



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Publikacja współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Rozwój potencjału innowacyjnego członków Sieci Naukowej „Agroinżynieria dla rozwoju zrównoważonego rolnictwa, przemysłu rolno-spożywczego i obszarów wiejskich”

Ekspertyza

TECHNIKA OCHRONY UPRAW EKOLOGICZNYCH PRZY UŻYCIU ŻYWYCH ORGANIZMÓW

*Dr inż. Jerzy Chojnacki
Politechnika Koszalińska
Katedra Agroinżynierii
Koszalin 2009*



Publikacja dostępna w serwisie: www.agengpol.pl

Spis treści

1. Wstęp	3
2. Metody aplikacji biologicznych czynników ochrony roślin	4
2.1. Sposoby nanoszenia biopreparatów zawierających wirusy, bakterie, grzyby owadobójcze nicienie	7
2.1.1. <i>Ochrona materiału siewnego</i>	7
2.1.2. <i>Ochrona roślin</i>	8
2.2. Sposoby nanoszenia drapieżnych roztoczy i owadów	12
2.3. Kalibracja maszyn i urządzeń do aplikacji biopreparatów	14
3. Środki ostrożności podczas stosowania żywych organizmów	15
4. Kierunki obecnych i przyszłych prac badawczych	15
5. Literatura	16

AgEngPol

1. Wstęp

Jednym z głównych sposobów ochrony upraw w rolnictwie ekologicznym jest metoda biologiczna. Polega ona na zwalczaniu agrofagów za pomocą żywych organizmów takich jak wirusy, bakterie, pierwotniaki i grzyby, owadobójcze nicienie, roztocze i pająki oraz drapieżne i pasożytnicze owady. Są to naturalnymi wrogowie szkodników roślin, wysublimowani z pośród wielu gatunków organizmów będących agresywnymi i skutecznymi pasożytami agrofagów, które nadają się do sztucznego rozmnażania i stosowania w sposób zmasowany. W ochronie roślin używane są dla nich nazwy takie jak: biologiczne czynniki ochrony roślin, biopreparaty, biopestycydy lub biologiczne środki ochrony roślin. Podobnie jak w przypadku środków chemicznych, w zależności od zastosowania nazywa się je: bioinsektycydami, bioherbicydami lub biofungicydami.

Zaletą stosowania żywych organizmów do ochrony roślin jest ich bezpieczeństwo dla ludzi wynikające z braku kumulacji w glebie i na roślinach substancji szkodliwych dla środowiska i zdrowia ludzkiego a także selektywne zwalczanie agrofagów. Pozytywne aspekty stosowania biopreparatów w rolnictwie ekologicznym stwarzają zachętę dla konsumentów żywności do kupowania produktów wyhodowanych tą metodą. Wykorzystanie żywych organizmów w rolnictwie powoduje również, że dla osób wykonujących zabiegi ochrony roślin z użyciem tych substancji są one bardziej bezpieczne niż z użyciem środków chemicznych. Biopestycydy od preparatów chemicznych znacząco odróżnia także zdolność do rozmnażania się. Sprzyja ona utrzymywaniu ich biologicznej aktywności do czasu zmniejszenia populacji agrofagów poniżej ekonomicznej szkodliwości a następnie dalszemu, profilaktycznemu zabezpieczeniu hodowanych roślin. Zdolność wielu gatunków żywych organizmów do poruszania się i do aktywnego wyszukiwania szkodników stwarza możliwość na wykorzystanie ich do zwalczania agrofagów w miejscach upraw, na które trudno by było umieścić środki chemiczne.

Stosowanie organizmów pożytecznych w ochronie roślin może odbywać się różnymi sposobami, poprzez:

- introdukcję na zagrożone tereny organizmów sprowadzonych z innych odległych miejsc lub kontynentów,
- ochronę i stwarzanie warunków do rozmnażania,
- rozprzestrzenianie organizmów sztucznie wyhodowanych.

Introdukcja żywych organizmów z innych kontynentów jest procesem trudnym i nie zawsze dającym oczekiwane rezultaty. Osiedlenie żywego organizmu na nie zamieszkiwanym dotychczas przez niego terenie niesie zagrożenie, że z jednej strony nieobecność naturalnych wrogów może doprowadzić do sytuacji, że sam z czasem stanie się pasożytem a z drugiej, że musi mieć zapewnione warunki do przeżycia. Ich brak powoduje, że niektóre organizmy nie przeżywają na miejscu introdukcji, inne jak np. owady często uciekają z tych miejsc.

Ochrona pożytecznych organizmów polega na stosowaniu selektywnych środków w ochronie roślin i na wykonywaniu zabiegów w okresach najmniejszej ich liczebności oraz na tworzeniu warunków sprzyjających ich rozmnażaniu. Tworzenie warunków sprzyjających rozmnażaniu pożytecznych organizmów jest wynikiem utrzymywania dużej różnorodności roślin poprzez pozostawianie zadrzewionych i pokrytych krzakami pasów ziemi w otoczeniu pól oraz na wysiewaniu w uprawie głównej dodatkowych gatunków roślin produkujących duże ilości nektaru i pyłku.

Rozprzestrzenianie organizmów sztucznie wyhodowanych wykonywane jest w sposób masowy na uprawach, na których szkodniki rozmnożyły się do poziomu zagrażającego opłacalności upraw lub gdy istnieje zagrożenie, że taki poziom mogą osiągnąć. Metody rozprzestrzeniania organizmów sztucznie wyhodowanych ze względu na ich różnorodność gatunkową i środowisko działania są bardzo różne. Mogą być uwalniane z pojemników, rozsypywane, zmieszane z cieczą rozpylane lub rozlewane. Na małych uprawach lub do doniczek można to robić ręcznie. W przypadku gospodarstw towarowych, ze względu na wysokie koszty robocizny, wymagane jest użycie do tego celu urządzeń technicznych.

Podstawowym warunkiem wyboru metody rozpraszania i zastosowania do tego celu maszyny jest zapewnienie bezpieczeństwa żywym organizmom. Roztocze oraz owady, ze względu na łatwość ich poranienia lub zgniecenia, wymagają delikatnego obchodzenia się z nimi podczas rozdmuchiwania lub rozrzucania. Organizmy rozpylane lub rozlewane za pomocą opryskiwaczy lub urządzeń do nawadniania mogą być narażone na zniszczenie spowodowane złym doborem ciśnień cieczy i niewłaściwą konstrukcją elementów w instalacjach przepływowych. Straty spowodowane poranieniem lub śmiercią żywych organizmów zawartych w biopestycydach obniżają jakość rozprzestrzenionego biologicznego środka a zarazem i jego skuteczność. Poza negatywnymi zjawiskami dla biologicznych czynników, zachodzącymi w maszynach i urządzeniach do ich aplikacji, obniżenie jakości biopreparatów a w następstwie skuteczności ich działania, może być również spowodowane czynnikami fizyczno-chemicznymi i biologicznymi pochodzącymi od środowiska, w które zostały naniesione.

Czynnikami fizyczno-chemicznymi są:

- promieniowanie LV niebezpieczne dla wirusów, bakterii, grzybów i owadobójczych nicieni,
- zbyt wysoka temperatura powietrza lub cieczy użytkowej zawierającej żywe organizmy,
- wysuszenie ciała z płynów fizjologicznych spowodowane brakiem wody w miejscu, osadzenia, (nicienie)
- zasolenie gleby i zawartość w niej niekorzystnych dla żywych organizmów związków chemicznych.

Czynnikami biologicznymi, powodującymi śmierć pożytecznych organizmów są ich pasożyty, które mogą znajdować się w miejscu osadzenia. Mogą nimi być wirusy, bakterie, grzyby i owady, które w sposób naturalny znajdują się w przyrodzie. Źle zaplanowane i przeprowadzone zabiegi ochronne za pomocą żywych organizmów mogą same wprowadzić w środowisko roślin gatunki antagonistyczne w stosunku do pożytecznych organizmów, np. zastosowanie grzybów nicieniobójczych po wcześniejszej aplikacji owadobójczych nicieni.

Sposób rozprzestrzeniania wynika również z miejsca gdzie ma być stosowany środek. Wykorzystanie biologicznych czynników w ochronie roślin daje bardzo dobre rezultaty przede wszystkim w pomieszczeniach zamkniętych; cieplarniach i pieczarkarniach lub w magazynach. Można wtedy uzyskać odpowiednie warunki klimatyczne takie jak wilgotność powietrza i gleby oraz temperatura i oświetlenie. Ponadto zamknięte pomieszczenia uniemożliwiają ucieczkę żywych organizmów z miejsca aplikacji. Technika aplikacji żywych organizmów w pomieszczeniach opiera się głównie na urządzeniach stacjonarnych, przenośnych lub przesuwanych na prowadnicach lub rurach grzewczych.

Wzrost świadomości społeczeństwa, który spowodował zwrócenie szczególnej uwagi na ochronę środowiska i zawartość substancji szkodliwych w żywności przyczynił się do rozwoju na świecie nie tylko rolnictwa ekologicznego ale wymusza również produkcję wolnej od środków chemicznych żywności w rolnictwie konwencjonalnym. Biologiczne czynniki ochrony roślin stosowane są również w ochronie lasów. Polowe i leśne zastosowanie biopreparatów wymaga użycia do ich aplikacji maszyn o dużej wydajności, a nawet agrolotnictwa.

2. Metody aplikacji biologicznych czynników ochrony roślin

Sposób aplikacji biopestycydów i zastosowane do tego celu środki techniczne zależą od rodzaju użytego biopreparatu i miejsca jego przeznaczenia. Mogą być one aplikowane doglebowo, nanoszone na powierzchnie roślin lub przenikać do ich wnętrza. Sposób rozpraszania wynika również z zastosowanych gatunków żywych organizmów. Zarówno w chemicznej jak i w biologicznej ochronie roślin czynniki aktywne stanowią główny składnik formułacji środka. Formułacje przede wszystkim muszą zapewniać przeżycie zawartego w nim żywego organizmu.

Skład formułacji jest wynikiem wielu czynników takich jak:

- sposobu rozpraszania biopreparatu: na sucho czy zmieszany z płynem,

- miejsca nanoszenia środka: na nasiona, na roślinę czy doglebowo,
- rozmiaru i ilości wytwarzanych podczas rozpylania kropeł

Formulacje obejmują:

- koncentrację żywych organizmów w cieczach lub ich ilość w suchych biopreparatach,
- komponenty zmieszane z żywymi organizmami przez producenta w celu utrzymania jak najdłuższego czasu ich żywotności, od momentu wyprodukowania poprzez magazynowanie i wysyłkę,
- rodzaj płynu użytego do wytworzenia cieczy użytkowej,
- komponenty dodane do biopreparatu podczas przygotowania go do wykonania zabiegu, są to środki poprawiające jakość aplikacji i chroniące żywe organizmy przed zniszczeniem w uprawach.

Większość komponentów dodawanych do formulacji z biologicznymi środkami ochrony roślin jest trudnych do ustalenia. Ich skład nie zawsze jest publikowany, najczęściej stanowi on tajemnicę producenta biopreparatu lub producenta komponentu. Budzi to obawy, że użyte dodatki niezgodne są z wymaganiami rolnictwa ekologicznego. Rozprzestrzenianie biologicznych środków ochrony roślin, podobnie jak środków chemicznych, musi być łatwe, ekonomiczne, efektywne i wykonane w odpowiednim czasie. Zastosowanie do walki z agrofagami biopestycydów zawierających wirusy, bakterie, grzyby i owadobójcze nicienie jest bardzo szerokie i zależy od miejsca zastosowania i formulacji biologicznych środków dobierane są techniczne sposoby ich aplikacji.

Formulacje biopreparatów wirusowych poza wtrętami wirusowymi, zawierają również filtry ochronne przed działaniem promieni ultrafioletowymi, komponenty podtrzymujące wymaganą wilgotność sproszkowanych biopreparatów i umożliwiające ich dobre zmieszanie z cieczą lub rozpuszczenie w cieczy, materiały wpływające na wydłużenia aktywności wirusów, substancje wzmacniające przyleganie biopreparatów z wirusami do powierzchni roślin a nawet składniki, które stymulują spożywanie preparatu przez insekty.

Formulacje biopreparatów bakteryjnych mogą być wytwarzane są na bazie bakterii lub krystalicznych endotoksyn wyhodowanych z użyciem DNA z bakterii owadobójczych, które zostały przeniesione do niechorobotwórczych bakterii. Przykładem mogą być bioinsektycydy, do których endotoksyna z *Bacillus thuringiensis* wyhodowana została w komórkach *Pseudomonas fluorescens*. Istotną zaletą takich biopreparatów jest brak przetrwalników owadobójczych bakterii.

Tabela 1. Formy użytkowe przykładowych preparatów do ochrony roślin zawierających bakterie

Nazwa handlowa	Producent	Składnik czynny	Forma użytkowa
Delfin	Certis	<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>kurstaki</i> SA 11	Drobne granule
Dipel	Valent Biosciences	<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>kurstaki</i> HD1	Proszek do zawiesin
Foray	Valent Biosciences	<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>kurstaki</i>	Stężony koncentrat
Polagrocyna	Polfa	<i>Agrobacterium</i> <i>radiobacter</i> K-84	Żel do zawiesiny wodnej

Opracowano na podstawie: *Metody i środki proponowane do ochrony roślin w uprawach ekologicznych*, Poznań 2007

Bakterie mogą być stosowane w uśpionym lub w metabolicznie aktywnym stanie. Bakterie uśpione są bardziej tolerancyjne na zmiany temperatur ale wadą ich jest dodatkowy czas doprowadzania do aktywności. Formulacje bakteryjne zawierają komponenty takie jak stabilizatory, środki powierzchniowo czynne, barwniki chroniące przed promieniami UV, lepiszcza, środki przeciw zamarzaniu i substancje odżywcze. Formami użytkowymi preparatów bakteryjnych mogą być granule, proszki, stężone koncentraty płynne oraz koncentraty żelowe (Tab. 1).

Biopreparaty bakteryjne z reguły stosuje się do opryskiwania, ale również możliwe jest sporządzanie z nich przynęt. Przygotowanie cieczy użytkowej z biopreparatu w postaci proszku polega na wymieszaniu odważonej dawki z małą ilością wody w wyniku czego powstanie ciekła pasta lub skoncentrowany płyn. Następnie wlewa się preparat do zbiornika opryskiwacza, dopełnia wodą do wymaganej koncentracji, dodaje środek zwiększający przyczepność i miesza. Przygotowaną ciecz należy zużyć najpóźniej w ciągu 12 godzin.

Formulacje biopreparatów grzybowych zawierają zarodniki konidialne i workowe grzybów. Są przygotowywane albo w postaci suchego proszku, proszku zmieszanego z wodą albo proszku zmieszanego z olejami spożywczymi. Stosowanie olei jako cieczy nośnej wpływa pozytywnie na równomierne rozłożenie grzybów na powierzchni roślin i ich dobrą przyczepność. Formulacje olejowe mykoherbicydów mogą działać skutecznie pod warunkiem braku wilgoci na powierzchni roślin w czasie ich aplikacji

Wszystkie biopreparaty wirusowe, bakteryjne i grzybowe mogą zawierać dodatkowe nośniki takie jak kleje, torf, vermikulit. Suche formulacje można używać do posypywania gleby pod roślinami do zwalczania chwastów, i pasożytów roślin żyjących na jej powierzchni lub w głębi gleby. W sporządzanych z nimi cieczach użytkowych stosuje się wodę lub oleje spożywcze. Dodawane są również naturalne środki poprawiające ich przyczepność do roślin, np. rozpuszczone szare mydło. Szczególnie jest to ważne przy opryskiwaniu roślin, których liście pokryte są nalotem woskowym. Dodawane również do nich substancje obniżające napięcie powierzchniowe cieczy są ważnym komponentem biologicznych herbicydów, których warunkiem skuteczności jest проникnięcie do wnętrza struktury chwastu. Często udział wagowy żywych organizmów w preparatach jest niewielki w porównaniu do całej masy preparatu. W biopreparacie bakteryjnym Dipel udział zarodników i kryształów stanowi 3,3% biomasy preparatu, pozostała część przypada na nośnik i dodatki.

Formulacje owadobójczych nicieni zawierają larwy inwazyjne nicieni. Larwa inwazyjna (skrót w literaturze angielskojęzycznej *IJ - Infective Juveniles*) jest to stadium nicieni, które ma za zadanie zdobycie gospodarza, wewnątrz którego nicienie będą mogły się rozmnażać. Nicienie w swoim układzie pokarmowym posiadają bakterie symbiotyczne. Po wnikięciu do wnętrza ofiary wypuszczają je przez otwór gębowy. Bakterie żerując i rozmnażając się w ciele ofiary infekują ją i powodują jej śmierć. Następnie te same bakterie stają się pokarmem dla nicieni. Nicienie składają wewnątrz gospodarza jaja, z których rozwijają się kolejno ich stadia larwalne. Proces rozwoju i rozmnażania nicieni we wnętrzu jednego gospodarza może powtórzyć się kilka razy. Kiedy wewnątrz ofiary jest w całości skonsumowane i brakuje miejsca na dalsze rozmnażanie się nicienie rozrywają powłoki zewnętrzne mumii gospodarza i rozprzestrzeniają się w poszukiwaniu następnych ofiar. Podczas szukania żywiciela larwy inwazyjne nie odżywiają się. Jedynym ich źródłem energii w tym czasie jest zawarty w ich wnętrzu tłuszcz.

Wyprodukowane jako biopreparat nicienie, na okres przechowywania w opakowaniach, są fizjologicznie i fizycznie unieruchamiane poprzez częściowe odwadnianie i umieszczenie w proszku lub żelu. Stadium larwy inwazyjnej może przeżyć osuszenie do stosunkowo niskiego poziomu wilgoci jeżeli woda jest usuwana stopniowo tak, aby nicienie mogły dostosowywać się do nieaktywnego stanu. Zbyt duża, nagła utrata płynu mogłaby je uśmiercić. Nicienie pakuje się w szczelnie zamknięte pojemniki. Na obniżenie ich aktywności ma również wpływ temperatura przechowywania, która jest zalecana w zakresie 1 ÷ 4 °C. Aby zachowany był zdrowy stan przechowywanego biologicznego czynnika, przed przygotowaniem nicieni do pakowania, należy usunąć spośród nich martwe osobniki.

Naturalnym środowiskiem życia owadobójczych nicieni jest gleba a ich ofiarami owady lub larwy owadów żyjące w glebie. Przygotowanie nicieni do aplikacji doglebowej polega na

zmieszaniu zawierającego je biopreparatu z wodą. Koncentracja owadobójczych nicieni w cieczy roboczej wynosi od 500 do 1500 sztuk w 1 ml wody. Przygotowując zabieg, który będzie wykonywany małymi urządzeniami do ich rozpraszania (konewki, opryskiwacze przenośne lub taczkowe) nicienie z całego opakowania wsypuje się do tak odmierzonej objętości wody w wiadrze by uzyskać ich użytkową koncentrację. Następnie należy delikatnie zamieszać ciecz aby rozprowadzić preparat w wodzie, przerwać mieszanie a po odczekaniu ok. 1 minuty powtórnie mieszać do momentu kiedy znikną grudki preparatu. Gotową ciecz wlewa się do zbiornika urządzenia i wykonuje zabieg. Przygotowując zabieg dla opryskiwaczy i systemów nawadniających posiadających duże zbiorniki cieczy użytkowej należy również wstępnie, w podobny sposób jak w poprzednim przypadku, wymieszać nicienie w wodzie ale o zagęszczonej koncentracji a następnie wlać je do pozostałej cieczy znajdującej się w zbiorniku, odczekać i ponownie wymieszać wykorzystując mieszadła znajdujące się w wyposażeniu instalacji. Wartość temperatury wody do przygotowania zawiesiny z nicieniami powinna zawierać się w granicach $15 \div 20^{\circ}\text{C}$.

Owadobójcze nicienie mają bardzo zróżnicowane wymiary. Długości ich wg Ponara (1990) , w zależności od gatunku, wahają się między 0,5 a 1,2 mm a szerokości w zakresie $0,02 \div 0,04$ mm. Nicienie wrażliwe są na temperaturę i promienie UV. Ponar (1986) podaje, że śmierć nicieni może być już spowodowana przez przekroczenie temperatury 32°C . Aktywność nicieni w zwalczaniu pasożytów roślin zależy zarówno od ich gatunku jak i temperatury gleby. Nicienie *Heterorhabditis bacteriophora* są najbardziej aktywne w miesiącach gdy gleba ogrzeje się do 12°C , natomiast nicienie *Steinernema feltiae* znoszą lepiej niskie temperatury niż *Heterorhabditis bacteriophora* i mogą atakować agrofagi już wczesną wiosną.

Próbuje się również wykorzystać nicienie do walki z owadami żerującymi na liściach. Aby zastosować nicienie na roślinach, należy przede wszystkim nie dopuścić do ich wysuszenia, w tym celu powinno się dodać komponenty utrzymujące wodę w rozpylonych kroplach cieczy roboczej tak długo aż larwy dotrą do żywiciela. Ponadto należy nicienie zabezpieczyć przed negatywnym działaniem promieni ultrafioletowych.

Formulacje biopreparatów zawierających wirusy i bakterie są do siebie podobne. Są to proszki, granulaty, koncentraty lub żele albo pasty, które mogą być rozprzestrzeniane w postaci handlowej lub rozcieńczanie w wodzie lub w olejach. Preparaty zawierające grzyby i nicienie przed aplikacją mieszane są z wodą. Formulacje tych biopreparatów świadomie zostały dopracowane tak by były podobne do formulacji środków chemicznych stosowanych w ochronie roślin. To podobieństwo formulacji powoduje, że takie same mogą być sposoby ich aplikacji. Większość zabiegów może być wykonane za pomocą takiego samego sprzętu, który stosowany jest w konwencjonalnym rolnictwie do podobnych zabiegów z użyciem chemicznych środków ochrony roślin.

2.1. Sposoby nanoszenia biopreparatów zawierających wirusy, bakterie, grzyby i owadobójcze nicienie

2.1.1. Ochrona materiału siewnego

W procesie produkcji rolniczej ochrona roślin rozpoczyna się od ochrony materiału siewnego. Podstawowymi maszynami stosowanymi do ochrony nasion są zaprawiarki. W zależności od rodzaju użytego środka i jego ilości zaprawianie może być wykonane „na sucho”, „półsucho” i „na mokro”. Do zaprawiania nasion „na sucho” można stosować wszystkie typy zaprawiarek, w których znajdują się systemy doprowadzające zaprawę w postaci proszku. Różnica pomiędzy zaprawianiem półsuchym a „na mokro” polega na tym, że podczas zaprawiania półsuchego wilgotność materiału siewnego nie może wzrosnąć powyżej 1% w stosunku do wilgotności nasion użytych w zabiegu a podczas zaprawiania „na mokro” nasiona moczone są w cieczy zawierającej biopreparaty. Nasiona poddane zaprawianiu „na półsucho” nie wymagają suszenia a po zaprawianiu „na mokro” nasiona po odsączeniu zaprawy muszą być wysuszone. Proces zaprawiania „na mokro” może odbywać się jednoetapowo gdy zaprawiarka ma wmontowaną suszarnię lub dwuetapowo gdy nasiona po wyjęciu z zaprawiarki są dodatkowo suszone. Ze względu na wrażliwość na temperaturę żywych organizmów zawartych w preparatach biologicznych do zaprawiania należy

sprawdzić, czy temperatura powietrza suszącego nie przekracza dopuszczalnej dla zastosowanego gatunku wartości.

Rolnicy prowadzący gospodarstwa ekologiczne używają najczęściej do zaprawiania „na mokro” i „na sucho” mieszalników bębnowych, których najprostszą wersją są popularne betoniarki. Brak zamknięcia komory betoniarek powoduje, że podczas zaprawiania „na sucho”, zarówno z nasion jak i zaprawy, wydziela się szkodliwy dla zdrowia pył. Mieszalniki bębnowe należą do grupy zaprawiarek porcjowych, w których każdorazowo zaprawia się porcję wsadową ziarna z odmierzoną dawką zaprawy.

Zaprawiarki do zaprawiania „na półsucho” stanowią największą grupę produkowanych zaprawiarek. Najprostsze z nich przeznaczone są do zaprawiania porcjowego ale większość stanowią zaprawiarki do zaprawiania ciągłego. Na krajowym rynku dostępna jest gama tych maszyn o różnej wydajności, produkowanych przez firmę Agralex.

Poza zaprawianiem materiału siewnego stosuje się też moczenie w biopreparatach bulw i korzeni sadzonek oraz wprowadzanie biologicznych czynników do gleby podczas wysiewu lub sadzenia. Do jednoczesnego aplikowania biopreparatów z nasionami mogą być wykorzystane siewniki z urządzeniami do wysiewania granulatów lub siewniki z zainstalowanymi na nich systemami do opryskiwania pasowego obsianych miejsc.

2.1.2. Ochrona roślin

Do nanoszenia w środowisko roślin, w rolnictwie ekologicznym biopreparatów zawierających wirusy i bakterie oraz grzyby i nicienie używa się przede wszystkim opryskiwaczy z hydraulicznymi rozpylaczami cieczy. Stosowanie tych maszyn nie zawsze może okazać się najlepszym sposobem do aplikacji biopestycydów ale jest uzasadnione tym, że:

- formulacje wielu biologicznych środków ochrony roślin pozwalają na skuteczne zastosowanie opryskiwaczy,
- rolnicy posiadają opryskiwacze i umieją je obsługiwać,
- zakup specjalistycznych maszyn do aplikacji tylko biologicznych czynników byłby dodatkowym, znacznym kosztem poniesionym przez rolnika przestawiającego swoje gospodarstwo na produkcję ekologiczną,
- ze względu na powszechność stosowania opryskiwaczy istnieje duża różnorodność dostępnego na rynku wyposażenia dodatkowego (rodzaje i rozmiary rozpylaczy, pompy, zawory itp.), za pomocą których można dostosować opryskiwacze do wykonania zabiegu dobranym biopestycydem.

Wykorzystując opryskiwacze do ochrony roślin za pomocą biopreparatów należy pamiętać, że obowiązują te same zasady przygotowania i wykonania zabiegów jak w rolnictwie konwencjonalnym. Dotyczą one:

- uwarunkowań prawnych,
- wyboru opryskiwacza,
- określenia dawek cieczy i dawki preparatu,
- doboru rozpylaczy i parametrów opryskiwania,

Uwarunkowania prawne uwzględniają fakt, że wszystkie środki ochrony, w tym i biopestycydy, mogą być niebezpieczne dla ludzi, zwierząt i środowiska naturalnego. Szczegółowe przepisy prawne zawarte są w ustawie z dnia 16.02.2001 r. (DZ.U. Nr 22. poz. 248) oraz w rozporządzeniach wykonawczych do tej ustawy. Dotyczą one umiejętności operatora, sprawności technicznej sprzętu oraz warunków wykonywania zabiegów. Od 11.02.1999 rozporządzeniem Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej (Dz. U. Nr 20 poz. 175) wprowadzono konieczność wykonywania okresowych badań kontrolnych opryskiwaczy. Okresowe badania kontrolne wykonywane są przez autoryzowane Stacje Kontroli Opryskiwaczy (SKO) zgodnie z obowiązującą od 2003 roku w Polsce Normą Europejską EN 13790.

Wybór opryskiwacza związany jest z konstrukcją opryskiwacza i uzależniony jest od:

- rodzaju uprawy,
- powierzchni plantacji,
- rodzaju zwalczanego szkodnika.

Rodzaj uprawy decyduje między innymi o wyborze opryskiwacza sadowniczego lub polowego. Powierzchnia plantacji ma wpływ na wielkość opryskiwacza i pojemność jego zbiornika - plecakowy, taczkowy, wózkowy, zawieszany na ciągniku, zaczepiany do ciągnika lub samojezdny. Rodzaj zwalczanego szkodnika decyduje o wyposażeniu opryskiwacza. Do nanoszenia na rośliny cieczy ze środkami przeciw insektom żyjącym na powierzchni roślin lub w glebie oraz przeciw chwastom można stosować opryskiwacze z lancami lub z belkami polowymi bez wspomaganie strumieniem powietrza. Choroby grzybowe rozwijają się w zakrytych i trudnodostępnych częściach roślin, w miejscach gdzie panuje wilgoć, ciepło i dociera ograniczona ilość światła. Zniszczenie chorób grzybowych wymaga dostarczenia do tych obszarów biopreparatów za pomocą opryskiwaczy z pomocniczym strumieniem powietrza.

Określenie dawki cieczy i dawki preparatu to wyznaczenie objętości cieczy lub ilości środka ochrony roślin wyrażonej w jednostkach masy, objętości lub liczebnością, odniesionych do jednostki powierzchni pola. Stosowaną w ochronie roślin podstawową jednostką dawki jest ilość litrów na 1 hektar. Dawka preparatu może również wyrażać się ilością gramów lub kilogramów preparatu na 1 hektar lub w przypadku owadobójczych nicieni może to być ilość sztuk na 1 m². Dawki cieczy roboczej zostały sklasyfikowane od ultra niskich objętości (Ultra Low Volume – ULV) do wysokich objętości (High Volume – HV). Klasyfikacje dawek cieczy ilustruje tabela 2.

Tabela 2. Klasyfikacja dawek cieczy w zależności od rodzaju uprawy

Nazwa dawki	Dawki cieczy [l·ha ⁻¹]	
	Uprawy polowe	Drzewa i krzewy owocowe
Wysoka HV (High Volume)	600	> 1000
Średnia MV (Medium Volume)	200-600	500-1000
Niska LV (Low Volume)	50-200	200-500
Bardzo Niska VLV (Very Low Volume)	5-50	50-200
Ultra niska ULV (Ultra Low Volume)	< 5	< 50

Źródło: Hołownicki, 2006

Podstawą do wyznaczenia dawki są dane na etykiecie środka, ale planując ją należy wziąć pod uwagę:

- rodzaj i stopień nasilenia występowania szkodnika roślin,
- rodzaj uprawy i jej poziom rozwoju,
- rodzaj przyjętego środka ochrony roślin,
- konstrukcję sprzętu do opryskiwania,
- czynniki klimatyczne.

Rodzaj zwalczanego szkodnika decyduje o wyborze:

- środka (bioinsektycydy, biofungicydy, bioherbicydy),
- gatunku pożytecznego żywego organizmu (wirusy, bakterie, grzyby i nicienie) oraz doborze formulacji.

Dawka cieczy wzrasta również wraz z poziomem rozwoju rośliny. Wskaźnikiem wspomagającym określenie dawki cieczy w zależności od rodzaju roślin i poziomu ich

rozwoju jest indeks liściowy. Przykładowe, stosowane dawki biologicznych środków ochrony roślin zawierających wirusy przeciw wybranym szkodnikom przedstawione zostały w tabeli 3.

Tabela 3. Przykładowe dawki biologicznych środków ochrony roślin zawierających wirusy stosowanych przeciw wybranym szkodnikom upraw

Zwalczany szkodnik	Stosowany wirus	Koncentracja wirusa	Dawka cieczy
Słonecznica orężówka	NPV	$1 \times 10^{10} - 1 \times 10^{11}$ OB/ha	20 – 200 l/ha
Piętnówka kapustnica	NPV NPV + GV	$1 \times 10^{11} - 1 \times 10^{13}$ OB./ha 1×10^6 OB/ha	400 – 1000 l/ha 600 l/ha
Bielinek kapustnik	GV	1×10^6 OB/ha	600 l/ha
Światłółka naziemnica	NPV	1×10^{12} OB/ha	2000 l/ha

NPV – Nuclear Polyhedrosis Virus, Gv – Granulosis Virus

Źródło: Metody i środki proponowane do ochrony roślin w uprawach ekologicznych, Poznań 2007

Dawki biologicznych czynników mogą być bardzo zróżnicowane od kilku do kilku tysięcy litrów na hektar powierzchni pola. Skrajnym przykładem jest dogłębne stosowanie nicieni, dla którego zalecana jest dawka 1 litr cieczy użytkowej na metr kwadratowy powierzchni aplikowanej.

Nowoczesne konstrukcje opryskiwaczy umożliwiają dobrą penetrację łąnu roślin przez strugę kropel. Dają możliwość precyzyjnego jej nanoszenia na rośliny. Pozwala to na zmniejszenie dawki cieczy bez ograniczenia skuteczności zabiegu.

Czynniki klimatyczne takie jak prędkość wiatru, wilgotność i temperatura powietrza mogą wpływać na objętość cieczy osadzonej na roślinach poprzez odparowywanie cieczy podczas osiadania i znoszenie kropel poza obszar wykonywania zabiegu.

Dobór rozpylaczy i parametrów opryskiwania

Dobrana dawka cieczy na powierzchnię uprawy będzie miała wpływ na rozmiar kropel i natężenie wypływu cieczy z rozpylaczy, a to z kolei decyduje o wyborze rodzaju i rozmiaru rozpylaczy. W większości opryskiwaczy stosowane są rozpylacze ciśnieniowe. Rozpylacze ciśnieniowe można podzielić na:

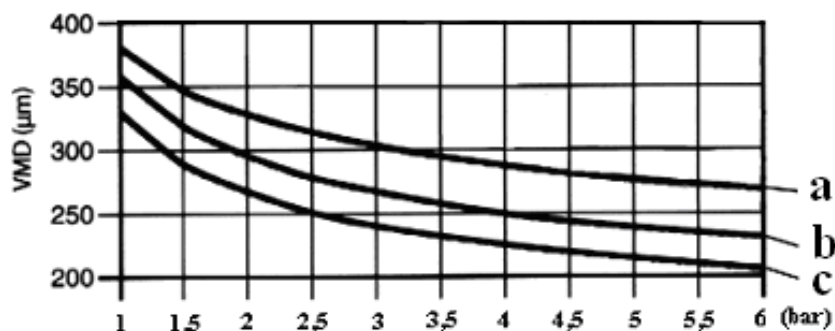
- rozpylacze szczelinowe,
- rozpylacze wirowe.

Ponadto w ochronie roślin za pomocą biopreparatów stosowane są również rozpylacze obrotowe. Za pomocą zmiany prędkości obracania się tarczy rozpylającej mają one możliwość wytwarzania kropel o kontrolowanym rozmiarze (CDA - Control Drop Application).

Rozpylacze szczelinowe polecane są do nanoszenia biopestycydów za pomocą opryskiwaczy z belką połową i ręcznych opryskiwaczy plecakowych. Rozpylacze wirowe mogą znaleźć zastosowanie do aplikacji biologicznych środków za pomocą opryskiwaczy sadowniczych oraz lanc małych opryskiwaczy silnikowych: plecakowych lub taczkowych. Dobór rozpylacza polega na jego wyborze z katalogu tj. typu dyszy i jej parametrów eksploatacyjnych takich jak ciśnienie cieczy i jej natężenie wypływu z rozpylacza w stosunku do zaplanowanej dawki, stopnia rozdrobnienia cieczy oraz kształtu strumienia kropel. Do klasyfikacji stopnia rozdrobnienia cieczy służy wartość reprezentatywna, którą jest mediana objętościowa VMD. Jest ona wyznaczona za pomocą analizatora widma kropel dla strumienia rozpylonej cieczy. Jest to wartość tak wyznaczonej średnicy kropel, że dzieli objętość cieczy w strumieniu na połowy. Połowa objętości cieczy zawiera się w kroplach o mniejszych rozmiarach a połowa w kroplach o wyższych średnicach. Wpływ ciśnienia cieczy i rozmiaru rozpylaczy szczelinowych na wartość VMD przedstawia rysunek 1.

Rozpylacze zamontowane na belkach połowych mogą służyć do opryskiwania pola jednolitym strumieniem na całej szerokości opryskiwacza lub do oprysków pasowych – tylko na

określonej szerokości pod każdym rozpylaczem. Takie zabiegi wykonuje się wprowadzając mikroorganizmy do gleby po wysianiu nasion lub w ochronie szkótek. W tym celu zakładane są na belce rozpylacze wąskostrumieniowe o małych kątach rozpylania cieczy



Rys. 1. Zależność średnicy kropeł (VMD) od ciśnienia cieczy i rozmiaru rozpylaczy szczelinowych: a – XR11005, b – XR11004, c – XR11003

Źródło: *Technologie prac maszynowych w rolnictwie ekologicznym (2009)*

Do zabiegów biopreparatami w dawkach mało (LV) i ultra mało objętościowymi (ULV) bardziej skuteczne okazały się rozpylacze obrotowe, ale ponieważ dostępne są one w małych ręcznych opryskiwaczach, nie są brane pod uwagę gdy należy wykonać opryski za pomocą opryskiwaczy polowych lub sadowniczych. Są natomiast dość powszechnie stosowane do wykonywania zabiegów mało objętościowymi dawkami cieczy z preparatami zawierającym *Bacillus thuringiensis*, za pomocą statków powietrznych.

Owadobójcze nicienie, ze względu na znaczne swoje wymiary w porównaniu z innymi żywymi organizmami, mogą ulegać zniszczeniu w instalacji opryskiwaczy. Aby tego uniknąć opryskiwacze powinny być odpowiednio technicznie przygotowane. Producenci biopreparatów zawierających nicienie zalecają:

- usunięcie wszystkich filtrów z instalacji opryskiwaczy,
- maksymalne ciśnienie cieczy nie może przekraczać 5 barów,
- rozmiar średnicy otworu w rozpylaczu nie powinien być mniejszy niż 1,0 ÷ 1,5 mm, w zależności od gatunku nicieni,
- w zbiornikach opryskiwaczy ciecz z nicieniami powinna być stale mieszana, zapobiegnie to osiadaniu nicieni na dnie zbiornika a przez to nierównomiernemu ich rozmieszczeniu na glebie lub na roślinach,
- w przypadku aplikacji doglebowej nicieni należy podłoże podlać przed wykonaniem oprysku a następnie utrzymywać wilgotność jeszcze przez 2 tygodnie po wykonaniu zabiegu,
- nie zaleca się stosowania rozpylaczy obrotowych do aplikacji nicieni ponieważ wirujące z dużą prędkością tarcze mogą być przyczyną ich poranienia i śmierci.

Wymagania dotyczące nanoszenia owadobójczych nicieni z użyciem opryskiwaczy odnoszą się również do wszystkich innych urządzeń, za pomocą których te biologiczne czynniki będą stosowane.

Doglebowa aplikacja biopestycydów

Doglebową aplikację biopestycydów można wykonać za pomocą:

- przyczep asenizacyjnych,
- systemów irygacyjnych,
- urządzeń do wstrzykiwania,
- mieszalników do gleby,
- opryskiwaczy.

Przyczepy asenizacyjne z końcówkami rozlewającymi mogą być użyte do doglebowego wprowadzania biopestycydów zmieszanych zarówno z czystą cieczą nośną jak i z płynnymi nawozami. Zmieszanie żywych czynników z płynnymi nawozami może nastąpić pod

warunkiem że substancje chemiczne wchodzące w skład nawozów nie spowodują ich zniszczenia.

Systemy irygacyjne do dogłębowego rozmieszczania czynników biologicznych wykorzystuje się głównie w cieplarniach lub pieczarkarniach. Zmieszana z biopreparatami ciecz rozprowadzana jest za pomocą rurociągów ze zraszaczami lub w technice mikronawodnień z mikrozraszaczami i kroplownikami. Zastosowanie techniki mikronawodnień nie jest polecane do dogłębowej aplikacji owadobójczych nicieni, gdyż ciecz przepływa przez nie zbyt wolno co powoduje ich osadzanie się w zakolach cienkich przewodów. Z czasem nicienie zapychają przewody uniemożliwiając dalszy przepływ płynu i swój.

Do wstrzykiwania do gleby żywych organizmów zawartych w cieczach można posłużyć się ręcznymi iniektorami glebowymi lub przejezdnyymi maszynami do ciśnieniowego wprowadzania substancji płynnych pod powierzchnię gleby. Maszyny takie zbudowane są z szeregu redlic przymocowanych do ramy, krojących glebę, często z roślinami, a z tyłu do nich umieszczone są dysze z przewodami doprowadzającymi ciecz roboczą pod ciśnieniem. Zasilanie dysz odbywa się z zamontowanej na ramie instalacji opryskiwacza.

Mieszanie gleby z biopreparatami wykonuje się głównie dla potrzeb produkcji w cieplarniach i pieczarkarniach, gdyż tam naturalnym procesem jest przygotowanie i wymiana podłoża. Wykorzystuje się do tego celu mechaniczne mieszalniki.

Zastosowanie opryskiwaczy do nanoszenia biologicznych czynników ochrony roślin w głąb gleby może odbywać się poprzez opryskiwanie czystej powierzchni pola – bez roślin lub powierzchni porośniętej przez rośliny. W przypadku pola z roślinami ciecz z biopreparatem natryskiwana jest albo z góry na rośliny albo za pomocą przystosowanych do tego rozpylaczy pod rośliny. Zawsze zalecane jest powtórne opryskanie pola czystą wodą w celu zmycia z powierzchni roślin i gleby naniesionego preparatu i umożliwienie mu wraz z wodą wniknięcie do wnętrza gleby.

2.2. Sposoby nanoszenia drapieżnych roztoczy i owadów

Formulacje drapieżnych roztoczy składają się z dorosłych osobników, które wymieszane mogą być z pokarmem oraz z otrębami, trocinami lub z vermikulitem i torfem. Komponenty przyczyniają się to do rozdzielenia osobników, utrzymania wilgoci i umożliwienia bezpiecznego ich rozprzestrzeniania. Tak przygotowane roztocze pakowane są do saszetek, plastikowych butelek lub wiader.

Formulacje owadów mogą zawierać osobniki dorosłe lub ich stadia larwalne zawarte w spasożytowanych nimi mumiach mszyc. Mogą to być również spasożytowane ich jajami jaja szkodnika jak jest to w przypadku jaj błonkówek kruszynkowatych zawartych w jajach motyli. Formy larwalne owadów, mumie i jaja spasożytowanych szkodników roślin pakowane są do plastikowych pojemników, kapsułek lub kartonów.

Sposobem rozpraszania owadów, jeżeli są to formy dorosłe, jest ich uwalnianie z pojemników rozmieszczonych w różnych częściach uprawy, natomiast drapieżne roztocze, larwy owadów, mumie i jaja rozsypuje się ręcznie, zawieszając w saszetkach na roślinach lub umieszcza pod roślinami. Zastosowanie technicznych sposobów rozpraszania biologicznych czynników długo było w tym przypadku ograniczone. Problemem było wynalezienie takiego urządzenia, za pomocą którego rozpraszając roztocze i formy owadów nie uczyniłoby się im szkody.

Firmy Biobest i Koppert, które są znanymi producentami biologicznych czynników ochrony roślin proponują klientom własne techniczne rozwiązania urządzeń do rozpraszania drapieżnych roztoczy.

Produkt firmy Biobest o nazwie Biobolo (Rys. 2) jest dozownikiem rozsypującym roztocze. Zbudowany jest z cylindra napędzanego za pomocą silnika elektrycznego, do którego wsypywane są entomofagi z komponentami,



Rys. 2. Aplikator drapieżnych roztoczy Biobolo. (źródło: Biobest)

Dawkę rozpraszanych roztoczy ustawia się zmieniając położenie dozownika wewnątrz cylindra. Biobolo może być mocowane na belkach lub rurach grzewczych w cieplarniach a następnie przesuwany wzdłuż rzędów upraw.

Airbug (rys. 3.) to urządzenie oferowane przez firmę Koppert do rozprzestrzeniania roztoczy.



Rys. 3. Airbug.- wersja przenośna (źródło: Koppert)

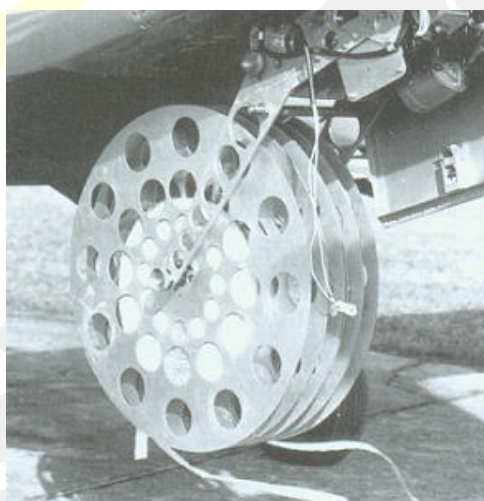
Zbudowane jest z aluminiowej ramy, na której zamontowany jest napędzany silnikiem elektrycznym obrotowy cylinder z otworami w płaszczu, poniżej znajduje się również napędzany silnikiem elektrycznym wentylator.

Do cylindra wsypywane są roztocze zmieszane z nośnikiem. Płaszcz cylindra pochylony jest w stosunku do poziomu tak, że roztocze mogą wysypywać się przez otwory podczas obrotu cylindra. Dawkę rozsypywanych biologicznych czynników można regulować gęstością roztoczy w nośniku, prędkością przemieszczania się urządzenia nad uprawą oraz poprzez wymianę cylindra na drugi z inną liczbą lub rozmiarem otworów w jego płaszczu. Szerokość rozdmuchiwania roztoczy na plantacje wynosi 4÷5 m. Airbug oferowany jest w wersji przenośnej oraz w wersjach samobieżnych: pojedynczej i podwójnej (Rys. 4) do zamontowania na rurach grzewczych i belkach w cieplarniach. Zalety stosowania Airobugu to oszczędność czasu – powierzchnię 1000 m² można pokryć entomofagami w ciągu 3 minut oraz duża skuteczność i równomierność rozłożenia roztoczy.



Rys. 4. Airbug – wersja samobieźna podwójna (źródło; Koppert)

Do rozrzucania jaj owadów stosuje się rozrzutnik biologiczny (Rys. 5). Ze szpuli rozwijana jest taśma tekturowa z przymocowanymi do niej kapsułkami z jajami, zaklejonymi z drugiej strony cienkim papierem. Odklejanie papieru w trakcie rozwijania taśmy uwalnia jaja. Rozrzutnik mocowany jest do samolotów. Bęben rozrzutnika napędzany jest silnikiem 12 V



Rys. 5. Rozrzutnik biologiczny (źródło: Rowiński, 2003)

2.3. Kalibracja maszyn i urządzeń do aplikacji biopreparatów

Aby uniknąć strat biopreparatów podczas zabiegów ochrony roślin spowodowanych zbyt małą lub zbyt dużą gęstością osadzonego środka wszystkie urządzenia i maszyny stosowane do ich nanoszenia, przed rozpoczęciem zabiegu powinny być kalibrowane.

W tym celu na wyznaczonym, odmierzonej odcinku uprawy (przyjmuje się 100 m dla upraw polowych lub 10 m dla szklarni lub małych upraw warzywnych) należy dokonać pomiaru rzeczywistej prędkości przemieszczania urządzenia, szerokości nanoszenia biologicznego czynnika i natężenia wypływu cieczy roboczej lub wysypywania żywych organizmów. Po podstawieniu do wzoru 1 otrzymuje się rzeczywistą dawkę czynnika na jednostkę powierzchni.

$$Q = \frac{q}{v \cdot s} \quad (1)$$

Gdzie:

- Q – dawka czynnika [$l \cdot m^{-2}$ lub szt. $\cdot m^{-2}$],
 q – natężenie wypływu cieczy użytkowej lub natężenie wysypywania żywych organizmów [$l \cdot s^{-1}$ lub szt. $\cdot s^{-1}$],
 v – rzeczywista prędkość przemieszczania urządzenia [$m \cdot s^{-1}$],
 s – szerokość nanoszenia biologicznego czynnika [m].

W przypadku niezgodności wyliczonej rzeczywistej dawki z dawką zamierzoną należy zmieniać parametry zabiegu (prędkość przemieszczania lub natężenie wypływu cieczy lub wysypywania żywych organizmów) tak długo by wyniki obliczonej rzeczywistej dawki i zamierzonej pokryły się.

3. Środki ostrożności podczas stosowania żywych organizmów

Żywe organizmy zawarte w biopreparatach są w zasadzie bezpieczne dla ludzi jednak podczas zabiegów zalecane jest chronienie układu oddechowego. Zaleca się stosowanie maski przeciwpylejowej przez operatora i pracowników znajdujących się w pobliżu miejsca aplikacji.

Należy chronić również miejsca zranione przed kontaktem z preparatami biologicznymi.

Biopestycydy, podobnie jak chemiczne środki ochrony roślin powinny być przechowywane z dala od żywności w oryginalnych, szczelnie zamkniętych opakowaniach, w miejscach niedostępnych dla dzieci.

4. Kierunki obecnych i przyszłych prac badawczych

Warunki, które powinny spełniać urządzenia techniczne stosowane do aplikacji żywych organizmów jako biologicznych czynników ochrony roślin to: uzyskanie zamierzonej dawki czynnika na uprawie,

- osiągnięcie równomiernego rozłożenia czynnika,
- zapewnienie bezpieczeństwa żywym organizmom przed okaleczeniem lub uśmierceniem ich podczas aplikacji.

Badania biopreparatów zawierających wirusy i bakterie przeprowadza się raczej nad nowymi gatunkami żywych organizmów pod względem uzyskania wysokiej skuteczności biologicznej przeciw określonemu szkodnikowi, na wybranych uprawach, a techniczne sposoby ich aplikacji i zapewnienie bezpieczeństwa żywym organizmom podczas ich stosowania jest traktowane drugoplanowo.

W przypadku grzybów i owadobójczych nicieni badania potwierdziły możliwość niszczenia ich przez opryskiwacze. Nilsson i Gripwall w 1999 roku opublikowali pracę dotyczącą strat w instalacji opryskiwacza biologicznych czynników ochrony roślin zawierających owadobójcze nicienie *Steinernema feltiae* i grzyba *Verticillium lecanii*. W dalszych pracach próbowano ocenić wielkość i przyczyny powstawania szkód różnych gatunków owadobójczych nicieni aplikowanych za pomocą opryskiwaczy. Straty biologicznego czynnika powstające w trakcie jego stosowania ocenia się za pomocą zmian przeżywalności lub śmiertelności żywych organizmów zawartych w badanym środku.

Przeżywalność wyznacza się ze stosunku ilości żywych organizmów do całkowitej ilości organizmów w próbie a śmiertelność ze stosunku ilości martwych organizmów do całkowitej ich ilości. Zmiany przeżywalności wyznaczane są z porównania wyników przeżywalności żywych organizmów poddanych zabiegowi do wyników przeżywalności w próbach kontrolnych nie poddanych zabiegowi. Podobnie postępuje się w przypadku wyznaczenia zmian śmiertelności. W zasadzie wystarczy wyznaczenie zmian tylko jednego parametru, drugi jest jego uzupełnieniem.

Z przeprowadzonych dotychczas badań nad przeżywalnością nicieni stwierdzono, że bezpieczne ciśnienie do wykonania opryskiwania owadobójczymi nicieniami zależy od ich

gatunku. Polecane ciśnienia dla nicieni *Heterorhabditis megidis* to 1380 kPa, dla *Heterorhabditis bacteriophora* i *Steinernema carpocapsae* to 2000 kPa. Stwierdzono również, że przyczyną uszkodzeń nicieni w instalacji opryskiwacza może być mieszadło hydrauliczne, przez które nicienie są wielokrotnie przepompowywane wraz z cieczą podczas opryskiwania. Brak mieszadła lub niedostateczne mieszanie nicieni z cieczą może spowodować ich osiadanie na dnie zbiornika opryskiwacza a w konsekwencji nierówne rozmieszczenie na polu.

Przyczyną strat biologicznych czynników w instalacjach opryskiwaczy może być również zbyt wysoka dla nich temperatura wody. Na skutek wielokrotnego krążenia cieczy w opryskiwaczu, w wyniku dyssypacji energii mechanicznej, podnosi się temperatura płynu, która może przekroczyć wartość bezpieczną.

Stwierdzono również, że rozpylacze płaskostrumieniowe mogą powodować większe zniszczenie nicieni niż rozpylacze wirowe. Przyczyną są prawdopodobnie kształty wnętrza komór rozpylaczy płaskostrumieniowych, których gwałtowne załamania ścian w porównaniu do regularnych łuków we wnętrzu rozpylaczy wirowych mogą ranić nicienie.

Równomierność nanoszenia żywych organizmów takich jak wirusy lub bakterie, zależy od ich dobrego zmieszania z cieczą w zbiorniku opryskiwacza i od równomierności rozkładu cieczy użytkowej pod rozpylaczami. Owadobójcze nicienie ze względu na swoje znaczne rozmiary, w porównaniu do wirusów lub bakterii, są szczególnym preparatem. Wagowo ich udział w cieczy roboczej przypomina typowy środek chemiczny ale ilościowo, zupełnie od nich odbiega. Koncentracja nicieni na poziomie 500 – 1500 sztuk w 1 ml wody sprawia, że po rozpyleniu część powstałych z cieczy użytkowej kropeł nie zawiera żadnego nicienia. Powoduje to zmiany koncentracji nicieni w cieczy osadzonej pod rozpylaczami i jest dodatkową przyczyną pogorszenia nierównomierności osadzania tych biologicznych czynników pod belkami opryskiwaczy polowych.

Wśród proponowanych nowych metod doglebowych aplikacji nicieni wskazywana jest aplikacja nicieni w zwłokach swoich żywicieli. Badania wskazują na lepszy skutek tłumienia plag pasożytów roślin za pomocą tak aplikowanych larw w porównaniu z aplikacją wodnych formułacji nicieni.

Spośród nowatorskich metod aplikacji biologicznych czynników na uwagę zasługuje wykorzystanie systemów nawilżania powietrza w szklarniach do rozprowadzania biopreparatów grzybowych oraz próby stosowania jaj pożytecznych owadów za pomocą opryskiwaczy.

5. Literatura

- Chapple A. C. 1999: Some considerations on the application of entomopathogenic nematodes into field crops. COST 819 Entomopathogenic nematodes. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg:9-20,
- Chapple A. C., Downer R. A., Wolf T. M., Taylor R. A. j., Hall F. R. 1996: The application of biological pesticides: limitations and a practical solution. Entomophaga 41 (3/4):465-474,
- Chojnacki J. 2007: Zjawiska termiczne w opryskiwaczu w aspekcie aplikacji biologicznych środków ochrony roślin. Inżynieria Rolnicza. 8(96):37-42,
- Chojnacki J. 2008: Stężenie biologicznych środków ochrony roślin w opryskiwaczach tarczowych. Inżynieria Rolnicza 1(99):77-82,
- Chojnacki J. 2007: Śmiertelność nicieni w obiegu hydraulicznym opryskiwacza Inżynieria Rolnicza 3(91):45-50
- File J. P., Derksen R. C., Ozkan H. E., Grewal P. S. 2001: The effect of pressure differentials on the viability and infectivity of entomopathogenic nematodes. Biological Control 27 (2003):65-72,
- Gajtkowski A. 2000: Technika ochrony roślin. Poznań. AR,

- Goszczyński W. 1993: Zoocydy w ochronie roślin. SGGW, Warszawa,
- Hall F. R., Menn J. J 1999: Biopesticides use and delivery. Methods in biotechnology 5. Humana Press Inc. Totowa, New Jersey,
- Hołownicki R. 2006: Technika opryskiwania roślin dla praktyków. Plantpress. Kraków,
- Łączyński A., De Moor A., Dierikx W., Moens M., Darius P., Sonck B., Ramon H. 2006: The effect of hydraulic agitation on the viability of nematode *Heterorhabditis bacteriophora*. Crop Protection 25:1135–1141,
- Metody i środki proponowane do ochrony roślin w uprawach ekologicznych 2007: Praca zbiorowa pod redakcją Kowalska J., Pruszyński S., IOR Poznań,
- Nilsson U., Gripwall E. 1999: Influence of application technique on the viability of the biological control agents *Verticillium lecanii* and *Steinernema feltiae*. Crop Protection 18 (1):53-59,
- Organizmy pożyteczne w środowisku rolniczym 2008: Praca zbiorowa pod redakcją Tomalak M. i Sosnowska D., IOR Poznań,
- Poinar Jr., G.O. 1986: Entomopathogenic nematodes. In: Franz, J.M. (Ed), Biological Plant and Health Protection. Fischler. Verlag. Stuttgart:95,
- Poinar G. O. 1990: Biology and taxonomy of steinernematidae and heterorhabditidae in entomopathogenic nematodes in biological control. Eds. Gaugler R. and Kaya H.K. CRC Press Inc., Boca Ration, Florida, USA:23-58,
- Rolnictwo ekologiczne w praktyce Red. Sołtysiak U. Stowarzyszenie Ekoland, Stiftung Leben & Umwelt. Warszawa 1994,
- Rowiński R. 2003: Polskie agrolotnictwo. Uniwersytet Warmińsko- Mazurski Olsztyn,
- Shabana Y.M. 2005: The use of oil emulsions for improving the efficacy of *Alternaria eichhorniae* as a mycoherbicide for waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*) Biological Control 32:78-89,
- Shapiro-Ilan D. I., Gouge D. H., Piggott S. J. , Fife J. P. 2006: Application technology and environmental considerations for use of entomopathogenic nematodes in biological control Biological Control 38, s. 124-133
- Siebeneicher G., E. 1997: Podręcznik rolnictwa ekologicznego. WN PWN. Warszawa.
- Technologie prac maszynowych w rolnictwie ekologicznym 2009: Praca zbiorowa pod redakcją Dulcet E. i Fleszar J. Politechnika Koszalińska,
- Tomalak M. 2000: Wykorzystanie nicieni owadobójczych w ochronie roślin. Ochrona Roślin 9:2-3,
- Tomalak M., Lipa J. J. Krawczyk R. Korbias M. 2004: Uwarunkowania stosowania środków ochrony roślin w rolnictwie ekologicznym. Krajowe Centrum Rolnictwa Ekologicznego - Regionalne Centrum Doradztwa Rozwoju Rolnictwa i Obszarów Wiejskich w Radomiu,



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Publikacja współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Rozwój potencjału innowacyjnego członków Sieci Naukowej „Agroinżynieria dla rozwoju zrównoważonego rolnictwa, przemysłu rolno-spożywczego i obszarów wiejskich”

Nr umowy: **UDA-POKL.04.02.00-00-014/08-00** z dn. 16.10.2008

AgEngPol