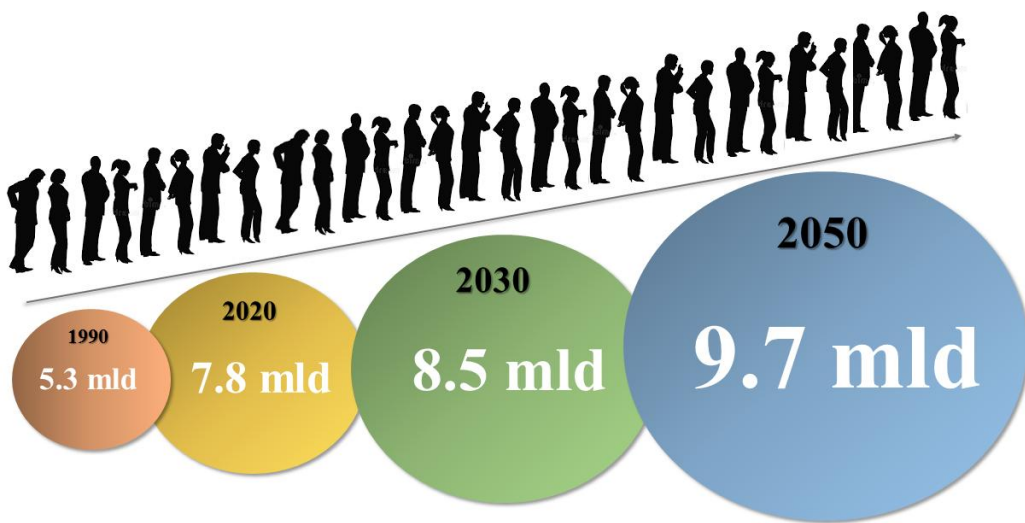


Opracowanie strategii doboru mikroorganizmów do biopreparatów rolniczych z uwzględnieniem wpływu stresu zmiennej wilgotności

dr Małgorzata Woźniak





„Musimy lepiej wykorzystywać dostępne zasoby, aby produkować więcej żywności z gruntów rolnych, którymi dysponujemy już teraz”

Tobias Erb,

Dyrektor i kierownik grupy badawczej w Instytucie Mikrobiologii Ziemi im. Maxa Plancka
w Marburgu



AMBITNE CELE...

KOSZTY ŚRODOWISKOWE



ZYSKI EKONOMICZNE



„Świeża” Zielona Rewolucja



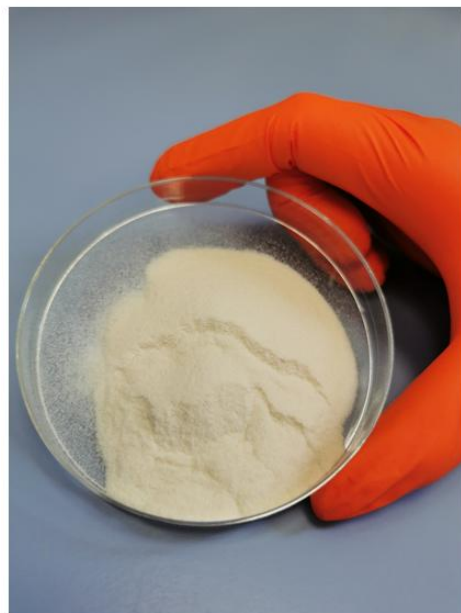
„Biorewolucja”



Biopreparaty

Nazwa „biopreparat” pochodzi od greckiego słowa bios, czyli „życie” i łacińskiego preparatum, oznaczającego przygotowanie

To preparat zawierający żywe mikroorganizmy, bądź ich formy przetrwalne i odpowiednio przygotowane produkty ich metabolizmu



w formie proszku



w formie granulek



w formie płynu

Mikroorganizmy są podstawą nowoczesnych biopreparatów rolniczych: biostymulatorów, preparatów mikoryzowych, probiotyków glebowych czy biologicznych środków ochrony roślin.

Ich skuteczność zależy od tego, czy potrafią **przetrwać warunki polowe**, które są często zmienne.



Jednym z największych wyzwań jest **stres związany ze zmienną wilgotnością gleby**: przesuszanie, szybkie nawodnienie, cykle susza–zalanie.



Susza powoduje uszkodzenia błon komórkowych, spowolnienie metabolizmu i obumieranie wrażliwych szczepów.

Nagle nawodnienie może prowadzić do szoku osmotycznego.

Niektóre gatunki wytwarzają struktury przetrwalne (np. endospory), inne – syntetyzują związki ochronne (trehaloza, polisacharydy).

Dlatego **nie wszystkie mikroorganizmy nadają się do stosowania w polu**, nawet jeśli dobrze działają w laboratorium.

Wybór mikroorganizmów „z półki” bez oceny ich odporności prowadzi do **nieskuteczności biopreparatu w realnych warunkach gospodarstwa.**

Dobrze dobrane mikroorganizmy pomagają:

- stabilizować strukturę gleby,
- poprawiać dostępność składników pokarmowych,
- wspierać rośliny w stresie suszy,
- minimalizować straty plonu



Strategia doboru mikroorganizmów – co powinna obejmować

a) Charakterystyka ekosystemu docelowego

- ❖ typ gleby,
- ❖ historia upraw,
- ❖ nawadnianie,

b) Ocena właściwości mikroorganizmów

c) Dobór formy formulacji

- ❖ mikroenkapsulacja,
- ❖ nośniki organiczne (torf, kompost, włókno kokosowe),
- ❖ nośniki mineralne (glinki),
- ❖ dodatki osłonowe (śluz roślinny, trehaloza).

Formulacja **często decyduje o przeżywalności szczepów.**




d) Testy polowe

- ❖ sprawdzenie działania w warunkach naturalnych cykli susza–deszcz,
- ❖ ocena wpływu na plon, zdrowotność roślin, aktywność biologiczną gleby.



Podział biopreparatów:

Ze względu na mikrobiologiczny skład biopreparaty dzieli się na:

- Bakteryjne np. bakterie z rodzaju *Rhizbium*, *Bacillus*, *Psudomonas*  **PGPB**
- Grzybowe np. grzyby z rodzaju *Trichoderma*, *Mortierella*, drożdże  **PGPF**
- Bakteryjno-grzybowe  **PGPM**

Nośniki stosowane w skali przemysłowej można podzielić na nośniki płynne, półpłynne i nośniki stałe.

Wśród nich można wymienić:

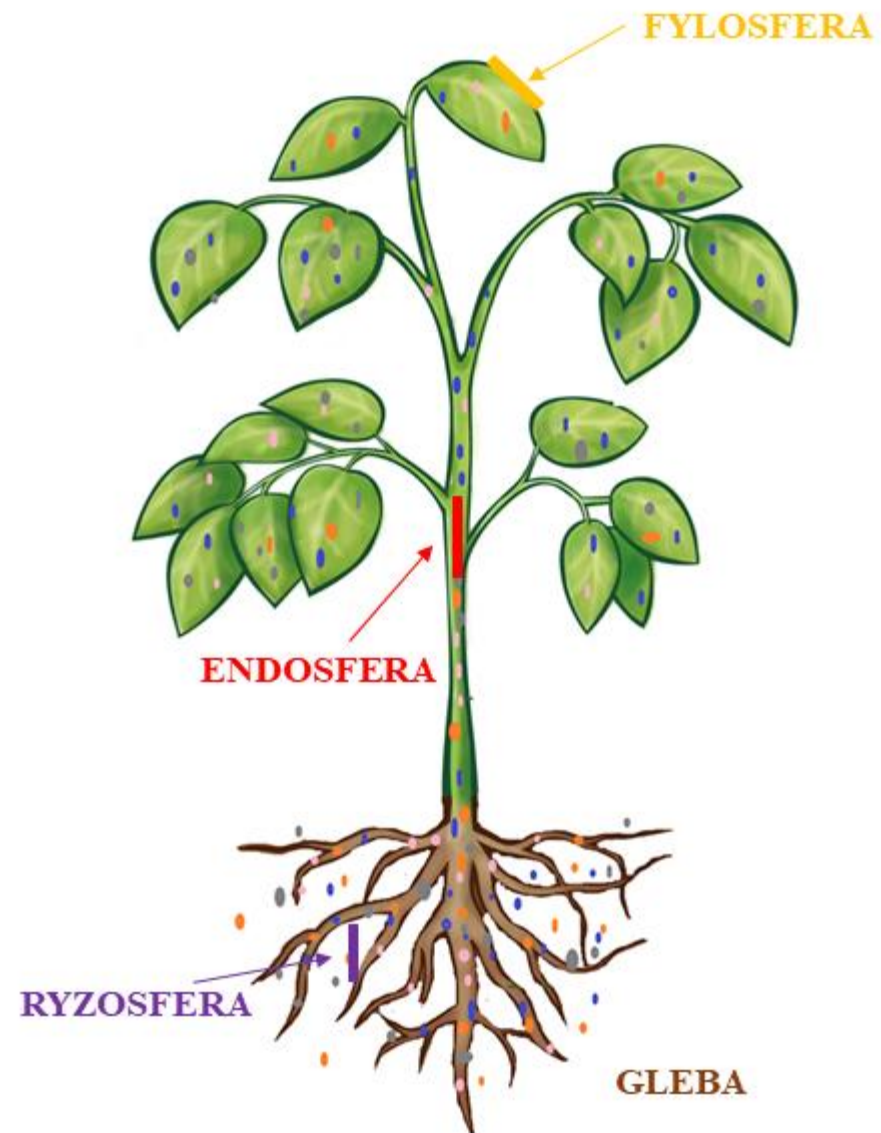
- ❖ Gleby: torf, glina, muł,
- ❖ nośniki pochodzenia roślinnego (trociny, kompost, olej sojowy, słonecznikowy, otręby pszenne, odpady rolnicze np. rozdrobniona kolba kukurydzy, wytloki z jabłek, skorupki orzechów
- ❖ przemysłowe produkty uboczne np. przemysł mleczarski generuje nadmierne ilości odpadów i produktów ubocznych np. serwatka, mleko paszowe, ścieki
- ❖ materiały obojętne np. żele poliakrylamidowe, kulki alaginanau, wermikulit, perlit, mielony fosoforyt, zeolit,
- ❖ można też zastosować zliofilizowane bakterie

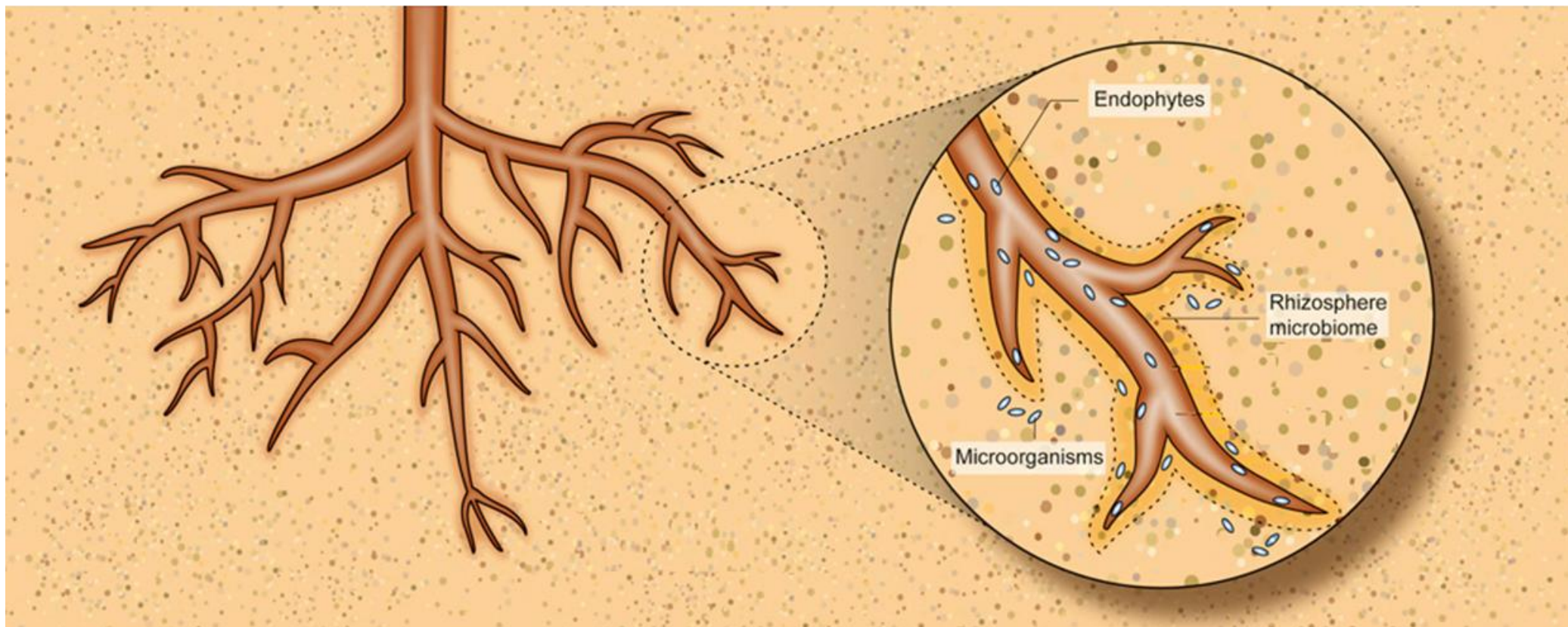


Wybór nośników zależy głównie od ich ceny i dostępności. W związku z tym przy wyborze materiału nośnikowego należy wziąć pod uwagę następujące kwestie:

- ❖ nośniki powinny być łatwo dostępne,
- ❖ tanie,
- ❖ stabilne fizycznie i chemicznie,
- ❖ nietoksyczne dla drobnoustrojów stymulujących wzrost roślin,
- ❖ biodegradowalne i wolne od zanieczyszczeń,
- ❖ łatwe do przetwarzania,
- ❖ powinny mieć dobrą zdolność buforowania
- ❖ wysoką zdolność zatrzymywania wilgoci.

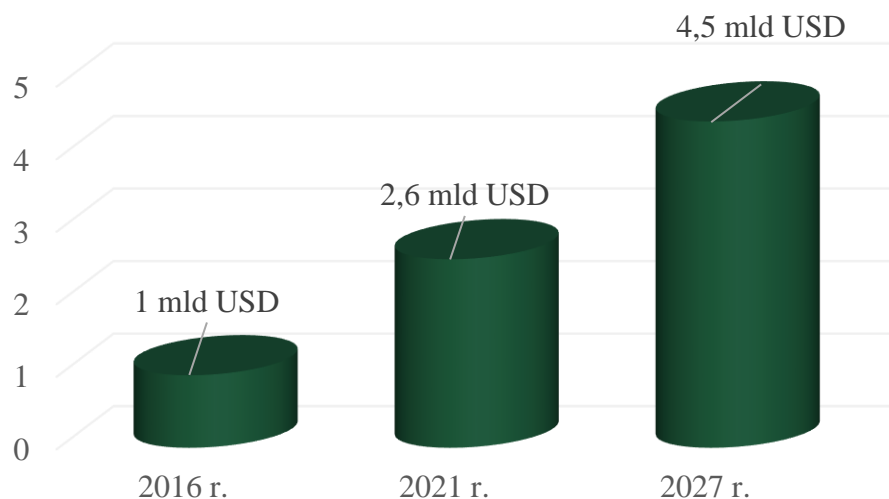






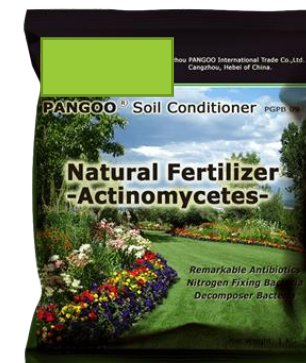
„PRZYSZŁOŚĆ” BAKTERII W ROLNICTWIE ...

GLOBAL BIOFERTILIZERS MARKET



W oparciu o najnowsze raporty, przewiduje się, że rosnące ceny nawozów mineralnych w połączeniu ze świadomością zagrożeń związanych z wykorzystaniem agrochemikaliów oraz preferencje spożywania ekologicznej żywności pozostaną kluczowymi czynnikami zwiększającymi wykorzystanie bionawozów w nadchodzących latach.

Postęp biotechnologiczny umożliwia obserwację mikrobiomu roślin jako **rezerwuaru dodatkowych genów i funkcji dla gospodarza**

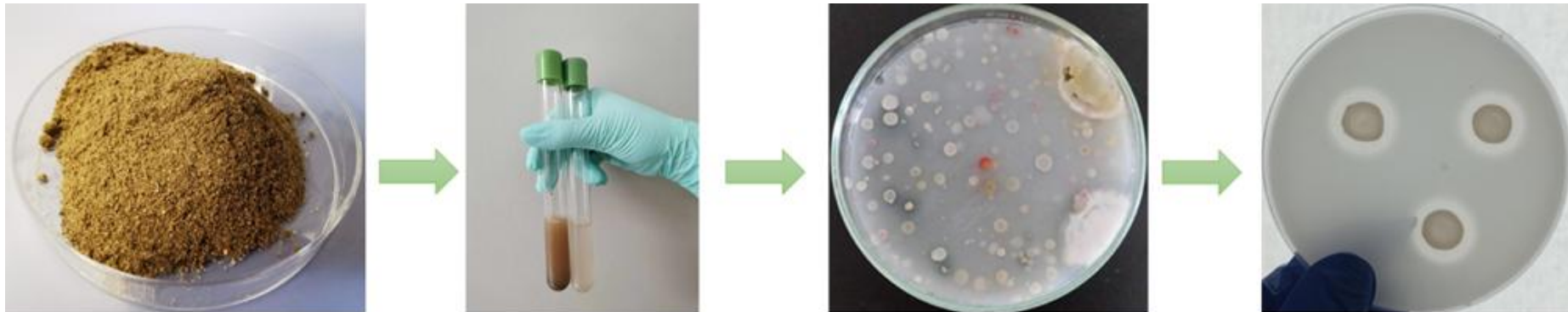


IZOLACJA BAKTERII Z TKANEK ROŚLIN LUB Z GLEBY

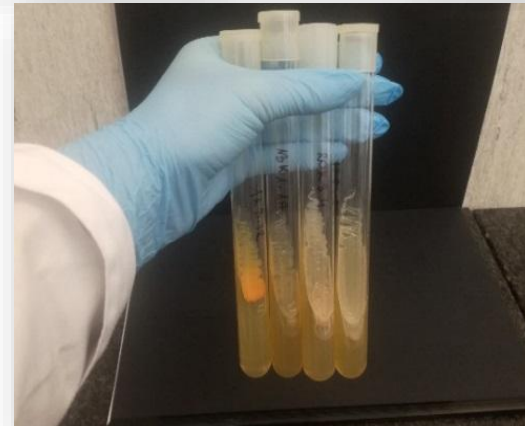
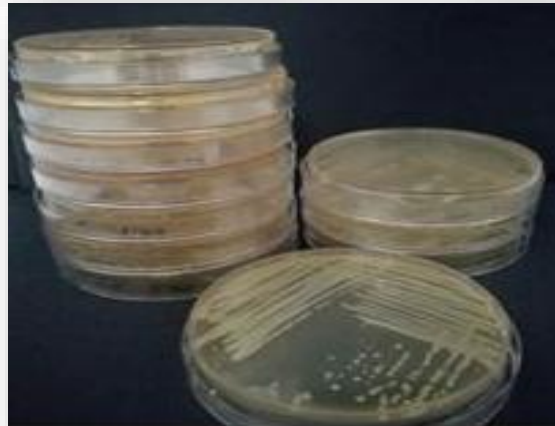
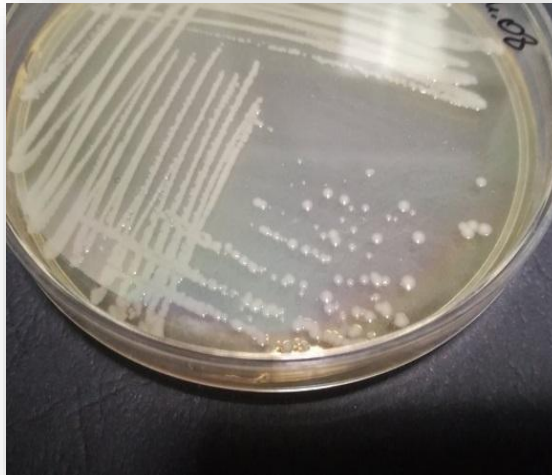
1



2



HODOWŁA SZCZEPÓW BAKTERII

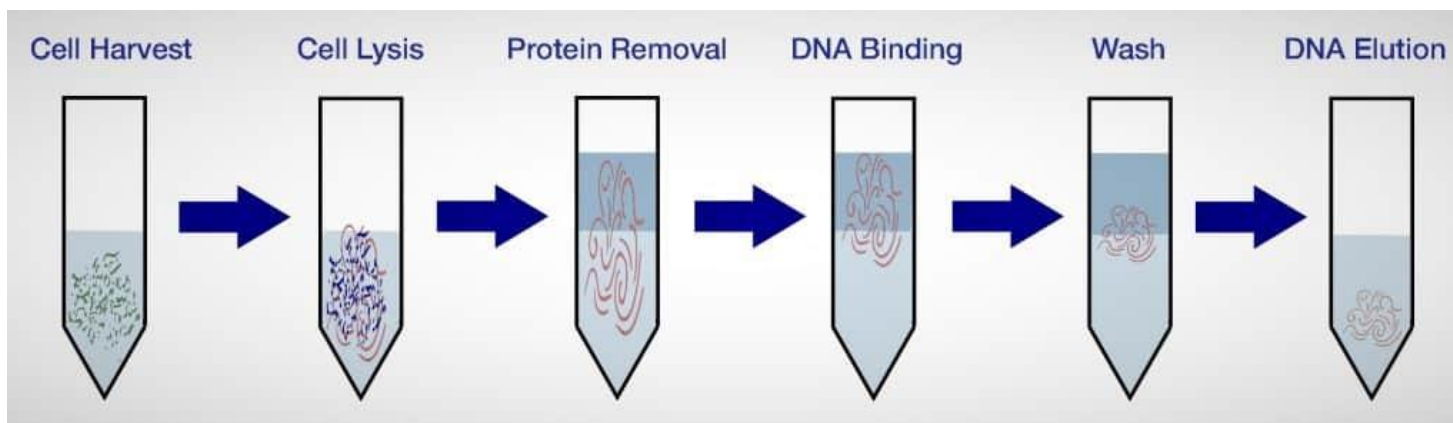


IDENTYFIKACJA IZOLATÓW NA PODSTAWIE SEKWENCJI GENU 16S rRNA

Izolacja genomowego DNA

Amplifikacja genu 16S rRNA

- ❑ 27F (5' GAG TTT GAT CCT GGC TCA G 3')
- ❑ 1492R (5' GGT TAC CTT GTT ACG ACT T 3')



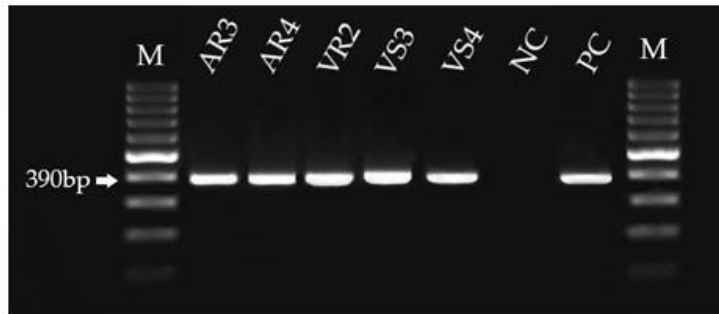
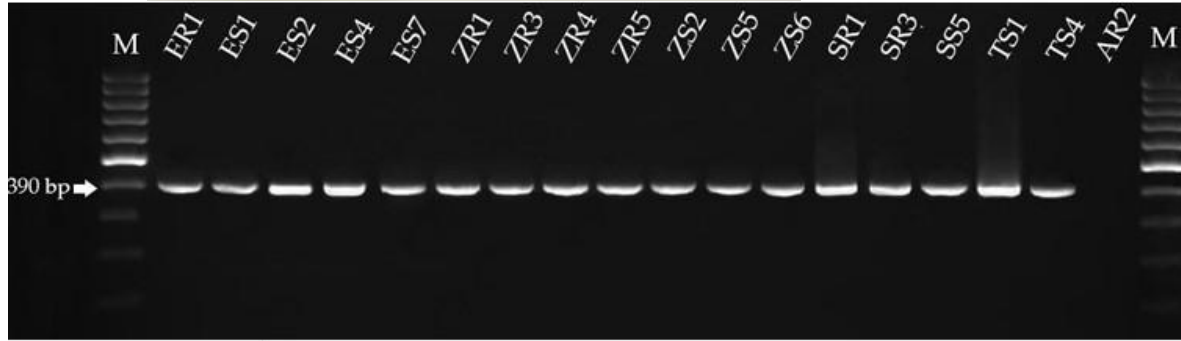
Potencjał biologicznego wiązania azotu atmosferycznego



Azot jest jednym z najważniejszych składników odżywczych dla wzrostu i produktywności roślin. Mikroorganizmy wykazują wysoki potencjał **biologicznego wiązania azotu atmosferycznego** (BNF - Biological nitrogen fixation).

W środowisku naturalnym, proces biologicznego wiązania N jest jedną z najskuteczniejszych metod wprowadzania dostępnych dla roślin związków azotowych. Enzymatyczna konwersja azotu cząsteczkowego do amoniaku, (forma azotu przyswajana przez rośliny) jest katalizowana przez - **nitrogenazę**, nietrwały tlenowo kompleks enzymów wysoce konserwatywny, który jest powszechnie spotykany we wszystkich **diazotrofach** - bakteriach wiążących azot

Zdolność do wiązania azotu atmosferycznego



Solubilizacja fosforanów

Fosfor (P; phosphorus) jest obok azotu drugim istotnym makroskładnikiem niezbędnym do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin.

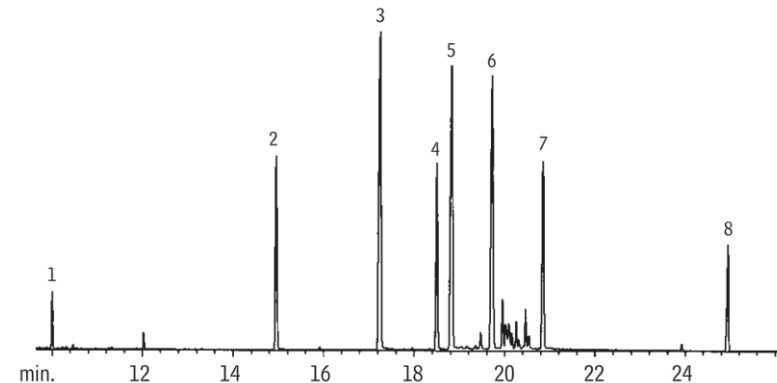
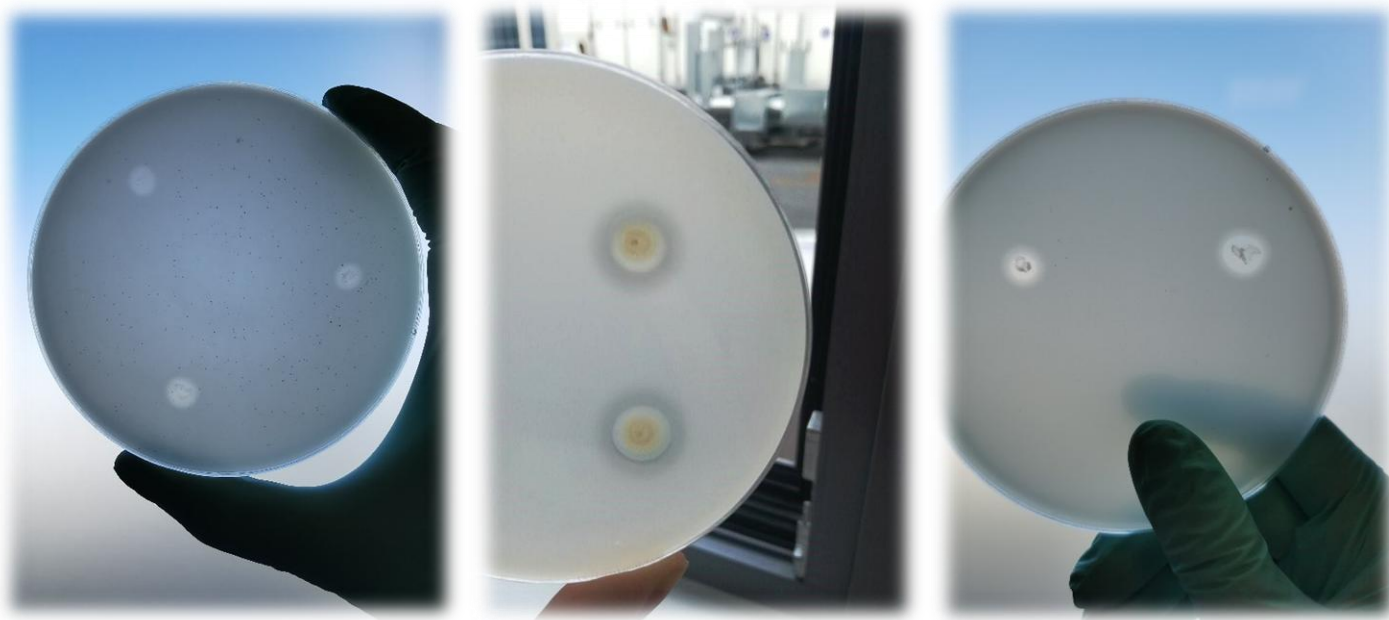
Fosfor w większości jest niedostępny do pobrania przez rośliny z powodu szybkiego unieruchomienia przez organiczne i nieorganiczne składniki gleby.

Wśród kilku potencjalnych mechanizmów solubilizacji fosforanów, najbardziej przyjazny dla środowiska jest mechanizm przeprowadzany przez mikroorganizmy solubilizujące fosforany (**PSM - Phosphorus Solubilizing Microorganisms**).

Bakterie endofityczne mogą poprawić zaopatrzenie roślin w fosfor poprzez **produkcję kwasów organicznych**, mineralizacja i chelatacja



Zdolność do solubilizacji nierozpuszczalnych form fosforu



Klasyfikacją zaproponowaną przez Berraquero i in. - SI, *Phosphate Solubilization Index* < 2 wskazuje na niską zdolność do solubilizacji fosforanów; $2 < SI \leq 4$ wskazuje na średnią zdolność do solubilizacji fosforanów; $SI > 4$ wskazuje na wysoką zdolność do solubilizacji fosforanów



Zdolność do sekwestracji żelaza

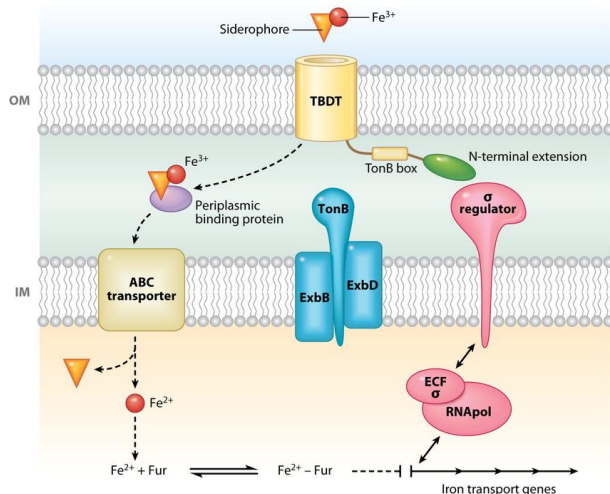


Żelazo (Fe) jest jednym z istotnych mikroelementów biorących udział w metabolizmie roślin, a jego niedobór może prowadzić do nieprawidłowego procesu **oddychania i fotosyntezy**.

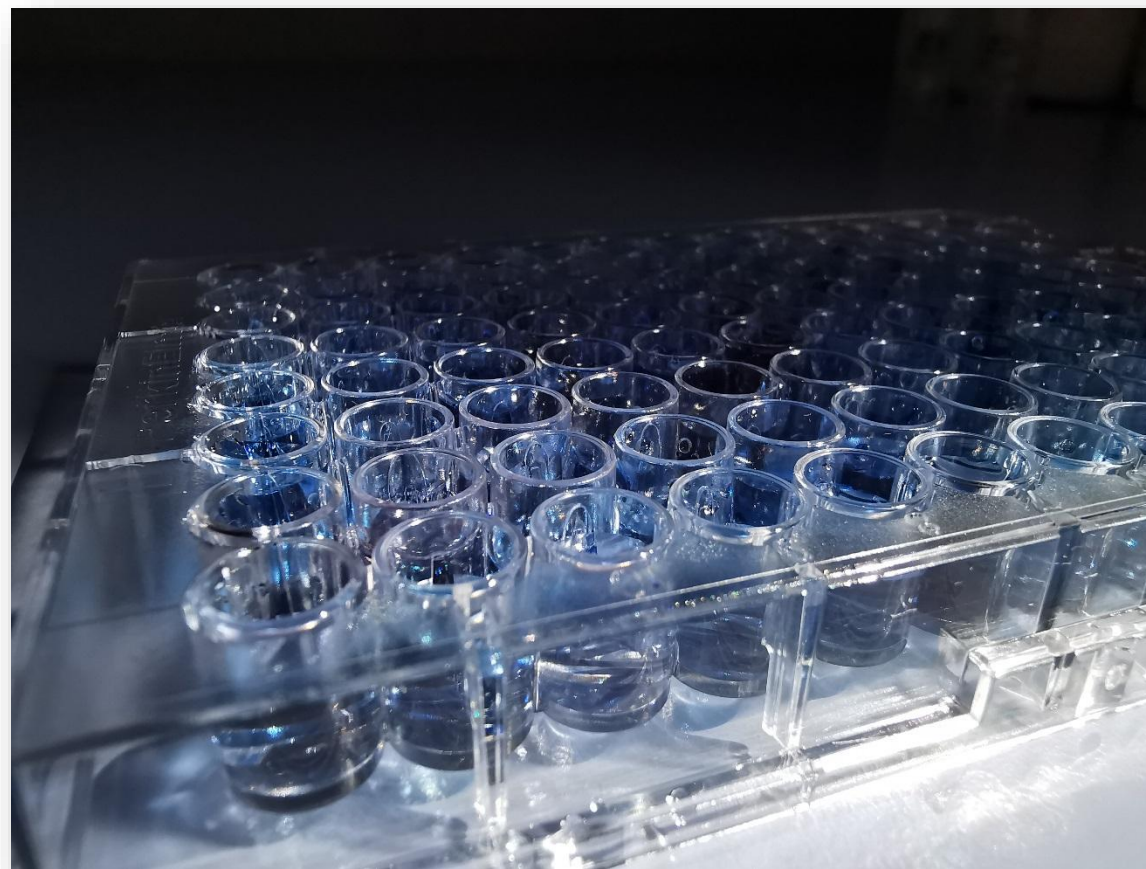
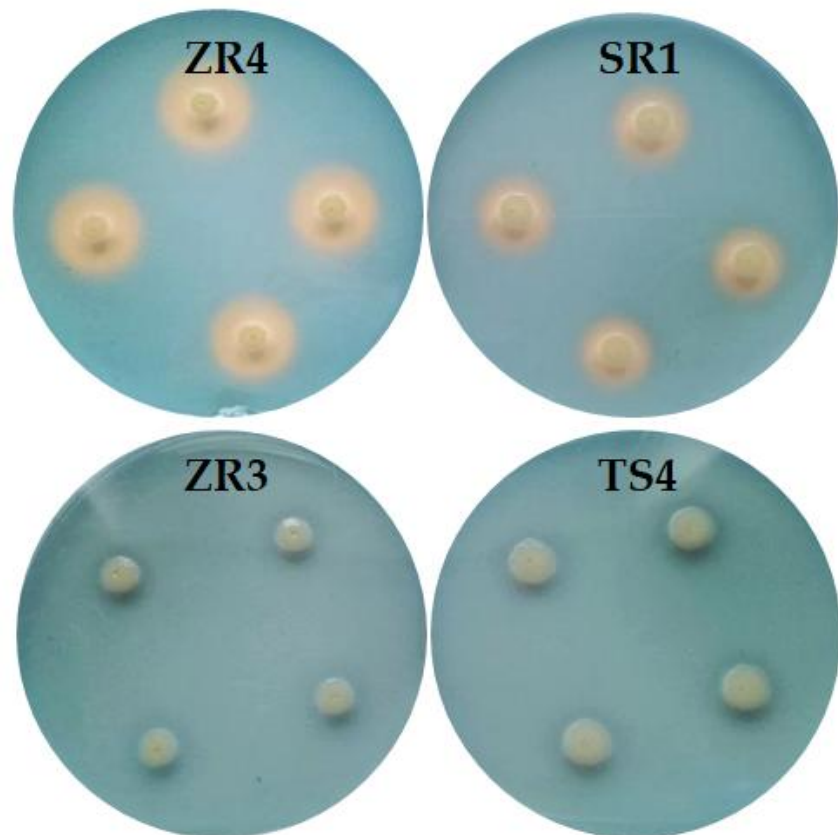
Mikroorganizmy opracowały aktywne strategie pobierania żelaza. Bakterie pozyskują żelazo poprzez wydzielanie chelatorów żelaza o niskiej masie cząsteczkowej, znanych jako **siderofory**, które umożliwiają pozyskiwanie Fe ze środowiska.

Siderofor tworzy kompleks z Fe^{3+} , po czym forma Fe^{3+} jest redukowana do formy Fe^{2+} , która jest uwalniana do komórki bakteryjnej.

Ponadto doniesiono, że siderofory pośredniczą w kontroli biologicznej przeciwko fitopatogenom, ograniczając im dostępność żelaza ze względu na konkurencję żywieniową, a tym samym hamując ich proliferację i kolonizację roślin

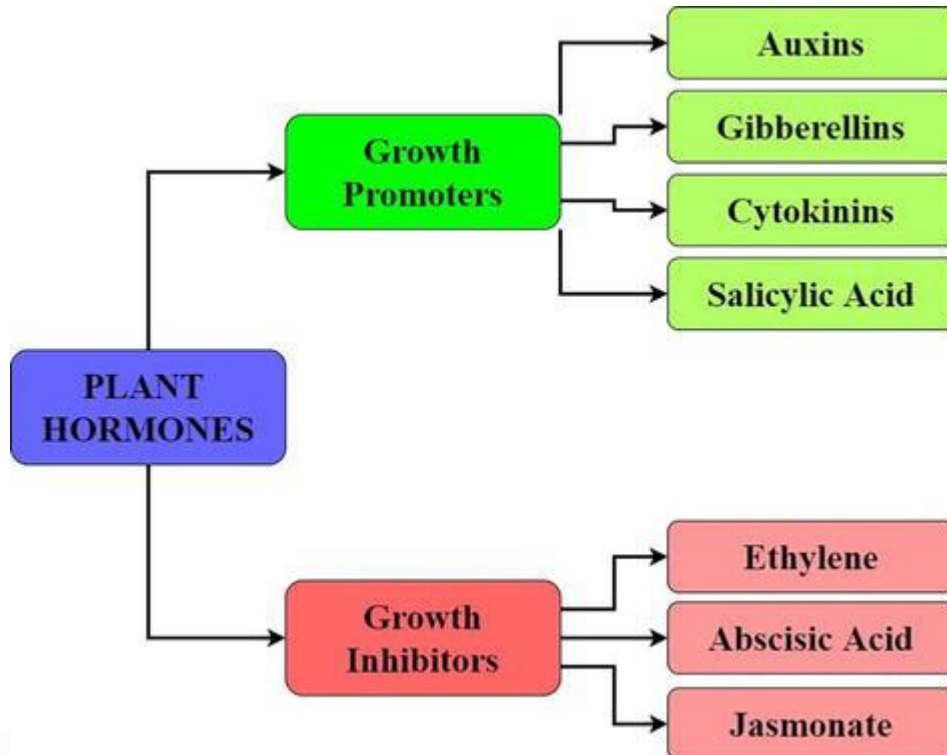


Zdolność do syntezy sideroforów



Zdolność do syntezy fitohormonów

Hormony roślinne (fitohormony) odgrywają kluczową rolę we wzroście i rozwoju roślin.



Mikroorganizmy, w tym endofity syntetyzują oraz modulują poziomy fitohormonów w roślinach żywicielskich, przez co znacząco wpływają na ich równowagę hormonalną i poziom endogennych fitohormonów w tkankach roślin.

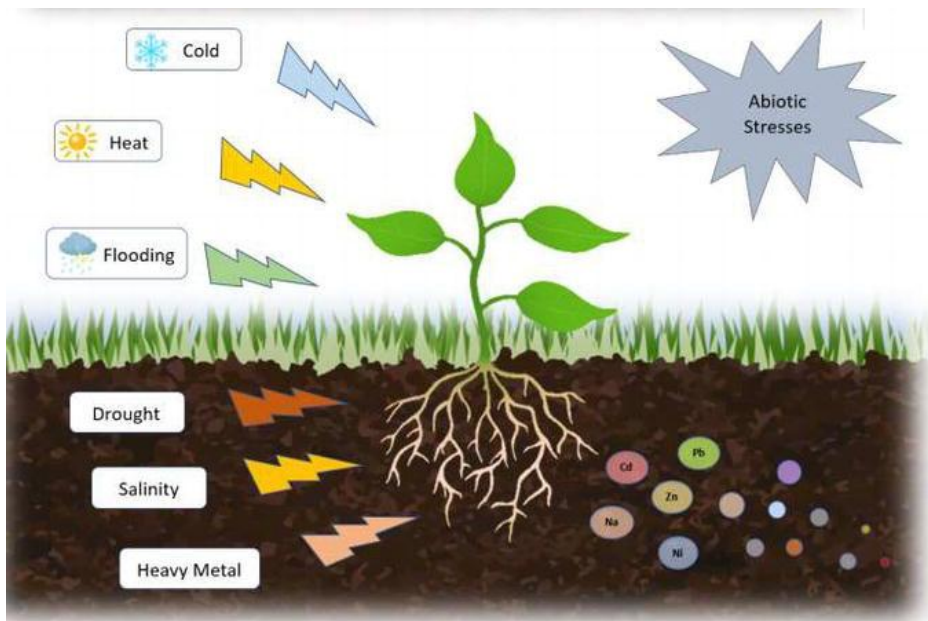
Szczepy bakterii syntetyzujące IAA m.in. stymulują wzrost roślin i zwiększają ogólną biomasę korzeni, umożliwiając roślinie lepsze pobieranie wody i składników mineralnych

Zdolność do syntezy związków podobnych do IAA (IAA- like compounds)



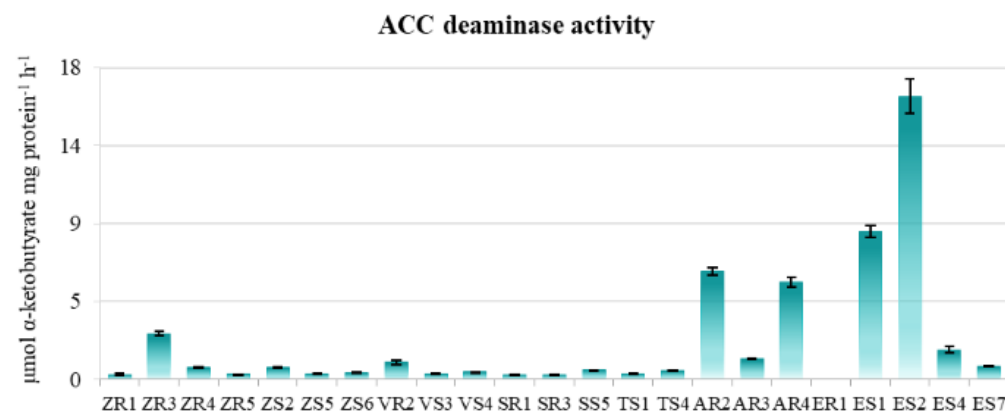
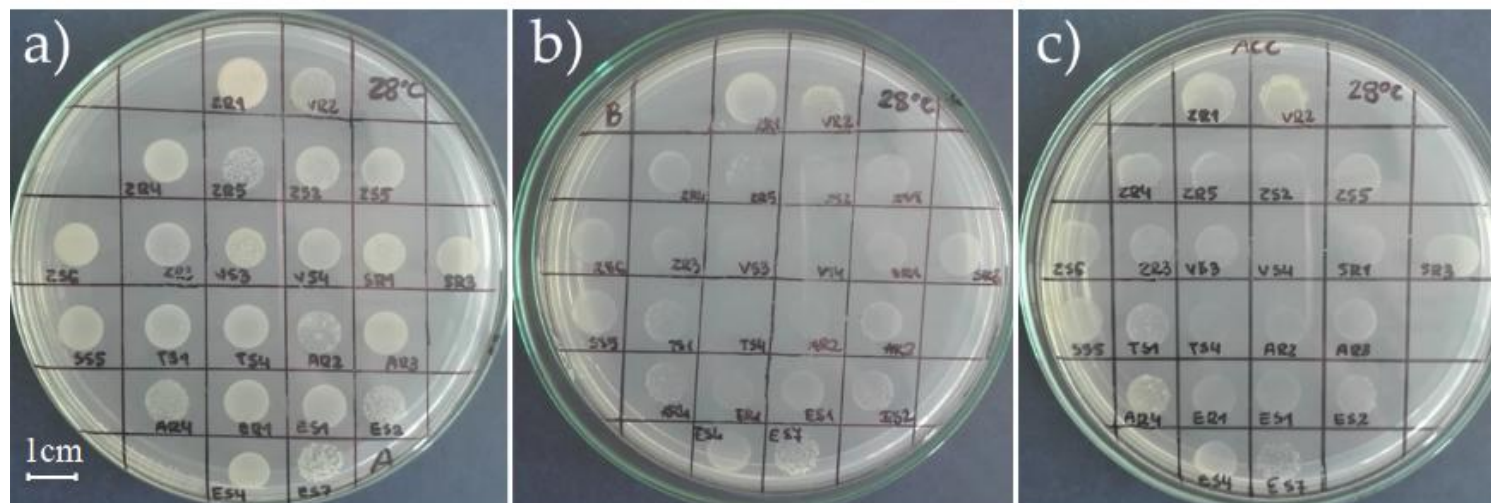
Ograniczanie stresu u roślin

Głównym mechanizmem wykorzystywanym przez bakterie do **ograniczania stresu** u roślin jest **redukcja poziomu etylenu** poprzez hydrolizę kwasu 1-aminocyklopropano-1-karboksylowego (ACC), prekursora etylenu we wszystkich roślinach wyższych, katalizowana przez enzym deaminazę ACC (ACCD).



Etylen bierze udział w reakcjach roślin na różne stesy biotyczne i abiotyczne; jednakże wysoki poziom etylenu może hamować wydłużanie i wzrost korzeni, prowadząc do degradacji roślin. Zatem aktywność enzymatyczna deaminazy ACC zapobiega nadmiernemu wzrostowi syntezy etylenu w różnych warunkach stresowych, co czyni ją jednym z najskuteczniejszych mechanizmów indukowania tolerancji roślin.

Zdolność do syntezy deaminazy ACC



Zdolność syntezy egzopolisacharydów

Egzopolisacharydy to polisacharydy wytwarzane przez mikroorganizmy, które otaczają komórkę warstwą ochronną (śluzem, biofilmem).

Są **kluczowym mechanizmem przetrwania** w warunkach zmiennej wilgotności gleby.

Ochrona przed wysychaniem (suszą)

EPS działają jak *gąbka*, bo:

- zatrzymują wodę w bezpośrednim otoczeniu komórki,
- spowalniają tempo odparowywania,
- stabilizują błonę komórkową podczas dehydratacji.

Efekt: mikroorganizmy z grubą warstwą EPS przeżywają znacznie dłuższe okresy przesuszenia gleby.

Redukcja szoku po ponownym nawodnieniu

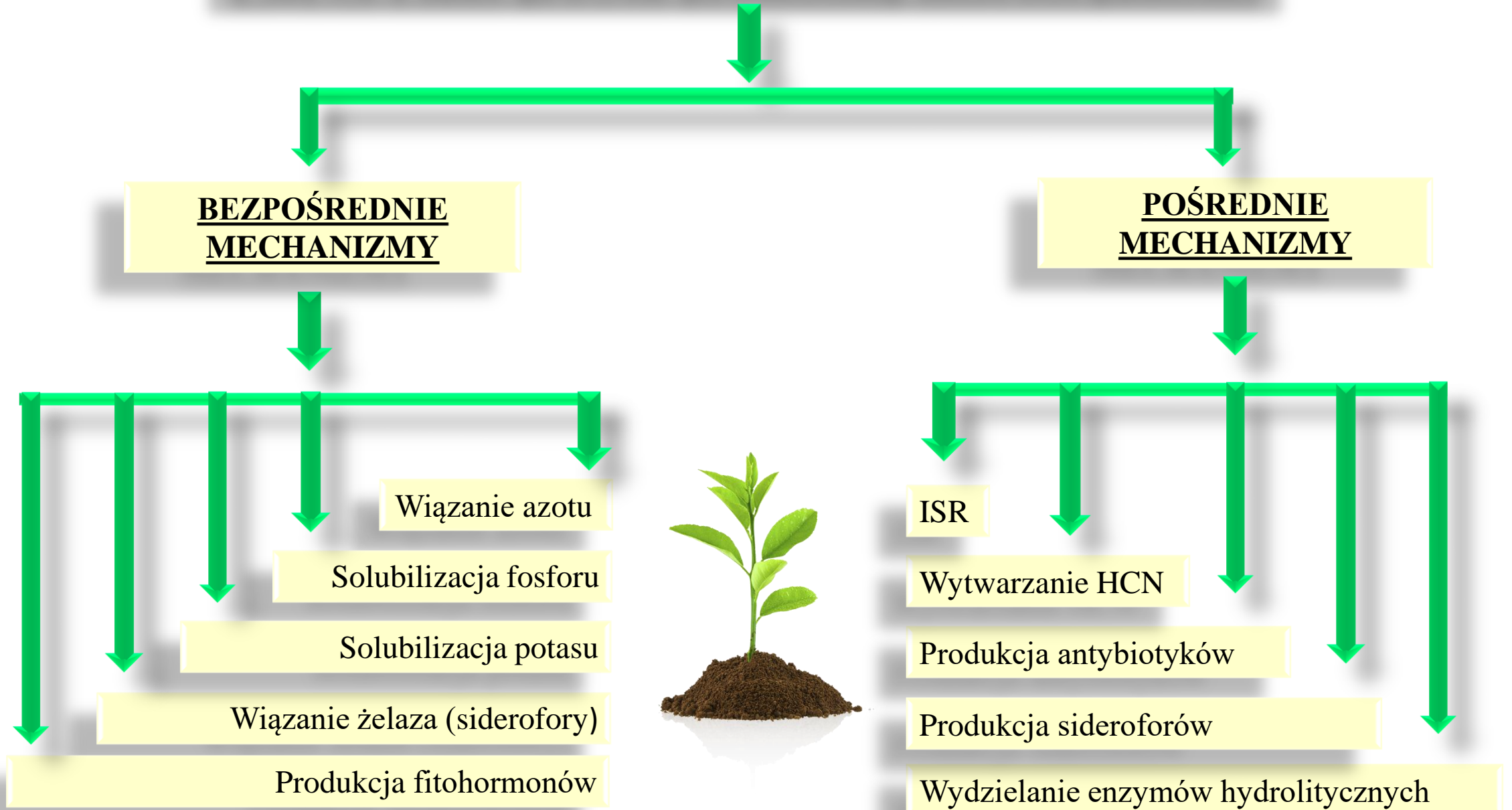
Kiedy po suszy nagle pojawia się woda, mikroorganizmy doświadczają stresu osmotycznego.

EPS:

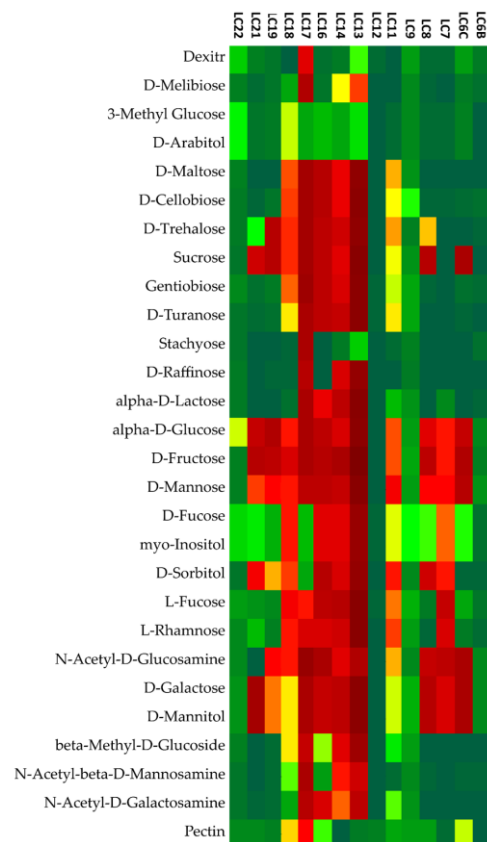
- amortyzują gwałtowne zmiany ciśnienia osmotycznego,
- ułatwiają bezpieczną „reaktywację” komórki.



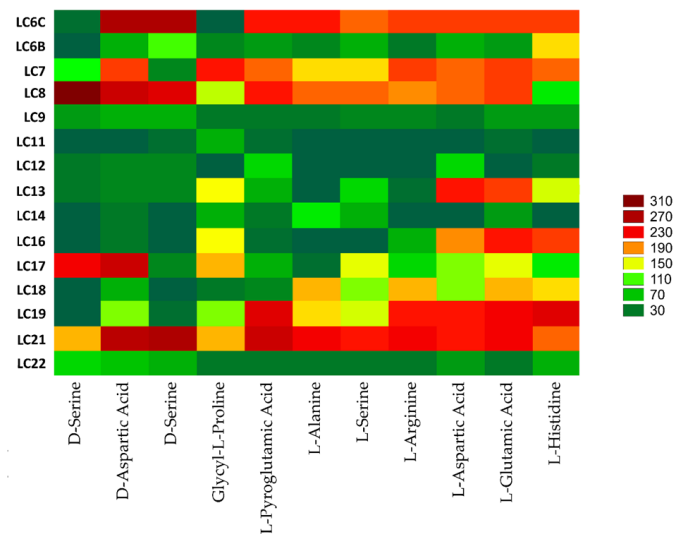
PGPM Plant growth promoting microorganisms



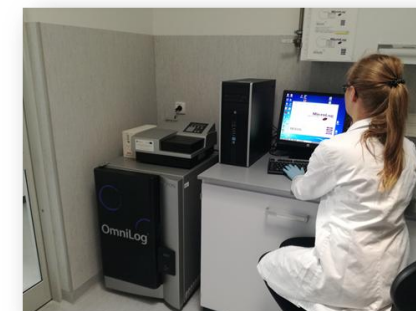
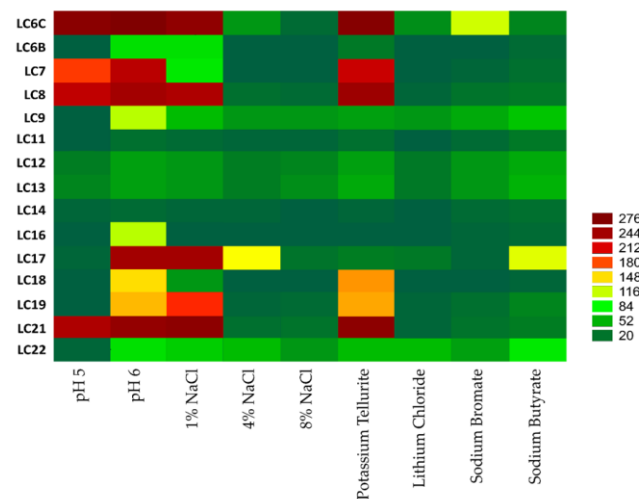
OKREŚLENIE PROFILU METABOLICZNEGO MIKROORGANIZMÓW



AMIO ACIDS

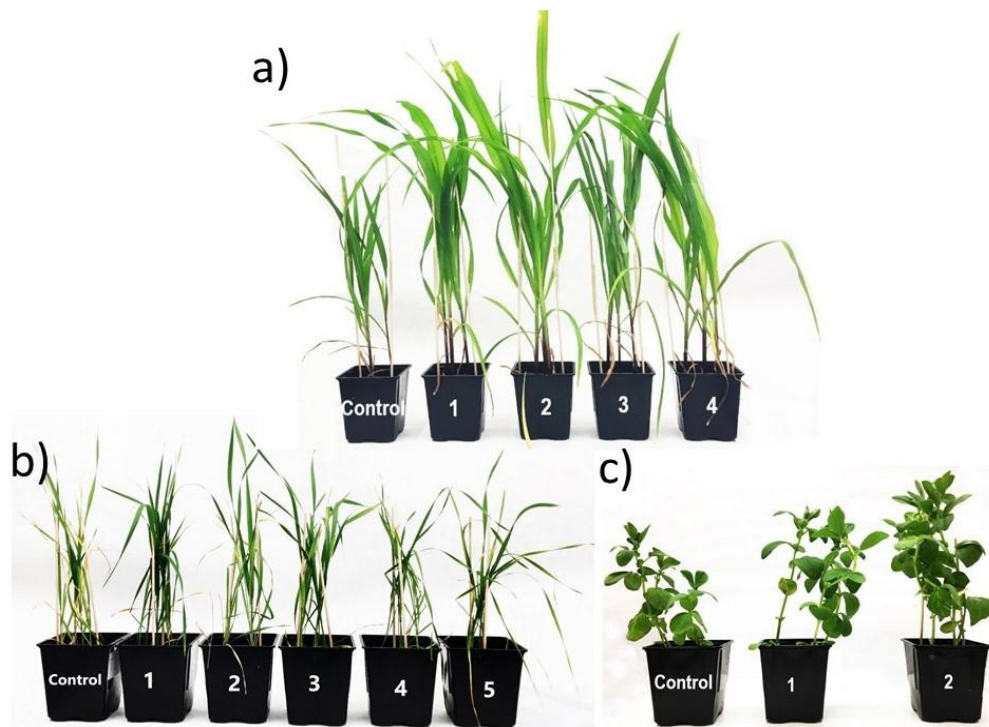


SELECTED TESTS OF CHEMICAL SENSITIVITY









Potwierdzenie skład komponentu mikrobiologicznego w nawozowych produktach mikrobiologicznych



Nawozowy produkt mikrobiologiczny umieszczany jest w wykazie prowadzonym przez Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy na podstawie następującej dokumentacji:

- ❑ **Sprawozdania potwierdzającego skład komponentu mikrobiologicznego** w produkcji tj. **określenie ogólnej liczebności mikroorganizmów, zgodnie z deklarowanym przez producenta składem rodzajowym**, przy czym nawozowy produkt mikrobiologiczny powinien zawierać minimum 107 jtk (jednostek tworzących kolonie) w 1 ml/g w przypadku ogólnej liczebności bakterii oraz minimum 104 jtk w 1 ml/g w przypadku ogólnej liczebności grzybów. Jednostkami odpowiedzialnymi za potwierdzenie składu mikrobiologicznego w nawozowym produkcie mikrobiologicznym są: Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach, Instytut Ogrodnictwa – Państwowy Instytut Badawczy w Skierniewicach oraz jednostki akredytowane w tym zakresie.
- ❑ Oświadczenia producenta dotyczącego składu produktu, w tym składu pożywki (do 100%), oświadczenia producenta potwierdzającego, że mikroorganizmy zawarte w produkcie są klasyfikowane jako bezpieczne, zgodnie z klasyfikacją Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) <https://zenodo.org/records/12793271>, <https://zenodo.org/records/7554079> oraz oświadczenia producenta o niewystępowaniu w nawozowym produkcie mikrobiologicznym mikroorganizmów zamieszczonych w wykazie substancji czynnych w ochronie roślin <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/active-substances>
- ❑ Instrukcji stosowania i przechowywania produktu zawierającej: nazwę, informację o zakresie stosowania, dawce, sposobie, terminach stosowania, w stosownych przypadkach o sposobie sporządzania cieczy użytkowej nawozowego produktu mikrobiologicznego, środki ostrożności.



Instytut Uprawy
Nawożenia i Gleboznawstwa
Państwowy Instytut Badawczy



Szukaj...

O INSTYTUCIE ▾

BADANIA NAUKOWE ▾

INFORMACJE ▾

OFERTA ▾

KONTAKTY ▾

 LOGOWANIE DO CZASOPISMA CURRENT AGRONOMY

INTRANET



Strategia

Dyrekcja

Struktura ▸

Jednostki naukowe ▸

Rada Naukowa ▸

Działy wspomagania ▸

Historia

Rolnicze Zakłady Doświadczalne (RZD) ▸



Instytut w mediach

Zakład Agroekologii i Ekonomiki (NAE)

Zakład Biogospodarki i Agrometeorologii (NBA)

Zakład Biotechnologii i Hodowli Roślin (NBH)

Zakład Fitochemii (NFC)

Zakład Geomatyki (NGE)

Zakład Gleboznawstwa i Analiz Środowiskowych (NGŚ)

Zakład Herbologii (NHR)

Zakład Mikrobiologii (NMI)

Zakład Nawożenia i Zarządzania Składnikami Pokarmowymi (NNP)

Zakład Uprawy Roślin i Jakości Plonu (NUR)



- o. analiza wpływu rolnictwa na jakość wód gruntowych i powietrznych
- 7. sporządzanie i analiza bilansów składników pokarmowych w skali pola, gospodarstwa, regionu i kraju
- 8. prowadzenie badań rolniczych nawozów
- 9. opiniowanie nawozów, środków wspomagających uprawę roślin, produktów pofermentacyjnych i środków wapnujących
- 10. kwalifikacja i prowadzenie wykazu produktów nawozowych do stosowania w rolnictwie ekologicznym
- 11. prowadzenie wykazu nawozowych preparatów mikrobiologicznych
- 12. prowadzenie wyszukiwarki nawozów i środków wspomagających uprawę roślin, które uzyskały pozwolenie MRiRW na wprowadzenie do obrotu handlowego
- 13. udział w pracach krajowych i międzynarodowych gremiów w obszarze nawożenia, doradztwa nawozowego, ochrony środowiska przed zanieczyszczeniami pochodzenia rolniczego
- 14. współpraca z Ministerstwem Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Stacjami Chemiczno-Rolniczymi

Badania i opiniowanie nawozów

Aparatura badawcza

- 1. Aparat do pomiaru wymiany gazowej roślin i gleby LI-6400.
- 2. Aparat do badania fluorescencji chlorofilu Handy PEA.
- 3. Pirometr na podczerwień do pomiaru temperatury liści FLUKE 572.
- 4. Kamera wielospektralna ADC TetraCAM.
- 5. Aparaty do pomiaru NDVI (GreenSeeker RT200, SpectroSense2 Skye).

- Deklaracja
- Oświadczenie

- Oświadczenie ŚOR
- Deklaracja

Wprowadzanie do obrotu nawozów i środków wspomagających uprawę roślin

- ✓ Deklaracja producenta/importera nawozu
- ✓ Deklaracja producenta/importera stymulatora wzrostu
- ✓ Deklaracja producenta/importera poprawiającego właściwości gleby
- ✓ Deklaracja producenta/importera środka wapnującego (wapna nawozowego)
- ✓ Zlecenie wykonania opinii dla nawozu lub środka
- ✓ Zlecenie na oznaczenie kwasów humusowych

Internetowy system wspierania decyzji agrochemicznych INTER-NAW



Wykaz nawozów - rolnictwo ekologiczne



Nawozowe produkty mikrobiologiczne



Naturalne środki do ekologii

363	14.11.2025	14.11.2027	Aquaman SL	AgroBiotics Sp. z o. o. ul. Dziekońskiego 1, 00-728 Warszawa tel. +48 71 314 64 54 e-mail: contact@agrobiotics.com www.agrobiotics.com	<i>Pseudomonas sp.</i> $\geq 2 \times 10^8$ jtk/ml	polowe warzywnicze sadownicze użytki zielone
364	14.11.2025	14.11.2027	AgriPept SoilPlex	PepTechLab Sp. z o. o. ul. Zamknięta 10/1.5, 30-554 Kraków tel. +604 126 430 e-mail: adam.penkala@peptechlab.com www.peptechlab.com	<i>Bacillus licheniformis</i> $\geq 1 \times 10^8$ jtk/ml	polowe



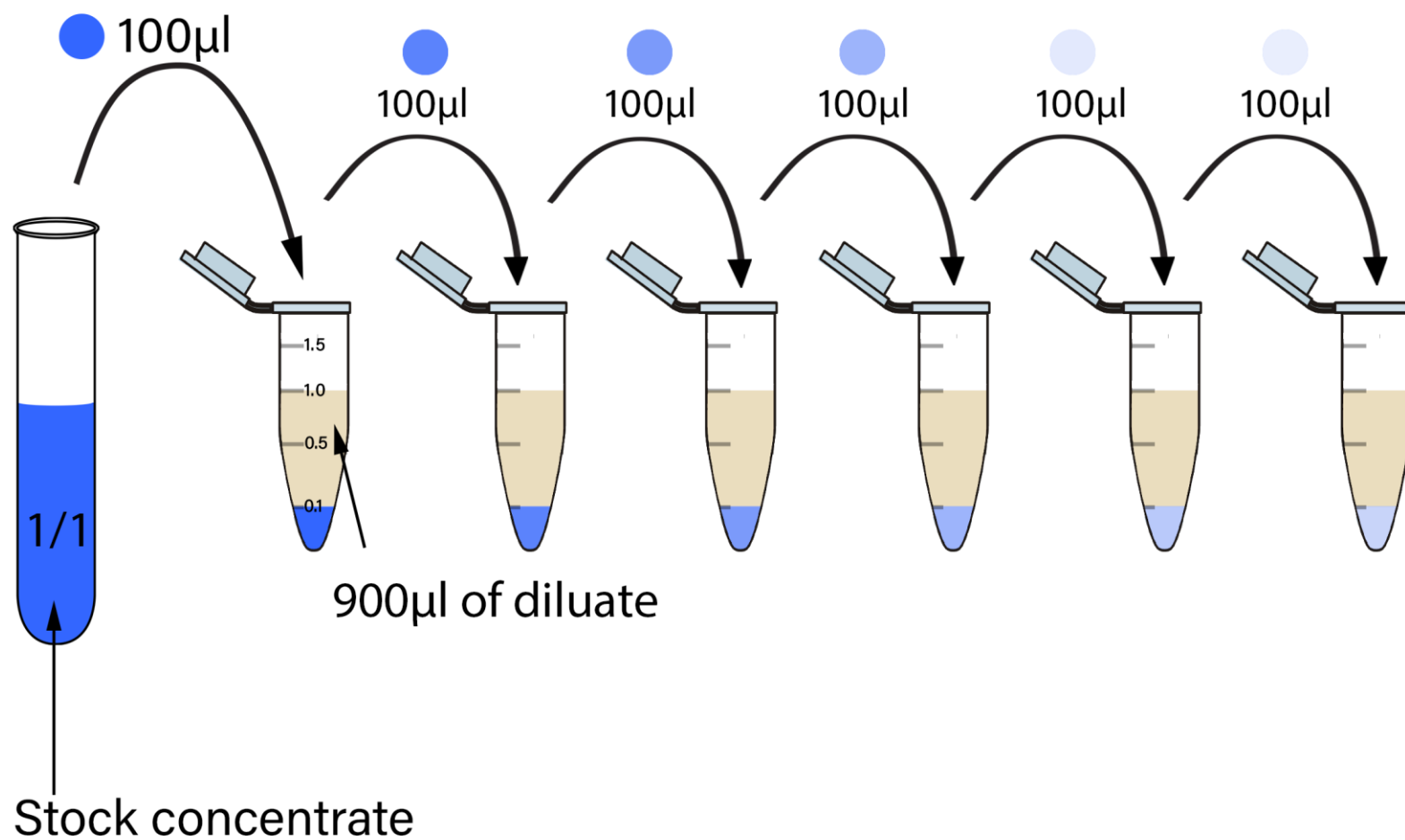
Instytut Uprawy
Nawożenia i Gleboznawstwa
Państwowy Instytut Badawczy



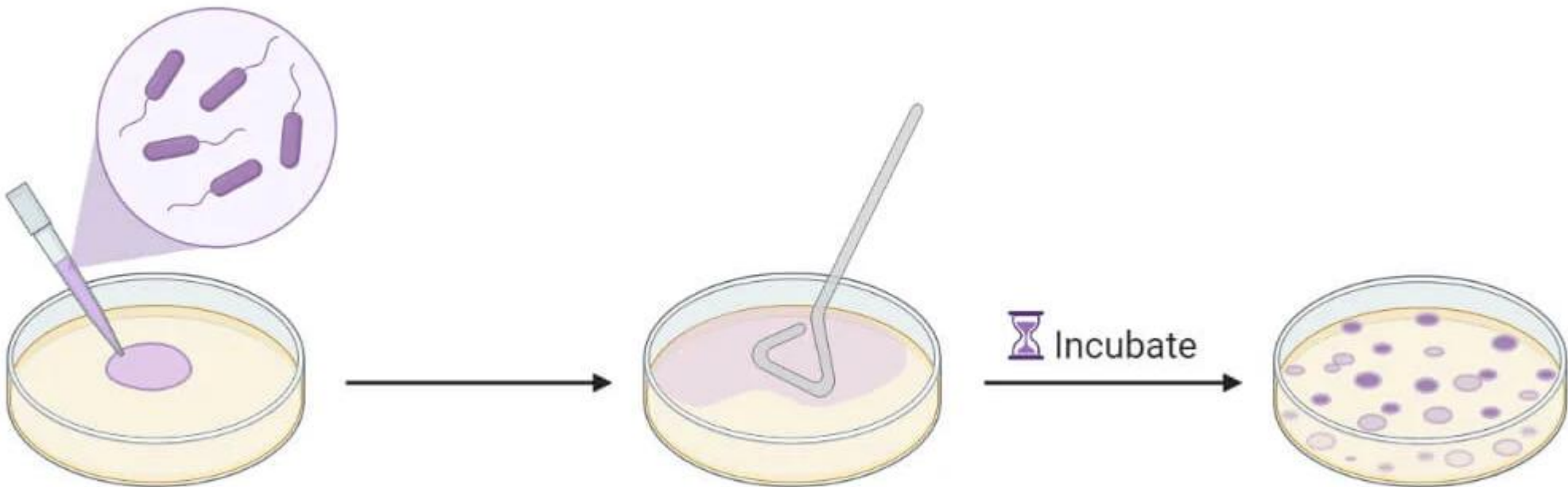
365	14.11.2025	14.11.2027	AgriPept Protist	PepTechLab Sp. z o. o. ul. Zamknięta 10/1.5, 30-554 Kraków tel. +604 126 430 e-mail: adam.penkala@peptechlab.com www.peptechlab.com	<i>Bacillus licheniformis</i> $\geq 1 \times 10^7$ jtk/ml	polowe warzywnicze sadownicze rośliny ozdobne
-----	------------	------------	------------------	--	--	--

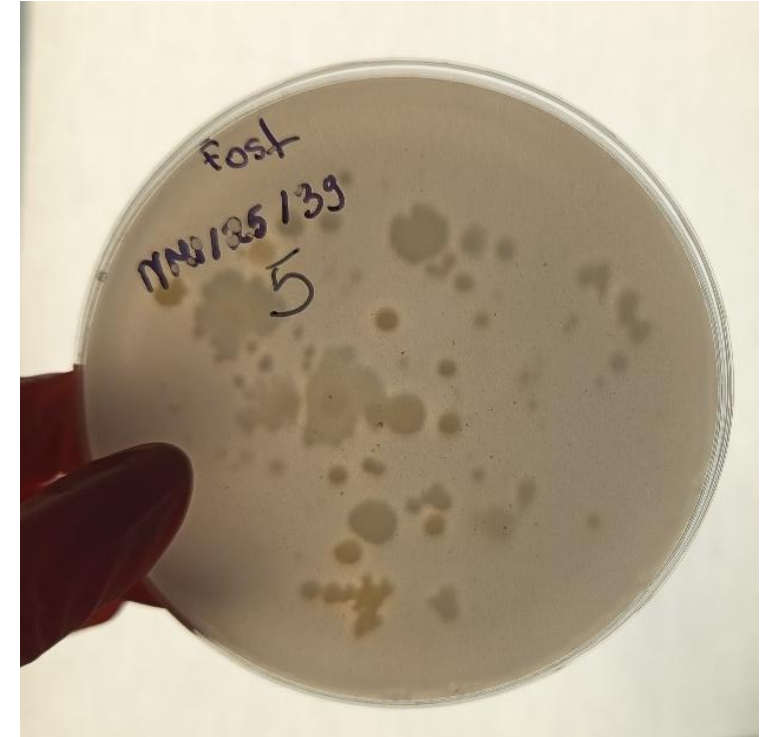
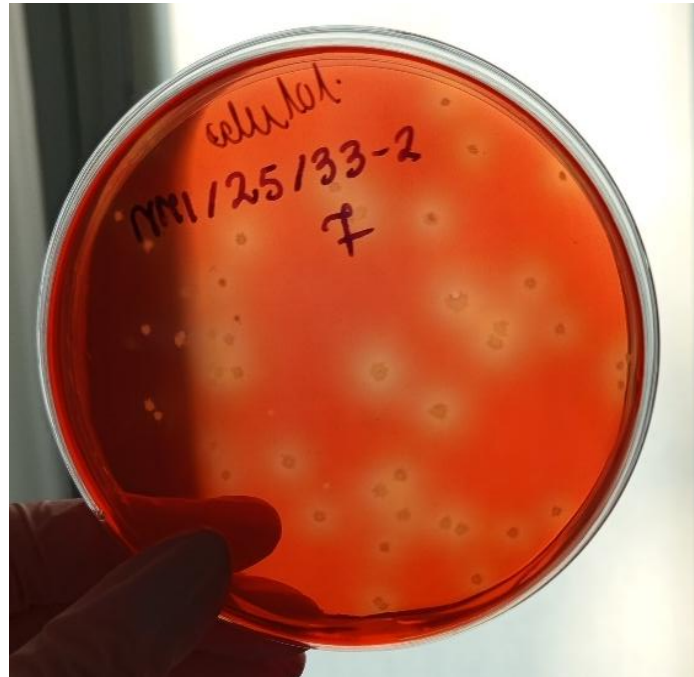
Data ostatniej aktualizacji: 14.11.2025 r.

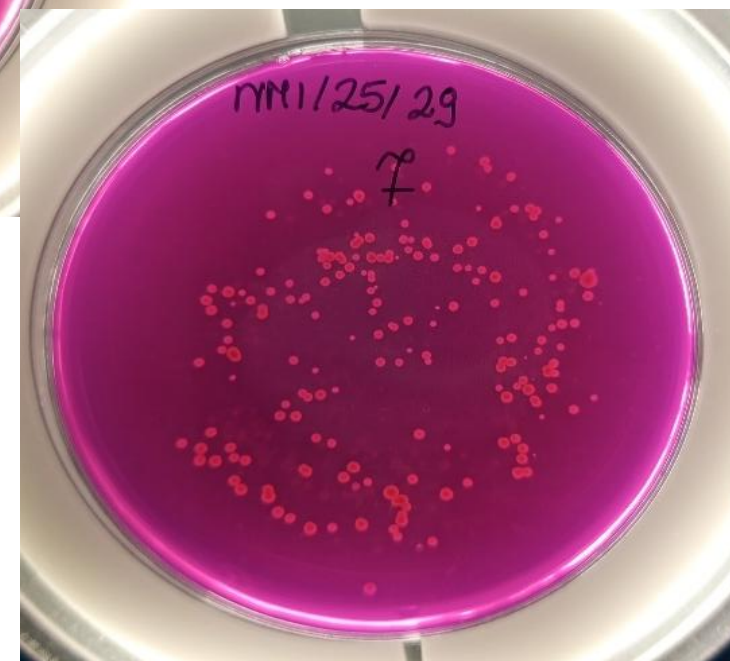
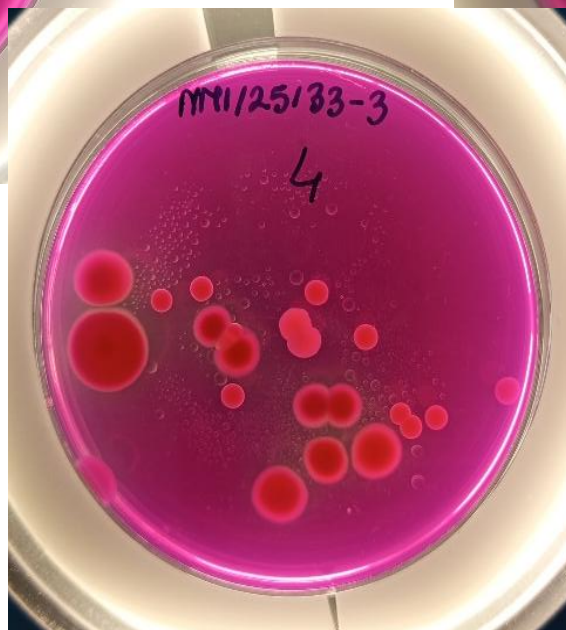
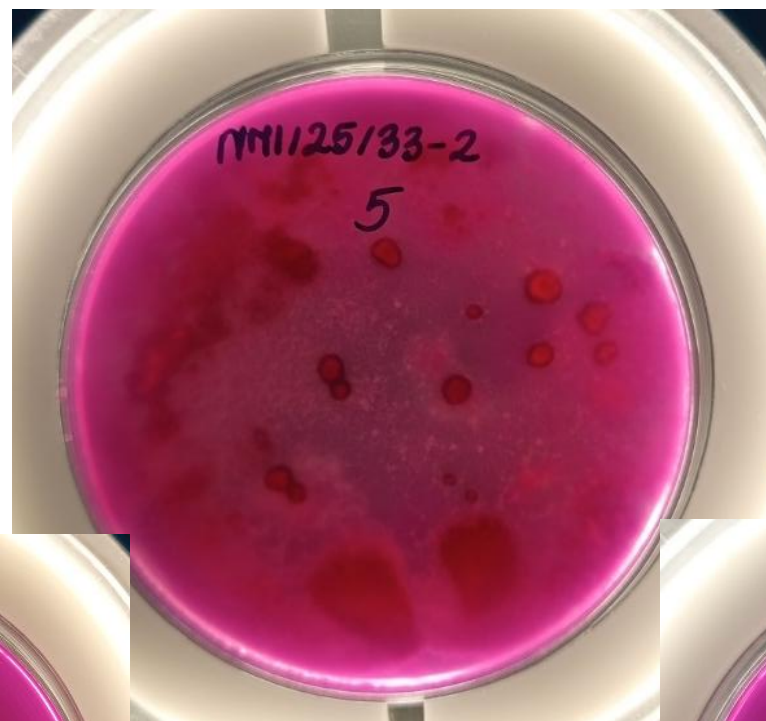
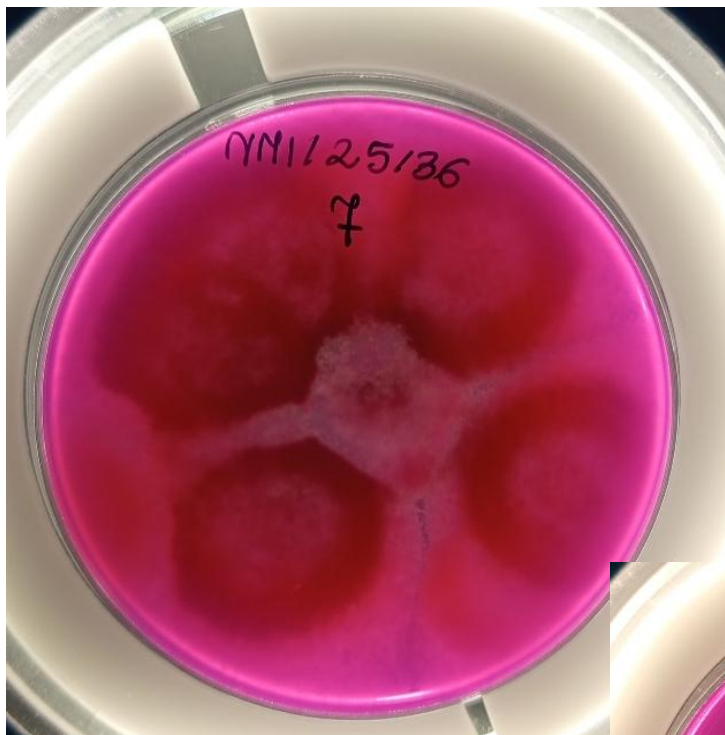
Procedura badawcza

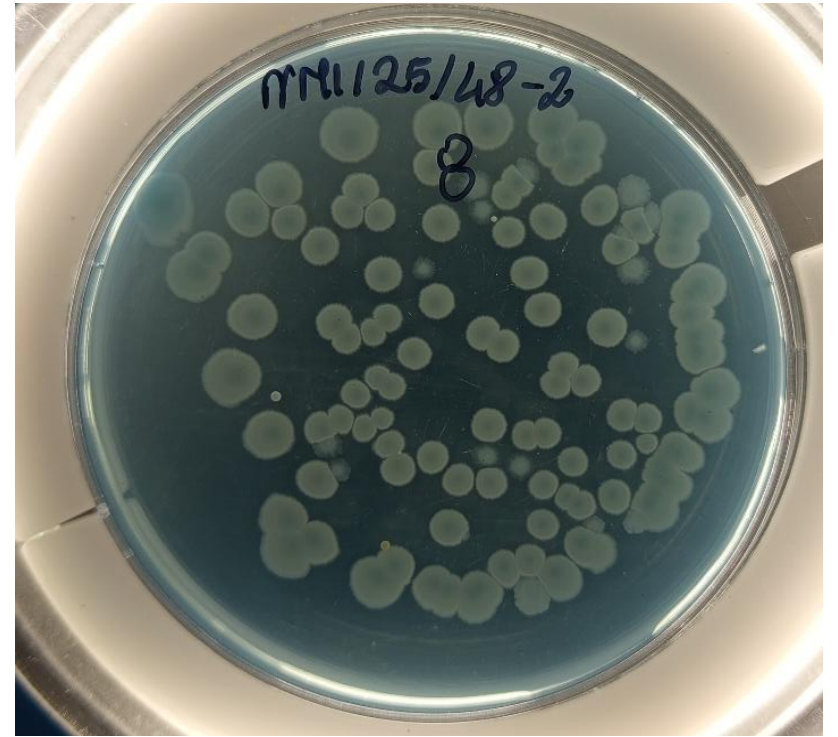
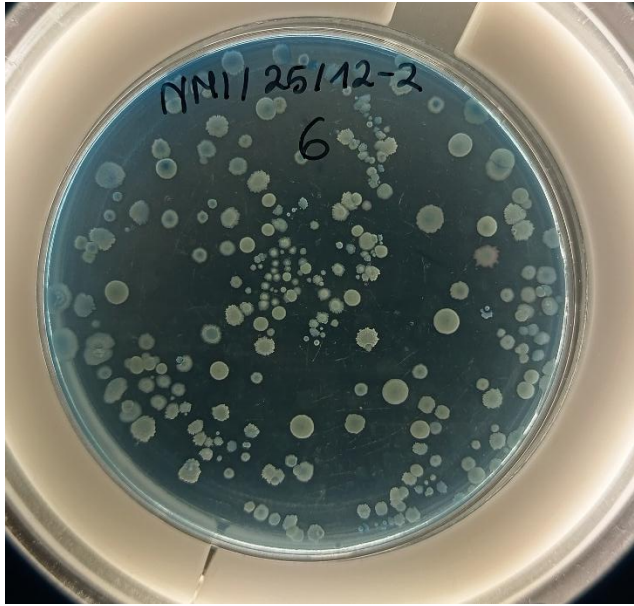


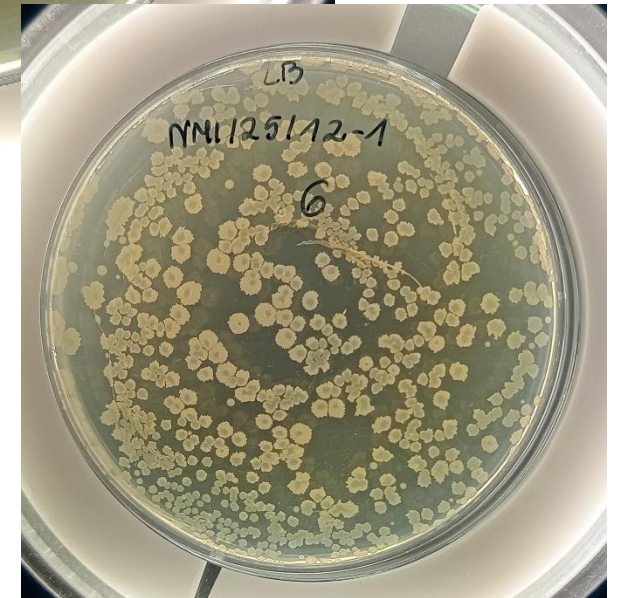
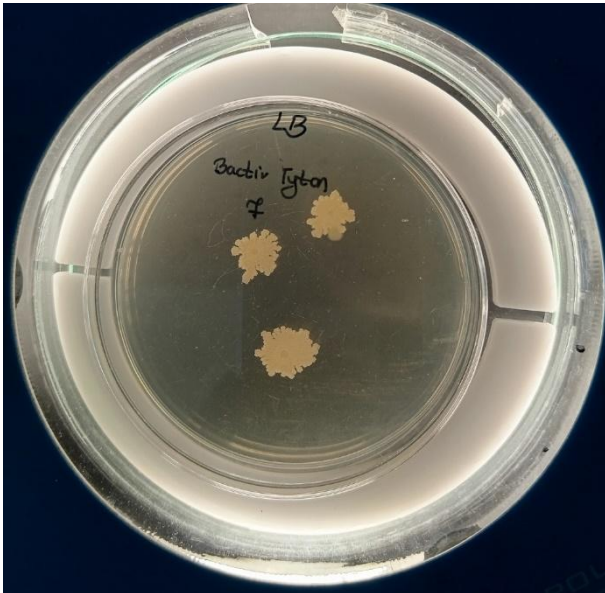
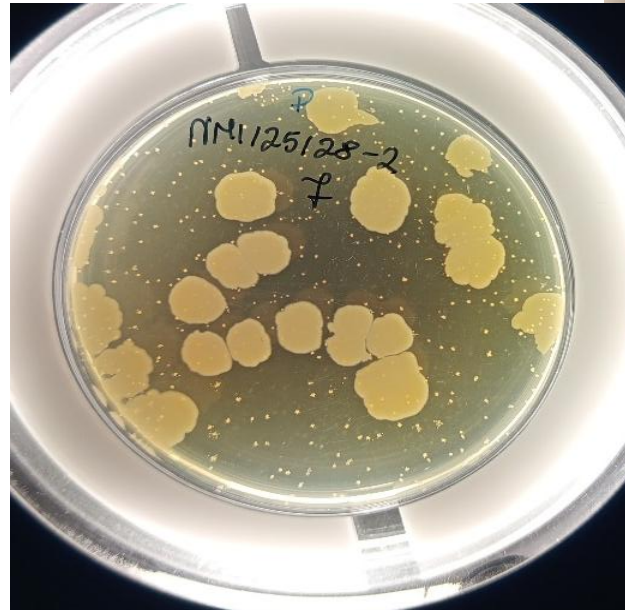
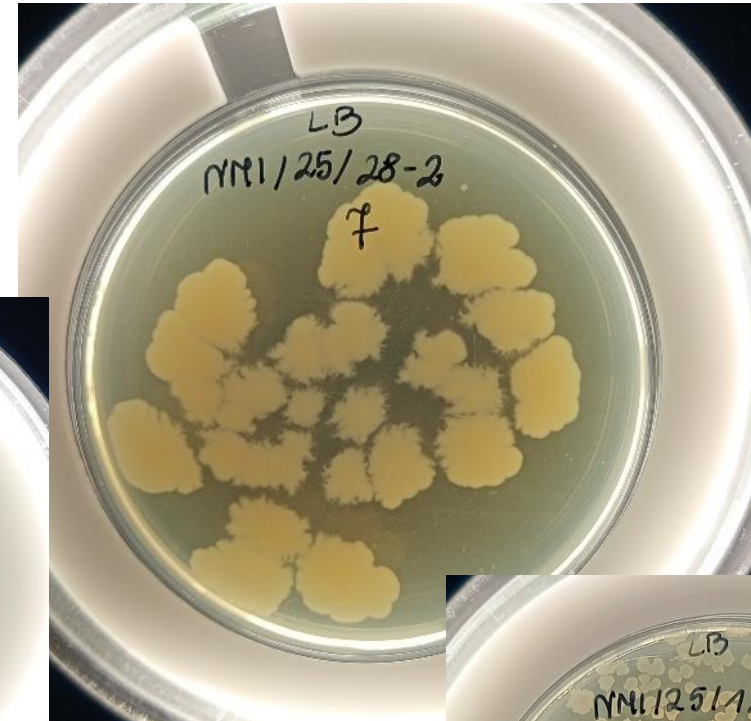
Procedura badawcza

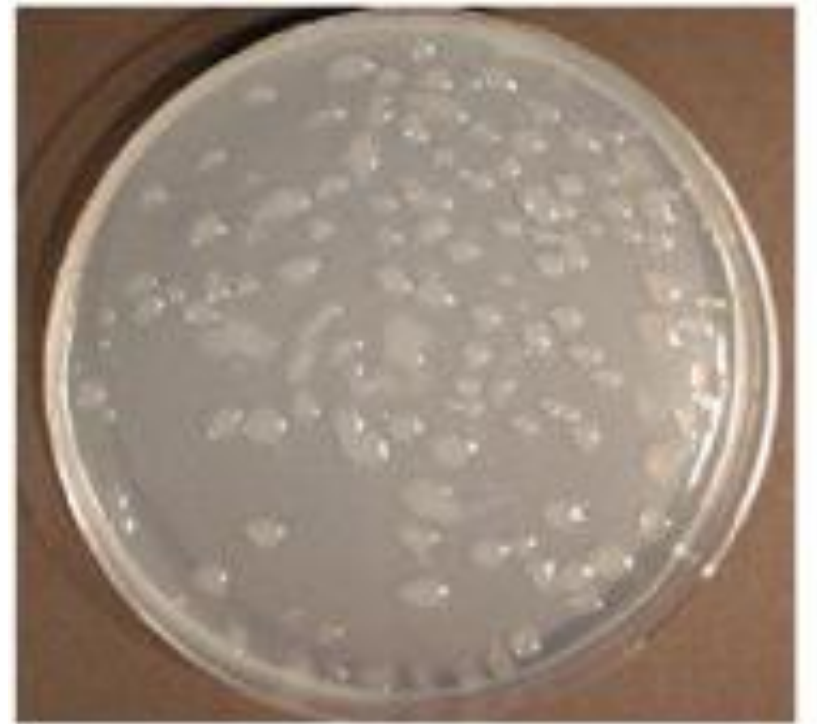
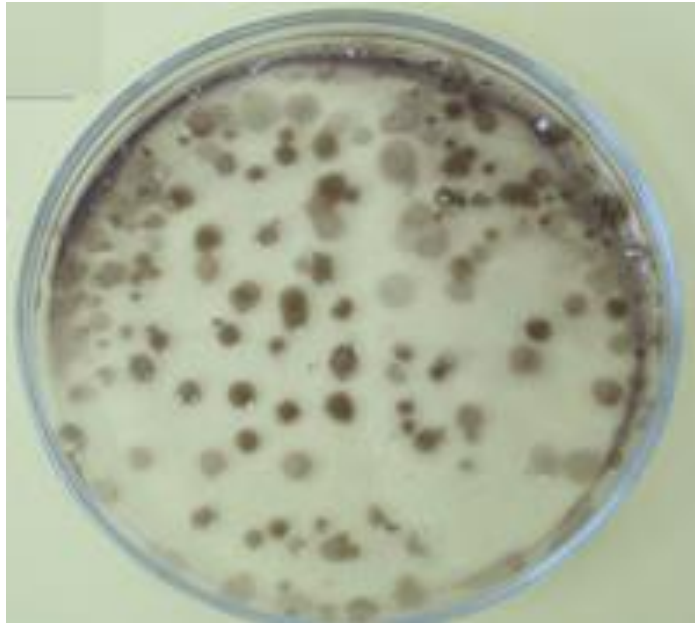
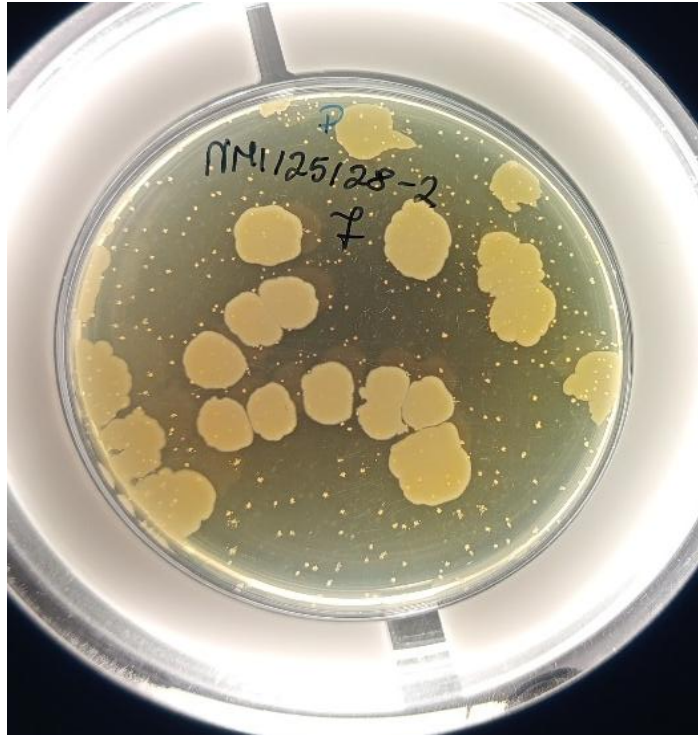


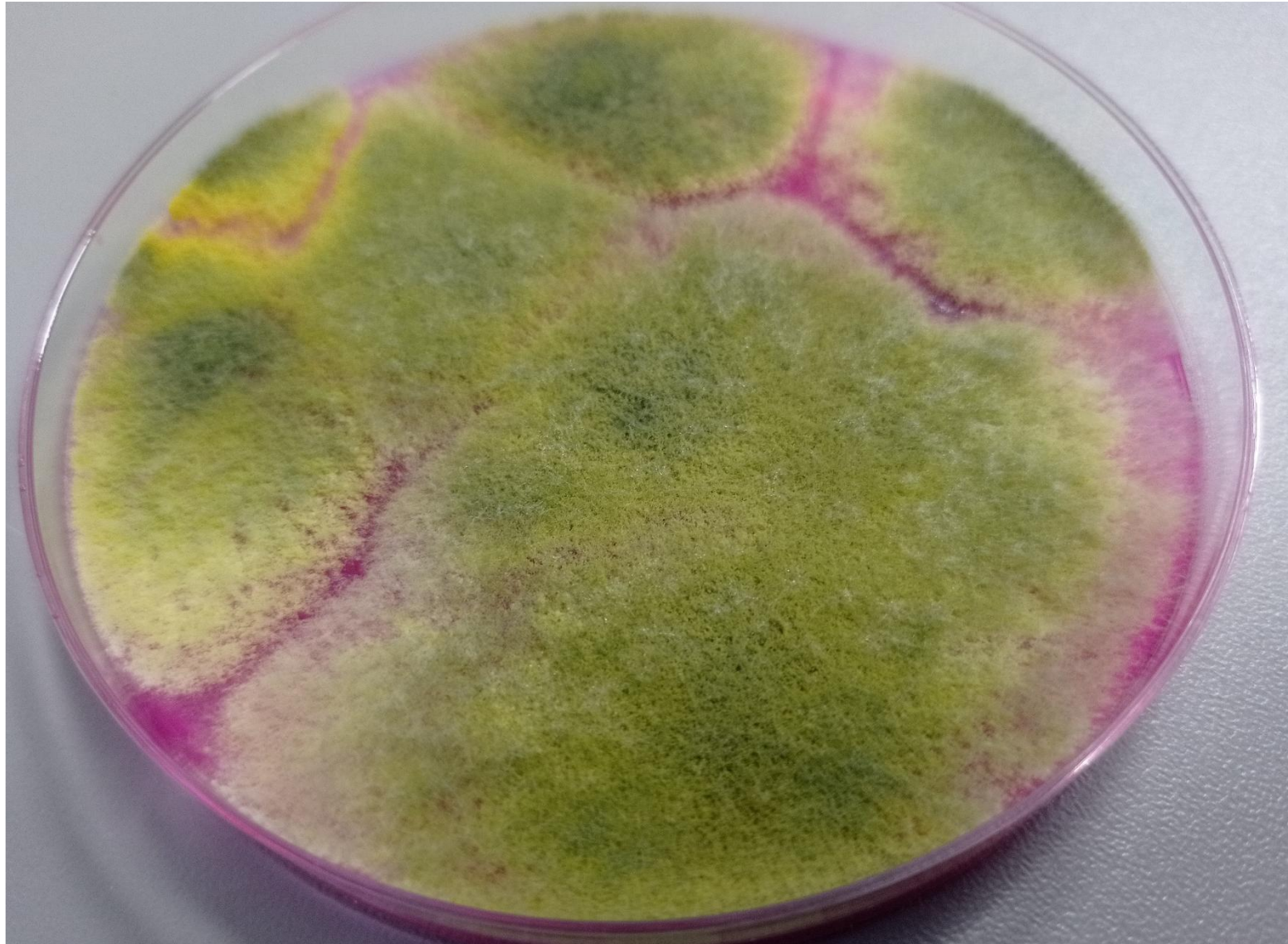




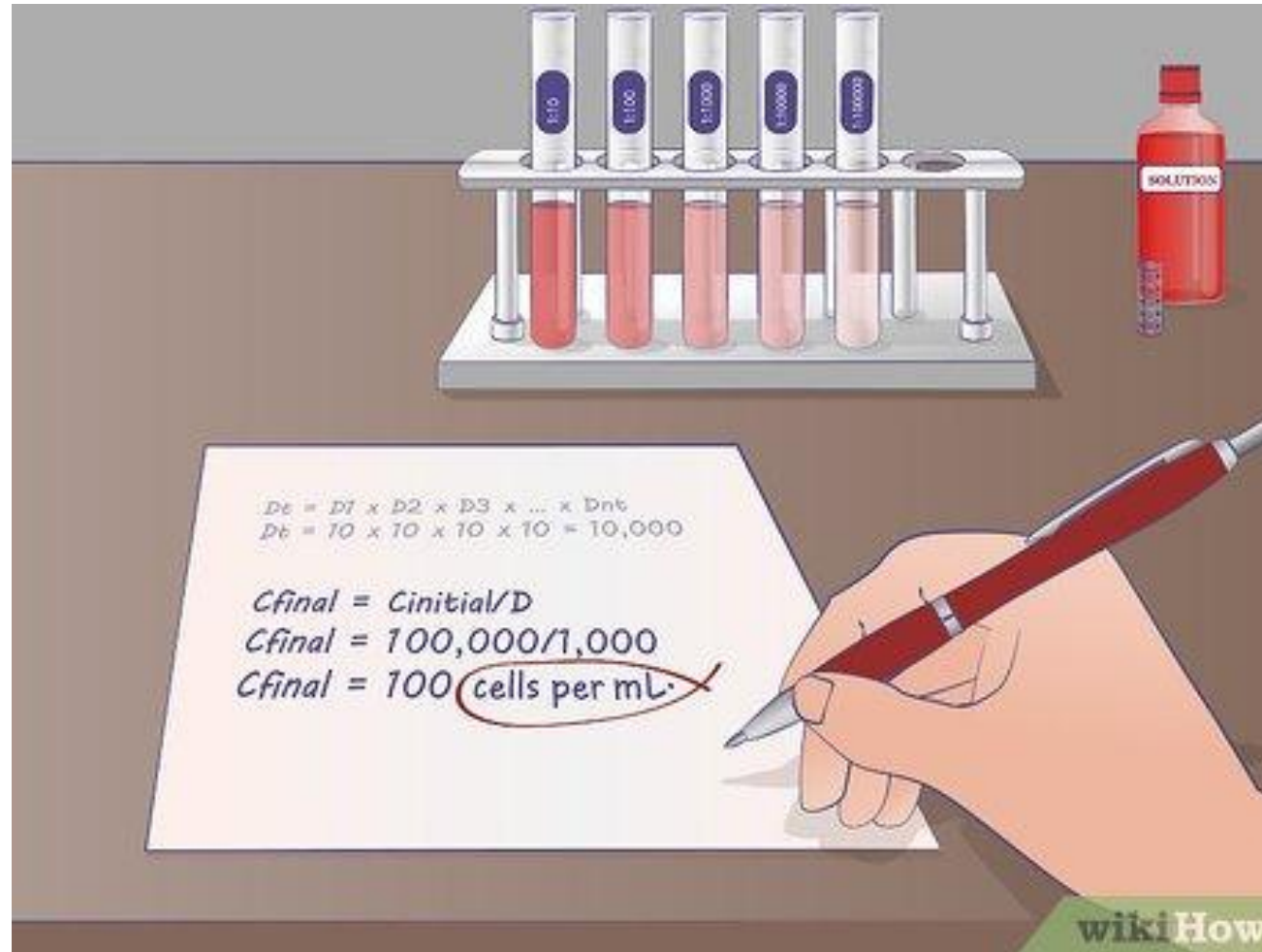








Raport i sprawozdanie



- Skuteczność biopreparatów zależy nie od marketingu, lecz od **doboru właściwych, odpornych szczepów**
- Zmienna wilgotność gleby jest jednym z najważniejszych czynników ograniczających działanie mikroorganizmów.
- Odpowiednia strategia doboru pozwala stworzyć preparaty, które rzeczywiście działają w warunkach gospodarstwa, a nie tylko w laboratorium.
- Doradcy rolniczy mają kluczową rolę w edukowaniu rolników i wyborze skutecznych produktów.



PODSUMOWANIE

Mając na uwadze potencjał biologiczny i rolę mikroorganizmów we wzroście i rozwoju roślin, w dalszym ciągu należy prowadzić badania nad ich wykorzystaniem w technologiach agroekologicznych, tak aby osiągnąć jak najbardziej zadowalające efekty w zakresie produktywności rolnictwa i ochrony środowiska



dr Małgorzata Woźniak,
kontakt: m.wozniak@iung.pulawy.pl
Tel: 81 47 86 960

