

Potencjał mikroorganizmów w regeneracji gleb po powodzi

dr Karolina Furtak

Zakład Mikrobiologii

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy

ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy

www.mikro-iung.pl

www.iung.pl

tel. (0-81) 4786 961

kfurtak@iung.pulawy.pl

Zadanie 1.9 pt. „*Monitoring mikrobiologiczny gleb uprawnych z terenów popowodziowych – bezpieczeństwo, żyzność, bioróżnorodność*” finansowanego z Dotacji celowej Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi w 2025.

Wprowadzenie

Czynniki regulujące jakość gleby

Bardzo ważnym regulatorem mikrobiomu glebowego są czynniki edaficzne, które definiuje się jako całokształt warunków fizycznych i chemicznych w glebie.

Wśród czynników edaficznych wyróżnić można:

- strukturę i typ gleby,
- temperaturę gleby,
- wilgotność gleby,
- odczyn gleby,
- ciśnienie,
- zawartość węgla i azotu,
- zawartość pierwiastków śladowych.

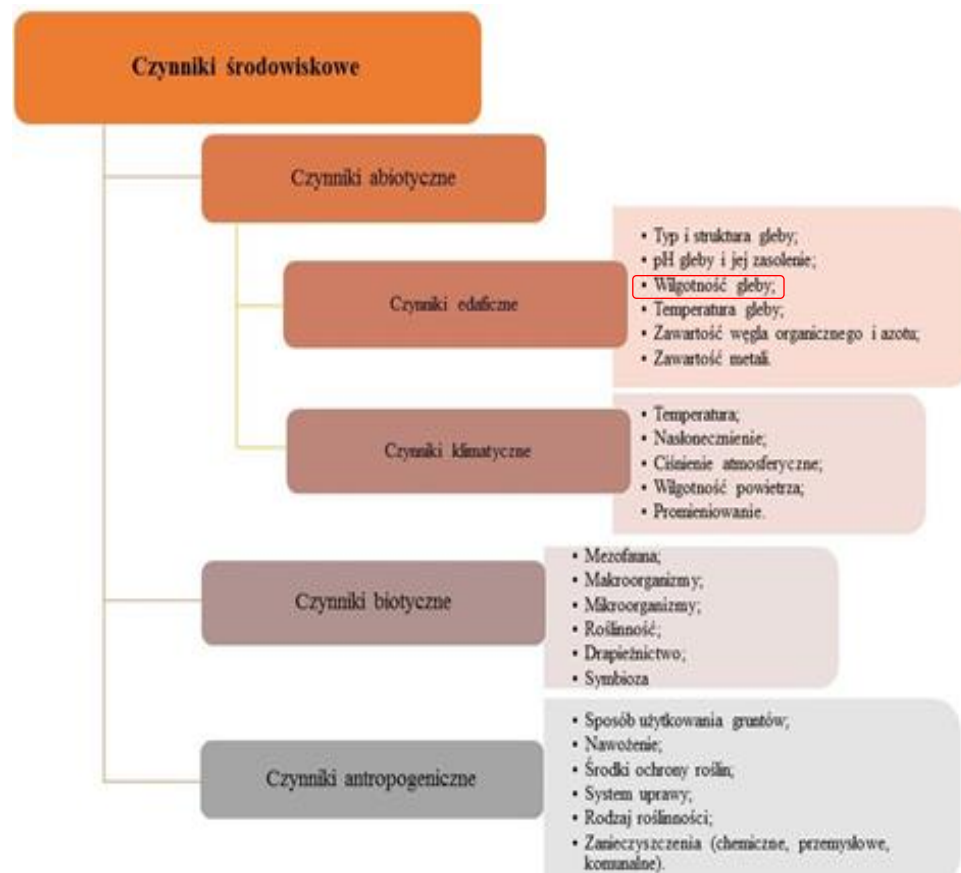


Figura 1. Czynniki wpływające na środowisko glebowe
[opracowanie własne]

Wprowadzenie

Wilgotność gleby

Wilgotność gleby definiowana jest jako zawartość wody w glebie.

Parametr ten, wyraża procentową zawartość wody w glebie i świadczy o jej zasobności w wodę.

Woda jest magazynowana w glebie w pewnych ilościach, a jej zawartość różni się w przestrzeni oraz czasie. Wynika to z faktu, że woda stanowi najbardziej dynamiczny element środowiska naturalnego, który nieustannie krąży między atmosferą, strefą oceaniczną i lądami. Zdolność gleby do zatrzymywania i magazynowania wody, głównie pochodzącej z opadów i podsiąku kapilarnego, nazywana jest **retencją wodną gleby**.

Tabela 1. Parametry wilgotności gleby (opracowanie własne na podstawie Coolong and Diaz-Perez, 2022; Czyż et al., 2003; Robock et al., 2000)

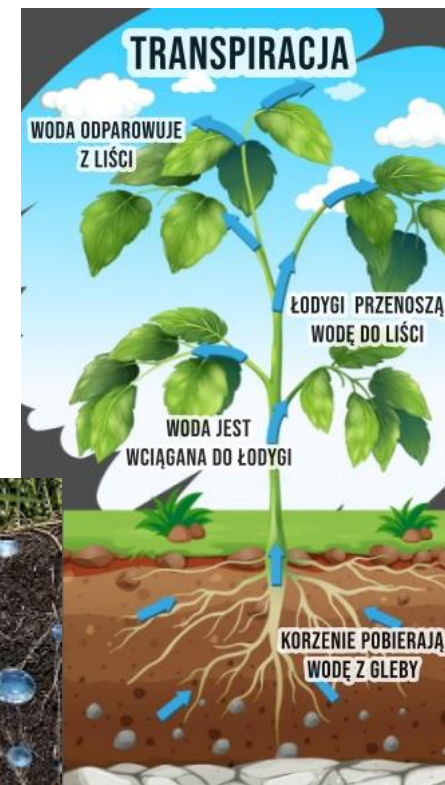
Symbol	Parametr	Opis
W	Wolumeryczna wilgotność gleby dostępna dla roślin	głębokość słupa wody zawartego w danej głębokości gleby
WT	Całkowita objętościowa wilgotność gleby	procent objętościowy wody w danej głębokości gleby
P	Porowatość	frakcja gleby składająca się z porów wypełnionych wodą lub powietrzem
W0	Całkowita zdolność utrzymywania wody	frakcja gleby składająca się z porów całkowicie wypełnionych wodą
Wf lub FC	Pojemność polowa	ilość wody pozostającej w glebie, gdy gleba jest nasycona wodą, gdy $WT = W0$, gdy odpływ wody jest ograniczony przez siły grawitacyjne
W* lub PWP	Punkt trwałego wędnięcia	pozostała woda ściśle związana z glebą; niedostępna dla roślin; dolna granica pojemności wodnej gleby
ETc	Ewapotranspiracja roślin uprawnych	woda tracona z gleby i rośliny do atmosfery (parowanie + transpiracja)

Wprowadzenie

Znaczenie wody w glebie

Zawartość wody w glebie wpływa bezpośrednio na:

- pH gleby;
- dyfuzję rozpuszczalników i gazów;
- dostępność tlenu;
- stabilność koloidów glebowych;
- dostępność składników pokarmowych;
- migrację drobnoustrojów w glebie;
- dyfuzję związków pomiędzy komórkami organizmów, a środowiskiem;
- procesy hydrolizy;
- szybkość mineralizacji;
- liczebność bakterii i grzybów;
- fotosyntezę roślin.



Wprowadzenie

Czynniki wpływające na wilgotność gleby

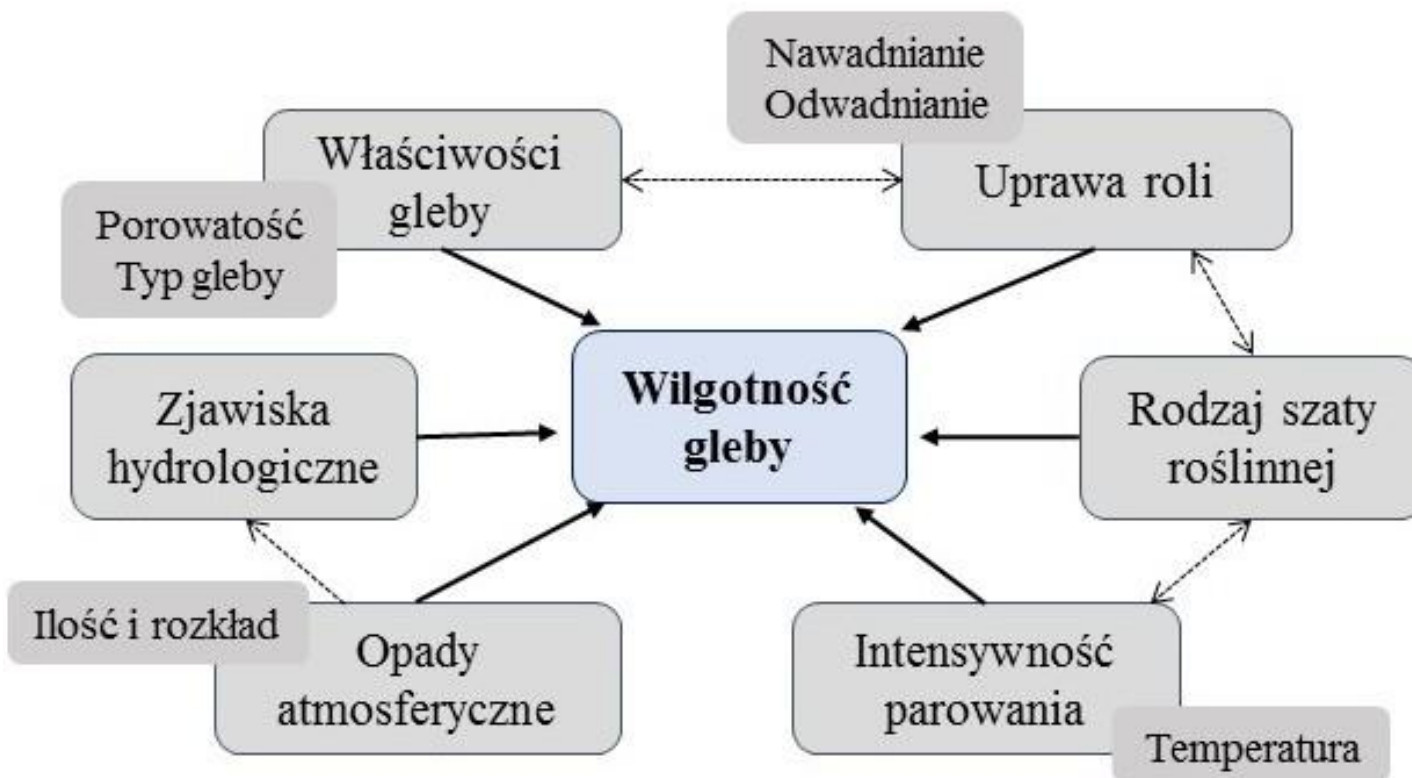


Figura 2. Czynniki wpływające na zawartość wody w glebie

Powódź

Definicja i rodzaje

Zgodnie z Dyrektywą Unii Europejskiej *powódź* to „czasowe pokrycie wodą terenu, który w normalnych warunkach nie jest pokryty wodą” (Dyrektywa 2007/60/WE).

Według Ustawy z dnia 20.07.2017 – Prawo wodne – *powódź* to „wezbranie wody w ciekach naturalnych, zbiornikach wodnych, kanałach lub na morzu, podczas którego woda po przekroczeniu stanu brzegowego zalewa doliny rzeczne albo tereny depresyjne i powoduje zagrożenia dla ludności lub mienia” (Dz.U. z 2017 r. poz. 1566).

Rodzaje powodzi w Polsce:

- a) roztopowa – wywołana nagłym spływem wód z topniejących śniegów w okresie wiosennym;
- b) opadowa – wywołana przez obfite i długotrwałe opady atmosferyczne;
- c) tzw. cofka – cofanie się wód rzek uchodzących do morza ponownie do koryt, nawet kilkadziesiąt kilometrów w głąb lądu;
- d) zimowa – nasilenie zjawisk lodowych;
- e) sztormowa – na zalewach i wybrzeżach.



Powódź

Wzrost występowania powodzi na świecie

- ❖ W Europie w ostatnich latach wzrosło zagrożenie powodziowe (Banach et al., 2009; Blöschl et al., 2017).
- ❖ W ciągu ostatnich trzech dekad liczba ekstremalnych zdarzeń pogodowych, w tym hydrologicznych, w Europie wzrosła o **60%** (European Academies Science Advisory Council, 2013).
- ❖ W latach 1960-2010 w Europie Środkowej i Zachodniej zaobserwowano wzrost zrzutów powodziowych do 12% na dekadę.
- ❖ W ostatnich dwóch latach przyczyną powodzi były ulewne deszcze, oraz huragany.
- ❖ Tragicznym okresem okazał się lipiec 2021 roku, kiedy to serwis FloodList (<http://floodlist.com/>) odnotował 124 zdarzenia powodziowe w 385 lokalizacjach w ponad 20 krajach.
- ❖ Prognozy wskazują, że zmiana klimatu prowadzi do **wzrostu intensywności sztormów i powodzi** w Europie do 2100 roku (Vousdoukas et al., 2017).
- ❖ Szacuje się również, że zwiększy się poziom morza i wysokość fali sztormowej, a tym samym zwiększy się częstotliwość występowania przybrzeżnych zdarzeń powodziowych (Mentaschi i in., 2017).
- ❖ Ponad **98%** powierzchni lądowej wykazuje wzrost intensywności ekstremalnych opadów (Tabari, 2020).

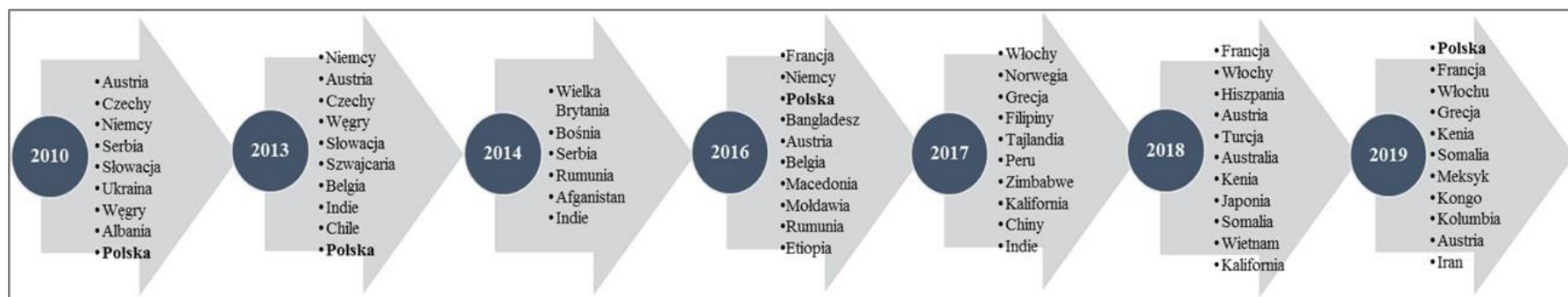


Figura 3. Zdarzenia powodziowe odnotowane na świecie w latach 2010-2019 (FloodList)

Powódź

Wpływ na glebę

- ❖ Zmycie wierzchniej warstwy gleby, utrata warstwy próchnicznej.
- ❖ Naniesienie odpadów, zanieczyszczeń, w tym biologicznych.
- ❖ Zmniejszenie dyfuzji tlenu w glebie.
- ❖ Zmniejszenie dyfuzji azotu w glebie.
- ❖ Wypłukanie części składników pokarmowych: azotu, wapnia i magnezu - w warunkach beztlenowych w glebie dostępność mikro- i makroelementów jest od dwóch do czterech razy mniejsza niż w środowisku dobrze natlenionym.
- ❖ Zmywanie w głąb profilu glebowego fosforu i potasu.
- ❖ Rozwój drapieżników żywiących się bakteriami.
- ❖ Spadek pH gleby.
- ❖ Niekontrolowane niszczenie struktury gleby.
- ❖ Naniesienie nasion gatunków roślin z odległych obszarów (w przypadku wody powodziowej).
- ❖ Utrudnienia w przeprowadzaniu terminowych prac polowych.



Powódź

Wpływ na mikrobiom gleby

- ❖ Niedobór tlenu negatywnie wpływa na rozwój mikroorganizmów tlenowych (bakterie i grzyby), które najpierw hamują swój metabolizm, a w wyniku długiego niedoboru tlenu obumierają.
- ❖ Zmniejszenie aktywności mikroorganizmów tlenowych – zmiany w procesach biogeochemicznych.
- ❖ **Utrata bakterii** ważnych dla promowania wzrostu roślin m.in. z rodzajów *Rhizobium*, *Azotobacter*, bakterii nitryfikacyjnych (*Nitrosomonas* sp., *Nitrosococcus* sp.) oraz grzybów z rodzaju *Trichoderma*.
- ❖ Rozwój mikroorganizmów beztlenowych – **intensyfikacja procesów redukcji i fermentacji**. Wśród beztlenowych mikroorganizmów glebowych znajdują się m.in. bakterie purpurowe przeprowadzające fotosyntezę beztlenową - *Rhodospirillum* sp.; bakterie redukujące siarczany - *Desulfovibrio* sp., *Desulfotomaculum* sp. Dominacja mikroorganizmów beztlenowych zaburza równowagę w glebie. Bakterie beztlenowe wytwarzają gazy takie jak **metan i podtlenek azotu**, które wpływają na inne organizmy glebowe m.in. na liczbę dżdżownic, które przemieszczają się z dala od źródła tych gazów albo giną.
- ❖ Woda powodziowa wpływa na migrację mikroorganizmów w glebie. Może **wyplukiwać** te, które są pożyteczne dla upraw, jak i wprowadzać na danym terenie nowe rodzaje, które utrudnią odbudowę prawidłowego składu społeczności.
- ❖ Rozwój **mikroorganizmów patogenicznych** wobec roślin m.in. grzybów patogennych, np. *Botrytis cinerea*, *Fusarium* sp., *Verticilium* sp.
- ❖ Warunki beztlenowe **zmniejszają proces nitryfikacji** mikrobiologicznej, **nasilając denitryfikację**, co prowadzi do **utraty gazowego azotu** z gleby.

Powódź

Zanieczyszczenie sanitarne

- ❖ Podczas powodzi do wód powodziowych, a następnie do gleb mogą przedostać się mikrobiologiczne **skażenia sanitarne**. Dotyczy to szczególnie terenów, gdzie uszkodzeniu uległa infrastruktura oczyszczalni ścieków, sieci kanalizacyjne, przydomowe szamba, zalane zostały składowiska odpadów, szpitale, cmentarze, a także gdy doszło do padnięcia zwierząt i ich biomasa zalega na obszarach zalanych. W takich przypadkach wzrasta ryzyko występowania w wodzie powodziowej **mikroorganizmów chorobotwórczych** takich jak:
 - bakterie z rodzaju *Salmonella* - wywołujące dur brzuszny, dur rzekomy i salmonellozy;
 - bakterie z rodzaju *Shigella* - wywołujące czerwonkę;
 - bakterie z rodzaju *Campylobacter* - wywołujące ostre biegunki zwane kampylobakteriozami;
 - *Clostridium tetani* - bakteria wywołująca tężec;
 - *Clostridium botulinum* - laseczka jadu kiełbasianego;
 - bakterie wywołujące gruźlicę i żółtaczkę bakteryjną;
 - wirusy jelitowe (enterowirusy);
 - grzyby;
 - pierwotniaki.
- ❖ Zanieczyszczenie sanitarne gleb może występować szczególnie wtedy, gdy zanieczyszczona woda powodziowa stoi przez dłuższy czas na danym terenie.

Powódź

Wyniki z terenów dotkniętych powodzią w roku 2024

Wstępne badania przesiewowe wykazały namnożenie bakterii beztlenowych w glebach zalanych wodą oraz przewyższenie ich udziału w mikrobiomie w stosunku do bakterii tlenowych w glebach z woj. dolnośląskiego i opolskiego.

Wykazano obecność bakterii z grupy *Enterobacter* w glebach z pola 2 i 1 oraz *Salmonella* sp. w glebie z pola 2.

Tabela 2. Wykaz próbek

Symbol próbki	Lokalizacja	Uwagi
G1R	Pole 1; woj. dolnośląskie, gmina Kłodzko, Ołdrzychowice	Poplon
G1D	Kłodzkie	Pole uszkodzone - brak wierzchniej warstwy gleby
G2	Pole 2; woj. dolnośląskie, gmina Kłodzko, Krosnowice	Po zbiorach pszenicy
G3	Pole 3; woj. opolskie, gmina Lewin Brzeski, Kantorowice	Spod rzepaku ozimego



Figura 4. Zdjęcia własne z terenów objętych wizją lokalną (27.09.2024).

Od lewej: Pole 1 - gmina Kłodzko (woj. dolnośląskie); Pole 2 - gmina Kłodzko (woj. dolnośląskie); Pole 3 - gmina Lewin Brzeski (woj. opolskie)

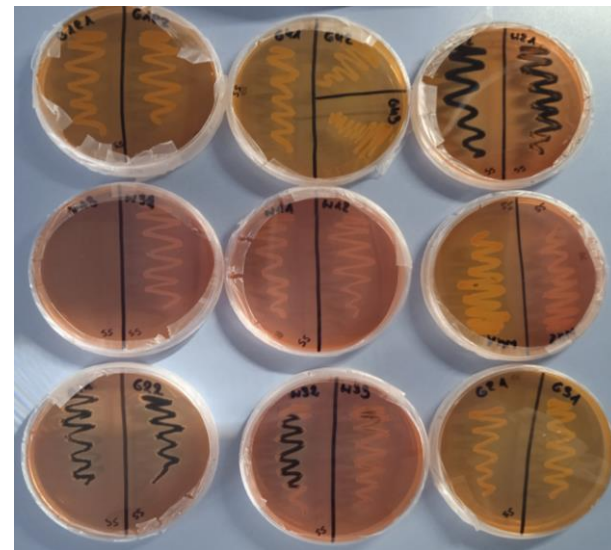


Figura 5. Wzrost wybranych bakterii na podłożach selektywnych; od lewej: wzrost bakterii na podłożu SS; wzrost bakterii na podłożu MC

Tabela 3. Liczebność bakterii w badanych próbkach

Symbol próbki	Liczebność mikroorganizmów			
	Podłoże LB	Podłoże WCA	Podłoże SS	Podłoże MC
G1R	301 x 10 ⁵	niepoliczalne	niepoliczalne	niepoliczalne
G1D	164 x 10 ⁵	niepoliczalne	niepoliczalne	niepoliczalne
W1	2080	niepoliczalne	niepoliczalne	niepoliczalne
G2	107 x 10 ⁵	niepoliczalne	niepoliczalne	niepoliczalne
W2	1568	niepoliczalne	niepoliczalne	niepoliczalne
G3	190 x 10 ⁵	niepoliczalne	niepoliczalne	niepoliczalne
W3	1312	niepoliczalne	niepoliczalne	niepoliczalne
G4966	64 x 10 ⁵	niepoliczalne	niepoliczalne	niepoliczalne
W4966	2464	niepoliczalne	niepoliczalne	niepoliczalne

Regeneracja gleby po powodzi

Odkazanie i zwalczanie patogenów

- ❖ W badaniach rutynowych wskaźnikami stanu sanitarnego gleby są: obecność jednostek tworzących kolonie bakterii z rodzaju *Salmonella*, miano bakterii z grupy *coli* oraz bakterii *C. perfringens*, a także obecność i ocena stopienia żywotności jaj pasożytów jelitowych *A. lumbricoides* i *T. trichiura*. W przypadku podejrzenia zanieczyszczenia sanitarnego gleb należy zgłosić ten fakt do władz lokalnych oraz instytucji kontroli (Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej) i instytucji doradczych dla rolnictwa (Okręgowe Stacje Chemiczno-Rolnicze).
- ❖ Zalana gleba może być rezerwuarem **patogenów roślinnych**, co stanowi zagrożenie dla nowozakładanych upraw. Poza oczyszczeniem gleby z obumierających i martwych roślin, warto rozważyć stosowanie **biofungicydów** i **fungicydów**, aby ochronić rośliny przed chorobami.
- ❖ Jedną z podstawowych metod sanitacji jest **wapnowanie** gleby, które posiada właściwości dezynfekcyjne. Wapno tlenkowe działa zarówno jako środek odkażający, jak i neutralizujący metale ciężkie.
- ❖ Na rynku są dostępne **dezynfektanty**, które można samodzielnie stosować (np. Basamid 97 GR i Nemasol 510 SL).
- ❖ Ważne by przed odkazaniem gleby jej powierzchnia została oczyszczona z zalegających resztek zwierzęcych, roślinnych, odpadów i osadu powodziowego.

Regeneracja gleby po powodzi

Odkazanie i zwalczanie patogenów – potencjał mikroorganizmów

- ❖ Niektóre mikroorganizmy występujące w preparatach mikrobiologicznych dostępnych na rynku posiadają zdolność do produkcji **substancji przeciwdrobnoustrojowych**, co ogranicza występowanie patogenów. Do takich mikroorganizmów należą m.in.:
 - *Bacillus subtilis*,
 - *Bacillus thuringiensis*,
 - Bakterie kwasu mlekowego,
 - Grzyby z rodzaju *Trichoderma*.
- ❖ Stosowanie preparatów z tymi mikroorganizmami pomaga przywrócić **równowagę** w glebie oraz hamuje wzrost patogenów.
- ❖ Bakterie z rodzaju *Bacillus* wchodzi w skład **biofungicydów i bioinsektycydów** - warto rozważyć ich zastosowanie jako środka ochronnego.
- ❖ Niektóre z preparatów mogą być zalecane do **bioasekuracji** pomieszczeń inwentarskich (np. ProBio ASekuracja).



Regeneracja gleby po powodzi

Usuwanie szkodliwych substancji – potencjał mikroorganizmów

- ❖ Niektóre mikroorganizmy występujące w preparatach mikrobiologicznych dostępnych na rynku posiadają zdolność do **rozkładu pestycydów, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, barwników oraz wiązania metali ciężkich**. Wśród takich mikroorganizmów można wyróżnić:
 - *Pseudomonas* sp.,
 - *Bacillus* sp.,
 - *Rhodococcus* sp.,
 - *Mycobacterium* sp.,
 - *Alcaligenes* sp.,
 - *Streptomyces* sp.,
 - *Trametes versicolor*,
 - *Aspergillus niger*,
 - *Yarrowia lipolytica*.
- ❖ Mogą one wspomagać i przyspieszać remediację takich terenów z zanieczyszczeń naniesionych wraz z odą powodziową.



Regeneracja gleby po powodzi

Natlenienie gleby

- ❖ Przyjmuje się, że po około 3 tygodniach od ustąpienia zalania społeczność mikroorganizmów glebowych jest w stanie wrócić do równowagi. Zaleca się więc, aby **jak najszybciej osuszyć glebę**, tzn. w przypadku występowania zastoisk wody powodziowej wspomóc jej odciek poprzez wykonanie drenaży, odpływów.
- ❖ Zabiegiem poprawiającym natlenienie gleby jest również jej **spulchnianie**, a nawet głęboszowanie. Rozluźnienie warstwy podornej, nie tylko napowietrza glebę, ale również wspomaga **meliorację** i może zapobiegać powstawaniu zastoisk wodnych w przyszłości.
- ❖ Odpowiednie natlenienie gleby stanowi podstawę do odbudowy liczebności i różnorodności mikroorganizmów glebowych.
- ❖ W momencie gdy tylko gleba może być uprawiana, należy **wdrożyć uprawę**, aby rozbić uszczelnnione powierzchnie i umożliwić dostęp powietrza do gleby.



Regeneracja gleby po powodzi

Natlenienie gleby – potencjał mikroorganizmów

- ❖ Mikroorganizmy mogą **pośrednio poprawiać natlenienie gleby**, choć same nie produkują tlenu jak rośliny (przez fotosyntezę), to jednak ich działalność może:
 - poprawiać strukturę gleby (np. zwiększając porowatość),
 - wspierać rozwój korzeni roślin, które z kolei poprawiają napowietrzenie,
 - stymulować rozwój organizmów glebowych (np. dżdżownic), które mechanicznie napowietrzają glebę.
- ❖ Przykłady mikroorganizmów, które pomagają poprawiać natlenienie gleby:
 - *Azotobacter* sp.,
 - *Bacillus* sp.,
 - *Pseudomonas* sp.,
 - *Streptomyces* sp.,
 - *Glomeromycota* sp.,
 - *Trichoderma* sp.



Regeneracja gleby po powodzi

Przywrócenie żyzności

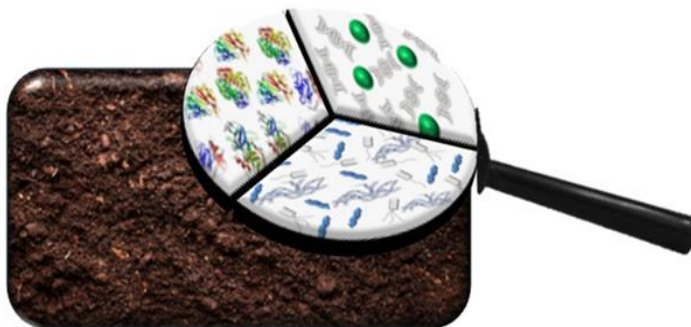
- ❖ Gdy gleba osiągnie odpowiednią wilgotność należy przystąpić do mechanicznej uprawy (pług, kultywator) gleby aby **odbudować jej strukturę i przerwać proces denitryfikacji** oraz dalsze straty azotanów wraz z przesiąkającą w głąb wodą.
- ❖ Należy zasilić glebę **nawozami** fosforowymi i potasowymi. Po zadozowaniu nawozów należy wykonać orkę i bronowanie.
- ❖ Zaleca się dodanie **materii organicznej** do gleby, dzięki czemu gleba zostanie wzbogacona w składniki odżywcze.
- ❖ Warto rozważyć pozostawienie resztek poźniwnych w kolejnym sezonie, zastosowanie nawozów organicznych np. obornika.
- ❖ **Poprawa pH** gleby poprzez zastosowanie odpowiedniej dawki wapna nawozowego, wyliczonej na podstawie oznaczeń odczynu (pH gleby) oraz wymieszanie wapna z glebą.



Regeneracja gleby po powodzi

Odbudowa mikrobiomu

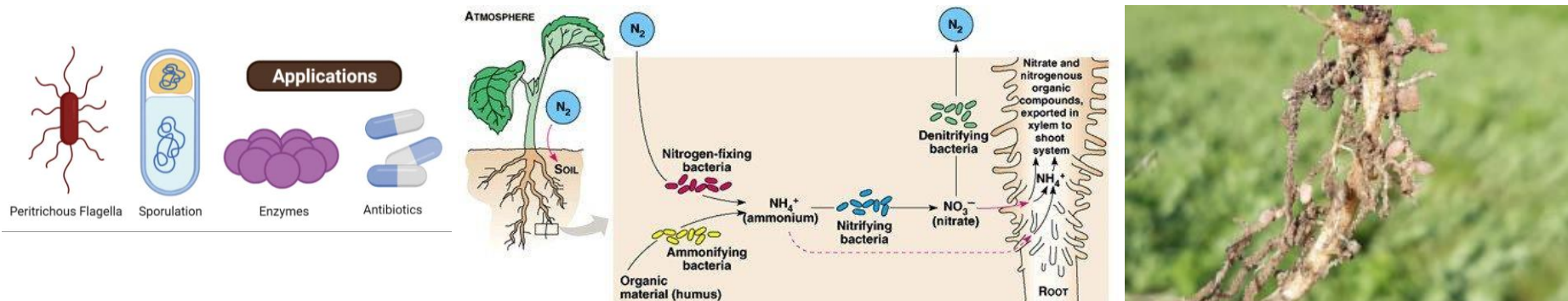
- ❖ W zdrowej glebie znajdują się miliardy mikroorganizmów, które pełnią podstawowe funkcje, takie jak rozkładanie resztek pożywnych, obieg składników odżywczych, stymulowanie wzrostu roślin i odpieranie czynników stresogennych, decydujące w dużej mierze o żyzności danej gleby. **Zaburzenia różnorodności i liczebności mikroorganizmów glebowych mają daleko idące konsekwencje dla produkcji roślinnej.**
- ❖ Warto stosować rośliny okrywowe po wyschnięciu gleby, aby promować wzrost mikroorganizmów, które są niezbędne do obiegu składników odżywczych.
- ❖ Dobrym wyborem do zasadzenia jesienią są rośliny strączkowe, które „przyciągają” grzyby mykoryzowe oraz inne pożyteczne organizmy w glebie.
- ❖ W przypadku gdy na terenie popowodziowym planowano uprawę roślin bobowatych, w szczególności soi, należy zastosować preparaty mikrobiologiczne zawierające bakterie symbiotyczne roślin bobowatych, tzw. rizobia, bakterie brodawkowe, azotowe, korzeniowe.



Regeneracja gleby po powodzi

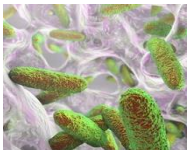
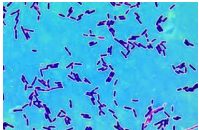
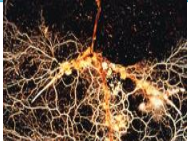
Przywrócenie żyzności – potencjał mikroorganizmów

- ❖ Obecność w glebie mikroorganizmów zdolnych do wiązania azotu, nie tylko symbiontów roślin bobowatych (*Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Bradyrhizobium*), ale również i innych (np. *Burkholderia*, *Devosia*, *Cupravidus*, *Ochrobactrum*, *Microvirga*) **zwiększa dostępność azotu** dla roślin, poprawia jakość gleby, zwiększa bioróżnorodność mikrobiologiczną oraz zmniejsza emisję N_2O do atmosfery.
- ❖ Wysoka liczebność bakterii z rodzaju *Pseudomonas*, *Bacillus* oraz *Azotobacter* w ryzosferze **zwiększa dostępność fosforu i żelaza**, poprzez wytwarzanie specyficznych chelatów - sideroforów.
- ❖ Produkowany przez bakterie kwas ketoglutaryowy **stymuluje rozwój systemu korzeniowego** i jego aktywność w pobieraniu składników pokarmowych.



Regeneracja gleby po powodzi

Przywrócenie żyzności – potencjał mikroorganizmów

Mikroorganizm	Działanie
<i>Pseudomonas</i> sp. 	• zwiększenie dostępności • żelaza produkcja kwasu salicylowego • łagodzenie warunków niedotlenienia • poprawa zawartości chlorofilu i biomasy roślin
<i>Bacillus</i> sp. 	• rozkład resztek roślinnych • solubizacja fosforu, potasu • synteza fitohormonów • produkcja kwasu ketoglutarynowego, antybiotyków, egzopolimerów, osmoprotektantów • składnik biofungicydów, insektycydów, ograniczenie występowania chorób roślinnych
<i>Azotobacter</i> sp. 	• wiązanie azotu atmosferycznego • synteza fitohormonów • solubizacja fosforanów, potasu, cynku • produkcja alginianów • produkcja związków hamujących rozwój patogenów (szczególnie grzybowych)
Bakterie kwasu mlekowego (rodzina <i>Lactobacteriaceae</i>)	• hamowanie wzrostu grzybów pleśniowych i bakterii patogennych • ograniczanie występowania mykotoksyn • przyspieszenie biodegradacji substancji organicznej 
Grzyby mykoryzowe 	• wspomagają pobieranie fosforu, potasu, siarki i cynku • stymulacja roślin do produkcji i wydzielania związków o charakterze obronnym • składniki insektycydów
<i>Trichoderma</i> sp. 	• produkcja antybiotyków • zwiększenie pobierania składników odżywczych • stymulacja roślin do produkcji i wydzielania związków o charakterze obronnym

Regeneracja gleby po powodzi

Przykłady mikroorganizmów wspierających rośliny w warunkach nadmiernej wilgotności

Mikroorganizm	Działanie	Roślina testowa
<i>Pseudomonas veronii</i> (bakteria)	łagodzenie uszkodzeń związanych ze stresem wodnym poprzez poprawę zawartości chlorofilu i biomasy roślin	<i>Sesamum indicum</i> (sezam) 
<i>Achromobacter xylosoxidans</i> , <i>Herbaspirillum seropedicae</i> , <i>Serratia ureilytica</i> , <i>Ochrobactrum rhizosphaerae</i> (bakteria)	wzrost plonów o 46,5% niż niezaszczepione rośliny w warunkach podmokłych	<i>Ocimum sanctum</i> (bazylia) 
<i>Pseudomonas sp.</i> (bakteria)	łagodzenie warunków niedotlenienia	<i>Cucumis sativus</i> (ogórek)  <i>Lycopersicon esculentum</i> (pomidor)  <i>Brassica napus</i> (rzepak)
<i>Mesorhizobium ciceri</i> z genem deaminazy ACC z <i>Pseudomonas putida</i> (bakteria GMO)	promocja wzrostu i wysoka zdolność nodulacji u ciecierzycy w warunkach stresowych	<i>Cicer arietinum</i> (ciecierzyca) 

Dziękuję za uwagę.

Opracowanie powstało w ramach realizacji zadania 1.9 pt. „*Monitoring mikrobiologiczny gleb uprawnych z terenów popowodziowych – bezpieczeństwo, żyzność, bioróżnorodność*” finansowanego z Dotacji celowej Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi w 2025.

dr Karolina Furtak

**Zakład Mikrobiologii
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
– Państwowy Instytut Badawczy**

ul. Czartoryskich 8,
24-100 Puławy

www.mikro-iung.pl

www.iung.pl

tel. (0-81) 4786 961

kfurtak@iung.pulawy.pl