



Fitoremediacja szansą na poprawę jakości i zagospodarowanie gleb zdegradowanych

Zanieczyszczenie gleb stanowi obecnie poważny problem, z którym trzeba się uporać. Obecność metali ciężkich i zanieczyszczeń organicznych w glebie prowadzi do zachwiania równowagi biologicznej i degradacji całych ekosystemów. W wyniku burzliwego rozwoju gospodarczego oraz rosnącej presji antropogenicznej na świecie problem ten z każdym rokiem jedynie się pogłębia.



Miskant olbrzymi (*Miscanthus giganteus*), Fot. B. Cania

Do najsilniej zdegradowanych obszarów na terytorium Polski należy województwo śląskie. Leży ono w południowej Polsce. Jest jednym z najmniejszych województw w kraju. Zajmuje powierzchnię 12333 km² (3,9% powierzchni Polski). Równocześnie jest regionem silnie zurbanizowanym. Liczba jego mieszkańców (według danych GUS na dzień 30 czerwca 2014 r.) wynosi 4593 tys. (11,9% ludności Polski). Z czego wynika, że jest to najgęściej zaludnione województwo w kraju. Na 1 km² przypada 372 osoby.

Specyfika zaludnienia województwa śląskiego wynika z występowania na jego terytorium bogatych złóż surowców mineralnych. Ich eksploatacja przyczyniła się do intensywnego rozwoju przemysłu, ale jednocześnie doprowadziła do silnej degradacji środowiska naturalnego. W wielu regionach województwa śląskiego można znaleźć obszary przypominające pustynie, ubogie w roślinność, co wynika z dużego skażenia tamtejszych gleb. Zanieczyszczone grunty zaburzają nie tylko bioróżnorodność, ale stanowią też poważne zagrożenie dla człowieka. Szczególne niebezpieczeństwo stanowią metale ciężkie, jak kadm czy ołów. Stężenie tych pierwiastków w ornych warstwach gleby często wielokrotnie przekracza dopuszczalne normy. Ta sama sytuacja dotyczy szeregu zanieczyszczeń organicznych.

Metale ciężkie i zanieczyszczenia organiczne nie tylko wpływają negatywnie na rośliny i inne organizmy żywe, ale ich obecność w glebie prowadzi również do zmiany jej właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych. W konsekwencji przekłada się to na produkcję skażonych płodów rolnych. Warto zaznaczyć, że 51% powierzchni województwa śląskiego stanowią użytki rolne (według danych WIOS w Katowicach na dzień 1 stycznia 2014 r.).

Między innymi dlatego podjęto próby opracowania metod pozwalających na oczyszczanie zdegradowanych terenów. W tym celu stosuje się różnorodne metody. Oczyszczanie można przeprowadzać *in situ*, czyli w miejscu skażenia, bądź *ex situ*, co oznacza, że gleba wymaga przetransportowania do punktu jej oczyszczenia. Techniki remediacji gruntów oparte na procesach fizycznych i chemicznych, które najczęściej przeprowadza się *ex situ*, jednak są one kosztowne i prowadzą do zmiany struktury gleby. Znaną co prawda już od jakiegoś czasu, ale wzbudzającą ostatnio rosnące zainteresowanie, obiecującą alternatywą wydają się być biologiczne metody oczyszczania gruntów, takie jak fitoremediacja.

Fitoremediacja polega na wykorzystaniu roślin i towarzyszących im mikroorganizmów do oczyszczania środowiska *in situ*. Przy czym właśnie włączenie do wspomagania tego procesu mikroorganizmów jest swoistym nowum. Według szczegółowego raportu D. Glass Associates, Inc. technologia ta jest dziesięciokrotnie mniej kosztowna od fizykochemicznych metod remediacji gleby, gdyż napędza ją energia słoneczna (stymulująca wzrost roślin hodowanych na terenach zdegradowanych).



Zaletą fitoremediacji są nie tylko niskie koszty, ale także fakt, że rośliny ograniczają rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń poza skażony teren (poprzez stabilizację struktury gruntu, zapobiegającą wymywaniu oraz ich akumulację), dzięki czemu metoda jest ekologiczna i cieszy się dużym poparciem społeczeństwa.

Ze względu na mechanizm oczyszczania zanieczyszczonych gruntów wyróżnia się kilka rodzajów fitoremediacji. W przypadku skażenia środowiska metalami ciężkimi wykorzystuje się zdolność roślin do akumulacji metali wewnątrz organów nadziemnych (fitoekstrakcja), unieruchamiania zanieczyszczeń w glebie przez korzenie (fitostabilizacja) bądź przekształcania pobranych zanieczyszczeń w nieszkodliwe formy lotne, które z kolei są uwalniane do atmosfery (fitowolatilizacja).

W wypadku obecności zanieczyszczeń organicznych w glebie wykorzystuje się zdolność roślin do wydzielania przez korzenie metabolitów, które stymulują wzrost i aktywność drobnoustrojów występujących w strefie korzeniowej, czyli mikroorganizmów ryzosferowych, ułatwiając im rozkład zanieczyszczeń (fitostymulacja). Co więcej, rośliny mają zdolność przekształcania pobranych z gleby zanieczyszczeń organicznych w procesie fitodegradacji nazywanej też fitotransformacją. Fitodegradacja może zachodzić również w strefie korzeniowej dzięki enzymom degradacyjnym takim jak dehalogenazy, nitroreduktazy, peroksydazy i lakazy, wydzielanym przez rośliny do środowiska. Fitotransformacja przypomina degradację zanieczyszczeń prowadzoną przez mikroorganizmy. Rośliny są jednak autotrofami, więc egzogenne związki organiczne nie stanowią dla nich pożywienia. Zazwyczaj jedynie przekształcają one zanieczyszczenia organiczne w formy mniej toksyczne. Sandermann (1992) porównał roślinny metabolizm zanieczyszczeń organicznych do metabolizmu ksenobiotyków w wątrobie ssaków. W przeciwieństwie do ssaków rośliny są jednak pozbawione układu wydalniczego, dlatego w tkankach roślinnych pochodne zanieczyszczeń ulegają akumulacji w ścianie komórkowej lub wakuoli. Losy ksenobiotyków w komórkach roślinnych opisuje tak zwany model „zielonej wątroby”. Aby zanieczyszczenia organiczne mogły zostać całkowicie rozłożone do dwutlenku węgla i wody w procesie rozkładu muszą wziąć udział także drobnoustroje. Tu szczególnie ważne są bakterie bytujące wewnątrz tkanek roślin, które nazywane są bakteriami endofitycznymi.

W celu zwiększenia efektywności fitoremediacji wiele uwagi poświęca się interakcjom roślin z mikroorganizmami. Jednym z najskuteczniejszych sposobów poprawienia zależności „gleba-roślina” jest wprowadzenie do środowiska dodatkowych drobnoustrojów zdolnych do rozkładu zanieczyszczeń organicznych lub wiązania metali ciężkich, co prowadzi do zmniejszenia toksyczności tych substancji względem roślin prowadzących fitoremediację oraz innych organizmów żywych i przyspiesza proces oczyszczania. W przypadku fitoremediacji terenów zanieczyszczonych metalami ciężkimi, można również zastosować mikroorganizmy wytwarzające chelatory, takie jak siderofory, które zwiększają biodostępność metali dla roślin i zwiększają skuteczność fitoekstrakcji. Wprowadzane drobnoustroje powinny dodatkowo posiadać właściwości stymulujące wzrost roślin, jak zdolność do syntezy związków regulujących wzrost i rozwój roślin (fitohormony, amoniak), mobilizacja trudno dostępnych składników mineralnych (azot, fosfor, żelazo) czy ochrona roślin przed patogenami.

Ciekawym przykładem badań nad zastosowaniem fitoremediacji w województwie śląskim, i nie tylko, jest projekt o akronimie Phyto2Energy (<http://www.phyto2energy.eu/>). Jest on realizowany w ramach Działań Marii Skłodowskiej-Curie, Współpraca Nauki i Przemysłu, będącej częścią 7 Programu Ramowego Unii Europejskiej. Projekt realizowany jest przez międzynarodowe



Poletko doświadczalne hodowli roślin energetycznych IETU - okolice Bytomia, Fot. B. Cania

konsorcjum, w którym partnerami są: Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych (Polska) – koordynator projektu, Helmholtz Zentrum München (Niemcy), Institute for Studies and Power Engineering (Rumunia), ProBiotics Polska (Polska), Politechnika Śląska (Polska), VITA 34 (Niemcy). W ramach projektu zostały założone dwie eksperymentalne plantacje. Jedna w Polsce (Bytom), na terenie rolniczym zanieczyszczonym metalami ciężkimi, druga w Niemczech (Lipsk), na terenach, na których były gromadzone osady ściekowe. Przez cztery lata trwania projektu na wspomnianych terenach będą uprawiane cztery gatunki roślin energetycznych: miskant olbrzymi (*Miscanthus x giganteus*), ślaziowiec pensylwański (*Sida hermaphrodita*), proso różgowate (*Panicum virgatum*) i spartyna periowa (*Spartina pectinata*). Trawy te posiadają zdolność akumulacji substancji szkodliwych z gleby, w tym m.in. metali ciężkich, a po zgazowaniu biomasy mogą stanowić źródło energii odnawialnej. Planuje się także opracowanie nowoczesnej metody zgazowania zanieczyszczonego plonu, dzięki której szkodliwe substancje nie powrócą do środowiska naturalnego. Dodatkowo jednym z ważniejszych założeń projektu jest opracowanie szczepionki mikrobiologicznej, która będzie wspomagać proces fitoremediacji, prowadzony przez rośliny energetyczne na terenach zanieczyszczonych metalami ciężkimi.

Podsumowując, zastosowanie procesu fitoremediacji z jednej strony daje szansę na poprawę jakości gleb zwłaszcza na terenach Śląska, a w przyszłości może przyczynić się do ich przywrócenia pod uprawę roślin o charakterze konsumpcyjnym. Z drugiej strony pozwala na efektywną produkcję biomasy, która może być wykorzystywana jako substrat w procesie produkcji biopaliw ze źródeł odnawialnych, biopaliw ze źródeł odnawialnych.

dr inż. Szymon Powąłowski
mgr inż. Barbara Cania

Instytut Technologii Mikrobiologicznych w Turku
dr Daria Szymanowska-Powąłowska
Katedra Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
dr Marta Pogrzeba

dr hab. Grażyna Płaza, prof. IETU
mgr Izabela Ratman-Kłosińska

Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych w Katowicach
Literatura dostępna u Autorów artykułu i w Redakcji

PRZYSŁOWIE LUDOWE

Gdy w dni sierpnia spieka wszędzie, tedy długa zima będzie