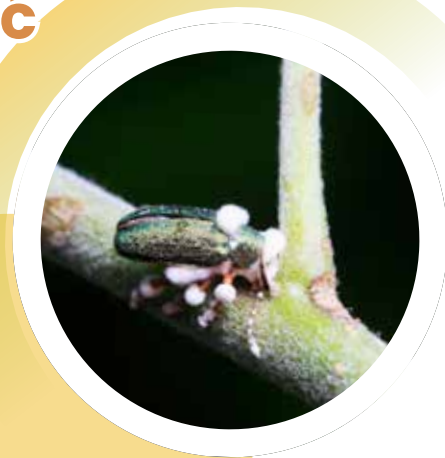


Rola mikroorganizmów pożytecznych w integrowanej ochronie roślin upraw polowych

Metody i środki stymulujące ich rozwój i skuteczność

Ewelina Tomechna



Łosiów 2026

Materiał opracowany przez Opolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego
Materiał dofinansowany ze środków UE w ramach Planu Strategicznego
dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027
Instytucja Zarządzająca Planem Strategicznym dla Wspólnej Polityki Rolnej
na lata 2023-2027 – Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi

Ewelina Tomechna

Rola mikroorganizmów pożytecznych w integrowanej ochronie roślin upraw polowych

Metody i środki stymulujące ich rozwój i skuteczność

Broszura wydana na potrzeby realizacji operacji
pn. „Cykl publikacji z zakresu wiedzy rolniczej – innowacje i praktyka w uprawach polowych”
w ramach planu operacyjnego na rok 2026
w ramach Planu działania Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich KSOW+.



Opolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Łosiowie

ul. Główna 1, 49-330 Łosiów

tel. 77 44 37 100

www.oodr.pl

Tekst:

Ewelina Tomechna

Redakcja i opracowanie:

Joanna Moch

Projekt graficzny i skład:

Martyna Augustyniak

Druk:

Zakład Poligraficzno Usługowo Handlowy Józef Skrajnowski

ul. Krótka 1

11-300 Biskupiec

Zdjęcia na okładce: Canva.com

ISBN: 978-83-66818-39-2

Współczesne rolnictwo stoi przed wyzwaniem łączenia wysokiej efektywności produkcji z ochroną zasobów naturalnych i zachowaniem bioróżnorodności. Cele te wpisują się w założenia Planu Strategicznego dla Wspólnej Polityki Rolnej 2023–2027, który promuje nowoczesne, zrównoważone metody gospodarowania, wspierające konkurencyjność gospodarstw rolnych przy jednoczesnym poszanowaniu środowiska naturalnego.

Jednym z kluczowych elementów zrównoważonej produkcji roślinnej jest integrowana ochrona roślin, oparta na wykorzystaniu naturalnych procesów zachodzących w agroekosystemach. Coraz większe znaczenie zyskują organizmy pożyteczne – owady zapylające, drapieżne i pasożytnicze, a także mikroorganizmy glebowe, które wspierają zdrowotność roślin, ograniczają presję agrofagów oraz pozwalają zmniejszyć zużycie chemicznych środków ochrony roślin. Ich obecność sprzyja utrzymaniu równowagi biologicznej, poprawia jakość plonów oraz zwiększa odporność upraw na czynniki stresowe.

Upowszechnianie wiedzy na temat roli organizmów pożytecznych oraz praktycznych sposobów wspierania ich występowania stanowi ważny element realizacji celów Planu Strategicznego dla Wspólnej Polityki Rolnej. Świadome wdrażanie działań, takich jak tworzenie pasów kwietnych, ograniczanie intensywności zabiegów chemicznych, właściwe zmianowanie czy stosowanie biologicznych metod ochrony roślin, pozwala rolnikom prowadzić produkcję bardziej efektywną ekonomicznie i jednocześnie przyjazną środowisku.

Niniejsza broszura ma na celu przedstawienie najważniejszych informacji dotyczących znaczenia organizmów pożytecznych w produkcji roślinnej oraz zaprezentowanie praktycznych rozwiązań wspierających ich rozwój i wykorzystanie w integrowanej ochronie roślin. Publikacja stanowi źródło wiedzy dla rolników, doradców i wszystkich osób zainteresowanych nowoczesnym rolnictwem, dostarczając wskazówek ułatwiających podejmowanie świadomych decyzji agrotechnicznych, sprzyjających ochronie bioróżnorodności, racjonalnemu gospodarowaniu zasobami oraz trwałemu rozwojowi gospodarstw rolnych.

Opolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego

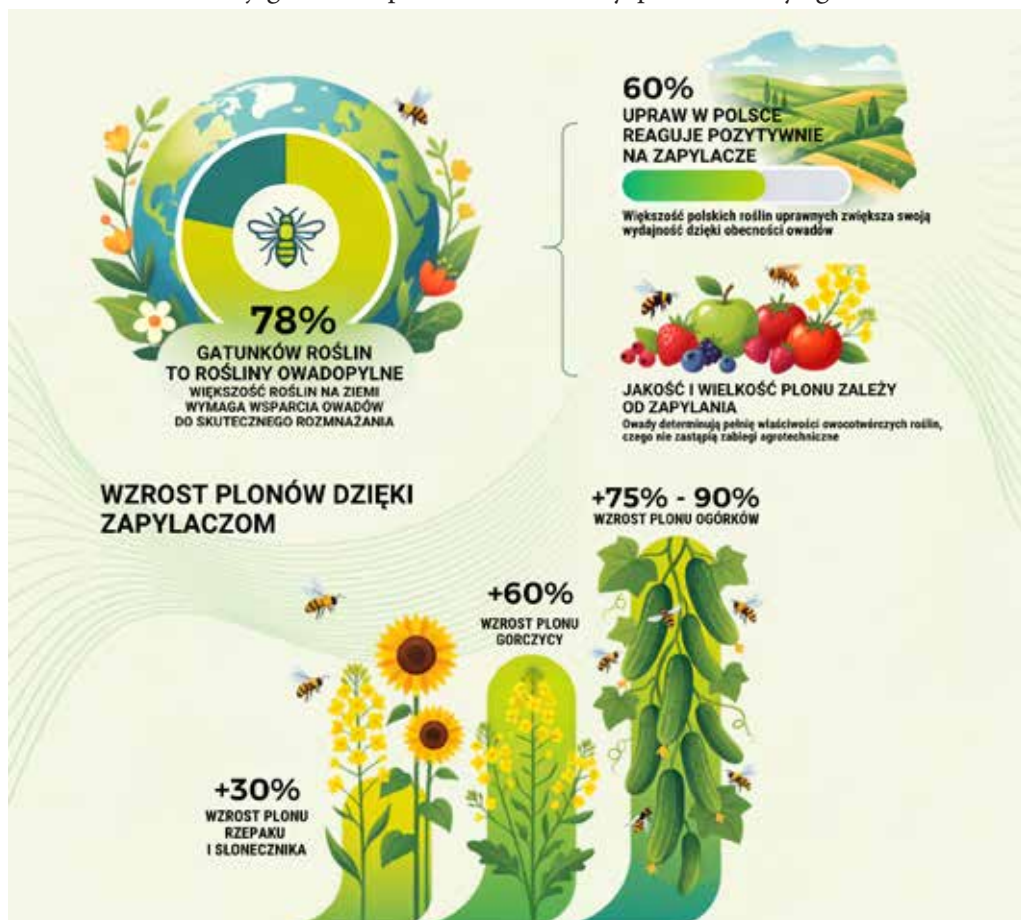
OWADY ZAPYLAJĄCE



Znaczenie owadów zapylających w środowisku rolniczym

Owady zapylające odgrywają kluczową rolę w funkcjonowaniu ekosystemów, a ich znaczenie w środowisku rolniczym jest nie do przecenienia. Zapylenie jest jednym z najważniejszych procesów biologicznych umożliwiających rozmnażanie się roślin. Dzięki niemu wiele gatunków uprawnych osiąga pełnię swoich właściwości owocotwórczych, co bezpośrednio wpływa na jakość i wielkość plonów. W Polsce plony wielu roślin uprawianych w rolnictwie i ogrodnictwie są całkowicie lub w dużym stopniu zależne od owadów zapylających. Ich roli w uzyskaniu wysokich i dobrej jakości plonów nie są w stanie zastąpić ani zabiegi agrotechniczne, ani ochrona chemiczna. Zapewnienie pełnego zapylenia przez pszczoły powoduje wzrost plonu w przypadku rzepaku i słonecznika o 30%, gorczycy o 60%, zaś ogórków o 75-90%.

Okolo 78% gatunków roślin to gatunki owadopylne. Okolo 200 gatunków roślin uprawnych na świecie, a w Polsce okolo 60% pozytywnie reaguje na obecność owadów zapylających, w tym takie rośliny jak rzepak, rzepik, proso, gorczyca, mak, len, łubin żółty, wyka ozima, groch siewny, peluszka, seradela czy soja. Są też rośliny, których plon jest uzależniony wyłącznie lub prawie wyłącznie od owadów, takie jak gryka, słonecznik, lucerna, sady owocowe oraz owoce jagodowe, np. truskawki, maliny, porzeczki czy agrest.





Fot. 1. Pszczoła miodna (fot. A. Bednarska)



Fot. 2. Trzmiel ziemny (fot. M. Jędro)



Fot. 3. Murarka ogrodowa (fot. P. Bereś)

Głównym owadem zapylającym w uprawach takich jak drzewa i krzewy owocowe czy rzepak jest pszczoła miodna (*Apis mellifera*, fot. 1), która w sadach jabłoniowych stanowi ponad 90% owadów zapylających. Od wczesnej wiosny pojawiają się także samice trzmieli (*Bombus* sp., fot. 2) wykorzystywane w uprawach szklarniowych oraz inne gatunki dziko żyjących pszczołowatych, w tym murarka ogrodowa (*Osmia rufa*, fot. 3) wykorzystywana w sadach. Zarówno hodowlane, jak i dziko żyjące w danym rejonie gatunki pszczół mają ogromne znaczenie w zapylaniu roślin uprawnych oraz dziko rosnących.

Zapylacze nie tylko zwiększają wydajność upraw, ale również przyczyniają się do zachowania bioróżnorodności w środowisku rolniczym. Dzięki ich obecności rośliny rozmnażają się skuteczniej, co wspiera stabilność ekosystemów i poprawia jakość gleby oraz mikroklimatu.

Bioróżnorodność owadów zapylających jest wskaźnikiem zdrowia ekosystemu rolniczego. Różnorodne populacje tych owadów sprzyjają stabilności i odporności upraw na stresory środowiskowe. Intensyfikacja produkcji rolnej, stosowanie niektórych pestycydów oraz degradacja siedlisk naturalnych znacząco zagrażają ich populacjom. Dlatego też, ochrona owadów zapylających wymaga podejmowania szeregu działań, m.in.:

- tworzenia siedlisk przyjaznych zapylaczom: zakładanie łąk kwietnych oraz pasów roślin nektaro- i pyłkodajnych pozwala na utrzymanie populacji zapylaczy przez cały sezon wegetacyjny,
- ograniczenia stosowania pestycydów: w okresach kwitnienia roślin należy unikać środków chemicznych szkodliwych dla pszczół i innych zapylaczy lub stosować je po zakończeniu ich aktywności,
- współpracy rolników z pszczelarzami: kooperacja ta umożliwia lepsze monitorowanie stanu populacji zapylaczy, co przyczynia się do bardziej stabilnych i wysokiej jakości plonów.

MIKROORGANIZMY POŻYTECZNE



Mikroorganizmy pożyteczne, takie jak bakterie, grzyby oraz inne drobnoustroje, wykazują szereg korzystnych właściwości, które wpływają na kondycję upraw. Niektóre gatunki, np. *Bacillus subtilis* czy *Pseudomonas fluorescens*, wytwarzają substancje antybiotyczne oraz enzymy, które bezpośrednio hamują rozwój patogenów. Działanie to opiera się między innymi na produkcji lipopeptydów, zdolnych do destabilizacji błon komórkowych patogenów. Mikroorganizmy te mogą stymulować naturalne mechanizmy obronne roślin. Indukcja systemowej odporności nabywanej pozwala roślinom na szybszą i skuteczniejszą reakcję w przypadku ataku patogenów. Dzięki zdolnościom do solubilizacji fosforu czy wiązania innych minerałów, mikroorganizmy pożyteczne wspomagają odżywanie roślin. Ułatwiają one przyswajanie kluczowych pierwiastków, co ma bezpośredni wpływ na wzrost i zdrowie upraw.

Regulacja populacji

Grzyby ograniczają liczebność szkodników, zapobiegając ich dominacji w danym ekosystemie.

Równowaga biologiczna

Działają jako naturalne czynniki samoregulujące w glebach leśnych i terenach rolniczych.



Bioróżnorodność

Wspierają stabilność mikroflory glebowej i chronią naturalne mechanizmy obronne roślin.

Mikroorganizmy pożyteczne stanowią istotny element integrowanej ochrony roślin upraw polowych. Ich wszechstronne działanie, obejmujące bezpośrednią biokontrolę patogenów, indukcję odporności oraz poprawę dostępności składników odżywczych, czyni je atrakcyjną alternatywą dla tradycyjnych, chemicznych metod ochrony. W dobie rosnących wymagań związanych z ochroną środowiska i zdrowia publicznego, dalsze badania i rozwój technologii umożliwiających ich skuteczne wykorzystanie, są niezwykle istotne.

1. Grzyby pasożytnicze w środowisku i jako substancje czynne biopreparatów

Grzyby pasożytnicze są ważnym elementem ekosystemów. W naturalnych warunkach ograniczają liczebność organizmów, na których pasożytują, pomagając utrzymać równowagę biologiczną. Dzięki swoim właściwościom znajdują również zastosowanie jako źródło substancji czynnych wykorzystywanych w biopreparatach stosowanych w rolnictwie.

W przyrodzie grzyby pasożytnicze występują w różnorodnych siedliskach – od gleb leśnych po tereny rolnicze. Ich specyficzny tryb życia, polegający na wykorzystywaniu organizmów żywicieli do pobierania składników odżywczych, wpływa na ograniczenie rozwoju populacji potencjalnie destrukcyjnych gatunków. Proces ten ma istotne znaczenie ekologiczne, ponieważ zapobiega nadmiernemu rozmnażaniu się pewnych organizmów, które mogłyby zdominować dany ekosystem.

Badania nad grzybami pasożytniczymi zwracają uwagę na ich unikalną zdolność do produkcji różnorodnych metabolitów wtórnych. Związki te, będące efektem adaptacyjnych mechanizmów obronnych, wykazują szerokie spektrum aktywności biologicznej – od działania antybakteryjnego i grzybobójczego po właściwości insektycydalne. Wykorzystanie tych właściwości w biopreparatach stanowi innowacyjne podejście do zrównoważonej ochrony roślin, zmniejszając zależność od tradycyjnych, chemicznych pestycydów. Biopreparaty oparte na grzybach pasożytniczych nie tylko ograniczają negatywny wpływ substancji syntetycznych na środowisko, ale również przyczyniają się do zwiększenia odporności upraw na czynniki patogenne.



Wprowadzenie grzybów pasożytniczych do strategii ochrony roślin wpisuje się w nurt rosnącego zainteresowania integrowaną produkcją roślin oraz metodami zrównoważonego rozwoju. Wykorzystanie naturalnych mechanizmów obronnych, takich jak aktywność grzybów pasożytniczych, umożliwia tworzenie preparatów o minimalnym wpływie na środowisko, co jest szczególnie istotne w kontekście globalnych wyzwań związanych ze zmianami klimatycznymi i degradacją gleb. Dalsze badania nad mechanizmami patogenicznymi i metabolizmem tych grzybów mogą przyczynić się do opracowania nowych, bardziej efektywnych produktów biopreparatowych, które będą alternatywą dla tradycyjnych metod ochrony roślin.

Grzyby pasożytnicze pełnią podwójną funkcję – jako elementy samoregulujące środowisko naturalne oraz jako źródło innowacyjnych substancji czynnych w biopreparatach. Ich unikalne właściwości metabolitarne oraz zdolność do kontrolowania populacji szkodników stanowią fundament dla tworzenia ekologicznych metod ochrony upraw, co wpisuje się w strategię zrównoważonego rolnictwa.

Beauveria bassiana

To szeroko rozpowszechniony grzyb entomopatogeniczny, który występuje naturalnie w glebie, osłonach roślin oraz na padlinach. Jego zdolność do infekowania szerokiej gamy owadów sprawia, że od dawna jest obiektem badań w kontekście biologicznej kontroli szkodników. Współcześnie, dzięki swoim właściwościom pasożytniczym, *B. bassiana* jest wykorzystywana jako aktywny składnik biopreparatów, które są alternatywą dla chemicznych pestycydów. Zastosowanie tego grzyba w rolnictwie przyczynia się do ochrony środowiska oraz poprawy zrównoważonego rozwoju upraw.

Charakterystyka

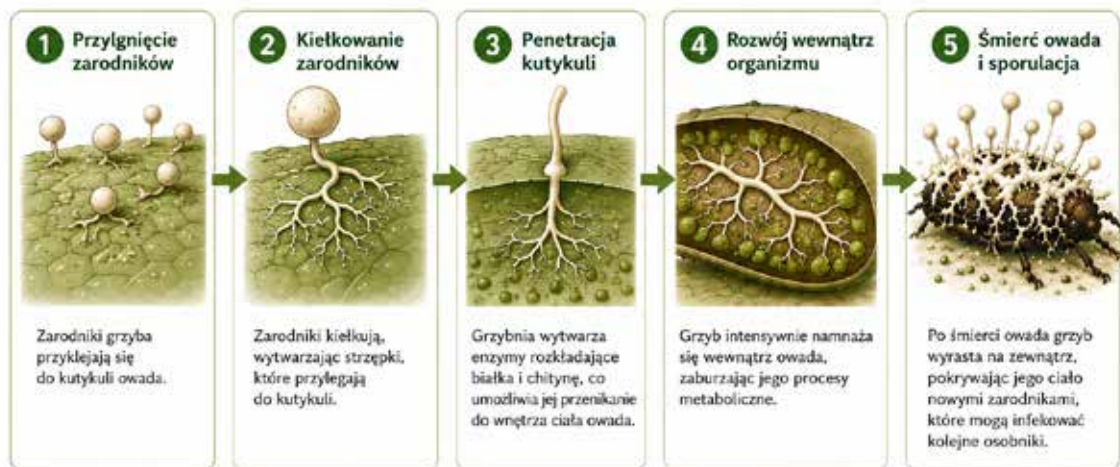
Beauveria bassiana występuje w różnych strefach klimatycznych – od obszarów tropikalnych po umiarkowane. Naturalnie obecny w glebie, grzyb ten żyje jako saprotrof, przetwarzając martwe szczątki roślinne, a jednocześnie wykazując silne właściwości pasożytnicze wobec owadów. Dzięki tej podwójnej strategii ekologicznej *B. bassiana* odgrywa ważną rolę w utrzymaniu równowagi ekologicznej w ekosystemach leśnych i rolniczych. W wyniku licznych badań ustalono, że grzyb ten może adaptować się do zmieniających się warunków środowiskowych, co czyni go odpornym na czynniki abiotyczne, takie jak zmiany temperatury czy wilgotności.



Fot. 4. Larwy i chrząszcze stonki ziemniaczanej porażone grzybem owadobójczym *Beauveria bassiana* (fot. D. Sosnowska)

Mechanizm działania

Podstawowym mechanizmem działania *B. bassiana* jest inwazja przez owady przy użyciu zarodników, które przyklejają się do kutykuli gospodarza. Po przyłgnięciu zarodniki kiełkują, wytwarzając enzymy rozkładające białka i chitynę, co umożliwia im penetrację przez osłonę owada. Wnętrze organizmu gospodarza staje się siedliskiem intensywnego namnażania się grzyba, co prowadzi do zaburzeń metabolicznych i ostatecznie do śmierci owada (fot. 4). Dodatkowo produkcja toksyn przez *B. bassiana* wspomaga proces patogenezy, co czyni go skutecznym środkiem biokontroli. Badania laboratoryjne potwierdzają, że zdolność do szybkiego rozwoju wewnątrz organizmu szkodnika oraz produkcja toksyn są kluczowymi czynnikami decydującymi o skuteczności tego grzyba jako środka ochrony biologicznej roślin.



W ostatnich dekadach *B. bassiana* zyskała na popularności jako składnik biopreparatów wykorzystywanych w rolnictwie do zwalczania szkodników. Biopreparaty zawierające *B. bassiana* są stosowane zarówno w uprawach rolnych, jak i ogrodniczych. Ich główną zaletą jest selektywność działania – grzyb atakuje przede wszystkim szkodniki, jednocześnie minimalizując ryzyko oddziaływania na pożyteczne owady, takie jak zapylacze. Ponadto, preparaty te są biodegradowalne, co ogranicza negatywny wpływ na środowisko.

Zastosowanie

Stosowanie *Beauveria bassiana* w postaci biopreparatów niesie za sobą szereg korzyści. Przede wszystkim, jest to metoda przyjazna środowisku – ogranicza zanieczyszczenie chemiczne i ryzyko wystąpienia odporności szkodników na syntetyczne środki ochrony roślin. Dodatkowo grzyb ten wykazuje długotrwałe działanie w środowisku, co zapewnia ochronę upraw przez dłuższy okres po aplikacji.

Ograniczenia

Istnieją także ograniczenia związane z wykorzystaniem *B. bassiana*. Skuteczność preparatów może być zmienna w zależności od warunków atmosferycznych, takich jak deszcz, temperatura czy promieniowanie UV, które mogą wpływać na przeżywalność zarodników. Dlatego też, optymalne wykorzystanie preparatów wymaga precyzyjnego dostosowania dawek oraz terminów aplikacji do aktualnych warunków środowiskowych.

Cordyceps fumosorosea

To gatunek grzyba entomopatogennego, czyli takiego, który zakaża owady. Jego zdolność do infekowania szkodników czyni go atrakcyjnym narzędziem w ramach biologicznej ochrony roślin. W ostatnich dekadach rosnące zainteresowanie metodami ekologicznymi w rolnictwie przyczyniło się do intensywnych badań nad grzybami pasożytniczymi, wśród których *C. fumosorosea* zajmuje szczególne miejsce ze względu na swoje unikalne właściwości patogenne wobec owadów.

Charakterystyka

Cordyceps fumosorosea charakteryzuje się specyficznym cyklem życiowym. Jego zarodniki (konidia) w odpowiednich warunkach przylaczają się do kutikuli owada, po czym następuje kiełkowanie i penetracja organizmu gospodarza. W wyniku produkcji enzymów degradujących strukturę zewnętrzną owada dochodzi do szybkiej infekcji i w konsekwencji – śmierci szkodnika. Taka specyfika działania czyni grzyba nie tylko skutecznym środkiem kontroli populacji owadów, ale również gwarantuje, że jego działanie jest skierowane wyłącznie przeciwko szkodnikom, minimalizując ryzyko oddziaływania na organizmy pożyteczne. Morfologicznie *C. fumosorosea* wyróżnia się drobnymi, wielokomórkowymi strukturami owocnikowymi, z których powstają liczne konidia. Struktury te są odporne na niekorzystne warunki środowiskowe, co umożliwia przechowywanie i stosowanie preparatów biokontroli nawet przy zmiennych warunkach atmosferycznych. Ekologicznie, grzyb występuje naturalnie w klimatach tropikalnych oraz subtropikalnych, jednak badania laboratoryjne i polowe wykazały, że przy odpowiedniej adaptacji i modyfikacjach technologii aplikacji, możliwe jest wykorzystanie go również w strefach umiarkowanych.



CHARAKTERYSTYKA *Cordyceps fumosorosea*



Występowanie

- klimaty tropikalne i subtropikalne
- możliwość wykorzystania także w strefie umiarkowanej



Cechy

- grzyb entomopatogenny
- pasożytuje na owadach



Budowa

- drobne struktury owocnikowe
- liczne konidia



Rozwój

- zależy od wilgotności
- temperatury
- dostępności gospodarza

Zdolność do przeżycia w środowisku oraz specyficzność patogenności są kluczowymi atutami tego grzyba. Jego rozwój zależy od wilgotności, temperatury oraz dostępności gospodarzy. W warunkach sprzyjających rozwojowi wykazuje bardzo dynamiczny cykl życiowy – od momentu zainfekowania owada do wydzielenia nowych konidii, które mogą kontynuować cykl zakaźny. Takie cechy są nieocenione w systemach ochrony roślin, gdzie szybkość reakcji na wzrost populacji szkodników jest kluczowa.

Mechanizm działania

Mechanizm działania *C. fumosorosea* opiera się na kilku kluczowych etapach. Po pierwsze, konidia grzyba przylegają do kutikuli owada dzięki właściwościom hydrofobowym, które ułatwiają ich osadzanie się na powierzchni ciała gospodarza. Następnie, w warunkach sprzyjających, następuje kiełkowanie zarodników i wydzielanie szeregu enzymów, takich jak chitynazy oraz proteazy, które umożliwiają rozkład struktury zewnętrznej owada. Proces ten prowadzi do penetracji zarodników do wnętrza organizmu, gdzie grzyb namnaża się, wykorzystując zasoby życiowe gospodarza. W efekcie dochodzi do zaburzenia homeostazy i w końcu – śmierci owada.



ZASTOSOWANIE



Stosowany w formie preparatów z żywymi zarodnikami grzyba.



Aplikowany na uprawy za pomocą opryskiwaczy lub dystrybutorów.



Skutecznie redukuje populację szkodników: mszyc, białych muszek oraz gąsienic.



Stosowany w uprawach rolniczych i ogrodniczych.



OGRANICZENIA



Optymalizacja technologii produkcji zarodników.



Zapewnienie stabilności preparatów w różnych warunkach klimatycznych.



Konieczność dokładnego monitorowania warunków aplikacji.



Potrzeba dalszych badań interakcji z mikrobiomem roślin i integracji z innymi metodami ochrony roślin.

Zastosowanie

Praktyczne zastosowanie *C. fumosorosea* w ochronie roślin opiera się głównie na przygotowywaniu formułacji zawierających żywe zarodniki grzyba. Preparaty te są aplikowane na uprawy za pomocą opryskiwaczy lub specjalnych dystrybutorów, co pozwala na równomierne pokrycie powierzchni roślin. W warunkach polowych wykazano, że stosowanie takich preparatów znacząco redukuje populacje szkodników, takich jak mszyce (fot. 5), białe muszki czy różne gatunki gąsienic, które są odpowiedzialne za uszkodzenia upraw.



Fot. 5. Mszyca porażona grzybem owadobójczym *Cordyceps fumosorosea* (fot. D. Sosnowska)

Ograniczenia

Pomimo wielu zalet, wdrażanie *C. fumosorosea* do praktyki rolniczej wiąże się z pewnymi wyzwaniami. Do najważniejszych należą: optymalizacja technologii produkcji zarodników, zapewnienie stabilności preparatów w różnych warunkach klimatycznych oraz konieczność dokładnego monitorowania warunków aplikacji, aby maksymalizować skuteczność zakażenia szkodników. Wymaga to ścisłej współpracy naukowców, technologów oraz praktyków rolnictwa, aby uzyskać jak najlepsze wyniki w realnych warunkach polowych.

Kolejnym wyzwaniem jest zrozumienie interakcji między *C. fumosorosea* a mikrobiomem roślin oraz innymi organizmami występującymi w ekosystemie uprawnym. Zbadanie tych zależności może przyczynić się do udoskonalenia strategii stosowania grzyba, umożliwiając lepsze dostosowanie preparatów do specyficznych warunków lokalnych. Ponadto, integracja grzybów pasożytniczych z innymi metodami ochrony roślin, takimi jak stosowanie naturalnych antagonistów czy rozwój rolnictwa precyzyjnego, może zwiększyć efektywność systemów ochrony przed szkodnikami.

Metarhizium anisopliae

Metarhizium anisopliae to gatunek grzybów z rodziny *Clavicipitaceae*, znany przede wszystkim ze swojej zdolności do pasożytowania na owadach. *M. anisopliae* charakteryzuje się relatywnie prostą strukturą morfologiczną, typową dla grzybów z rodzaju *Metarhizium*. Jego cykl życiowy obejmuje fazy sporyfikacji, kiełkowania, inwazji na organizmy gospodarza oraz rozwoju wewnątrz ciała owada. Sporulacja odbywa się głównie poprzez wytwarzanie konidiów, które są przetrwalnikami odpor-
nościowymi, umożliwiającymi przetrwanie w trudnych warunkach środowiskowych.

Do infekcji dochodzi poprzez kontakt konidiów z kutykulą owada, po czym grzyb rozwija rozgałęzione struktury penetrujące tkanki gospodarza. W wyniku wzrostu grzyba następuje śmierć owada, co jest wynikiem zarówno bezpośrednich działań enzymatycznych, jak i produkcji toksyn (fot. 6).



Fot. 6. Pędrak porażony grzybem owadobójczym *Metarhizium anisopliae* (fot. C. Tkaczuk)

Charakterystyka

Różnorodność genetyczna i fenotypowa tego gatunku umożliwia adaptację do różnych warunków środowiskowych. Zdolność do przetrwania w glebie oraz roślinnych ekosystemach czyni go nie tylko patogenem owadów, ale również ważnym składnikiem mikrobiomu glebowego, który wpływa na dynamikę ekologiczną ekosystemów rolniczych.

W ekosystemach naturalnych *M. anisopliae* pełni kluczową funkcję jako naturalny regulator populacji owadów. Jego działanie pasożytnicze ma wpływ na ograniczenie



Grzyb entomopatogeny z rodziny Clavicipitaceae, pasożytujący na owadach. Naturalny regulator populacji szkodników i ważny składnik mikrobiomu glebowego.



CHARAKTERYSTYKA

- Pasożytuje na owadach.
- Wytwarza konidia – przetrwalniki.
- Infekcja przez kontakt z kutykulą.
- Śmierć owada przez enzymy i toksyny.



ADAPTACJA I ROLA W EKOSYSTEMIE

- Duża różnorodność genetyczna.
- Przetrwa w glebie i ekosystemach.
- Naturalny regulator owadów.
- Wspiera bioróżnorodność i rośliny.



ZNACZENIE DLA ROLNICTWA

- Ogranicza liczebność szkodników.
- Stosowany w biopreparatach do zwalczania owadów.



BEZPIECZEŃSTWO I EFEKTYWNOŚĆ

- Niska toksyczność dla organizmów niecelowych.
- Brak negatywnego wpływu na środowisko.
- Skuteczny także w trudnych warunkach.

liczebności szkodników, co wpływa na równowagę między gatunkami i wspiera bioróżnorodność. W wyniku zakażenia populacje owadów ulegają spadkowi, co jest korzystne z perspektywy rolnictwa ekologicznego, gdzie dąży się do minimalizacji użycia chemicznych środków ochrony roślin. Badania wykazały, że obecność *M. anisopliae* w glebie koreluje z niższą dynamiką występowania szkodników, co jest wynikiem zarówno bezpośredniego działania patogenego, jak i pośrednich efektów wynikających z oddziaływania na mikroflorę glebową. Ponadto, grzyb ten wykazuje zdolność do symbiozy z roślinami, co sugeruje, że może on wspierać zdrowie roślin poprzez stymulację naturalnych mechanizmów obronnych, choć mechanizmy te nie są jeszcze w pełni poznane.

Z uwagi na specyficzne właściwości patogenne wobec szkodników, *M. anisopliae* stał się przedmiotem intensywnych badań nad jego zastosowaniem w biopreparatach. Preparaty oparte na tym grzybie wykazują wysoką skuteczność w zwalczaniu m.in. stonkowatych oraz innych owadów szkodliwych dla upraw rolnych.

Zastosowanie

Preparaty zawierające *M. anisopliae* są stosowane w systemach integrowanej ochrony roślin, gdzie pełnią rolę środka ochrony biologicznej, minimalizując potrzebę użycia syntetycznych pestycydów. Ze względu na niską toksyczność dla organizmów niecelowych oraz brak negatywnego wpływu na środowisko, biopreparaty te znajdują zastosowanie w rolnictwie ekologicznym. Nowoczesne technologie formulacji pozwalają na stabilizację aktywnych substancji zawartych w preparatach, co umożliwia ich skuteczne działanie nawet w niekorzystnych warunkach klimatycznych.

Coniothyrium minitans

To mikroskopijny, ale niezwykle istotny grzyb pasożytniczy w naturalnych ekosystemach, jak i w nowoczesnych technologiach ochrony roślin. Jego zdolność do specyficznego atakowania sclerotiów – twardych struktur przetrwalnikowych wytwarzanych przez patogenne grzyby, takie jak *Sclerotinia sclerotiorum* – sprawia, że jest cennym narzędziem w biologicznej ochronie upraw. Wykorzystywanie *C. minitans* jako składnika biopreparatów umożliwia redukcję chemicznych fungicydów stosowanych w rolnictwie, co wpływa korzystnie na środowisko oraz poprawia bezpieczeństwo żywności.

Charakterystyka

W środowisku naturalnym *C. minitans* występuje głównie w glebie, gdzie pełni funkcję naturalnego regulatora liczebności patogenów roślinnych. Jego zdolność do kolonizacji sclerotiów i hamowania wzrostu grzybów patogennych jest efektem skomplikowanych mechanizmów biochemicznych, obejmujących produkcję enzymów degradujących ściany komórkowe oraz sekrecję substancji o działaniu toksycznym dla konkurencyjnych mikroorganizmów. Badania laboratoryjne i polowe wykazały, że stosowanie *C. minitans* może znacząco zmniejszyć częstość występowania chorób grzybowych, co przekłada się na lepszą kondycję upraw i wyższe plony. W produkcji biopreparatów, *C. minitans* wykorzystuje się jako aktywny składnik preparatów biokontroli. Preparaty te charakteryzują się wysoką specyficznością, co pozwala na precyzyjne działanie przeciwko określonym patogenom, jednocześnie minimalizując wpływ na mikroflorę glebową i środowisko naturalne. Zastosowanie biopreparatów zawierających *C. minitans* wiąże się również z obniżeniem ryzyka wystąpienia problemów związanych z opornością patogenów na tradycyjne fungicydy, co jest istotnym aspektem zrównoważonego rolnictwa.



Mechanizm działania

C. minitans opiera się na bezpośrednim kontakcie z sclerotium oraz na indukcji odpowiedzi obronnych w roślinach gospodarza. Po aplikacji grzyb szybko kolonizuje strukturę przetrwalnikową, ograniczając możliwość rozwoju patogennego organizmu. Obecność *C. minitans* w glebie może stymulować aktywność innych mikroorganizmów korzystnych dla zdrowia roślin, co tworzy synergistyczny efekt wspierający ogólną odporność ekosystemu rolniczego.

Zastosowanie

W aspekcie praktycznym, stosowanie *C. minitans* wymaga optymalnych warunków środowiskowych, takich jak odpowiednia wilgotność i temperatura gleby, które umożliwiają szybki rozwój i aktywność grzyba. Dlatego też, przed wprowadzeniem biopreparatów na rynek, przeprowadza się szereg badań polowych oraz laboratoryjnych, mających na celu ustalenie najlepszych praktyk aplikacyjnych oraz oceny długoterminowego wpływu na ekosystemy.

Pythium oligandrum

Pythium oligandrum to organizm należący do grupy oomycetów, który ze względu na swoje unikalne właściwości bywa wykorzystywany w biologicznej ochronie roślin. Choć często mylnie klasyfikowany jako grzyb, należy do odrębnej grupy organizmów przypominających grzyby, co podkreśla jego specyficzne cechy metaboliczne i ekologiczne.



Pythium oligandrum





Organizm z grupy oomycetów o unikalnych właściwościach wykorzystywany w biologicznej ochronie roślin. Pasożytuje na patogennych mikroorganizmach i wspiera zdrowy rozwój roślin.



ZASTOSOWANIE

- Stosowany w uprawach owocowych, warzywniczych i roślin ozdobnych.
- Składnik biopreparatów do ochrony roślin.





DZIAŁA PRZECIW PATOGENOM

- Redukuje częstość chorób odglebowych powodowanych przez m.in. *Fusarium*, *Rhizoctonia* czy *Pythium ultimum*.
- Ogranicza zgorzel siewek i gnicie korzeni.



MECHANIZM DZIAŁANIA

- Pasożytuje na patogennych mikroorganizmach.
- Produkuje enzymy (chitynazy, β -glukozidazy) rozkładające ściany komórkowe patogenów.
- Indukuje naturalne mechanizmy obronne roślin.



KORZYŚCI

- Hamuje rozwój patogenów i stymuluje wzrost roślin.
- Zwiększa odporność roślin na stresy biotyczne i abiotyczne.
- Wspiera zrównoważoną produkcję rolniczą.



Pythium oligandrum to skuteczne i ekologiczne rozwiązanie wspierające zdrowie roślin, ogranicza choroby odglebowe i przyczynia się do wyższych plonów oraz jakości zbiorów.



Charakterystyka

Jego zdolność do pasożytowania na patogennych mikroorganizmach czyni go cennym narzędziem w walce z chorobami roślin, zwłaszcza w uprawach intensywnych, gdzie ograniczenie stosowania chemicznych pestycydów jest priorytetem. W środowisku naturalnym *P. oligandrum* występuje w glebie oraz na powierzchni roślin, gdzie dzięki swojej zdolności do kolonizacji korzeni oraz innych struktur roślinnych, konkuruje z patogenami i ogranicza ich rozwój.

Mechanizmy działania

P. oligandrum obejmuje zarówno bezpośrednią antagonizację przez produkcję enzymów litycznych, jak i pośrednie oddziaływanie poprzez indukcję odporności systemowej w roślinach. Dzięki produkcji hydrolaz, takich jak chitynazy czy β -glukozidazy, oomycet ten potrafi rozkładać ściany komórkowe patogenów, co bezpośrednio przekłada się na ograniczenie infekcji.

Zastosowanie

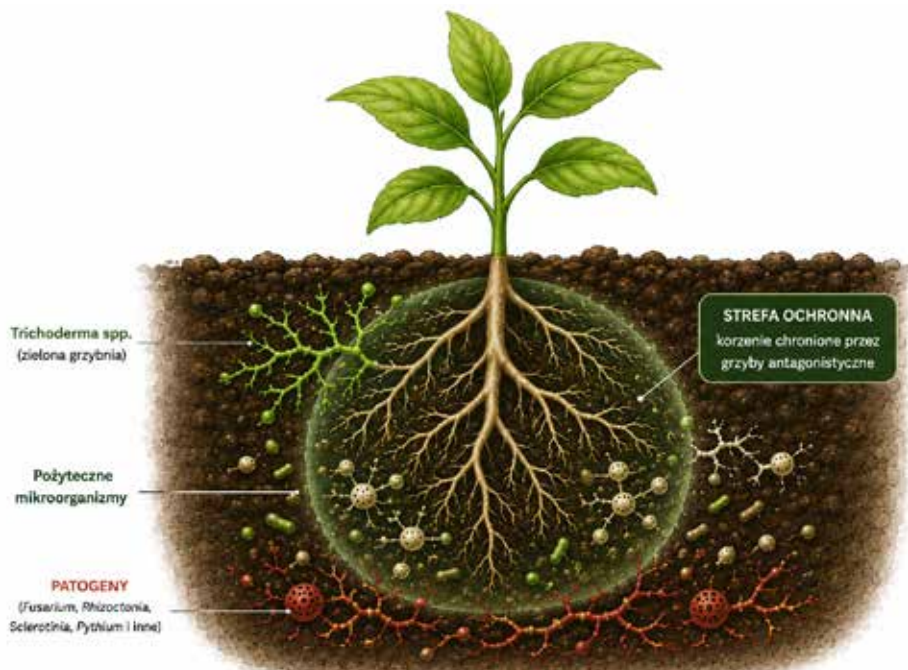
Zastosowanie *P. oligandrum* w biopreparatach opiera się na jego właściwościach antagonistycznych wobec licznych grzybów chorobotwórczych. Preparaty zawierające ten organizm stosowane są głównie w uprawach roślin owocowych, warzywniczych oraz ozdobnych, gdzie redukują częstość występowania chorób spowodowanych przez m.in. *Fusarium*, *Rhizoctonia* czy *Pythium ultimum* – groźne patogeny odglebowe powodujące zgorzel siewek i gnicie korzeni. Badania laboratoryjne i polowe wykazały, że stosowanie *P. oligandrum* w formie preparatów biostymulujących nie tylko hamuje rozwój patogenów, ale także stymuluje wzrost i rozwój roślin. Efekt ten jest wynikiem indukowanej przez oomycet obecności sygnałów biotycznych, które aktywują naturalne mechanizmy obronne roślin. W rezultacie rośliny stają się bardziej odporne na stresy biotyczne i abiotyczne, co prowadzi do zwiększenia plonów oraz poprawy jakości zbiorów.

Kolejnym aspektem wartym uwagi jest zdolność *P. oligandrum* do adaptacji w różnych warunkach środowiskowych. Organizm ten potrafi efektywnie kolonizować zarówno gleby o różnym pH, jak i gleby o zróżnicowanej strukturze, co czyni go uniwersalnym składnikiem biopreparatów przeznaczonych do różnorodnych systemów uprawy. Jego ekologiczna rola w naturalnych ekosystemach oraz wieloaspektowe zastosowanie w rolnictwie wpisują się w trendy zrównoważonego rozwoju, gdzie dąży się do minimalizacji negatywnego wpływu chemicznych środków ochrony roślin.

2. Grzyby antagonistyczne w środowisku i jako substancje czynne biopreparatów

Grzyby antagonistyczne to grupa mikroorganizmów utrzymujących biologiczną równowagę zarówno w naturalnych ekosystemach, jak i w systemach upraw rolniczych. Dzięki zdolności do hamowania rozwoju patogenów są one cennymi narzędziami w walce z chorobami roślin. Mechanizmy ich działania obejmują konkurencję o składniki odżywcze, wytwarzanie substancji o właściwościach antybiotycznych oraz bezpośrednią inwazję na komórki patogenów, co skutkuje zahamowaniem ich wzrostu.

W środowisku naturalnym grzyby antagonistyczne przyczyniają się do stabilizacji mikroflory glebowej, co wpływa na zdrowie roślin i jakość gleby. Przykładowo, gatunki z rodzajów *Trichoderma* i *Gliocladium* wykazują silne właściwości antagonistyczne wobec licznych patogenów, takich jak *Fusarium spp.* czy *Rhizoctonia solani* – wywołujących fuzariozę oraz rizoktoniozę. Dzięki temu ich obecność przyczynia się do naturalnej ochrony roślin przed rozwojem chorób, a także do zwiększenia odporności systemów uprawnych na stres środowiskowy.



Preparaty te, wykorzystywane do prewencji i kontroli chorób, wpływają korzystnie na wzrost roślin oraz wspierają naturalne procesy biologiczne gleby. W praktyce efektywność takich preparatów zależy od synergii między grzybami antagonistycznymi a rodzimą mikroflorą glebową, co umożliwia stworzenie stabilnych i odpornych ekosystemów uprawowych.

Stosowanie biopreparatów wymaga jednak odpowiedniej technologii aplikacji oraz monitorowania efektów ich działania. Ważne jest zapewnienie optymalnych warunków

środowiskowych, takich jak odpowiednie pH gleby, wysoka zawartość materii organicznej oraz właściwa wilgotność, aby sprzyjać rozwojowi grzybów antagonistycznych. Właściwe zarządzanie tymi czynnikami nie tylko zwiększa skuteczność preparatów, ale również przyczynia się do ogólnej poprawy zdrowia i żyzności gleby. Wykorzystanie grzybów antagonistycznych wiąże się z pewnymi wyzwaniem. Zmienność warunków środowiskowych może wpływać na stabilność i trwałość efektów ich działania, a interakcje pomiędzy wprowadzonymi preparatami a naturalną mikroflorą mogą być skomplikowane. Dlatego też niezbędne są dalsze badania, które pozwolą na opracowanie metod zwiększających długoterminową skuteczność biopreparatów.

Trichoderma spp.

Trichoderma spp. to grupa saprofitycznych grzybów, które odgrywają kluczową rolę w ekosystemach gleby poprzez zdolność do antagonizowania patogenów roślinnych. Mechanizmy antagonizmu obejmują produkcję enzymów degradujących ściany komórkowe patogenów, syntezę substancji o działaniu antybiotycznym oraz indukcję systemów obronnych roślin. *Trichoderma* jest wykorzystywana jako biologiczny środek ochrony roślin, co stanowi alternatywę dla tradycyjnych pestycydów chemicznych.

Charakterystyka

W środowisku glebowym grzyby te konkurują z patogenami o przestrzeń i zasoby, co prowadzi do zahamowania rozwoju chorobotwórczych mikroorganizmów. *Trichoderma* wykazuje zdolność do szybkiego kolonizowania korzeni roślin, co umożliwia efektywną ochronę przed infekcjami. Interakcje pomiędzy *Trichoderma* a roślinami są korzyst-



ne, gdyż grzyby te stymulują wzrost roślin oraz aktywują systemy obronne, zwiększając tym samym odporność roślin na stres biotyczny i abiotyczny.

Rola *Trichoderma* w produkcji biopreparatów wynika z jej zdolności do produkcji różnorodnych metabolitów o właściwościach przeciugrzybiczych i antybakteryjnych. Biopreparaty na ich bazie stosowane są w rolnictwie ekologicznym, gdzie minimalizują użycie chemicznych środków ochrony roślin, przyczyniając się do zrównoważonego rozwoju i ochrony środowiska. Przykłady takich preparatów obejmują formuły zawierające mikroorganizmy żywe, które po aplikacji na glebę lub bezpośrednio na rośliny, zapewniają ochronę przed chorobotwórczymi grzybami.

Mechanizm działania

Badania laboratoryjne oraz polowe potwierdzają, że stosowanie biopreparatów opartych na *Trichoderma spp.* skutkuje zmniejszeniem częstości występowania chorób, takich jak zgnilizna korzeni czy mączniak prawdziwy.

Stosowanie

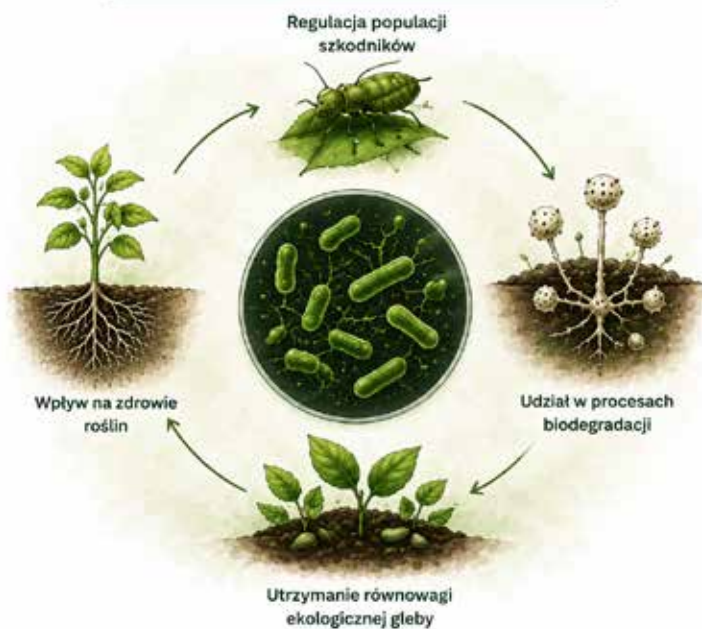
Zastosowanie tych preparatów wiąże się również z poprawą struktury gleby oraz zwiększeniem dostępności składników odżywczych, co korzystnie wpływa na zdrowie i plon roślin. Stosowanie *Trichoderma* w praktyce rolniczej zależy od odpowiedniego doboru szczepów, które muszą być dobrze przystosowane do lokalnych warunków środowiskowych. Nowoczesne technologie biotechnologiczne umożliwiają modyfikację szczepów w celu zwiększenia ich skuteczności oraz odporności na niekorzystne warunki glebowe, co znacząco podnosi efektywność biopreparatów.

3. Bakterie pasożytnicze w środowisku i jako substancje czynne biopreparatów

Bakterie pasożytnicze stanowią specyficzną grupę mikroorganizmów, charakteryzujących się zdolnością do infekowania różnych organizmów, w tym owadów, roślin czy innych mikroorganizmów. W środowisku naturalnym odgrywają kluczową rolę w regulacji populacji gospodarzy oraz uczestniczą w procesach biodegradacji, co wpływa na równowagę ekologiczną. Ich naturalna selektywność oraz zdolność do produkcji specyficznych toksyn sprawiają, że są one coraz częściej wykorzystywane jako aktywne substancje w biopreparatach, szczególnie w rolnictwie oraz ochronie środowiska.

Zaletą stosowania bakterii pasożytniczych jest przede wszystkim ich selektywność. Preparaty oparte na tych mikroorganizmach wpływają głównie na docelowe szkodniki, ograniczając negatywne skutki dla innych organizmów w ekosystemie. Dodatkowo bakterie te są biodegradowalne, co przyczynia się do zmniejszenia obciążenia środowiska chemikaliami.

Stabilność i skuteczność preparatów opartych na bakteriach pasożytniczych w zmiennych warunkach środowiskowych stanowią jeden z głównych problemów. Czynniki takie jak



temperatura, wilgotność oraz interakcje z innymi mikroorganizmami mogą wpływać na aktywność bakterii, a tym samym na efektywność preparatu. W związku z tym, niezbędne są dalsze badania mające na celu optymalizację metod uprawy, formułowania oraz aplikacji tych preparatów

Istotnym aspektem jest bezpieczeństwo stosowania preparatów opartych na bakteriiach pasożytniczych. Choć są one naturalnym składnikiem ekosystemu, ich masowe wprowadzenie wymaga szczegółowych analiz toksykologicznych oraz oceny wpływu na organizmy niebędące celem. Przeprowadzenie rygorystycznych badań pozwala na minimalizację ryzyka niepożądanych skutków ubocznych oraz zapewnia akceptację preparatów przez organy regulacyjne i użytkowników końcowych.

Bacillus thuringiensis

Charakterystyka

Bacillus thuringiensis to Gram-dodatnie, okrągłe bakterie, które naturalnie występują w glebie, wodach oraz na powierzchni roślin. Ze względu na swoją zdolność do wytwarzania toksyn o wysokiej specyficzności wobec szkodników, *B. thuringiensis* stały się jednym z najważniejszych narzędzi w biologicznej ochronie roślin. Ich unikalna właściwość polega na produkcji kryształowych białek, które po spożyciu przez larwy owadów



Fot. 7. Larwa omacnicy prosowianki porażona przez bakterię owadobójczą (fot. P. Beres)

wywołują ich śmierć, co umożliwia precyzyjną redukcję populacji szkodników bez negatywnego wpływu na inne organizmy (fot. 7).

Mechanizm działania

Głównym czynnikiem patogenności *B. thuringiensis* są toksyny Cry, produkowane w postaci kryształów, które są stabilne w środowisku i aktywowane dopiero w zasadowym środowisku jelitowym larw owadów. Po spożyciu przez owada kryształy rozpuszczają się, uwalniając toksyny, które wiążą się z receptorami w błonie komórkowej jelita, prowadząc do powstawania porów, zaburzeń osmotycznych i ostatecznie śmierci komórki. Ważną cechą tych toksyn jest ich specyficzność – poszczególne izoformy oddziałują tylko na określone gatunki owadów, co minimalizuje ryzyko oddziaływania na pożyteczne organizmy, w tym ssaki, ptaki czy organizmy wodne. W naturalnych ekosystemach *B. thuringiensis* pełni istotną funkcję w regulacji populacji owadów, co przyczynia się do zachowania równowagi biologicznej.



Zastosowanie

Bacillus thuringiensis są wykorzystywane w produkcji biopreparatów stosowanych w rolnictwie oraz ochronie zdrowia roślin. Preparaty zawierające *B. thuringiensis* znajdują zastosowanie przede wszystkim w zwalczaniu szkodników takich jak motyle (Lepidoptera), owady z rzędu *Coleoptera*, czy niektóre gatunki owadów wodnych. W porównaniu do tradycyjnych środków chemicznych, preparaty *B. thuringiensis* cechuje wysoka selektywność, biodegradowalność oraz niska toksyczność dla środowiska i organizmów niebędących celem zabiegu.

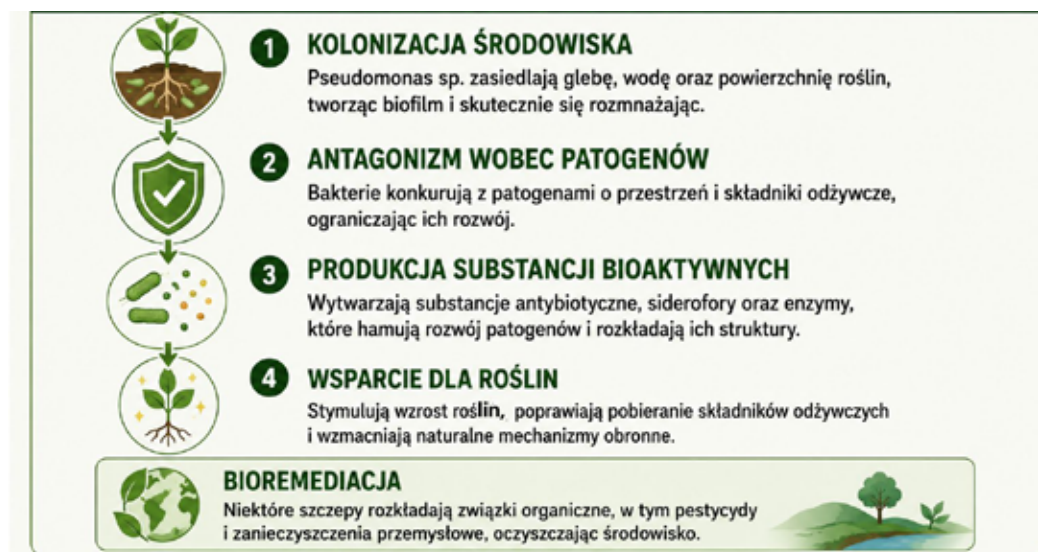
Współczesne badania naukowe nieustannie poszerzają wiedzę na temat *B. thuringiensis*, co pozwala na udoskonalanie metod ich stosowania w rolnictwie oraz rozwój nowych preparatów zgodnych z ideą rolnictwa zrównoważonego.

*Pseudomonas sp.***Charakterystyka**

Bakterie z rodzaju *Pseudomonas* stanowią bardzo zróżnicowaną grupę mikroorganizmów, które występują powszechnie w środowisku naturalnym. Ze względu na swoją metaboliczną elastyczność, są zdolne do kolonizacji różnych siedlisk – od gleby, przez wodę, aż po rośliny i organizmy zwierzęce. Niektóre szczepy wykazują właściwości pasożytnicze, co czyni je potencjalnymi patogenami roślinnymi lub zwierzęcymi, jednak równocześnie stanowią cenny surowiec w produkcji biopreparatów, stosowanych w rolnictwie oraz ochronie środowiska. Biopreparaty oparte na tej bakterii są wykorzystywane w uprawach polowych, np. w ochronie buraka ćwikłowego przed sprawcą fuzariozy i rizoktoniozy oraz w ziemniaku do zwalczania rizoktoniozy.

Mechanizm działania

W ekosystemach glebowych *Pseudomonas sp.* odgrywają dwojaką rolę. Z jednej strony, niektóre szczepy są zdolne do inwazji na rośliny, powodując choroby takie jak zgnilizna czy plamistość liści, co wpływa negatywnie na zdrowotność upraw oraz obniża ich plonowanie. Mechanizmy patogenności obejmują produkcję toksyn, enzymów degradujących ściany komórkowe roślin, a także formowanie biofilmu, który ułatwia kolonizację tkanki roślinnej. Niektóre szczepy *Pseudomonas* wykazują zdolności antagonizujące wobec patogenów roślin, co wykorzystywane jest w biokontroli chorób. Produkcja substancji antybiotycznych, sideroforów oraz enzymów degradujących czynniki patogenne umożliwia konkurencję z patogenami, a tym samym wspiera zdrowie roślin

**Zastosowanie**

Wykorzystanie bakterii z rodzaju *Pseudomonas* jako substancji czynnych w biopreparatach zyskało na znaczeniu, w związku z rosnącą potrzebą ograniczenia stosowania chemicznych pestycydów i nawozów. Biopreparaty oparte na tych mikroorganizmach są ekologicz-



nie bezpieczne, biodegradowalne i wykazują specyficzność działania wobec szkodników lub chorób, co minimalizuje negatywny wpływ na środowisko. Szczepy o korzystnym profilu metabolicznym są wykorzystywane do produkcji preparatów stymulujących wzrost roślin, poprawiających przyswajanie składników mineralnych, a także do ochrony przed patogenami. Badania laboratoryjne oraz polowe potwierdzają, że preparaty zawierające *Pseudomonas* sp. mogą skutecznie redukować inwazje patogenów, jednocześnie wspomagając naturalne mechanizmy obronne roślin.

Interesującym aspektem zastosowania tych bakterii jest ich rola w bioremediacji. Niektóre szczepy potrafią rozkładać związki organiczne, w tym pestycydy i zanieczyszczenia przemysłowe, co przyczynia się do oczyszczania skażonych terenów. Ta cecha czyni je nie tylko narzędziem w ochronie roślin, ale również kluczowym elementem strategii zrównoważonego rozwoju w zakresie ochrony środowiska. Zdolność do biodegradacji związków toksycznych umożliwia ich wykorzystanie w procesach rekultywacji gleb skażonych ciężkimi metalami czy organicznymi związkami chemicznymi.

Ograniczenia

Stosowanie preparatów opartych na *Pseudomonas* sp. wymaga starannej selekcji szczepów oraz dogłębnej analizy interakcji między mikroorganizmami a środowiskiem. Niewłaściwy dobór lub niekontrolowany rozwój szczepów pasożytniczych może bowiem doprowadzić do niezamierzonych konsekwencji, takich jak pogorszenie stanu zdrowia roślin uprawnych czy zakłócenie równowagi mikroflory glebowej.

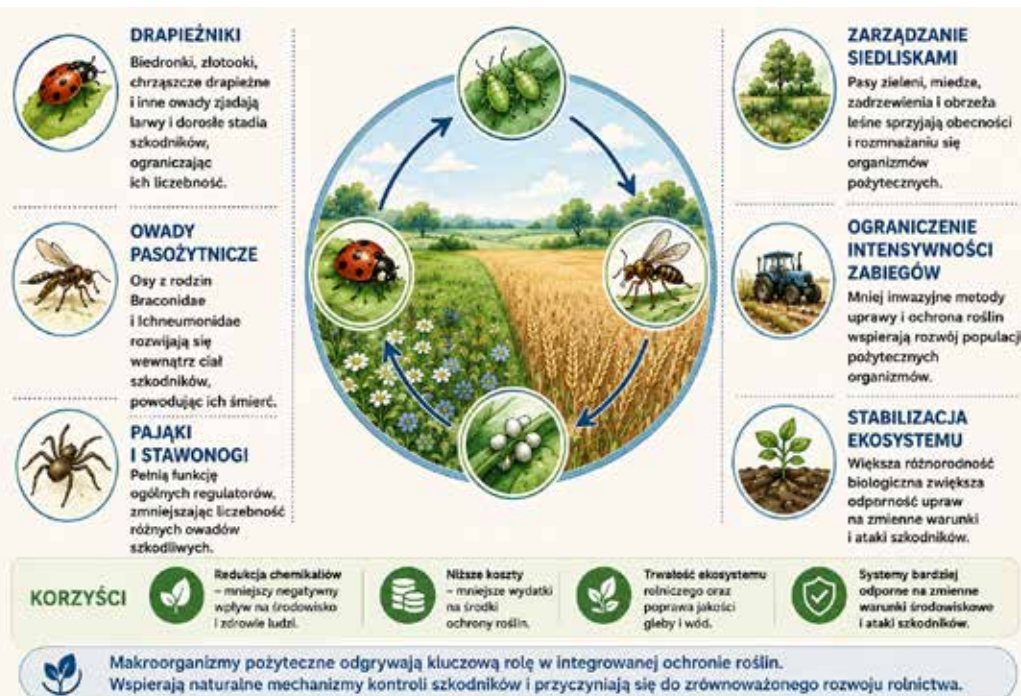
MAKROORGANIZMY POŻYTECZNE



Makroorganizmy pożyteczne stanowią kluczowy element integrowanej ochrony roślin. Wspierają one naturalne mechanizmy kontroli populacji szkodników, co pozwala na ograniczenie stosowania chemicznych środków ochrony roślin oraz przyczynia się do zrównoważonego rozwoju rolnictwa. Ich rola jest szczególnie istotna w uprawach polowych, gdzie różnorodność biologiczna może zostać wykorzystana do stabilizacji ekosystemu uprawnego.

Makroorganizmy pożyteczne oddziałują na szkodniki głównie poprzez drapieżnictwo oraz pasożytnictwo. Do najważniejszych grup należą drapieżniki, takie jak biedronki, błonkówki, złotooki czy chrząszcze drapieżne, które atakują i zjadają larwy oraz dorosłe stadia szkodników. Kolejną istotną grupę stanowią owady pasożytnicze, do których należą osy pasożytnicze. Ich larwy rozwijają się wewnątrz ciał owadów szkodników, powodując ich śmierć. W efekcie naturalne mechanizmy kontroli prowadzą do obniżenia liczebności szkodników, co przekłada się na mniejsze straty w uprawach oraz mniejsze zapotrzebowanie na środki chemiczne.

Wśród makroorganizmów pożytecznych szczególnie ważne są biedronki, które skutecznie redukują populacje mszyc i innych drobnych owadów. Chrząszcze drapieżne polują na liczne stadia rozwojowe szkodników, działając szybko i efektywnie. Pasożytnicze osy z rodzin *Braconidae* i *Ichneumonidae* specjalizują się w atakowaniu larw i poczwerek, co wpływa na ograniczenie rozwoju szkodników. Pająki i inne drapieżne stawonogi pełnią funkcję ogólnych regulatorów, zmniejszając liczebność owadów szkodliwych.



Efektywność makroorganizmów pożytecznych zależy nie tylko od ich obecności, ale również od odpowiedniego zarządzania siedliskami. Zachowanie lub tworzenie naturalnych rezerwatów, pasów zielonych oraz obrzeży leśnych w pobliżu upraw sprzyja

kolonizacji korzystnych gatunków. Takie działania zwiększają bioróżnorodność, umożliwiając schronienie i rozmnażanie się organizmów pożytecznych oraz pomagają w utrzymaniu równowagi ekosystemu rolniczego. Dodatkowo, ograniczenie intensywności zabiegów agrotechnicznych, takich jak nadmierne spulchnianie gleby czy stosowanie inwazyjnych metod ochrony, pozytywnie wpływa na rozwój populacji makroorganizmów pożytecznych.

Integracja makroorganizmów pożytecznych w systemach ochrony roślin przynosi wymierne korzyści. Redukcja chemikaliów sprawia, że mniejsze zużycie środków ochrony roślin przekłada się na ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko oraz zdrowie ludzi. Korzystanie z naturalnych mechanizmów regulacji populacji szkodników pozwala również na zmniejszenie kosztów związanych z zakupem i stosowaniem chemicznych pestycydów, co stanowi istotną korzyść ekonomiczną. Wspieranie naturalnych procesów ekologicznych przyczynia się do trwałości ekosystemu rolniczego oraz poprawy jakości gleby i wód gruntowych.

Długofalowe badania wykazują, że systemy integrowanej ochrony roślin, oparte na współistnieniu organizmów pożytecznych, są bardziej odporne na zmienne warunki środowiskowe oraz ataki szkodników, co czyni je atrakcyjnym modelem dla nowoczesnego rolnictwa.

Makroorganizmy pożyteczne odgrywają fundamentalną rolę w integrowanej ochronie roślin upraw polowych. Poprzez naturalne mechanizmy drapieżnictwa i pasożytnictwa, a także dzięki odpowiedniemu zarządzaniu siedliskami, przyczyniają się do ograniczenia populacji szkodników i zmniejszenia uzależnienia od chemicznych metod ochrony. W efekcie stosowanie rozwiązań opartych na wykorzystaniu organizmów pożytecznych wspiera zrównoważony rozwój rolnictwa, poprawia stan środowiska oraz przynosi korzyści ekonomiczne dla rolników.

1. Owady drapieżne

Owady drapieżne, takie jak biedronki, modliszki czy osy, pełnią funkcję naturalnej kontroli populacji szkodników. Dzięki zdolnościom adaptacyjnym oraz wysokiej skuteczności w polowaniu na różnorodne organizmy szkodzące uprawom, stanowią one ważny element biologicznej równowagi w gospodarstwach rolnych. Ich działanie opiera się głównie na instynktownym wyszukiwaniu ofiar, co umożliwia skuteczne zmniejszenie liczebności gatunków wywołujących szkody, takich jak mszyce, wełnowce czy przędziorki.

Stosowanie owadów drapieżnych w integrowanej ochronie roślin wymaga jednak precyzyjnego dopasowania metod zarządzania do warunków lokalnych. Współistnienie drapieżników i szkodników zależy od szeregu czynników, m.in. struktury upraw, dostępności siedlisk oraz warunków klimatycznych. Dlatego też kluczowe jest monitorowanie populacji oraz odpowiednie planowanie interwencji, które mogą obejmować zarówno wprowadzanie drapieżników do środowiska, jak i tworzenie siedlisk sprzyjających ich rozwojowi. W praktyce rolniczej wykorzystuje się także techniki wspomagające naturalne procesy obronne roślin, takie jak stosowanie osłon roślinnych, mulczowania czy uprawy współrzędnych, co dodatkowo zwiększa efektywność ochrony biologicznej.

Kolejnym aspektem wartym podkreślenia jest wpływ owadów drapieżnych na zmniejszenie presji stosowania pestycydów. Redukcja chemicznego oddziaływania przyczynia się do ochrony bioróżnorodności oraz zdrowia gleby, wody i ludzi. Dodatkowo, zmniejszenie zależności od chemicznych metod ochrony roślin przekłada się na obniżenie kosztów produkcji i lepsze wyniki ekonomiczne gospodarstw rolnych.

Mimo licznych korzyści, wdrażanie systemów opartych na owadach drapieżnych niesie ze sobą pewne wyzwania. Należy do nich między innymi ryzyko niedostosowania gatunkowego, gdy wybrany drapieżnik nie przystosowuje się do specyficznych warunków danej uprawy. Dlatego też istotne jest prowadzenie badań nad dynamiką populacji drapieżników i szkodników oraz opracowywanie strategii adaptacyjnych, które pozwolą na skuteczne zarządzanie tymi organizmami w długoterminowej perspektywie.

Chrząszcze (*Coleoptera*) - biedronkowate, biegaczowate

Chrząszcze z rodzin biedronkowatych (*Coccinellidae*) i biegaczowatych (*Carabidae*) ze względu na ich zdolności drapieżnicze i fitofagiczne, mają ogromne znaczenie w kontroli populacji szkodników. W integrowanej ochronie roślin wykorzystuje się te gatunki jako element biologicznej ochrony upraw, zmniejszając tym samym konieczność stosowania środków chemicznych.



Fot. 8. Biedronka siedmiokropka zjadająca mszyce
(fot. M. Tomalak)

Chrząszcze biedronkowate (fot. 8) to owady o charakterystycznym, często czerwonym ubarwieniu z czarnymi plamami. Żyją głównie na roślinach, gdzie odgrywają rolę drapieżników, zwłaszcza w fazie larwalnej, żywiąc się m.in. mszycami, wełnowcami oraz innymi drobnymi owadami. Ich zdolność do szybkiej reprodukcji oraz mobilność sprawiają, że mogą skutecznie ograniczać populacje szkodników w ekosystemach rolniczych. Dzięki swojej ekologicznej roli, biedronkowate są uznawane za bioindukatory jakości środowiska, co dodatkowo podkreśla ich znaczenie w systemach agroekologicznych.

Wdrożenie strategii, które sprzyjają populacjom biedronek, takich jak tworzenie rezerwatów siedliskowych czy stosowanie roślin osłonowych, jest jednym z działań promowanych przez nowoczesne podejścia do zarządzania uprawami. W praktyce, rolnicy, którzy decydują się na metody przyjazne środowisku, obserwują nie tylko spadek liczebności szkodników, ale również poprawę zdrowia gleby i wzrost bioróżnorodności.

Skuteczność działania biedronek w ochronie upraw zależy od kilku kluczowych czynników. Po pierwsze, ważne jest utrzymanie odpowiedniej struktury siedliskowej w obrębie gospodarstw rolnych. Różnorodność roślinna oraz obecność naturalnych schronień, takich jak łąki czy zadrzewienia, umożliwiają biedronkowatym rozmnażanie i efektywne przemieszczanie się w poszukiwaniu. Po drugie, warunki klimatyczne mają istotny wpływ na ich aktywność – zbyt niskie lub zbyt wysokie temperatury mogą ograniczać ich rozwój

CYKL ROZWOJOWY
BIEDRONKI

CO ZJADAJĄ BIEDRONKI?



i efektywność drapieżną. Wreszcie, stosowanie pestycydów, nawet tych selektywnych, może wpływać negatywnie na populacje biedronek, co podkreśla konieczność stosowania metod ochrony środowiska, które minimalizują ten efekt uboczny. Ich rola w ekosystemie jest wieloaspektowa – od bezpośredniej eliminacji szkodników, poprzez poprawę bioróżnorodności, aż po wskazywanie na ogólny stan zdrowia środowiska.



Fot. 9. Chrzęszcz – przedstawiciel biegaczowatych
(fot. M. Tomalak)

Chrzęszcze biegaczowate (fot. 9) od dawna uznawane są za jedno z najważniejszych sojuszników rolników w walce ze szkodnikami. W ekosystemach rolniczych pełnią funkcję naturalnych regulatorów populacji szkodników, przyczyniając się tym samym do równowagi biologicznej w uprawach. Ich rola w integrowanej ochronie roślin polega przede wszystkim na eliminacji larw i dorosłych szkodników, co ogranicza konieczność stosowania chemicznych pestycydów.

Różnorodność gatunkowa w obrębie rodziny *Carabidae* jest ogromna, co sprawia, że chrzęszcze te zajmują różne nisze ekologiczne. Wiele gatunków charakteryzuje się dużą mobilnością, co umożliwia im szybkie przemieszczenie się pomiędzy polami uprawnymi a obszarami naturalnymi. Dzięki temu, nawet w przypadkach intensywnych zabiegów agrotechnicznych, populacje biegaczowatych mogą się szybko regenerować, zapewniając ciągłość efektu ochronnego.

Utrzymanie naturalnych siedlisk, takich jak łąki, zarośla czy marginesy pól, umożliwia przetrwanie licznych gatunków chrzęszczy biegaczowatych. Praktyki agrotechniczne, takie jak płodozmian, ograniczanie uprawy roślin monokulturowych oraz stosowanie mniej inwazyjnych metod chemicznych, korzystnie wpływają na populacje tych drapieżni-



ków. Badania wykazały, że pola uprawne, w których zachowuje się fragmenty naturalnych siedlisk, odnotowują wyższe wskaźniki obecności *Carabidae*, co przekłada się na zmniejszenie liczby szkodników.

Chrząszcze biegaczowate preferują miejsca o umiarkowanej wilgotności i odpowiedniej strukturze gleby, która umożliwia im zarówno schronienie, jak i efektywne polowanie. Warto podkreślić, że integracja metod ochrony biologicznej z tradycyjnymi praktykami rolniczymi pozwala na stworzenie systemów rolniczych odpornych na występowanie nagłych wzrostów populacji szkodników.

W praktyce integrowanej ochronie roślin rolnicy coraz częściej decydują się na monitoring populacji chrząszczy biegaczowatych, jako jednego ze wskaźników zdrowia ekosystemu. Systematyczne badania pola pod kątem obecności tych drapieżników pozwalają na wcześniejsze wykrywanie niebezpiecznych wzrostów populacji szkodników i podejmowanie adekwatnych działań. Metody monitoringu, takie jak pułapki feromonowe i wizualne przeglądy, dostarczają cennych danych, które pomagają w optymalizacji działań ochronnych, minimalizując jednocześnie negatywny wpływ chemicznych środków ochrony roślin na środowisko.

Kolejnym atutem stosowania chrząszczy biegaczowatych jest ich zdolność do adaptacji do zmiennych warunków środowiskowych. Wiele gatunków wykazuje dużą odporność na zaburzenia wynikające z intensywnych praktyk rolniczych, co czyni je niezastąpionymi w długoterminowych strategiach ochrony upraw. W miarę jak rolnictwo dąży do bardziej zrównoważonych metod produkcji, znaczenie naturalnych wrogów szkodników, takich jak *Carabidae*, staje się coraz bardziej widoczne.

Muchówki (*Diptera*) - bzygowate

Wielofunkcyjność muchówek wynika z dwóch kluczowych aspektów: działanie jako efektywni zapylacze oraz rola naturalnych wrogów szkodników. Dzięki temu są cennym sojusznikiem w dążeniu do ograniczenia stosowania środków chemicznych, co przyczynia się do zrównoważonego rolnictwa.

Muchówki charakteryzują się zróżnicowanym cyklem rozwojowym, w którym larwy oraz dorosłe osobniki pełnią odmienne funkcje. Larwy wielu gatunków są drapieżnikami, które żywią się m.in. mszycami. Dorosłe muchówki natomiast pełnią funkcję zapylaczy, przenosząc pyłek pomiędzy roślinami i przyczyniając się do zwiększenia plonów. Ich obecność



w ogrodach i polach uprawnych wskazuje na zdrowy i zrównoważony ekosystem.

W integrowanej ochronie roślin dąży się do minimalizacji szkód wywoływanych przez szkodniki przy jednoczesnym zachowaniu równowagi ekologicznej, muchówki stanowią element biokontroli, która jest jednym z fundamentów integrowanej ochrony roślin. Zamiast polegać wyłącznie na środkach chemicznych, rolnicy i ogrodnicy coraz częściej wykorzystują naturalnych wrogów takich jak larwy muchówek, do ograniczenia liczby mszyc i innych drobnych owadów szkodliwych.

Mimo licznych korzyści, populacje muchówek mogą być zagrożone przez intensywne rolnictwo, degradację siedlisk oraz nadmierne stosowanie pestycydów. Włączenie działań ochronnych do strategii integrowanej ochrony roślin nie tylko wspiera populacje muchówek, ale również sprzyja ogólnej różnorodności biologicznej, co wpływa na długoterminową stabilność systemów uprawnych.

Obecne badania naukowe potwierdzają, że integracja naturalnych mechanizmów

kontroli szkodników z metodami agrotechnicznymi jest jednym z najbardziej efektywnych sposobów ochrony roślin.

Pluskwiaki (*Heteroptera*)

Pluskwiaki, należące do rzędu *Hemiptera*, stanowią grupę owadów charakteryzujących się zróżnicowanym trybem życia. Występują w wielu siedliskach, od lasów po tereny rolne. Ich morfologia, z wyraźnie wydłużonymi ciałami i charakterystycznymi skrzydłami, przystosowała je do szybkiego poruszania się oraz polowania na mniejsze owady. Większość gatunków z tej grupy wykazuje adaptacje umożliwiające efektywne wykorzystywanie różnych źródeł pokarmu – od drobnych bezkręgowców po larwy szkodników rolniczych. Zdolności sensoryczne, takie jak wyostrzony wzrok i czułe receptory dotykowe, umożliwiają im lokalizowanie ofiar w środowisku o złożonej strukturze roślinnej.

Pluskwiaki wykorzystują różnorodne strategie polowania. Niektóre gatunki specjalizują się w atakach z zaskoczenia, wykorzystując kamuflaż i szybką reakcję na ruch ofiary. Inne natomiast stosują metodę wyczekiwania, ukrywając się na roślinach i czekając, aż potencjalny ofiara zbliży się na tyle, aby umożliwić skuteczny atak. Ich szczęki umożliwiają nie tylko chwytanie, ale i wstrzykiwanie enzymów trawiących, co skutkuje szybkim unieszkodliwieniem ofiary.



kodliwieniem ofiary. Dzięki temu pluskwiaki mogą eliminować szkodniki, tj. mszyce, przędziorki i inne drobne bezkręgowce.

Wprowadzenie pluskwiaków do systemów uprawnych może prowadzić do utworzenia stabilnych relacji ekologicznych. Ich obecność sprzyja naturalnej równowadze, gdzie populacje szkodników są kontrolowane przez drapieżników, co pozwala na redukcję epizodów wymuszających interwencję chemiczną.

Problemem jest specyfika niektórych gatunków pluskwiaków. Nie wszystkie gatunki drapieżników wykazują równie wysoką skuteczność w eliminowaniu szkodników, co wymaga selektywnego podejścia przy ich wprowadzaniu do systemów uprawnych. Dodatkowo, interakcje pomiędzy poszczególnymi gatunkami drapieżników oraz ofiarami mogą być skomplikowane, co wymaga szczegółowej analizy ekosystemów uprawnych przed wdrożeniem strategii integrowanej ochrony roślin.

Przykłady zastosowania pluskwiaków w rolnictwie pokazują, że ich wprowadzenie może przynieść wymierne korzyści. W krajach europejskich, gdzie rolnictwo ekologiczne jest szczególnie rozwinięte, wdrożenie naturalnych drapieżników stało się integralną częścią strategii ochrony upraw.

Rozwój technologii monitoringu populacji owadów drapieżnych umożliwia lepsze zarządzanie ich obecnością w uprawach. Zastosowanie systemów monitoringu i wczesnego ostrzegania pozwala na szybką reakcję w przypadku wzrostu liczebności szkodników, co umożliwia efektywne wdrożenie naturalnych metod kontroli.

2. Owady pasożytnicze (wybrane przykłady)

Owady pasożytnicze charakteryzują się specyficznym cyklem życiowym, w którym samica składa jaja na/w ciele gospodarza – szkodnika. W wyniku rozwoju larwalnego następuje osłabienie, a w konsekwencji śmierć organizmu żywiciela. Dzięki tej zależności pasożytniczej, populacje szkodników są naturalnie kontrolowane, co przyczynia się do obniżenia presji biologicznej na uprawy. Przykłady takiego działania można znaleźć zarówno w uprawach zbóż, jak i w sadach owocowych, gdzie precyzyjna selekcja gatunków pasożytujących, takich jak np. *Trichogramma spp.*, umożliwia skuteczne ograniczenie rozwoju chorobotwórczych populacji owadów szkodników.

Integrowana ochrona roślin opiera się na synergii różnych metod – mechanicznych, chemicznych, biologicznych oraz agrotechnicznych. W tej koncepcji, owady pasożytnicze stanowią jeden z filarów, który pozwala na zredukowanie chemicznego obciążenia środowiska. Ważnym aspektem jest tu prowadzenie monitoringu populacji zarówno szkodników, jak i ich naturalnych wrogów, co umożliwia optymalne momenty interwencji. Dobrze zaprojektowany system monitoringu pozwala na wykrycie spadków liczebności pasożytów, co może wskazywać na potrzebę uzupełnienia ich populacji poprzez tzw. augmentację.

W praktyce rolniczej, zastosowanie owadów pasożytniczych wymaga odpowiedniego dostosowania warunków mikroklimatycznych oraz siedlisk pomocniczych. Wprowadzenie roślin okrywowych lub budek dla pożytecznych owadów wpływa korzystnie na utrzymanie stabilnych populacji pasożytów w polu.

Badania prowadzone przez naukowców potwierdzają, że odpowiednio wdrożone metody ochrony biologicznej mogą przynieść wymierne korzyści zarówno pod względem ekonomicznym, jak i środowiskowym. Przykładowo, eksperymenty na polach uprawnych w województwie lubelskim wykazały, że zastosowanie owadów pasożytniczych w połączeniu z innymi metodami integrowanej ochrony roślin pozwala na obniżenie strat plonowych o nawet 30% w porównaniu z tradycyjnymi metodami ochrony chemicznej.

Blonkówki (*Hymenoptera*) - kruszynkowate

Blonkówki (kruszynekowate, fot. 10) ze względu na swoje niewielkie rozmiary oraz szybki cykl życiowy, są trudne do wykrycia i kontroli, co czyni je poważnym problemem w systemach ochrony roślin. Kruszyнки są parazytoidami jaj motyli, chrząszczy, muchówek, sieciarek i pluskwiaków. Te bardzo małe bleskotki (0,1 do 0,5 mm) bardzo trudno zauważyć, a najczęstszym miejscem ich bytowania jest las, gdzie pasożytują nawet 90% jaj złożonych przez motyle.



Fot. 10. Kruszynek

Na polach i w ogrodach występuje kruszynek zmienny (*Trichogramma evanescens*), a w lasach kruszynek leśny (*Trichogramma embryophagum*). Kruszyńki atakują jaja wielu szkodników, np. owocówki jabłkowieczki, w kukurydzy pasożytują w jajach omacnicy prosowianki, a w warzywach atakują jaja bielinka kapustnika.



Mechanizm działania kruszyńki polega na składaniu jaj w jajach innych owadów. Larwy kruszyńki rozwijają się wewnątrz jaj gospodarza, nie dopuszczając do rozwoju zasiedlonych jaj. Efektywność kruszyńki w redukcji liczebności szkodników sprawia, że jest ona powszechnie wykorzystywana w integrowanych programach ochrony roślin.

Zastosowanie kruszyńki jako czynnika biologicznej ochrony ma również istotne znaczenie w ograniczaniu stosowania chemicznych środków ochrony roślin. Odpowiednio dobra-

ne metody introdukcji i namnażania kruszynki mogą skutecznie doprowadzić do spasożyтовania nawet do 80% jaj omacnicy, co czyni ją kluczowym elementem ekologicznych strategii ochrony roślin.

Muchówki (*Diptera*) – rączyowate

Muchówki (rączyowate) odgrywają istotną rolę w integrowanej ochronie roślin. Ich pasożytniczy tryb życia szczególnie w fazie larwalnej, przyczyniają się do ograniczenia populacji owadów szkodliwych dla upraw. Charakteryzują się wyjątkową mobilnością oraz zdolnością do adaptacji do zmieniających się warunków środowiskowych. Dorosłe osobniki żywią się głównie nektarem, pyłkiem i płynami roślinnymi, natomiast larwy są drapieżnikami i polują głównie na mszyce, tarczniki oraz inne drobne owady.



Rączyowate są pasożytami wielu owadów szkodliwych dla rolnictwa i leśnictwa. Samice składają jaja na ciele żywiciela, w jego pobliżu lub wprowadzają larwy bezpośrednio do jego organizmu. Larwa pasożyta rozwija się wewnątrz gospodarza, stopniowo go wyniszczając, aż w końcu prowadzi do jego śmierci. Do ich ofiar należą między innymi pędraki chrabąszczy z rodziny *Scarabaeidae*. Przykładem jest *Dexia rustica*, która pasożytuje na larwach chrabąszcza majowego, ograniczając ich liczebność w glebie. Kolejną grupą atakowanych szkodników są gąsienice motyli liściożernych. Gatunek *Compsilura concinnata* skutecznie pasożytuje na larwach brudnicy nieparki i kuprówki rudnicy, które powodują gołozery drzew liściastych. Niektóre rączyowate atakują również szkodniki roślin uprawnych. Przykładem jest *Exorista larvarum*, która pasożytuje na larwach omacnicy prosowianki.

3. Nicienie owadobójcze

Nicienie owadobójcze to mikroskopijne, organizmy występujące naturalnie w glebie, które pasożytują na larwach i dorosłych stadach owadów szkodliwych dla roślin. W przeciwieństwie do chemicznych pestycydów, ich działanie jest specyficzne – atakują jedynie wybrane gatunki szkodników, co minimalizuje negatywny wpływ na pożyteczne organizmy glebowe oraz mikroflorę. Mechanizm ich działania opiera się na infekcji szkodnika poprzez naturalne otwory ciała, po czym nicienie namnażają się wewnątrz organizmu ofiary, prowadząc do jej śmierci. Charakterystyczne w mechanizmie ich działania jest to, że w jamie ciała gospodarza uwalniają przenoszone w specjalnym woreczku przewodu pokarmowego bakterie symbiotyczne, które szybko się rozmnażają i zabijają owada (fot. 11). Taki tryb działania sprawia, że nicienie są niezwykle efektywnym narzędziem w walce z insektami, które zagrażają uprawom rolnym.



Fot. 11. Larwa ryjkowca zainfekowana przez nicienie owadobójczego *Steinernema feltiae* (fot. M. Tomalak)

Nicienie owadobójcze stanowią cenny element strategii IPM, gdyż ich zastosowanie pozwala ograniczyć użycie toksycznych środków chemicznych, które często mają niekorzystny wpływ na środowisko oraz zdrowie ludzi.

W praktyce, preparaty zawierające nicienie są aplikowane bezpośrednio do gleby lub roztrzaskane w formie zawiesin. Skuteczność ich działania zależy jednak od kilku czynników, takich jak wilgotność, temperatura oraz pH gleby. Dlatego też, aby metoda była w pełni efektywna, konieczne jest dokładne dostosowanie warunków aplikacji do specyfiki danego regionu oraz rodzaju uprawy. Ponadto, integracja nicieni z innymi metodami ochrony, jak np. stosowanie naturalnych wrogów szkodników czy płodozmian, może znacząco poprawić wyniki ochronne upraw.

Jedną z kluczowych zalet stosowania nicieni owadobójczych jest ich wysoka selektywność. Dzięki niej nie dochodzi do masowego niszczenia pożytecznych organizmów, co jest często





spotykane w przypadku chemicznych insektycydów. Dodatkowo, nicienie są biodegradowalne, co oznacza, że nie pozostawiają długotrwałych pozostałości w glebie ani w organizmach żywych, minimalizując ryzyko skażenia środowiska. Kolejnym aspektem jest ich zdolność do szybkiego rozprzestrzeniania się w populacji szkodników. Po infekcji organizmu szkodnika, populacja nicieni może gwałtownie wzrosnąć, co przyspiesza eliminację patogennego organizmu.

Stosowanie nicieni owadobójczych wiąże się również z pewnymi ograniczeniami. Największym wyzwaniem jest konieczność precyzyjnego dostosowania warunków środowiskowych, aby zapewnić ich przetrwanie i skuteczność. Niewłaściwe parametry aplikacji mogą bowiem prowadzić do obniżenia skuteczności preparatu lub nawet do jego całkowitej nieskuteczności. Ponadto, nie wszystkie gatunki szkodników są wrażliwe na działanie nicieni, co wymaga przeprowadzenia szczegółowych badań przed wdrożeniem tej metody w danym regionie.

Innym problemem może być koszt produkcji i dystrybucji preparatów zawierających nicienie. Chociaż długoterminowe korzyści ekologiczne i ekonomiczne są niepodważalne, początkowe nakłady inwestycyjne mogą być wyższe w porównaniu do tradycyjnych metod chemicznych. W związku z tym, skuteczne wdrożenie tej technologii wymaga wsparcia ze strony instytucji badawczych oraz rządowych programów ochrony rolnictwa.

Obecne badania naukowe skupiają się na optymalizacji metod uprawy i aplikacji nicieni, tak aby mogły być one stosowane na szeroką skalę w różnych warunkach klimatycznych i glebowych. Rozwój biotechnologii umożliwia produkcję preparatów o zwiększonej trwałości i skuteczności, co dodatkowo wzmacnia ich pozycję jako alternatywne narzędzie w ochronie roślin. Ponadto, interdyscyplinarne podejście, łączące badania nad biologią nicieni, ekologią gleb oraz agronomią, przyczynia się do tworzenia nowoczesnych systemów ochrony upraw, które są bardziej zrównoważone i przyjazne dla środowiska.

METODY I ŚRODKI STYMULACJI



Metody i środki stymulujące rozwój i skuteczność organizmów pożytecznych w uprawach polowych

Współczesne rolnictwo coraz częściej zwraca uwagę na znaczenie organizmów pożytecznych, które odgrywają kluczową rolę w utrzymaniu zdrowia gleb oraz zwiększaniu plonów upraw polowych. Stosowanie metod stymulujących ich rozwój stanowi fundament zrównoważonego rolnictwa, pozwalając na redukcję użycia nawozów sztucznych i pestycydów, co przekłada się na ochronę środowiska naturalnego.

Jednym z podstawowych narzędzi w tym procesie jest inokulacja gleb mikroorganizmami, w tym bakteriami promującymi wzrost roślin oraz grzybami mikoryzowymi. Preparaty zawierające te organizmy przyczyniają się do zwiększenia dostępności składników pokarmowych, takich jak azot i fosfor, dzięki czemu rośliny lepiej wykorzystują naturalne zasoby gleby.

Kolejnym aspektem wspierającym rozwój organizmów pożytecznych jest stosowanie nawozów organicznych oraz materii organicznej, takich jak kompost czy obornik. Materia organiczna poprawia strukturę gleby, zwiększa retencję wody i dostarcza cennych składników odżywczych, co z kolei sprzyja namnażaniu pożytecznych mikroorganizmów. Dodatkowo, praktyki takie jak płodozmian czy uprawa roślin okrywowych przyczyniają się do stabilizacji ekosystemów glebowych, ograniczając erozję i zwiększając bioróżnorodność.



Innowacyjne technologie, takie jak biostymulatory roślin, również znajdują swoje zastosowanie w stymulowaniu korzystnych mikroorganizmów. Biostymulatory to preparaty, które nie zawierają substancji odżywczych, ale pobudzają naturalne procesy metaboliczne roślin oraz mikroorganizmów. Dzięki nim rośliny lepiej przyswajają mikroelementy, a korzystne mikroorganizmy zyskują sprzyjające warunki do rozwoju, co przekłada się na poprawę zdrowotności upraw.

Znaczenie integracji tradycyjnych i nowoczesnych metod w uprawach polowych jest nie do przecenienia. Łączenie praktyk agrotechnicznych, takich jak ograniczenie głębokości orki, z precyzyjnym stosowaniem preparatów biologicznych, umożliwia stworzenie korzystnego mikroklimatu dla rozwoju pożytecznych organizmów. Wyniki badań laboratoryjnych i polowych wskazują, że zrównoważone zarządzanie glebą przyczynia się nie tylko do wzrostu wydajności upraw, ale także do zwiększenia odporności roślin na stres abiotyczny, co ma szczególne znaczenie w obliczu zmian klimatycznych.

1. Konserwacyjna metoda biologiczna

W obliczu rosnącej degradacji środowiska naturalnego, konieczne staje się poszukiwanie i wdrażanie efektywnych metod ochrony przyrody. Metody biologiczne w rolnictwie obejmują szeroki zakres działań, mających na celu wykorzystanie naturalnych mechanizmów obronnych roślin oraz wsparcie mikroflory i fauny glebowej. Jednym z podejść, które zdobywa coraz większe uznanie, jest **konserwacyjna metoda biologiczna**. Polega ona na utrzymaniu i wspieraniu populacji organizmów, które pełnią funkcje korzystne dla upraw, takich jak: rozkład materii organicznej, obieg składników odżywczych, kontrola patogenów oraz stymulacja wzrostu roślin. Podstawą tej metody jest zrozumienie symbiozy, mutualizmu oraz innych form interakcji między roślinami a mikroorganizmami i drobnymi bezkręgowcami, co pozwala na optymalne zarządzanie ekosystemem uprawnym.



Konserwacyjna metoda biologiczna odnosi się do zestawu działań mających na celu przywrócenie lub poprawę stanu środowiska poprzez interwencje oparte na procesach biologicznych. W odróżnieniu od metod inżynierskich, które często wiążą się z intensywną ingerencją w strukturę ekosystemu, metody biologiczne dążą do harmonijnej współpracy z przyrodą. Podstawowym założeniem konserwacyjnej metody biologicznej jest wykorzystanie naturalnych mechanizmów kontroli biologicznej. Kluczową rolę odgrywa tu ochrona siedlisk naturalnych, takich jak łąki, zadrzewienia czy obszary podmokłe, które stanowią źródło pokarmu i schronienia dla drapieżników oraz pasożytów szkodników. Przykłady takich organizmów to biedronki, złotooki, roztocza czy pasożytnicze osy, które w naturalny sposób ograniczają populacje gatunków szkodników, takich jak mszyce, przędziorki czy larwy motyli.

Stosowanie metod konserwacyjnych sprzyja tworzeniu sprzyjających warunków dla rozwoju organizmów pożytecznych poprzez ograniczenie stosowania środków chemicznych. Redukcja użycia nawozów sztucznych i pestycydów pozwala na przywrócenie naturalnej równowagi mikrobiologicznej w glebie. Wprowadzenie preparatów probiotycznych, które zawierają żywe kultury bakterii i grzybów wspomagają rozwój korzystnych mikroorganizmów, co przekłada się na lepszą dostępność składników pokarmowych oraz wzmocnienie odporności roślin. Stosowanie agrotechniki sprzyjającej mikroflorze, jak bezorkowe uprawy, pozostawianie resztek po zbiorach oraz stosowanie zielonych nawozów przyczyniają się do poprawy struktury gleby oraz zwiększenia aktywności biologicznej.

2. Działania producentów w kierunku ochrony organizmów pożytecznych

W obliczu nasilających się problemów związanych z intensyfikacją produkcji rolnej i stosowaniem substancji chemicznych, producenci w sektorze agrochemicznym oraz firm biotechnologicznych podejmują szereg działań mających na celu minimalizację negatywnego wpływu na środowisko naturalne, jednocześnie dbając o zachowanie bioróżnorodności i promując zrównoważone praktyki produkcyjne.

Rozwój i wdrażanie produktów biopreparatowych jest jednym z najważniejszych kroków podejmowanych przez producentów. W odpowiedzi na rosnące zapotrzebowanie na ekologiczne rozwiązania, firmy inwestują w badania nad naturalnymi metodami ochrony roślin. Biopreparaty, w przeciwieństwie do tradycyjnych środków chemicznych, charakteryzują się mniejszym oddziaływaniem na organizmy pożyteczne. Ich stosowanie umożliwia selektywną kontrolę szkodników bez naruszania równowagi ekologicznej.

DZIAŁANIA PRODUCENTÓW AGROCHEMICZNYCH I BIOTECHNOLOGICZNYCH

NA RZECZ OCHRONY ORGANIZMÓW POŻYTECZNYCH I ŚRODOWISKA



Certyfikacja i przestrzeganie standardów ekologicznych to kolejne działania podejmowane przez producentów w celu ochrony organizmów pożytecznych. Wiele firm dąży do uzyskania certyfikatów środowiskowych, takich jak ISO 14001 czy normy ekologiczne Unii Europejskiej. Certyfikacja nie tylko potwierdza zaangażowanie producentów w ochronę środowiska, ale również umożliwia konsumentom wybór produktów przyjaznych dla przyrody.

Współczesne wyzwania związane z ochroną środowiska wymagają stałych innowacji technologicznych. Producenci, we współpracy z ośrodkami badawczymi oraz uczelniami, opracowują nowe metody monitorowania populacji organizmów pożytecznych. Zastosowanie sensorów, dronów oraz systemów analizy danych pozwala na precyzyjne określenie stanu środowiska wokół terenów uprawnych.

Dynamiczny rozwój rolnictwa precyzyjnego umożliwia optymalizację stosowania nawozów i środków ochrony roślin. Takie podejście pozwala na ograniczenie negatywnego wpływu na organizmy pożyteczne oraz zwiększa efektywność produkcji rolnej. Innowacyjne systemy analityczne umożliwiają dostosowanie dawek środków chemicznych do aktualnych potrzeb roślin, minimalizując ryzyko wystąpienia niepożądanych efektów ubocznych dla mikrofauny i flory glebowej.

BIBLIOGRAFIA



Publikację opracowano na podstawie pracy dyplomowej pt. „Rola mikroorganizmów pożytecznych w integrowanej ochronie roślin upraw polowych. Metody i środki stymulujące ich rozwój i skuteczność”, autor: Ewelina Tomechna, Poznań 2025, z wykorzystaniem literatury przedmiotu.

Bibliografia:

1. Banaszak J. 1987. Pszczoły i zapylanie roślin. PWRiL, Poznań, 255 ss.
2. Bąk M. 2017. Wyzwania technologiczne w produkcji grzybów entomopatogenych. *Prace Technologiczne* 15(3): 205–220.
3. Bąk Z. 2019. Przyszłość integrowanej ochrony roślin: wyzwania i perspektywy. *Modern Agronomy* 7(3): 102–110.
4. Czerwiński P. 2018. Nowoczesne technologie w produkcji biopreparatów. *Inżynieria Rolnicza* 11(4): 88–96.
5. Dąbrowski Z.T. 2000. Od nauki do praktyki integrowanej ochrony roślin. *Ochrona Roślin* 8: 3–5.
6. De Vrije T., Antoine N., Buitelaar R.M., Bruckner S., Dissevelt M., Durand A., Gerlagh M., Jones E.E., Luth P., Oostra J., Ravensberg W.J., Renaud R., Rinzema A., Weber F.J., Whipps J.M. 2001. The fungal biocontrol agent *Coniothyrium minitans*: production by solid-state fermentation, application and marketing. *Applied Microbiology and Biotechnology* 56 (1–2): 58–68.
7. Druzhinina I. S., Kubicek C. P. 2005. Molecular mechanisms of *Trichoderma* biocontrol activity. *Applied Microbiology and Biotechnology* 69(3): 255–265.
8. Grabowska M. 2020. Wyzwania w stosowaniu mikroorganizmów w rolnictwie. *Advances in Agronomy* 10(2): 55–63.
9. Górny D., Guzik U., Hupert-Kocurek K., Wojcieszynska D. 2019. Naproxen ecotoxicity and biodegradation by *Bacillus thuringiensis* B1 strain. *Ecotoxicol Environ Saf* 167: 505–512.
10. Hase S., Shimizu A., Nakaho K., Takenaka S., Takahashi H. 2006, Induction of transient ethylene and reduction in severity of tomato bacterial wilt by *Pythium oligandrum*. *Plant Pathol* 55: 537–543.
11. Hołubowicz – Kliza G., Mrówczyński M. 2013. Atlas szkodników i owadów pożytecznych w integrowanej ochronie roślin. IUNG-PIB, Puławy, 248 ss.
12. Jabłoński M. 2019. Wpływ ograniczenia stosowania nawozów syntetycznych na mikroflorę gleby. *Ekologia Rolnicza* 14(1): 33–44.
13. Jankowski L. 2019. Rola mikroorganizmów glebowych w ekosystemach rolniczych. *Acta Ecologica* 37(4): 102–110
14. Jankowski P. 2020. Bezpieczeństwo stosowania biopreparatów opartych na bakteriach pasożytniczych. *Ochrona Środowiska* 15(2): 101–112.
15. Jankowski R. 2009. Zarządzanie siedliskami sprzyjającymi naturalnym wrogom szkodników. *Rolnictwo i Ekologia* 3(2): 45–56.
16. Jaworska M. 2012. Entomopatologiczne nicianie w ochronie roślin. s. 92–101.

- W: „Kierunki rozwoju patologii owadów w Polsce” (I. Skrzecz, A. Sierpińska, red). IBL, Sękocin Stary, 381 ss.
17. Kamiński R. 2021. Stabilizacja ekosystemów uprawnych dzięki naturalnym dra-
pieżnikom. *Sustainable Agriculture Review* 3(3): 59–67.
 18. Kelm M., Fotasiak I., Kaczmarzyk M., Klukowski Z. 2003. Charakterystyka
zgrupowania pszczoł Apoidea na uprawach rzepaku ozimego. *Prog. Plant Pro-
tec./Post. Ochr. Roślin* 43 (1): 172-181.
 19. Kosicka D., Wolna - Maruwka A., Trzeciak M. 2015. Wpływ preparatów mikro-
biologicznych na glebę oraz wzrost i rozwój roślin. „*Kosmos*” 64(2): 327–335.
 20. Kowalska J., Sienkiewicz P., Antkowiak M., Krzywińska J. 2024. Pasy kwietne
jako element zielonej infrastruktury wzmacniającej bioróżnorodność ekosyste-
mu. Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań, 87 ss.
 21. Kowalski M., Nowak P. 2012. Morfologia i cykl życiowy *Metarhizium aniso-
pliae*. *Journal of Mycology* 28(3): 45–52.
 22. Lewandowski R. 2017. Wpływ mikroorganizmów na dostępność składników
odżywczych. *Soil Science Review* 23(3): 145-152.
 23. Lipa J.J. 1997. Biopreparaty i ich wykorzystywanie w ochronie roślin. s: 97-101
W: „Biologiczna Ochrona Upraw pod Osłonami. Materiały Warsztatów Szkole-
niowych „Wdrożenie Biologicznych Metod pod Osłonami Celem Zwiększenia
Dostaw Zdrowej Żywności”. Wyd. ZBMiK – IOR, Poznań, 187 ss.
 24. Lipa J.J. 2007. Wykorzystanie bakterii w biologicznej ochronie roślin przed
szkodnikami i chorobami. s. 24–25. W: „Metody i Środki Proponowane do
Ochrony Roślin w Uprawach Ekologicznych”(J. Kowalska, S. Pruszyński, red.).
Inst. Ochr. Roślin, Poznań, 145 ss.
 25. Lis K., Szymański M. 2020. Enzymatyczne i toksyczne aspekty patogenezы grzy-
bów entomopatogenicznych. *Biologia i Ochrona Środowiska* 22(3): 89–101.
 26. Lis T., Ostrowski D. 2016. Biopreparaty na bazie *Metarhizium anisopliae* w
ochronie roślin. *Biotechnologia Rolnicza* 10(2): 33–41.
 27. Lorito M., Woo S. L., Harman G. E., Monte E. 2010. Translational research on
Trichoderma: From ‘omics’ to the field. *Annual Review of Phytopathology* 48:
293–324.
 28. Malinowski S., Duda A. 2016. Biopreparaty w ochronie roślin: nowoczesne roz-
wiązania. *Agroekologia* 10(4): 67–80.
 29. Matyjaszczyk E. 2016. Ekonomiczne aspekty integrowanej ochrony roślin. s.
127-135. W: „Metody ochrony w integrowanej ochronie roślin” (S. Pruszyński,
red.). Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie. Oddział w Poznaniu, Po-
znań, 148 ss.
 30. Mazur K. 2015. Enzymy degradujące kutikulę owadów – rola w patogenezie
grzybów. *Biologia Szkodników* 12(4): 89–102.
 31. Nowak A. 2018. Biopreparaty w rolnictwie: aspekty mikrobiologiczne i ekolo-
giczne. *Agroekologia* 12(3): 45-59.

32. Nowak A., Kowalski J. 2018. Integracja metod biologicznych w nowoczesnym rolnictwie. *Rolnictwo Przyszłości* 14(1): 33–47.
33. Nowak A., Wiśniewski P. 2019. *Bacillus subtilis* w ochronie roślin uprawnych. *Journal of Plant Protection* 45(2): 123-130.
34. Nowicki R. 2017. Mechanizmy patogenne *Beauveria bassiana*. *Journal of Biological Control* 8(1): 12–24.
35. Nowicki R. 2019. Przyszłość biopreparatów w rolnictwie ekologicznym. *Journal of Sustainable Agriculture* 12(1): 66–75.
36. Palicka L. 2002. Pszczoła miodna i jej gospodarcze znaczenie. Oddział Zamiejscowy WODR w Sielniku, 15 ss.
37. Pruszyński G., 2007, Zapobieganie zatruciom pszczół w zabiegach ochrony roślin, *Fragmenta Agronomica* 4(96): 120-126.
38. Pruszyński S. 2011. Integrowana ochrona roślin – wyzwanie dla rolników, służb doradczych i nauki. s. 49-65. W: „Zagadnienia Doradztwa Rolniczego 2011/64/2” Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie. Oddział w Poznaniu. Poznań, 64 ss.
39. Pruszyński S. 2016. Entomofauna pożyteczna i jej ochrona. s. 26- 60. W: „Metody ochrony w integrowanej ochronie roślin” (S. Pruszyński, red.). Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie Oddział w Poznaniu, Poznań, 148 ss.
40. Pruszyński S. 2016 Metoda biologiczna. s. 9-25. W: „Metody ochrony w integrowanej ochronie roślin” (S. Pruszyński, red.). Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie Oddział w Poznaniu, Poznań, 148 ss.
41. Rosiak T. 2021. Techniki monitoringu populacji owadów drapieżnych w rolnictwie. *Precision Agriculture* 9(1): 55–63.
42. Rutkowski A. 2018. Interakcje między mikrobiomem roślinnym a entomopatogenami. *Ekologia Rolnicza* 9(1): 33–47.
43. Sadowski M., Piotrowski J. 2020. Zrównoważone rolnictwo i ochrona środowiska: rola grzybów entomopatogenicznych. *Ekologia Rolnicza* 12(4): 95–110.
44. Singh R., Kuma, S., Gupta V. K. 2015. Efficacy of *Trichoderma spp.* in the management of plant diseases. *Journal of Applied Microbiology* 118(1): 45–58.
45. Sosnowska D., Fiedler Ż. 2013. Metody biologiczne i ochrona organizmów pożytecznych. s. 45-57. W: „Integrowana ochrona upraw rolniczych. Podstawy integrowanej ochrony” (M. Mrówczyńska, red.). Wydawnictwo Rolnicze i Leśne Sp. z o.o., Poznań, 153 ss.
46. Szymański L. 2019. Specyficzność działania grzybów pasożytniczych w systemach ochrony roślin. *Ochrona Środowiska* 7: 45–58.
47. Takenaka S. Tamagake, H. 2009. Foliar spray of a cell wall protein fraction from the 907”biocontrol agent *Pythium oligandrum* induces defence-related genes and increases resistance 908”against *Cercospora* leaf spot in sugar beet. *J Gen Plant Pathol* 75: 340-348.
48. Tkaczuk C. 2008. Występowanie i potencjał infekcyjny grzybów owadobój-

- czych w glebach agrocenoz i środowisk seminaturalnych w krajobrazie rolniczym. Wyd. Akademii Podlaskiej. Rozprawa Naukowa 94, 160 ss.
49. Tomalak M., Sosnowska D. (red.) 2008. Organizmy pożyteczne w środowisku rolniczym. Instytut Ochrony Roślin Państwowy Instytut Badawczy, Poznań, 95 ss.
 50. Wiech K. 1997, Pożyteczne owady i inne zwierzęta. MEDIX PLUS, Poznań, 116 ss.
 51. Wiśniewska M., Zielińska P. 2019. Ekologia grzybów pasożytniczych: adaptacje i rola w ekosystemach. Prace Naukowe 15(2): 45–60.
 52. Wojtkowiak-Gębarowska E. 2006. Mechanizmy zwalczania fitopatogenów glebowych przez grzyby z rodzaju *Trichoderma*. Postępy w mikrobiologii 45 (4): 261–273.
 53. Wójcik B. 2013. Naturalna kontrola szkodników przy udziale grzybów pasożytniczych. Agronomia Polska 52(2): 75–82.
 54. Wójcik L. 2021. Agrotechnika sprzyjająca rozwojowi mikroorganizmów. Nowoczesne Rolnictwo 6(3): 99–110.
 55. Zalewski P. 2020. Ograniczenia stosowania biopreparatów opartych na *Beauveria bassiana*. Prace Badawcze 11(3): 101–115.
 56. Zielińska M. 2020. Indukcja odporności roślin przez mikroorganizmy. Agroecology Studies 12(4): 87–95.
 57. Zieliński P. 2018. Mechanizmy działania grzybów entomopatogennych. Prace Rolnicze 34(2): 115–130.

Spis treści

ROZDZIAŁ I Owady zapylające.....6

1. Znaczenie owadów zapylających w środowisku rolniczym.....6

ROZDZIAŁ II Mikroorganizmy pożyteczne (wybrane przykłady).....8

1. Grzyby pasożytnicze w środowisku i jako substancje czynne biopreparatów.....9
 - Beauveria bassiana*.....10
 - Cordyceps fumosorosea*.....11
 - Metarhizium anisopliae*.....14
 - Coniothyrium minitans*.....16
 - Pythium oligandrum*.....17
2. Grzyby antagonistyczne w środowisku i jako substancje czynne biopreparatów.....19
 - Trichoderma spp.*.....20
3. Bakterie pasożytnicze w środowisku i jako substancje czynne biopreparatów.....21
 - Bacillus thuringiensis*.....22
 - Pseudomonas sp.*.....24

ROZDZIAŁ III Makroorganizmy pożyteczne (wybrane przykłady).....26

1. Owady drapieżne.....27
 - Chrzęszcze (*Coleoptera*) – biedronkowate, biegaczowate.....28
 - Muchówki (*Diptera*) – bzygowate.....31
 - Pluskwiaki (*Heteroptera*).....32
2. Owady pasożytnicze (wybrane przykłady).....33
 - Błonkówki (*Hymenoptera*) – kruszyńkowate.....34
 - Muchówki (*Diptera*) – rączycowate.....35
3. Nicienie owadobójcze.....36

ROZDZIAŁ IV Metody i środki stymulacji.....38

1. Konserwacyjna metoda biologiczna.....39
2. Działania producentów w kierunku ochrony organizmów pożytecznych.....40

NOTATKI

Handwriting practice lines consisting of 20 horizontal rows. Each row is composed of three parallel lines: a top line, a middle line, and a bottom line, providing a guide for letter height and placement.

NOTATKI

Handwriting practice lines consisting of 20 horizontal rows. Each row is composed of three parallel dashed lines to guide letter height and placement.

NOTATKI

Handwriting practice lines consisting of 30 horizontal rows. Each row is composed of three parallel lines: a top line, a middle line, and a bottom line, providing a guide for letter height and placement.

NOTATKI

Handwriting practice lines consisting of 30 horizontal rows. Each row is composed of three parallel dashed lines, providing a guide for letter height and placement.

NOTATKI

Handwriting practice lines consisting of 30 horizontal rows. Each row is composed of three parallel dashed lines, providing a guide for letter height and placement.

NOTATKI

Handwriting practice lines consisting of 30 horizontal rows. Each row is composed of three parallel lines: a top line, a middle line, and a bottom line, providing a guide for letter height and placement.



Wydawca:

Opolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego

ul. Główna 1, 49-330 Łosiów

e-mail: sekretariat@oodr.pl

www.oodr.pl

ISBN: 978-83-66818-39-2