



ترمیم آلودگی خاک توسط گیاه Phytoremediation

ندا مالکی - امور HSE شرکت ملی نفت ایران

چکیده

۱ - مقدمه

اصلاح زیستی به وسیله گیاه، استفاده از گیاهان و میکروارگانیسم‌های همراه آنها برای پاکسازی در جای خاک‌های آلوده، سازوکاری است با امکان (استعداد) پاکسازی موثر و ارزان برای طیف وسیعی از پسماندهای آلی و معدنی که دائماً در حال تکامل می‌باشند. در این مزایا، محدودیت‌ها و هزینه‌های اصلاح زیستی توسط گیاه در مقایسه با روش‌های گزینه‌ای شامل کاهش طبیعی، مهندسی و روش میکروبی اغلب مورد بحث قرار می‌گیرد.

شاخص‌های اولیه حاکی از آن است که اصلاح زیستی توسط گیاه در تجزیه و مهار کردن هیدروکربن‌های نفتی در خاک و انتقال این ترکیبات از خاک به اتمسفر موثر واقع شده است. مطالعات نشان می‌دهد که تجزیه هیدروکربورهای نفتی توسط میکروارگانیسم‌های موجود در زیرسفر گیاهان، اولین مرحله مکانیزم شکست این ترکیبات است. همچنین مشخص شده که اصلاح زیستی هیدروکربورهای نفتی توسط گیاه سریع‌تر از سایر روش‌ها ولی گرانتر از روش کاهش طبیعی است.

هیدروکربن‌ها به طور طبیعی مواد شیمیایی هستند که به عنوان سوخت در وسایل نقلیه و گرمایش منازل مصرف می‌شوند. گاز طبیعی، نفت خام، قیر و آسفالت از انواع هیدروکربن‌های نفتی هستند که از نسبت‌های مختلف از آلکان‌ها (مثل متان، اتان، پروپان)، ترکیبات آروماتیک (مثل بنزن و زایلن که در مجموع تحت عنوان BTEX می‌شناسیم) و هیدروکربن‌های آروماتیک پلی‌سیکلیک (مثل نفتالین، فناترن، آنتراسن، بنزوپیرن) تشکیل شده‌اند.

در طول دهه گذشته، صنعتی شدن، در نتیجه تکیه فرایندها بر مواد شیمیایی بوده است. این مسئله ابتدا، منجر به آلوده شدن تعداد زیادی از مناطق با محصولات نفتی و محصولات جانبی نفتی بوده است. مضافاً بر این که تخمین زده می‌شود که تنها در منطقه Saskatchewan در کانادا چند صد منطقه آلوده شده با هیدروکربن‌های نفتی وجود دارد. امروزه با گسترش مقررات دولتی دانش زیست محیطی، تلاش به منظور پاکسازی این مناطق از دو لحاظ تعهد نظارت بر منابع طبیعی محدود شده و

از لحاظ تجری الزامی است. امروزه مدیران زیست محیطی قادر به انتخاب راه‌های متعددی به منظور پاکسازی خاک و آب زیرزمینی آلوده شده با ترکیبات نفتی هستند. این راه‌ها از تکنیک‌های مهندسی دقیق تا روش‌های طبیعی ساده را شامل می‌شوند، که «تکیه کامل بر روش طبیعی به منظور درمان مناطق بدون مداخله انسان» در اولویت قرار گرفته است.

اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) استفاده در جا از گیاهان و میکروارگانیسم‌های همراهشان به منظور تجزیه، جذب یا انتقال مواد آلاینده بی‌ضرر در خاک یا آب زیرزمینی است. در اصل اصلاح زیستی به وسیله گیاه (phyto) ابتکار و خلاقیت بشر را به منظور افزایش تضعیف طبیعی جایگاه‌های آلوده شده به کار می‌گیرد و در حد واسط میان روش مهندسی و تضعیف طبیعی به شمار می‌رود زیرا اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) به روابط طبیعی و کمی درون گیاهان، میکروارگانیسم‌ها و محیط زیست بستگی دارد که ممکن است به منظور



مرتبط با اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) همراه شده است. این اطلاعات به منظور تعیین نقش گیاهان و میکروب‌ها در اصلاح زیستی هیدروکربن‌های نفتی به وسیله گیاه (Phyto)، جمع‌آوری و خلاصه شده است. گیاهان، علف‌ها و بوته‌ها به اندازه درختان برگ‌ریز و مخروط‌دار از عمده گیاهان در نظر گرفته شده هستند. باکتری، پروتوزا و قارچ هم از میکروارگانیسم‌های در نظر گرفته شده به شمار می‌روند.

این مقاله همچنین مروری بر ارگانیسم‌ها در اکوسیستم‌های خشکی و تالاب‌هایی که در آب زیرزمینی شناور هستند، دارد.

یافته‌ها

۱-۳ اصلاح زیستی هیدروکربن‌های نفتی به وسیله گیاه (Phytoremediation)

را کاهش داده و atrazin علف‌کش را در خاک‌های آلوده شده تجزیه می‌کنند. مخلوطی از ترکیبات گیاهان علوفه‌ای آمیخته شده با باکتری، اسیدهای کلرینه شده خاص بنزوئیک را به خوبی تجزیه می‌کنند. اسیدهای کلرینه شده از تجزیه بی‌فینل‌های پلی‌کلرینه و علف‌کش‌های به وجود می‌آیند. گیاهان متفاوت، با یکدیگر به همراه میکروارگانیسم‌هایشان، در افزایش جریان زدودن هیدروکربن‌های نفتی از خاک آلوده موثر هستند.

موضوع این گزارش، ارزیابی میزان اثرگذاری اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) به عنوان ابزار پاکسازی خاک‌ها و آب‌های آلوده شده با هیدروکربن‌های نفتی (مخصوصاً آنهایی که همراه با نشت بسیار در منطقه، شکستگی خطوط لوله و گودال‌های سوزان هستند) است. متون مرتبط با گزینه‌های

ایجاد یک ارتباط متقابل گیاهی میکروبی متناسب به کاررود و پاسخ تکنیک‌های کشاورزی به منظور افزایش تجزیه طبیعی یا مراحل محدود شده به تکنیک‌ها یا کاوش‌های مداخله بشر مورد نیاز باشد.

اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) به طور موثر به منظور درمان آلاینده‌های آلی و غیر آلی در خاک و آب زیرزمینی مورد استفاده قرار گرفته است. گیاهان متعددی مانند Canola، جودوسر، و جو قدرت تحمل و تجمع فلزاتی چون سلنیوم، مس، کادمیم و روی را دارند. گیاه Switchgrass قابلیت جمع‌آوری رادیونوکلئیدهای سدیم ۱۳۷ و استرانسیوم ۹۰ و همچنین ترکیبات موجود در باران رادیواکتیو هسته‌ای ناشی از آزمایش سلاح‌های اتمی و تصادفات راکتور را دارد. درختان سپیدار هیبریدی کمترین غلظت نیترات آب زیرزمینی

هیدروکربن‌های نفتی می‌توانند توسط گیاهان تجزیه یا جمع‌آوری شوند

تبخیر و تعرق گیاهان، هیدروکربن‌های فرار را از خاک به هوا منتقل می‌کنند

ریشه‌های گیاهان ممکن است هیدروکربن‌های نفتی را روی سطحشان جذب کنند

ریشه گیاه یک گروه میکروبی را برای تجزیه هیدروکربن‌های نفتی، آماده می‌کنند.

هیدروکربن‌های نفتی می‌توانند در ریشه وجود داشته باشند و با بالا رفتن جریان آب به اندام‌های بالایی گیاه بروند

تعداد میکروارگانیسم‌های اصلاح زیستی به وسیله گیاه، محدوده‌گرفتن انتقال هیدروکربن‌های نفتی در خاک توسط فکری عمل گیاهان و میکروارگانیسم‌ها

گیاهان گوناگونی از نظر قدرت بالقوه در عمل (Phytoremediation) مناطق آلوده شده با هیدروکربن های نفتی شناسایی شده اند. در اغلب مطالعات، جگن ها و لگوم ها به جهت قدرت بالقوه برگزیده شده اند. تصور می رفت جگن های Parairie ابزار بهتری برای اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) فراهم کنند زیرا آنها سیستم ریشه ای فیبری وسیعی دارند. سیستم ریشه جگن بیشترین ناحیه سطحی ریشه را نسبت به هر نوع گیاه دیگر دارد و ممکن است در خاک تا عمق بیش از ۳ متر نفوذ کند. آنها اغلب یک تنوع ژنتیکی ذاتی را نشان می دهند که ممکن است به آنها یک ویژگی رقابتی را در پایدار ماندن تحت شرایط نامساعد خاک بدهد. تصور می رفت لگوم های یک ویژگی مثبت نسبت به گیاهان غیر لگومینوزی در اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) از نظر توانایی شان در تثبیت نیتروژن داشته باشند. به طور مثال لگوم ها مجبور به رقابت با میکروارگانیزم ها و سایر گیاهان برای منابع محدود نیتروژن در دسترس خاک در مناطق آلوده شده نفتی نیستند.

۲-۳ مکانیزم های اصلاح زیستی هیدروکربن های نفتی به وسیله گیاه
سه مکانیزم اولیه توسط گیاهان و میکروارگانیزم ها برای خاک و آب زیرزمینی آلوده شده به ترکیبات نفتی وجود دارد. این مکانیزم ها شامل تجزیه، محدود نگه داشتن و انتقال هیدروکربن ها به اتمسفر می باشند.

۱-۲-۳ تجزیه کردن

گیاهان و میکروارگانیزم هایی که در این مسئله درگیر هستند هم به صورت مستقیم و هم به صورت غیرمستقیم

در تجزیه هیدروکربن های نفتی به ترکیباتی چون الکل ها، اسیدها، دی اکسید کربن و آب نقش دارند که عموماً نسبت به ترکیبات مادر سمیت کمتری داشته و ماندگاری کمتری در محیط زیست دارند. تصور بر این است که گیاهان و میکروارگانیزم ها می توانند متاثر از یکدیگر هیدروکربن های نفتی را تجزیه کنند. بررسی ها نشان می دهند که عکس العمل متقابل بین گیاهان و میکروارگانیزم ها وجود دارد که مکانیزم اولیه عامل تجزیه پتروشیمیایی در آزمایشات اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) هستند.

۲-۲-۳ محدود نگه داشتن

محدود نگه داشتن شامل استفاده کردن از گیاهان برای کاهش یا حذف دسترسی زیستی آلاینده ها به سایر بیوتا است. آلاینده ها الزاماً در زمانی که محدود نگه داشته می شوند تجزیه نمی گردند. مکانیزم های مستقیم محدود کردن توسط گیاهان شامل جمع آوری هیدروکربن های نفتی توسط گیاهان و جذب آلاینده ها به وسیله سطح ریشه است. مکانیزم مستقیم دیگر استفاده از گیاهان به عنوان پمپ های آلی به منظور ایزوله کردن آلاینده در ناحیه ریشه است که از انتشار و پراکندگی آلاینده جلوگیری می کند. گیاهان به طور غیرمستقیم برای محدود کردن آلاینده ها، آنزیم هایی را تولید می کنند که آلاینده ها را به ماده آلی خاک (هوموس) می چسبانند. این عمل در مرحله ای که تولید خاک نامیده می شود با افزایش محتویات ماده آلی خاک که اجازه تولید خاک رامی دهند، صورت می گیرد. به طور مثال، مطالعات اولیه توسط Walton نشان می دهند که C۱۴ ممکن است از

فلئورانتن رادیویی شده، فنانترن و نفتالین ترکیب شده با شیدر شیرین و میکروارگانیزم های همراه آن با اسیدهای Fulvic و humic پیدا شده در ریزوسفر به وجود آمده باشد.

۳-۲-۳ انتقال هیدروکربن های

نفتی به اتمسفر

ممکن است خاک با استفاده از گیاهان برای انتقال هیدروکربن های نفتی فرار از خاک به اتمسفر سبب اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto)، این مرحله تحت عنوان Phytovolatilization شناخته می شود. Wiltse مشاهده کرد که سوختگی برگ گیاهان alfalfa در خاک آلوده شده به نفت خام بیشتر است. به نظر کارشناسان یک ترکیب ناشناخته از خاک آلوده به درون گیاه انتقال یافته و سپس به آن نفوذ می کند. سوختن برگ به تدریج به عنوان یک پیشرفت آزمایشی بروز می کند که نشان می دهد که آلاینده های موجود در این فعل و انفعال از هم پاشیده شدند. Watkins متوجه شد که تبخیر نفتالین در خاک لومی شنی پوشیده شده با گیاه rhodesgrass به تدریج پخش شده و از ریشه های گیاه بالا رفته، به درون گیاه انتقال می یابد و در طول ساقه ها و برگ ها نفوذ می کند. محققان خاطرنشان کردند که این مکانیزم جریان، مقدار نفتالین قابل دسترس در خاک را کاهش داده اما ممکن است در آلودگی ثانویه اتمسفر تاثیر داشته و نتیجتاً تطابق اصولی با خط مشی های کیفیت هوا نداشته باشد.

۳-۳ تاثیر عوامل زیست محیطی در

اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) عوامل زیست محیطی تنوعی بر اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) اثر می گذارند که مکانیزم های اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) را



و Solar driven است که تداخل زیست محیطی را محدود کرده و هزینه‌ها را کاهش می‌دهد. مضافاً این که این روش، خصوصاً به منظور تصفیه نواحی وسیع آلوده در زمانی که سایر روش‌ها ممکن است با صرف هزینه، اثرگذار نباشد، خوب و مناسب است.

۳-۱-۶-۲ منافع غیرمستقیم اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Pyto)

فواید غیرمستقیم اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) بهبود کیفیت خاک به وسیله بهبود ساختار خاک،



۳-۵ موارد لازم جهت اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) تنه‌ها به معنای اصلاح و مرمت منطقه آلوده شده با هیدروکربن‌های نفتی نیست. تضعیف طبیعی، تکنیک‌های مهندسی و Bioremediation سه‌گزینه مهم در اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Pyto) هستند.

۳-۶ مقایسه اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) با گزینه‌های دیگر

مقایسه‌ای از پارامترهای مختلف اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) تضعیف طبیعی، تکنیک‌های مهندسی و Bioremediation به عمل آمده است. پارامترهای خلاصه شده چه روش در جای

خود یا ex situ باشد، شامل یک توضیح کلی از روش، هرچند با مداخله بشر، منافع مستقیم و غیر مستقیم روش، به همان اندازه محدودیت‌ها و هزینه‌ها همراه با هر روش به تفصیل آمده است.

۳-۱-۶-۳ مزایای اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto)

۳-۱-۶-۳ منافع مستقیم اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) یک تکنیک در جای خود

تغییر می‌دهند. نوع خاک و محتویات ماده آلی می‌توانند دسترسی زیستی آلاینده‌های نفتی را محدود کنند. محتویات آب در خاک و تالاب‌ها بر رشد گیاه/میکروبی و دسترسی اکسیژن مورد نیاز برای تنفس هوازی تأثیر می‌گذارد. دما بر روی نسبت‌هایی که در فرایندهای مختلف جابجایی می‌شوند اثر می‌گذارد. قابلیت دسترسی به مواد غذایی می‌تواند نسبت و وسعت تجزیه در خاک آلوده شده به نفت را افزایش دهد. بالاخره، نور خورشید می‌تواند ترکیبات مادر را به سایر ترکیبات تبدیل کند، که ممکن است سمیت و قابلیت دسترسی زیستی متفاوت نسبت به ترکیبات اصلی داشته باشد. این عوامل زیست محیطی مختلف می‌توانند باعث هوازدگی - از دست دادن بخش عمده ترکیب آلاینده - و در نتیجه باقی ماندن ترکیبات با پایداری بیشتر در خاک شود.

۳-۴ ملاحظات خاص همراه با اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) ملاحظات خاص همراه با اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) هیدروکربن‌های نفتی شامل ایجاد گیاه‌جوامع میکروبی مناسب در منطقه آلوده شده است. اثرات غلظت‌های مختلف هیدروکربن بر گیاهان و میکروب‌ها، تبدیل زیستی و جمع‌آوری زیستی آلاینده‌ها همراه با هم با دفع زیست جرم آلوده شده، دلایل مخلوط‌های ترکیبات آلی و غیر آلی در مناطق آلوده شده و روش‌های بالابردن اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) هستند.

افزایش تخلخل/تراکم و بنابراین نفوذ آب، تامین مواد غذایی (لگوم‌های تثبیت نیتروژن)، سرعت بخشیدن به چرخه مواد غذایی، و افزایش کربن آلی خاک می‌باشد. استفاده از گیاهان در درمان اصلاح زیستی، تلاشی به منظور پایداری خاک، و جلوگیری از فرسایش و تماس و دسترسی مستقیم بشر است. (جلوگیری از مصرف خاک آلوده شده توسط بچه‌ها و استنشاق ذرات خاک حمل شده در باد). اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) اغلب اوقات به حذف پسماندهای



باشد گیاهان رشد نخواهند کرد. بنابراین، اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) آلاینده هدف، هیچ پیشرفتی نخواهد کرد مگر این که خاک از قبل به منظور کاهش سمیت گیاهی، درمان شده باشد یا این که گونه های مقاوم گیاهی انتخاب شوند. اگرچه هیدروکربن های نفتی ممکن است در بافت گیاه زیاد جمع نشوند، پتانسیل بزرگ نمایی زیستی در زنجیره غذایی هنوز ممکن است موجود باشد. اگر ارگانیزم های مصرف کننده در سطوح غذایی بالاتر، نمی توانند تجزیه زیستی شوند، دفع مسمومیت شود یا آلاینده هایی که از خوردن گیاهان به دست می آیند حذف شوند. همچنین، تجزیه زیستی آلاینده هدف ممکن است منجر به شکل گیری سمیت متوسط شود، همانند آنهایی که در طول تغییر شکل زیستی اولیه هیدروکربن های نفتی توسط قارچ به وجود آمده اند.

تاثیر اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) اغلب به طبیعت شیمیایی خود آن آلاینده ها بستگی دارد. به طور مثال یک پتانسیل برای آلاینده های قابل حل در آب وجود دارد که برای شستشوی قبل از اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) می تواند منطقه را اصلاح و مرمت کند. به طور مشابه، تبخیر هیدروکربن های نفتی فرار به هوا به طور مستقیم از خاک یا از درون گیاه به سادگی انتقال آلاینده از یک واسطه زیست محیطی به دیگری است. در نتیجه، ممکن است مسایل کیفیت هوا در نتیجه این انتقال وجود داشته باشد.

بحث و نتیجه گیری

۴-۱ چه وقت اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) موثر است؟

گیاهان همچون درختان ممکن است سیستم های ریشه ای داشته باشند که می توانند به عمق ۶۰ متری نفوذ کنند، اغلب گیاهان در سایر نواحی نزدیک این عمق ریشه ها را ایجاد نمی کنند و تراکم ریشه معمولاً با عمق زیاد می شود. نتیجتاً، با افزایش عمق حدود یک یا دو متر، به نسبت آلاینده های ساکن - آنهایی که نمی توانند در ریشه های گیاهان در طول بالآمدن آب حرکت کنند - به طور غیرمنتظره توسط اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) تحت تاثیر قرار می گیرند.

اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) از روش های ex situ آهسته تر و کندتر است. عمدتاً دوره های متعددی به منظور درمان مناطق فراهم می کند. زمان فراهم شده جهت دستیابی به استانداردهای درمان استفاده از اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) ممکن است خصوصاً برای آلاینده های آب گریز که به طور محکم در مجاورت با ذرات خاک هستند طولانی باشد. به این علت که این عمل کند است، در جایی که آلاینده هدف به عنوان یک خطر فوری و جدی برای سلامت انسان و یا محیط زیست محسوب می شود، اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) راه حل مناسبی نیست. اگر آلاینده ها مجاور ذرات خاک یا ماده آلی محکم باشند، ممکن است برای تجزیه در دسترس گیاهان یا میکروب ها قرار نگیرند.

شرایط زیست محیطی همچون بافت خاک، PH، شوری، قابلیت دسترسی اکسیژن، دما و سطح بدون آلودگی هیدروکربنی همیشه باید مناسب تحمل توسط گیاهان باشد. مضافاً، اگر غلظت های آلاینده هدف بسیار زیاد

ثانویه حمل شده توسط هوا یا آب کمک می کند. به طور مثال، برخی گیاهان PAHs را از اتمسفر جمع آوری می کنند. همچنین، اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) ممکن است یک حفره یا گودال برای گاز گلخانه ای دی اکسید کربن به کار گرفته شوند. درختان به کار رفته شده در اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) ممکن است سطوح مختلف صدمات در مناطق صنعتی کاهش دهند. همچنین، اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) به نوبه خود سروصدای کمتری از سایر گزینه های احیای اراضی دارد.

فایده غیرمستقیم دیگر، رشد گیاهان بسیار بادوام و مقاوم در یک خاک آلوده شده است که می تواند مجوزی جهت رشد سایر گیاهان باشد که گیاهان پر طاقت، کمتر رشد کنند. یک آزمایش خلاصه تهیه شده توسط Cunningham نشان داده که یک گونه گیاهی بردبار در خاک رسی آلوده شده با بیش از ۳۰٪ مجموع هیدروکربن های نفتی پیشرفت خوبی داشته و موفق بوده است. خاک مشابه اولاً شدیداً آبرای مجموعه متنوعی از گیاهان زراعی آزمایش شده سمی بود. هرچند، پس از گذشت یک دوره یک ساله زمانی که در خاک تنها V.Zizanioides کشت شده بود، گونه های زراعی متعددی می توانستند با هم با V.Zizanioides رشد کنند - هرچند هیچ تغییر قابل ملاحظه ای در کمیت آلاینده ها وجود نداشت -.

۳-۱-۶-۳ محدودیت های اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto)

آلودگی هیدروکربن نفتی می بایست در اعماق کم آب وجود داشته باشد تا اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) موثر واقع شود. تصور می رفت برخی



۳- می‌توانند به عنوان دهنده اولیه الکترون برای گستره وسیعی از باکتری‌های پخش شده در طبیعت مدنظر قرار گیرند.

تصور می‌رود ترکیبات بزرگ و چربی دوست همانند PAH چهار و پنج حلقه‌ای برای درمان غیرممکن باشند. این ترکیبات به علت محدودیت دسترسی زیستی آنها در نتیجه جذبشان به ماده آلی خاک و رس در عبور از میان غشاهای سلولی گیاهان و میکروب‌ها مشکل‌زا هستند. با این وجود همکاری‌شان در متابولیسم



و تبدیل خاک به اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) پیشرفته می‌باشد. مطالعات متمرکز در ارتباط با هیدروکربن‌های نفتی محدود شده و انتقال داده شده بانقش‌های مستقیمی که توسط گیاهان بازی می‌شود می‌باشد. گیاهان از انتشار هیدروکربن‌های نفتی در خاک و آب زیرزمینی و نیز از بالا ننگه داشتن سطح این آلاینده‌ها جلوگیری و آنها را بر روی ریشه‌هایشان جذب می‌کند، یا آنها را به وسیله بالا ننگه داشتن سطح آب، نزدیک ریشه نگه می‌دارند.

گیاهان غالباً قادر هستند هیدروکربن‌های نفتی فرار در خاک را به وسیله نفوذ به اتمسفر انتقال دهند.

تصور می‌رود این مکانیزم، آلاینده‌ها را از خاک جابجا می‌کند و این مکانیزم به سهولت این آلاینده‌ها را به

اتمسفر حرکت می‌دهد، که می‌تواند به عنوان گزینه منبع تماس در نظر گرفته شود. بنابراین ممکن است هنوز مخاطرات سلامتی آلاینده به وجود بیاید. تحقیقات نشان می‌دهند که مطمئناً اصلاح زیستی هیدروکربن‌ها به وسیله گیاه آسان‌تر از سایر روش‌ها می‌باشد. در مجموع ترکیبات BTEX نسبتاً به منظور درمان مناسب هستند زیرا آنها ۱- به سرعت در حضور اکسیژن تجزیه شده، ۲- نسبتاً قابل حل و قابل دسترسی زیستی هستند و

تحقیق در اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) نشان می‌دهد که این روش بالقوه به منظور آرایه یک روش موثر برای پاکسازی هیدروکربن‌های نفتی از خاک‌های آلوده شده است. آزمایشات موفق شامل تنوعی از گیاهان می‌باشد، اما عمده تحقیقات بر روی گیاه و گونه‌های لگوم متمرکز شده است. در حقیقت، تعدادی از لگوم‌ها به منظور رشد طبیعی در مناطق آلوده شده نفتی یافت شده‌اند. گیاهان و میکروارگانیسم‌ها می‌توانند در هر دو نوع تاثیر مستقیم و غیرمستقیم در درمان خاک‌های آلوده شده و مواد نفتی و آب زیرزمینی از طریق سه مکانیزم عمده دخالت داشته باشند: ۱- تجزیه ۲- محدود ننگه داشتن و ۳- انتقال آلاینده از خاک به اتمسفر.

گیاهان و میکروارگانیسم‌ها هر دو عمل تجزیه را انجام می‌دهند چه به طور غیروابسته یا از طریق عکس العمل‌ها و واکنش‌های اتصالیه همچون تاثیر ریزوسفر. مضافاً، اطلاعات یافت شده منابع تحقیقات نشان می‌دهد که مکانیزم اولیه از دست دادن هیدروکربن‌های نفتی، تجزیه این ترکیبات توسط میکروارگانیسم‌ها در ریزوسفر گیاهان است. اطلاعات محدودی نشان می‌دهند که گیاهان غالباً ممکن است هیدروکربن‌های نفتی را مستقیماً تجزیه کنند. هر چند، اطلاعات بیشتری در ارتباط با نقش‌های غیرمستقیمی که گیاهان در تجزیه بازی می‌کنند قابل دسترسی است. این نقش‌ها شامل تامین ماده مترشحه ریشه (به طور مثال قندها، الکل‌ها و اسیدها برای استفاده میکروبی، رهاساختن آنزیم‌های ریشه که آلاینده‌ها را در خاک تجزیه می‌کنند

توسط میکروارگانیسم‌ها برای نتیجه گرفتن در تجزیه برخی PAH های بزرگ مثل بنزوپیرن نشان داده شده است. در مجموع، مراحل هوازدگی، شامل تبخیر، تبخیر ترقق، اصلاح گیاهی، هیدرولیز شستشو و تغییر شکل زیستی، به طور انتخابی، غلظت آلاینده‌های به سهولت قابل تجزیه را کاهش داده و ترکیبات با سرسختی بیشتر ثانویه را رها می‌کنند. تاثیر اصلاح زیستی به وسیله گیاه (Phyto) به طور خاص در منطقه‌ای است که می‌توند کاملاً تحت تاثیر



مدیر می‌بایست غربالی از گیاهان و میکروارگانیزم‌های مناسب و تشخیص گونه‌های بومی که می‌توانستند در مراحل اصلاح زیستی به‌وسیله گیاه (Phyto) مورد استفاده قرار گیرند داشته‌باشد. غربال اولیه نشان داد که گونه‌های گیاهی بومی بسیاری وجود دارند و به اکوزون‌های prairie و Boreal plains معروف شدند که احتمالاً به‌منظور آزمایشات اصلاح زیستی به‌وسیله گیاه (Phyto) در این مناطق مورد استفاده واقع شده‌اند و ارزیابی این گیاهان در شرایط زمین مفید خواهد بود.

نهایتاً، این مساله مهم است که به‌خاطر داشته‌باشیم که راه‌های درمان متفاوتی ممکن است به‌منظور انجام تمامی اهداف احیا محل آلوده‌شده، مورد نیاز باشد. نوع عملکرد یا عملکردهای انتخابی غالباً منحصر به محل بوده و به سرعت احیا مورد دلخواه و همچنین به هزینه اختصاص یافته برای آزمایشات احیا اراضی بستگی دارد. ■



منابع:

- 1- R.E.Farrell, C.M.Frick-Germida, J.J-Assessment of Phytoremediation as an In-Situ Technique for Cleaning Oil-Contaminated Sites
- 2- <http://www.rtdf.org/public/phyto>
- 3- <http://www.frtr.gov/matrix2>
- 4- <http://www.clu.in.org>

تحقیقات کارآمد متعدد مختلفی در متونی که فاقد ارزش هستند نشان داده‌اند که، اولاً مطالعات بسیار کمی بر روی اصلاح زیستی به‌وسیله گیاه (Phyto) هیدروکربن‌های نفتی در کانادا صورت گرفته است. اقلیم سرد و فصل رشد کوتاه جهت هدایت زیستی اصلاح زیستی به‌وسیله گیاه (Phyto) روی گیاهان سازوکار شده با اقلیم کانادا بسیار با اهمیت است. یک مطالعه عملی شامل استفاده از تالاب‌های ایجاد شده به‌منظور تصفیه هیدروکربن‌ها در فاز محلول در Rocky Mountain Hause می‌باشد. روش دیگر، مطالعه پایه برای استفاده از jact pine برای اصلاح زیستی به‌وسیله گیاه (Phyto) خاک‌های آلوده شده به سوخت دیزلی در Saskatchewan شمالی است.

۲-۴ نتیجه‌گیری

در پایان، اصلاح زیستی به‌وسیله گیاه (Phyto) به‌عنوان یک تکنیک مورد استفاده در احیا مناطق آلوده شده نفتی است. زمانی که اصلاح زیستی به‌وسیله گیاه (Phyto) به‌عنوان یک استراتژی احیاکننده باشد، مدیران زیست محیطی باید اقلیم و نوع خاک را- در منطقه‌ای که اصلاح این موارد بر میزان تاثیر اصلاح زیستی به‌وسیله گیاه (Phyto) و انواع گیاهان مورد استفاده اثر می‌گذارد- در نظر داشته‌باشند. اغلب مدیران باید انواع هیدروکربن‌های نفتی محل را- در مجموع بدون هیچ‌یک از فلزات، نمک‌ها و یا آفت‌کش‌ها به‌همراه آلاینده‌های هدفشان- بشناسند. با دانستن خصوصیات منطقه تحت بررسی و آلاینده، یک

شرایط زیست محیطی همچنین غلظت‌ها و انواع هیدروکربن‌های نفتی پیدا شده روی منطقه قرار بگیرد اصلاح زیستی به‌وسیله گیاه (Phyto) توسط مقادیر کافی از مواد غذایی، آب و اکسیژن تجهیز شده و در ماه‌های بالاتر افزایش داشته است. اصلاح زیستی به‌وسیله گیاه (Phyto) ممکن است در خاک‌های با ماده آلی فراوان با ترکیبات رسی خاک، محدود شود که تمایل به کاهش قابلیت دسترسی زیستی هیدروکربن‌ها نفتی، خصوصاً PAH های بزرگ و چربی دوت را دارد. اگر غلظت‌های آلاینده عامل سمیت در نتیجه قابلیت دسترسی زیستی بسیار کاهش یافته باشد، اصلاح زیستی به‌وسیله گیاه (Phyto) غالباً ممکن است متوقف شود.

سه‌گزینه اصلی برای اصلاح زیستی به‌وسیله گیاه (Phyto) تضعیف طبیعی، تکنیک مهندسی و Bioremediation می‌باشد. اطلاعات محدودی نشان می‌دهند که به‌طور آشکار اصلاح زیستی به‌وسیله گیاه (Phyto) از bio ارزان‌تر بوده و توانسته از تکنیک‌های مهندسی پرهزینه معرفی شده، ارزان‌تر باشد. اصلاح زیستی به‌وسیله گیاه (Phyto) از روش تضعیف طبیعی سریع‌تر اما نوعاً از روش‌های مهندسی و Bioremediation کندتر است. اصلاح زیستی به‌وسیله گیاه (Phyto) اغلب با بالاترین غلظت ریشه است. اصلاح زیستی به‌وسیله گیاه (Phyto) یک تکنیک در جای خود است، این تکنیک در هم‌گسیختگی کمتری در منطقه نسبت به روش مهندسی گیاه ex situ و bio دارد، که شامل تلاش‌ها و کوشش‌های حفاری و کاوش‌ها است.