BIOPREPARATY

TWÓJ SOJUSZNIK
w zrównoważonym rolnictwie

Agnieszka Kuźniar
Marceli Pacan
Patrycja Gromadzka
Andrzej Słomczewski
Rafał Łopucki

Agnieszka Kuźniar • Marceli Pacan
Patrycja Gromadzka • Andrzej Słomczewski • Rafał Łopucki

BIOPREPARATY

TWÓJ SOJUSZNIK
w zrównoważonym rolnictwie

Wydawnictwo KUL
Lublin 2025

Recenzenci
Prof. zw. dr hab. Wiesław Barabasz
Prof. zw. dr hab. Monika Janczarek

Redaktor naukowy
Prof. zw. dr hab. Agnieszka Wolińska

Opracowanie redakcyjne
Paula Ulidowska

Opracowanie komputerowe
Jarosław Bielecki

Projekt okładki i stron tytułowych
Aleksandra Duma

Grafiki
Aleksandra Kęcik

Praca wydana w ramach działań informacyjnych i szkoleniowych
dla praktyków i interesariuszy pod nazwą "Inicjowanie dialogu między
nauką a praktyką wspierającego wdrażanie innowacyjnych rozwiązań biologicznych w społeczeństwie".

Wydanie monografii sfinansowane przez CGFP Sp. z o. o. w ramach projektu
pt. „Optymalizacja podejścia metodycznego badania wpływu
biostymulatorów mikrobiologicznych na agroekosystem" w ramach umowy UZWNSINZ/2024/10/3.

© Copyright by Wydawnictwo KUL, Lublin 2025

ISBN 978-83-8288-216-2
DOI: 10.31743/kul.9788382882162

Wydawnictwo KUL
ul. Konstantynów 1H, 20-708 Lublin, tel. 81 454 56 78
e-mail: wydawnictwo@kul.pl, https://wydawnictwo.kul.pl

Druk i oprawa: Volumina.pl Sp. z o.o.
ul. Księcia Witolda 7-9, 71-063 Szczecin, tel. 91 812 09 08
e-mail: druk@volumina.pl

- Agnieszka Kuźniar[1]
- Marceli Pacan[1,2]
- Patrycja Gromadzka[1]
- Andrzej Słomczewski[3]
- Rafał Łopucki[2]

[1] Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II, Instytut Nauk Medycznych, Pracownia Genomiki i Genetyki Laboratoryjnej, ul. Konstantynów 1J, 20-708 Lublin

[2] Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II, Instytut Nauk Biologicznych, Katedra Biomedycyny i Badań Środowiskowych, ul. Konstantynów 1J, 20-708 Lublin

[3] CGFP sp. z o.o. Wojnowo 5, 86-014 Sicienko

1. Dlaczego biopreparaty?

Rolnictwo przyszłości to takie, które nie tylko daje plony, ale też chroni glebę, wodę i zdrowie ludzi. Współczesny rolnik mierzy się z wieloma wyzwaniami – rosnącymi kosztami działalności, zmieniającym się klimatem i coraz większymi wymaganiami wobec jakości żywności. Nic więc dziwnego, że coraz więcej osób szuka nowych rozwiązań, które są bezpieczne, skuteczne i przyjazne środowisku. Jednym z najbardziej obiecujących kierunków jest projektowanie i produkcja biopreparatów – naturalnych sprzymierzeńców roślin i gleby, wspierających ich zdrowie i równowagę biologiczną.

Biopreparaty to produkty oparte na pożytecznych mikroorganizmach, takich jak bakterie, grzyby czy drożdże, albo na naturalnych substancjach biologicznych. Wprowadzane do gleby lub stosowane bezpośrednio na rośliny, pomagają w wielu procesach biologicznych, które wcześniej wspierano głównie chemicznie. Dzięki nim gleba staje się bardziej żyzna i aktywna biologicznie, a rośliny lepiej przyswajają składniki pokarmowe, szybciej regenerują się po stresach i są bardziej odporne na choroby. W praktyce oznacza to mniejsze zużycie nawozów mineralnych i pestycydów, niższe koszty produkcji, a także większą dbałość o środowisko i zdrowie konsumentów.

Co ważne, biopreparaty nie działają gwałtownie – ich efekty pojawiają się stopniowo, ale utrzymują się długo. Wspierają odbudowę naturalnych procesów w glebie, poprawiają jej strukturę i przyczyniają się do magazynowania węgla organicznego, co ma znaczenie również w walce ze zmianami klimatycznymi. Można więc powiedzieć, że biopreparaty to sojusznicy rolnika, niewidoczni gołym okiem, ale nieocenieni w skutkach. Dzięki nim gospodarstwo może działać w sposób bardziej zrównoważony, łącząc tradycję, wiedzę i nowoczesną biotechnologię. Bo przyszłość rolnictwa to nie tylko wydajność – to również szacunek dla natury, gleby i życia, które od niej zależy.

2. Rodzaje biopreparatów

Biopreparaty stosowane w rolnictwie stanowią zróżnicowaną grupę środków biologicznych wykorzystujących naturalne mikroorganizmy lub ich metabolity w celu poprawy wzrostu roślin, zwiększenia żyzności gleby oraz ochrony upraw przed patogenami i szkodnikami. Ze względu na szeroki zakres zastosowań i różnorodny skład, biopreparaty można klasyfikować na podstawie różnych kryteriów, między innymi według pełnionej funkcji agronomicznej, składu mikrobiologicznego czy sposobu aplikacji (Rys. 1).

2.1. Podział biopreparatów w zależności od pełnionej funkcji agronomicznej

Bionawozy to produkty mikrobiologiczne, które zawierają żywe lub nieaktywne mikroorganizmy (np. bakterie lub grzyby), ich metabolity oraz substancje stanowiące pożywkę. Mikroorganizmy wchodzące w skład produktu mogą należeć do jednego gatunku lub być mieszaniną różnych gatunków, tworząc tak zwane konsorcja. Główną funkcją bionawozów jest poprawa dostępności składników pokarmowych dla roślin oraz wspieranie naturalnych procesów glebowych. Dzięki ich stosowaniu zwiększa się aktywność biologiczna gleby, poprawia jej struktura i pojemność sorpcyjna, co sprzyja zdrowemu wzrostowi roślin. Zgodnie z przepisami Unii Europejskiej (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady [UE] 2019/1009) bionawozy muszą spełniać określone wymagania jakościowe i bezpieczeństwa, aby mogły być dopuszczone do obrotu i stosowania w rolnictwie [Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/1009].

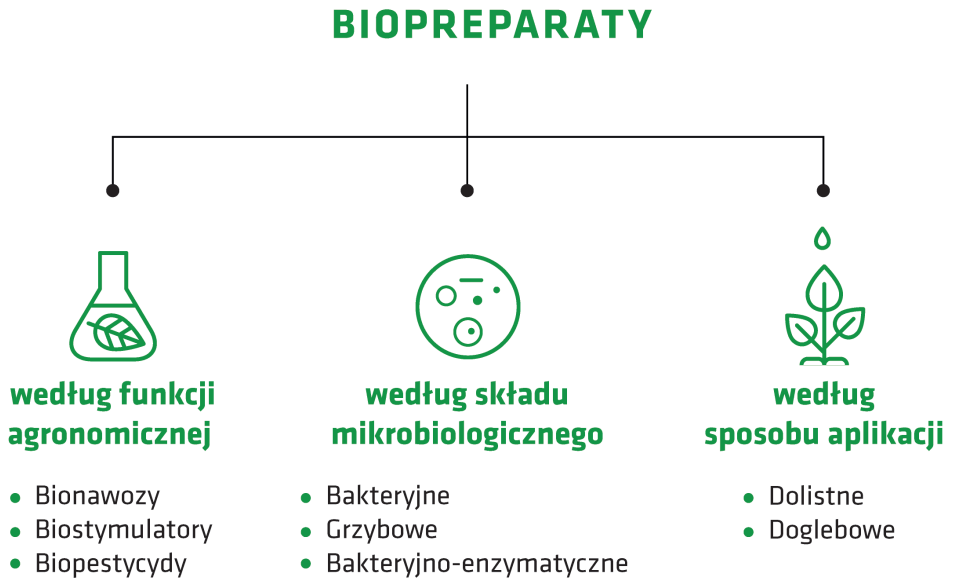
Biostymulatory to produkty, które wspierają naturalne procesy fizjologiczne roślin. Zwiększają odporność roślin na stres wywołany niekorzystnymi czynnikami środowiska (np. suszą lub niskimi temperaturami), poprawiają przyswajalność składników pokarmowych z trudnodostępnych

form w glebie oraz podnoszą efektywność wykorzystania nawozów. Biostymulatory mikrobiologiczne zawierają korzystne gatunki bakterii i grzybów, izolowanych zwykle z gleby lub roślin. Mikoorganizmy te wpływają bezpośrednio lub pośrednio na rozwój systemu korzeniowego, pobieranie składników i odporność roślin. Podobnie jak bionawozy, biostymulatory wymagają rejestracji i uzyskania zgody na wprowadzenie do obrotu [Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/1009].

Biopestycydy to mikrobiologiczne środki ochrony roślin, mające na celu zwalczanie szkodników, chwastów i patogenów wywołujących choroby. Do zalet mikrobiologicznych środków ochrony roślin należy: wysoka selektywność działania, bezpieczeństwo dla pszczół, trzmieli i innych owadów pożytecznych, brak okresu karencji, możliwość ograniczenia stosowania chemicznych pestycydów oraz pozytywny wpływ na różnorodność biologiczną. Parlament Europejski oraz Komisja Europejska zalecają stosowanie biologicznych metod ochrony roślin, szczególne na terenach wrażliwych, takich jak obszary chronione, place zabaw, tereny szkolne, sportowe oraz okolice ośrodków zdrowia. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi prowadzi rejestr biopestycydów dopuszczonych do obrotu [Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE].

2.2. Podział biopreparatów ze względu na skład mikrobiologiczny

Pod względem składu mikrobiologicznego **biopreparaty dzieli się na: bakteryjne, grzybowe, bakteryjno-grzybowe oraz bakteryjno-enzymatyczne**. Preparaty bakteryjne zawierają najczęściej szczepy bakterii z rodzaju: *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azotobacter* oraz *Rhizobium*, znane z właściwości probiotycznych i wspomagających wzrost roślin. Biopreparaty grzybowe oparte są na gatunkach, takich jak *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp. i *Penicillium* sp., które poprawiają strukturę gleby, zwiększają dostępność składników mineralnych i wykazują działanie antagonistyczne wobec patogenów. Z kolei preparaty bakteryjno-enzymatyczne łączą działanie mikroorganizmów z aktywnością enzymów wspomagających rozkład materii organicznej oraz poprawiających właściwości fizykochemiczne gleby.



Rys. 1. Klasyfikacja biopreparatów ze względu na pełnione funkcje agronomiczne, skład mikrobiologiczny oraz sposob aplikacji (opracowanie własne).

2.3. Podział biopreparatów ze względu na sposób aplikacji

Kolejnym kryterium klasyfikacji biopreparatów jest sposób aplikacji, który ma istotny wpływ na ich skuteczność. Wyróżnia się **biopreparaty dolistne**, stosowane bezpośrednio na liście w celu szybkiego dostarczenia mikroorganizmów lub substancji aktywnych w okresach intensywnego wzrostu roślin lub warunków stresowych, oraz **biopreparaty doglebowe**, które aplikowane są do strefy korzeniowej roślin, gdzie wspomagają rozwój mikrobiomu ryzosfery i poprawiają przyswajanie składników pokarmowych [1].

3. Jak biopreparaty działają w glebie i roślinach

Korzystne działanie biopreparatów wynika z aktywności mikroorganizmów funkcjonujących w złożonym układzie gleba–ryzosfera–roślina. W tym środowisku zachodzą wzajemne interakcje, które sprzyjają wzrostowi roślin, poprawie żyzności gleby oraz zwiększeniu odporności na stresy biotyczne (spowodowane przez patogeny) i abiotyczne (np. suszę, nadmierne zasolenie czy wahania temperatury). Miejsce i sposób działania biopreparatu zależą od jego rodzaju (czy jest to bionawóz, biostymulator, czy biopestycyd) oraz od tego, jaki czynnik biologiczny został w nim zastosowany. Z powyższego wynika, że skuteczność biopreparatów opiera się na określonych mechanizmach działania, które warunkują pożądane oddziaływanie na glebę i rośliny, a w konsekwencji również na całe środowisko. Najważniejsze efekty stosowania biopreparatów przedstawiono poniżej.

3.1. Rozkład materii organicznej

Resztki roślinne są bogatym źródłem substancji organicznych, które mogą posłużyć jako związki odżywcze dla kolejnych upraw. Aby jednak mogły zostać wykorzystane, muszą ulec mineralizacji, czyli rozkładowi złożonych związków organicznych do prostych, rozpuszczalnych w wodzie form nieorganicznych. Dopiero wtedy stają się biodostępne i mogą być pobierane przez rośliny jako składniki pokarmowe i budulcowe [1]. W tym procesie niezbędne są mikroorganizmy glebowe (głównie bakterie i grzyby), które stanowią składniki czynne biopreparatów do rozkładu resztek pożniwnych. Preparaty te są szczególnie przydatne na polach, na których pozostają duże ilości słomy ze względu na prowadzony płodozmian zbożowy lub w przypadku upraw bezorkowych, gdy warunki środowiskowe nie sprzyjają efektywnemu rozkładowi materii organicznej [1, 2].

Mineralizacja zachodzi dzięki enzymom zewnątrzkomórkowym wydzielanym przez mikroorganizmy. Rozkładają one złożone polimery, takie jak celuloza, hemiceluloza i lignina, do prostszych związków organicznych [2, 3]. Warto zauważyć, że w biopreparatach często stosuje się wielogatunkowe mieszaniny mikroorganizmów, które współdziałając razem, dają lepszy efekt niż pojedyncze szczepy. Na przykład grzyby wydzielają enzymy zdolne do degradacji ligniny, która jest związkiem chemicznym wyjątkowo odpornym na rozkład, a występuje pospolicie w materii pochodzenia roślinnego, ponieważ stanowi rusztowanie ścian komórek roślinnych. W wyniku tego procesu powstają punkty dostępu dla enzymów bakteryjnych, które zajmą się rozłożeniem celulozy i hemicelulozy, kontynuując dalszą mineralizację materii organicznej [2, 3]. Do kluczowych enzymów uczestniczących w tym procesie należą: celulazy, hemicelulazy, ligninazy, pektynazy, proteazy i amylazy. Produkowane przez różne grupy mikroorganizmów enzymy zapewniają prawidłowy obieg pierwiastków w glebie, zwiększają dostępność składników odżywczych, poprawiają strukturę i żyzność gleby oraz wspierają zatrzymywanie wody. W rezultacie biopreparaty przyczyniają się do poprawy zdrowia gleby, zwiększenia jej aktywności biologicznej i stabilności ekosystemu rolnego, co przekłada się na lepszy wzrost i plonowanie roślin [4].

3.2. Poprawa struktury gleby

Biostymulatory roślinne często zawierają w swoim składzie związki humusowe, takie jak kwasy humusowe, kwasy fulwowe oraz huminy. Substancje te powstają w wyniku mikrobiologicznego procesu humifikacji, podczas którego z prostych cząsteczek organicznych powstają związki o wysokiej masie cząsteczkowej. Substancje te mają kluczowe znaczenie dla struktury i właściwości gleby [3, 4]. Dzięki złożonej budowie chemicznej i licznym grupom funkcyjnym kwasy humusowe wiążą się z minerałami glebowymi, tworząc aglomeraty poprawiające strukturę gleby, jej przepuszczalność wodną oraz napowietrzenie. W ten sposób zwiększona porowatość, połączona z umiarkowaną gęstością gleby, ułatwia penetrację podłoża przez korzenie, co bezpośrednio sprzyja wzrostowi roślin [5, 6]. Co więcej, substancje humusowe bezpośrednio stymulują wzrost korzeni

oraz neutarlizują odczyn gleby. W efekcie dochodzi do lepszego odżywienia i wzmocnienia roślin, co przekłada się na wyższy i bardziej stabilny plon [7]. Z tego powodu związki humusowe znalazły zastosowanie jako substancje czynne biostymulatorów.

3.3. Zapewnienie odporności roślin na choroby i szkodniki

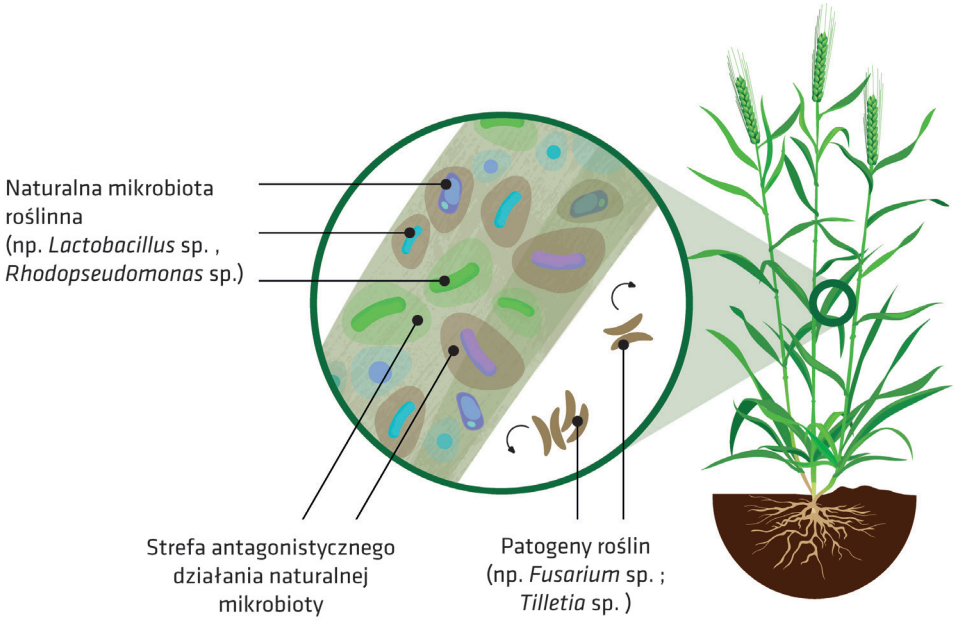
W nowoczesnej ochronie roślin coraz częściej stawia się na biopestycydy obok pestycydów konwencjonalnych. Ich działanie opiera się na wykorzystaniu pożytecznych mikroorganizmów (bakterii i grzybów), a także nicieni i owadów pasożytniczych, które ograniczają populacje szkodników oraz sprawców chorób roślin [8].

Grzyby owadobójcze wykorzystywane w bioinsektycydach atakują owady i roztocza, stanowiące zagrożenie dla upraw. Po aplikacji biopreparatu roślina zyskuje ochronę, gdyż zarodniki grzyba przyczepiają się do ciała larwy lub dorosłego osobnika, kiełkują i przerastają jego tkanki, prowadząc do śmierci szkodnika. Co istotne, grzyby te działają na wszystkie stadia rozwojowe owadów – od jaj po formy dorosłe.

Jednym z najczęściej stosowanych gatunków w **bioinsektycydach** jest *Beauveria bassiana*. Grzyb ten jest naturalnym wrogiem wielu gatunków owadów. W Polsce jest wykorzystywany do zwalczania wciornastków, mączlików, drutowców i przędziorka chmielowca. Co ciekawe, gatunek ten jest endofitem dla niektórych roślin, czyli mikroorganizmem, który naturalnie bytuje wewnątrz tkanek roślin. W symbiozie z rośliną korzysta z dostarczanych przez nią węglowodanów, a w zamian wytwarza metabolity chroniące ją przed różnorodnymi stresorami. Co więcej, *B. bassiana* potrafi dostarczać roślinie azot pochodzący z zaatakowanych owadów [8, 9]. Grzyb ten jest również zdolny do akumulacji pyretroidów (czyli chemicznych insektycydów i akarycydów), przez co uczestniczy w oczyszczaniu gleby z pozostałości pestycydów [10]. Pokazuje to, że zastosowanie bioinsektycydów przynosi korzyści nie tylko w ochronie roślin, ale także w ograniczeniu presji chemicznych środków ochrony, wspierając ochronę bioróżnorodności i czystość środowiska glebowego. Jako skuteczny bioinsektycyd stosowane są także bakterie *Bacillus thuringiensis*, które powodują śmierć larw owadów poprzez produkcję endotoksyn uszkadzających

komórki ich układu pokarmowego, co doprowadza do zahamowania żerowania [8, 11].

Kolejnym rodzajem mikrobiologicznych środków ochrony roślin są **biofungicydy.** Środki te stosuje się głównie profilaktycznie, aby zapobiegać występowaniu chorób grzybowych. Jednym z najczęściej wykorzystywanych mikroorganizmów w tych preparatach są grzyby z rodzaju *Trichoderma* spp., charakteryzujące się bardzo szybkim wzrostem. Dzięki temu powodują one tzw. efekt zajętego miejsca (Rys. 2), tzn. zasiedlając dane miejsce, skutecznie wypierają szkodliwe grzyby pasożytnicze (np. *Fusarium* spp.), z którymi konkurują o przestrzeń życiową i substancje pokarmowe [8, 12]. Grzyby z rodzaju *Trichoderma* znalazły zastosowanie w biofungicydach przeciwko m.in. zgniliźnie korzeni buraka ćwikłowego, fasoli, gorczycy, sprawcom zgorzeli siewek i sadzonek czy fuzariozie rzepaku ozimego, kukurydzy i soi.



Rys. 2. Jeden z mechanizmów działania biopreparatów powodujący tzw. efekt zajętego miejsca, tzn. zjawisko, w którym mikroorganizmy z biopreparatu zasiedlają przestrzeń w roślinie, skutecznie wypierając szkodliwe grzyby pasożytnicze (opracowanie własne).

Inne grzyby używane w biopreparatach mogą dodatkowo rozpoznawać sygnały chemiczne wydzielane przez patogeny i atakować ich strzępki, rozkładając je enzymatycznie, uzyskując w ten sposób niezbędne substancje pokarmowe [8]. Co więcej, mikroorganizmy zawarte w biofungicydach potrafią także uruchamiać w roślinie naturalne mechanizmy obronne, przez co ta, po kontakcie z fitopatogenem, jest w stanie sama aktywować reakcje obronne i ograniczyć rozwój choroby [13].

Podobny mechanizm biologiczny wykorzystywany jest w **bioherbicydach**, czyli naturalnych preparatach ograniczających rozwój chwastów. Ich działanie polega na aktywności metabolitów produkowanych przez grzyby lub bakterie, które uszkadzają komórki nasion chwastów i zaburzają ich podstawowe procesy życiowe (np. mitotyczny podział komórek), co hamuje ich kiełkowanie. Korzystne bakterie i grzyby są też w stanie wnikać do przestrzeni międzykomórkowych chwastów i wytwarzać toksyny hamujące fotosyntezę – podstawowy proces, który zapewnia roślinie źródło energii i budulca. W efekcie niepożądane rośliny ulegają porażeniu chorobami oraz wykazują objawy nekrozy i chlorozy, co prowadzi do ich zamierania [13].

3.4. Zwiększenie dostępności substancji pokarmowych dla roślin

Rośliny uprawne potrzebują do prawidłowego wzrostu i rozwoju rozmaitych makro- i mikroelementów, które występują w glebie w różnych, nie zawsze przyswajalnych formach. Mikroorganizmy zawarte w biopreparatach pomagają w ich uwalnianiu, przekształcaniu i udostępnianiu roślinom.

Jednym z najważniejszych pierwiastków jest azot (N) – składnik chlorofilu (barwnika niezbędnego do zachodzenia fotosyntezy) oraz aminokwasów budujących białka. Z tego powodu pierwiastek ten istotnie wpływa na funkcjonowanie komórek, tkanek i całych roślin. Mikroorganizmy wiążące azot atmosferyczny przekształcają wolny azot (N_2) w amoniak lub sole amonowe (NH_4^+), które są łatwo przyswajane przez korzenie. Do bakterii o takich właściwościach należą m.in. te z rodzaju *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, często występujące również jako endofity, czyli mikroorganizmy żyjące wewnątrz tkanek roślin [9, 12, 14].

Kolejnym kluczowym pierwiastkiem jest fosfor (P) – niezbędny w procesach energetycznych i budowie kwasów nukleinowych oraz błon komórkowych. Bakterie oraz grzyby potrafią przekształcić niedostępne dla roślin formy fosforu do cząsteczek prostszych, dzięki uwalnianiu enzymów degradujących (np. fosfataz).

Niektóre mikroorganizmy produkują także siderofory – związki wiążące kationy żelazowe (Fe^{3+}) i tworzące z nim kompleksy łatwo przyswajalne przez rośliny. Podobne procesy mogą dotyczyć również takich pierwiastków, jak: cynk, potas, siarka, wapń i magnez. W efekcie zwiększa się pula składników mineralnych biodostępnych w glebie, a rośliny mogą z nich efektywniej korzystać. Choć nie wszystkie mechanizmy tych interakcji są jeszcze w pełni poznane, praktyka rolnicza jednoznacznie potwierdza, że biopreparaty z mikroorganizmami wiążącymi azot i uwalniającymi fosfor skutecznie wspierają odżywienie roślin i żyzność gleby. Właśnie dlatego mikroorganizmy należące do rodzaju *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Glomus* i *Rhizophagus* stanowią podstawę wielu nowoczesnych bionawozów [9, 12, 13].

3.5. Zwiększenie intensywności wzrostu i rozwoju roślin

Prawidłowy rozwój rośliny, od momentu kiełkowania po fazę dojrzewania i wydania plonu, wymaga utrzymania wewnętrznej równowagi fizjologicznej, czyli homeostazy. W jej zachowaniu kluczową rolę mogą odgrywać biopreparaty, które zwiększają biodostępność różnorodnych związków pokarmowych i budulcowych, sprzyjają właściwemu napowietrzeniu, nawodnieniu i porowatości gleby, wspierają odporność roślin na fitopatogeny, zapewniając tym samym prawidłowy rozwój uprawianej rośliny [9, 12, 13].

Okazuje się jednak, iż korzystnych mechanizmów jest jeszcze więcej. Pożyteczne mikroorganizmy zapewniają odporność roślin na stresy środowiskowe, takie jak:

- susza – mikroorganizmy wytwarzają śluzowe substancje (egzopolisacharydy, EPS), które zatrzymują wodę w glebie, a także stymulują produkcję związków chroniących komórki roślin przed odwodnieniem, np. proliny i cukry;

- nadmierne zasolenie gleby – mikroorganizmy wydzielają EPS i tworzą biofilmy, które ograniczają przenikanie soli do korzeni oraz aktywują enzymy antyoksydacyjne chroniące komórki przed uszkodzeniem;
- skrajne temperatury (upał, przymrozki) – dzięki produkcji białek ochronnych mikroorganizmy wspomagają adaptację roślin do upałów lub chłodów;
- obecność zanieczyszczeń (np. metali ciężkich) w glebie – mikroorganizmy uwalniają siderofory, które wiążą metale i ograniczają ich toksyczność [15].

Ważnym efektem działania biopreparatów jest także stymulacja produkcji naturalnych hormonów roślinnych (fitohormonów), takich jak auksyny, gibereliny i cytokininy. Związki te pobudzają wzrost korzeni, przyspieszają kiełkowanie i rozwój pędów oraz poprawiają pobieranie wody i składników pokarmowych. Dzięki temu rośliny rosną szybciej, są silniejsze i lepiej znoszą opisane stresy środowiskowe. Za procesy te odpowiadają m.in. endofity oraz bakterie ryzosferowe promujące wzrost roślin (ang. PGPR – *plant growth promoting rhizobacteria*). Mikroorganizmy te mogą żyć w glebie w sposób wolny lub bytować bezpośrednio na powierzchni korzeni, wspomagając rośliny w ich rozwoju [9, 16].

Dzięki opisanym mechanizmom biopreparaty mikrobiologiczne wykazują bardzo szerokie spektrum działania. Rośliny rozwijają silniejszy system korzeniowy, szybciej rosną, dłużej zachowują witalność i lepiej plonują. Co więcej, uzyskana w ten sposób żywność charakteryzuje się wyższą jakością, gdyż może zawierać więcej składników odżywczych, witamin i związków bioaktywnych [17, 18].

4. Mikroorganizmy w biopreparatach

Mikroorganizmy wykorzystywane w biopreparatach muszą spełniać rygorystyczne kryteria bezpieczeństwa i efektywności działania [19, 20]. Ich skuteczność wynika przede wszystkim z właściwego doboru szczepów, które pochodzą ze środowiska naturalnego i są zdolne do przystosowania się do warunków glebowych, w jakich mają funkcjonować. Tylko mikroorganizmy dobrze zaadaptowane do ekosystemu gleba–roślina potrafią wchodzić w korzystne interakcje, wspierać wzrost roślin oraz poprawiać żyzność gleby (Rys. 3). Wprowadzenie takich mikroorganizmów do środowiska wymaga także, aby były one bezpieczne dla roślin, zwierząt oraz ludzi, a zatem niepatogenne i niewytwarzające toksyn, które mogłyby negatywnie wpływać na ekosystem. Powinny też charakteryzować się brakiem oporności na antybiotyki, co minimalizuje ryzyko przenoszenia genów odporności w środowisku naturalnym [20, 21].

Współczesne biopreparaty coraz częściej zawierają mieszaninę mikroorganizmów o zróżnicowanej aktywności enzymatycznej i metabolicznej. Takie połączenia pozwalają na synergiczne działanie w glebie i zapewniają szersze spektrum efektów: od stymulacji wzrostu, przez ochronę przed patogenami, po poprawę właściwości fizykochemicznych gleby [20, 22]. Zastosowanie biopreparatów wieloszczepowych jest zgodne z ideą nowoczesnego, przyjaznego dla środowiska rolnictwa [22, 23].

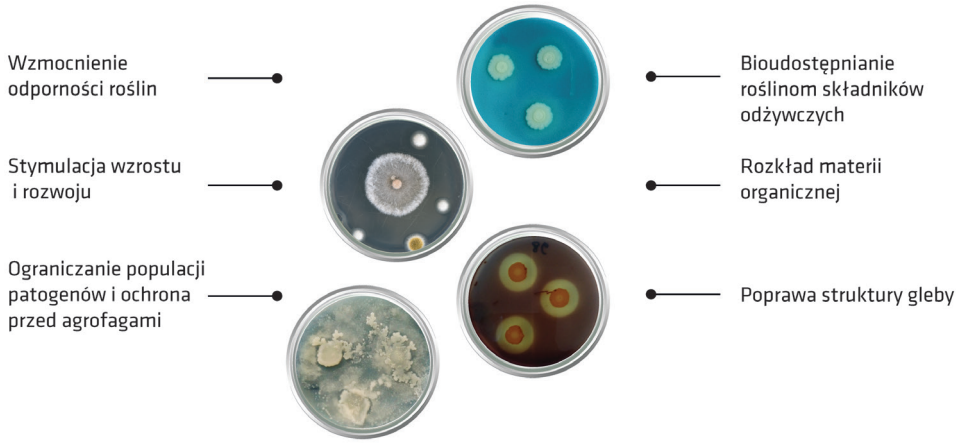
Do mikroorganizmów najczęściej stosowanych w biopreparatach należą **bakterie (w tym promieniowce) i grzyby mikroskopowe**, które odgrywają kluczową rolę w utrzymaniu równowagi biologicznej gleby oraz stymulacji wzrostu roślin.

4.1. Bakterie

Bakterie stanowią najliczniejszą grupę mikroorganizmów wykorzystywanych w biopreparatach ze względu na ich wysoką aktywność metaboliczną i zdolność szybkiego przystosowania się do warunków środowiskowych.

Do szczególnie istotnych grup należą **bakterie wiążące azot atmosferyczny**, które zwiększają dostępność azotu dla roślin i ograniczają konieczność stosowania nawozów mineralnych. Istnieją trzy główne grupy mikroorganizmów wiążących azot atmosferyczny: te, które wchodzą w symbiozę z roślinami wyższymi (bakterie z rodzajów: *Rhizobium, Bradyrhizobium, Mesorhizobium, Sinorhizobium, Azorhizobium*), wolno żyjące (*Azotobacter* sp., *Beijerinckia* sp., *Bacillus* sp., *Clostridium* sp., *Klebsiella* sp.) i asocjacyjne (*Azospirillum* sp.). Tworzenie i stosowanie biopreparatów na bazie mikroorganizmów wiążących azot jest najskuteczniejszą metodą zwiększania produktywności roślin i jakości ich plonów, pozwalającą na zachowanie naturalnej żyzności gleb i równowagi ekologicznej środowiska. Ich stosowanie umożliwia regulację liczebności i aktywności pożytecznej mikrobioty w ryzosferze roślin uprawnych, a także dostarczanie roślinom azotu wiązanego z atmosfery [23].

Kolejnymi grupami bakterii stosowanymi w biopreparatach są **bakterie fosforyzujące i solubilizujące minerały**, zdolne do uwalniania fosforu, potasu i mikroelementów z niedostępnych form mineralnych (np. *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., *Burkholderia* sp.) oraz **bakterie ryzosferowe** (PGPR), które produkują fitohormony (auksyny, cytokininy i gibereliny) oraz substancje o działaniu ochronnym przeciw patogenom glebowym (m.in. *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp.). Badania wskazują, że bakterie z rodzaju *Bacillus* wykazują szereg właściwości czyniących je szczególnie użytecznymi w biopreparatach. Do ich kluczowych cech należą stabilność podczas przechowywania, antagonistyczne działanie wobec patogenów oraz wysoka aktywność enzymatyczna [24]. Przykładowo, *Bacillus subtilis* wykazuje zdolność rozpuszczania fosforu, co poprawia dostępność tego pierwiastka w glebie i w konsekwencji wspiera wzrost roślin. *Bacillus velezensis* stymuluje wzrost roślin, a dzięki wydzielaniu metabolitów wtórnych, hamuje rozwój patogenów. *Bacillus megaterium* wykazuje właściwości kontrolujące choroby wywołane przez grzyby [21, 22, 25]. *Paenibacillus polymyxa*, izolowany z gleby, dzięki produkcji fitohormonów zwiększa dostępność składników odżywczych oraz wspiera i stymuluje wzrost roślin. *Pseudomonas synxantha* syntetyzuje związki organiczne wykazujące właściwości grzybobójcze. *Pseudomonas simiae* zwiększa dostępność żelaza dla roślin [21, 23].



Rys. 3. Przykłady działania mikroorganizmów zawartych w biopreparatach (opracowanie własne).

Kolejną grupą bakterii w biopreparatch są **promieniowce**, głównie z rodzaju *Streptomyces*, pełniące istotną funkcję w rozkładzie materii organicznej (mineralizacji związków organicznych) i produkcji naturalnych antybiotyków. Mikroorganizmy te ograniczają rozwój patogenów w glebie, przyczyniają się do poprawy zdrowotności środowiska glebowego i wspierają rozwój pożytecznej mikrobioty.

4.2. Grzyby mikroskopowe

Grzyby mikroskopowe w biopreparatach, takie jak *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp. i *Penicillium* sp., charakteryzują się zdolnością do rozkładu materii organicznej, produkcji enzymów (np. celulaz, chitynaz, proteaz) oraz wytwarzania metabolitów o właściwościach antygrzybowych i antybakteryjnych. Szczepy z rodzaju *Trichoderma* są również znane ze swojej zdolności do indukowania odporności systemicznej roślin (ang. ISR – *Induced Systemic Resistance*), czyli przygotowywania roślin do obro-

ny przed chorobami lub szkodnikami, zanim dojdzie do infekcji. Grzyby mikroskopowe mogą wykazywać różne tryby życia w środowisku. Mogą funkcjonować jako:

- **saprofity w glebie**, rozkładając materię organiczną i uwalniając składniki pokarmowe dla roślin;
- **endofity w roślinach**, kolonizując tkanki roślinne bez wywoływania chorób i wspierając ich wzrost oraz odporność;
- **entomopatogeny**, zasiedlające owady i pełniące funkcję biologicznych środków ochrony roślin.

Trichoderma sp. jest rodzajem grzyba kolonizującym korzenie roślin. Mikroorganizmy te mogą produkować enzymatyczne związki przeciwgrzybicze, które hamują wzrost innych grzybów (patogenów) zasiedlających glebę, zmniejszając w ten sposób potrzebę stosowania chemicznych pestycydów. Szczepy *Trichoderma* sp. okazały się skuteczne w biokontroli, hamując wzrost różnych fitopatogenów, ale także jako promotor wzrostu upraw (np. kukurydzy, pszenicy, soi, sałaty, pomidorów, papryki). Jednocześnie grzyb ten jest odporny na większość chemicznych pestycydów [26].

Grzyby z rodzaju *Metarhizium* wykazują wiele pożądanych właściwości: mogą być izolowane z wielu miejsc (gleba, owady, rośliny), są bezpieczne, przyjazne dla środowiska, łatwe w masowej produkcji. To bioinsektycydy kolonizujące korzenie roślin, ponadto poprawiające wzrost roślin. Są odporne na patogeny, łagodzą stres solny, wspomagają bioremediację i zwiększają zdolność roślin do usuwania kadmu [24, 27].

Grzyby należące do gatunku *Beauveria bassiana* są zdolne do zasiedlania różnych środowisk; mogą żyć jako saprofit w glebie, endofit w roślinach lub entomopatogen zasiedlający owady. Do żywicieli owadzich zalicza się: mączliki, korniki, termity, komary i kleszcze. Szeroki zakres żywicieli sprawia, że *B. bassiana* jest odpowiednim organizmem do zwalczania różnych szkodników [28].

W niektórych biopreparatach stosuje się również mikroorganizmy eukariotyczne, takie jak **drożdże** (*Saccharomyces* sp., *Candida* sp., *Rhodotorula* sp.), które mogą wspierać procesy fermentacyjne w ryzosferze oraz stymulować wzrost roślin poprzez produkcję witamin i regulatorów wzrostu. *Saccharomyces cerevisiae* jest prawdopodobnie jednym z najważniejszych drobnoustrojów na świecie ze względu na jego zastosowanie w produkcji piwa, wina i chleba oraz różne inne zastosowania biotechnologiczne.

S. cerevisiae ma zdolność do przetrwania w glebie w formie przetrwalnikowej. Drożdże te wykazują aktywność przeciwbakteryjną wobec *Escherichia coli*, *Pseudomonas* sp., *Salmonella* sp., *Staphylococcus aureus* i *Vibrio cholerae*. Ponadto ten szczep wykazuje aktywność przeciwdrobnoustrojową wobec innych gatunków bakterii chorobotwórczych, drożdży, pleśni, tworząc strefę zahamowania wzrostu [29, 30].

Z punktu widzenia skuteczności biopreparatów istotne jest również, czy mikroorganizmy potrafią tworzyć przetrwalniki, co znacząco wpływa na ich trwałość w glebie oraz odporność na niekorzystne warunki środowiskowe, takie jak wahania temperatury, wysychanie czy działanie promieniowania UV. W związku z tym, mikroorganizmy wykorzystywane w biopreparatach można podzielić na dwie główne grupy [13]:

(1) **Mikroorganizmy tworzące przetrwalniki (spory)** – należą do nich przede wszystkim niektóre bakterie Gram-dodatnie, np. *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* czy *Paenibacillus* sp. Tworzenie endospor pozwala mikroorganizmom przetrwać w trudnych warunkach, zachowując zdolność do szybkiego namnażania i aktywnego metabolizmu po powrocie korzystnych warunków. Podobną zdolność mają niektóre grzyby mikroskopowe, które wytwarzają tzw. przetrwalniki konidialne, odporne na niekorzystne czynniki środowiskowe, takie jak wysychanie, zmiany temperatury czy promieniowanie UV. Przetrwalniki zarówno bakterii, jak i grzybów zwiększają trwałość biopreparatów w postaci suszonych proszków, granulatów, co ułatwia ich transport, przechowywanie i stosowanie w rolnictwie. Dzięki temu rolnicy mogą spodziewać się przedłużonego efektu działania preparatu, ponieważ mikroorganizmy pozostają aktywne w glebie przez dłuższy czas, wspierając jej żyzność i stabilność biologiczną. Inwestycja w biopreparaty z organizmami przetrwalnikującymi jest zatem jednocześnie inwestycją w długoterminową kondycję gleby i zrównoważone praktyki uprawowe [13, 16].

(2) **Mikroorganizmy nietworzące przetrwalników** – do tej grupy należą głównie bakterie Gram-ujemne (np. *Pseudomonas* sp., *Azotobacter* sp., *Rhizobium* sp.) oraz grzyby mikroskopowe (*Trichoderma* sp., *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp.). Brak przetrwalników sprawia, że są one bardziej wrażliwe na czynniki środowiskowe, dlatego wymagają odpowiednich form podania (np. zawiesiny, inokulanty w żelach lub

osłonach) oraz optymalnych warunków przechowywania. Mimo większej wrażliwości te mikroorganizmy często charakteryzują się szerokim zakresem funkcjonalnym, np. produkcją enzymów, fitohormonów i metabolitów o działaniu bioprotekcyjnym [13, 16].

Podział ten jest istotny przy projektowaniu biopreparatów, ponieważ łączenie mikroorganizmów przetrwalnikujących z aktywnymi metabolicznie, lecz wrażliwymi na warunki środowiskowe, pozwala uzyskać preparaty o jednoczesnej trwałości i wysokiej funkcjonalności biologicznej. Takie podejście zapewnia stabilne działanie preparatu w glebie oraz długotrwałe wspieranie wzrostu i zdrowotności roślin (Rys. 3). Z punktu widzenia praktyki rolniczej, znajomość tej klasyfikacji jest również ważna przy planowaniu zabiegów – pozwala określić optymalny moment aplikacji biopreparatu, warunki przechowywania oraz sposób dawkowania, aby mikroorganizmy mogły w pełni wykorzystać swój potencjał biologiczny [11, 22].

5. Jak wdrożyć biopreparat w gospodarstwie

W ostatnich latach pojawia się coraz więcej opatentowanych biopreparatów opartych na mikroorganizmach [19], jednak skuteczność ich działania w warunkach polowych zależy od wielu czynników, zarówno środowiskowych, jak i agrotechnicznych. Dlatego decyzję o zastosowaniu biopreparatu warto podejmować świadomie, wykonując odpowiednie kroki na każdym etapie: przed zakupem, przed zabiegiem aplikacyjnym oraz po jego wykonaniu.

5.1. Przed zakupem biopreparatu

▸ Wykonaj badania gleby

Podstawą efektywnego wykorzystania biopreparatu jest znajomość stanu gleby. Dlatego na początek warto sprawdzić jakie ilości poszczególnych makro- i mikroelementów (zwłaszcza azotu, potasu, fosforu, magnezu i węgla organicznego) zawiera nasza gleba oraz jakie jest jej pH, stopień zasolenia oraz skład granulometryczny. Badania można wykonać w 17 Okręgowych Stacjach Chemiczno-Rolniczych w Polsce. Otrzymane informacje pozwolą na klarowne konstruowanie planu nawozowego z uwzględnieniem środków biologicznych i dobranie biopreparatu dopasowanego do konkretnych potrzeb.

▸ Dobierz typ biopreparatu w zależności od potrzeb

Oceń, jakiego efektu oczekujesz w przypadku twojej uprawy. Jeśli zależy Ci na przyśpieszeniu rozkładu resztek pożniwnych, należy wybrać bionawóz lub preparat mikrobiologiczny rozkładający materię organiczną. Jeśli chcesz chronić rośliny przed szkodnikami i chorobami, zastosuj bioinsektycyd lub biofungicyd. Jeśli natomiast zależy Ci na ogólnym wzmocnieniu wigoru i odporności roślin, sięgnij po biostymulator. Dobór

odpowiedniego preparatu do rodzaju uprawy i problemu to klucz do jego skuteczności.

▸ Zapoznaj się z informacjami na temat wybranego biopreparatu

Zwróć uwagę na kilka kluczowych kwestii: opis producenta i deklarowane działanie, skład oraz formulację (czy preparat zawiera bakterie, grzyby czy ich metabolity), termin przydatności do użycia, warunki przechowywania oraz sposób stosowania i ewentualne ograniczenia mieszania z innymi środkami.

Zapoznaj się z opisem oraz składem biopreparatu, by dowiedzieć się, z jakim typem organizmu, enzymu lub substancji masz do czynienia i czy będzie on właściwy dla twojej uprawy. Nie wszystkie preparaty mikrobiologiczne są skuteczne w każdym ekosystemie, dlatego warto zwrócić uwagę czy bioprodukt był produkowany i testowany w Polsce, w klimacie umiarkowanym [31]. Rzetelny producent powinien przedstawić wyniki badań danego preparatu i jego skuteczność popartą badaniami prowadzonymi przez min. 2-3 lata w warunkach polowych. Pamiętaj o optymalnych, deklarowanych przez producenta warunkach przechowywania dla zapewnienia stabilności i trwałości środka, co przełoży się na skuteczność jego działania [8, 12]. Zwróć uwagę na ograniczenia stosowania np. mieszania z innymi środkami ochrony roślin, co ma znaczenie przy planowaniu zabiegów agrotechnicznych. Ważna jest także formulacja biopreparatu, gdyż wpływa na sposób jego aplikacji oraz efektywność. Najczęstszymi formami są liofilizowane proszki lub roztwory płynne [31].

Najskuteczniejszym sposobem aplikacji biopreparatu jest zaprawianie nasion. Dzięki bezpośredniemu kontaktowi pożyteczne mikroorganizmy namnażają się i rosną wraz z kiełkującym nasieniem, oddziałując na roślinę już w początkowych stadiach rozwoju, kiedy siewka jest podatna na niekorzystne czynniki środowiskowe. W przypadku warzyw skutecznym sposobem jest zanurzanie korzeni w przygotowanych roztworach lub ich doglebowa aplikacja podczas sadzenia [31, 32].

5.2. Przed zabiegiem aplikacyjnym biopreparatu

▸ **Sprawdź czystość opryskiwacza**

W przypadku aplikacji metodą oprysku, przed przystąpieniem do napełniania urządzenia upewnij się, że sprzęt jest sprawny i nie ma w nim pozostałości stosowanych wcześniej środków ochrony roślin, które mogłyby zabić mikroorganizmy z biopreparatu i zniwelować jego działanie.

▸ **Zwróć uwagę na pH i temperaturę wody stosowanej do oprysku**

Stosuj preparaty biologiczne zgodnie z zaleceniami producenta podanymi na etykiecie – znajdziesz tam m.in. informacje o odpowiednim pH cieczy roboczej. Dla większości biopreparatów najlepiej sprawdza się lekko kwaśny, prawie neutralny odczyn, który gwarantuje ich najwyższą skuteczność. Unikaj silnie alkalicznych roztworów. Używaj wody o temperaturze zbliżonej do temperatury otoczenia, aby zachować pełną aktywność biologiczną produktu i właściwą rozpuszczalność.

▸ **Nie łącz biopreparatów z innymi środkami ochrony roślin**

Niewskazanym jest stosowanie chemicznych pestycydów razem z biofungicydami, bioinsektycydami i innymi typami biopreparatów. Łączona aplikacja konwencjonalnych nawozów lub pestycydów z produktami biologicznymi może istotnie zmniejszyć skuteczność zabiegu [8, 13].

▸ **Wykonuj opryski przy optymalnych warunkach pogodowych**

Efektywność biopreparatu może zależeć od temperatury i wilgotności powietrza. Dlatego największy sukces można osiągnąć w przypadku upraw pod osłonami, gdzie parametry te mogą być kontrolowane. Jednocześnie warto zadbać, by oprysk w warunkach polowych nie był wykonywany przy wysokiej lub niskiej temperaturze powietrza, niskiej wilgotności oraz przy intensywnym nasłonecznieniu i wystąpieniu opadów deszczu [8].

5.3. Po zabiegu

▸ Dokonuj regularnego przeglądu plantacji

Monitorowanie plantacji po zastosowaniu biopreparatu jest kluczowym etapem oceny skuteczności zabiegu, a jego przebieg powinien być dostosowany do rodzaju zastosowanego środka. Dlatego też regularnie sprawdzaj stan uprawy, reakcję roślin i notuj kluczowe zmiany zachodzące po zastosowaniu biopreparatu oraz warunki pogodowe, które mogły wpłynąć na efekt końcowy. Zgromadzone informacje pozwolą wyciągnąć konstruktywne wnioski na przyszłość.

▸ Oczekuj efektów w określonym czasie i zakresie

W przypadku bionawozów i biostymulatorów glebowych działanie jest bardziej długofalowe, a efekty widoczne są dopiero po kilku tygodniach lub miesiącach, dlatego w ramach monitoringu warto ocenić stan gleby, systemu korzeniowego i kondycji roślin w dłuższym okresie. Z kolei mechanizm działania biopestycydów jest powolny w porównaniu do pestycydów konwencjonalnych i dlatego efekty mogą być widoczne dopiero po 3-6 dniach od aplikacji. Bakterie wchodzące w skład naturalnych środków do eliminacji szkodników i fitopatogenów są najskuteczniejsze w zwalczaniu młodych stadiów larwalnych owadów, grzyby infekują zaś wszystkie stadia rozwojowe szkodnika [8].

▸ Zadbaj o właściwe warunki przechowywania biopreparatu

Dla osiągnięcia trwałych efektów może być konieczne okresowe powtarzanie zabiegów, więc należy zapewnić optymalne warunki przechowywania biośrodka do momentu kolejnego wykorzystania. Środki biologiczne mają stosunkowo krótki termin przydatności, przykładowo biopreparaty zawierające grzyby owadobójcze mają trwałość do 6 miesięcy w 4°C. Dla zachowania żywotności mikroorganizmów, a tym samym skuteczności działania, biopreparat przechowuj w chłodnym, suchym, nienasłonecznionym miejscu [8, 31].

6. Fakty i mity o biopreparatach

Rolnicy w Polsce coraz częściej sięgają po biologiczne środki ochrony roślin, wykazując wysoki poziom świadomości w zakresie ich dostępności i znaczenia [33]. To dowód otwartości na nowoczesne i zrównoważone rozwiązania w produkcji rolnej. Rosnące zainteresowanie biopreparatami wynika z ich skuteczności, opłacalności oraz korzyści środowiskowych, jakie wnoszą do gospodarstw [19, 34, 35]. Jednak wraz ze wzrostem zainteresowania biopreparatami, pojawia się również wiele nieporozumień i uproszczeń na temat ich działania. Część z nich wynika z nadmiernych oczekiwań lub błędnych porównań do tradycyjnych środków chemicznych. W tym rozdziale zestawiliśmy najczęściej powtarzane mity i skonfrontowaliśmy je z faktami potwierdzonymi badaniami naukowymi oraz praktyką rolniczą. Dzięki temu łatwiej będzie odróżnić rzetelne informacje od tych, które mogą prowadzić do niewłaściwych wniosków lub błędnych decyzji w gospodarstwie.

▸ Mit 1: Biopreparaty są przeznaczone raczej dla gospodarstw ekologicznych

Fakt: Rolnictwo ekologiczne rzeczywiście sprzyja aktywności biologicznej gleby, dzięki czemu biopreparaty sprawdzają się tam bardzo dobrze. Jednak nie oznacza to, że w gospodarstwach konwencjonalnych ich skuteczność jest mniejsza. W praktyce decydujące znaczenie ma nie certyfikat gospodarstwa, lecz stan gleby, jej odczyn, zawartość próchnicy i sposób gospodarowania resztkami roślinnymi. Przy dobrze prowadzonej agrotechnice biopreparaty mogą przynosić wymierne efekty również w systemach intensywnych, gdzie poprawiają wykorzystanie nawozów, ograniczają straty składników i łagodzą skutki stresu chemicznego. W gospodarstwach ekologicznych z kolei pomagają utrzymać stabilność plonów przy mniejszej dostępności składników mineralnych. W obu przypadkach ich działanie opiera się na wzmacnianiu naturalnych procesów glebowych lub metabolicznych roślin, a nie na systemie certyfikacji. Dlatego o skuteczności decyduje dobór preparatu do właściwości pola i gatunku rośliny,

a nie to, czy gospodarstwo jest ekologiczne, czy konwencjonalne [6, 8, 17, 33, 36-38].

▸ Mit 2: Do stosowania biopreparatów potrzebny jest specjalistyczny sprzęt

Fakt: W większości przypadków do stosowania biopreparatów nie jest potrzebny żaden specjalistyczny czy kosztowny sprzęt. Standardowy opryskiwacz, zaprawiarka lub rozsiewacz w zupełności wystarczą, pod warunkiem, że są czyste, sprawne i prawidłowo skalibrowane. Największe znaczenie mają szczegóły: dokładne wypłukanie zbiornika z resztek pestycydów, użycie wody o odpowiednim pH, bez nadmiaru chloru, a także dobranie właściwego ciśnienia roboczego oraz dysz, które zapewnią równomierne rozprowadzenie biopreparatu. W przypadku zaprawiania nasion ważna jest też precyzja dozowania i dobre przyleganie preparatu do materiału siewnego. Czasem pomocne okazują się kondycjonery wody, które stabilizują jej odczyn w zakresie zalecanym przez producenta biopreparatu. Na ogół jednak nie ma potrzeby inwestować w żadne dedykowane urządzenia, a dużo ważniejsze jest utrzymanie czystości sprzętu i powtarzalność parametrów aplikacji. Warto zapisywać ustawienia, które się sprawdziły, aby móc łatwo odtworzyć skuteczną konfigurację w kolejnych sezonach [31, 32, 36, 39, 40].

▸ Mit 3: Biopreparaty to tylko współczesna moda, która szybko minie

Fakt: Biopreparaty nie są modą, lecz konsekwencją rozwoju nauki i polityki rolnej w kierunku bardziej zrównoważonego rolnictwa. Mikroorganizmy wspomagające wzrost roślin i biostymulatory są badane od dziesięcioleci, a ich zastosowanie w praktyce rośnie wraz z postępem technologii i lepszym zrozumieniem procesów biologicznych w glebie. Dzisiejsze biopreparaty to wynik wieloletnich badań naukowych nad stabilnością, skutecznością i bezpieczeństwem, a nie chwilowy trend. Coraz częściej są one również wspierane przez prawo i politykę unijną. Od 2022 roku obowiązuje Rozporządzenie UE 2019/1009, które wprowadziło biostymulatory roślin jako pełnoprawną kategorię produktów nawozowych w Unii Europejskiej. Oznacza to, że takie preparaty można oznaczać znakiem CE, a ich jakość i deklarowane działanie muszą być potwierdzone badaniami zgodnymi z europejskimi normami. W 2024 roku

wprowadzono również nowe normy techniczne [EN 17700-2:2024], które precyzują sposób weryfikacji skuteczności biostymulatorów. To dowód, że Unia Europejska traktuje biopreparaty nie jako modę, lecz jako stały element przyszłościowego rolnictwa. W praktyce oznacza to coraz większą dostępność zarejestrowanych, bezpiecznych produktów i wsparcie ich stosowania w ramach ekoschematów Planu Strategicznego dla Wspólnej Polityki Rolnej (PS WPR 2023-2027). Biopreparaty nie zastąpią aktualnie stosowanej agrotechniki, ale staną się jej ważnym uzupełnieniem, dlatego też ich rozwój będzie raczej przyspieszał, niż zanikał [8, 19, 34, 40-42].

▸ Mit 4: Biopreparaty zastępują nawozy mineralne

Fakt: Mikroorganizmy mogą wiązać azot, uwalniać fosfor z niedostępnych związków i poprawiać dostępność innych pierwiastków, ale nie dostarczają ich w ilościach porównywalnych z nawozami mineralnymi. W licznych doświadczeniach polowych wykazano, że najkorzystniejsze było podejście łączące rozsądne nawożenie z biopreparatem. Taki układ poprawiał wykorzystanie składników i czasem dodatkowo pozwalał na redukcję nawożenia. Całkowite odstawienie nawożenia mineralnego zwykle prowadziło do spadku plonu i jakości, zwłaszcza na glebach uboższych. Biopreparaty są więc „pomocnikiem" w gospodarowaniu żyznością, a nie substytutem składników. W praktyce zawsze liczy się bilans, tj. ile składników zabierane jest z pola wraz z plonem i ile składników wnosimy z nawozami oraz materią organiczną. Wspieranie mikrobioty może obniżyć straty i poprawić efektywność wykorzystania azotu, ale nie zamieni pola w samowystarczalny system. Z tego powodu zalecenia producentów i ośrodków doradztwa rolniczego zwykle mówią o jednoczesnym stosowaniu biopreparatów i nawożenia, nie o zastąpieniu nawożenia [16, 35, 37, 38, 40].

▸ Mit 5: Brak widocznych zmian po zastosowaniu biopreparatu oznacza brak działania

Fakt: Działanie biopreparatów nie zawsze jest widoczne od razu gołym okiem. Rośliny mogą lepiej znosić stres, rozwijać silniejszy system korzeniowy i skuteczniej pobierać składniki pokarmowe, ale efekty tych zmian mogą ujawniać się dopiero w wielkości plonu lub jego parametrach jakościowych, a niekoniecznie w wyglądzie roślin w trakcie sezonu.

Co więcej, korzyści ze stosowania biopreparatów często stają się najbardziej widoczne w sytuacjach stresowych, np. podczas suszy, chłodu czy przejściowych niedoborów składników pokarmowych. W takich warunkach różnica między roślinami z biopreparatem a kontrolnymi roślinami bez zastosowanego biopreparatu bywa wyraźniejsza niż w roku o optymalnej pogodzie. Warto też pamiętać, że inne są oczekiwania wobec biopreparatów o działaniu ochronnym (biopestycydów), a inne wobec pełniących funkcję bionawozów lub biostymulatorów. W przypadku biopestycydów efekt powinien być wyraźny i stosunkowo szybki, natomiast biostymulatory i bionawozy działają długofalowo, wzmacniając rośliny i glebę, więc ich efekty mogą być mniej zauważalne natychmiast po zastosowaniu. Część zmian można też dostrzec dopiero w analizach laboratoryjnych, np. wyższa zawartość chlorofilu i antyoksydantów w roślinach oraz aktywność enzymów glebowych. Dlatego warto porównywać nie tylko wygląd roślin, ale przede wszystkim plon oraz stabilność efektu w kolejnych latach. Dobrym sposobem oceny skuteczności są pasy kontrolne i notowanie obserwacji z pól, dzięki czemu można realnie ocenić, czy dany biopreparat przynosi realne korzyści w warunkach konkretnego gospodarstwa. Przeglądy badań naukowych pokazują, że biopreparaty zwykle powodują zwiększenie plonu o kilka, kilkanaście procent. Z praktyki wynika, że warto zwracać uwagę nie tylko na plon maksymalny, lecz także na stabilność zbiorów w trudniejszych latach [9, 17, 18, 21, 37, 41, 43].

▸ Mit 6: Biopreparaty działają tak samo w każdej uprawie i na każdym polu

Fakt: Skuteczność biopreparatów nie jest uniwersalna i zależy zarówno od gatunku uprawianej rośliny, jak i warunków środowiska. Każda uprawa tworzy w strefie korzeniowej (ryzosferze) własne, specyficzne środowisko biologiczne i chemiczne, które przyciąga lub zniechęca określone mikroorganizmy. Dlatego biopreparat, który sprawdza się w uprawie kukurydzy, nie musi dać takiego samego efektu w przypadku pszenicy, rzepaku czy ziemniaka. Równie ważne są cechy stanowiska (odczyn, struktura i żyzność gleby, wilgotność, temperatura) oraz to, jakie mikroorganizmy już w niej żyją. Rodzime drobnoustroje często konkurują z tymi wprowadzanymi w postaci preparatu o przestrzeń i składniki pokarmowe, przez co nie zawsze pozwalają im się szybko „zadomowić". Poszczególne biopreparа-

ty działają też w odmienny sposób: jedne produkują fitohormony, inne rozpuszczają trudno dostępny fosfor lub zwiększają odporność roślin na stres. W praktyce oznacza to, że nie istnieje uniwersalny biopreparat dobry na każdą uprawę i każde pole. Najlepsze efekty osiąga się wtedy, gdy produkt jest dobrany do konkretnej rośliny, rodzaju gleby i celu jego zastosowania. Podejmując decyzję o zakupie i zastosowaniu danego biopreparatu, warto zasięgnąć informacji o wynikach doświadczeń polowych dla danej rośliny, zamiast kierować się ogólnymi opiniami o jego skuteczności. Takie podejście pozwala uniknąć rozczarowań, oszczędzić środki i uzyskać bardziej przewidywalne efekty [16-18, 23, 36, 39, 44].

▸ Mit 7: Im większą ilość biopreparatu się zastosuje, tym lepszy będzie efekt

Fakt: W przypadku biopreparatów większa ilość nie oznacza lepszego działania. Mikroorganizmy z biopreparatu z założenia mają funkcjonować w równowadze biologicznej z naturalną mikrobiotą gleby i roślin, a więc ich nadmiar może tę równowagę zaburzyć. Zbyt częste lub zbyt obfite aplikacje mogą prowadzić do niepotrzebnej konkurencji między wprowadzonymi szczepami a rodzimą mikrobiotą, a w konsekwencji do obniżenia aktywności pożądanych szczepów. W badaniach naukowych i w praktyce polowej najlepsze wyniki osiąga się przy stosowaniu biopreparatów w zalecanych dawkach i w kluczowych momentach rozwoju roślin, np. podczas siewu, wczesnego wzrostu lub w okresie zwiększonego stresu. Regularność i powtarzalność w kolejnych sezonach daje lepszy efekt niż jednorazowe, nadmierne użycie. Warto też pamiętać, że każda aplikacja to koszt, dlatego sensowniej inwestować w dobrze zaplanowany program niż poprzez zwiększanie dawek „na zapas" [31, 32, 36, 40, 42].

▸ Mit 8: Wystarczy jeden zabieg biopreparatem, by efekt utrzymał się przez lata

Fakt: Biopreparaty zwykle nie działają w sposób trwały po jednorazowym użyciu. Mikroorganizmy wprowadzone do gleby lub na rośliny muszą się tam utrzymać i konkurować z naturalną mikrobiotą, która również podlega naturalnym zmianom. Ponadto, liczebność i aktywność mikroorganizmów z biopreparatu może spadać pod wpływem czynników, takich jak temperatura, wilgotność, odczyn gleby czy stosowanie nawozów i środków

ochrony roślin. Dlatego pojedynczy zabieg może przynieść krótkotrwały efekt. Aby działanie było stabilne, populację mikroorganizmów trzeba regularnie odnawiać. W praktyce oznacza to stosowanie biopreparatów w kluczowych momentach rozwoju roślin. Długofalowy efekt pojawia się dopiero przy systematycznym, wieloletnim stosowaniu, np. gdy mikroorganizmy stopniowo odbudowują równowagę biologiczną gleby. Biopreparaty warto więc traktować jako inwestycję w kondycję gleby i (w konsekwencji) roślin, a nie jednorazowy zabieg [16, 17, 32, 36, 40, 43].

▸ Mit 9: Biopreparaty można bez obaw mieszać z innymi środkami ochrony roślin

Fakt: Nie każdy biopreparat dobrze znosi kontakt z chemicznymi środkami ochrony roślin. Część fungicydów, zwłaszcza tych zawierających miedź lub mających wysokie pH, może osłabiać lub całkowicie inaktywować mikroorganizmy zawarte w preparacie. Kompatybilność biopreparatu i środka ochrony roślin zależy od wielu czynników (rodzaju środka, stężenia, formulacji i gatunku mikroorganizmu), dlatego nie ma tu prostych zasad typu „zawsze można" lub „nigdy nie wolno". Wielu producentów biopreparatów testuje swoje produkty z typowymi środkami ochrony i publikuje listy zgodnych produktów. W przypadku wątpliwości najbezpieczniejszym rozwiązaniem jest rozdzielenie w czasie zabiegów z użyciem biopreparatu i chemicznych środków ochrony roślin [8, 14, 26, 44, 45].

▸ Mit 10: Biopreparaty do ochrony roślin nie są tak dokładnie kontrolowane jak chemiczne środki ochrony

Fakt: Mikrobiologiczne środki ochrony roślin, czyli biopreparaty zawierające pożyteczne mikroorganizmy zwalczające choroby lub szkodniki, również podlegają szczegółowym wymaganiom jakościowym. Nie trafiają na rynek bez nadzoru. Muszą spełniać normy ustalone przez Organizację Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) oraz Światową Organizację Zdrowia (WHO). Obie instytucje opracowały wspólny podręcznik, który opisuje, jak ocenia się czystość, stabilność, żywotność i bezpieczeństwo mikrobiologicznych środków ochrony. Każdy produkt musi być dokładnie zbadany – określa się szczep mikroorganizmu, jego liczbę, trwałość w przechowywaniu, brak niepożądanych bak-

terii lub grzybów, a także bezpieczeństwo dla ludzi i środowiska. Dane te są oceniane przez międzynarodowych ekspertów i służą jako punkt odniesienia dla krajowych urzędów rejestrujących środki ochrony roślin. W Unii Europejskiej mikrobiologiczne środki ochrony roślin są oceniane według tych samych zasad co chemiczne pestycydy, z tą różnicą, że bada się w nich żywotność i bezpieczeństwo mikroorganizmów. Polska, jako kraj członkowski UE, stosuje te same wymagania. Standardy FAO, WHO stanowią podstawę techniczną tych ocen, więc produkt dopuszczony do obrotu w Polsce przeszedł pełną kontrolę jakości [8, 11, 19, 46].

7. Perspektywy rozwoju – podsumowanie

Biopreparaty w rolnictwie zyskują na znaczeniu w kontekście rosnącej świadomości ekologicznej i zdrowotnej konsumentów (Rys. 4). Ze względu na dużą trwałość tradycyjnych pestycydów oraz ich potencjalne zagrożenie dla środowiska, obserwuje się wzrost zanieczyszczenia gleby i wód produktami ich rozpadu. W ostatnich latach konsumenci coraz częściej zwracają uwagę na możliwe skutki zdrowotne obecności chemikaliów syntetycznych w żywności. Obawy związane z bezpieczeństwem żywności wywierają presję nie tylko na producentów pestycydów w Europie i na świecie, ale także na różne instytucje i organizacje społeczne, w celu ograniczenia poziomu pozostałości pestycydów w żywności pochodzącej z upraw, w których stosowano syntetyczne środki ochrony roślin.

Rys. 4. Podsumowanie korzyści ze stosowania biopreparatów dla rolnictwa, środowiska i konsumentów (opracowanie własne).

Dzięki postępowi w biotechnologii, lepszemu poznaniu mikrobiomu gleby oraz nowoczesnym metodom selekcji mikroorganizmów, skuteczność i stabilność biopreparatów stale wzrasta. Preparaty te coraz częściej łączą różne funkcje – wspieranie wzrostu roślin, ochronę przed patogenami, mobilizację składników pokarmowych i zwiększanie odporności na stresy środowiskowe. Trendy w rolnictwie precyzyjnym, rosnąca świadomość ekologiczna oraz regulacje prawne sprawiają, że biopreparaty stają się nie tylko alternatywą, ale wręcz koniecznością w nowoczesnym rolnictwie. Nawet rolnicy, którzy obecnie nie stosują biopreparatów, wkrótce będą musieli zetknąć się z tymi rozwiązaniami, jeśli chcą utrzymać konkurencyjność i zgodność z obowiązującymi standardami.

Podsumowując, stosowanie biopreparatów stanowi przyszłość rolnictwa, oferując korzyści zarówno dla plonów, jakości gleby, jak i ochrony środowiska. Rozwój i popularyzacja tej dziedziny są nieuniknione, a wcześniejsze wdrożenie tych rozwiązań pozwala rolnikom zyskać przewagę w efektywności produkcji oraz zgodności z nowoczesnymi, zrównoważonymi standardami rolnictwa.

8. Literatura

1. Dzvene AR, Chiduza C. Application of biofertilizers for enhancing beneficial microbiomes in push–pull cropping systems: a review. *Bacteria*. 2024;3(4):271-86.
2. Rowińska P, Gutarowska B, Janas R, Szulc J. Biopreparations for the decomposition of crop residues. *Microb Biotechnol*. 2024;17(8):e14534.
3. Rowińska P, Szulc J. Biodegradacja resztek pożniwnych w kontekście zrównoważonego rolnictwa – naukowe podstawy biopreparatów mikrobiologicznych. *Zagadnienia Doradztwa Rolniczego*. 2025;120(2): 5-20.
4. Rowińska P, Sypka M, Białkowska AM, Stryjek M, Nowak A, Janas R, et al. Evaluating soil bacteria for the development of new biopreparations with agricultural applications. *Appl Sci*. 2025;15(12):6400.
5. Zhang W, Wen Y, Wang Z, Diao C, Liu Z. The fungi–bacteria interaction mechanism of microbial consortium during efficient lignin degradation based on metabolomics analysis. *Molecules*. 2025;30(3):508.
6. Ampong K, Thilakaranthna MS, Gorim LY. Understanding the role of humic acids on crop performance and soil health. *Front Agron*. 2022;4:848621.
7. Buragienė S, Šarauskis E, Adamavičienė A, Romaneckas K, Lekavičienė K, Rimkuvienė D, et al. The effect of different biopreparations on soil physical properties and CO2 emissions when growing winter wheat and oilseed rape. *Soil*. 2023;9(2):593-608.
8. Sosnowska D. Biopreparaty mikrobiologiczne w ochronie upraw polowych – stan obecny i perspektywy. *Prog Plant Prot*. 2025;65(1):24-32.
9. Watts D, Palombo EA, Jaimes Castillo A, Zaferanloo B. Endophytes in agriculture: potential to improve yields and tolerances of agricultural crops. *Microorganisms*. 2023;11(5):1276.
10. Litwin A, Mironenka J, Bernat P, Soboń A, Różalska S. Accumulation of pyrethroids induces changes in metabolism of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*—proteomic and lipidomic background. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2023;249:114418.
11. Florczak L. Od bakterii do biopreparatu – *Bacillus thuringiensis* w ochronie roślin. *Prog Plant Prot*. 2024;64(4):204-17.
12. Kuźniar A, Kruczyńska A, Włodarczyk K, Vangronsveld J, Wolińska A. Endophytes as permanent or temporal inhabitants of different ecological niches in sustainable agriculture. *Appl Sci*. 2025;15(3):1253.

13. Sawicka B, Barbaś P, Vambol V, Skiba D, Pszczółkowski P, Niazi P, Bienia B. Applied microbiology for sustainable agricultural development. *Appl Microbiol*. 2025;5(3):78.
14. Ali MA, Ahmed T, Ibrahim E, Rizwan M, Chong KP, Yong JWH. A review on mechanisms and prospects of endophytic bacteria in biocontrol of plant pathogenic fungi and their plant growth-promoting activities. *Heliyon*. 2024;10(11):e31573.
15. Basu S, Sarkar S, Prasad R, Kumar G. Current approaches for alleviating abiotic stress tolerance in crops: role of beneficial microorganisms. In: Prasad R, Gill SS, Tuteja N, editors. *Beneficial Microorganisms in Agriculture*. Singapore: Springer; 2022. p. 231-48.
16. de Andrade LA, Santos CHB, Frezarin ET, Sales LR, Rigobelo EC. Plant growth-promoting rhizobacteria for sustainable agricultural production. *Microorganisms*. 2023;11(4):1088.
17. Breedt G, Korsten L, Gokul JK. Enhancing multi-season wheat yield through plant growth-promoting rhizobacteria using consortium and individual isolate applications. *Folia Microbiol (Praha)*. 2025;70:1-10.
18. Hernández-Amador E, Montesdeoca-Flores DT, Abreu-Acosta N, Luis-Jorge JC. Effects of rhizobacteria strains on plant growth promotion in tomatoes (*Solanum lycopersicum*). *Plants*. 2024;13(23):3280.
19. dos Reis GA, Martínez-Burgos WJ, Pozzan R, Pastrana Puche Y, Ocán-Torres D, de Queiroz Fonseca Mota P. Comprehensive review of microbial inoculants: agricultural applications, technology trends in patents, and regulatory frameworks. *Sustainability*. 2024;16(19):8720.
20. Wojtowicz K, Steliga T, Kapusta P, Brzeszcz J. Oil-contaminated soil remediation with biodegradation by autochthonous microorganisms and phytoremediation by maize (*Zea mays*). *Molecules*. 2023;28(16):6104.
21. Filipczak A, Sobiech Ł, Wita A, Marecik R, Białas W, Drożdżyńska A, et al. Efficacy of selected bacterial strains in the protection and growth stimulation of winter wheat and maize. *Plants*. 2025;14(5):636.
22. Vásconez RDA, Moya EMT, Yépez LAC, Chiluisa-Utreras VP, Suquillo IDLÁV. Evaluation of *Bacillus megaterium* strain AB4 as a potential biocontrol agent of *Alternaria japonica*, a mycopathogen of *Brassica oleracea* var. *italica*. *Biotechnol Rep (Amst.)*. 2020;26:e00454.
23. Goginyan V, Harutyunyan S, Stepanyan T, Khachatryan G, Bagiyan V, Hovhannisyan R, et al. Effect of complex microbial preparation of free-living and symbiotic nitrogen-fixing bacteria for agricultural crops. *Braz J Biol*. 2025;85:e292171.
24. Aw KMS, Hue SM. Mode of infection of *Metarhizium* spp. fungus and their potential as biological control agents. *J Fungi (Basel)*. 2017;3(2):30.

25. Filippova VA, Laptev GY, Ilina LA, Yildirim EA, Ponomareva ES, Brazhnik EA. Comparative genomics of two novel *Bacillus* strains: microbiomic insights into the sequences, metabolomics, and potential safe use in the creation of biopreparations. *Front Biosci (Elite Ed)*. 2025;17(2):28227.
26. Mitrović I, Čanak P, Tančić Živanov S, Farkaš H, Vasiljević M, Ćujić S, et al. *Trichoderma harzianum* in biocontrol of maize fungal diseases and relevant mycotoxins: from the laboratory to the field. *J Fungi (Basel)*. 2025;11(6):416.
27. Mesquita E, Hu S, Lima TB, Golo PS, Bidochka MJ. Utilization of *Metarhizium* as an insect biocontrol agent and a plant bioinoculant with special reference to Brazil. *Fronti Fungal Biol*. 2023;4:1276287.
28. Valero-Jiménez CA, Wiegers H, Zwaan BJ, Koenraadt CJ, van Kan JA. Genes involved in virulence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *J Invertebr Pathol*. 2016;133:41-9.
29. Knight SJ, Goddard MR. Sporulation in soil as an overwinter survival strategy in *Saccharomyces cerevisiae*. *FEMS Yeast Res*. 2016;16(1):fov102.
30. Al-Sahlany STG, Altemimi AB, Al-Manhel AJA, Niamah AK, Lakhssassi N, Ibrahim SA. Purification of bioactive peptide with antimicrobial properties produced by *Saccharomyces cerevisiae*. *Foods*. 2020;9(3):324.
31. Bellows B, Morris M, Mitchell C. Microbial inoculants. *ATTRA – Sustainable Agriculture*. 2020;IP604:1-12.
32. Samantaray A, Chattaraj S, Mitra D, Ganguly A, Kumar R, Gaur A, et al. Advances in microbial based bio-inoculum for amelioration of soil health and sustainable crop production. *Curr Res Microb Sci*. 2024;7:100251.
33. Gazdecki M, Beba P, Goryńska-Goldmann E, Wiza-Augustyniak P. Postrzeganie i ocena biologicznych środków ochrony roślin przez rolników w Polsce. *Zagadnienia Doradztwa Rolniczego*. 2025;120(2):95-115.
34. Mawcha KT, Malinga L, Muir D, Ge J, Ndolo D. Recent advances in biopesticide research and development with a focus on microbials. *F1000Res*. 2025;13:1071.
35. Saha S, Paul D, Poudel TR, Basunia NM, Hasan T, Hasan M, et al. Biofertilizer science and practice for agriculture and forestry: a review. *J Appl Biol Biotechnol*. 2023;11(6):31-44.
36. Backer R. Rokem JS, Ilangumaran G, Lamont J, Praslickova D, Ricci E, et al. Plant growth-promoting rhizobacteria: context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. *Front Plant Sci*. 2018;9:1473.
37. Li J, Van Gerrewey T, Geelen D. A meta-analysis of biostimulant yield effectiveness in field trials. *Front Plant Sci*. 2022;13:836702.
38. Schütz L, Gattinger A, Meier M, Müller A, Boller T, Mäder P, et al. Improving crop yield and nutrient use efficiency via biofertilization—a global meta-analysis. *Front Plant Sci*. 2018;8:2204.

39. Bhattacharyya PN, Jha DK. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. World *J Microbiol Biotechnol*. 2012;28(4):1327-50.
40. Calvo P, Nelson L, Kloepper JW. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*. 2014;383(1):3-41.
41. Drobek M, Frąc M, Cybulska J. Plant biostimulants: importance of the quality and yield of horticultural crops and the improvement of plant tolerance to abiotic stress—a review. *Agronomy*. 2019;9(6):335.
42. Yakhin OI, Lubyanov AA, Yakhin IA, Brown PH. Biostimulants in plant science: a global perspective. *Front Plant Sci*. 2017;7:2049.
43. Ma Y, Freitas H, Dias MC. Strategies and prospects for biostimulants to alleviate abiotic stress in plants. *Front Plant Sci*. 2022;13:1024243.
44. El-Saadony MT, Saad AM, Soliman SM, Salem HM, Ahmed AI, Mahmood M., et al. Plant growth-promoting microorganisms as biocontrol agents of plant diseases: mechanisms, challenges and future perspectives. *Front Plant Sci*. 2022;13:923880.
45. Ons L, Bylemans D, Thevissen K, Cammue BP. Combining biocontrol agents with chemical fungicides for integrated plant fungal disease control. *Microorganisms*. 2020:8(12):1930.
46. Food and Agriculture Organization (FAO), World Health Organization (WHO). *Manual on the development and use of FAO and WHO specifications for microbial pesticides*. 1st ed. Rome and Geneva: FAO and WHO; 2024.

Przydatne linki

https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:02019R1009-20241117
https://www.gov.pl/attachment/2fbb2d76-243d-4980-af11-1ce795354df1
https://www.gov.pl/attachment/92ac48d8-66a4-45d8-9fb0-d91c8d2608bc
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0128
https://www.gov.pl/web/rolnictwo/wariant-1
https://www.schr.gov.pl/

Spis treści

1. Dlaczego biopreparaty? 3

2. Rodzaje biopreparatów 5
   2.1. Podział biopreparatów w zależności od pełnionej funkcji agronomicznej 5
   2.2. Podział biopreparatów ze względu na skład mikrobiologiczny 6
   2.3. Podział biopreparatów ze względu na sposób aplikacji 7

3. Jak biopreparaty działają w glebie i roślinach 8
   3.1. Rozkład materii organicznej 8
   3.2. Poprawa struktury gleby 9
   3.3. Zapewnienie odporności roślin na choroby i szkodniki 10
   3.4. Zwiększenie dostępności substancji pokarmowych dla roślin 12
   3.5. Zwiększenie intensywności wzrostu i rozwoju roślin 13

4. Mikroorganizmy w biopreparatach 15
   4.1. Bakterie 15
   4.2. Grzyby mikroskopowe 17

5. Jak wdrożyć biopreparat w gospodarstwie 21
   5.1. Przed zakupem biopreparatu 21
   5.2. Przed zabiegiem aplikacyjnym biopreparatu 23
   5.3. Po zabiegu 24

6. Fakty i mity o biopreparatach 25

7. Perspektywy rozwoju – podsumowanie 32

8. Literatura 34

ISBN 978-83-8288-216-2

WYDAWNICTWO KUL