. Historia odporności owadów na insektycydy na przykładzie stonki ziemniaczanej (*Leptinotarsa decemlineata* Say.). Instytut Ochrony Roślin – PIB, Poznań, 68 ss.
- https://pl.wikipedia.org/wiki/Globalnie_zharmonizowany_system_klasyfikacji_i_oznakowania_chemikali%C3%B3w

2.5. Podział środków ochrony roślin: a) ze względu na funkcję; b) ze względu na sposób oddziaływania na organizmy szkodliwe; c) ze względu na sposób zachowania się na roślinie

Czas omawiania: 7 - 9 (ok. 8 min)

Lider opracowania: dr A. Broniarek-Niemiec

Środki ochrony roślin (ś.o.r.) to pojedyncze substancje lub mieszaniny kilku substancji, które posiadają zdolność odstraszania, hamowania rozwoju agrofagów lub ich niszczenia. Wpływają one na procesy życiowe roślin np. przez regulowanie ich wzrostu, likwidację pasożytów, usuwanie lub hamowanie wzrostu chwastów lub zapobieganie wzrostowi niechcianych roślin. Poniżej przedstawiono podział ś.o.r. ze względu na funkcję, sposób oddziaływania na organizmy szkodliwe oraz zachowanie się na roślinie.

2.5.1. Podział środków ochrony roślin ze względu na funkcję

Ś.o.r., ze względu na spełniane funkcje, można podzielić na następujące grupy:

- fungicydy
- insektycydy
- akarycydy
- herbicydy
- nematocydy
- moluskocydy
- adiuwanty
- regulatory wzrostu
- repelenty

Fungicydy to substancje stosowane do zwalczania grzybów i innych organizmów grzybobodobnych. W szerszym znaczeniu nazwa fungicyd odnosi się więc do wszystkich substancji używanych w ochronie roślin przed chorobami niezależnie od tego, przez jakie czynniki chorobotwórcze choroby te są powodowane. Na przykład do tej grupy można zaliczyć także fungicydy wykazujące działanie bakteriobójcze (bakteriocydy) czy wirusobójcze (wirowicydy). Jednak w praktyce fungicydy stosowane są prawie wyłącznie przeciw grzybom. Fungicydy są najbardziej skuteczne, gdy zabiegi wykonywane są

zapobiegawczo, czyli zanim pojawią się symptomy choroby. Skuteczny fungicyd niekoniecznie musi zabijać grzyb (działanie fungitoksyczne). Fungicyd może być w pełni skuteczny również wtedy, gdy hamuje rozwój patogena (działanie fungistatyczne). W zależności od fazy rozwojowej patogena działanie fungicydów można podzielić na zapobiegawcze, interwencyjne i wyniszczające. **Działanie zapobiegawcze** zapewniają fungicydy, które zostały naniesione na rośliny, zanim patogen znajdzie się w kontakcie z rośliną i rozpocznie infekcję. Warunkiem zapewnienia skutecznej ochrony przez fungicydy stosowane zapobiegawczo (przed infekcją) jest zapewnienie dokładnego pokrycia rośliny warstwą fungicydu. Trwałość warstwy fungicydu jest ograniczona. Przyjmuje się, że 20-25 mm deszczu po zabiegu zapobiegawczym powoduje zmycie fungicydu. Poza tym rośliny rosną i rozwijają się, wytwarzając nowe powierzchnie, które nie są pokryte preparatem. Opryskiwania zapobiegawcze muszą więc być powtarzane tak często, jak tego wymaga zapewnienie szczelnej warstwy ochronnej fungicydu. Działanie zapobiegawcze wykazują wszystkie fungicydy, choć niektóre działają przez dłuższy, a inne przez krótszy czas po naniesieniu. Czas ten zależy od odporności na zmywanie i od możliwości transportu fungicydu do nowych, przyrastających części rośliny. Inne fungicydy obok działania zapobiegawczego, wykazują zdolność do **działania interwencyjnego** (np. fungicydy triazolowe). Zdolność taka polega na zahamowaniu rozwoju lub zabicia grzyba nawet wtedy, kiedy fungicyd zostanie naniesiony już po rozpoczęciu infekcji. Można przyjąć, że różne fungicydy są zdolne do działania interwencyjnego, jeśli zostaną naniesione nie później niż w 48 do 120 godzin po infekcji. Okres interwencyjnej skuteczności fungicydów kończy się prawdopodobnie wtedy, kiedy grzybnia rozwinie się już dostatecznie. Z kolei niektóre fungicydy (np. dodynowe, triazolowe) są zdolne do niszczenia wytworzonych przez grzybnię zarodników, a czasem nawet samej grzybni lub przynajmniej jej części, co hamuje dalszy rozwój choroby. Takie działanie nazywamy **działaniem wyniszczającym**.

Insektycydy to owadobójcze środki ochrony roślin, które są przeznaczone do zwalczania szkodników w lasach, w uprawach rolniczych, ogrodniczych, w polu i pod osłonami, w magazynach z żywnością, a także w mieszkaniach. Ich zadaniem jest zwalczanie owadów lub ograniczenie ich rozrodu, w celu zmniejszenia ich liczebności. Zwalczają one jeden lub kilka gatunków insektów. Insektycydy działają na różne sposoby, w związku z czym każdy z tych środków stanowi inny poziom zagrożenia dla ludzi, zwierząt i środowiska.

Akarycydy służą do zwalczania roztoczy, najczęściej przędziorków, w tym jaj, larw i dorosłych osobników.

Herbicydy są stosowane do zwalczania chwastów. Chwasty konkurują z roślinami uprawnymi o wodę, substancje pokarmowe i światło; mają niekorzystne oddziaływanie chemiczne (allelпатия); pogorszają warunki fitosanitarne, co sprzyja rozwojowi chorób grzybowych oraz szkodników, w tym gryzoni oraz zwiększają uszkodzenia roślin przez przymrozki wiosenne. Herbicydy mogą działać selektywnie, zwalczając wyłącznie wybrane gatunki roślin lub też nieselektywnie niszcząc niemalże wszystkie chwasty. Klasyfikacja herbicydów jest zróżnicowana. W zależności od sposobu przemieszczania w roślinie herbicydy klasyfikowane są na kontaktowe (nie przemieszczają się w roślinach lub przemieszczają się w bardzo ograniczonym stopniu) i systemiczne inaczej układowe (przemieszczają się w roślinie i mogą działać w miejscach odległych od tych, na których osiadła ciecz opryskowa). Ze względu na sposób stosowania i pobierania przez roślinę wyróżnia się herbicydy **dolistne** (pobierane przez liście chwastów, stosowane po ich wschodach), **doglebowe** (pobierane przez korzenie chwastów i pęczniące nasiona, stosowane przede wszystkim przed wschodami, możliwe jest ich stosowanie po wschodach chwastów – głównie w celu ograniczenia zachwaszczenia wtórnego) i **dolistno-doglebowe** (mogą być pobierane przez korzenie, pęczniące nasiona i liście chwastów).

Nematocydy są s.o.r. służącymi do zwalczania nicieni w glebie. Nicienie uszkadzają korzenie roślin i w ten sposób ograniczają wzrost roślin. W wyniku działania nicieni na roślinach powstają uszkodzenia, przez które mogą wnikać patogeny. W większości przypadków nicienie występują w podłożu, żerując na korzeniach roślin. Tylko niewielka część nicieni będących szkodnikami roślin, żeruje na ich naziemnych częściach.

Moluskocydy są przeznaczone do zwalczania ślimaków. Najczęściej występują w postaci granulatu do rozsypywania na powierzchni upraw i wokół zaatakowanych roślin.

Adiuwanty to środki pomocnicze dodawane do cieczy opryskowej w celu poprawy ich właściwości użytkowej. Są one szczególnie przydatne, gdy rośliny posiadają woskową powierzchnię, która utrudnia przenikanie ś.o.r. w miejscu jego docelowego działania. W tej grupie są środki powierzchniowo czynne, buforujące, olejowe i substancje zapobiegające pienieniu się cieczy.

Regulatory wzrostu to różnorodne substancje (m.in. auksyny, cytokininy, kwas jasmonowy) regulujące wiele procesów życiowych u roślin. Stosuje się je w szerokim zakresie – od upraw sadowniczych i rolniczych, po florystykę (przykładem może być cytokinina, która przedłuża trwałość kwiatów ciętych). Regulatory wzrostu mogą wpływać na wzrost roślin, rozwój korzeni, todyg czy liści oraz rozwój owoców i nasion.

Repelenty stosuje się do odstraszenia wybranych gatunków zwierząt, najczęściej owadów. Repelenty to najczęściej różne substancje chemiczne, ale też dźwięki i przeszkody fizyczne.

2.5.2. Podział środków ochrony roślin ze względu na sposób oddziaływania na organizmy szkodliwe

Ś.o.r. ze względu na sposób oddziaływania na organizmy szkodliwe można podzielić m.in. na:

- kontaktowe – substancja czynna obecna w środku ochrony roślin nie wnika do rośliny, a jedynie pozostaje na powierzchni liści i pędów i zwalcza organizm szkodliwy w wyniku kontaktu z preparatem obecnym na powierzchni upraw (wnika przez naskórek szkodników);
- żołądkowe – substancja czynna zawarta w środku ochrony roślin przedostaje się do organizmu szkodliwego przez jego układ pokarmowy wraz z elementami spożywanej rośliny;
- inhalacyjne – substancja czynna zawarta w środku ochrony roślin przedostaje się do organizmu szkodliwego przez układ oddechowy;
- fungitoksyczne – substancja czynna zawarta w środku ochrony roślin działa toksycznie na komórki grzyba, przez co nie pozwala na ich bytowanie i namnożenie na roślinie;
- fungistatyczne – substancja czynna zawarta w środku ochrony roślin hamuje rozwój grzyba poprzez hamowanie kiełkowania zarodników, wzrostu strzępek, zarodnikowania;
- desykujące – substancja czynna zawarta w środku ochrony roślin powoduje usychanie części roślin;
- inhibitujące wzrost i rozwój – substancja czynna zawarta w środkach ochrony roślin wykazuje właściwości spowalniające wzrost i rozwój organizmu szkodliwego.

2.5.3. Podział środków ochrony roślin ze względu na sposób zachowania się na roślinie

Ś.o.r. ze względu na sposób zachowania na roślinie można podzielić na:

- powierzchniowe
- systemiczne (układowe)
- wgłębne
- quasi-systemiczne

Środki powierzchniowe działają tylko na powierzchni rośliny, na którą został naniesiony (nie wnika do tkanek rośliny) i wykazują toksyczność w miejscu naniesienia. Charakteryzują się dużą podatnością na zmywanie przez deszcz, w związku z tym ich działanie jest krótkotrwałe.

Środki systemiczne (układowe) po naniesieniu wnikają do tkanek rośliny i są w nich przemieszczane, zapewniając ochronę w miejscach, na które nie zostały naniesione. Po wniknięciu do rośliny nie są zmywane przez deszcz.

Środki o działaniu wgłębny wnikają do tkanek rośliny i pozostają aktywne tylko w miejscu naniesienia, ale nie są w nich przemieszczane do góry lub w dół.

Środki o działaniu quasi-systemicznym to fungicydy, które działają nie tylko w miejscu naniesienia, ale i w innych miejscach w skali pojedynczego liścia, a nawet w skali rośliny, ale nie polega to na transporcie substancji czynnej fungicydu w tkance rośliny. Niektóre fungicydy są rozmywane po powierzchni rośliny przez deszcz dzięki temu, że jego substancja czynna jest środkiem powierzchniowo czynnym (np. dodydyna). Inne fungicydy (strobilurynowe) Po aplikacji nalistnej przemieszczają się w

postaci lotnych frakcji nad powierzchnią rośliny, po czym wiążą się z kutykulą i woskami epikutylarnymi, tworząc trwałą, niezmywalną przez deszcz warstwę. Ten drugi sposób działania bywa nazywany działaniem mezosystemicznym. Preparaty rozprzestrzeniane po powierzchni rośliny na oba te sposoby wnikają częściowo do tkanek roślin i są lokalnie przemieszczane w przestworach między komórkowych. Stwarza to pozory działania systemicznego.

Literatura

- Środki ochrony i ich podział. <https://royalbrinkman.pl/bank-wiedzy/dezynfekcja-i-ochrona/rodzaje-chemicznych-srodkow-ochrony-roslin>
- <https://proagri.com/srodki-ochrony-roslin-czym-sa-ich-rodzaje-i-zasady-stosowania/>
- <https://podrb.pl/integrowana-ochrona/dzialanie-fungicydow>
- <https://zwalczamychwasty.pl/herbicydy/>
- <https://proagri.com/srodki-ochrony-roslin-czym-sa-ich-rodzaje-i-zasady-stosowania/>
- Vademecum środków ochrony roślin. Opracowanie zbiorowe pod redakcją M. Korbasa, A. Paradowskiego i P. Węgorka. Wydawnictwo Agronom, Poznań, 2017, s 673.
- Kryczyński S., Mańka M., Sobiczewski P. Słownik fitopatologiczny. Hortpress Sp. z o.o., Warszawa 2002, s. 179
- Kryczyński S. Podstawy Fitopatologii. Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, 2010, s. 264.

2.6. Czynniki warunkujące skuteczne działanie środków ochrony roślin, w tym: a) dobór środka ochrony roślin; b) termin przeprowadzenia zabiegu; c) dawka środka ochrony roślin; d) warunki atmosferyczne; e) łączne stosowanie agrochemikaliów

Czas omawiania: 9 - 11 (ok. 10 min)

Lider opracowania: dr W. Warabieda

2.6.1. Dobór środka ochrony roślin

Podstawą dla podejmowania wszelkich działań ochronnych przed agrofagami jest **lustracja** uprawy. Jej celem jest ocena zdrowotności roślin oraz rozpoznanie przyczyny ewentualnych odstępstw od jej prawidłowego stanu. Diagnozę ułatwia wiedza dotycząca rośliny jako potencjalnego gospodarza ściśle określonego spektrum agrogagów. Zasadniczo większość z nich można rozpoznać prostymi metodami wizualnymi, poprzez porównanie z dostępnymi kluczami czy atlasami szkodników, chorób lub chwastów. Pomocne w tym zakresie mogą być również serwisy internetowe na przykład Serwis Ochrony Roślin opracowywany w Instytucie Ogrodnictwa – PIB, w którym znajdują się poradniki sygnalizacji agrofagów, programy ochrony roślin wraz z wykazami środków ochrony roślin do Integrowanej Produkcji, jak również metodyki integrowanej ochrony roślin, materiały dotyczące techniki ochrony roślin oraz Internetowy system wspomagania decyzji w ochronie roślin ogrodniczych – HortiOhrna.

Dla doboru środka ochrony roślin, podczas prowadzonej lustracji istotne jest nie tylko rozpoznanie gatunku agrofaga ale również rozpoznanie jego fazy rozwojowej. Wynika to z faktu, że różne środki mogą mieć odmienne przeznaczenie. Na przykład w przypadku insektycydów i akarycydów, niektóre z nich służą do zwalczania jaj inne do zwalczania form larwalnych, a jeszcze inne form dorosłych. W przypadku patogenów, poza jego identyfikacją, dobór zastosowanego środka ochrony roślin uzależniony jest od fazy rozwojowej choroby, a zatem istotnym jest rozpoznanie czy mamy do czynienia z fazą przed infekcją, w trakcie infekcji, po infekcji, czy też jest to już faza z objawami choroby.

Na dobór środka ochrony roślin wpływają określone ograniczenia wynikające z przyjęcia w Unii Europejskiej zasad Integrowanej Ochrony Roślin. Zgodnie z przepisami Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1107/2009, w ochronie roślin należy, zawsze wtedy gdy jest to możliwe, priorytetowo traktować niechemiczne i naturalne rozwiązania alternatywne.

Ponadto trzeba zwrócić uwagę, że w ramach Europejskiego Zielonego Ładu, Komisja Europejska zaproponowała między innymi do 2030 roku cel ograniczenia stosowania pestycydów w rolnictwie o

50 proc a także przeznaczenie 25% gruntów rolnych pod uprawy ekologiczne. Aktualny wykaz zakwalifikowanych środków ochrony roślin w produkcji ekologicznej można znaleźć pod adresem: <https://www.ior.poznan.pl/1631,srodki-ochrony-roslin-do-upraw-ekologicznych>

Pomijając ostateczny zakres tego celu jaki przyjęty zostanie w Polsce, należy większy nacisk położyć na wykorzystywanie w ochronie przed agrofagami **środków agrotechnicznych, biologicznych, biotechnicznych**. Warto zwrócić uwagę, że ich wykorzystanie jest również elementem strategii antyodpornościowej w przypadku stosowania w ochronie roślin typowych pestycydów.

Do **biologicznych środków ochrony roślin** (biopestycydy) zaliczane są preparaty zawierające zarówno żywe organizmy (wirusy, bakterie, grzyby, nicienie, pasożytnicze i drapieżne owady, drapieżne roztocze), jak również **środki biotechniczne**, czyli biologicznie aktywne substancje pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego (olejki, saponiny, kwasy organiczne, chitozan), regulatory wzrostu oraz semiozwiązki (feromony, kairomony, allomony).

Środki ochrony roślin można podzielić na:

- Działające powierzchniowo tj. takie które – działają tylko na powierzchniowej tkance roślinnej – epidermie
- Działające wgłębnie tj. takie które przenikają epidermę i wnikają do głębszych warstw ale nie są rozprzestrzeniane po całej roślinie
- Działające systemiczne tj. takie które rozprzestrzeniane po całej roślinie, także do tkanek rosnących

Należy zaznaczyć, że w przypadku wniknięcia szkodnika do wewnątrz tkanki roślinnej (liścia, pędu, owocu) zastosowanie środków działających na roślinie powierzchniowo nie ma sensu i jest nieskuteczne.

W przypadku patogenów, środki działające na roślinie powierzchniowo działają zapobiegawczo, zanim np. kiełkujące zarodniki wnikną do wnętrza tkanek powodując infekcję i rozwój choroby. Jeśli infekcja obejmie głębsze tkani roślinne, skuteczne mogą być jedynie preparaty działające wgłębnie lub systemicznie.

Także wśród herbicydów można wyróżnić takie które działają systemicznie lub inne działające kontaktowo.

Dla właściwego wyboru preparatów do zabiegu ochronnego konieczna jest znajomość historii ich stosowania. Ma to istotne znaczenie z punktu widzenia powstawania ras odpornych agrofagów.

W populacji agrofagów, na skutek mutacji może dojść do takich zmian genetycznych, które będą powodowały powstawanie odporności niektórych osobników na określony środek ochrony roślin. Stosowanie wielokrotnie jednego składnika aktywnego, może prowadzić do powstawania ras odpornych agrofagów a co za tym idzie doprowadzić do sytuacji kiedy stosowany środek będzie nieskuteczny. Zatem od pojedynczych osobników odpornych doprowadzamy do sytuacji w której cała populacja jest odporna na używany składnik aktywny zawarty w środku ochrony roślin (Fig.1). Dlatego też w strategii odpornościowej tak istotna jest rotacja stosowanych pestycydów.

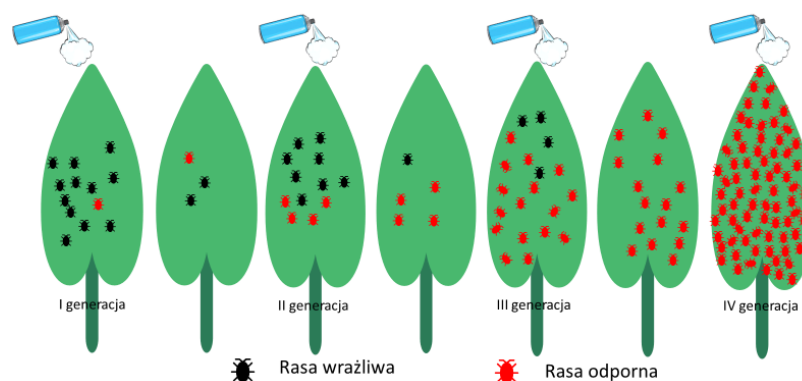


Fig. 1. Powstawanie ras odpornych

Z uwagi na zjawisko uodparniania się agrofagów na substancje aktywne środków ochrony roślin, dla przeciwdziałaniu temu zjawisku opracowywane są tzw. „strategie antyodpornościowe”. Ich podstawą jest znajomość mechanizmów działania stosowanych środków. Specjalnym miejscem, gdzie prowadzi się analizę tych problemów są:

- Komitet ds. Działań na rzecz Odporności na Insektycydy (IRAC),
- Komitet ds. Działań na rzecz Odporności na Fungicydy (FRAC)
- Komitet ds. Działań na rzecz Odporności na Herbicydy (HRAC)

W przypadku insektycydów, zwraca uwagę fakt, że substancje należące do różnych grup chemicznych mogą mieć ten sam mechanizm działania. Dlatego z punktu widzenia strategii antyodpornościowej, rotacja środków powinna dotyczyć nie tylko różnych grup ale jeśli to możliwe również różnych miejsc ich działania.

W przypadku patogenów wybór preparatu uzależniony jest silnie od fazy rozwojowej choroby. Zabieg można wykonać preparatami o różnym sposobie działania. Mogą to być preparaty powierzchniowe, wgłębne oraz systemiczne.

- Fungicydy powierzchniowe cechują się wielopoziomowym mechanizmem działania, dlatego ryzyko powstawania odporności w przypadku tych środków jest minimalizowane.
- Fungicydy działające zapobiegawczo i interwencyjnie mogą hamować rozwój patogena bądź niszczyć go nawet jeśli dojdzie już do infekcji. Takie możliwości wykazują fungicydy wgłębne i systemiczne.
- Fungicydy o działaniu poinfekcyjnym powinny być stosowane jedynie w przypadkach dużego zagrożenia chorobowego (po znacznych wysiewach zarodników i silnej infekcji) lub wtedy gdy warunki meteorologiczne uniemożliwiły wykonanie zabiegu zapobiegawczego w odpowiednim terminie. Fungicydy te najczęściej działają na ściśle określone przemiany biochemiczne w komórkach grzybów i nadmierne ich stosowanie może prowadzić do stosunkowo szybkiego powstawania odpornych ras patogenów.
- Fungicydy o własnościach wyniszczających działają już po wystąpieniu objawów choroby, i niszczą zarodniki i częściowo grzybnię patogena. Podobnie jak preparaty o działaniu poinfekcyjnym niosą duże ryzyko powstawania ras odpornych patogenów.

Dla fungicydów, strategia antyodpornościowa powinna obejmować następujące postępowanie:

- Ograniczenie źródła infekcji. Chodzi tu o przestrzeganie zasad prawidłowej agrotechniki i usuwanie i niszczenie porażonych części roślin a w przypadku parcha jabłoni mogą to być również jesienne zabiegi mocznikiem.
- Stosowanie rotacji fungicydów z różnych grup chemicznych.
- Zmniejszenie liczby zabiegów preparatami o tym samym mechanizmie działania do dwóch w sezonie.
- Stosowanie gotowych lub sporządzanych indywidualnie mieszanin fungicydów o różnym mechanizmie działania. Preparaty systemiczne i wgłębne, działające interwencyjnie lub wyniszczająco powinny być stosowane w mieszaninie z preparatem powierzchniowym działającym zapobiegawczo.

W przypadku szkodników, strategia antyodpornościowa nabiera szczególnego znaczenia dla gatunków charakteryzujących się dużą płodnością a także takich, które mają w sezonie wiele pokoleń.

Dla owadów wielopokoleniowych (np. owocówki) strategia antyodpornościowa obejmuje:

- Stosowanie produktów z jednej grupy chemicznej dla danego pokolenia.
- W przypadku konieczności powtórzenia zabiegu dla tego samego pokolenia, należy zastosować preparat z tej samej grupy chemicznej, ponieważ jedno pokolenie traktowane powinno być preparatami należącymi do tej samej grupy.
- Kolejne pokolenia szkodników powinny być traktowane środkami należącymi do odmiennych grup chemicznych. Najlepiej takich które działają na różne procesy fizjologiczne.

Dla szkodników, których populacje rozwijają się szybko z wieloma nakładającymi się pokoleniami (np. mszyce, roztocza istotne jest:

- Stosowanie środków należących do różnych grup chemicznych dla każdego zabiegu, najlepiej takich które działają na różne procesy fizjologiczne.
- Tam gdzie to możliwe stosować należy wieloletnią rotację aby owady lub roztocza nie były narażone na produkty o podobnym sposobie działania częściej niż raz na 3-4 lata.

Z uwagi na stale zmniejszające się spektrum dopuszczonych do stosowania pestycydów, ten ostatni postulat jest trudny do zrealizowania. Tu pomocne mogą być środki o mechanicznym (fizycznym) sposobie działania. Z uwagi na to, że nie wpływają one na powstawanie odpornych ras szkodników, dlatego ich udział w rotacji środków ochrony jest pożądany. Ich stosowanie jest szczególnie polecane we okresie wczesnowiosennym.

W doborze środków ochrony roślin należy się również kierować ich stopniem szkodliwości w stosunku do fauny pożytecznej i zawsze dawać pierwszeństwo środkom selektywnym. Należy zredukować stosowanie preparatów o szerokim spektrum działania jakimi są na przykład pyretroidy. Ich stosowanie powinno być ograniczone do jednego zabiegu w sezonie i to wykonanego we wczesnej fazie sezonu wegetacyjnego, kiedy obecność owadów lub roztoczy pożytecznych jest niewielka. Ponieważ udział organizmów pożytecznych w uprawach jest niezwykle istotny dla racjonalnej ochrony roślin przed szkodnikami, dlatego należy w otoczeniu sadów i plantacji zadbać o refugia czyli miejsca nieopryskiwane, w których mogą rozwijać się populacje drapieżnych owadów, roztoczy oraz parazytoidów.

Dla zminimalizowania występowania zjawiska odporności chwastów na herbicydy należy dążyć do:

- Stosowania różnych metod zwalczania chwastów np. zwalczanie mechaniczne a nie tylko chemiczne,
- Stosowania w sezonie odchwaszczania herbicydów o różnym mechanizmie działania,
- Stosowania mieszanin herbicydów cechujących się różnym mechanizmem działania
- Stosowania w kolejnych sezonach uprawy na tym samym polu herbicydów o różnym mechanizmie działania,
- Stosowania herbicydów w momencie największej wrażliwości rośliny na składniki aktywne
- Stosowania właściwego płodozmianu
- Zwalczania chwastów, które pozostały po wcześniejszych opryskach w celu eliminacji ewentualnych roślin odpornych i niedopuszczenie do ich wysiewu.

2.6.2. Termin przeprowadzenia zabiegu

Właściwy termin zabiegu to taki, gdzie uzyskuje się najwyższą skuteczność ograniczania agrofaga przy najmniejszych kosztach, wliczając w to koszty środowiskowe. Podstawą dla ustalenia terminu zabiegu jest przeprowadzenie lustracji uprawy i zidentyfikowanie gatunku agrofaga i jego fazy rozwojowej. Decyzja o konieczności wykonania zabiegu ochronnego powinna być podjęta w oparciu o Progi Zagrożenia. Mają one wartość orientacyjną. Producent podejmując decyzję o wykonaniu bądź zaniechaniu zabiegu, musi brać pod uwagę szereg czynników a wśród nich: fazę fenologiczną rośliny i agrofaga, przewidywany plon, występowanie fauny pożytecznej, odmianę i tolerancję chronionej rośliny, współwystępowanie chorób i innych szkodników, występowanie odporności agrofaga na dostępne preparaty chemiczne i przewidywaną skuteczność zabiegu, a także prognozowaną cenę owoców oraz koszty zabiegów ochronnych.

Pojęcie progów dla szkodników żerujących na różnych gatunkach roślin uprawnych pojawiło się po raz pierwszy w Stanach Zjednoczonych. Rozwój badań doprowadził do powstania koncepcji progów ekonomicznej szkodliwości, łączącej koszt zabiegów, ochronnych, cenę owoców a także zależność pomiędzy liczebnością szkodnika i spadkiem wartości plonu.

Próg ekonomicznej szkodliwości można zdefiniować jako poziom nasilenia występowania szkodnika przy którym koszt zabiegu ochrony jest równy stracie plonu powodowanej przez szkodnika.

Progi ekonomicznej szkodliwości są podstawą dla określenia progów zagrożenia, to jest takiego poziomu występowania agrofaga, przy którym należy wykonać zabiegi ochronne, żeby nie dopuścić do przekroczenia przez niego progu ekonomicznej szkodliwości.

Początkowo wzrost liczebności agrofaga nie wpływa negatywnie na wartość plonu. Jego liczebność, przy której obserwowane są pierwsze zauważalne straty, nazywane są **progiem szkodliwości**. Dalszy wzrost populacji agrofaga powoduje, że straty te są coraz większe i liczebność przy której zmniejszenie wartości plonu jest równe kosztom zabiegu ochronnego nazwana jest **progiem ekonomicznej szkodliwości** (Fig.2). Przy zbyt późnym wykonaniu zabiegu, dochodzi do niepożądanego sytuacji, w której straty powodowane przez agrofaga przekraczają koszt zabiegu. Dlatego zabieg ochronny powinien być wykonany wcześniej, tak aby liczebność agrofaga nie przekroczyła progu ekonomicznej szkodliwości.

Jeśli zabieg zostanie wykonany zbyt późno, może na skutek różnych czynników np. słabszej niż oczekiwano skuteczności, lub wolniejszemu działaniu substancji aktywnej dojść do dalszego wzrostu liczebności agrofaga i przekroczenia **progu ekonomicznej szkodliwości** co skutkuje powstaniem strat przekraczających koszt zabiegu. Właściwy termin zabiegu to taki, po wykonaniu którego liczebności agrofaga nie przekroczy progu ekonomicznej szkodliwości. Wtedy straty wartości plonu, będą mniejsze od kosztu zabiegu. Nasilenie występowania szkodnika, przy którym należy wykonać zabieg ochrony nazywany jest **progiem zagrożenia** (Fig.3). Jego wartość dla różnych upraw i agrofagów znajdziemy w Metodykach Integrowanej Ochrony oraz Metodykach Integrowanej Produkcji a także w Programach Ochrony Roślin.

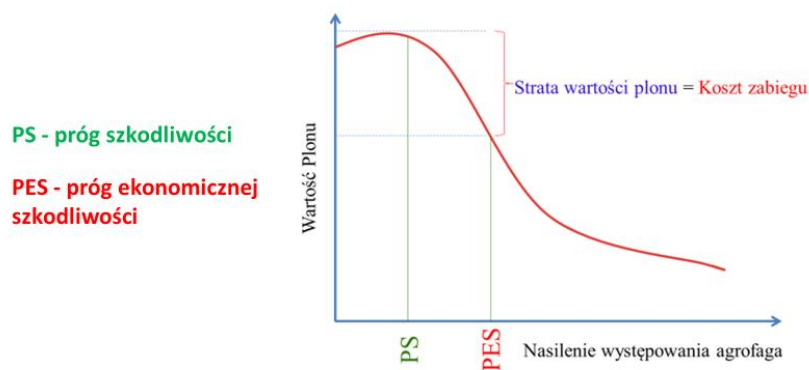


Fig.2. Próg szkodliwości i próg ekonomicznej szkodliwości.

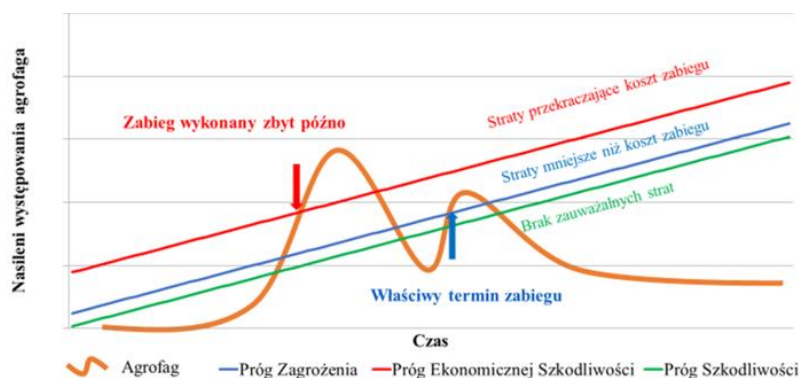


Fig. 3 Właściwy termin wykonania zabiegu

Przy określaniu terminu zabiegu należy brać pod uwagę szereg innych istotnych czynników. Przede wszystkim ważna jest znajomość biologii agrofaga. Na przykład niektóre gatunki szkodników cechują się nocną aktywnością.

Istotna jest również faza rozwojowa agrofaga. Dla wielu szkodników, wcześniejsze fazy rozwojowe agrofagów np. larwy owadów i roztoczy są na ogół bardziej wrażliwe na stosowane środki ochrony roślin niż osobniki dorosłe. Stąd tak istotna jest lustracja uprawy i wybranie takiego terminu zabiegu w którym dominują najbardziej wrażliwe fazy rozwojowe szkodnika.

W przypadku niektórych gatunków, właściwym terminem dla wykonania zabiegu może być szczyt liczebności jego występowania. Tak jest np. w przypadku owadów, dla których pomocne w określeniu maksimum ich lotu mogą być w zależności od gatunku pułapki feromonowe, barwne tablice lepowe czy pułapki świetlne.

Należy również zwrócić uwagę na fakt, że zabiegi środkami o kontaktowym sposobie działania muszą być zastosowane zanim szkodniki lub patogeny wnikną do wnętrza owoców lub innych części roślin.

Dla terminu przeprowadzenia zabiegu, istotne są również specyficzne wymagania środków co do ich stosowania takie jak temperatura, wilgotność, promieniowanie UV.

2.6.3. Dawka środka ochrony roślin

Dawki preparatów przedstawione są w etykietach środków ochrony roślin i są wynikiem badań uwzględniających zarówno skuteczność jak również pozostałości składników aktywnych w roślinach a w konsekwencji w paszach dla zwierząt lub żywności.

Dla każdego środka ochrony roślin określona jest zalecana dawka do jednorazowego stosowania. Jest nią jest minimalna skuteczna dawka dla zwalczania danego agrofaga. W niektórych przypadkach w etykietach podaje się również maksymalną dawkę dla jednorazowego stosowania. Jest to dozwolona dawka możliwa do zastosowania w wyjątkowych sytuacjach np. przy bardzo dużym nasileniu występowania agrofaga lub przy dominacji bardziej odpornych form rozwojowych.

W świetle prawa dozwolone jest stosowanie dawek obniżonych jak również dzielonych. Stosowanie obniżonych dawek może jednak prowadzić do wykształcenia odporności zwalczanych agrofagów na substancje czynne zawarte w środkach ochrony roślin.

Celem stosowania dawek dzielonych może być zmniejszenie kosztów na skutek **zmniejszenia zużycia** środka ochrony roślin, **wydłużenie okresu jego działania** lub **uniknięcie fitotoksycznego** wpływu preparatu na roślinę uprawną. Dawki dzielone można stosować, jeśli nie stoi to w sprzeczności z zaleceniami podanymi w etykiecie środka ochrony roślin.

Jeżeli w etykiecie znajduje się informacja, że środek można stosować tylko raz w sezonie wegetacyjnym, to zastosowanie dawki dzielonej jest niedozwolone. Podobnie, nie można stosować dawek dzielonych, jeśli w etykiecie jest informacja, że zabieg należy wykonywać tylko w dawce zalecanej przez producenta.

Stosowanie zarówno obniżonych dawek jak również dawek dzielonych, jeśli nie ma wyraźnych zaleceń ich stosowania w etykiecie, wiąże się z wzięciem odpowiedzialności za ewentualne obniżenie skuteczności środka i powstałe straty.

Najczęstszym sposobem określania dawek w przypadku upraw traktowanych horyzontalnie np. upraw warzyw, truskawek itp. jest kg (l) / ha powierzchni.

W przypadku roślin traktowanych wertykalnie np. sadów, sposób ten nie jest odpowiedni, ponieważ nie uwzględnia takich parametrów jak wysokość korony czy rozstawa rzędów. Dlatego coraz częściej producenci środków ochrony zalecają uwzględnienie powierzchni ściany liści lub objętości rzędu. Dawki środka mogą być podawane w kg(l) na 10 000 m² powierzchni ściany liści lub w kg(l) na 10 000 m³ objętości rzędu.

Inną spotykaną możliwością jest stosowanie dawki z uwzględnieniem wysokości korony. Wtedy dawkę określa się w kg(l) / ha / m wysokości korony. W przypadku upraw wertykalnych najmniej odpowiednią jest stosowanie ciągle jeszcze kg(l) / ha powierzchni uprawy.

W zaleceniach przedstawianych coraz częściej przez producentów środków ochrony roślin, dawka preparatu odnosi się do całkowitej powierzchni ściany liści (LWA) uprawy o powierzchni gruntu 1 ha.

Powierzchnię ściany liści (LWA) 1 ha uprawy można obliczyć za pomocą wzoru:

$$\text{LWA hektara powierzchni uprawy (m}^2\text{)} = h \text{ (m)} \times 2 \times 10\,000 \text{ (m}^2\text{)} / a \text{ (m)}$$

gdzie:

h - opryskiwana wysokość korony (m)

2- liczba opryskanych stron rzędu

a -rozstawa pomiędzy rzędami (m)

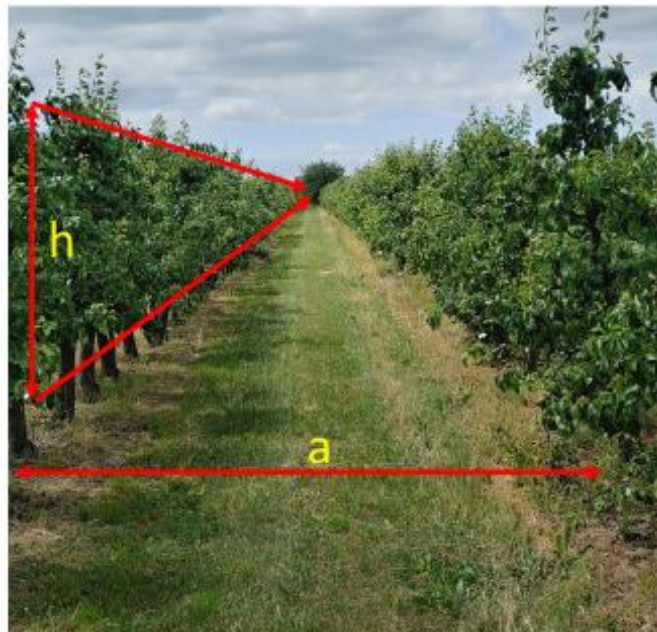


Fig. 4. Parametry potrzebne do obliczenia LWA hektara powierzchni uprawy

Producent owoców, określając wielkość powierzchni ściany liści swojej kwatery którą zamierza opryskać posługuje się wzorem:

$$LWA \text{ (m}^2\text{)} = h \text{ (m)} \times 2 \times L \text{ (m)} \text{ gdzie:}$$

h - opryskiwana wysokość korony (m)

2- liczba opryskanych stron rzędu

L – całkowita długość wszystkich opryskiwanych rzędów

W etykiecie środka podana jest dawka preparatu na 10 000 m² powierzchni ściany liści (powierzchni ściany owoconośnej)

Obliczając ilość preparatu konieczną do oprysku chronionej uprawy, korzystamy z proporcji:

$$A \text{ (kg)} - 10\,000 \text{ LWA (m}^2\text{)}$$

$$X \text{ (kg)} - \text{obliczone LWA (m}^2\text{)}$$

Stąd

$$X \text{ (kg)} = A \text{ (kg)} \times \text{obliczone LWA (m}^2\text{)} / 10\,000 \text{ LWA (m}^2\text{)}$$

2.6.4. Warunki atmosferyczne

Dla skuteczności wykonywanych zabiegów istotne znaczenia mają warunki atmosferyczne a wśród nich temperatura, wilgotność powietrza, opady oraz prędkość wiatru. Dlatego też każde gospodarstwo rolne powinno być zaopatrzone w termometr, higrometr deszczomierz i anemometr.

Przed wykonaniem zabiegu trzeba zwrócić uwagę na zawarte w etykietach informacje dotyczące warunków stosowania środków ochrony roślin, ponieważ działają one optymalnie w określonym zakresie temperatur. Ponadto zarówno temperatura jak i wilgotność powietrza mogą mieć znaczący wpływ na fitotoksyczność stosowanych środków. Wielkość opadu, jak również czas który minął od zastosowania środka do pierwszego opadu atmosferycznego, ma duże znaczenie dla skuteczności zabiegu i ewentualnej konieczności jego powtórzenia.

Obok temperatury i wilgotności powietrza istotne znaczenie ma również prędkość wiatru, ponieważ wpływa ona bezpośrednio na równomierność pokrycia roślin przez stosowane środki. W połączeniu z wysoką temperaturą powietrza, większa prędkość wiatru przyspiesza odparowywanie cieczy roboczej. Pociąga to za sobą słabsze wnikanie preparatów w tkanki roślin i agrofagów a co za tym idzie zmniejsza skuteczność zabiegu. Kolejną kwestią, na którą należy zwracać uwagę podczas wykonywania oprysków jest również kierunek wiatru, który obok jego prędkości, określa miejsca potencjalnego zagrożenia, powstałe na skutek znoszenia preparatu poza chronionym obszar uprawy. Dlatego należy zwracać uwagę czy wiatr nie kieruje rozpylonej cieczy na tereny wrażliwe takie jak rowy melioracyjne, stawy, studnie, pasieki, a także drogi publiczne które są objęte obowiązkiem zachowania strefy buforowej. O szerokościach stref buforowych mówią przepisy prawa, zawarte w rozporządzeniu MRiRW z 31.05.2014 w sprawie warunków stosowania środków ochrony roślin (Dz.U. 2014, poz. 516) a także etykiety środków ochrony roślin.

Dopuszczalne i optymalne wartości wybranych parametrów meteorologicznych przedstawia tabela.

Tabela 1. Dopuszczalne i optymalne wartości wybranych parametrów meteorologicznych podczas zabiegów środkami ochrony roślin. Źródło: Kodeks Dobrej Praktyki Ochrony Roślin

| Czynniki | Wartość graniczna | Wartość optymalna |
|--------------------------------|--|-------------------|
| Temperatura podczas zabiegu | 1-25°C | 12-20°C |
| Temperatura 1 dzień po zabiegu | do 25°C | 20°C |
| Wilgotność | 50-95% | 75-95% |
| Opady | poniżej 0,1 mm podczas zabiegu poniżej 2,0 mm w okresie 3-6 godzin po zabiegu | bez opadów |
| Prędkość wiatru | 0-4 m/s | 0,5-1,5 m/s |

2.6.5. Łączne stosowanie agrochemikaliów

Jedną z możliwości stosowania środków ochrony roślin jest ich łączne stosowanie w mieszaninach. Sadownik lub plantator stosujący nieuwzględnioną w etykietach mieszaninę agrochemikaliów bierze na siebie odpowiedzialność za skuteczność zabiegu, bezpieczeństwo dla konsumenta i środowiska oraz inne skutki uboczne.

Mimo tych zastrzeżeń, łączne stosowanie agrochemikaliów niesie za sobą szereg korzyści. Należy do nich możliwość zwalczania za pomocą jednego zabiegu większej liczby patogenów. Ponadto istnieje możliwość zwalczania szkodników i patogenów z jednoczesnym stosowaniem nawozów dolistnych. W niektórych przypadkach może mieć miejsce wzrost skuteczności zabiegu co z kolei daje możliwość

zastosowania niższych dawek środków ochrony roślin. Stosowanie mieszanin może dawać zarówno korzyści środowiskowe jak również ekonomiczne i organizacyjne (Fig. 5).

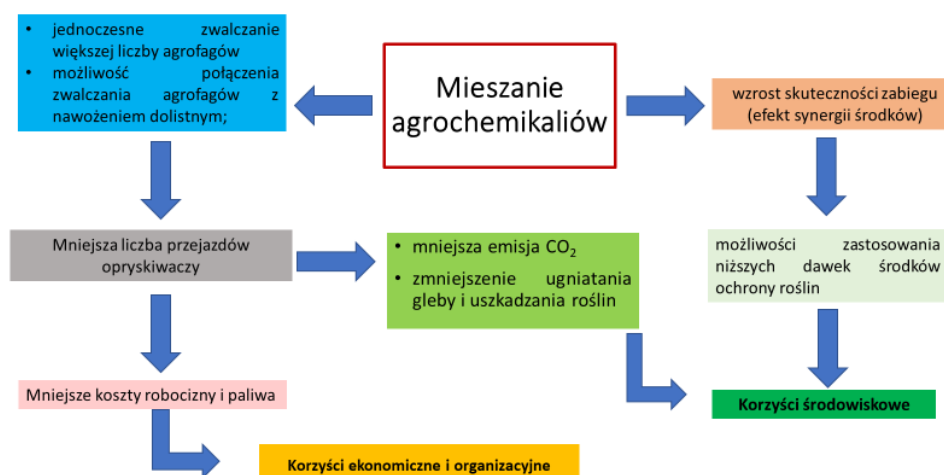


Fig. 5. Zalety łącznego stosowania agrochemikaliów

Obok niewątpliwych zalet, stosowanie mieszanin pociąga za sobą zagrożenia. Wynikają one z faktu, że efekt mieszania środków ochrony roślin nie jest zazwyczaj dokładnie poznany i może w niektórych wypadkach skutkować wystąpieniem efektu fitotoksyczności, negatywnym wpływem na środowisko jak również możliwym obniżeniem skuteczności zabiegu. Ten ostatni efekt może wynikać zarówno z istnienia antagonizmu składników aktywnych mieszaniny, jak również z niekorzystnych zmian fizykochemicznych cieczy roboczej (Fig.6).

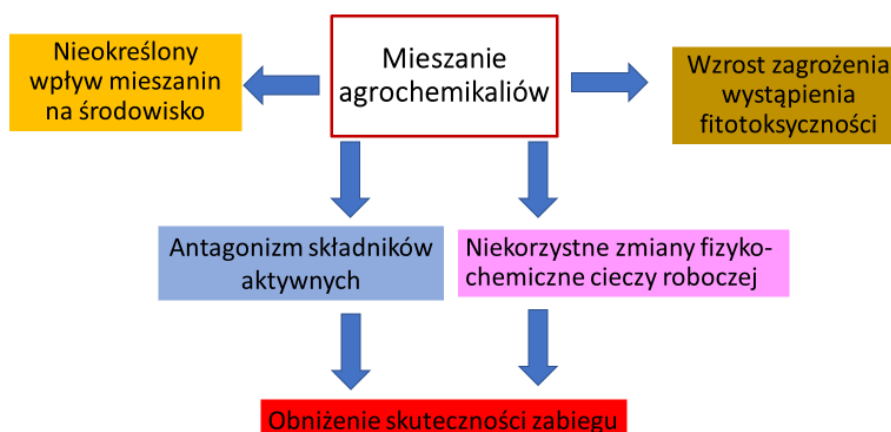


Fig. 6. Zagrożenia wynikające z łącznego stosowania agrochemikaliów

Przy stosowaniu do zabiegu mieszanin środków ochrony roślin, należy zwrócić uwagę na szereg koniecznych do spełnienia warunków. Po pierwsze, wszystkie środki muszą być dopuszczone do zastosowania przeciw zwalczanym agrofagom w chronionej uprawie. Ponadto, każdy ze stosowanych środków musi być dopuszczony do stosowania w terminie wykonywania zabiegu. Jako zasadę trzeba przyjąć, że karencja i prewencja mieszaniny musi być taka, jaka jest określona w etykiecie środka o największej toksyczności. Ponadto, należy przestrzegać zasady, aby stosując mieszaninę nie łączyć więcej niż 2-3 środków.

W celu ograniczenia możliwości pogorszenia cech fizykochemicznych mieszaniny, należy stosować się do poniższej procedury:

1. Napełnić wodą zbiornik opryskiwacza do 50-70% jego objętości i włączyć mieszadło

2. Dodać środki poprawiające właściwości wody (jeśli to konieczne);
3. Dodać nawozy mineralne;
4. Dodać środki ochrony roślin w kolejności:
 - Proszki lub granule do sporządzenia zawiesin (WP, WG),
 - Środki do sporządzenia stężonej zawiesiny (SC),
 - Środki w formie koncentratów do emulgowania (EC, EG, EW, SE),
 - Środki w formie koncentratów do sporządzania roztworów (SL, SP, SG);
5. Uzupełnić wodę do wymaganej objętości;
6. Dodać adiuwanty (jeżeli są zalecane)

Z uwagi na fakt, że każde wykorzystanie środka w mieszaninie nie ujętej w jego etykiecie powoduje, że konsekwencje za negatywne skutki ponosi wykonawca, należy przed zastosowaniem mieszaniny należy wykonać test na zgodność fizyko-chemiczną środków. W tym celu należy:

- Do słoja z wodą wlać odmierzone ilości środków i obserwować czy nie nastąpi reakcja
- Opryskać mieszaniną niewielką ilość przewidzianych do ochrony roślin
- Określić skuteczność oraz ewentualną fitotoksyczność zabiegu

Na skuteczność zabiegu wpływa również odczyn zastosowanej do oprysku wody, który wyrażony wskaźnikiem pH, może być obojętny (ok. 7), kwaśny (poniżej 7) lub zasadowy (powyżej 7). Wysokie pH wody (powyżej 7) jest niekorzystne dla większości pestycydów, gdyż prowadzi do szybkiego rozkładu chemicznego substancji czynnych już w zbiorniku opryskiwacza. Generalna zasada mówi, że najlepiej, gdy odczyn wody jest zbliżony do odczynu stosowanego preparatu. Ponieważ większość środków ochrony roślin ma odczyn kwaśny, dlatego optymalne pH wody zawiera się w większości przypadków w przedziale od 5-6. Są jednak odstępstwa od tej reguły, stąd konieczność dokładnego zapoznania się z etykietą stosowanego środka.

Wodę o odczynie zasadowym, należy przed dodaniem środka ochrony roślin zakwaszać, stosując dostępne kondycjonery wody.

Literatura

- Doruchowski G., Hołownicki R. i Godyń A. 2015. Poradnik Dobrej Praktyki Ochrony Roślin. Ochrona wód przed zanieczyszczeniami miejscowymi. Wydanie III - poprawione i uzupełnione. ISBN 978-83-89800-70-1. Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice. s. 95.
- <https://cdr.gov.pl/transfery-wiedzy/broszury-publicacje/3900-kodeks-dobrej-praktyki-ochrony-roslin-2020>
- <https://www.agrofagi.com.pl/plik,246,zasady-mieszania-i-lacznego-stosowania-agrochemikaliow-poradnik-dla-doradcy-pdf.pdf>
- <https://www.ior.poznan.pl/1631,srodki-ochrony-roslin-do-upraw-ekologicznych>
- Rozporządzenie MRiRW z 31.05.2014 w sprawie warunków stosowania środków ochrony roślin (Dz.U. 2014, poz. 516)
<https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20140000516/O/D20140516.pdf>
- Klasyfikacja technik ograniczających znoszenie–TOZ. <http://arc.inhort.pl/serwis-ochrony-roslin/technika-ochrony-roslin/klasyfikacja-technik-ograniczajacych-znoszenie-toz>
- Stern V. M., Smith R. F., van den Bosch R., and Hagen K. S. 1959. The integrated control concept, *Hilgardia*, 29, 81, 1959

- Pedigo K.P., Higley L.G. 1992. The economic injury level concept and environmental quality: a new perspective. *American Entomologist*, 38: 12–21.
- PP 1/239 (3) Dose expression for plant protection products
- Prószyński S. 2020. Łączne stosowanie agrochemikaliów. *Zagadnienia Doradztwa Rolniczego* 2020: 1 (99), 91-106
- <https://www.agrofagi.com.pl/plik,246,zasady-mieszania-i-lacznego-stosowania-agrochemikaliow-poradnik-dla-doradcy-pdf.pdf>