



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



Poprawa retencji wody w glebie oraz stymulacja odporności roślin przez bakterie i substancje zawarte w bionawozach.



Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy

**Ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy**

**Zakład Mikrobiologii
dr inż. Sylwia Siebielec**

WSTĘP

Bezpieczna przyszłość – zrównoważone gospodarowanie

- Dla zapewnienia bezpiecznej przyszłości społeczeństwa niezbędne jest zrównoważone gospodarowanie bogactwami naturalnymi, w tym glebami, wodami, powietrzem, minerałami oraz **bioróżnorodnością**, która wspiera życie na Ziemi. Zmniejszenie stosowania chemikaliów, recykling węgla i składników nawozowych, dbałość o gleby, produkcja zdrowej żywności i ochrona przed ekstremalnymi zjawiskami pogodowym (długotrwałe susze, długotrwałe opady) to podstawowe wyzwania, przed którymi stoi rolnictwo.
- **Różnorodność biologiczna gleby**, która podtrzymuje ekosystemy i życie na Ziemi była w dużej mierze pomijana w globalnych strategiach. Aktywność biologiczna i złożone interakcje, jakie zachodzą w środowisku glebowym stanowią podstawę wielu **funkcji ekosystemu**, w tym obiegu składników odżywczych, kontroli patogenów, infiltracji wody, tworzenia łańcuchów troficznych, wspierania prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin uprawnych.
- Priorytetem w badaniach naukowych jest z pewnością zrozumienie powiązań między różnorodnością biologiczną gleby a równowagą, jaka powinna panować w środowisku przyrodniczym.



WSTĘP

Równowaga w środowisku a zmiany klimatyczne

Zmiany klimatyczne (susze, ulewne deszcze) w znaczący sposób wpływają na naturalną równowagę panującą w ekosystemach rolniczych.

Zmiany klimatyczne prowadzą w głównej mierze do:

- spadku żyzności i urodzajności gleb;
- spadku potencjału plonotwórczego;
- utraty bioróżnorodności,
- spadku aktywności mikrobiologicznej gleb,
- migracji gatunków,
- zwiększonej konkurencji o składniki pokarmowe obecne w podłożu,
- zaburzenia warunków wodno-powietrznych,
- narażenia na degradację: erozja wodna, utrata próchnicy itp.



Kluczowe jest podjęcie działań na rzecz oceny stanu faktycznego gleb tak, aby w przyszłości można było szybko i skutecznie zapobiegać negatywnym skutkom związanym ze zmianami klimatycznymi wpływającymi na warunki glebowe.



- Odporność upraw na zmiany klimatyczne w dużej mierze zależy od właściwości gleb.
- Dla przykładu rośliny uprawiane na glebach zakwaszonych są w większym stopniu wrażliwe na warunki suszy/silnych opadów ze względu na nakładanie się stresu chemicznego i wodnego oraz słabsze odżywienie roślin, które nie pobierają zbilansowanych ilości składników w warunkach gleby kwaśnej.
- Warto zaznaczyć, iż o potencjale retencyjnym gleby względem wody decyduje w dużym stopniu zawartość materii organicznej w glebie. **Gleby o większej zawartości materii organicznej są w stanie zakumulować większe ilości wody po opadach i udostępnić ją roślinom uprawnym w okresach bezopadowych.**

Należy również zwrócić uwagę na interakcje pomiędzy odpornością roślin na zmienne warunki pogodowe a charakterystyką mikrobiologiczną gleb i aktywnością pewnych grup mikroorganizmów.

- Według badań naukowych bakterie mogą wspomagać odporność roślin poprzez np. produkcję substancji, poprawiających strukturę gleby, syntezę i produkcję związków aktywnych. Ponadto zmiany liczebności i aktywności różnych grup mikroorganizmów w okresie zmiennych warunków mogą wpływać na tempo procesów przemian składników nawozowych, kształtujących ich dostępność dla roślin, np. mineralizacja fosforu organicznego, wiązanie azotu z powietrza.





Retencja wody - zdolność do zatrzymywania i gromadzenia wody.

Bakterie - wszechobecne jednokomórkowy organizmy, niewidoczny gołym okiem, posiadające określone właściwości biostymulacyjne np. dla roślin.

Kolonie bakteryjne - widoczne gołym okiem skupisko komórek bakteryjnych rosnąca na stałym podłożu hodowlanym np. w laboratorium mikrobiologicznym.

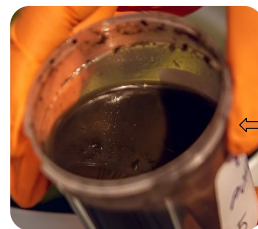
Bionawóz - preparat pochodzenia naturalnego, który wspiera rozwój roślin i poprawia właściwości gleby.

Glebowa materia organiczna - wszystkie organiczne związki w glebie, obejmujące obumarłe resztki roślinne i zwierzęce, żyjące organizmy glebowe oraz produkty ich rozkładu i przemian.

Egzogenna materia organiczna - materia organiczna pochodzenia biologicznego, która jest dodawana do gleby (obornik, poferment, kompost itp.).



Pojedyncza
kolonia
bakteryjna



Egzogenna materia
organiczna -
poferment płynny



Skupisko
kolonii
bakteryjnych

Jak poprawić retencję wody w glebie oraz stymulować odporności roślin przez **bakterie** i substancje zawarte w **bionawozach**?

Stosowanie bakterii promujących wzrost i rozwój roślin, które wspierają rośliny poprzez udostępnianie składników odżywczych, produkcję hormonów, zwiększanie odporności na choroby i stres, a także poprzez poprawę struktury gleby.



Stosowanie bionawozów, które wzbogacają glebę w materię organiczną, poprawiając jej strukturę, zdolność do zatrzymywania wody i dostarczają cennych składników odżywczych dla roślin

Funkcje
ekosystemoweGLEBOWA MATERIA ORGANICZNA
(SOM)

Życie gleby

Retencja
wody

Napowietrzanie

Agregaty
glebowePromowanie
wzrostu roślin

Mineralizacja

Sekwestracja

Retencja
substancji

Struktura gleby

Cykle glebowe

Ochrona przed
erozjąBioróżnorodność
glebPodstawowa
produkcja

Regulacja klimatu

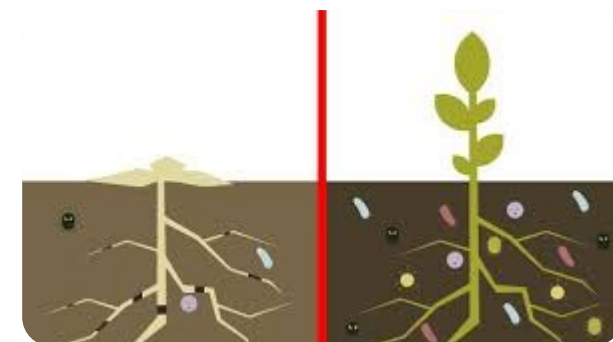
Jakość wody



Materia organiczna jest kluczowa dla wielu funkcji ekosystemowych takich jak produkcja żywności, regulacja cykli biogeochemicznych, oczyszczanie wody i powietrza, oraz tworzenie siedlisk dla organizmów

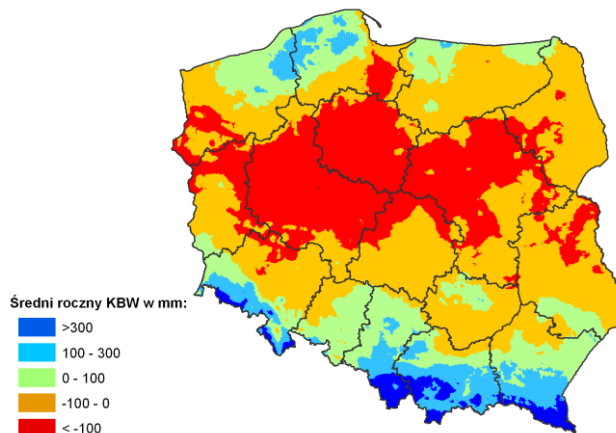
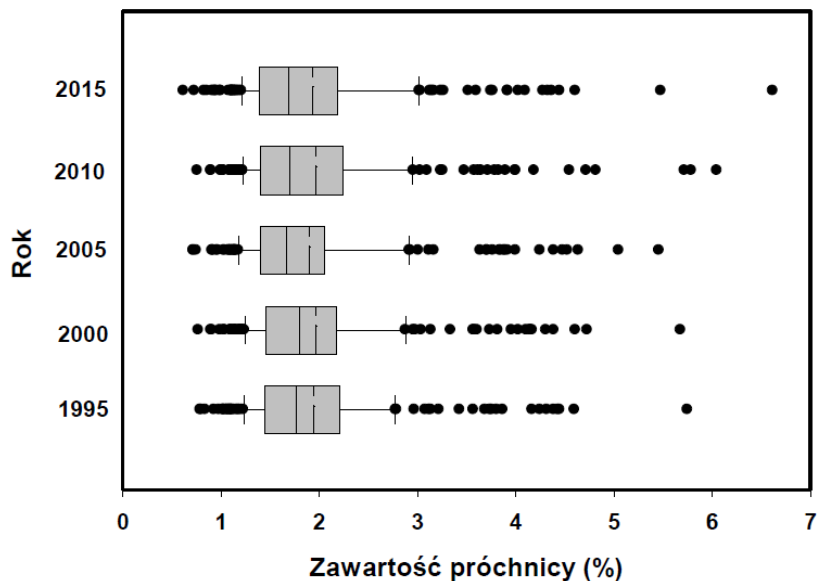
Materia organiczna gleb

- Materia organiczna gleb (SOM) jest podstawowym wskaźnikiem jakości gleb.
- Posiada istotną rolę w utrzymaniu fizycznych, chemicznych i **mikrobiologicznych właściwości środowiska glebowego**.
- Zapewnia zdolność gleby do pełnienia określonych funkcji w tym środowiskowych, produkcyjnych czy ekologicznych.
- Decyduje o takich właściwościach jak zdolności sorpcyjne dotyczące przede wszystkim regulacji obiegu pierwiastków i ich ochrony przed wymywaniem oraz buforowe dotyczące między innymi utrzymywania stałego pH gleby.
- SOM poprawia żyzność gleby, zwiększa plonowanie roślin uprawnych i pozytywnie wpływa na produkcję żywności.
- Wysoka zawartość materii organicznej w glebie jest czynnikiem stabilizującym jej strukturę, zmniejszającym podatność na zagęszczenie oraz degradację w wyniku erozji wodnej i wietrznej.
- Materia organiczna odgrywa ważną rolę w kształtowaniu bioróżnorodności gleb.

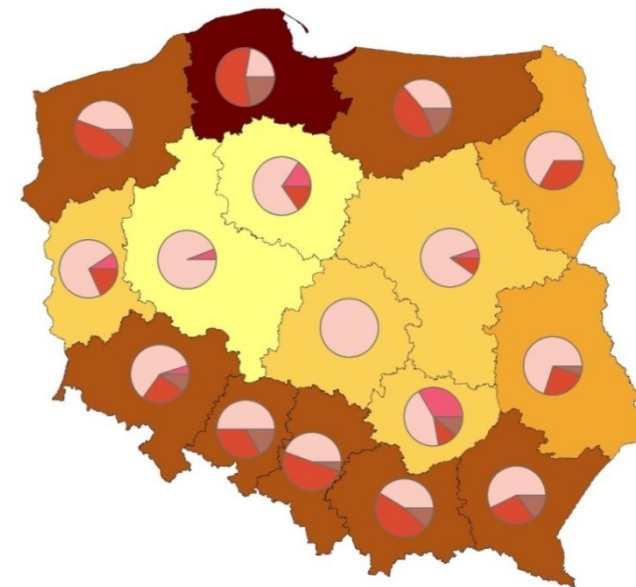


Materia organiczna gleb

Materia organiczna gleb w Polsce



Klimatyczny bilans wodny



Materia organiczna
Centralna Polska – gleby o niskiej
zawartości materii organicznej (niska
retencja wody)

Rola materii organicznej w przeciwdziałaniu suszy



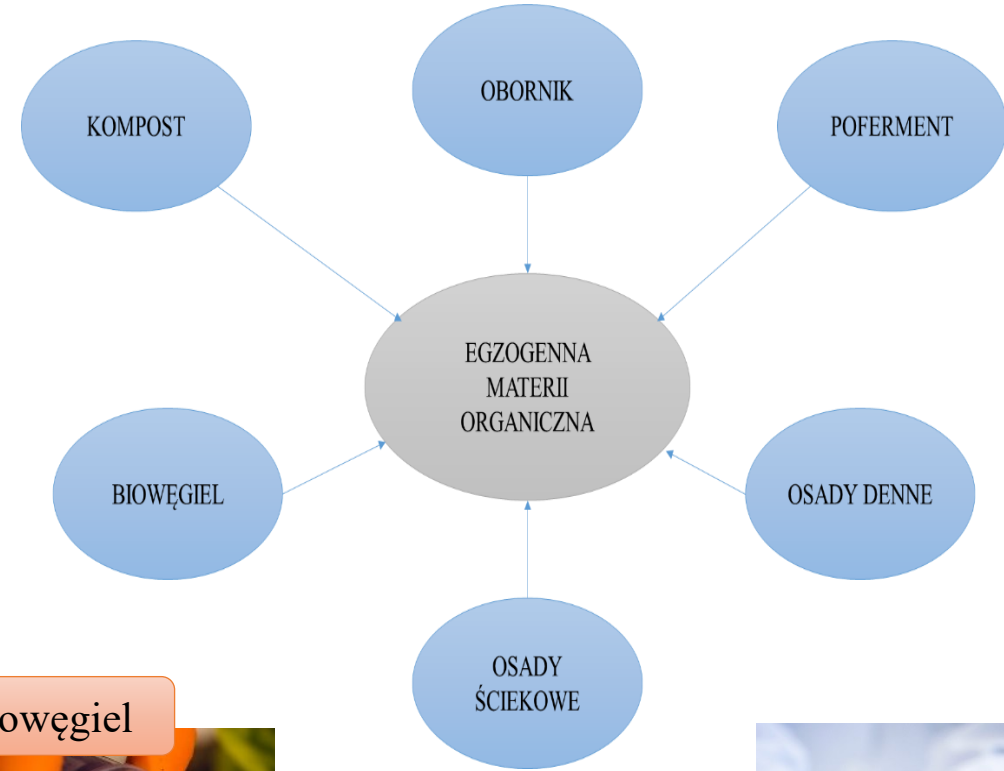
- Właściwości retencyjne samej materii organicznej (materia organiczna chłonie wodę)
- Dodatni wpływ na strukturę gleby (więcej wody jest zatrzymywane w glebie)
- Większa odporność na zagęszczenie (ograniczamy spływ wody po powierzchni)
- Dodatni wpływ na aktywność mikroorganizmów wspomagających rośliny w okresach suszy



- ✓ mikroorganizmy mogą wspomagać odporność roślin na suszę poprzez np. produkcję polisacharydów, poprawiających strukturę gleby, syntezę deaminaz, produkcję kwasu indoliloctowego i proliny, poprawę cyrkulacji wody przez grzyby, itd.

Egzogenna materia organiczna

- Jednym ze sposobów zwiększenia SOM i zapewnienia dopływu substancji organicznych oraz składników pokarmowych do gleby jest stosowanie materiałów organicznych.
- **Egzogenna materia organiczna (EOM)** to wszelki materiał organiczny pochodzenia biologicznego stosowany do gleby w celu przywrócenia i poprawy środowiska glebowego lub zapobiegania jej stratom w glebach rolniczych.



Egzogenna materia organiczna - przykłady

KOMPOST

Zalety kompostu jako bionawozu

- Wprowadzenie materii organicznej
- Aktywacja życia biologicznego
- Wolno uwalniany azot
- Poprawa retencji wody w glebie
- Poprawa struktury gleby
- Poprawa odporności na erozję
- Ponowne wykorzystanie składników
- Stabilna materia organiczna



POFERMENT

Zalety pofermentu jako bionawozu

- Wprowadzenie materii organicznej
- Aktywacja życia biologicznego
- Azot o różnej dostępności
- Poprawa struktury gleby
- Poprawa odporności na erozję
- Ponowne wykorzystanie składników
- Produkcja w układzie zamkniętym
- Poprawa kondycji roślin

Oprócz materii organicznej, a w tym substancji humusowych, kompost i pofermenty zawierają fitohormony, istotne dla kształtowania rozwoju biomasy roślin oraz ich odporności na czynniki stresowe. Obecność fitohormonów w kompoście i pofermentcie wynika z faktu, że powstają one najczęściej z przetworzenia materiału roślinnego. Badania wskazują na obecność cytokinin, kwasu giberelinowego oraz kwasu indoliloctowego w kompostach i pofermentach.

Egzogenna materia organiczna - przykłady

Biowęgiel



Zalety biowęgla jako bionawozu

- Poprawa struktury gleby
- Wzrost porowatości gleby
- Zwiększenie pojemności wodnej
- Aktywacja życia biologicznego
- Mniejsza mobilność metali ciężkich i zanieczyszczeń organicznych (WWA, PCB)
- Ograniczanie zasolenia



Korzystne zmiany, jakie zachodzą w środowisku glebowym pod wpływem stosowania biowęgla, prowadzą do poprawy warunków wzrostu i rozwoju roślin uprawnych.

Biowęgiel w zależności od pochodzenia i warunków prowadzenia procesów, może być istotnym źródłem składników pokarmowych oraz węgla w glebie. Dzięki wysokiej zawartości popiołu oraz pierwiastków o charakterze zasadowym stosowanie biowęgla może wpływać na wzrost pH w glebie, co jest szczególnie korzystne w glebach o odczynie kwaśnym.

Egzogenna materia organiczna - przykłady

Obornik

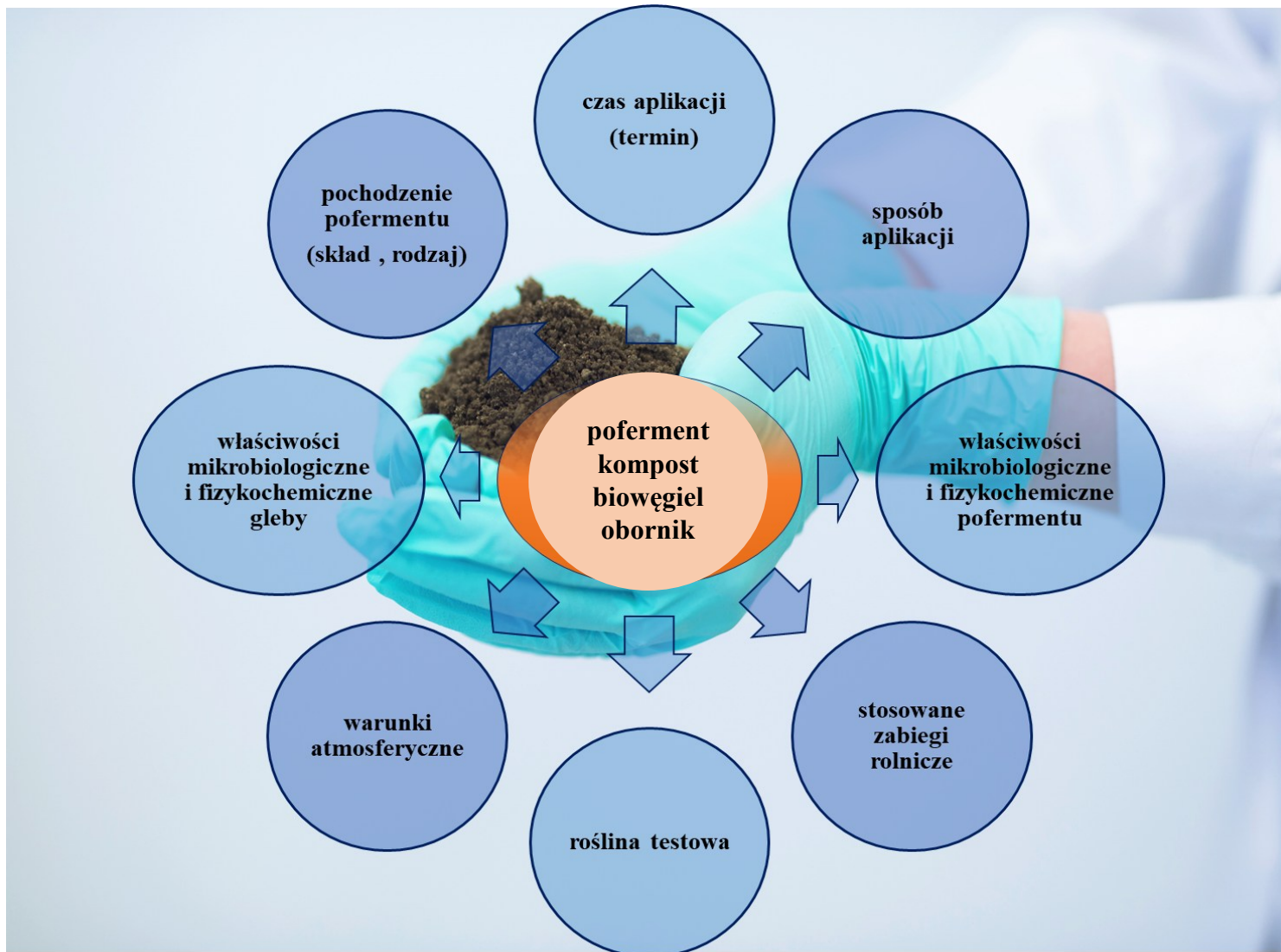
Zalety obornika jako bionawozu

- Poprawa struktury gleby (tworzenie gruzelkowatej struktury gleby)
- Pozytywny wpływ na pojemność wodną i napowietrzenie gleby
- Dostarczenie roślinom niezbędnych składników bogaty w makroelementy (azot, potas, fosfor, wapń, magnez, siarka) oraz mikroelementy (bor, miedź, cynk, mangan, molibden) pokarmowych, które są kluczowe dla ich wzrostu
- Wsparcie dla życia glebowego
- Przywrócenie równowagi pH gleby, co jest korzystne dla wielu roślin, szczególnie warzyw
- Poprawa retencji wody (magazynowania wody)



Regularne nawożenie obornikiem poprawia żyzność gleb, dając podstawy do stabilnych i wysokich plonów.

Egzogenna materia organiczna



Gleba po powodzi jest szczególnie narażona na zniszczenie wierzchniej warstwy gleby.

Aby ją zregenerować, należy uzupełnić deficyty i wprowadzić materię organiczną co jest kluczowym zabiegiem mającym na celu przywrócenie jej właściwości chemicznych i mikrobiologicznych.



Powódź 2024



Odbudowa mikrobiomu gleby po powodzi:

- wzbogacenie w materię organiczną (np. przez obornik, kompost itp.)
- stosowanie preparatów mikrobiologicznych na bazie np. bakterii promujących wzrost i rozwój roślin o określonych mechanizmach, do wzmocnienia efektów przywrócenia bioróżnorodności środowiska glebowego



Bioróżnorodność gleby to pojęcie opisujące zróżnicowanie życia w glebie, od genów, przez gatunki, aż do społeczności organizmów i ich siedlisk, obejmujące różne organizmy, od mikroorganizmów po zwierzęta. Obejmuje zarówno różnorodność genetyczną, gatunkową, jak i różnorodność siedlisk glebowych.

Bioróżnorodność gleb

- **Odbudowa mikrobiomu gleby i bioróżnorodność są ze sobą ściśle powiązane:** zdrowszy, bogatszy mikrobiom, składający się z różnych mikroorganizmów (bakterii i grzybów), wspiera bioróżnorodność gleby, co z kolei zwiększa odporność całego ekosystemu.
- Istotnym krokiem w kierunku zapobiegania utracie gatunków zamieszkujących glebę jest postrzeganie gleby jako **siedliska wymagającego ochrony**. Utrata siedlisk spowodowana zmianą/niewłaściwym użytkowaniem gruntów i **zmianami klimatu** jest głównym zagrożeniem dla fauny, mikrofauny czy flory.
- Jak sugerują dane literaturowe, **zmiany bioróżnorodności mogą wpływać na** obieg węgla i składników nawozowych oraz naturalną ochrona przed szkodnikami.
- Wciąż poszukuję się przyjaznych środowiskowych metod, które będą wspierać bioróżnorodność, szczególnie na obszarach narażonych na różnego rodzaju presje/degradacje w wyniku np. pojawiających się zmian klimatycznych (susze, intensywne opady), a jednocześnie będą opłacalne ekonomicznie.



KLUCZ DO SUKCESU

Poszukiwane efektywnych i jednocześnie przyjaznych środowiskowo metod w produkcji rolniczej, przy zachowaniu opłacalności produkcji rolniczej i jej akceptacji społecznej będą stanowić podstawowy kierunek transformacji rolnictwa w zakresie praktyki rolniczej, badań naukowych i podejściu biznesowym.

Można przypuszczać, że stale wzrastać będzie zainteresowanie praktykami opartymi na procesach naturalnych: **NBS – Nature Based Solutions**. W dłuższej perspektywie **powszechne wdrożenia NBS może zapewnić stabilność ekonomiczną produkcji rolniczej oraz zapewnić lepszą ochronę środowiska przyrodniczego**.



Gleby - ważnym globalnie rezerwuarem różnorodności biologicznej

- **Gleby są ważnym globalnie rezerwuarem różnorodności biologicznej**, w którym znajduje się co najmniej jedna czwarta wszystkich żywych organizmów na naszej planecie. Są środowiskiem życia wielu organizmów, takich jak: bakterie, grzyby, dżdżownice, wazonkowce, nicienie, stonogi, wiję, skoczogonki, owady i ich larwy, roztocza i wiele innych.
- Zdolność gleb do świadczenia usług ekosystemowych w dużym stopniu zależy od jej różnorodności biologicznej, do tego stopnia, że bioróżnorodność gleby jest często uznawana za podstawę bezpieczeństwa gleby.
- Uważa się, że gleby o większej różnorodności biologicznej mają wrodzoną odporność na zmiany wywołane różnymi czynnikami biotycznymi i abiotycznymi co jest kluczowe przy odbudowie mikrobiomu po powodzi.
- **Utrata różnorodności biologicznej może prowadzić do obniżenia odporności gleby na degradację i jej obniżonej zdolności do regeneracji po powodzi.**

Rola mikroorganizmów w jakości gleb i plonowaniu roślin



Mikroorganizmy glebowe pełnią ważną rolę w środowisku glebowym, ze względu na procesy zachodzące z ich udziałem. Ich zadania polegają między innymi na:

- rozkładzie materii organicznej,
- wiązaniu azotu atmosferycznego,
- stabilizacji agregatów glebowych,
- udostępnianiu roślinom składników pokarmowych,
- powstawaniu humusu glebowego oraz detoksykacji szkodliwych substancji w środowisku glebowym.



Każdy rodzaj drobnoustrojów stanowi unikalną niszę i odgrywa inną rolę w środowisku glebowym. Tylko gleby o odpowiednich właściwościach chemicznych i fizycznych oraz cechujące się wysoką aktywnością mikrobiologiczną mogą zagwarantować roślinom odpowiednie warunki wzrostu i rozwoju.



Rola drobnoustrojów w utrzymaniu zdrowia gleby



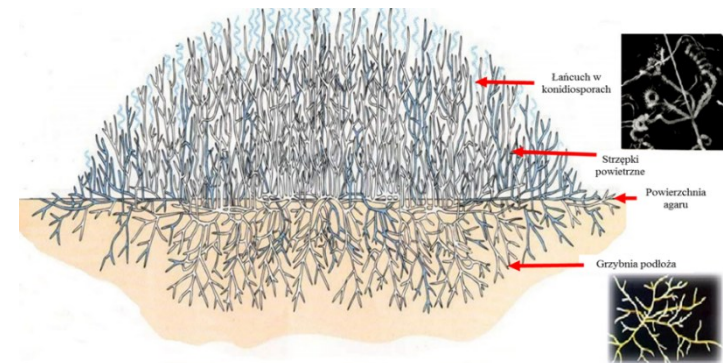
Chociaż rola drobnoustrojów w utrzymaniu zdrowia gleby i przyczynianiu się do wydajności upraw jest szeroko opisywana w pracach naukowych, to procesy biologiczne w glebie są trudne do zaobserwowania i zdefiniowania.

Funkcje pełnione przez mikroorganizmy są dynamiczne, złożone i trudne do interpretacji w praktyce, szczególnie w interakcji z rozwojem roślin. **Różnorodność biologiczna gleby jest zatem pojęciem złożonym**, które trudno jest zamknąć w ścisłych ramach jednego czynnika badań. Z kolei realistyczna ocena roli bioróżnorodności gleby jest pilnie potrzebna, aby lepiej zrozumieć potencjalne konsekwencje lub korzyści wynikające ze zmian różnorodności biologicznej gleby.

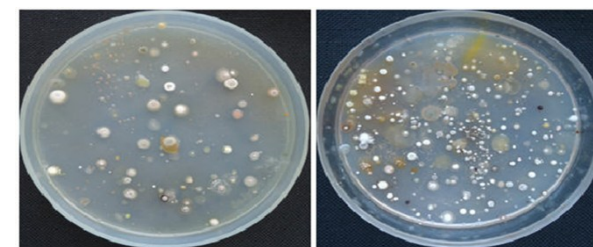


Promieniowce jako istotny element bioróżnorodności środowiska glebowego

- Najszerzej rozpowszechnioną grupą mikroorganizmów w naturze, które głównie zamieszkują gleby są promieniowce.
- Te tlenowe, Gram-dodatnie bakterie uważane są za organizmy niezwykle istotne biotechnologicznie z uwagi na wytwarzanie szeregu substancji bioaktywnych, o działaniu przeciwwgrzybiczym, przeciwpasożytniczym, przeciwnowotworowym oraz przeciwbakteryjnym.
- Promieniowce dobrze znane z produkcji szerokiej gamy metabolitów wtórnych o różnych wartościach medycznych odgrywają **również istotną rolę w środowisku glebowym**.
- Uczestniczą w obiegu materii organicznej, hamowaniu wzrostu patogenów roślinnych w ryzosferze, biologicznym buforowaniu gleb (zdolności gleby do utrzymania stabilnego poziomu pH), biologicznej kontroli środowiska glebowego poprzez wiązanie azotu i degradację związków o wysokiej masie cząsteczkowej.
- Dodatkowo poprawiają dostępność składników nawozowych, mikroelementów oraz promują wzrost i prawidłowy rozwój roślin.



Kolonia promieniowców rosnąca na agarze
(źródło: Li i in., 2015)



Różnorodność kolonii promieniowców na agarze SCN – z ang. Starch Casein
(źródło: Kekuda i in., 2015)



Promieniowce jako istotny element bioróżnorodności środowiska glebowego



W celu izolacji promieniowców można stosować różne metody i podłoża. Niektórzy autorzy podają iż, promieniowce odznaczają się niewielkimi wymaganiami jeśli chodzi o ich wzrost na podłożach w warunkach laboratoryjnych.

Z kolei inni informują, iż mimo nieskomplikowanego procesu izolacji promieniowców bytujących w glebie, nie udaje się ich wyhodować w warunkach laboratoryjnych. Jest to spowodowane specyficznymi wymaganiami środowiskowymi promieniowców, a także wzajemnymi oddziaływaniami z innymi mikroorganizmami, do jakich dochodzi w miejscu ich bytowania.

Z badań naukowców wynika, że wciąż trwają prace nad udoskonaleniem podłoży i metod hodowli promieniowców w warunkach laboratoryjnych. Autorzy podają, iż szczepy izolowane ze środowiska glebowego coraz częściej wysiewa się na płytki z podłożem zawierającym kwasy humusowe.

Wzbogacanie podłoży jest jedną ze skutecznych metod pod względem osiągania różnorodności i liczności hodowanych bakterii. W celu zapewnienia niezbędnych warunków wzrostu i rozwoju bakterii, **podłoża muszą spełniać określone funkcje i wymagania bakterii.** Podłoża mogą się znacząco różnić od siebie, lecz nie może w nich zabraknąć przyswajalnych form pierwiastków biogennych, źródeł energii, soli mineralnych, mikroelementów, witamin czy aminokwasów.



PODŁOŻA MIKROBIOLOGICZNE

- Istnieje wiele kryteriów wyboru i podziału pożywek dla różnych grup mikroorganizmów zasiedlających środowisko glebowe, w oparciu o: skład chemiczny pożywek, wymagania pokarmowe drobnoustrojów, cel analizy (ogólna liczebność, szybki wzrost, identyfikacja czystych kultur, itp.), czy konsystencję potrzebną do hodowli (płynna, półpłynna, stała). Ze względu na charakter chemiczny pożywki możemy podzielić na naturalne, syntetyczne, półsyntetyczne.



Metody płytkowe pozwalają m.in. na wstępną identyfikację bakterii poprzez określenie ich właściwości i adaptacji do wzrostu na różnego rodzaju podłożach oraz stanowią istotne źródło materiału badawczego do dalszych badań np. badań molekularnych oraz badań nad potencjałem biostymulacyjny izolatów bakteryjnych mogących mieć wpływ na odbudowę mikrobiomu glebowego po powodzi.

APARATURA LABORATORYJNA

- Warto również pamiętać, że oprócz podłoży, kluczowe znaczenie mają także inne elementy wyposażenia laboratorium, takie jak **urządzenia przeznaczone do sterylizacji (autoklaw)**, **urządzenia inkubacyjne (komora do namnażania/cieplarka)** czy **sprzęt laboratoryjny (np. licznik kolonii)**, które wspierają rozwój bakterii i służą do oceny jednostek tworzących kolonie w kontrolowanych warunkach.
- Wybór odpowiedniego podłoża, wraz z prawidłowym ustawieniem parametrów hodowli, to kroki, które umożliwiają osiągnięcie **dokładnych i powtarzalnych** wyników w badaniach mikrobiologicznych.





Rola promieniowców w środowisku glebowym

- **Promieniowce stanowią najliczniejszą grupę organizmów w glebie, które tworzą w glebie nitkowate włókna.** Ich obecność powoduje charakterystyczny tzw. „ziemisty” zapach świeżo obróconej, zaoranej lub wilgotnej gleby.
- Promieniowce odgrywają niezwykle istotną rolę w obiegu materii organicznej, hamowaniu wzrostu patogenów roślinnych w ryzosferze, rozkładaniu złożonych substancji chemicznych w martwym materiale roślinnym, zwierzęcym i grzybowym, wytwarzaniu wielu enzymów.
- Jak donoszą dane literaturowe promieniowce wnoszą wkład w biologiczną zdolność do utrzymywania stałego pH gleby, utrzymują biologiczną kontrolę środowiska glebowego poprzez wiązanie azotu atmosferycznego czy degradację związków o wysokiej masie cząsteczkowej.
- Ponadto poprawiają dostępność składników odżywczych, zwiększają produkcję metabolitów oraz regulatorów wzrostu roślin. Wspomagają utrzymanie właściwego stanu środowiska glebowego poprzez udział w tworzeniu próchnicy glebowej i stabilizowaniu struktury gleby, co w konsekwencji pozwala ograniczyć straty związków mineralnych, które wolniej wypłukują się z gleby.





Rola promieniowców w środowisku glebowym

Z dostępnych danych wiadomo, iż promieniowce stanowią około 10% flory mikrobiologicznej ziemi. Ponadto próby odkrywania naturalnych produktów jako środków biokontroli w uprawie roślin są coraz powszechniejsze. Wśród promieniowców, prym wiodą **bakterie z rodzaju *Streptomyces***, które wydają się być łatwo dostępnym naturalnym wyborem w regeneracji gleb.

CO WIĘCEJ !!! **Promieniowce, takie jak *Streptomyces spp.*, posiadają szereg mechanizmów biostymulacyjnych** (produkcja sideroforów, solubilizacji fosforu, wytwarzają szereg enzymów glebowych, w tym amylazę, chitynazę, celulazę, inwertazę, lipazę, keratynazę, peroksydazę, pektynazę, proteazę, fitazę i ksylanazę, które przekształcają złożone składniki odżywcze w prostsze formy mineralne) wpływających na procesy regeneracji.

Rynek oferuje szereg produktów mikrobiologicznych zawierających te wyselekcjonowane mikroorganizmy, które odgrywają kluczową rolę w odbudowie ekosystemu, co prowadzi do poprawy zdrowotności uprawy.





Promieniowce jako element stymulowania odporności roślin

Dane literaturowe i badania własne informują o **skuteczności zastosowania promieniowców** (np. z rodzaju *Streptomyces*) do regeneracji gleb.

- Zwiększenie plonowania w warunkach stresu suszowego/wodnego,
- Odbudowa mikrobiomu w glebie narażonej na degradację,
- Poprawa struktury, żyzność i urodzajności gleb,
- Ochrona roślin przed patogenami,
- Uczestniczenie w rozkładzie materii organicznej i przekształcaniu niedostępnych związków mineralnych w formy łatwo przyswajalne przez rośliny.



Bakterie z rodzaju *Azotobacter*



Informacje ogólne

- Bakterie tlenowe;
- Grupa wolno żyjących diazotrofów (wiążą N_2);
- Zasiedlają wiele środowisk, takich jak: gleba, woda, osady ściekowe, powierzchnie korzeni i liści; występują w różnych strefach klimatycznych;
- **Wrażliwe na kwaśny odczyn środowiska - rzadko występują w glebach o pH poniżej 6.**

Znaczenie w glebie

- Wiązanie azotu atmosferycznego i udostępniania go roślinom wyższym w formie przyswajalnej; wspomaganie wzrost roślin przede wszystkim poprzez poprawę ich zaopatrzenia w azot. P
- Syntetyzują i wydzielają znaczne ilości substancji biologicznie czynnych stymulujących wzrost i rozwój roślin, tj.: auksyny, gibereliny, cytokiny, witaminy z grupy B (kwas nikotynowy, kwas pantotenowy) i siderofory;
- Solubizacja fosforu, potasu, cynku;
- Hamowanie wzrostu patogenów;
- Niektóre szczepy bakterii z rodzaju *Azotobacter* wytwarzają substancje wzrostowe, które stymulują rozwój roślin i zwiększają ich odporność na stres.

Przykłady

- *Azotobacter chroococcum*;
- *Azotobacter vinelandii*.



Bakterie z rodzaju *Rhizobium*

Informacje ogólne

- Bakterie tlenowe;
- Popularna nazwa „rizobia” po łacinie oznacza „żyjący w korzeniach”;
- Bakterie brodawkowe, bakterie symbiotyczne – współżyją z roślinami bobowatymi, powodując powstawanie na ich korzeniach brodawek.

Znaczenie w glebie

- Wiążą azot atmosferyczny w symbiozie z korzeniami roślin bobowatych;
- Proces biologicznego wiązania azotu atmosferycznego dostarcza corocznie do gleb uprawnych około 139–170 mln ton tego pierwiastka, z czego ilość azotu związanego przez bakterie występujące w układach symbiotycznych stanowi około 70–80%.
- Zaprawianie nasion bakteriami *Rhizobium* zwiększa ich zdolność do kiełkowania, wschodów i wzrostu.
- Szczepienie nasion bakteriami brodawkowymi, np. z preparatami zawierającymi *Rhizobium*, może poprawić plony roślin bobowatych



Bakterie z rodzaju *Bacillus*



Informacje ogólne

- Tlenowe bądź fakultatywnie beztlenowe bakterie;
- Tworzą formy przetrwalnikowe;
- Zarodniki odporne na czynniki fizyczne i chemiczne, takie jak: ciepło, zimno, wysychanie, promieniowanie UV i jonizujące, środki dezynfekujące, antybiotyki;
- Posiadają szerokie spektrum właściwości: wykorzystywane w biotechnologii i przemyśle.

Znaczenie w glebie

- Ochrona roślin - produkcja związków przeciwbakteryjnych, przeciwinsektycydowych i przeciwgrzybowych
- Produkcja fitohormonów
- Zwiększanie dostępności składników odżywczych dla rośliny lub innych bakterii;
- Produkcja substancji zwiększających odporność roślin na stres;
- Interakcje z symbiotycznymi bakteriami i grzybami;
- Bioremediacja gleb

Przykłady

- *B. subtilis*;
- *B. circulans*, *B. cereus*, *B. licheniformis*.



Bakterie solubilizujące fosforany

Informacje ogólne

- Grupa bakterii glebowych, głównie ryzosferowych, zdolna hydrolizować fosfor organiczny;
- Stanowią od 1 do 50% całkowitej populacji mikroorganizmów solubilizujących fosforany w glebie.

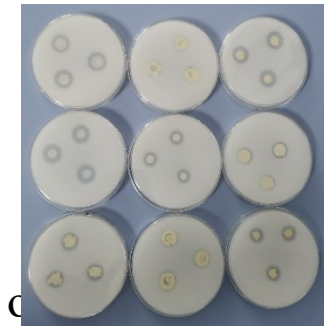
Znaczenie w glebie

- Hydroliza fosforu organicznego i nieorganicznego do postaci rozpuszczalnych, dzięki czemu staje się dostępny dla roślin;
- Zwiększenie puli dostępnego P dla roślin i innych organizmów;
- Produkcja fitohormonów;
- Pobudzanie odporności roślin na stresy.

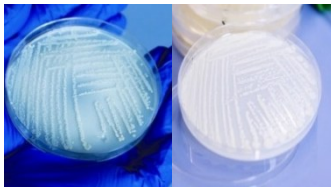
Przykłady

Azospirillum, Bacillus, Pseudomonas, Azotobacter, Nitrosomonas, Erwinia, Serratia, Rhizobium, Xanthomonas, Enterobacter, Pantoea, Bacillus, Streptomyces, Micrococcus, Enterobacter, Flavobacterium

Badania przesiewowe i izolacja bakterii potencjalnie solubilizujących fosforany zostały pierwszy raz udokumentowane przez Pikovskaya w 1948 roku. Odczyn pożywki został ustalony na poziomie pH 7. Medium to w swoim składzie zawiera nierozpuszczalny fosforan tri- lub biwapniowy, dzięki czemu umożliwia ocenę występowania bakterii solubilizujących fosforany.



Bakterie na stałym podłożu agarowym wykazujące cechy bakterii solubilizujących fosforany z widoczną strefą „halo” na medium według metody Pikovskaya



Bakterie solubilizujące fosforany

- Stosowanie bakterii solubilizujących fosforany stanowi niezwykle atrakcyjną metodę zwiększania skuteczności remediacji gruntów, w tym szczególnie silnie zanieczyszczonych metalami.
- Wynika to między innymi z ich potencjału do promowania wzrostu i rozwoju roślin w warunkach stresu abiotycznego oraz wspomnianych zdolności uruchamiania słabo rozpuszczalnych form fosforu.
- PSB posiadają również inne cenne cechy, takie jak wiązanie azotu atmosferycznego, co przy często ograniczonych możliwościach nawożenia remediowanych obszarów stanowi źródło azotu dla roślin.
- Należy podkreślić, iż potencjał bakterii do solubilizacji fosforu może mieć również znaczenie dla biodostępności metali.
- Zwiększone ilości jonów fosforu w glebie sprzyjają wytrącaniu się nierozpuszczalnych fosforanów ołowiu, co ogranicza biodostępność tego toksycznego pierwiastka.



Składowisko odpadów pchutniczych w
Piekarach Śląskich

Bakterie kwasu mlekowego

Informacje ogólne

- Bakterie względnie beztlenowe;
- Grupa bakterii zdolnych do beztlenowej fermentacji mlekowej;
- Zwiększona tolerancja na kwasowość;
- Produkcja wielu metabolitów.

Znaczenie w glebie

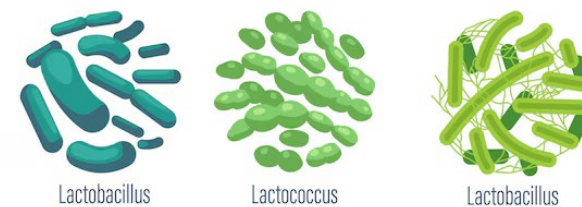
- Aktywność przeciwdrobnoustrojowa: przeciwgrzybowa i przeciwbakteryjna;
- Obniżenie pH.
- Poprawiając jakość gleby i wzrost roślin.
- Ich działanie obejmuje zwiększanie żyzności gleby, kontrolę patogenów, przyspieszenie rozkładu materii organicznej i wspieranie ukorzeniania roślin.
- Poprawiają dostępność składników odżywczych w glebie, co może zmniejszyć potrzebę stosowania nawozów sztucznych
- Zwiększają zawartość próchnicy, co przyczynia się do lepszej struktury gleby i jej zdolności do zatrzymywania wody

Przykłady

- *Lactobacillus*; *Enterococcus*; *Pediococcus*;
Lactococcus; *Leuconostoc*.

Przyspieszenie rozkładu materii organicznej: wytwarzają kwas mlekowy, który przyspiesza proces kompostowania i rozkład substancji organicznych w glebie, co zwiększa jej zawartość próchnicy

Bakterie kwasu mlekowego są cenionymi mikroorganizmami w glebie, które odgrywają kluczową rolę w utrzymaniu jej zdrowia i żyzności, a także w poprawie wzrostu i odporności roślin



Mikroorganizmy glebowe

- Mikroorganizmy glebowe są niezwykle liczne i charakteryzują się dużym zróżnicowaniem taksonomicznym i funkcjonalnym.
- Organizmy te różnią się wyglądem, zdolnością do przeprowadzania przemian biochemicznych, zdolnością do wzrostu w różnych środowiskach oraz interakcjami z innymi organizmami.
- Dzięki nim zachodzą ważne procesy glebowe związane z rozkładem materii organicznej, dostępnością składników pokarmowych oraz wzrostem i rozwojem roślin.
- Ponadto biorą udział w zapobieganiu procesom erozyjnym tworząc właściwą strukturę gleby oraz wspomagają ochronę roślin przed patogenami.

Mikroorganizmy glebowe są zatem ważnym komponentem każdego środowiska glebowego

Rozkład materii organicznej:

Bakterie i grzyby rozkładają martwą materię organiczną, uwalniając proste związki, które mogą być przyswajane przez rośliny.

Wiązanie azotu:

Niektóre bakterie (np. *Rhizobium*) wiążą azot atmosferyczny i przekształcają go w formę dostępną dla roślin, co jest kluczowe dla ich wzrostu i rozwoju.

Uwalnianie składników pokarmowych:

Mikroorganizmy uwalniają składniki pokarmowe z minerałów, czyniąc je przyswajalnymi dla roślin.

Stymulacja wzrostu:

Niektóre mikroorganizmy produkują substancje, które stymulują wzrost roślin, np. auksyny, które zwiększają aktywność enzymów.

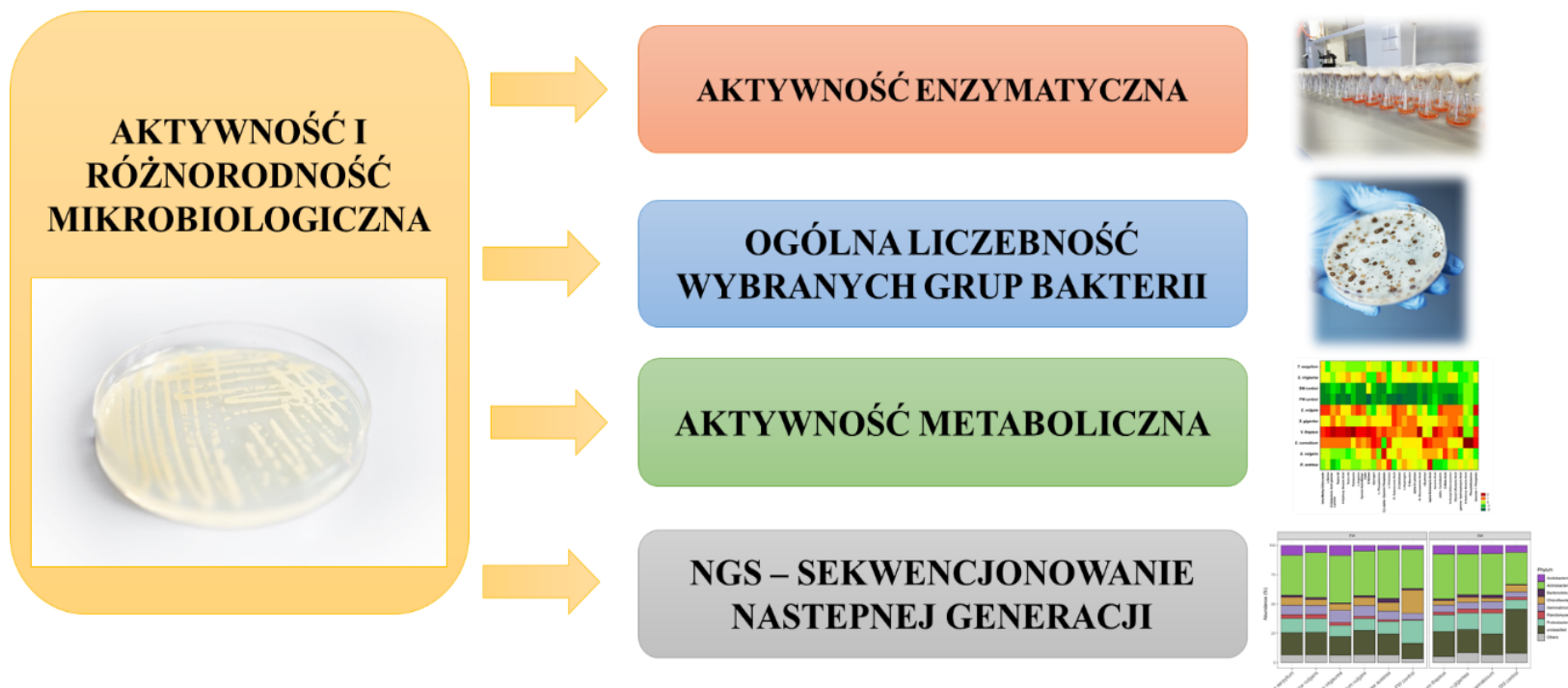
Ochrona przed patogenami:

Pożyteczne mikroorganizmy mogą hamować wzrost patogenów glebowych, chroniąc rośliny przed chorobami.

Mikroorganizmy glebowe

Funkcje, różnorodność oraz liczebność mikroorganizmów w glebie zależą od wielu czynników środowiskowych, takich jak: struktura gleby, jej właściwości chemiczno-fizyczne, dostępność składników odżywczych, warunki pogodowe, oraz zabiegi rolnicze.

Kompleksowa ocena właściwości mikrobiologicznych gleb jest kluczowa dla oceny aktualnego stanu gleb



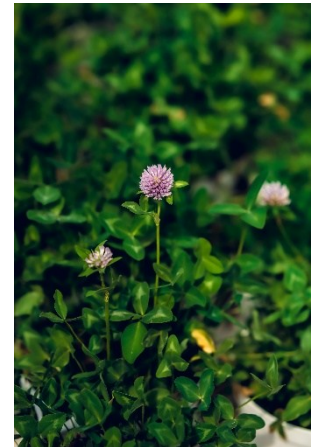
Bakterie wspomagające wzrost roślin (PGPR, ang. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria)

Jak wszystkie żywe organizmy, drobnoustroje glebowe potrzebują dostępu do składników odżywczych i wody, dlatego mają tendencję do koncentrowania się w pobliżu źródeł materii organicznej gleby. Biomasa i różnorodność drobnoustrojów są zwykle znacznie większe w glebie bezpośrednio otaczającej korzenie tzn. w strefie ryzosferowej roślin.

PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) można traktować jako niezwykle istotną część mikrobiomu glebowego. Bakterie, które mogą promować wzrost roślin, obejmują zarówno gatunki wolno żyjące, jak i bakterie endofityczne, kolonizujące części tkanek roślin.

Niektóre z procesów przeprowadzanych przez bakterie, mających znaczenie dla zdrowia gleby i roślin obejmują:

- solubilizację fosforanów (Pikovskaya, 1948);
- produkcję hormonów roślinnych (Wani i in. 2007a);
- wiązanie azotu atmosferycznego (Zaidi 1999);
- działanie antagonistyczne (Compant i in., 2005);
- produkcję sideroforów (Wani i in. 2007b i 2008);
- produkcję antybiotyków (Wani i in. 2007b i 2008);
- produkcję cyjanowodoru (Wani i in. 2007b i 2008);
- zdolność do syntezy deaminazy (ACC) (Madhaiyan i in. 2007);
- inaktywację zanieczyszczeń glebowych (Madhaiyan i in. 2007).



Bakterie wspomagające wzrost roślin (PGPR, ang. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria)

W związku z potrzebą zmniejszenia wykorzystania syntetycznych środków produkcji, zgodnie ze strategią m.in. Unii Europejskiej, oraz wdrażaniem bardziej zrównoważonych systemów produkcji rolniczej, wykorzystanie PGPR staje się alternatywą dla dotychczasowych praktyk.

Obecnie na świecie znanych jest kilkadziesiąt szczepów bakterii określanych mianem PGPR. Bakterie te mogą potencjalnie znaleźć szerokie spektrum zastosowania w rolnictwie, ogrodnictwie, sadownictwie oraz leśnictwie. Według dostępnych danych literaturowych wśród bakterii promujących wzrost roślin możemy wyróżnić bakterie z rodzaju: *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Streptomyces*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Burkholderia* i *Serratia*, *Agrobacterium*, *Xanthomonas*, *Acetobacter*, *Acinetobacter*, *Micrococcus*, *Rhodobacter*, *Rhodospirillum*, *Clostridium* itp.

Należy podkreślić, iż na skuteczność PGPR jako inokulantów w uprawach rolniczych mają wpływ różne czynniki środowiskowe oraz zdolność tych bakterii do kolonizacji korzeni roślin i stan gleby. Wydajność kolonizacji korzeni przez PGPR jest ściśle związana z konkurencją pomiędzy mikroorganizmami oraz zdolnością wprowadzonych szczepów do przetrwania w określonych warunkach glebowych.

Mikroorganizmy glebowe



BAKTERIE NA
SKOSACH
AGAROWYCH



BAKTERIE ZABEZPIECZONE W FORMIE
LIOFILIZATÓW



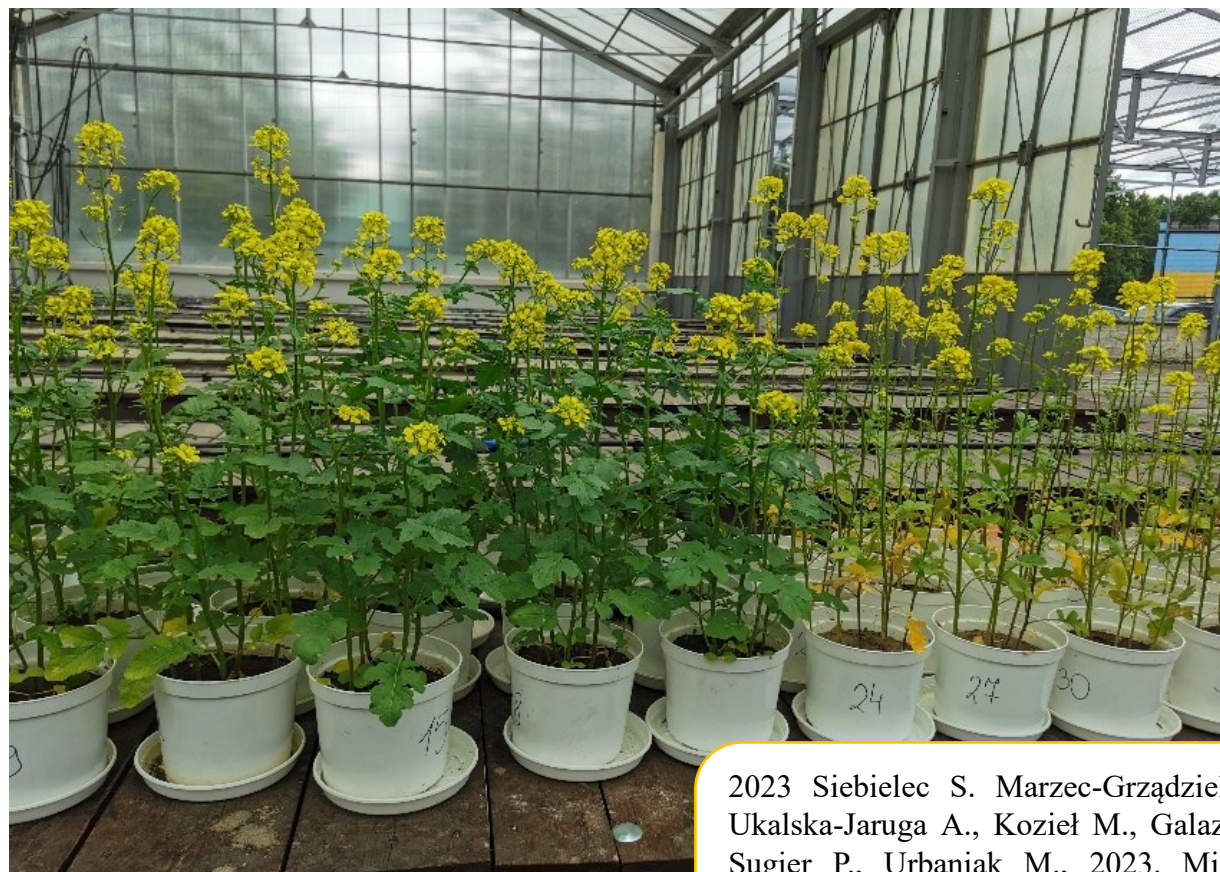
BAKTERIE NA
POŻYWCĘ
PŁYNNEJ

Wpływ egzogennej materii organicznej i bakterii na retencję wody – przykłady badań własnych

DOŚWIADCZENIA Z EGZOGENNĄ MATERIAŁ ORGANICZNĄ



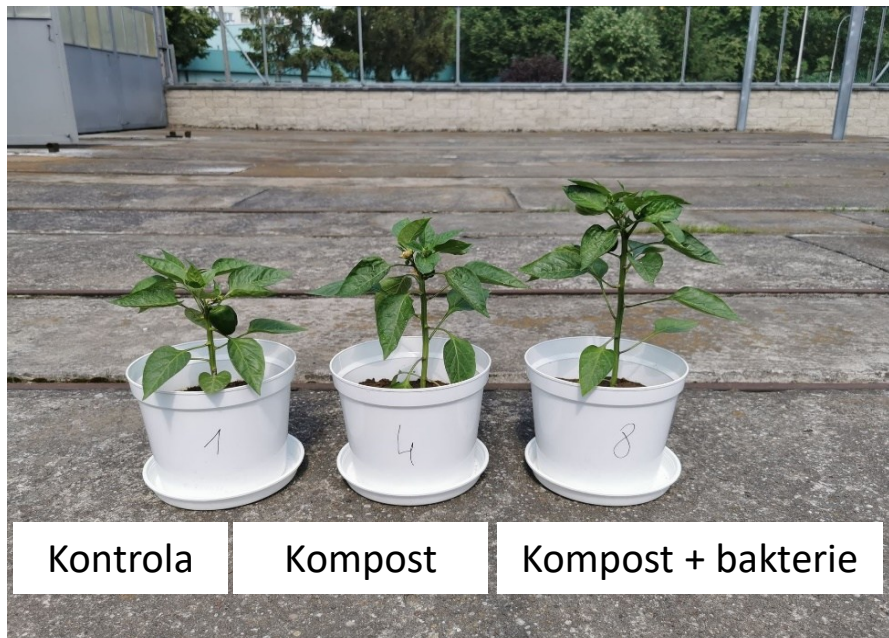
2018 G.Siebielec, S. Siebielec, D.Lipski. Long-term impact of sewage sludge, digestate and mineral fertilizers on plant yield and soil biological activity. *Journal of Cleaner Production* 187 (2018), pp.372-379.



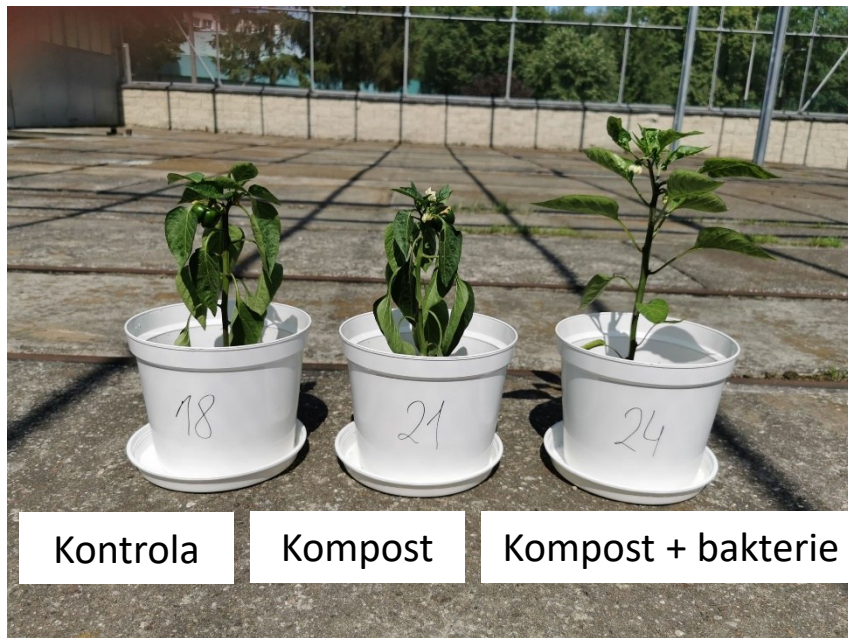
2023 Siebielec S. Marzec-Grządziel A., Siebielec G., Ukalska-Jaruga A., Kozieł M., Galazka A., Przybyś M., Sugier P., Urbaniak M., 2023. Microbial Community Response to Various Types of Exogenous Organic Matter Applied to Soil. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(19):14559



DOŚWIADCZENIA Z EGZOGENNĄ MATERIAŁĄ ORGANICZNĄ



Optymalna wilgotność



Niedobór wody

Prowadzenie prace przedwdrożeniowych: Inkubator Innowacyjności 4.0 -
zgłoszenie patentowe.

Numer zgłoszenia: P.449216

**Program „Inkubator
Innowacyjności 4.0”**

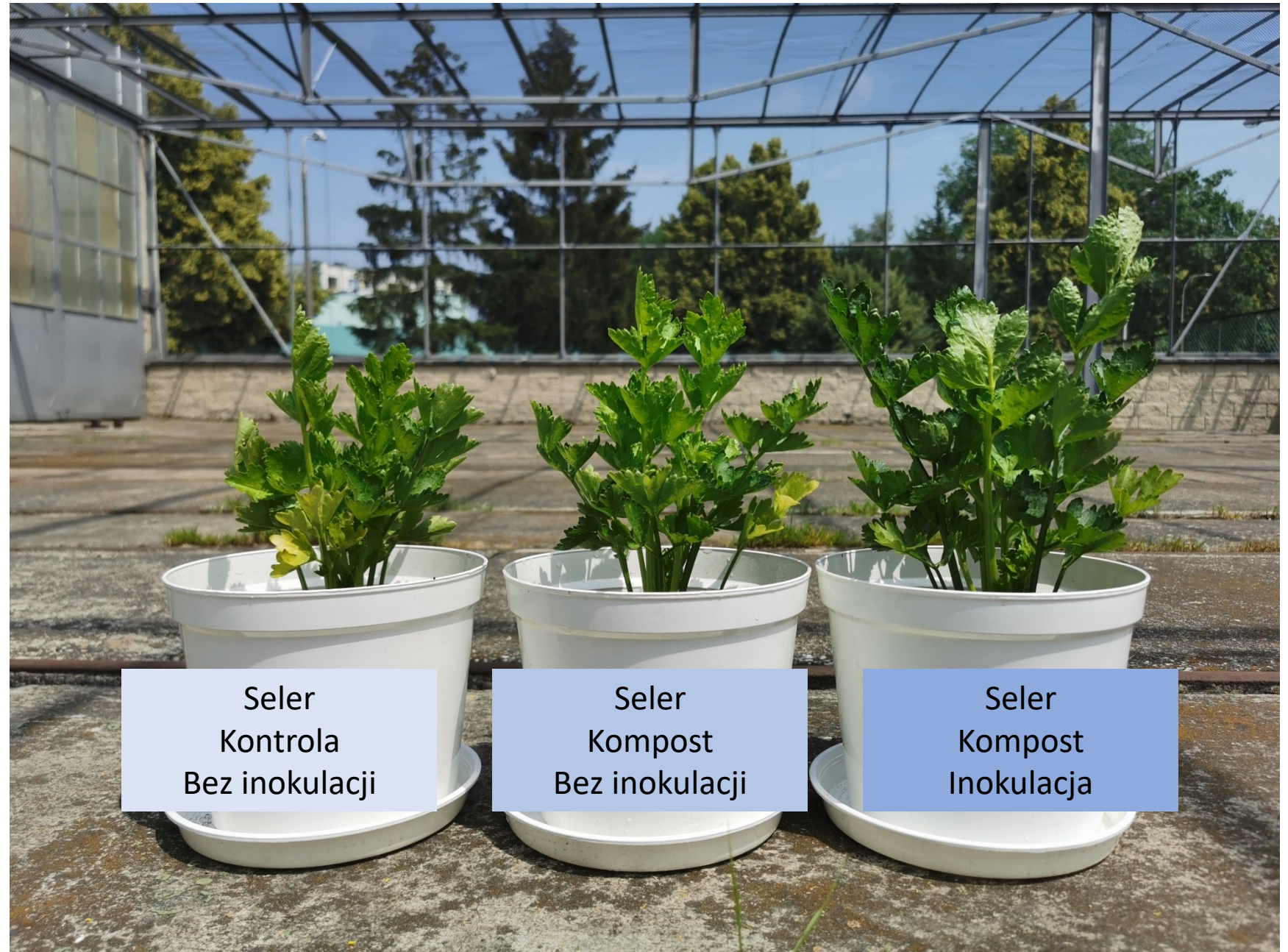
„Opracowanie innowacyjnej
technologii wytwarzania
wzbogaconych
mikrobiologicznie bionawozów
wspomagających rozwój warzyw
selerowatych oraz papryki w
warunkach suszy”

**Wpływ materii organicznej i
aktywności bakterii na
odporność roślin na suszę**

Program „Inkubator Innowacyjności 4.0”

„Opracowanie innowacyjnej
technologii wytwarzania
wzbogaconych
mikrobiologicznie bionawozów
wspomagających rozwój warzyw
selerowatych oraz papryki w
warunkach suszy”

**Wpływ materii organicznej i
aktywności bakterii na
odporność roślin na suszę**



**”Opracowanie INNOwacyjnej technologii wytwarzania wzbogaconych
MIKrobiologicznie bionawozów wspomagających
zrównoważoną produkcję roślinną i jej adaptację do zmian klimatu”**

Doświadczenia polowe i poletkowe



Zakłady doświadczalne KEPA IUNG

**”Opracowanie INNOwacyjnej technologii wytwarzania wzbogaconych
MIKrobiologicznie bionawozów wspomagających
zrównoważoną produkcję roślinną i jej adaptację do zmian klimatu”**



Fotografia: Efektywność bionawozu w stosunku do kontroli - warunki optymalne: 105 - kontrola; 89 - bakterie i poferment 2 oraz warunki o obniżonej dostępności wody w podłożu 111 - bakterie i poferment 2; 124 - kontrola



Fotografia: Efektywność bionawozu w stosunku do kontroli - warunki optymalne

105 - kontrola; 89 - bakterie i poferment 2 oraz warunki o obniżonej dostępności wody w podłożu 115 - bakterie i kompost 2; 124 - kontrola

**”Opracowanie INNOwacyjnej technologii wytwarzania wzbogaconych
MIKrobiologicznie bionawozów wspomagających
zrównoważoną produkcję roślinną i jej adaptację do zmian klimatu”**

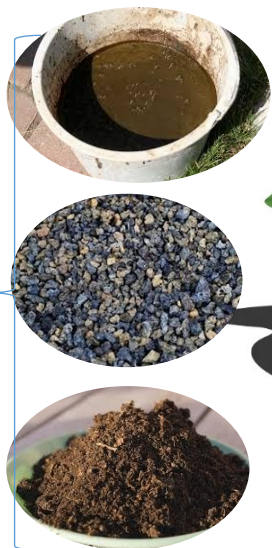


Fotografia: Efektywność bionawozu w stosunku do kontroli - warunki optymalne 63 - kontrola; 45 - bakterie i poferment 1



Fotografia: Wielkość kłosu pszenicy - warunki o obniżonej dostępności wody w podłożu 67 - bakterie i poferment 2; 84 - kontrola

Pochodzenie izolatów



Izolacja bakterii

Metoda rozcieńczeń glebowych

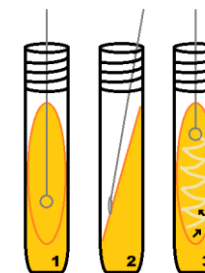


Pasaż bakterii

Posiew redukcyjny (doczyszczanie kolonii bakteryjnych)



Szalki Petriego – podłoże stałe



Skosy agarowe – podłoże stałe



Kolba miarowa – podłoże płynne

Aplikacja inokulum do gleby

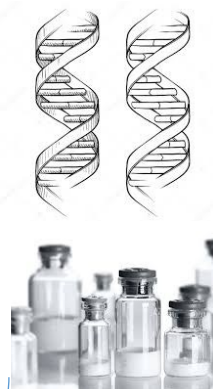
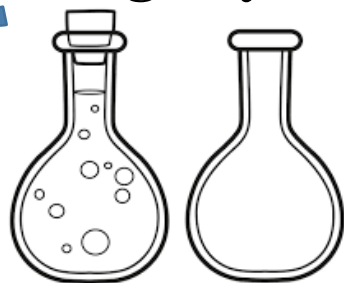
Wariant z nośnikiem



Wariant bez nośnika



Przygotowanie inokulum



Izolacja i identyfikacja

Liofilizacja



Hodowle płynne

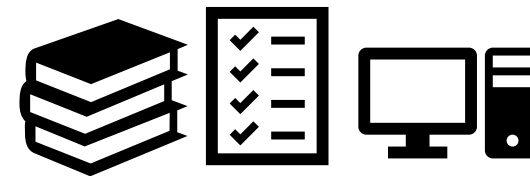


Hodowle na podłożu stałym



Namnażanie czystych kultur

- **Inkubacja** (inkubator mikrobiologiczny)
- **Wytrząsanie** (wytrząsarka mikrobiologiczna z regulacją temperatury)
- Przechowywanie** (lodówka/cieplarka)



- Li Q., Chen X, Jiang Y., Jiang C., 2015. Morphological Identification of Actinobacteria. <https://doi.org/10.5772/61461>
- Siebielec S., Siebielec G., Bioróżnorodność gleb. zagrożenia dla jakości gleb w Polsce część II. Program Wieloletni 2016-2020 Zagrożenia dla jakości gleb w Polsce Część II Wspieranie działań w zakresie ochrony i racjonalnego wykorzystania rolniczej przestrzeni produkcyjnej w Polsce oraz kształtowania jakości surowców roślinnych 64(18) Puławy 2020.
- Siebielec S., Wozniak M., Siebielec G., Promieniowce jako istotny element bioróżnorodności środowiska glebowego. Przegląd wybranych wskaźników do oceny bioróżnorodności i aktywności mikroorganizmów glebowych : monografia naukowa, 2020
- Kekuda P. T. R., Onkarappa R., Gautham S. A., Mesta S. C., Raghavendra H. L., 2015. Antimicrobial, Antioxidant and Cytotoxic Activity of Streptomyces species from Western Ghat Soils of Karnataka, India. Science Technology and Arts Research Journal, 4(2): 164-180.
- Solecka J., Ziemska J., Rajnisz A., Laskowska A., Guśpiel A., 2013. Promieniowce występowanie i wytwarzanie związków biologicznie czynnych. Postępy Mikrobiologii 52(1): 83–91.
- Kumar N., Singh R.K., Mishra S.K, Singh A.K., Pachouri U.C., 2010. Isolation and screening of soil Actinomycetes as a source of antibiotics active against bacteria. International Journal of Microbiology Research, 2: 12–16.
- Kumar R. R., Jadeja V. J., 2016. Isolation of Actinomycetes: A Complete Approach. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 5(5): 606-618.
- Kuster E. (1968). The actinomycetes. In: Soil Biology, Burges A., Raw F. (eds), Academic Press, London, pp. 111-124.
- Olanrewaju O. S., Babalola O. O., 2019. Streptomyces: implications and interactions in plant growth promotion. Applied Microbiology and Biotechnology 103; 1179–1188, <https://doi.org/10.1007/s00253-018-09577-y>.
- Chukwuneme C. F., Babalola, O. O., Kutu F. R., Ojuederie O. B., 2020. Characterization of actinomycetes isolates for plant growth promoting traits and their effects on drought tolerance in maize. Journal of Plant Interactions, 15: 93-105.
- Bertrand J.C., Caumette P., Lebaron P., Matheron R., Normand P., 2011. Microbial ecology: Microbiology of natural and anthropized environments. Presses universitaires de Pau et des Pays de l'Adour, s. 1-933. doi:10.1007/978-94-017-9118-2.
- Six J., Bossuyt H., Degryze S., Denef K., 2004. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. Soil and Tillage Research, 79:7–31. doi:10.1016/j.still.2004.03.008.
- Zdjęcia z kolekcji własnej prowadzonej w ramach realizowanych projektów oraz ze źródeł internetowych (<https://beskidzywiec.pl/?p=879>; <https://www.sadownictwo.com.pl/obornik-na-polu-potwierdzasz-aplikacja-internetowa>; <https://www.ekologia.pl/dom-i-ogrod/obornik-wlasciwosci-sklad-i-zastosowanie-obornika/>; <https://wiescirolnicze.pl/powodz-2024-ile-hektarow-zostalo-zniszczonych/>).

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

