



## ИНФОРМАЦИЯ ОТНОСНО

### ЕКОЛОГИЧНО УПРАВЛЕНИЕ НА ПЕСТИЦИДИТЕ

Пестицидите са основните органични замърсители в световен мащаб. Те са устойчиви химикали, предизвикващи безпокойство поради тяхното разпространение в различни екосистеми. В природата остатъците от пестициди са подложени на процес на химическо, физическо и биохимично разграждане, но поради повишената си стабилност и, в някои случаи, разтворимостта им във вода, остатъците от пестициди остават в екосистемата. Отстраняването на пестициди може да бъде извършено чрез няколко техники, класифицирани като биологичен, химичен, физичен и физикохимичен процес на възстановяване от различни видове матрици, като вода и почва<sup>1</sup>.

Елиминирането на пестицидите от околната среда е труден процес; те имат отрицателни последици както за хората, така и за екосистемите. Преносът на пестициди, произхождащи от земеделски земи, може да бъде вреден за сухоземните и водните екосистеми.<sup>2</sup>

#### Екологосъобразно управление на пестициди чрез биоремедиация

При физическото и химическото почистване на пестициди се отделят повече токсични съединения, като и двата метода са вредни и скъпи. За да се поддържа устойчива околна среда със здрава и продуктивна екосистема, за отстраняване на вредните замърсители съществуват екологични подходи, каквито са методите на биоремедиация, се съобщава в публикация на Vinay Mohan Pathak, Vijay K. Verma et. al., от 2022 г.

По време на процесите на биоремедиация микроорганизмите използват пестицидите като косубстрати в метаболитните си реакции, заедно с други хранителни вещества, като по този начин ги елиминират от околната среда. Ефективността на тези процеси зависи от характеристиките на пестицидите, като например тяхното разпространение, бионаличност и устойчивост в почвата. Характеристиките на почвата и условията на околната среда, като рН, съдържание на вода, микробно разнообразие и температура, оказват влияние върху ефикасността на биоремедиацията<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Adolfo Marican, Esteban F Durán-Lara. A review on pesticide removal through different processes. Environ Sci Pollut Res Int, 2018 Jan;25(3):2051-2064.

<sup>2</sup> Hassaan MA & A El Nemr. Pesticides pollution: Classifications, human health impact, extraction and treatment techniques. The Egyptian Journal of Aquatic Research, Volume 46, Issue 3, September 2020, Pages 207-220

<sup>3</sup> Raffa CM, Chiampo F. Bioremediation of Agricultural Soils Polluted with Pesticides: A Review. Bioengineering. 2021 Jul 2;8(7):92.

Amber  Green  White

гр. София, 1618, бул. "Цар Борис III" № 136

<https://corhv.government.bg>, [corhv@mzh.government.bg](mailto:corhv@mzh.government.bg)

тел. 02/4273056

Чрез биоремедиация растенията, водораслите, гъбите, бактериите и техните взаимодействия се използват за премахване на токсините, което служи като рентабилен и щадящ околната среда метод. Ремедиацията на пестициди включва разнообразни техники, щадящи околната среда, като фиторемедиация, биоремедиация с микроводорасли, мико-ремедиация (чрез гъби) и бактериално разграждане на пестициди. Фиторемедиацията е икономичен, захранван със слънчева енергия метод, който включва отстраняване или намаляване на вредните химикали от засегнатите места с помощта на ефективни растителни видове.

Абсорбирането на пестицидите от растенията води до превръщането на опасните пестициди в по-малко токсични съединения, което спомага за отстраняването на токсичните замърсители от засегнатите места. Растенията използват различни механизми за отстраняване на замърсители, включително транспирация (отделяне на влага чрез листата) на замърсители, почистване през микробиома на ризосферата (ризо-разграждане), ензимно разграждане и натрупване на пестициди в различни части на растението (фитоекстракция). Тези растения също така подобряват ландшафта, намаляват ерозията на почвата и предотвратяват проникването на замърсители.

Използването на растения и свързаните с тях почвени микроби за намаляване на концентрациите или токсичните ефекти на замърсителите в околната среда се нарича фиторемедиация. Фиторемедиацията е широко приета като икономически ефективна технология за възстановяване на околната среда. Тя е алтернатива на механичните процедури, които обикновено са по-разрушителни за почвата. Фиторемедиацията обаче е ограничена до кореновата зона на растенията. Освен това тази технология има ограничено приложение там, където концентрациите на замърсителите са токсични за растенията. Съществуват технологии за фиторемедиация за различни среди и видове замърсители<sup>4</sup>. Фиторемедиацията служи като икономически, безопасен и екологичен подход за третиране на химически отпадъци.

Микроводораслите също са известни и като ефективни биосорбенти на тежки метали и пестициди и могат да ги отстранят от замърсени зони. Използването на микроводорасли води до производството на кислород, който запазва баланса на околната среда. Кислородът, генериран от микроводораслите, също помага на бактериите по време на процеса на биоразграждане. Установено е, че микроводораслите използват химическите замърсители като алтернативен източник на енергия и ускоряват процеса на биоразграждане. Това може да се използва за постигане на различни цели, включително възстановяване на хранителни вещества от отпадъчни води, образуване на биомаса, отстраняване на замърсители (биоаккумуляция и биосорбция) и способност за растеж при стресови условия. Използването на такава технология е двупосочно, като например натрупване на пестициди и превръщане на токсични в по-малко токсични съединения. Разграждането се влияе от въвеждането на

<sup>4</sup> Phytoremediation. <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/phytoremediation-17359669/>

Red     Amber     Green     White

гр. София, 1618, бул. "Цар Борис III" № 136  
<http://corhv.government.bg>, [corhv@mzh.government.bg](mailto:corhv@mzh.government.bg)

тел. 02/4273056



ефикасни микроводорасли, оптималните условия и химическия състав на пестицидите. Освен това има някои основни фактори, които променят процеса на разграждане на пестицидите, като молекулно тегло, функционална група, концентрация и разтворимост във вода. При стресови условия тези микроводорасли черпят енергия от светлина и органичен въглерод, което им дава предимство пред бактериите и гъбите по време на биоразграждането.

Микоремедиацията е друг вид биологичен подход за управление на отпадъците от пестициди, при който гъбите могат да използват тези замърсители като източник на въглерод и да ги превръщат в по-малко токсични съединения, като по този начин ги изчистват от водата и почвата. Гъбите са идеални сред микроорганизмите поради структурната си морфология, която съдържа хифи, което позволява лесното пренасяне на малки химични молекули през микроскопични пори. Мрежите от мицели имат многофункционална роля - освен че ускоряват разграждането на пестицидите, те също така подобряват наличието на хранителни вещества и вода в растенията. Известно е, че лигнолитичните гъби отделят различни извънклетъчни ензими, които спомагат за преобразуването на неподатливи химични съединения. Сапротрофните гъби отделят най-много ензими, следвани от другите гъби (гъби на меко гниене, бяло гниене и кафяво гниене). Процесите на биодеградация посредством гъби се влияят и от други фактори, като оптимална температура, рН, влажност, наличие на хранителни вещества и вода, които играят важна роля за разграждането на пестицидите. Понастоящем много от развиващите се страни не могат да си позволят биопестициди или не могат да избегнат използването на химически пестициди, поради което трябва да използват мико-ремедиация или други биоремедиационни подходи за контролиране на замърсяването с пестициди

Биоразграждането на пестицидите се осъществява главно чрез използване на микробни системи. Микробите са в състояние да произвеждат специфична група ензими, които са в състояние да катализират пестицидите от замърсените места. Бактериите са били повече докладвани, че разграждат и премахват пестициди, в сравнение с други подходи за възстановяване. Основните бактериални родове, участващи в отстраняването на пестициди от замърсена околна среда са *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Flavobacterium* и *Arthrobacter*. Откриването на бактерии, разграждащи замърсители е улеснено от напредъка в методите на генното инженерство. Тези микроби използват пестицидите за хранителни вещества, генерират H<sub>2</sub>O и CO<sub>2</sub> и превъзможват риска за околната среда, свързан с пестицидите. В почвената система тези вещества се натрупват и действат като донори на електрони и източници на въглерод за почвените микроорганизми. Условията на околната среда, времето на експозиция на пестициди и тяхната концентрация, видът на бактериите и факторите на растеж (като температура, рН, влага, наличие на хранителни вещества и вода) са важни за ефективното биоразграждане. Наличието на сулфат и хлорид обаче действа като

Red     Amber     Green     White

гр. София, 1618, бул. "Цар Борис III" № 136  
<http://corhv.government.bg>, [corhv@mzh.government.bg](mailto:corhv@mzh.government.bg)

тел. 02/4273056



анион и се свързва силно с микробите, което блокира микробното действие върху пестицидите.

Установено е, че микробният свят има добри способности за разграждане. В публикацията се съобщава, че микробите са разработили редица метаболитни пътища за разграждане или детоксикация на различни замърсители на околната среда, включително пестициди. Първата цел на микробната ремедиация е разграждането на химическата структура на веществата и превръщането им в неорганични компоненти, които се използват по-нататък от микроорганизмите.

В друго проучване<sup>3</sup> като процеси на биоремедиация са посочени още минерализация и ко-метаболизъм (съпътстващ, съвместен метаболизъм). Процесът на минерализация позволява разграждането на пестицидите до неорганични вещества, а именно въглероден диоксид, соли, минерали и вода. Микроорганизмите използват пестицидните съединения като източник на хранителни вещества. И в този случай разграждането се влияе от няколко фактора, като например микробни видове, характеристики на почвата и вид на замърсителите. Степента на минерализация зависи от концентрацията на микробното съобщество, а именно намаляването на микробната популация не насърчава разграждането. При ко-метаболизма пестицидите се трансформират от микроорганизми и ензими в полезни съединения за други биологични, химични и физични трансформации и накрая се разграждат благодарение на този синергичен ефект. В ко-метаболитния процес участващите ензими могат да бъдат: хидролитични ензими (естерази, амидази и нитрилази); трансферази (глутатион S-трансфераза и глюкозил трансферази); оксидази (цитохром P-450 и пероксидаза); редуктази (нитроредуктази и редуктивни дехалогенази).

За повишаване на биоразградимостта на пестицидите се използват съвременни подходи, като биоувеличаване, биостимулация и естествено отслабване, които означават съответно добавяне на хранителни вещества, включване на ефикасни бактерии, и въвеждане на местни видове на замърсеното място. Бактериалната система е добре проучена в сравнение с други технологии за биоремедиация.

Процедурите за биоремедиация често включват органични отпадъци и/или специализирани щамове с катаболитни способности срещу замърсителите, за да подпомогнат разграждането на по-устойчивите пестициди или да намалят влиянието им върху микроорганизмите. Използването на генетично модифицирани щамове за разграждане на пестициди също може да бъде ефективен метод.

### **Заклучение**

Научната общност работи усилено, за да предложи креативни подходи за намаляване на замърсяването с пестициди. Стратегиите за управление, щадящи околната среда, включват няколко подхода за биоремедиация и ресурси за решаване на проблемите с пестицидите или разработване на алтернативни екологични решения. Стратегиите за биоремедиация, като фиторемедиация, биоремедиация с микроводорасли, микоремедиация и микробно разграждане, също са рентабилни и

Red     Amber     Green     White

гр. София, 1618, бул. "Цар Борис III" № 136  
<http://corhv.government.bg>, [corhv@mzh.government.bg](mailto:corhv@mzh.government.bg)

тел. 02/4273056



екологично щадящи методи. В днешно време методите за микробно разграждане са широко използвани. Микроорганизмите и техните ензими играят ключова роля в разграждането на химичните съединения и синтетичните пестициди.

Въпреки че тези методи са екологично щадящи, те имат някои ограничения като например, че метаболитните пътища, по които преминават микробите, са силно повлияни от външни фактори. В резултат на това е необходимо допълнително проучване в конкретни области, преди този подход да бъде обявен за успешен. Авторите считат, че ензимното разграждане изглежда надежден метод. От голяма важност е да се направят задълбочени изследвания за намиране на ензими, способни да разградят синтетичните пестициди. Микробното разграждане протича със значително по-бавна скорост и невинаги е толкова ефикасно или лесно за изпълнение, колкото традиционните технологии за биоремедиация. Необходимо е да се намерят по-ефикасни микроби, нови гени и биоремедиационни подходи за правилно управление на отпадъците от пестицидни замърсители, се казва в публикацията. Генетично модифицираните микроорганизми и биотехнологиите също играят важна роля в тази област. Направеното обсъждане илюстрира използването на микроорганизми, разграждащи пестициди по конструктивен начин, за управление на замърсяването от пестициди по екологосъобразен път. Ето защо по-нататъшните изследвания на ефективни микробни щамове и ензими са от съществено значение за намаляване на рисковете от пестициди за околната среда и човешкото здраве.

**Източник:**

Current status of pesticide effects on environment, human health and it's eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2022.962619/full>

*Други информации в областта на пестицидите и тяхното влияние могат да бъдат намерени на интернет страницата на ЦОРХВ: <http://corhv.government.bg/?cat=29>*

**Изготвил:**

Д-р Ирена Богоева  
нач. отдел ЗРХЗХ, дирекция ОРХВ

**20.03.2023 год.**

Red     Amber     Green     White

гр. София, 1618, бул. "Цар Борис III" № 136  
<http://corhv.government.bg>, [corhv@mzh.government.bg](mailto:corhv@mzh.government.bg)  
тел. 02/4273056

