



Plan
Strategiczny dla
Wspólnej
Polityki
Rolnej
na lata 2023-2027



Dofinansowane przez
Unię Europejską



Bakterie i ich rola w rolnictwie

dr hab. Bożena Nejman-Faleńczyk

„Pomorskie Forum Innowacji Rolniczych – IV edycja”

Lubań, 21.10.2025 r.

Bakterie i ich rola w rolnictwie



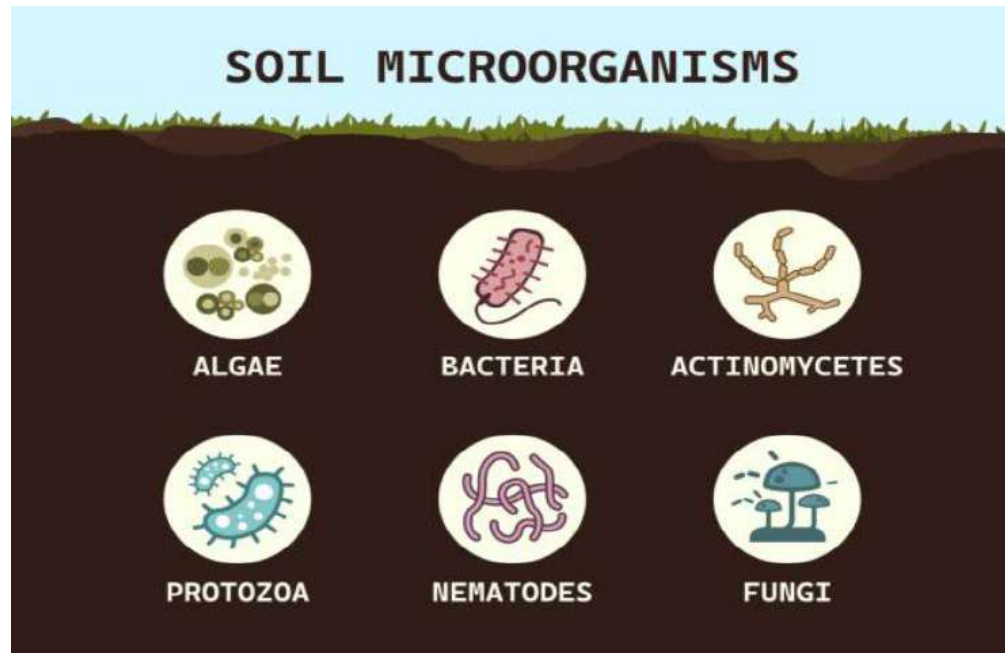
- 1 Bioróżnorodność i występowanie bakterii w glebie
- 2 Rola pożytecznych bakterii i czynniki ograniczające ich przeżywalność w glebie
- 3 Preparat zawierający wysoce odporne na warunki środowiska bakterie wytwarzające endospory
- 4 Bakterie chorobotwórcze i zwalczające je bakteriofagi jako preparaty przyszłości

Bakterie – małe organizmy o wielkich możliwościach



- ❑ mikroskopijne organizmy żywe składające się z tylko jednej komórki
- ❑ osiągają wielkość w zakresie 1-10 μm
- ❑ są to proste formy życia – materiał genetyczny osłonięty błonami
- ❑ rozmnażają się przez podział komórki w szybkim tempie (co 20 min)
- ❑ szacowna liczba bakterii żyjących na naszej planecie wynosi 5000 miliardów miliardów (czyli 5×10^{30})
- ❑ są wszechobecne i występują w różnych środowiskach – również ekstremalnych
- ❑ zdolność do przetrwania w trudnych warunkach – endospory
- ❑ mają niezwykłą zdolność adaptacji do zmieniających się warunków poprzez selekcję spontanicznych mutacji

Liczba mikroorganizmów w glebie



Grupy mikroorganizmów	Liczba mikroorganizmów w 1 g gleby	Masa ciała mikroorganizmów w kg/ha
Bakterie (Schizomycetes)	0,5-5 miliardów	1 500-15 000
Grzyby (Myromyceles)	1 000-15 000	100-1 000
Glony (Algae)	10 000-300 000	60-450
Pierwotniaki (Protozoa):	_____	łącznie 20-250
korzenionózki	około 420 000	_____
wiciowce	około 1 000 000	_____
orzęski	około 1 000	_____

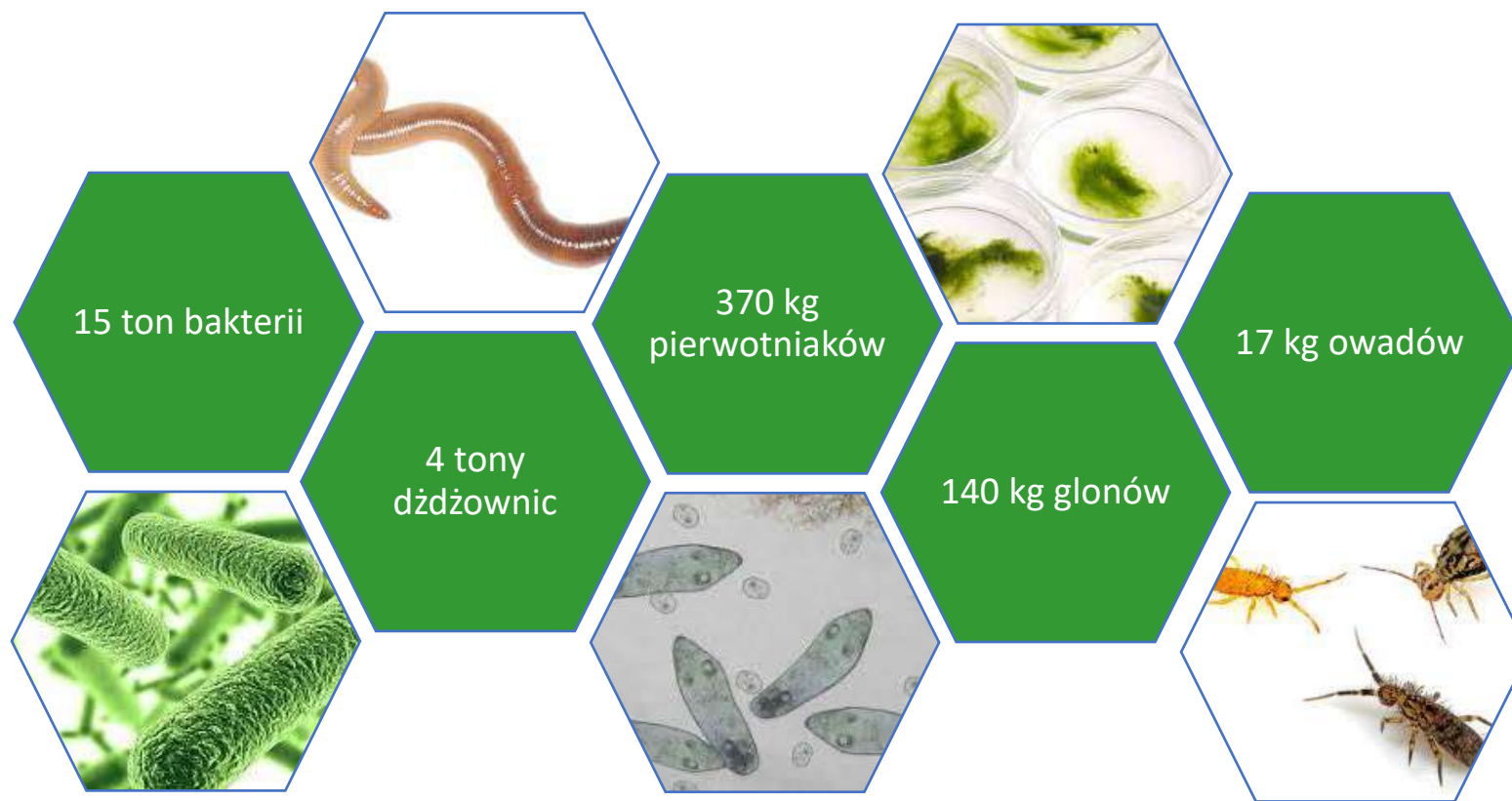
Przybliżona liczba mikroorganizmów w warstwie ornej gleb

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., CC BY-SA 3.0, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>. Oprac. na podstawie: S. Zawadzki, Gleboznawstwo, PWRiL, Warszawa 1999.

Liczba bakterii wynosi od 0,5 do 5 miliardów w 1 g suchej gleby, co daje nawet 15 ton biomasy na hektar i stanowią one około 40 % wszystkich organizmów glebowych.

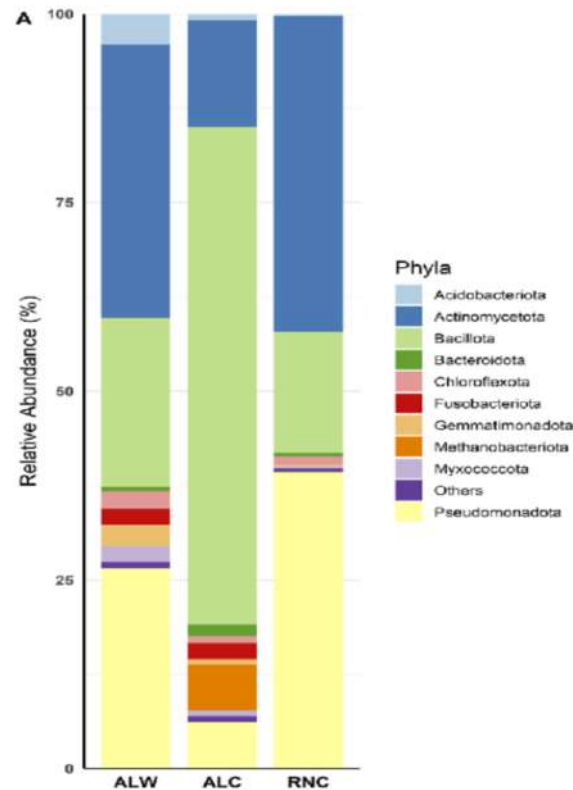
Udział pozostałych organizmów, takich jak glony, grzyby, pierwotniaki, nicienie, jest znacznie mniejszy.

W glebie o powierzchni 1 hektara żyje:



Procesy glebotwórcze– przemiany materii i energii oraz rozkład związków organicznych

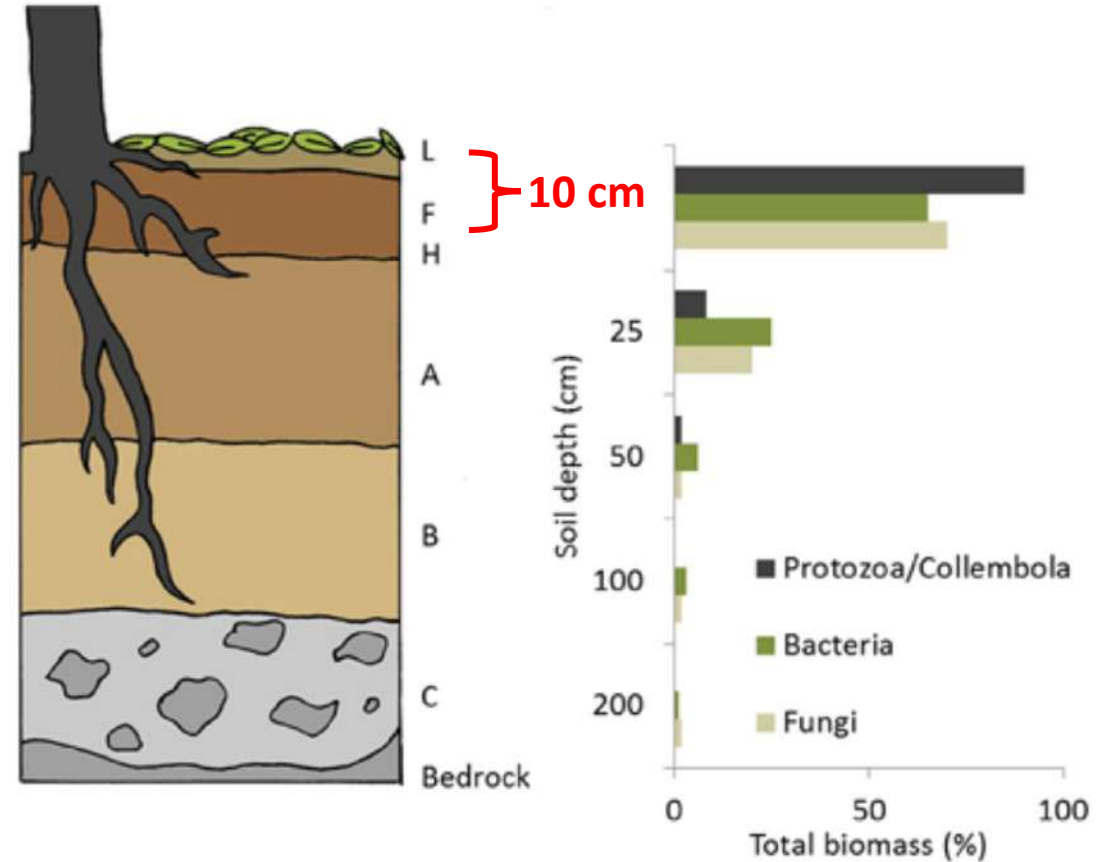
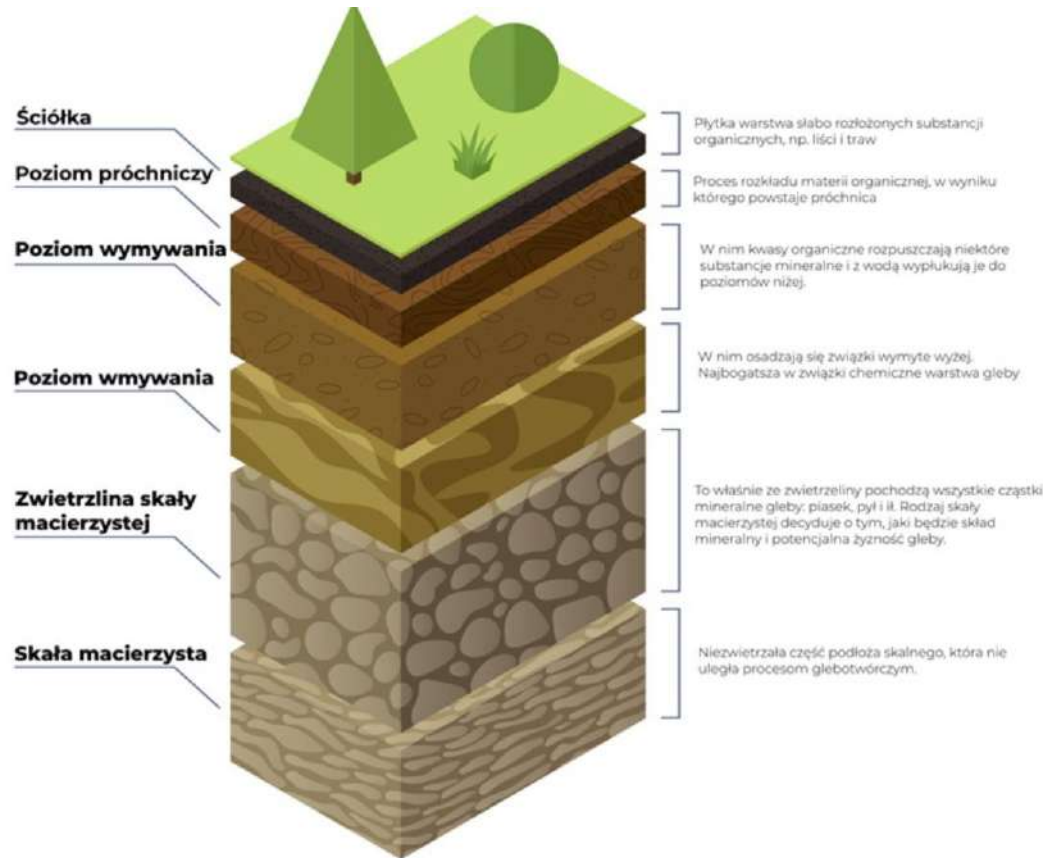
Bioróżnorodność bakterii glebowych



Źródło: DOI:10.1016/j.heliyon.2024.e34336

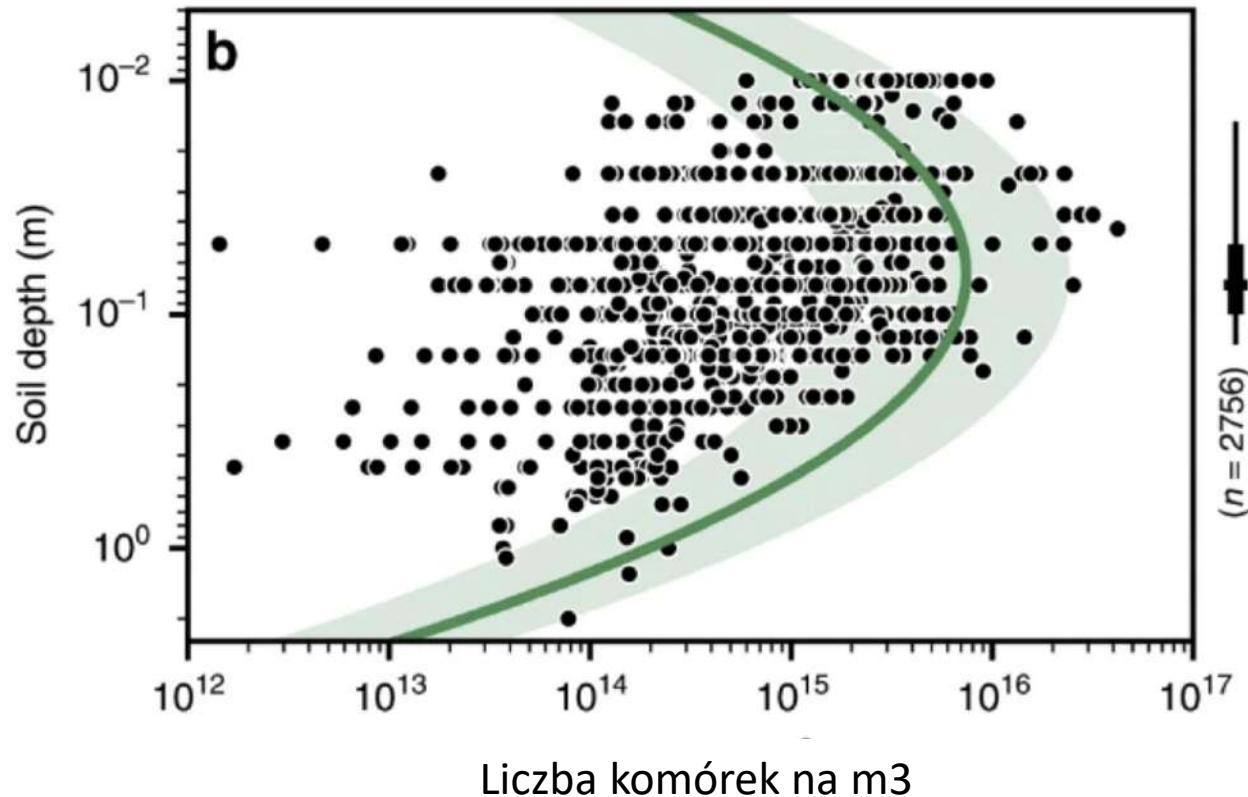
- ❑ Identyfikacja bakterii glebowych jest trudna, ponieważ większość gatunków nie została scharakteryzowana
- ❑ Szacuje się, że w glebie występują dziesiątki typów, setki rodzajów i około 60 000 gatunków bakterii.
- ❑ Wśród typów bakterii dominują Actinomycetota, Bacillota i Pseudomonadota

Zagęszczenie mikroorganizmów w glebie



10 cm – naturalna warstwa mikrobiologiczna gleby zawiera 70% ogólnej biomasy bakterii

Ochrona życia mikrobiologicznego a system bezorkowej uprawy



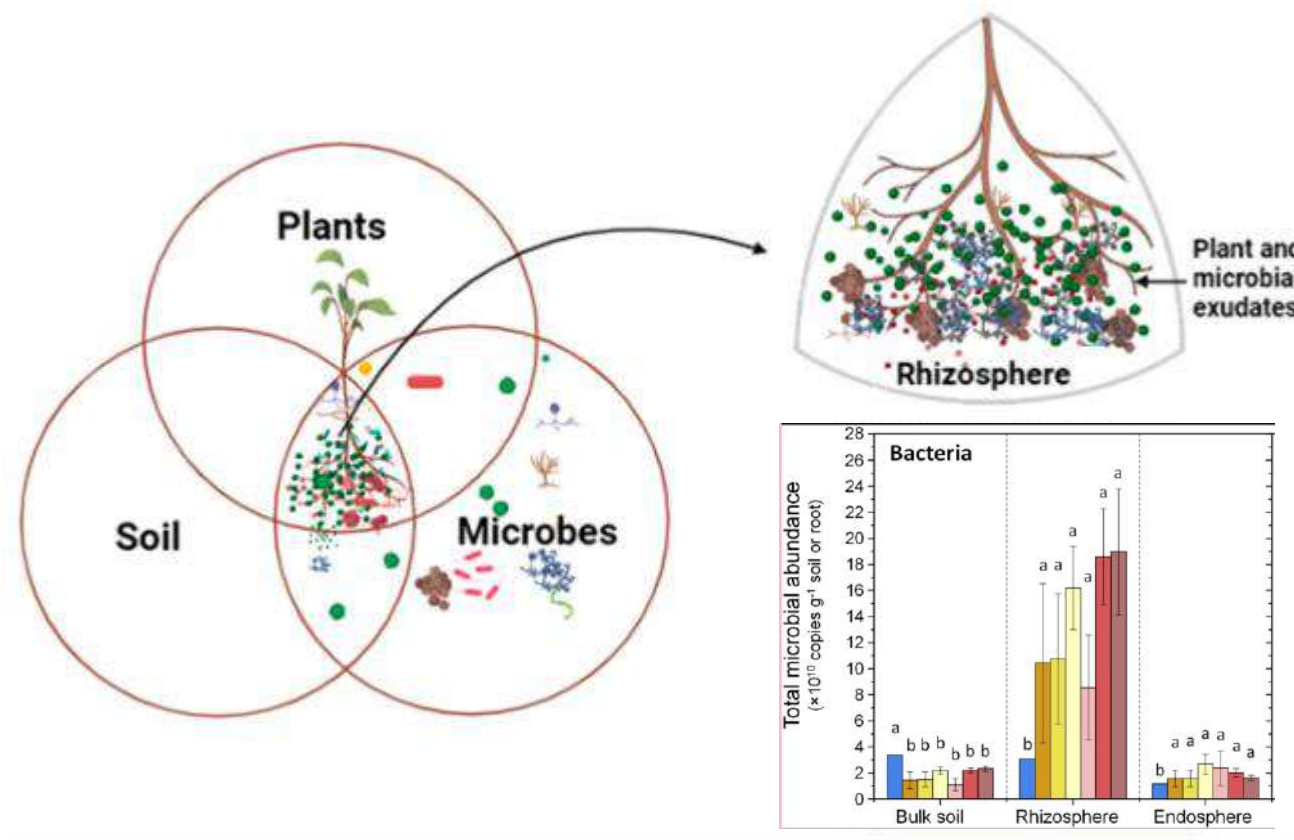
W-wa 10 cm = biliard komórek na m³

Źródło <https://www.nature.com/articles/s41467-019-13966-w#MOESM1>

- Unikanie głębokiego mieszania gleby i pozostawienie resztek poźniwnych w powierzchniowej warstwie gleby
- Resztki chronią glebę przed erozją i zatrzymują wilgoć, która sprzyja rozwojowi mikroorganizmów

Rozwój bakterii w korzeniowej strefie roślin

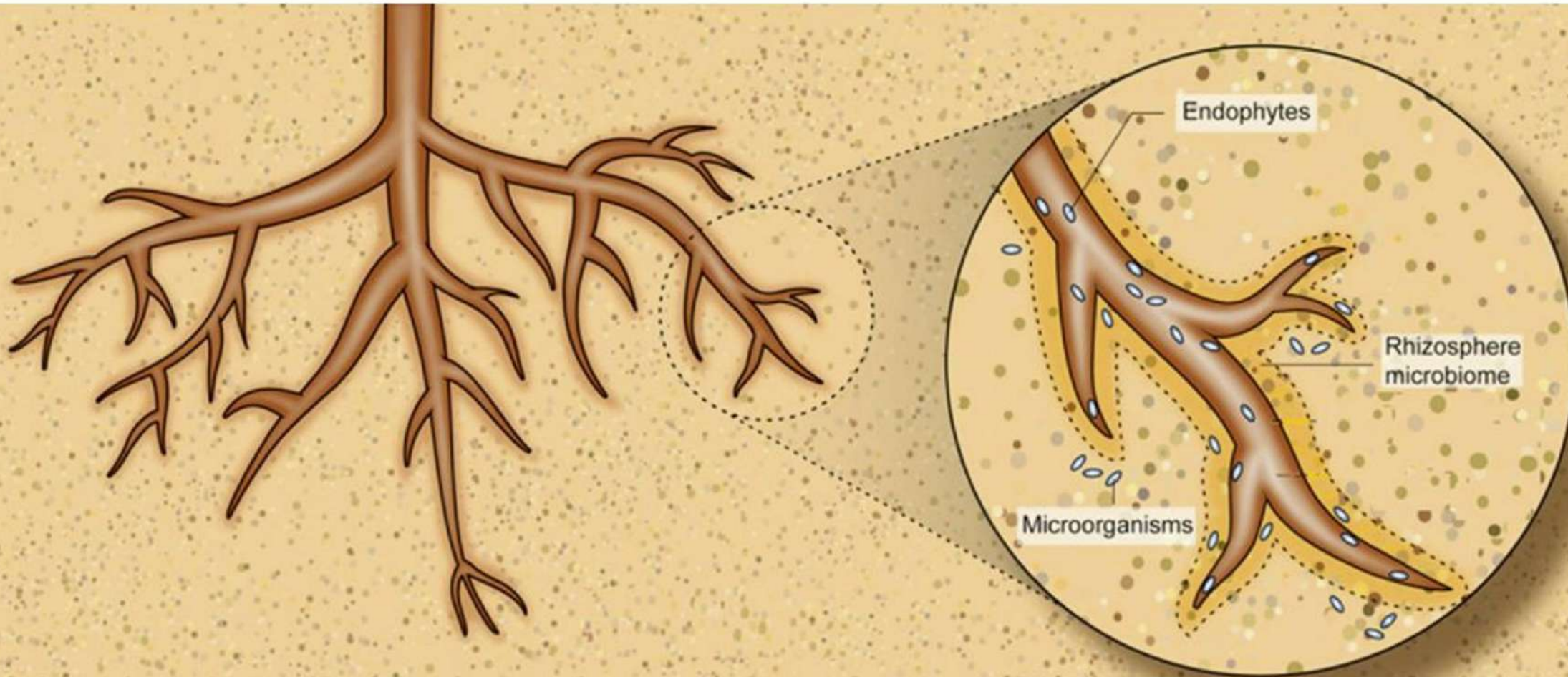
strefa intensywnej działalności mikrobiologicznej i relacji między rośliną, glebą a mikroorganizmami



<https://www.mdpi.com/2071-1050/15/19/14643>

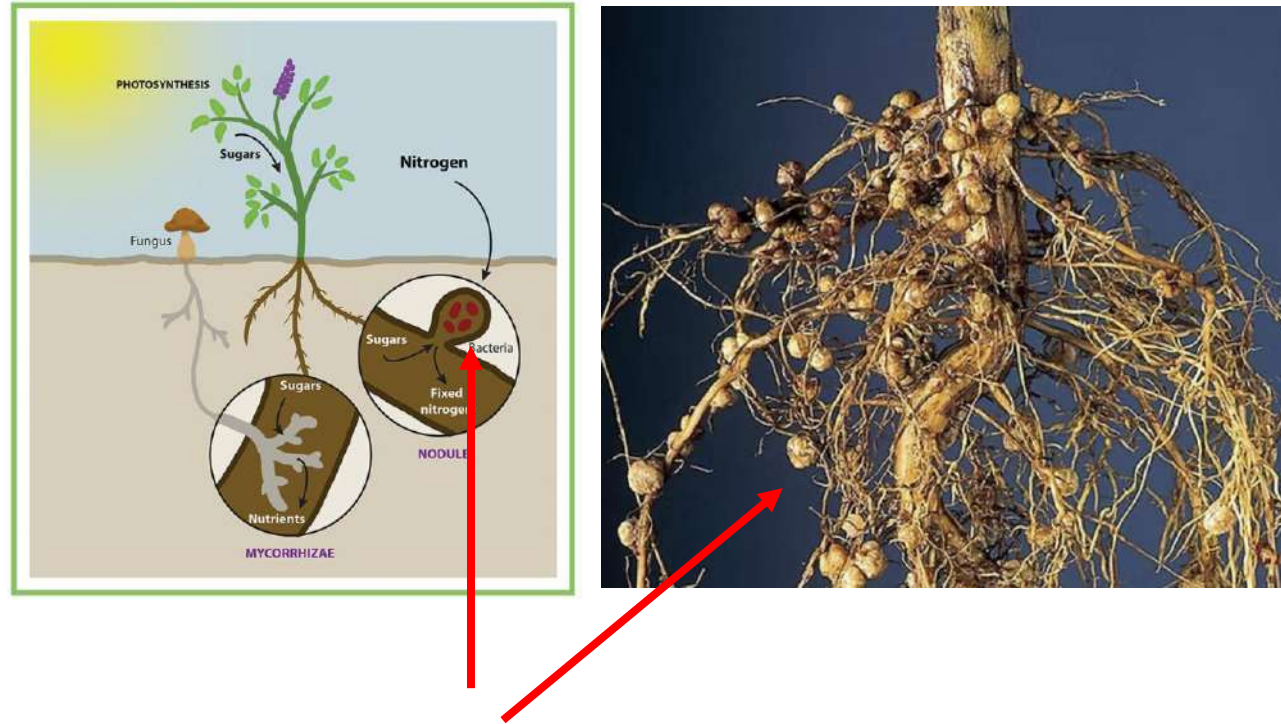
<https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2022.1078836/full>

Endofity oraz bakterie wolno żyjące



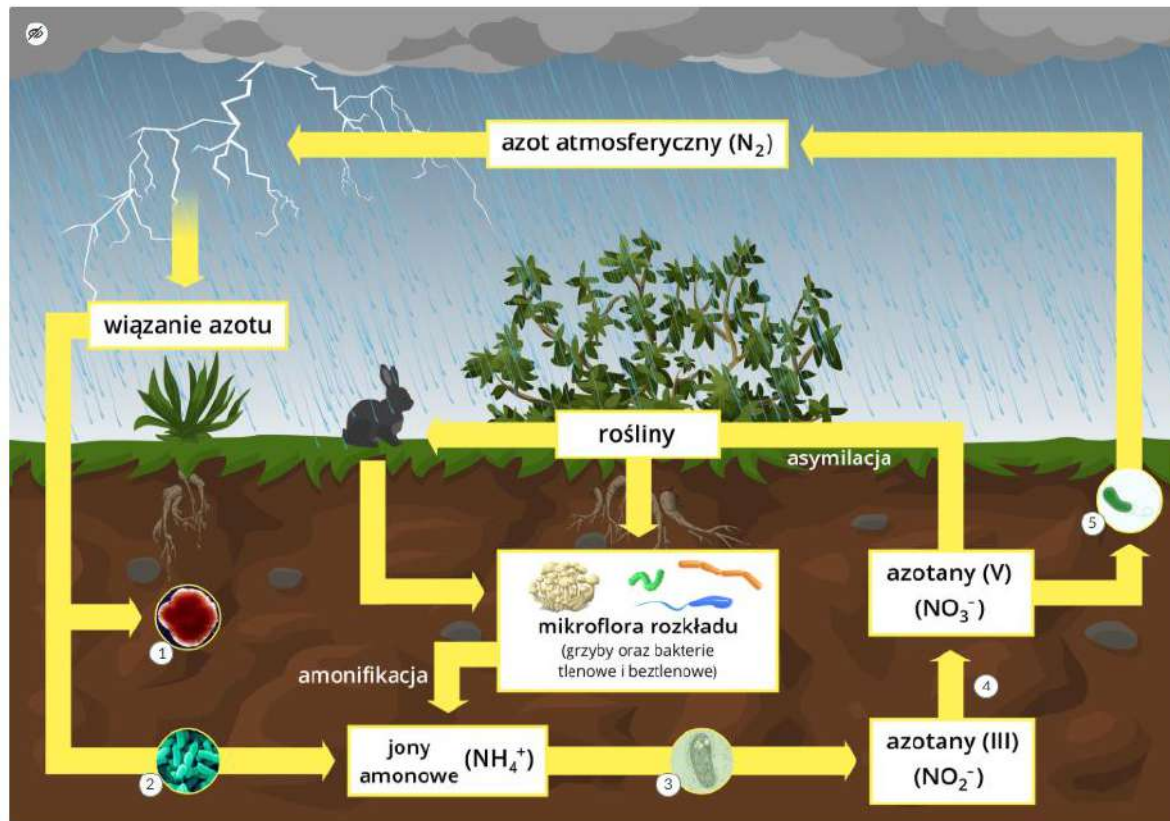
Innowacyjne preparaty mikrobiologiczne

Bakterie brodawkowe – symbioza z roślinami motylkowymi



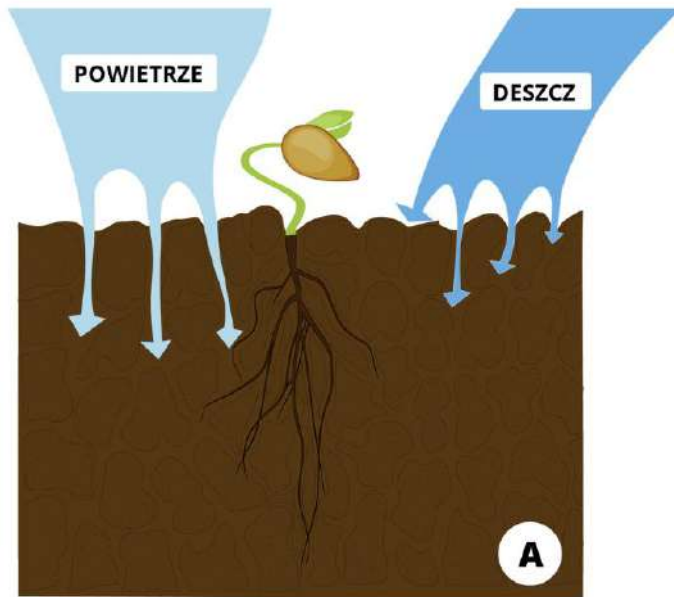
Brodawki korzeniowe zawierające bakterie z rodzaju *Rhizobium* produkujące enzym nitrogenazę

Udział w obiegu azotu i innych pierwiastków

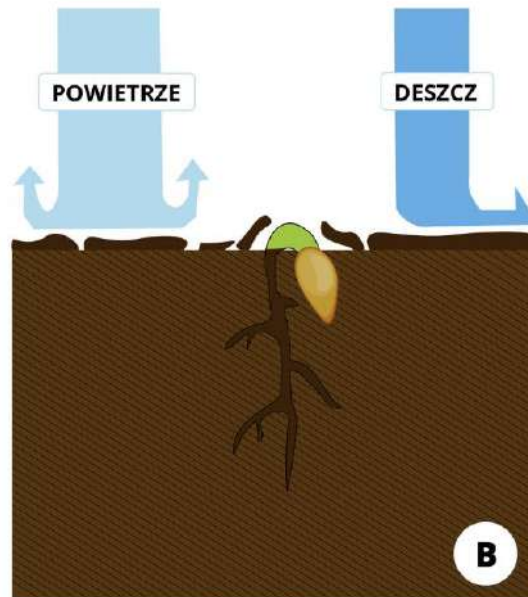


Enzym nitrogenaza katalizuje reakcję redukcji azotu cząsteczkowego do jonów amonowych

Rola bakterii w tworzeniu struktury gleby



Gleba gruzełkowata



Gleba brylowata,
nadmiernie zagęszczona

Źródło: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.

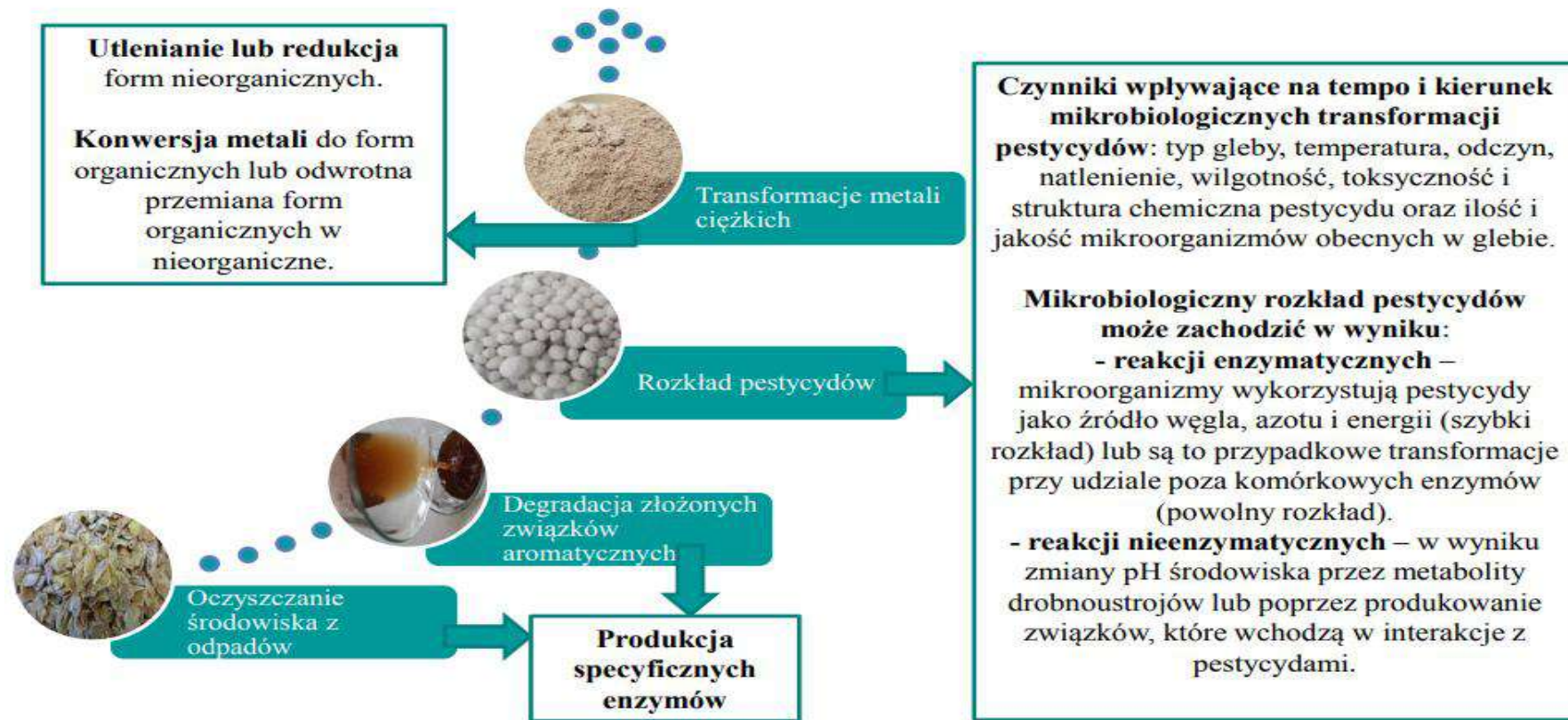
- ❑ Bakterie wytwarzają polisacharydy lub glikoproteiny, które pokrywają powierzchnię cząstek piasku, mułu i gliny i ułatwiają ich sklejenie w stabilne **mikroagregaty** – w ten sposób powstaje **struktura gruzełkowata** gleby z kanalikami, zapewniającymi roślinie dopływ tlenu i wody.
- ❑ Biorą udział w rozkładzie materii organicznej i w tworzeniu warstwy próchnicy

Korzyści z poprawy struktury gleby



- ❑ Zmniejszone ryzyko erozji
- ❑ Zmniejszone zaskorupienie powierzchni
- ❑ Ułatwiona penetracja korzeni i dostęp do składników odżywczych
- ❑ Ułatwione kiełkowanie roślin
- ❑ Zwiększona porowatość i dostęp do wody
- ❑ Zwiększona aktywność biologiczna gleby

Rozkład szkodliwych substancji na związki mniej szkodliwe (detoksykacja i bioremediacja gleb)



Źródło: <https://www.cdr.gov.pl/images/Radom/2019/12-07/2.pdf>

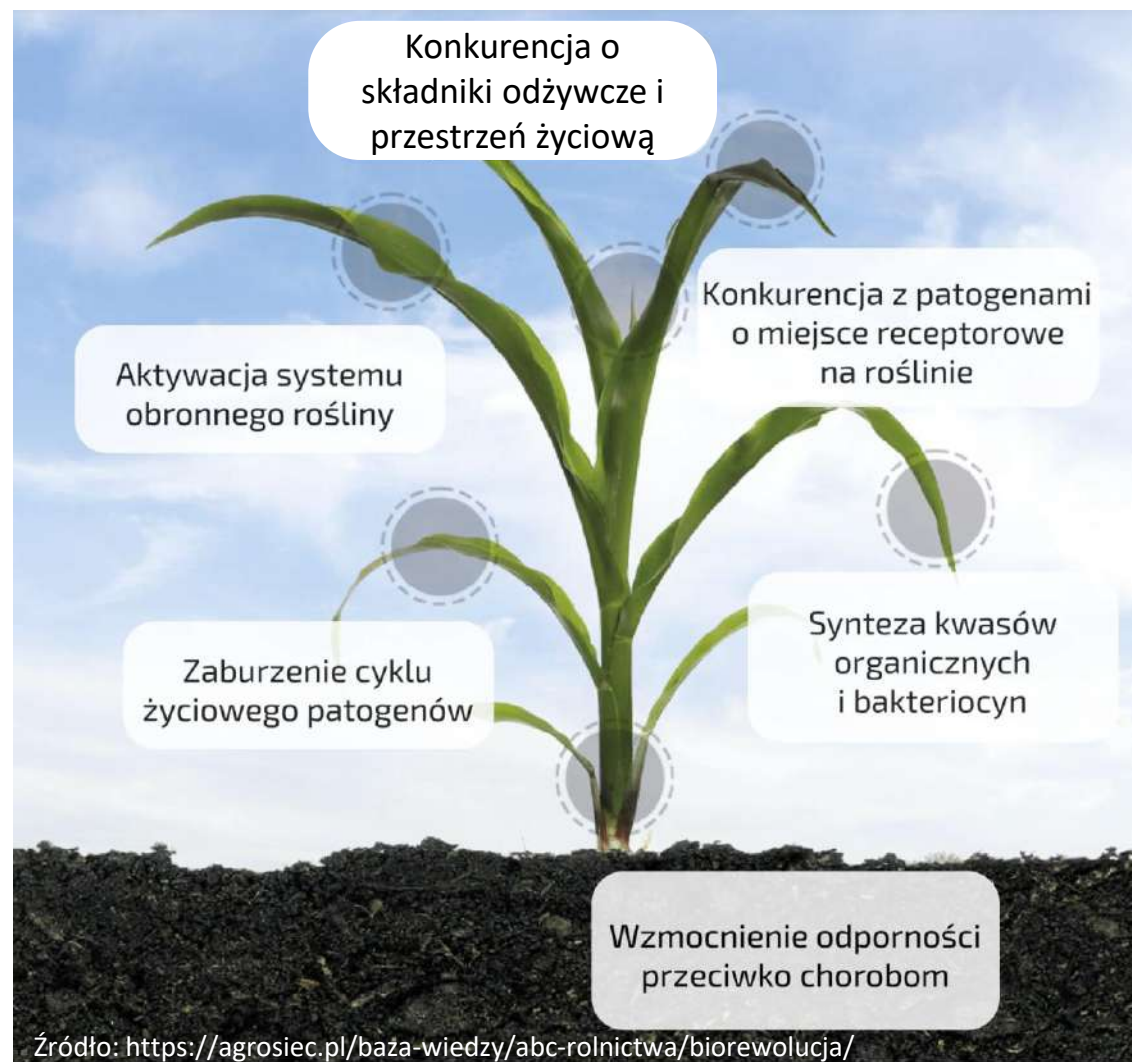
Wspomaganie wzrostu i rozwoju roślin



Źródło: <https://agrosomic.pl/blog>

- ❑ Fitohormony (hormony wzrostu, auksyny i gibereliny)
- ❑ Siderofory (pozyskiwanie żelaza)
- ❑ Osmoporotektanty (ochrona przed stresem)
- ❑ Deaminaza ACC (redukcja poziomu etylenu, wzrost tolerancji roślin na czynniki stresowe)

Walka z patogenami roślin

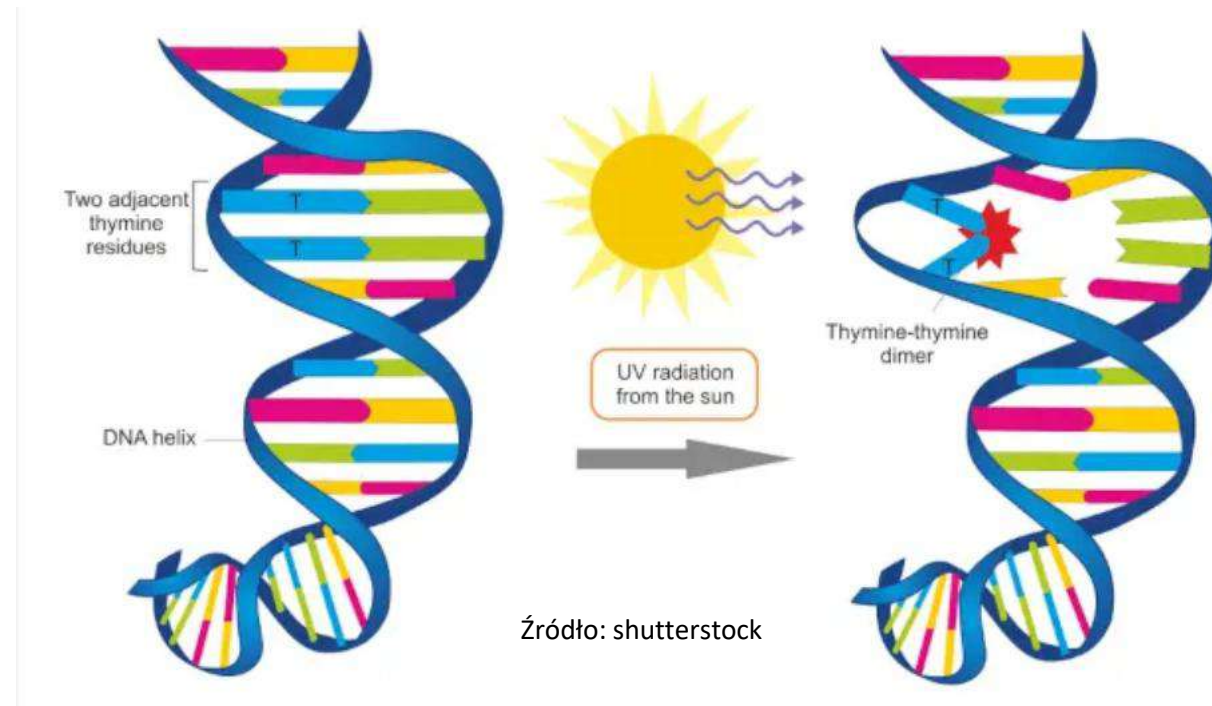


Czynniki powodujące spadek liczby bakterii - odczyn pH gleby



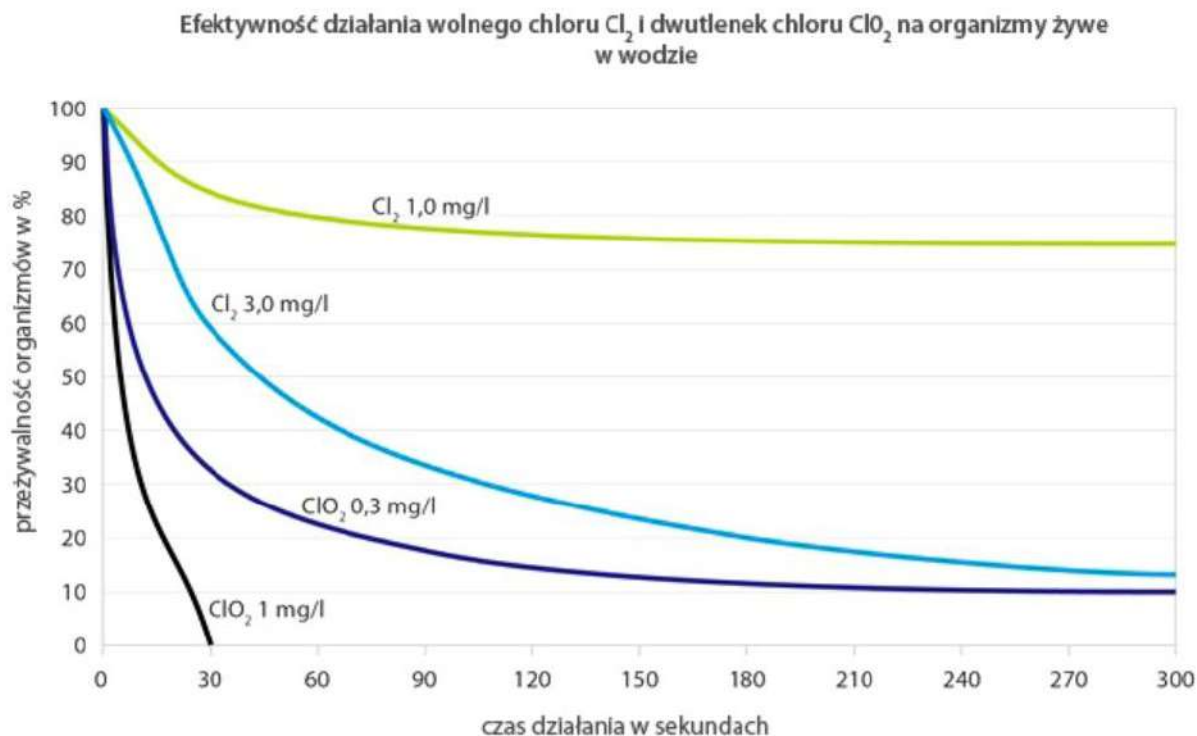
Większość bakterii nie przeżywa w zbyt kwaśnej glebie, ich liczba drastycznie spada (nawet 10x), rozwiązaniem może być wapnowanie gleby przed aplikacją preparatów bakteryjnych.

Czynniki powodujące spadek liczby bakterii w glebie- światło słoneczne



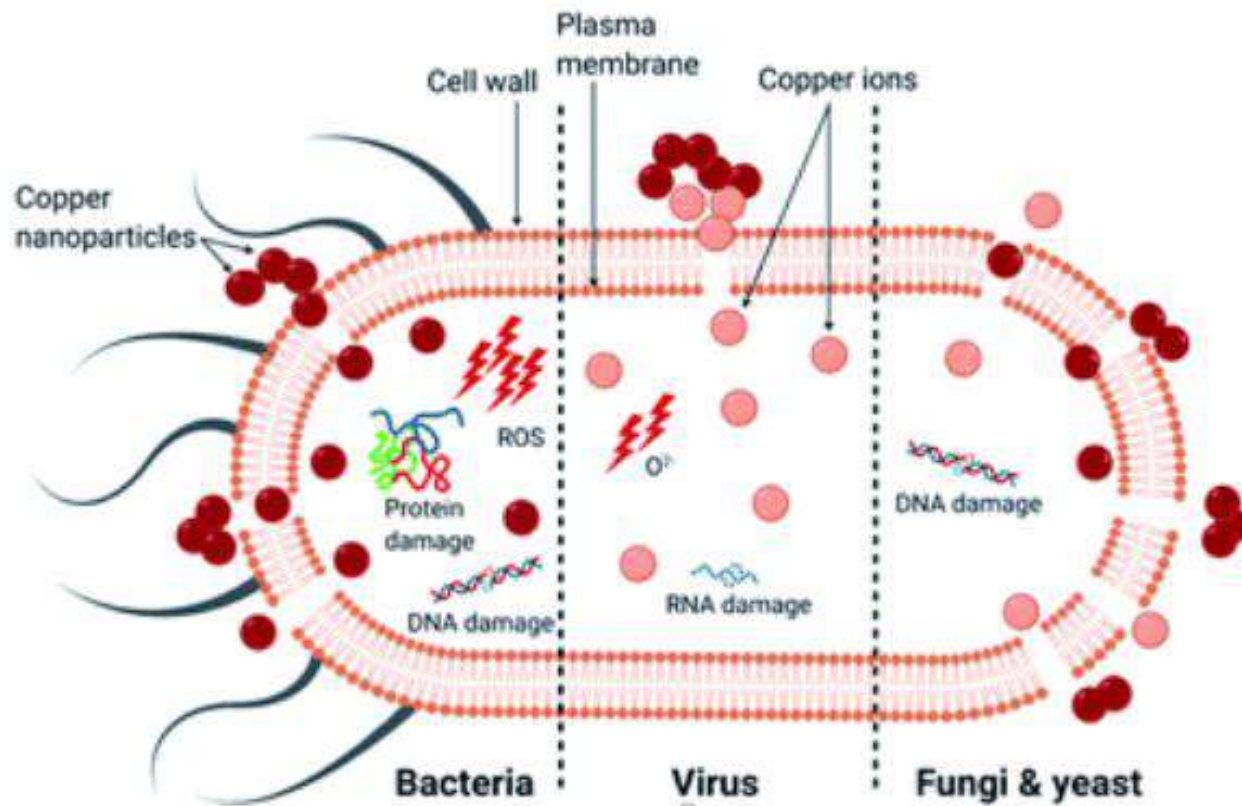
W spektrum promieniowania słonecznego jest promieniowanie ultrafioletowe (UV), które oddziałuje na DNA bakterii i prowadzi do utworzenia dimerów tymidynowych powodujących pęknięcia nici, zatrzymanie replikacji i w efekcie śmierć komórki.

Czynniki powodujące spadek liczby bakterii w glebie- chlorowana woda



- ❑ Chlor skutecznie eliminuje bakterie i wirusy wpływając na ich przeżywalność
- ❑ Chlor w wodzie tworzy kwas podchlorawy (HOCl) i jon podchlorynowy (OCl^-), które są odpowiedzialne za jego właściwości dezynfekujące.
- ❑ Jest używany do dezynfekcji wody wodociągowej, która jest wykorzystywana do rozpuszczania sypkich preparatów bakteryjnych i przygotowania oprysku
- ❑ Pozostawienie wody w otwartym opryskiwaczu na kilka godzin spowoduje odparowanie chloru. Na mniejsze objętości filtry z węglem aktywnym
- ❑ Rozwiązaniem jest też użycie wody ze studni, albo deszczówki

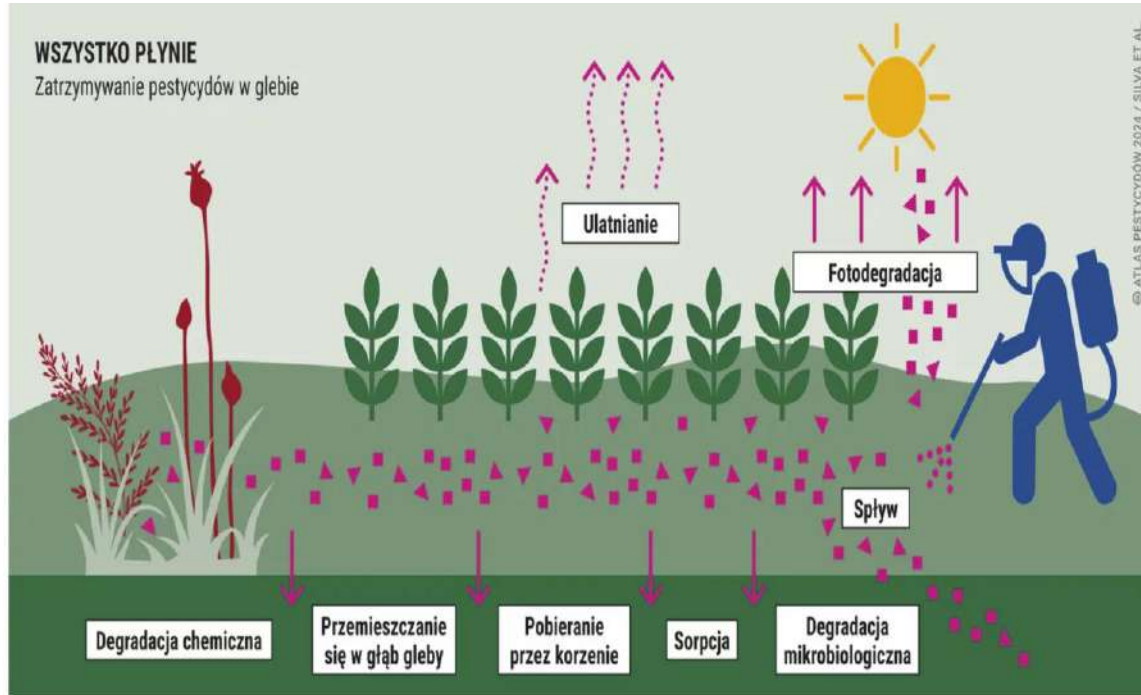
Czynniki powodujące spadek liczby bakterii w glebie- związki miedzi



Źródło <https://doi.org/10.1111/jam.13681>

- ❑ Miedź (Cu^{2+}) wykazuje właściwości bakteriobójcze
- ❑ Powoduje uszkodzenia błon komórkowych
- ❑ Wpływa na powstawanie wolnych rodników (ROS) w komórce i uszkodzenia DNA
- ❑ Nie należy stosować preparatów bakteryjnych razem z innymi zawierającymi związki miedzi

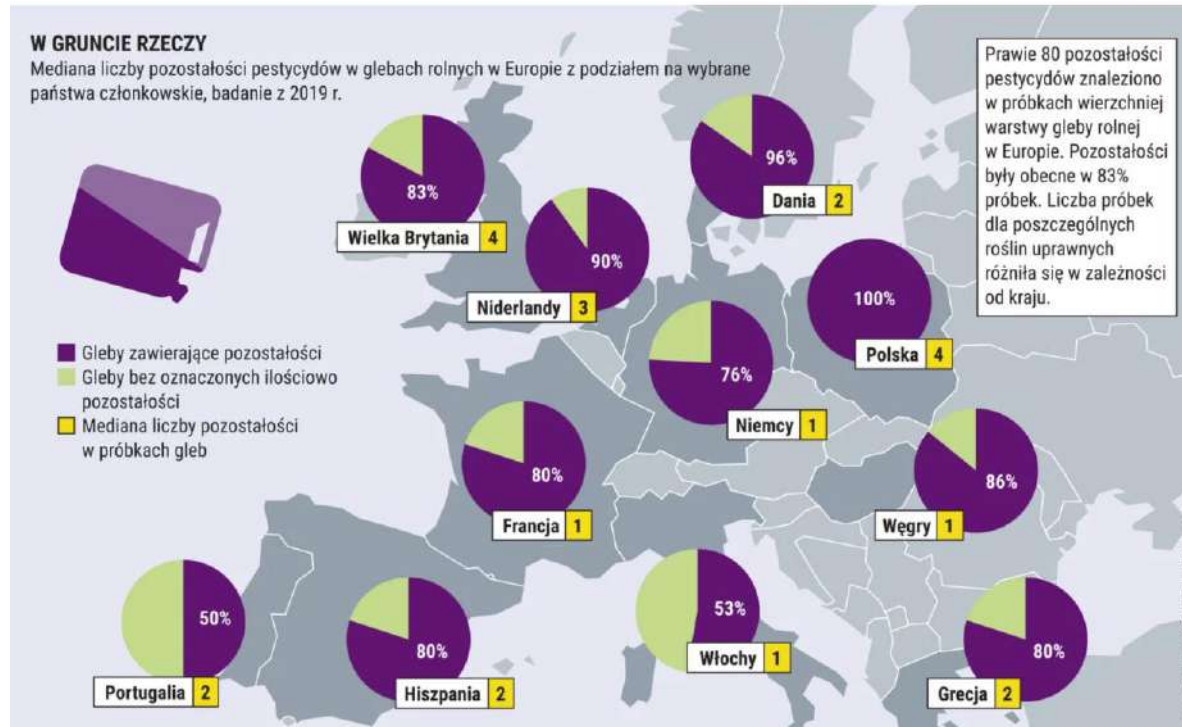
Czynniki powodujące spadek liczby bakterii w glebie- pestycydy



Źródło: <https://pl.boell.org/pl/2024/02/20/gleby-oddziaływanie-na-niewidoczny-ekosystem>

- ❑ Akumulacja w glebie i w wodach, długotrwałe utrzymywanie się, nawet przez kilkadziesiąt lat,
- ❑ Akumulacja w roślinach, które spożywamy i negatywny wpływ na nasze zdrowie:
 - zmiany nowotworowe
 - choroby skórne, alergie
 - choroby układu nerwowego, oddechowego, pokarmowego
 - zaburzenia równowagi hormonalnej
 - spadek odporności.
- ❑ Działanie niespecyficzne, również na pożyteczne organizmy, prowadzące do spadku liczebności bakterii, grzybów i dżdżownic
- ❑ Zmiany klimatu – przedłużające się susze ze względu na ograniczone zatrzymywanie wody w glebach i parowanie, będące skutkiem jałowości gleb

Czynniki powodujące spadek liczby bakterii w glebie- pestycydy



Źródło: <https://pl.boell.org/pl/2024/02/20/gleby-oddziaływanie-na-niewidoczny-ekosystem>

- ❑ Analizy gleb w Europie wykazały, że ponad 80% z 317 przebadanych gleb rolnych zawierało pozostałości pestycydów (w Polsce 100%)
- ❑ Nadmierne stosowanie pestycydów doprowadziło do wymierania gatunków i zaburzenia równowagi biologicznej gleby
- ❑ Równowagę tę należy przywrócić ograniczając stosowanie pestycydów albo stosując preparaty mikrobiologiczne i uzupełniając glebę w bakterie i inne pożyteczne organizmy.

Projekt Bacteria4Health



Uniwersytet
Gdański

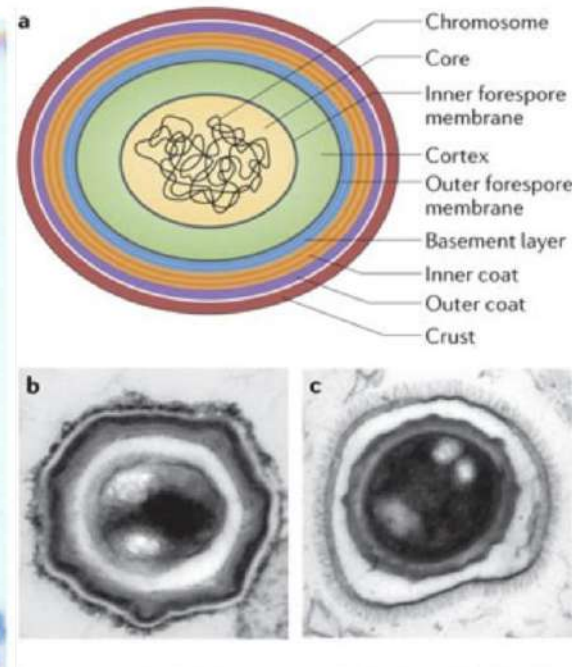
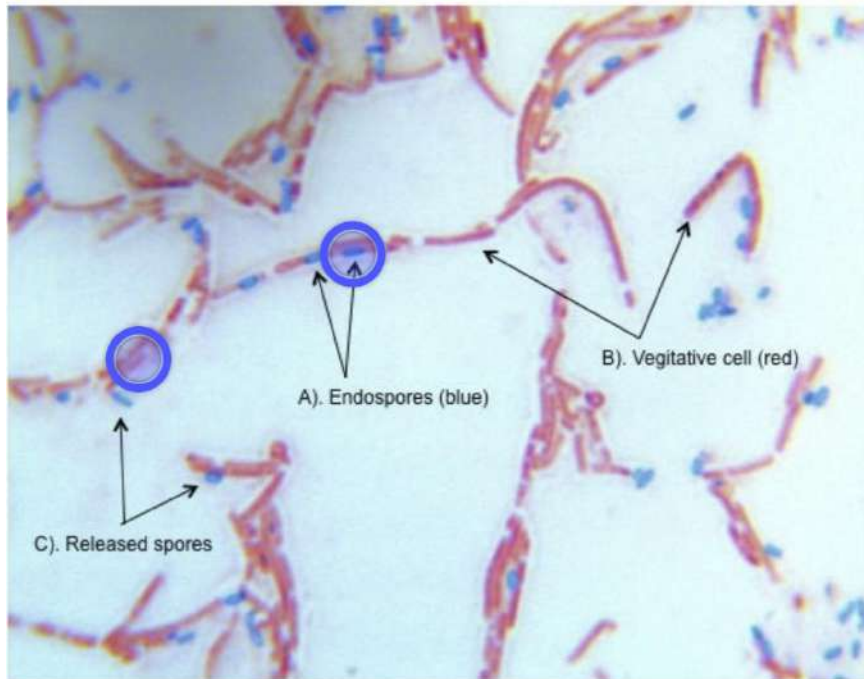


Celem projektu jest opracowanie innowacyjnego preparatu zawierającego bakterie glebowe tworzące wysoce odporne na działanie czynników zewnętrznych endospory, dzięki którym przeżywają w trudnych warunkach.

Preparat jest w końcowej fazie testów i na rynku powinien pojawić się na początku 2026 roku. Informacje pojawią się na naszej stronie.

www.bnf.edu.pl

Wyselekcjonowany szczep bakterii glebowych zdolny do tworzenia endospor

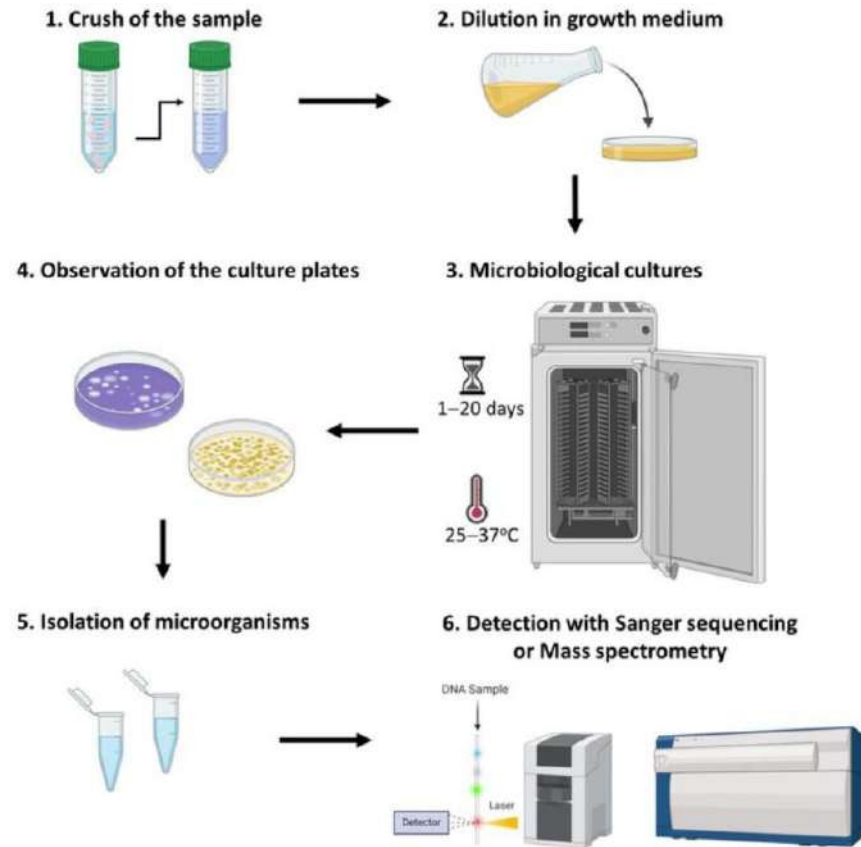


McKenney, P., Driks, A. & Eichenberger, P. The *Bacillus subtilis* endospore: assembly and functions of the multilayered coat. *Nat Rev Microbiol* 11, 33–44 (2013). <https://doi.org/10.1038/nrmicro2921>

Endospory - specjalne struktury, w których materiał genetyczny bakterii jest chroniony kilkoma warstwami osłon, dzięki czemu bakterie mogą przetrwać w takich warunkach jak brak pożywienia, susza, promieniowanie UV, kwaśne pH gleby, niskie i wysokie temperatury a także w obecności związki chemiczne, jak chlor oraz pestycydy.

Źródło: <https://doi.org/10.1186/s12866-020-01737-3>

Identyfikacja z wykorzystaniem najnowocześniejszych metod molekularnych

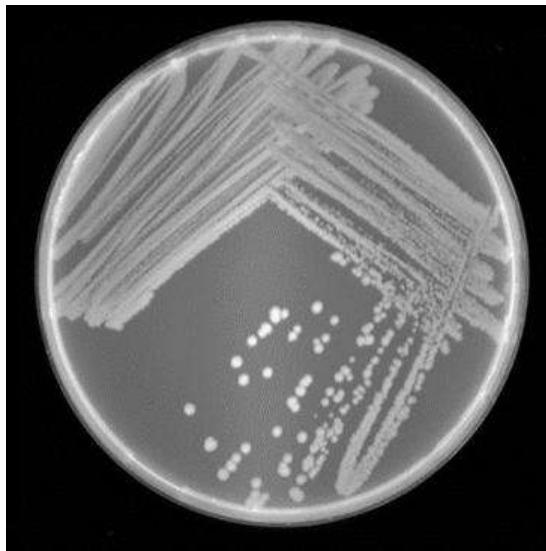


Technika spektrometrii mas (MALDI-TOF)

Sekwencjonowanie 16S rRNA

Źródło: doi: 10.3390/biomedicines11030827.

Optymalizacja warunków hodowli

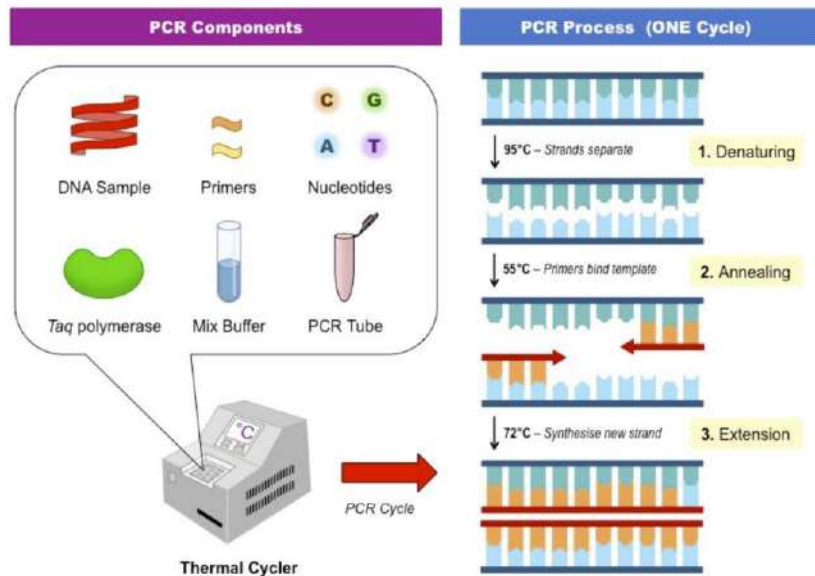


Bakterie hodujemy w kontrolowanych, sterylnych warunkach, w obecności najistotniejszych dla nich suplementów wzrostu, pierwiastków i źródła węgla, dzięki czemu pozostają w bardzo dobrej kondycji przez wiele miesięcy i są zdolne do efektywnego namnażania się w środowisku glebowym.

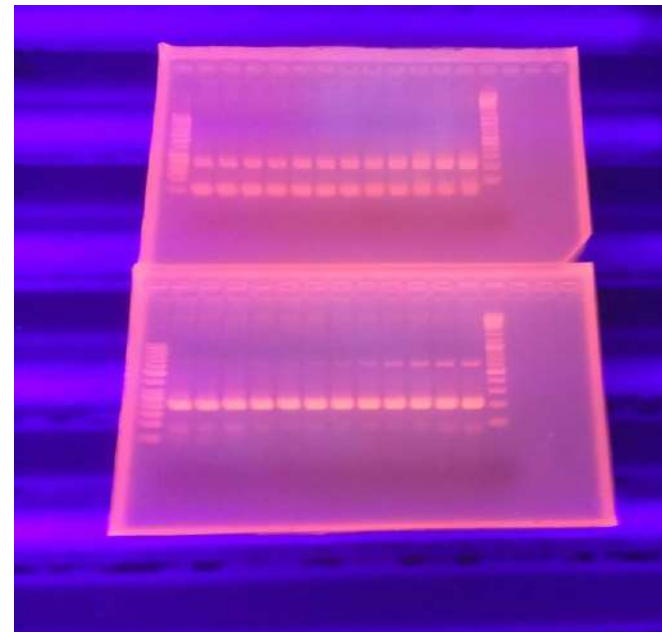
Innowacyjne preparaty mikrobiologiczne

Właściwości potwierdzone wynikami badań naukowych

Identyfikacja genów, których produkty odpowiadają za poszczególne funkcje w tym genów enzymów uczestniczących w obiegu pierwiastków: N, F

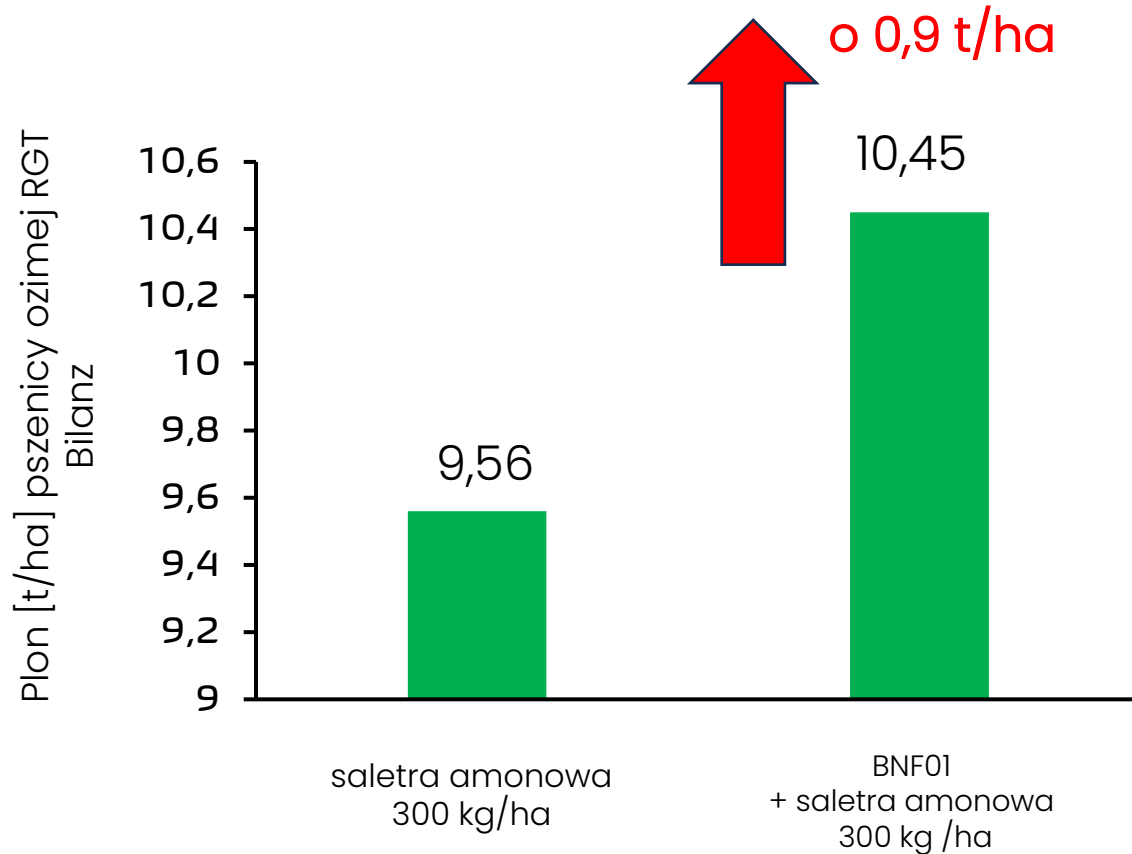


<https://facellitate.com/advantages-and-disadvantages-of-pcr-technology/>

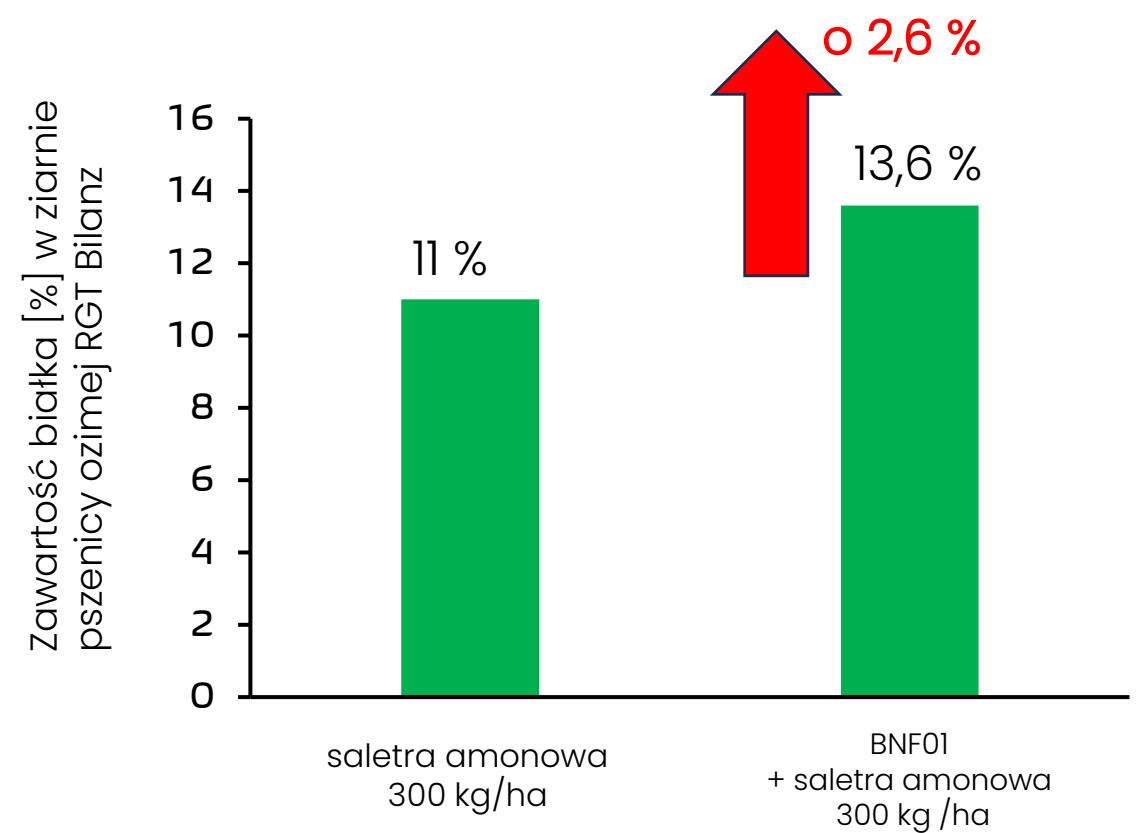


Właściwości potwierdzone wynikami badań naukowych

Wzrost plonu pszenicy ozimej RGT Bilanz

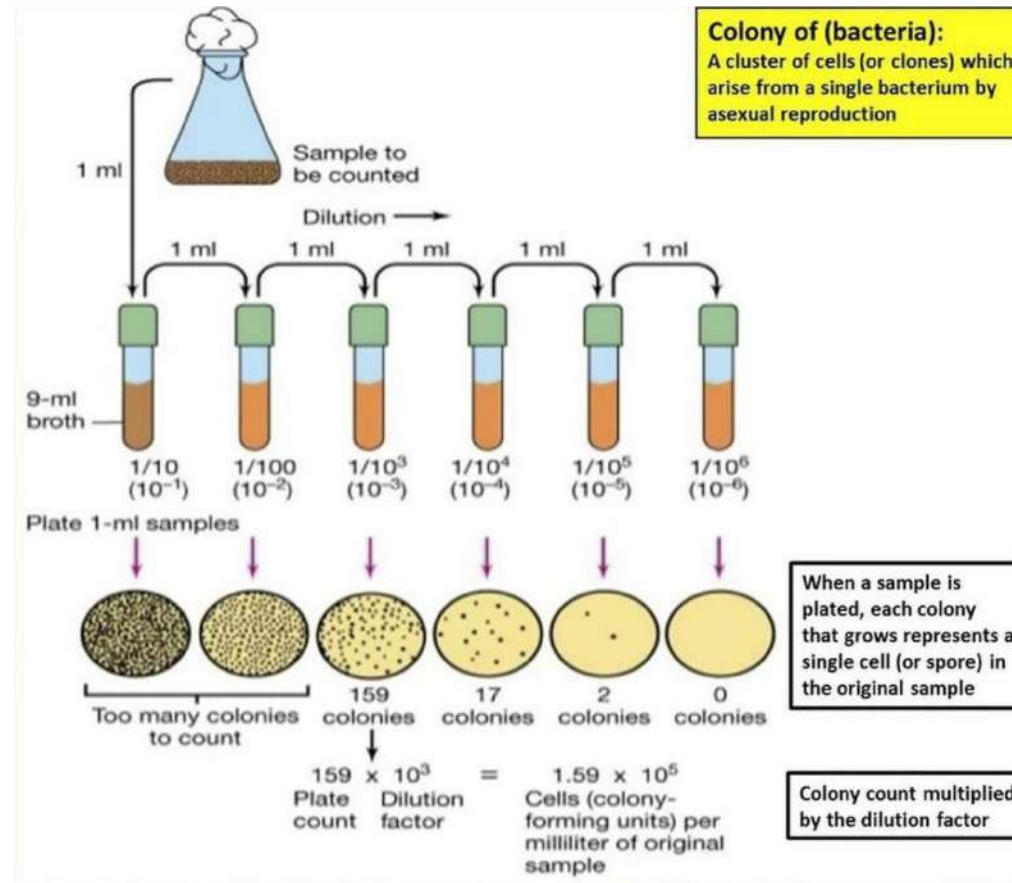


Wzrost zawartości białka w ziarnie pszenicy



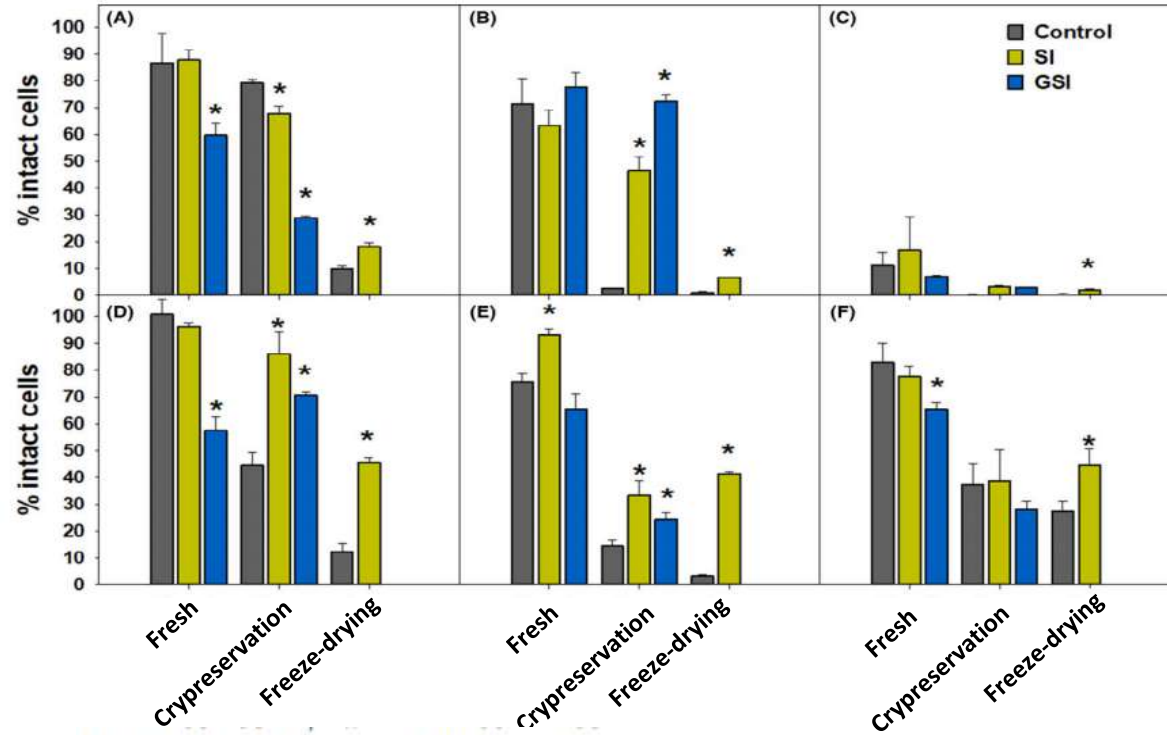
Okresowa kontrola żywotności komórek w preparacie

Z wykorzystaniem metody seryjnych rozcieńczeń celem określenia liczby jednostek tworzących kolonie w 1 ml hodowli CFU/ml



Nowatorski sposób formulacji preparatu z wykorzystaniem kriokonserwacji

Zalety – wysoka integralność błon komórkowych



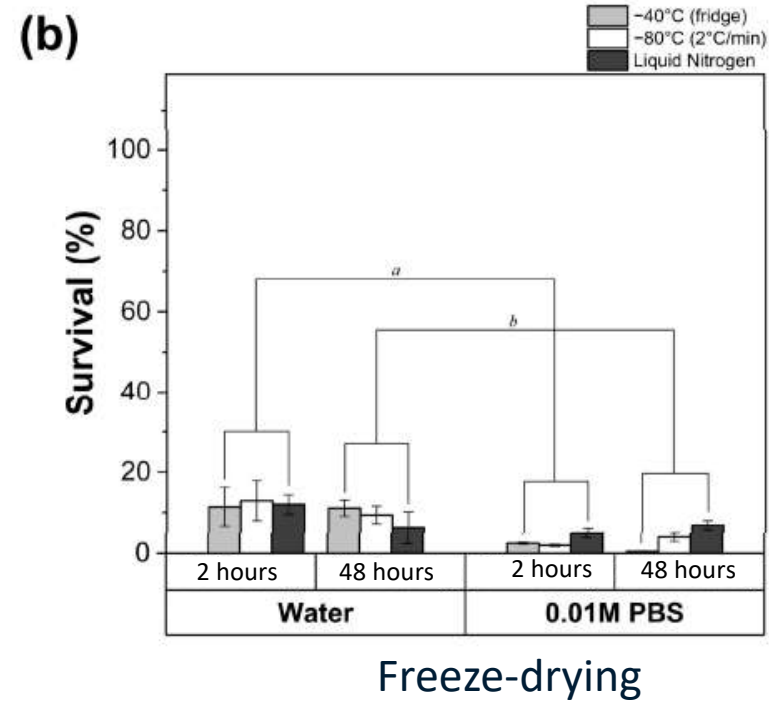
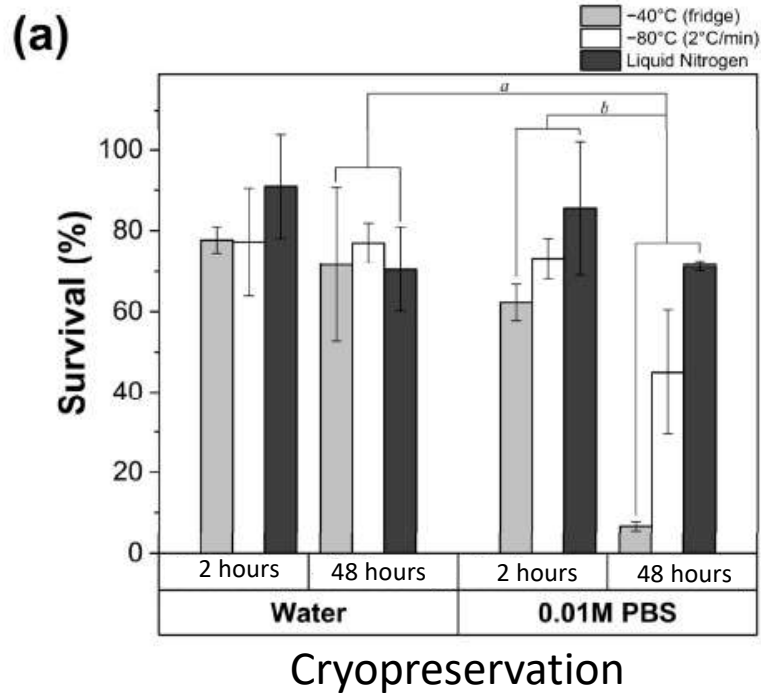
Microbial Biotechnology (2018) 11(4), 721–733
doi:10.1111/1751-7915.13265



Pozytywny wpływ kriokonserwacji na integralność błon komórkowych – mniejsze ryzyko pęknięć i uszkodzeń.

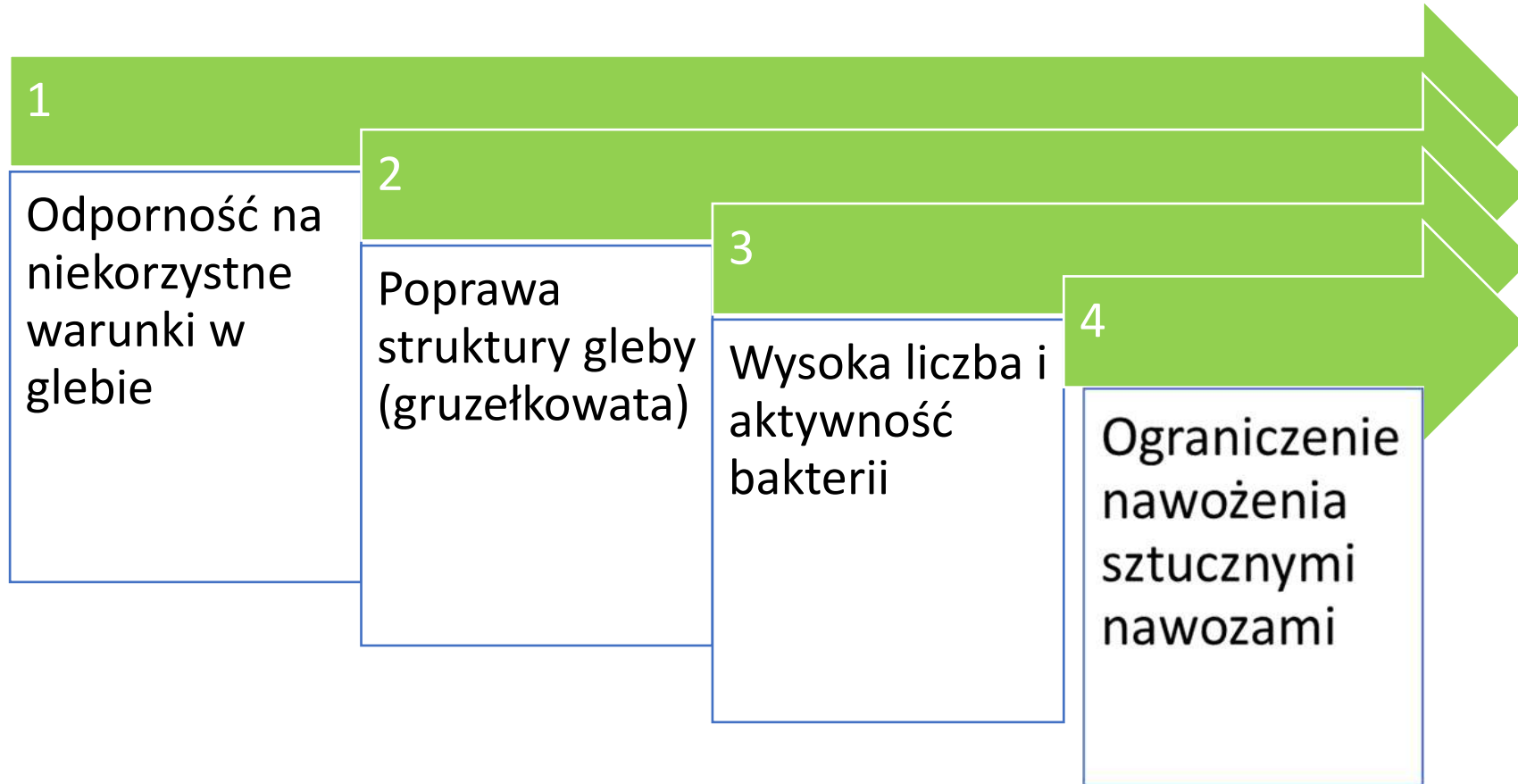
Nowatorski sposób formulacji preparatu z wykorzystaniem kriokonserwacji

Zalety – wysoka przeżywalność i aktywność bakterii



Kriokonserwacja pozytywnie wpływa na stabilność, przeżywalność i aktywność bakterii w preparacie.

Główne zalety preparatu - podsumowanie



Możliwość uzyskania dopłat przy stosowaniu preparatów mikrobiologicznych

Dopłaty do Nawozowych Produktów Biologicznych w ramach ekoschematu „Biologiczna uprawa” w wysokości 22,47 euro/ha



Innowacyjne preparaty mikrobiologiczne

Dynamiczny rozwój rynku preparatów mikrobiologicznych dla rolnictwa

Obszar	Wielkość rynku w 2024 r. [USD]	Prognozowana wielkość rynku w 2033 r. [USD]	CAGR
Świat	10,6 mld	25,6 mld	9,79 %
Europa	678,9 mln	2,12 mld	12,4 %*

* rynek wspierany przez inicjatywy takie jak Europejski Zielony Ład i strategia „Od pola do stołu” oraz Wspólna Polityka Rolna (CAP)

Kluczowe rynki europejskie:

Niemcy (282 mln USD), Francja (240 mln USD), Włochy (213 mln USD) i Hiszpania (167,65 mln USD)

Polska (rynek wschodzący) – rośnie popularność tego typu preparatów

<https://www.imarcgroup.com/agricultural-microbial-market>

Mikrobiologiczne preparaty przyszłości – bakteriofagi



- ❑ Bakteriofagi, wirusy które wybiórczo niszczą szkodliwe i chorobotwórcze bakterie.
- ❑ Mikroorganizmy te określane są mianem naturalnych biopestycydów, które nie mają negatywnego wpływu na zdrowie ludzi i środowisko.
- ❑ Na świecie bakteriofagi są już stosowane w rolnictwie i weterynarii, a ich rynek dynamicznie się rozwija i może osiągnąć wartość nawet około 160 mln USD w 2031 roku.
- ❑ W Polsce tego typu preparaty nie są jeszcze obecne, prowadzone są jedynie badania i testy z ich użyciem m.in. do zwalczania bakteryjnych patogenów ziemniaka.



*Mikrobiologiczne innowacje
o znaczeniu dla rolnictwa i zdrowia człowieka*

www.bnf.edu.pl

Kontakt:

Bożena Nejman-Faleńczyk

tel. +48 513 438 999

e-mail: bnf@bnf.edu.pl

