

Биоремедиацията може да бъде дефинирана като процес, в който участват живи организми, микроорганизми, гъби, зелени растения, с помощта на които се пречиства почвата или водата, като те атакуват специфични замърсители. Произлиза от компилацията на думите био-кратко за биологичен и ремеди, което означава лекарство, средство, мярка.

Практически пример е разлагането на хлорни хидрокарбонати, което се осъществява посредством бактерии. С помощта на нитрати и сулфати се премахват мазни петна, наслоени в почвата. Необработени, непречистени масла се отстраняват от почвата със съществуващата на място бактерия "ехогенопа".

По принцип био- и фиторемедиацията са били използвани от хората и в далечното минало. Обезсоляването на почвите за посев се е осъществявало и се осъществява посредством фитоекстракти. Този факт е традиция при отглеждането на селскостопанските култури. През 60-те години на миналия век калифорнийският инженер Джордж Робинсън, който работел в петролна компания провеждал в свободното си време експерименти, използвайки различни съчетания на микроорганизми, за да създаде технология за третиране на замърсени почвени участъци.

Биоремедиационните технологии се разделят на две категории- „in situ“; „ex situ“.

Технологията „in situ“ третира замърсени терени или материали, докато „ex situ“ включва отстраняването на замърсителя.

Технологии, които дават добри резултати са: ризофилтрацията, биореактивни асимилати, създаването на компост, биостимулацията, биоаугментацията.

Не всички замърсявания могат лесно да бъдат третирани посредством различните технологии на биоремедиацията, които използват микроорганизми. Кадмият например, който е тежък метал не може да бъде унищожен или абсорбиран от микроорганизми. А поемането на тежки метали от хранителните насаждения могат да

причинят големи вреди. В такива случаи фиторемедиацията е полезна, тъй като естествените или генно –модифицирани растения са в състояние да биоакумулират тези токсини, а по-късно тежките метали в плодородната биомаса могат да бъдат концентрирани и дори рециклирани за индустриални нужди.

Елиминирането на широк спектър от замърсители и отпадъци от околната среда е абсолютно необходимо да бъде разбрано и осъзнато, за да може да продължи успешно по-нататъшното развитие на биоремедиационните технологии и биотрансформационния процес.

ГЕННО ИНЖЕНЕРСТВО

Биоремедиацията е модерно направление, което е до голяма степен свързано с генното инженерство. То основно осъществява създаването на организми специално модифицирани за нуждите на биоремедиацията, които се отличават със значително по-голям потенциал. Например бактерията *Deinococcus radiodurans* (най-мощният радиорезистентен организъм, познат до момента) е бил модифициран, за да може да усвои толя и йонния меркурий от високо радиоактивни ядрени отпадъци.

МИКРОРЕМЕДИАЦИЯ

Микроремедиацията е процес, при който се използват микроорганизми за възстановяване на замърсени почви или води. Процесът стои в основата на метаболизма на МО, който включва катаболитни и анаболитни процеси. МО използват хидрокарбонати (основна съставка на петрола), нитрати и някои метали (хлор, кобалт, желязо и др.) от почвата, водата, дори от прилежащия въздушен слой за своите анаболитни процеси. Основен обект на изследвания на приложната микроремедиация са преди всичко бактериите.

МИКОРЕМЕДИАЦИЯ

Микоремедиацията е биопроцес, използващ гъбни организми за възстановяване на

замърсени почви в по-голяма или по-малка степен.

Микоремедиацията е била осъществена от Пол Смит, който използвал мицел ,с помощта на който се усвояват различни замърсявания от почвата. Тайната на мицела се състои в това, че той образува допълнително ензими и киселини, които унищожават лигнина и целулозата. Двата основни компонента , които образуват строежа на фибрите на растенията.Тези органични съставки имат в състава си карбон и водород, които по структура наподобяват много органични замърсители. Ключът към успеха на микоремедиацията е употребата на точния за даден вид замърсител мицел. Например много добре са почистват почви замърсени с дизелово гориво с мицела на гъбата 'oyster'. При опит,30 дни след внасянето на гъбата повече от 95% от полицикличните ароматни хидрокарбонати ('PAH' polycyclic aromatic hidrocarbons) били редуцирани в не-токсични компоненти (вода и карбонов диоксид) .Това доказва, че естествените микросреда заедно с допълнително внесения мицел , унищожават замърсителите или ги превръщат в карбонов диоксид или във вода.

Гъбите,които могат да разлагат дървесината се използват за отстраняването на ароматни замърсители (токсичните компоненти на петрола), както и хлорираните замърсители.

Микофилтрирането е идентичен процес, при който се използва гъбен мицел за филтриране на токсичните отпадъци и вредните МО от водата в почвата.

ПРЕДИМСТВА

Предимствата на микоремедиацията са особено добре изразени в области, в които няма разкопки или мини, т.е. средата е по- близко за естественото си състояние. Този метод е особено ефикасен в райони замърсени с хидрокарбонатни отлагания (петрол), особено що се отнася до подпочвени води. Микоремедиацията, прилагана при тези замърсявания е бърз, ефективен и значително евтин начин за премахване или максимално ограничаване на влиянието на замърсителите върху околната среда.

МОНИТОРИНГ

Процесът на микоремедиацията може да бъде наблюдаван индиректно, посредством измерването на редукционния потенциал на оксидацията в почвата („redox in soil”) и подпочвените води, както рН, температурата, съдържанието на кислород, концентрацията на донори и акцептори на електрони, концентрацията на вредни отпадъчни продукти (напр. карбонов диоксид).

ФИТОРЕМЕДИАЦИЯ

Етимологията на думата фиторемедиация идва от гръцката дума ‘фито’, което означава растение и латинската дума ‘ремедиум’, което означава възстановяване.

Посредством способите на фиторемедиацията се премахват замърсявания в почвата, водата или въздуха посредством растения, които могат да извличат, разграждат или дори да елиминират метали, пестициди, разтворители, експлозиви, необработени масла и техните производни и редица други замърсители. Това е чист, ефикасен, не скъп и не упражняващ вреда на околната среда метод. Първите публикации, включващи пълни и обстойни изследвания се появяват едва през 2003 година.

ВАРИАНТИ В ОБЛАСТТА НА ПРОЦЕСИТЕ ОСЪЩЕСТВЕНИ ПОСРЕДСТВОМ ФИТОРЕМЕДИАЦИЯТА

Много процеси за третиране на замърсената околна среда се осъществява посредством различни за целите на почистване растения:

Фитоекстракция- процес при който се извличат и концентрират субстанции в биомасата на растението.

Фитостабилизация- осъществява се посредством обогатяване на почвата, следствие от метаболизма на растението.

Фитотрансформация- химическа модификация на субстанциите от околната среда, като резултат от метаболизма на растението, често предизвикани от деактивация, деградация и/или фитостабилизация.

Фитостимулация- предпазване на почвената микробиологична дейност, причинена от деградация, вследствие замърсители типично абсорбирани чрез кореновата система на растението. Този процес е известен и като 'Ризосферна деградация'.

Фитоизпарения- изтегляне на субстанции от почвата или водата чрез изпарения във въздуха на повече или по-малко замърсени субстанции, което също така може да бъде и в резултат на фитотрансформацията.

Ризофилтрация – филтриране на водата чрез кореновата система на растението за премахване на токсичните субстанции и нитрати. Този метод се основава на абсорбцията на замърсителите от кореновата система.

ФИТОЕКСТРАКЦИЯ

Фитоекстракция/ фитоаккумуляция- този метод използва растенията за да отстрани замърсявания на почвата или водата в плодоносната биомаса на растението. От 20 години насам фитоаккумуляцията добива все по-голяма популярност по света. Този процес се използва много повече за екстракция на тежки метали отколкото при органични замърсители. Замърсителите на почвата се абсорбират и концентрират в най-малките елементи на растението, т.е. в клетките. Растенията абсорбират замърсителите посредством кореновата система и ги складират в биомасата на корените и, или ги транспортират до надземните части на растението. Живото растение може да продължава да абсорбира замърсители до момента, в който продукцията узрее и узрелия плод се събере. В почвата остава по-малко количество замърсител. И така чрез няколко поредни засявания и събиране на реколтата се постига напълно прочистване на почвата.

Има два начина за осъществяване на фитоекстракцията:

-естествена хиперакумулация- самите растения по естествен начин поемат замърсителите от почвата.

-индуцирана хиперакумулация – добавят се вещества в почвата, които улесняват и увеличават способността на растението да усвоява замърсителите в почвата.

Хиперакумулятори са растения ,които поемат и толерират високи количества токсични метали.

Примери за растенията абсорбиращи тежки метали.

АРСЕН- Слънчоглед ([Helianthus annuus](#)), птерис (pteris ssp)- тропическо растение, от сем. Папратови

КАДМИЙ И ЦИНК- *Thlaspi caerulescens* (от рода на поповата лъжичка)

ОЛОВО- Сарептска горчица (*Brassica juncea*), Амброзия (*Ambrosia artemisiifolia*), Коноп (*Arcunum cannabinum*)
)
и някои видове топола.

УРАН- Слънчоглед

МЕРКУРИЙ, СЕЛЕН и органични замърсители- използват се трансгенетични растения, съдържащи гени за синтез на бактериални ензими.

ФИТОСТАБИЛИЗАЦИЯ

Фитостабилизацията предимно фокусира процесите си върху продължителен период на стабилизация.

Фитостабилизацията използва растения, които могат да намалят или предотвратят ерозия, предизвикана от вятъра, водата, а също така и растения, които акумуират замърсители и осигуряват чиста почва.

За разлика от фитоекстракцията, фитостабилизацията основно фокусира почвените замърсители около корените на растението, но не и в самото растение. По този начин замърсителите стават по-малко биоактивни. Така вредните влияния в околната среда и спрямо човека се редуцират.

ФИТОТРАНСФОРМАЦИЯ

В случаи на органични замърсители ,като пестициди ,индустриални химикали и други ксенобиотични субстанции, определени растения като тези от род ‚Gannas‘ могат да превръщат тези субстанции в нетоксични посредством техния метаболизъм. В други случаи микроорганизмите, живеещи съвместно с корените на растението могат да метаболизират тези субстанции от почвата или водата.

Изразът ‚*Green Liver Model*‘ се използва за да опише фитотрансформацията като растения, които имат сходно поведение с дишания човек, който коренспондира с тези ксенобиотични замърсители. След поемането на ксенобиотиците, ензимите на растението увеличават полярността на ксенобиотиците чрез добавяне на функционални групи ,например хидроксилни групи. Този процес е познат като, Първа фаза на метаболизма, което е много сходно с начина, по който човешкия бял дроб увеличава полярността на наркотичните вещества, които се явяват непознати/чужди/ замърсители. Ензимите в растението въздействат по същия начин, както и ензимите в белия дроб на човека.

Във втора фаза на метаболизма растителните биомолекули /гликозата и аминокиселините/ се добавят за да поляризират за по-нататъшно увеличение на полярността. Този процес също е много сходен с процесите протичащи в човешкия бял дроб.

Фаза 1 и фаза 2 служат за увеличаване на полярността и редуциране на токсините от различните замърсители.

Смисълът на увеличаването на полярността е да позволява по – лесното предвижване на ксенобиотиците през проводящата система.

Фаза 3- метаболизъм. Ксенобиотиците се полимеризират в лигнин и влизат в комплексната структура на растението. От една страна ксенобиотика е запазен в растението и не въздейства на функциите му, но пък от друга страна изследванията показват ,че такива растения могат да бъдат токсични за по- дребните животни /напр. охлювите/. Следователно, растенията включени в процесите на фитотрансформацията е необходимо да бъдат изолирани в заграждения. За разлика от растенията при човека във фаза 3, ксенобиотика може да се транспортира в жлъчката и евентуално да бъде изхвърлен. Растенията нямат отделителна система и следователно задържат модифицираните ксенобиотици. Растенията редуцират токсините и изолират ксенобиотика в тъканите си.

РОЛЯ НА ГЕНЕТИКАТА

Генното инженерство и програмите за създаване на нови видове сортове са мощни методи за подсилване на естествените фиторемедиативни способности за имплантиране на нови вещества в растенията. Гените могат да бъдат извлечени от микроорганизми или могат да бъдат трансферирани от едно растение към друго, за да може то да се адаптира по-добре към условията на околната среда и да осъществи почистването на почвата. Например генно извлечени нитрати от бактерия били вложени в тютюн и показали много бързо придвижване на TNT и показали бързо овладяване на токсичния ефект от TNT.

Абделак ел Армани и неговите колеги изучавали *механизъм за произхода на*

биоразличията . Те разработили няколко замърсителя посредством хербицида 'атразин'. Проучванията открили механизъм който спомагал растенията да продължават да растат, дори и в случаите когато концентрацията на замърсяване е смъртоносна за не третирани растения. Някои естествени , прости, биоразграждащи се елементи, като например екзогенни полиамини ('exogenous polyamines') „внесени” в растението му позволяват да толерира концентрация на замърсяване 500 пъти повече, отколкото нетретирани растения и да абсорбират повече замърсители. Този метод води до естествени промени посредством генното въздействие върху растенията, което спомага за облекчаване на стреса в растенията, следствие от взаимодействието им с околната среда.

ПРЕДИМСТВА И НЕДОСТАТЪЦИ НА ФИТОРЕМЕДИАЦИЯТА

ПРЕДИМСТВА:

-цената на фиторемедиацията е по-ниска от тази при естествените процеси в ,in situ' и в ,ex situ'

-растенията могат лесно да бъдат наблюдавани;

-създават се условия за повторно използване на металите;

-най-безвреден метод –използва естествени организми и предпазва околната среда

НЕДОСТАТЪЦИ:

-фиторемедиацията е лимитирана само на земната повърхност и в дълбочина само до там докъдето стигат корените на растението;

-не може да почисти в дълбочина и обезвреди подпочвените води;

-оцеляването на растението зависи от токсичността на замърсения участък и цялостното състояние на почвата;

-възможност замърсителя да премине в плододайната част на растението;

ХИПЕРАКОМУЛАТОРИ (Този раздел включва четири точки-протекция;възпрепятстване;паразити;мутации.)

Едно растение може да бъде хиперакумулятор ако е в състояние да концентрира замърсители в минимален %, който варира според концентрацията на замърсителя. Например 1000мг на 1кг сухо тегло за никел, мед, кобалт, хром. Или повече от 1000 мг на 1 кг за цинк и магнезий. Съществуват повече от 215 хиперакумулятора на метали, които са включени в т.нар. списък на хиперакумулятори на метали. Има 145 хиперакумулятора на никел; 26 на кобалт; 24 на мед; 14 на цинк ; 4 на олово; 2 на хром и др. Този капацитет на акумулация се дължи на хипертолерантността и фитотолерантността на растенията, което е резултат на адаптивната еволюция от страна на растенията към гостоприемността на околната среда в продължение на много генерации.

БИОРЕМЕДИАЦИЯТА У НАС

Биоремедиацията е сравнително ново направление, което ще добива все по- голяма популярност, с оглед на задълбочаващите се проблеми със замърсяването на околната среда. В България е установено замърсяване на част от почвите и питейните водоизточници, което е предпоставка за предприемане на действия към пречистване и превенция на замърсяването. Факт е споменаването на биоремедиацията като способ за борба със замърсяването от неполитически и природозащитни организации. Също така е факт и нуждата от добре подготвени кадри, които да бъдат в състояние да подсигурят адекватно приложение на биоремедиацията от една страна като държавна политика и от друга- на местно ниво, под формата на научно- обосновано практическо приложение в замърсените територии. В България, освен ефективно средство за пречистване на почвите и водите, прилагането на биоремедиацията ще подсигури нови

работни места, при прилагането ѝ, а в следствие и при екплоатацията на вече пречистените обработваеми площи.