

# Bioremediacja sposób na pozostałości po zabiegach ochrony roślin

**Dr Grzegorz Doruchowski**

Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach

**Bioremediacja polega na neutralizacji skażeń za pomocą mikroorganizmów, czyli biologicznej degradacji niepożądanych substancji chemicznych. Procesy te zachodzą także w środowisku naturalnym, lecz przebiegają powoli, dlatego substancje aktywne środków ochrony roślin mogą dotrzeć do wód powierzchniowych lub podziemnych zanim ulegną naturalnej degradacji. Zadaniem bioremediacji jest zaś wymuszenie i przyspieszenie tego procesu.**

## Uwaga! – pestycydy w wodzie

Przeprowadzone przez Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach badania czystości wód powierzchniowych rejonu grójeckiego i wareckiego, w północnej części zlewni Pilicy wykazały stałą obecność pestycydów w stawach służących jako gminne punkty czerpania wody do zabiegów ochrony roślin, a także w ciekach wodnych połączonych z tymi zbiornikami. Wśród wykrytych pestycydów nie było co prawda substancji zaliczanych do szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego, ale ich poziom w niektórych miejscach wskazywał, że tamtejsza woda spełnia kryteria jakości kategorii A3 lub okresowo nawet przekracza granicę tej najniższej kategorii. Kategoria A3 oznacza, że w celu użytkowania wody przeznaczonej do spożycia konieczne jest jej oczyszczanie metodą wysokosprawnego uzdatniania fizycznego i chemicznego, co wiąże się z dużymi kosztami i wydłużeniem czasu uzdatniania.

Techniczna możliwość uzdatniania wody skażonej środkami ochrony roślin nie eliminuje jednak problemu do końca.

Skażenia ze zbiorników wód powierzchniowych mogą bowiem przenikać do studni okolicznych gospodarstw, z których przy braku instalacji wodociągowej czerpana jest woda przeznaczana do spożycia.

Wyniki badań prowadzonych przez inne ośrodki wskazują na obecność pestycydów także w niektórych studniach rejonu grójeckiego. Dlatego wszelkimi środkami należy chronić wody powierzchniowe przed zanieczyszczeniami chemicznymi, a odpowiedzialność w tym względzie spada na nas wszystkich.

## Skażenia miejscowe

Skąd biorą się pestycydy w wodach powierzchniowych? Zazwyczaj pierwsze podejrzania kierują się na znoszenie cieczy roboczej podczas wykonywania zabiegów ochrony roślin oraz spływ powierzchniowy pestycydów z pól, czyli tzw. skażenia rozproszone. Jest to jedynie część prawdy i to część mniej istotna, ponieważ głównym źródłem zanieczyszczenia wód pestycydami są skażenia miejscowe. Według szacunków niemieckich, udział skażeń miejscowych

w zanieczyszczeniu wód wynosi aż 65–95%, zależnie od wielkości zlewni rzek – im mniejsza zlewnia, tym wyższy udział.

Głównym powodem skażeń miejscowych są niezamierzone rozproszenia lub rozchlapania skoncentrowanych środków ochrony roślin w trakcie sporządzania cieczy roboczej i napełniania opryskiwacza, a także niekontrolowany spływ popłuczyn podczas mycia opryskiwacza po zabiegu.

W wyniku tych czynności dochodzi do kumulacji środków ochrony roślin w jednym miejscu, z którego spływają one do wód powierzchniowych lub podziemnych. Miejscem powstawania skażeń miejscowych jest najczęściej teren gospodarstwa, co stwarza dodatkowe zagrożenie dla ludzi, może bowiem dochodzić do skażenia wody w płytkich studniach. O ile niewielkim wysiłkiem i starannością można minimalizować ryzyko skażeń podczas przygotowania cieczy, to problemy związane z myciem sprzętu wymagają bardziej złożonych rozwiązań organizacyjnych i infrastrukturalnych.

## Co z tym myciem?

Najlepszym sposobem rozwiązywania złożonych problemów jest zapobieganie lub minimalizacja ich u źródła. Skoro problemem jest skażona woda po myciu opryskiwacza, rozwiązania należy szukać w ograniczeniu do minimum objętości zużywanej wody i zbieraniu jej celem neutralizacji zawartych w niej pozostałości środków ochrony

roślin. Kluczem do osiągnięcia tego celu jest organizacja stanowiska do mycia oraz sposób jego przeprowadzenia. Powinno ono być zlokalizowane w odległości nie mniejszej niż 30 m od studni, ujęć wody oraz zbiorników wodnych.

Mycie powinno się wykonywać na stanowisku o powierzchni nieprzepuszczalnej, z obrzeżem zapobiegającym rozprzestrzenianiu się skażonej wody (fot. 1). Minimalne wymiary stanowiska powinny wynosić: szerokość = szerokość opryskiwacza + 1 m; długość = długość opryskiwacza + 1 m.



Fot. 1. Mycie opryskiwacza na stanowisku umożliwiającym zbieranie ciekłych pozostałości

Stanowisko powinno mieć spadek w kierunku odpływu do szczelnego zbiornika z możliwością odbioru skażonej wody w celu jej bezpiecznego zagospodarowania. Testy przeprowadzone w IO wykazały, że, wykorzystując myjkę wysokociśnieniową (150 bar), opryskiwacz sadowniczy z deflektorem (zbiornik 1000 l) można efektywnie umyć objętością 17 l wody, a dodatkowe 10 l wody zużyć na spłukanie stanowiska. Łączny czas mycia opryskiwacza i stanowiska wynosi niewiele ponad 3 minuty, a jego efektywność wynosi 78%. Sumaryczna objętość ciekłych pozostałości wymagających neutralizacji wynosi zatem 27 l. Zużywając tę samą objętość wody przy użyciu lancy niskociśnieniowej (10 bar), mycie przeprowadza się w ciągu 8 minut z efektywnością 55%.

Powstające w wyniku mycia opryskiwacza i zebrane ciekłe pozostałości należy bezpiecznie zagospodarować, najlepiej na bieżąco w gospodarstwie, bez angażowania cennego czasu i z użyciem prostych technik. Zalecaną metodą spełniającą te kryteria jest bioremediacja.

## Bioremediacja? Czemu nie!

W systemach bioremediacyjnych do neutralizacji środków ochrony roślin ich substancje aktywne podlegają rozkładowi i mineralizacji w wyniku metabolicznych procesów mikroorganizmów glebowych.

Tak więc zasadniczym elementem stanowiska bioremediacyjnego zalecanego do stosowania w gospodarstwach jest odpowiednio przygotowany substrat glebowy. W celu intensyfikacji rozkładu musi on zawierać dużą ilość materiału organicznego, sprzyjającego rozwojowi i aktywności mikroorganizmów.

Dlatego w substracie stanowiska największy udział objętościowy, wynoszący 40–50%, stanowi słoma lub inne rozdrobnione części roślin. Składnik ten pełni także rolę rozluźniającą masę substratu. Uzupełnieniem materiału organicznego jest torf lub kompost w ilości 25–40%. Pozostałe 20–25% stanowi

Stanowiska bioremediacyjne nie służą do zlewania resztek cieczy roboczej oraz wody po płukaniu zbiornika i instalacji cieczonej opryskiwacza lub składania niepełnowartościowych preparatów i innych skażonych odpadów o wysokiej koncentracji środków ochrony roślin.

reklama



[www.peksan.pl](http://www.peksan.pl)

### SKRZYNKI OWOCOWO-WARZYWNE

|   |  |
|---|--|
| <br><b>nr kat: OW-10</b><br>wymiary: 600 x 400 x 150 mm<br>nośność: 10 kg | <br><b>nr kat: S-1</b><br>wymiary: 600 x 400 x 120 mm<br>nośność: 10 kg |
| <br><b>nr kat: OW-15</b><br>wymiary: 600 x 400 x 220 mm<br>nośność: 15 kg | <br><b>nr kat: S-2</b><br>wymiary: 600 x 400 x 180 mm<br>nośność: 15 kg |
| <br><b>nr kat: S-3</b><br>wymiary: 600 x 400 x 240 mm<br>nośność: 20 kg  |  |

Wysoka jakość • Atrakcyjne ceny • Transport gratis

Peksan Sp. z o.o.  
 ul. Okrzei 5, 38-500 Sanok  
 tel. 13 46 413 72, fax 13 46 409 55, e-mail: peksan@peksan.pl





Fot. 2. Stanowisko Biobed obok stanowiska do napełniania opryskiwacza

◁ gleba pochodząca z pola lub plantacji, gdzie stosowane środki ochrony roślin stymulują do działania mikroorganizmy rozkładające substancje aktywne tych środków. Dodanie gleby do substratu ma więc za zadanie pobudzenie jego aktywności biologicznej. W substracie glebowym z dużym udziałem słomy, gwarantującym wysoką zawartość ligniny (stosunek węgla do azotu C/N > 30), główną rolę odgrywiają grzyby białej zgnilizny (*Phanerochaete chrysosporium*, kl. *Basidiomycetes*), które w procesie rozkładu ligniny produkują enzymy rozkładające także związki organiczne, takie jak PCB (polichlorowane bifenyle), PAH (wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne), dioksyny i substancje aktywne pestycydów. Ich działanie wspomagają także glony i bakterie, których procesy metaboliczne są bardzo skomplikowane i nie do końca poznane.

W prawidłowo skomponowanym i utrzymanym środowisku proces biodegradacji może być bardzo efektywny. Wyniki badań wskazują, że nawet po okresie intensywnego stosowania środków ochrony roślin i stosunkowo dużym wkładzie ciekłych pozostałości działalność mikroorganizmów w okresie jednego sezonu obniża koncentrację wszystkich stosowanych substancji aktywnych do poziomu wykrywalności.

Efektywność rozkładu substancji chemicznych może się jednak zmniejszyć, a w stosunku do niektórych nawet ustać,

w wyniku nadmiernej kumulacji środków ochrony roślin w substracie, jego przesuszenia, oddziaływania ropopochodnych węglowodorów (oleje, smary) splukiwanych z maszyn czy ciągników oraz azotu zmywanego z rozsiewaczy nawozów lub opryskiwaczy po użyciu płynnych nawozów (RSM, mocznik).

Właściwości biologicznie czynnych substratów wykorzystywane są w stanowiskach bioremediacyjnych przeznaczonych do neutralizacji ciekłych pozostałości w gospodarstwie, a więc w miejscu, gdzie pozostałości te powstają. Ich prosta konstrukcja, nieabsorbująca obsługa oraz bezpieczeństwo związane z procesem neutralizacji powinny zachęcać do ich użytkowania.

**Spośród różnych rozwiązań do zastosowania w Polsce szczególnie zalecane są stanowiska typu Biobed oraz pochodne, takie jak Phytobac, Biofilter czy opracowane w ostatnich latach w IO stanowisko Vertibac.**

Czas eksploatacji substratu w stanowiskach bioremediacyjnych wynosi od 5 do 8 lat, w zależności od warunków klimatycznych oraz intensywności użytkowania. Zużyty substrat, jeśli jest prawidłowo wykorzystywany, zawiera zwykle śladowe ilości substancji chemicznych. Niemniej jednak powinien być on przez rok kompostowany, a następnie zużyty jako nawóz organiczny. Każde z omówionych niżej stanowisk można wykonać samodzielnie, wykorzystując dostępne na rynku elementy.

## Biobed

To rodzaj zagłębionego w ziemi, szczelnego (!) basenu wypełnionego substratem i wyposażonego w rampy najazdowe, które umożliwiają wjazd opryskiwacza (fot. 2). Z założenia Biobed służy do bezpośredniego przejmwania wszelkiego rodzaju wycieków i rozprożeń, do których może dochodzić podczas przygotowania cieczy roboczej i napełniania opryskiwacza, do zbierania skażonej wody użytej do zewnętrznego mycia sprzętu oraz wody opadowej, splukującej z opryskiwacza osady środków ochrony roślin w trakcie postoju maszyny. Spływające z opryskiwacza do podłoża substancje są w nim neutralizowane, a woda częściowo odparowuje lub w części nieadsorbowanej przez substrat spływa na dno stanowiska. Ścianki basenu muszą gwarantować jego szczelność, dlatego należy je wykonać z odpowiedniej jakości betonu lub grubej folii. Na dnie układa się warstwę drenażową w postaci żwiru (około 10 cm), następnie warstwę zagęszczoną gliny, spowalniającej odpływ wody (około 5 cm), a na niej 50 cm substratu (słoma 50%, torf 25%, gleba 25%). Zbierające się w warstwie drenażowej odcieki całkowicie lub częściowo zneutralizowanych pozostałości płynnych odprowadzane są przewodem przez syfon do zbiornika buforowego, po napełnieniu którego można je z powrotem przepompować do stanowiska.

**W ten sposób Biobed stanowi izolowany system o zamkniętym obiegu skażonej cieczy. Możliwość ustawienia opryskiwacza bezpośrednio na stanowisku eliminuje konieczność zorganizowania dodatkowego stanowiska do mycia czy napełniania opryskiwacza.**

Do celów projektowych przyjmuje się, że substrat stanowiska Biobed może przerobić w ciągu roku ilość ciekłych pozostałości równą połowie swojej objętości. Jeśli zatem niewielki Biobed o wymiarach 3 m x 5 m mieści około 7,5 m<sup>3</sup> substratu, to jego roczna przepustowość wynosi 3750 l ciekłych pozostałości, co pozwala na wielokrotne mycie opryskiwacza wystarczająco dużą ilością wody. Margines pojemności stanowiska oraz zbieranie odcieków są



Fot. 3. Stanowisko Phytobac

potrzebne na wypadek intensywnych opadów deszczu. Z kolei w okresach suszy należy pamiętać o podlewaniu stanowiska, by cały czas utrzymać odpowiednią wilgotność podłoża. W okresie jesienno-zimowym zaleca się przykrycie stanowiska folią lub brezentem, aby zapobiec jego przelaniu i przemarznięciu.

## Phytobac

Phytobac w klasycznym wykonaniu ma podobną budowę, wykorzystuje substrat o tym samym składzie i zachodzą w nim dokładnie te same procesy, jak w stanowisku Biobed. Nie pozwala on jednak na wjazd opryskiwacza, co stwarza konieczność budowy w gospodarstwie odrębnego stanowiska do napełniania i mycia opryskiwaczy z możliwością zbierania i gromadzenia ciekłych pozostałości. Spływająca z takiego miejsca ciecz powinna przechodzić przez prosty w budowie separator części stałych i produktów ropopochodnych, zanim trafi do zbiornika gromadzącego pozostałości. Ze zbiornika ciecz pobierana jest sukcesywnie przez pompę i rozprowadzana równomiernie na powierzchni stanowiska do momentu obfitego zwilżenia substratu – zwykle raz lub dwa razy dziennie.

Podobnie jak w przypadku stanowiska Biobed, odcieki z substratu zbierające się w warstwie drenażowej na dnie stanowiska odprowadzane są do zewnętrznego zbiornika buforowego, po czym trafiają z powrotem do podłoża.

Zautomatyzowanie krążenia cieczy w zamkniętym cyklu dla utrzymania substratu w ciągłej wilgotności wymaga zastosowania systemu rozprowadzania

cieczy oraz pompy z włącznikiem czasowym. Przepustowość stanowiska określa się na takich samych zasadach, co w przypadku systemu Biobed. Zadażenie stanowiska zapobiega jego przepełnieniu podczas ulewnych opadów oraz umożliwia zastosowanie mniejszego zbiornika buforowego do zbierania odcieków niż dla stanowiska Biobed. W gospodarstwach o niewielkiej skali zużycia środków ochrony roślin i ograniczonej przestrzeni na dodatkowe wyposażenie infrastrukturalne istnieje możliwość stosowania stanowisk Phytobac w wersji wolno stojącej (fot. 3).

## Vertibac

Vertibac jest zmodyfikowaną, wertykalną i kompaktową wersją stanowiska Phytobac. Składa się z dwóch szczelnych zbiorników ustawionych jeden nad drugim. Do tego celu można wykorzystać powszechnie dostępne skrzyniopalety plastikowe o pełnych ściankach (fot. 4). Zbiorniki ustawione są na ramie ze skrętnymi kółkami w celu łatwego

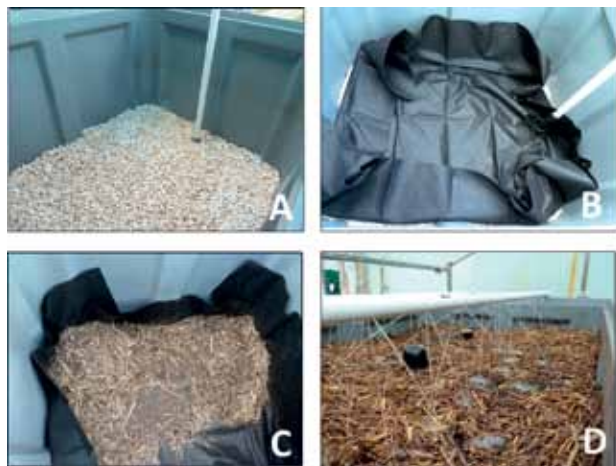
Stanowisko Biobed powinno być zorganizowane co najmniej 30 m od cieków, zbiorników i studni, w miejscu nienarażonym na zalania, najlepiej w bezpośrednim sąsiedztwie magazynu środków ochrony roślin i punktu czerpania wody (np. zbiornika pośredniego do napełniania opryskiwacza).

przemieszczania całego stanowiska, np. do osłoniętego pomieszczenia podczas zimy. Górny zbiornik o objętości 700 l zawiera 50-centymetrową warstwę substratu o standardowym składzie. Na dnie zbiornika znajduje się 10-centymetrowa warstwa drenażowa (żwir), umożliwiająca drenaż nadmiaru ciekłych pozostałości w formie odcieków (fot. 5). Substrat od żwiru oddzielony jest agrowłókniną, której zadaniem jest spowolnienie przesiąku odcieków. Spełnia ona tę samą rolę, co warstwa gliny w stanowisku Biobed, a ponadto nie dopuszcza do zamulenia warstwy drenażowej drobną frakcją substratu. Odcieki z substratu spływają grawitacyjnie do dolnego zbiornika buforowego o objętości 400 l, który służy do gromadzenia ciekłych pozostałości, i z którego są one pobierane przez pompę do zraszania substratu. System stanowi zatem szczelny układ zamknięty, w którym krążąca ciecz wielokrotnie przechodzi przez substrat, ulegając bioremediacji. Woda odparowuje zarówno z powierzchni substratu i rosnących na nim ▷



Fot. 4. Stanowisko Vertibac obok stanowiska do mycia opryskiwacza





Fot. 5. Warstwy stanowiska Vertibac:  
A – żwir pełniący funkcję drenażu odcieków;  
B – agrowłóknina spowalniająca przesiąkanie odcieków;  
C – substrat bioaktywny;  
D – nawilżanie substratu



Fot. 6. Stanowisko Biofilter

fol. 1–6 G. Doruchowski

Zwarta konstrukcja, prosta budowa z dostępnych elementów i materiałów, a także łatwa obsługa powinny sprzyjać akceptacji stanowiska Vertibac przez użytkowników środków ochrony roślin w mało- i średnioobszarowych gospodarstwach, do których kierowane jest to rozwiązanie.

◁ roślin (ewapotranspiracja), jak i bezpośrednio z lustra cieczy gromadzonej w zbiorniku buforowym (ewaporacja), dzięki zachowaniu 20-centymetrowej przestrzeni między zbiornikami. Zbiornik buforowy przykryty jest siatką uniemożliwiającą dostęp do skażonej cieczy osobom postronnym (np. dzieciom) oraz drobnym zwierzętom (np. ptakom i zwierzętom domowym).

Pomiary pozostałości pestycydów w substracie, prowadzone w 2012 r. w Zakładzie Agrotechnologii IO potwierdziły bardzo efektywny rozkład wprowadzanych do stanowiska substancji czynnych fungicydów i insektycydów typowych dla produkcji sadowniczej.

Substancje te wprowadzono w terminach odpowiadających terminom ich stosowania w sadach, symulując zasilanie stanowiska ciekłymi pozostałościami z mycia opryskiwacza po zabiegach prowadzonych według rzeczywistego programu ochrony. Już do początku października większość substancji rozłożyła się w 95%, i tylko te, które wprowadzono późno rozłożyły się w 88%. Bardzo efektywne było także odparowanie wody ze stanowiska. W sierpniu średnio dziennie wyparowywało ponad 8 l wody, a w ciągu 5 miesięcy od maja do września łącznie 1000 l. Biorąc pod uwagę fakt, że objętość substratu wynosi tylko 0,5 m<sup>3</sup>, jest to doskonały wynik.

## Biofilter

Biofilter to zestaw dwóch lub trzech otwartych pojemników prostopadłościennych, z których każdy ma objętość około 1 m<sup>3</sup> i jest wypełniony substratem o składzie, takim jak w stanowisku Biobed. Pojemniki te umieszczone są jeden nad drugim w formie kolumny (fot. 6) tak, aby ciekłe pozostałości doprowadzane ze zbiornika buforowego i rozprowadzane na powierzchni substratu w górnym pojemniku spływały grawitacyjnie do pojemników dolnych.

Podczas przepływu przez substrat kolejnych pojemników środki ochrony roślin ulegają niemal całkowitej biodegradacji. Przy dawce ciekłych pozostałości wynoszącej 20–25 l dziennie odparowanie wody od maja do września wynosi 60–70%.

Odcieki z najniższego pojemnika zasilają dodatkowy, boczny pojemnik, na podłożu którego rosną rośliny tolerancyjne na środki ochrony roślin, wykazujące zdolność fitoakumulacji substancji chemicznych (gromadzenie ich w korzeniach i transportowanie do liści) oraz sprzyjające dobrej ewapotranspiracji (ewaporacja + transpiracja, czyli odparowanie wody z podłoża i komórek roślin). Wymagania te spełnia np. turzyca prosowa lub wierzba krzewiasta. W ten sposób w ostatnim pojemniku z okrywą roślin z ciekłych pozostałości usuwane są resztki substancji i odparowana jest woda. Przy niesprzyjających ewapotranspiracji warunkach pogodowych ewentualne odcieki z dodatkowego zbiornika kierowane są z powrotem do górnego pojemnika stanowiska. Dawkowanie cieczy oraz jej obieg jest zwykle zautomatyzowany dzięki wykorzystaniu pompy z włącznikiem czasowym.

*Opisane w artykule prace badawcze i rozwojowe wykonano w ramach Programu Wieloletniego na lata 2008–2014 pn. „Rozwój zrównoważonych metod produkcji ogrodniczej w celu zapewnienia wysokiej jakości biologicznej i odżywczej produktów ogrodniczych oraz zachowania bioróżnorodności środowiska i ochrony jego zasobów”, finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.* □