



Wspomaganie ekologiczne

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Audiobook](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Wspomaganie ekologiczne

Bioaugmentacja to wspomaganie naturalnych procesów oczyszczania środowiska.

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

Coraz więcej terenów jest zanieczyszczonych lub zniszczonych z powodu działalności człowieka. Ich samoistna odnowa biologiczna jest możliwa, ale długotrwała. Niekiedy jednak zanieczyszczenia są tak duże i toksyczne, że zanika życie, a więc możliwość odbudowy ekosystemu. I tu wkracza nauka: potrafimy wykorzystać niektóre organizmy do ratowania skażonej gleby i wody.

Twoje cele

- Określisz cele ekologii restytucyjnej.
- Odróżnisz bioremediację od bioaugmentacji.
- Scharakteryzujesz organizmy używane do wspomagania ekologicznego.

Na ratunek glebie i wodzie

Intensywne uprzemysłowienie wymaga surowców i paliw (energii). Są one wydobywane z ziemi, co wiąże się także ze zniszczeniem różnorodności biologicznej na tym terenie (np. [kopalnia odkrywkowa](#)), zanieczyszczeniami (np. skutek awarii szybu naftowego) czy pozbawieniem naturalnych funkcji (np. zajęcie terenu pod magazyn). [Degradacja](#) środowiska to współcześnie coraz ważniejszy problem.

Ekologia restytucyjna zajmuje się inicjowaniem i przywracaniem zdolności odbudowy ekosystemu, który może być zdegradowany (utracił wiele ze swoich funkcji), zaburzony (przejawia tylko niektóre funkcje) lub zniszczony (nie może funkcjonować). Świadomość, że gleba jest jednym z głównych składowych ekosystemu sprawia, iż największy nacisk kładzie się na odbudowę jej utraconych funkcji. Wykorzystuje się do tego głównie dwie strategie: bioremediację i bioaugmentację.



Bioremediacja to jeden ze sposobów ekologii restytucyjnej na usuwanie toksycznych zanieczyszczeń ze środowiska. Ekologia restytucyjna nie jest stosowana zamiast typowych działań z zakresu ochrony przyrody, ale jako ich wsparcie. Wykorzystywane są różne metody, np. rekultywacja hałd kopalnianych, renaturyzacja rzek czy restytucja gatunków.

Na zdjęciu: wyciek oleju na jeziorze Maracaibo.

Źródło: NASA Earth Observatory, Wikimedia Commons, domena publiczna.

Bioremediacja a bioaugmentacja

Bioremediacja

Opiera się na gatunkach występujących w środowisku, które uległo skażeniu. Może obejmować np. wykorzystanie roślin do pochłaniania metali ciężkich (fitogórnictwo), bakterii do rozkładu substancji ropopochodnych czy porostów do usuwania radioaktywnego uranu. Mikroorganizmy są często wspomagane przez biostymulację, czyli np. wprowadzenie do skażonej gleby lub wody specjalnych odżywek, tlenu czy zmiany warunków pH po to, by mogły efektywnie pracować.

Bioaugmentacja

Wspomaganie z użyciem bakterii i grzybów

Bioaugmentacja nie jest nową metodą. Już w ubiegłym wieku na zdegradowanych terenach sadzono rośliny, np. łubin, lucernę czy grykę, które żyją w symbiozie z bakteriami brodawkowymi. Bakterie te wzbogacają glebę w azot. Dzięki dostępności związków azotowych łatwiej mogły się rozwijać inne rośliny, a do gleby trafiało więcej szczątków organicznych – tworzyła się warstwa próchnicy.

Tam, gdzie warstwę próchnicy zniszczono, można wspomagać rośliny, dodając do gleby tzw. szczepionki [mikoryzowe](#). Wiele roślin tworzy symbiotyczny związek z różnymi gatunkami grzybów, dzięki czemu są odporne i lepiej się rozwijają – grzybnia otrzymuje od rośliny związki organiczne, a dostarcza im wodę z solami mineralnymi. Ponadto rozrastająca się sieć strzępek, czyli elementów grzybni, wnika między cząsteczki gleby, poprawiając jej strukturę. Aby ułatwić roślinie znalezienie jej grzybowego partnera wykorzystuje się specjalne preparaty o składzie dostosowanym do potrzeb konkretnych upraw, np. traw, drzew czy storczyków. Raz zaaplikowany preparat wspomaga roślinę przez całe jej życie. Grzyby mikoryzowe wchłaniają wiele metali ciężkich, np. kadm czy ołów, ograniczając ich pobieranie przez rośliny.



Strzępki muchomora czerwonego *Amanita muscaria* – grzyba mikoryzowego, obrastającego korzenie od zewnątrz. Zdjęcie wykonane mikroskopem optycznym, powiększenie 40×.

Źródło: R. Henrik Nilsson, Erik Kristiansson, Martin Ryberg, Karl-Henrik Larsson (2005). "Approaching the taxonomic affiliation of unidentified sequences in public databases – an example from the mycorrhizal fungi". BMC Bioinformatics 6: 178, licencja: CC BY 2.5.

Rola biotechnologii we wspomaganiu ekologicznym

Różne bakterie prowadzą metabolizm w warunkach tlenowych lub beztlenowych, jak np. [szczepy](#) rozkładające węglowodory, takie jak benzen czy toluen. Inne mikroorganizmy rozkładają ścieki komunalne i przemysłowe. Są one wyszukiwane oraz izolowane z pomocą metod [biologii molekularnej](#). Następnie trzeba je dobrze poznać i zrozumieć ich rolę: analizuje się ich właściwości, zachowanie, zależności i funkcje w ekosystemie, rozmnażanie. Bakterie używane do bioaugmentacji są sprawdzane i [namnażane](#) w laboratorium i ponownie wprowadzane do środowiska. Możliwe jest też uzyskanie szczepów bakteryjnych modyfikowanych genetycznie, wykazujących pożądane cechy, np. szybszy wzrost, lepsze rozkładanie toksyn niż szczepy występujące w środowisku. Wiąże się to jednak z ryzykiem ich niekontrolowanego rozprzestrzenienia i nieprzewidywalnymi zmianami w ekosystemach.



Naukowcy wciąż pracują nad ulepszeniem szczepów bakterii używanych w bioaugmentacji.

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

Słownik

biologia molekularna

nauka badająca, w jaki sposób funkcjonowanie organizmów zależy od właściwości budujących je cząsteczek

degradacja

proces niszczenia środowiska i jego zasobów; ubożenie składu gatunkowego, zmniejszenie biologicznej aktywności gatunków, pogorszenie jakości środowiska

kopalnia odkrywkowa

kopalnia, w której prace wydobywcze są prowadzone na powierzchni ziemi i polegają na odkrywaniu kolejnych warstw surowców, np. węgla brunatnego, piasku, żwiru

mikoryza

(gr. *mykes*, - grzyb; *rhiza* - korzeń); powszechne zjawisko współzycia grzybów z korzeniami roślin wyższych; występuje u ok. 85 proc. gatunków roślin na świecie

mikoryza endotroficzna (wewnętrzna)

strzępki grzyba wnikają do tkanek rośliny

mikoryza ektotroficzna (zewnętrzna)

strzępki grzyba oplatają korzenie roślin tworząc opilsń

namnażanie

proces powielania, zwiększania ilości, np. wirusów w komórkach gospodarza

renaturyzacja

(łac. *re-* – ponownie; *natura* – przyroda, istnienie); przywrócenie zmienionemu środowisku stanu możliwie najbliższego pierwotnemu, np. naturalnego koryta rzeki po jej regulacji

restytucja

(łac. *restituo*, - naprawa, odtwarzanie, przywracanie); przywrócenie wymierającego gatunku lub stanu środowiska, zaburzonego wskutek działalności człowieka

szczep bakteryjny

czysta hodowla lub próbka bakterii pochodzących od jednej komórki, a więc identycznych genetycznie

Wspomaganie ekologiczne

Od około 10 tysięcy lat, czyli powstania pierwszych cywilizacji, człowiek zmienia środowisko, w którym żyje. Zmiany te są często niekorzystne – wiążą się ze zniszczeniem, zanieczyszczeniem i degradacją otoczenia. Postępują w szybkim tempie. Wprawdzie zarówno wody, jak i gleby mają zdolność samooczyszczania się – procesy te wymagają jednak czasu i ograniczenia aktywności źródeł zanieczyszczeń.

Samooczyszczenie środowiska, zwane bioremediacją, możliwe jest głównie dzięki rodzimym mikroorganizmom – takim jak bakterie i protisty występujące w danym środowisku.

Organizmy biorące udział w bioremediacji są zdolne do utleniania, rozkładania, asymilacji lub przekształcania zanieczyszczeń w związki nietoksyczne. Końcowymi produktami efektywnej bioremediacji są woda i dwutlenek węgla. Proces ten przeprowadzany przy użyciu rodzimych roślin to fitoremediacja. Rośliny wyższe mogą wspomóc oczyszczanie gleby, wód gruntowych i powierzchniowych, osadów oraz powietrza. Jeżeli tempo naturalnej bioremediacji jest niewystarczające, wdraża się procesy biostymulacji.

Bioaugmentację wybranymi gatunkami bakterii i grzybów stosuje się, gdy rodzime mikroorganizmy nie mogą sprawnie oczyścić gleby. Grzyby, wchodząc w związki niekrytyczne z roślinami, zwiększają frakcję biologicznie przyswajalnego azotu glebowego. Na glebach ubogich w azot, na przykład pokopalnianych hałdach, stosuje się szczepionki mikorytyczne. Grzyby w tak zwanych izolatach podaje się do gleby w okolicę korzeni.

Grzyby żyją w symbiozie z różnymi gatunkami roślin, między innymi z drzewami iglastymi i liściastymi oraz roślinami wrzosowatymi. Są niezbędne gatunkom, które nie wytwarzają włókników. Zarówno mikoryza ektotroficzna, jak i endotroficzna poprawiają właściwości chłonne korzeni. Grzyby mają stosunkowo niewielkie wymagania odżywcze, są mało wrażliwe na spadki wilgotności i pH. Grzyby strzępkowe wykorzystywane w procesach bioaugmentacji to pleśniakowce (*Cunninghamella elegans*), kropidlaki (*Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus niger*) i żyłaki (*Phanerochaete chrysosporium*).

Bakterie wykorzystywane w procesach oczyszczania środowiska charakteryzują się: dużym potencjałem biodegradacyjnym, wysoką opornością na zmiany temperatury, wilgotności czy pH. Mają także niewielkie możliwości przeżycia w środowisku niezanieczyszczonym oraz nie wykazują właściwości chorobotwórczych. Ponadto wymiana genów z innymi gatunkami jest w ich przypadku ograniczona.

Bakterie pochodzenia naturalnego pobiera się z gleby, namnaża w laboratorium i ponownie wprowadza do gruntu. Szczepy bakterii zmienionych genetycznie technikami inżynierii genetycznej mają zazwyczaj mniejsze właściwości degradacyjne – powstają w laboratorium i zostają „przesiedlone” do innego środowiska.

Bakterie są stosowane głównie do oczyszczania gleb i wód skażonych wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi – WWA. Związki te mogą powstawać naturalnie podczas wybuchów wulkanów czy biosyntezy przez rośliny, jednak większość ma pochodzenie antropogeniczne. Efektywność bioaugmentacji WWA zależy od ich budowy – im więcej pierścieni zawierają, tym są trudniejsze do przekształcenia przez mikroorganizmy. Bakterie wykorzystywane do zabiegów oczyszczania to na przykład pałeczki (Bacilli), proteobakterie (Proteobacteria), prątki, flavobakterie.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 1

Określ cele ekologii restytucyjnej.

Polecenie 2

Opisz różnicę między bioremediacją i bioaugmentacją.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wybierz właściwą definicję bioaugmentacji.

- ☐ Rozkład oleju do dwutlenku węgla i wody przez glony.
- ☐ Zbieranie i składowanie zanieczyszczeń w celu ich przetworzenia.
- ☐ Użycie dowolnego organizmu do rozkładania zanieczyszczeń.
- ☐ Dodawanie odpowiednio dobranych mikroorganizmów w celu likwidacji zanieczyszczeń w środowisku.

Ćwiczenie 2



Wybierz i zaznacz zdania opisujące bioaugmentację.

- ☐ Jest to metoda tania, ponieważ stosuje się ją w naturalnych zbiornikach wodnych, a używane mikroorganizmy są łatwo dostępne.
- ☐ Jest to metoda przyjazna środowisku, gdyż wprowadzane mikroorganizmy są częścią ekosystemów i spełniają w nim funkcje, które w bioaugmentacji tylko się wzmacnia.
- ☐ Jest to metoda tania, ponieważ stosuje się ją w miejscu występowania zanieczyszczeń, a używane mikroorganizmy są łatwo dostępne.
- ☐ Jest to metoda skuteczna, ponieważ z badań wynika, że z udziałem mikroorganizmów rozkład zanieczyszczeń zachodzi szybciej niż bez nich.

Ćwiczenie 3



Przyporządkuj podane definicje do odpowiadających im pojęć.

restytucja

przywrócenie zmienionemu środowisku stanu możliwie najbliższego pierwotnemu

degradacja

przywrócenie wymierającego gatunku lub stanu środowiska, zaburzonego wskutek działalności człowieka

renaturyzacja

zmniejszenie biologicznej aktywności gatunków

Ćwiczenie 4



Oceń i zaznacz, czy podane stwierdzenia są prawdziwe, czy fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Bioremediacja działa wyłącznie w przypadku naturalnych zanieczyszczeń.	☐	☐
Bioremediacja to metoda pozwalająca na rozłożenie prawie 100 proc. zanieczyszczeń ropopochodnych.	☐	☐
W bioremediacji używa się głównie bakterii, archeanów i grzybów.	☐	☐
Organizmy, używane w bioremediacji pochodzą ze źródeł naturalnych i mogą być genetycznie modyfikowane.	☐	☐

Ćwiczenie 5



Uzupełnij tekst, przeciągając prawidłowe nazwy procesów.

W wykorzystuje się naturalne zdolności organizmów w danym środowisku do usunięcia z niego zanieczyszczeń, a w poszukuje się i specjalnie przygotowuje organizmy, które wprowadza się do skażonego środowiska.

bioaugmentacji

bioremediacji

Ćwiczenie 6



Grzyby mikoryzowe mogą stanowić alternatywę dla wykorzystywanych w bioaugmentacji bakterii. Stosowane są z powodzeniem do przywracania funkcji zdegradowanych ekosystemów.

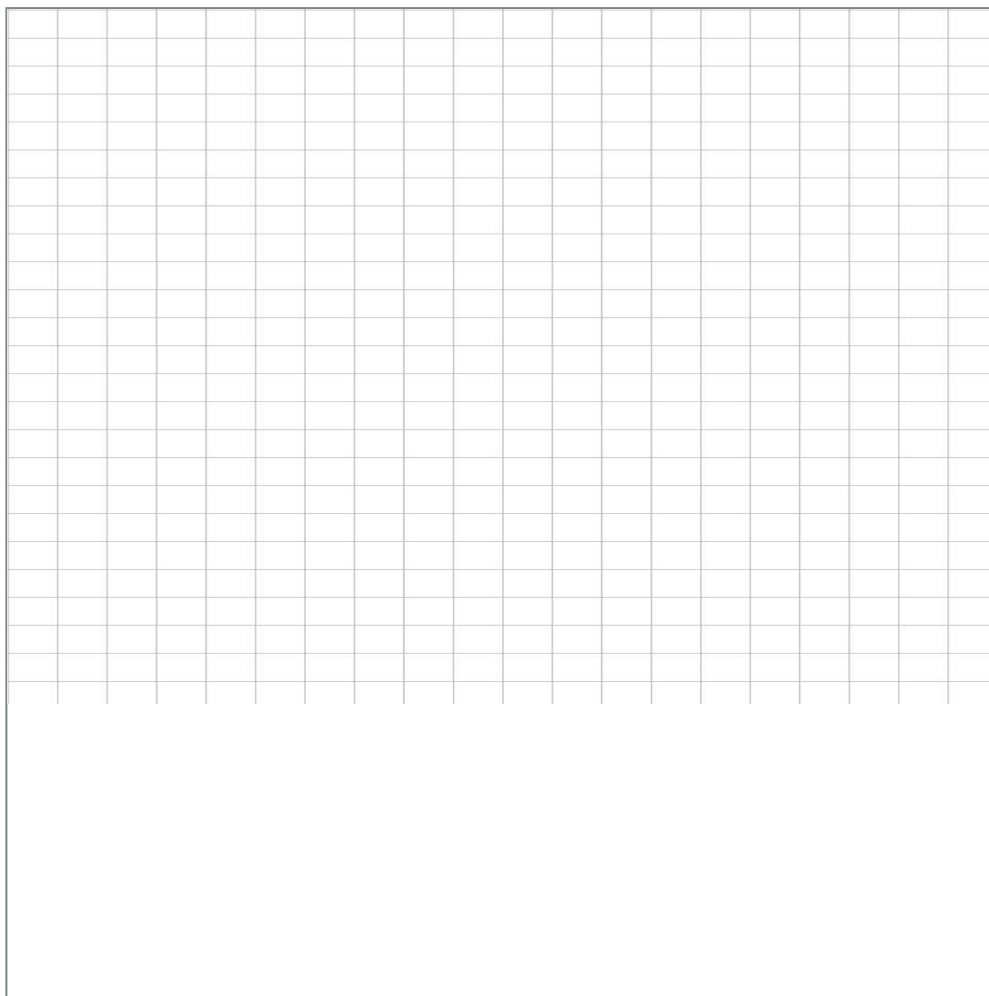
Wyjaśnij, dlaczego w bioaugmentacji zasadne jest stosowanie szczepionek mikoryzowych.



Jednym ze sposobów doskonalenia technologii oczyszczania gruntów jest łączenie różnych metod. Porównano bioaugmentację z wykorzystaniem bakterii (pałeczki ropy błękitnej *Pseudomonas aeruginosa*), fitoremediację z wykorzystaniem lucerny siewnej (*Medicago sativa*), połączenie tych metod, oraz naturalną biodegradację. Największą biodegradowalność zanieczyszczeń otrzymano w wyniku połączenia metody bioaugmentacji i fitoremediacji (67 proc.), w wyniku bioaugmentacji (59 proc.), fitoremediacji (47 proc.), a w wyniku naturalnej biodegradacji osiągnięto 37 proc. biodegradowalności.

Źródło: Bożena Maligłowska, Antonina Kalinichenko, *Bioaugmentacja jako przykład zastosowania mikroorganizmów w rekultywacji gruntów zanieczyszczonych wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi (WWA)*, materiał konferencyjny.

Na podstawie danych wykonaj wykres obrazujący skuteczność różnych metod oczyszczania gruntu.



Ćwiczenie 8



Na podstawie tekstu do ćwiczenia 7 oraz własnej wiedzy sformułuj wniosek dotyczący skuteczności różnych metod bioremediacji skażonych terenów.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Wspomaganie ekologiczne

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XI. Różnorodność biologiczna, jej zagrożenia i ochrona. Uczeń:

7) uzasadnia konieczność stosowania różnych form ochrony przyrody, w tym Natura 2000;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XVIII. Różnorodność biologiczna, jej zagrożenia i ochrona. Uczeń:

7) uzasadnia konieczność stosowania różnych form ochrony przyrody, w tym Natura 2000;

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii.

Cele operacyjne (językiem ucznia):

- Określisz cele ekologii restytucyjnej.
- Odróżnisz bioremediację od bioaugmentacji.
- Scharakteryzujesz organizmy używane do wspomaganie ekologicznego.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;

- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- praca z audiobookiem;
- prezentacja;
- mapa pojęć.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda.

Przed lekcją:

1. Uczniowie zapoznają się z treściami w sekcji „Przeczytaj”.
2. Chętni/wybrani uczniowie pozyskują samodzielnie informacje dotyczące ekologii restytucyjnej: jedna osoba przygotowuje prezentację na temat konkretnych przykładów wdrożenia bioremediacji, druga osoba – bioaugmentacji, z uwzględnieniem cech, jakimi powinny się charakteryzować organizmy używane do wspomagania ekologicznego.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji oraz cele zajęć, omawiając lub ustalając razem z uczniami kryteria sukcesu.
2. **Odwołanie do wcześniejszej wiedzy.** Nauczyciel zadaje pytanie:
„Jakie są cele ekologii restytucyjnej?”
Uczniowie indywidualnie udzielają odpowiedzi na kartkach, następnie tworzą pary, a potem pary łączą się w czwórki – za każdym razem uczniowie ustalają wspólną odpowiedź.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z multimedium.** Nauczyciel odtwarza multimedium. Uczniowie odczytują polecenie nr 2 („Opisz różnicę między bioremediacją i bioaugmentacją”) i wykonują je indywidualnie. Następnie porównują swoje odpowiedzi z osobą z pary.
2. **Prezentacje uczniów.** Wskazani przed lekcją uczniowie prezentują i omawiają efekty swojej pracy. Nauczyciel oraz inni uczniowie zadają pytania prezentującym, w razie potrzeby uzupełniając ich wypowiedzi.
3. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie rozwiązują samodzielnie ćwiczenia 7 i 8 (w których mają za zadanie wykonać wykres obrazujący skuteczność różnych metod oczyszczania gruntu, na podstawie podanych danych, oraz sformułować wniosek dotyczący skuteczności różnych metod bioremediacji skażonych terenów) z sekcji „Sprawdź się”. Po ustalonym czasie wybrani uczniowie przedstawiają odpowiedzi, a reszta klasy ustosunkowuje się do nich. Nauczyciel w razie potrzeby koryguje odpowiedzi, dopowiada istotne informacje.

Faza podsumowująca:

1. Klasa wspólnie wykonuje mapę pojęć podsumowującą zajęcia.
2. Nauczyciel wyświetla treści zawarte w sekcji „Wprowadzenie” i na ich podstawie dokonuje podsumowania najważniejszych informacji przedstawionych na lekcji. Wyjaśnia także wątpliwości uczniów.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia od 1 do 6 z sekcji „Sprawdź się”.

Materiały pomocnicze:

- Neil A. Campbell i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Rebis, Poznań 2019.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

Dodatkowe wskazówki metodyczne:

- Uczniowie mogą przed lekcją zapoznać się z materiałem w sekcji „Audiobook”, aby przygotować się do późniejszej pracy.