

Oczyszczanie Ziemi – jak mogą w tym pomóc rośliny i bakterie



Wspierają nas:

Problem zanieczyszczenia gleb jest niezwykle ważny w perspektywie zmian, które czekają ludzkość. Krok po kroku przekonujemy się, że zasoby naszej planety nie są nieskończone i powinniśmy bardziej dbać o to, co już mamy. Większość zanieczyszczeń jest spowodowana przez działalność przemysłu. Przemysł jest źródłem zanieczyszczenia metalami ciężkimi, węglowodorami (benzyny, oleje, węglowodory aromatyczne) czy środkami ochrony roślin. Rozwój przemysłu paliwowo-energetycznego, metalurgicznego czy chemicznego nie jest jednoznacznie zły. Rozwijanie tych technologii umożliwiło dużo prostsze i wygodniejsze życie. Postępowi technologicznemu stale musi jednak towarzyszyć odpowiedzialność i właściwe gospodarowanie odpadami.

Leczenie ziemi

Zdarza się, że najlepszym dla środowiska rozwiązaniem jest pozostawienie gleby zanieczyszczonej. Każde zanieczyszczenie wymaga zupełnie oddzielnej technologii, a jej opracowanie jest niezwykle trudne. Negatywne skutki uboczne oczyszczania gleby mogą być zbyt wysokie w odniesieniu do korzyści. Przed rozpoczęciem oczyszczania należy dokładnie zbadać, czy w wyniku przetwarzania zanieczyszczenia nie powstaną bardziej szkodliwe produkty. Do oczyszczania ziemi należy podchodzić jak lekarz do chorego pacjenta, zgodnie z zasadą „po pierwsze nie szkodzić”. W takich przypadkach stosuje się środki, które ograniczą rozprzestrzenianie się zanieczyszczenia, takie jak zagęszczenie i stabilizacja gruntu lub przepuszczalne bariery.

Pranie ziemi

Istnieją technologie, które za pomocą metod fizycznych są w stanie usuwać zanieczyszczenia z gleby z bardzo dużą wydajnością. Już samo mieszanie i napowietrzanie gruntu zwiększa intensywność ulatniania się niektórych związków. Instalacje typu *soil washing* (dosł. „pranie ziemi”) wmywają zanieczyszczenia przy użyciu wody lub surfaktantów, czyli związków, które zmniejszają napięcie powierzchniowe wody. Problemem jest bardzo duży koszt takiej operacji. Obniżanie kosztów powoduje, że więcej przedsiębiorstw inwestuje w oczyszczanie ziemi. Na tę potrzebę odpowiada biotechnologia, ponieważ wykorzystanie organizmów żywych jest tanim i bardzo skutecznym rozwiązaniem.

Bioremediacja obejmuje wszystkie techniki oczyszczania środowiska, które wykorzystują działanie bakterii, grzybów lub roślin. Trzeba pamiętać, że każde zanieczyszczenie jest

inne, a również gleby różnią się między sobą składem. Z tego powodu pierwszym krokiem jest zbadanie, czy w zanieczyszczonej ziemi są już obecne organizmy, które przetwarzają zanieczyszczenia do mniej szkodliwych produktów. Takie działanie jest bardzo korzystne, ponieważ wprowadzenie nowych organizmów może wpłynąć na ekosystem w sposób bardzo trudny do przewidzenia. Jeżeli organizmy oczyszczające glebę zostaną odnalezione, a ich liczba jest wystarczająco duża, jedynym koniecznym działaniem jest regularne kontrolowanie tego procesu. Kiedy wydajność oczyszczania spadnie, stosuje się techniki biostymulacji. Ich celem jest zapewnienie mikroorganizmom odpowiednich warunków do życia.

Pierwszym krokiem jest zapewnienie dostępu do tlenu. Najprostszym sposobem jest mieszanie gruntu, ale można również napowietrzać wody powierzchniowe i gruntowe. Kolejnym etapem stymulacji rozwoju mikroorganizmów jest dostarczenie im związków



odżywczych, głównie związków azotu i fosforu. W tym celu do gleby dodaje się nawozy sztuczne. Podlewanie ziemi i utrzymanie wysokiej wilgotności powoduje, że bakterie mają łatwiejszy dostęp do składników odżywczych.

Zdarza się, że w zanieczyszczonej ziemi występuje zbyt mało organizmów, by mogły skutecznie prowadzić procesy oczyszczania. Pamiętając o tym, że najbezpieczniej jest stosować organizmy już obecne w danym miejscu, można je wyizolować z ziemi i namnożyć w laboratorium.

Trzcina pospolita (*Phragmites australis*) jest najczęściej stosowaną rośliną w oczyszczalniach roślinnych
(©Katarzyna Petersen)

Jeżeli potrzebnych mikroorganizmów nie ma, można wykorzystać te wyizolowane z innego miejsca zanieczyszczonego podobnymi związkami. Po zaszczepieniu gleby gotowymi preparatami bakteryjnymi prowadzi się przez pewien czas zabiegi biostymulacyjne, żeby mikroorganizmy mogły skutecznie się namnożyć i zasiedlić nowe miejsce.

Bakterie, które lubią metal

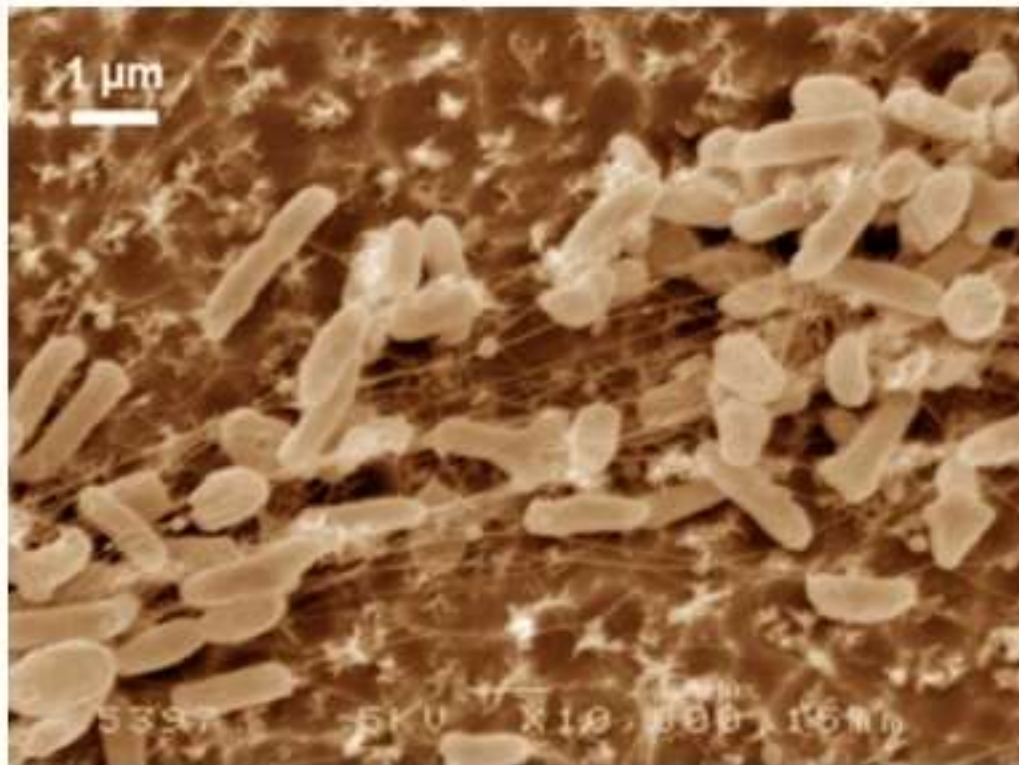
Zanieczyszczenia związkami węglowymi są o tyle łatwiejsze do usunięcia, że można je przekształcić do prostych i nieszkodliwych produktów. Dużo większym problem stanowią zanieczyszczenia metalami ciężkimi, takimi jak arsen, ołów, kadm czy rtęć. Szacuje się, że na całym świecie 20 milionów hektarów ziemi jest zanieczyszczonych metalami ciężkimi. Metale nie ulatniają się i pozostają niezwykle niebezpieczne, ponieważ ich toksyczność jest spowodowana akumulowaniem się w organizmach żywych. Akumulacja metali ciężkich, będąc bardzo poważnym zagrożeniem, jest jednocześnie metodą oczyszczania.

Prostym rozwiązaniem jest posadzenie na zanieczyszczonym gruncie odpowiednich gatunków roślin, które będą pobierać metale ciężkie z wodą i akumulować je w pąkach i liściach. Systemy korzeniowe roślin również stabilizują grunt i zatrzymują rozprzestrzenianie się zanieczyszczenia. Opisano już ponad 700 gatunków roślin, które są zdolne do wzrostu w obecności toksycznych metali i ich akumulacji. Niektóre są niezwykle wyjątkowe, np. gatunki traganka, które potrafią pobrać selen lub arsen z gleby i wydzielić go do atmosfery. Niestety, obecnie rola fitoremediacji jest drugorzędna ze względu na niską wydajność. Oczyszczenie ziemi zanieczyszczonej kadmem (1 mg kadmu na 1kg gruntu) wymaga około 15 lat. Rola roślin sprowadza się do stabilizacji metali i obniżenia ich dostępności dla innych organizmów. Dużą nadzieją są rośliny modyfikowane genetycznie, jednak rozwinięcie tej technologii wciąż wymaga czasu i dużych nakładów pracy naukowców.

Do oczyszczania ziemi z metali ciężkich można również wykorzystać bakterie. Mikroorganizmy potrafią akumulować metale ciężkie dzięki temu, że ich osłony komórkowe mają charakter ujemny. Na powierzchni komórek zatrzymują się dzięki temu dodatnie kationy metali. Wysoka skuteczność oczyszczania wynika jednak z tego, że



bakterie produkują enzymy, które są w stanie przekształcać związki metali do innych, mniej toksycznych form. Niektóre z tych związków są lotne, inne łatwiej pobierane przez rośliny. Bardzo ważną funkcją bakterii jest wykorzystywanie tych form metali, które są nierozpuszczalne w wodzie. Ich przekształcenie do rozpuszczalnych cząstek ułatwia działanie innych, fizycznych technologii. Zwiększa to wydajność oczyszczania jednocześnie zmniejszając jego koszt. Badania i modyfikacje genetyczne bakterii są o wiele tańsze i mniej czasochłonne niż modyfikowanie roślin. Uzyskanie modyfikowanych bakterii jest możliwe, ale ich wykorzystanie może być bardzo trudne ze względu na dużą niechęć społeczeństwa do GMO, czyli organizmów modyfikowanych genetycznie.



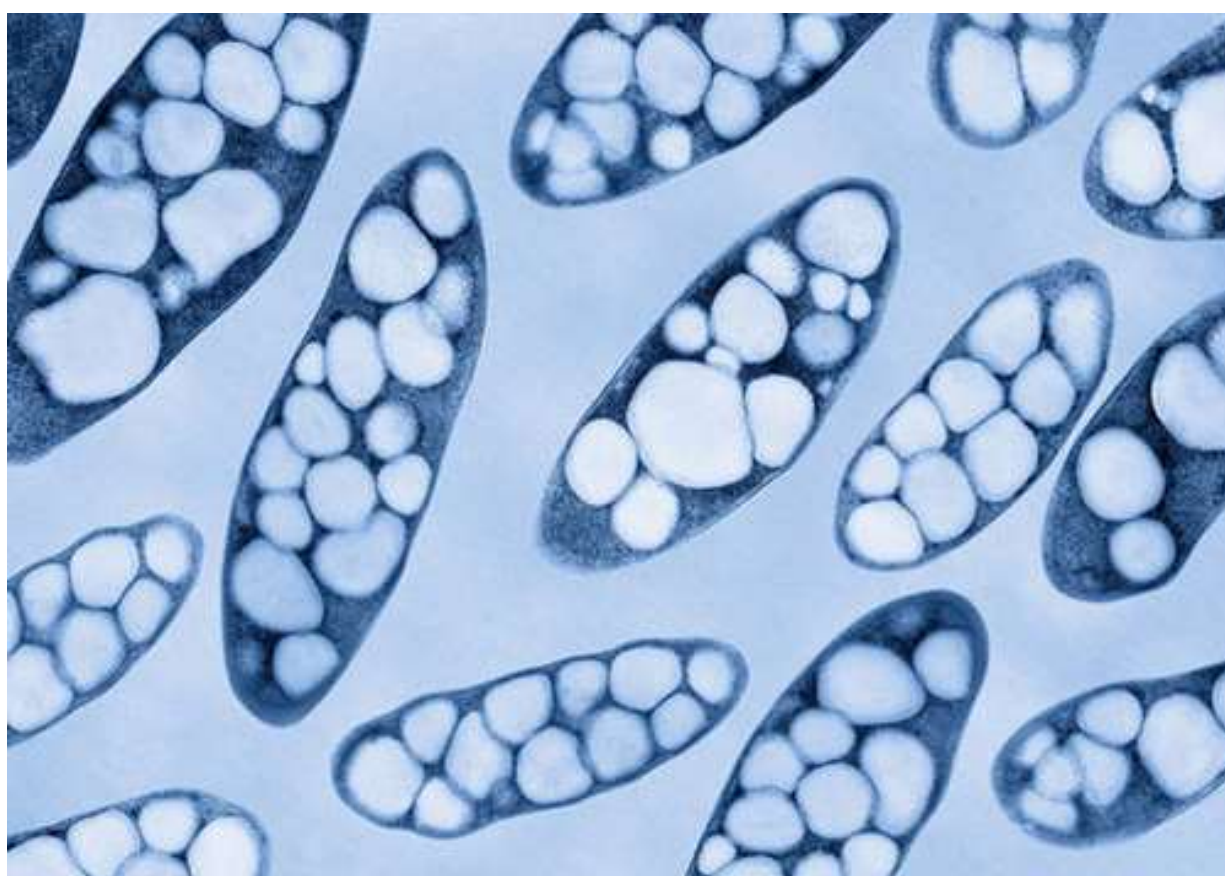
Ideonella sakaiensis – mikroorganizm, który przystosował się ewolucyjnie do wykorzystywania politereftalanu etylenu (PET) jako źródła energii. Rozkłada PET w kilka dni, podczas gdy w naturalnych warunkach trwałoby to około 450 lat. (Źródło: Shosuke Y. *et al*)

Mikrobiologiczny recykling

Walka z zanieczyszczeniem ziemi plastikiem jest wyjątkowo nierówna i dziś wydaje się niemożliwa do wygrania. Rocznie produkuje się ponad 350 milionów ton tworzyw sztucznych i ta liczba wciąż wzrasta. Coraz częściej mówi się o wykorzystaniu bakterii, grzybów, larw czy innych organizmów do oczyszczania ziemi i wód, ale problem jest



niezwykle skomplikowany. „Plastik” to potoczne określenie bardzo szerokiej grupy tworzyw sztucznych. Materiały różnią się między sobą składem i budową chemiczną. Bakterie, która potrafią trawić jeden rodzaj plastiku, mogą być nieskuteczne w walce z innymi zanieczyszczeniami. Trudno też przewidzieć konsekwencje rozprzestrzenienia się takich bakterii w środowisku. Z tego powodu badania skupiają się na poszukiwaniu enzymów bakteryjnych, czyli konkretnych substancji, które odpowiadają za trawienie plastiku. Może to bardzo ułatwić i obniżyć koszty recyklingu tworzyw sztucznych, a produkty trawienia można ponownie wykorzystać do produkcji nowych materiałów.



Bakterie *E.coli* wypełnione PHA (Źródło: *plastix.it*)

Innym rozwiązaniem problemu zanieczyszczenia plastikiem jest produkcja materiałów biodegradowalnych, które łatwo ulegają naturalnemu rozkładowi. Istnieją takie gatunki bakterii, które w warunkach stresowych (np. gdy brakuje im związków odżywczych) gromadzą w swoich komórkach zapasy w postaci PHA. Jest to grupa biodegradowalnych i bezpiecznych dla środowiska związków, które można wykorzystywać w ten sam sposób jak plastiki pochodzące z ropy naftowej. Koszt produkcji PHA jest wciąż zbyt duży, ale

dzięki opracowaniu odpowiednich technik hodowli tych bakterii będzie można produkować bezpieczne dla środowiska tworzywa sztuczne.

Źródła:

- 1) Kołwzan B., 2009. *Removal of Petroleum Products from Soil by the Prism Method*. Ochrona Środowiska 31: 3-10.
- 2) <https://www.hazenresearch.com/capabilities/environmental/soil-remediation-washing>; dostęp 29.04.2020 r.
- 3) Lianwen L., Li W., Song W., Guo M., 2018. *Remediation techniques for heavy metal-contaminated soils: Principles and applicability*. Science of The Total Environment 633: 206-219.
- 4) Łukasz Drewniak, 2018. Wykorzystanie drobnoustrojów prokariotycznych w przemyśle i ochronie środowiska. Mikrobiologia, Wydawnictwo Naukowe PWN.
- 5) Wei R., Zimmermann W., 2017. *Microbial enzymes for the recycling of recalcitrant petroleum-based plastics: how far are we?* Microbial technology, 10 (6): 1308-1322.
- 6) Shosuke Yoshida i in., 2016. *A bacterium that degrades and assimilates poly(ethylene terephthalate)*, Science 351: 1196-1199

©Rafał Jabłuszewski, BioCEN