

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی

زیست‌پالایی گیاهی رویکردی نوین در پالایش خاک‌های آلوده به مشتقات نفتی

الهام درینی^۱، مهرانگیز جوکار^۲

چکیده:

افزایش سریع استفاده از منابع فسیلی و به تبع آن رسوخ آلودگی‌ها از کشتی‌های حامل نفت، لوله‌های انتقال نفت و یا پساب‌های صنعتی پالایشگاه‌ها و صنایع شیمیایی آلاینده‌ی محیط‌زیست، منابع آب و خاک را با تهدید جدی مواجه کرده است. با توجه به اثرات مخرب آلاینده‌های نفتی بر سلامت انسان و محیط‌زیست، اتخاذ روش‌هایی جهت مدیریت مکان‌های آلوده و پاک‌سازی این مکان‌ها از ترکیبات خطرناک ضروری به نظر می‌رسد. اخیراً توجه ویژه‌ای به استفاده از روش‌های بیولوژیک مانند زیست‌پالایی و گیاه‌پالایی در پاک‌سازی خاک‌های آلوده شده است. ترکیبی از دو روش فوق می‌تواند به‌عنوان روشی کامل‌تر در حذف آلاینده‌های نفتی استفاده شود. زیست‌پالایی گیاهی به‌عنوان یک فناوری جدید مؤثر و سازگار با محیط‌زیست قادر به حذف آلودگی از مکان‌های آلوده است. در این روش از توانایی گیاهان و میکرواورگانیزم‌ها برای حذف آلاینده‌ها استفاده می‌شود. نتایج پژوهش‌ها حاکی از موفقیت بالاتر این روش در مقایسه با روش زیست‌پالایی یا گیاه‌پالایی به تنهایی است. مطالعات نشان می‌دهد که جوامع میکروبی تجزیه‌کننده آلاینده‌ها در خاک‌های گیاه کاری شده در مقایسه با خاک‌های فاقد گیاه، بزرگ‌تر و فعال‌تر می‌باشند. بنابراین برای موفقیت در این روش باید بعد از انتخاب گونه‌ی گیاهی مقاوم به مواد آلاینده و همچنین انتخاب میکرواورگانیزم‌های متناسب با آن، به ایجاد شرایط مساعد برای رشد گیاه و میکرواورگانیزم توجه کرد. در این پژوهش به راهکارهای مدیریت خاک‌های آلوده به مشتقات نفتی می‌پردازیم.

واژگان کلیدی: آلاینده‌های نفتی، زیست‌پالایی گیاهی، میکرواورگانیزم‌ها

۱- مقدمه:

افزایش سریع مصرف منابع فسیلی به ویژه نفت و به تبع آن رسوخ آلودگی‌ها از کشتی‌های حامل نفت، لوله‌های انتقال نفت و یا پساب‌های صنعتی پالایشگاه‌ها و صنایع شیمیایی آلاینده‌ی محیط‌زیست، منابع آب و خاک را با

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آگروکولوژی دانشگاه جیرفت Darini.ev@gmail.com

۲- استادیار دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه جیرفت jokar2006@gmail.com

تهدید جدی مواجه کرده است. آلودگی خاک به هیدروکربن‌های نفتی به شکل وسیع در اطراف تاسیسات اکتشاف و پالایش و به شکل موضعی در مسیرهای انتقال این مواد مشاهده شده است. آلودگی خاک به هیدروکربن‌های نفتی مختص نقطه یا نقاط آلوده شده نمی‌باشد بلکه هیدروکربن‌های نفتی می‌توانند در خاک حرکت کرده و خود را به آب‌های زیرزمینی برسانند که این مشکلات در سال‌های اخیر به وضوح در کشور قابل ملاحظه است (نظیر مناطق اطراف پالایشگاه تهران) (۲). به طور کلی تجمع این آلاینده‌ها در خاک می‌تواند اثرات مخربی بر محیط زیست و سلامت انسان داشته باشد. این آلاینده‌ها از خاک وارد زنجیره‌های غذایی شده و سلامت انسان و سایر موجودات زنده را به خطر می‌اندازد. در کشور نفت‌خیزی مانند ایران کم‌توجهی به پیامدهای مخرب زیست‌محیطی ناشی از استحصال و پالایش نفت می‌تواند باعث آلودگی بخش‌هایی عظیمی از منابع آب و خاک به ویژه در جنوب کشور به هیدروکربن‌های نفتی شود. لذا اتخاذ یک استراتژی صحیح جهت از بین بردن این مشکل و دستیابی به توسعه‌ی پایدار در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد. بدون شک این استراتژی باید مبتنی بر شناخت دقیق امکانات و شرایط موجود بوده و تا حد امکان کم‌ترین ریسک را در به هم زدن تعادل محیط زیست داشته باشد (۴). امروزه روش‌های متداول زیادی برای تصفیه و پاک‌سازی محیط‌های آبی و خاکی آلوده به ترکیبات سمی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این وجود آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا، مناسب‌ترین و اقتصادی‌ترین روش برای پاک‌سازی خاک‌های آلوده را روش تصفیه‌ی درجا معرفی کرده است (۶). استفاده از روش‌های بیولوژیک مثل زیست‌پالایی و گیاه‌پالایی به عنوان گزینه‌هایی که از لحاظ اقتصادی نیز نیز مقبول هستند، مورد توجه قرار گرفته است و به عنوان رویکردی جدید در پاک‌سازی خاک‌ها و آب‌های آلوده مطرح شده است. زیست‌پالایی یکی از راهکارهای مناسب و عملی برای پاک‌سازی هیدروکربن‌های نفتی از محیط محسوب می‌شود که در آن از پتانسیل موجودات زنده در حذف یا کاهش آلاینده‌ها استفاده می‌شود. علاوه بر این کاربرد گیاه‌پالایی که فن استفاده از گیاهان مقاوم برای پالایش و پاک‌سازی خاک‌های آلوده به ترکیبات مختلف است، نیز در کنار تجزیه‌ی میکروبی حائز اهمیت است. ما، در این تحقیق به معرفی آلودگی‌های نفتی، خطرات و زیان‌های ناشی از آن‌ها و راهکارهای بیولوژیک حذف یا کنترل آن‌ها می‌پردازیم.

۲- معرفی آلاینده‌های نفتی و اثرات منفی آن‌ها بر سلامت انسان و محیط زیست:

معمولاً هیدروکربن‌های نفتی را براساس تعداد حلقه، نوع حلقه و ترکیب اتم‌هایشان طبقه‌بندی می‌کنند. گروهی از آن‌ها با وزن مولکولی کم دارای ۲ یا ۳ حلقه‌ی آروماتیک و گروهی دیگر با وزن مولکولی بالا حاوی بیش از ۳

حلقه‌ی آروماتیک هستند. هیدروکربن‌های آروماتیک، تنها اتم‌های کربن و هیدروژن در ساختار خود دارند اما بعضی از کربن‌های آن‌ها می‌توانند توسط نیتروژن، سولفور و اکسیژن جانشین شده و در نتیجه، هیدروکربن‌های هتروآروماتیک چند حلقه‌ای از قبیل کاربازول و بنزوفوران ایجاد می‌شوند. به‌طور کلی هیدروکربن‌های با وزن مولکولی کم سمی هستند و گروه با وزن مولکولی بالا جهش‌زا هستند. هیدروکربن‌ها تا حد زیادی در چربی‌ها محلول بوده و به‌راحتی توسط غدد لنفاوی پستانداران جذب می‌شوند. وجود هیدروکربن‌ها در محیط زیست به دلیل سمیت زیاد، اثرات سرطان‌زایی و مقاومت زیست‌محیطی یک نگرانی بزرگ به حساب می‌آید به همین دلیل توسط آژانس حفاظت محیط زیست ایالت متحده آمریکا و آژانس مواد سمی و ثبت بیماری، به عنوان آلاینده‌های دارای تقدم بالا معرفی شده‌اند. از جمله این ترکیبات نفتی می‌توان به فنانترن و پیرن اشاره کرد. فنانترن از جمله ترکیبات ۳ حلقه‌ای آروماتیک بوده که به دنبال انتقال به بدن انسان، عوارض متعددی مانند ضایعات کبدی و کلیوی ایجاد می‌کند و همچنین پوست انسان را به نور حساس می‌کند و باعث ایجاد حساسیت می‌شود. فنانترن در سیستم‌های باکتریایی تحت شرایط خاص جهش‌زایی می‌کند. پیرن نیز یک هیدروکربن متقارن حاوی ۴ حلقه‌ی آروماتیک به هم اتصال یافته است و یکی از ۱۲۹ آلوده‌کننده‌ی برتر گردآوری شده توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا است پیرن خود یک ترکیب جهش‌زاست ولی دارای ۴ حلقه‌ی آروماتیک است که در چندین هیدروکربن سرطان‌زا از قبیل بنزوپیرن، ۱ و ۲ و ۳- ایندنوپیرن و ۱- نیتروپیرن یافت می‌شوند (۷).

از سوی دیگر، این دسته از آلاینده‌ها پایداری زیادی در خاک دارند و انباشته شدن تدریجی آن‌ها در طول زمان باعث اختلال در کارکرد طبیعی خاک مانند کاهش عملکرد محصولات کشاورزی می‌شود (۱).

۳- گیاه‌پالایی مشتقات نفتی:

عبارت گیاه‌پالایی (phytoremediation) شامل پیشوند یونانی phyto به معنی گیاه و پسوند لاتین remedium به معنی پاک‌سازی (۱۲) اصلاح یا حذف یک عامل مزاحم و خارجی است. گیاه‌پالایی شامل مجموعه‌ای از تکنولوژی‌های پایه است که از گیاهان برای پاک‌سازی مکان‌های آلوده استفاده می‌شود.

۱-۳- فرایند گیاه‌پالایی به کلاس‌های مختلفی تقسیم می‌شود:

۱- تثبیت گیاهی^۱: در این فرایند ریشه‌های گیاه و واکنش‌های میکروبی می‌توانند از طریق برقراری اتصال آلودگی‌ها با ذرات خاک باعث غیر متحرک شدن آلودگی‌ها می‌شوند در نتیجه از حرکت آن‌ها به آب‌ها جلوگیری

^۲ - Phytostabilisation

می‌شود (۹). فرایند تثبیت گیاهی از طریق افزایش مواد آلی، حفظ ظرفیت تبادل کاتیونی، فعالیت‌های بیولوژیک و شیمیایی خاک را بهبود می‌بخشد (۱۱).

۲- استخراج گیاهی^۳: گیاهان از طریق سیستم ریشه خود مواد آلاینده را جذب می‌کنند و آن‌ها را به شاخه‌ها که قابل برداشت هستند انتقال می‌دهند و باعث تجمع آلاینده‌ها در آنجا می‌شوند (۹).

۳- تبخیر گیاهی^۴: آلودگی‌ها (آلی و غیر آلی) از خاک جذب می‌شوند و از طریق سوخت و ساز گیاه به یک وضعیت گازی تغییر فیزیکی پیدا می‌کنند (۱۰) و از طریق تبخیر به اتمسفر آزاد می‌شوند (۱۲).

۴- تصفیه گیاهی^۵: به استفاده از ریشه گیاهان (Rhizo filtration) یا جوانه‌ها (blastofiltration) برای جذب آلودگی‌ها از آب و فاضلاب گفته می‌شود (۹).

همان‌طور که اشاره شد در فرایند گیاه‌پالایی از توانایی گیاهان مقاوم به آلاینده‌ها جهت حذف آلودگی‌ها از محیط زیست استفاده می‌شود. هدف نهایی از کاشت گیاهان در زمین‌های آلوده به هیدروکربن‌های نفتی، توانایی طبیعی آن‌ها برای جذب، تجمع، تجزیه و حذف این ترکیبات است. در چند سال گذشته نیز گزارش‌هایی مبنی بر اصلاح و بهبود خاک‌های حاوی هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای در حضور گیاهان ارائه شده است. هم‌اکنون نیز تحقیقات گسترده‌ای در زمینه پاکسازی محیط زیست و خاک‌های مناطق آلوده توسط محققین مختلف در سطح دنیا در حال انجام است. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که تخریب هیدروکربن‌های نفتی در ناحیه‌ی ریزوسفر نسبت به سایر قسمت‌های خاک بیش‌تر بوده و گیاهان با سیستم ریشه‌ای گسترده برای تجزیه‌ی بیولوژیک این ترکیبات مفید می‌باشند. از جمله این گیاهان می‌توان به سورگوم اشاره کرد (۶).

۴- زیست‌پالایی مشتقات نفتی:

در زیست‌پالایی از پتانسیل موجودات زنده (اعم از باکتری‌ها و قارچ‌ها و غیره) در حذف یا کاهش آلاینده‌ها استفاده می‌شود. شیلرز و همکاران (۱۹۹۱)، لی و گییبسون (۱۹۹۶) (۸) و کیم و هائو (۱۹۹۹) طی پژوهش‌های خود، به تاثیر مثبت باکتری سودوموناس در زدودن آلاینده‌های آلی اشاره کردند. وکت و همکاران (۱۹۸۹) تاثیر مثبت باکتری باسیلوس را در تجزیه‌ی ترکیبات آلاینده‌ی آلی نشان دادند. بوسرت و بارتا (۱۹۸۴) باکتری‌های سودوموناس، آرتوباکتر، کورینه باکتریوم، فلاوباکتریوم، آکرموباکتر، میکروکوکوس و مایکوباکتریوم را به عنوان

۳- Phytoextraction

۴- Phytovolatilization

۵- Phytofiltration

فعال ترین گونه‌های باکتریایی در تجزیه‌ی هیدروکربن‌های خاک گزارش کردند. داس و همکاران (۲۰۰۶) به کارگیری دو گونه باکتری باسیلوس و سودوموناس را برای کاهش مجموع هیدروکربن‌های نفتی در خاکی از منطقه‌ی شمال شرقی هند بررسی نمودند. نتایج پژوهش‌های آن‌ها حاکی از توانایی هر دو باکتری در کاهش مجموع هیدروکربن‌های نفتی بود (۴).

۵- زیست‌پالایی گیاهی مشتقات نفتی:

زیست‌پالایی گیاهی یک فناوری نسبتاً جدید و موثر و دوستدار محیط زیست می‌باشد که توانایی آن در حذف بسیاری از آلاینده‌ها به‌ویژه ترکیبات نفتی به اثبات رسیده است. زیست‌پالایی گیاهی یک روش اقتصادی برای مدیریت مواد زائد به‌ویژه مقادیر مازاد هیدروکربن‌های نفتی، هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای، مواد منفجره و غیره است. یکی از مزایای زیست‌پالایی گیاهی نسبت به سایر روش‌های پالایش خاک، آن است که نیرو محرکه‌ی زیست‌پالایی گیاهی توسط خورشید تامین می‌گردد که موجب کاهش چشمگیر هزینه‌های پالایش خاک می‌شود. در این فرایند همکاری میان ریشه‌ی گیاهان و میکرواورگانیسم‌های خاک به تجزیه‌ی ترکیبات آلی پایدار کمک می‌کند. حذف ترکیبات نفتی از خاک در زیست‌پالایی گیاهی همکاری میان ریشه‌ی گیاهان و میکرواورگانیسم‌های خاک به تجزیه‌ی ترکیبات آلی پایدار کمک می‌کند. حذف ترکیبات نفتی از خاک، در زیست‌پالایی گیاهی غالباً به میکرواورگانیسم‌هایی که در ریزوسفر تحت تاثیر ریشه‌ی گیاه زندگی می‌کنند نسبت داده می‌شود. جوامع میکروبی در خاک‌های گیاه کاری شده نسبت به خاک‌های فاقد گیاه بزرگ‌تر و فعال‌تر می‌باشد. میکرو اورگانیسم‌ها در ناحیه‌ی ریشه (ریزوسفر) از ترشحات ریشه سود می‌برند و گیاهان نیز از سمیت‌زدایی متابولیکی از ترکیبات بالقوه سمی توسط جوامع میکروبی بهره‌مند می‌گردند. همچنین میکروب‌ها قادرند برخی مواد مغذی لازم برای رشد گیاه را به صورت محلول در آورده و در اختیار گیاه قرار دهند و نیز با تامین ویتامین‌ها، آمینواسیدها و هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین به رشد گیاه کمک کنند (۲). نتایج مطالعه‌ی خان و همکاران نشان می‌دهد که بعد از گذشت ۱۸ هفته از کشت گیاه چاودار در خاک‌های آلوده، راندمان حذف پیرن در ناحیه‌ی ریشه‌ی این گیاه بیش از ۶۰٪ بود و گیاهان از طریق افزایش جمعیت و فعالیت‌های میکروبی و همچنین تغییر ترکیب جوامع، تجزیه‌ی پیرن را در خاک تحریک نمودند. این پژوهشگران اظهار نمودند که روابط متقابل بین گیاه و جوامع باکتریایی ریشه روی تجزیه‌ی هیدروکربن‌های پلی‌آروماتیک تاثیر خواهد گذاشت. لو و همکاران نیز اثر کشت نوعی گراس را در زیست‌پالایی گیاهی خاک آلوده به نفت ۸۲۴۷ میلی‌گرم TPH بر کیلوگرم خاک بررسی و گزارش نمودند. بعد از

گذشت ۵ ماه غلظت آلاینده تا ۴۷٪ در خاک حاوی گیاه و تا ۱۱٪ در خاک فاقد گیاه مشاهده شد. و جمعیت باکتری‌ها در ریزوسفر ۷۲ برابر بیش تر از خاک فاقد گیاه بود. در این بررسی ۳۲٪ هیدروکربن‌های پلی‌آروماتیک از خاک حذف گردید در حالی که در خاک فاقد گیاه این میزان فقط ۵٪ بود. هوآنگ و همکاران گزارش کردند که افزایش گیاه‌پالایی آلاینده‌های نفتی با استفاده از گونه‌های گراس که با مخلوطی از باکتری‌های مفید مثل سودوموناس، انتروباکتر و آزوسپریلیوم تلقیح شده بودند افزایش پیدا کرد (۳).

نتایج و بحث:

با توجه به اثرات مخرب آلاینده‌های نفتی بر سلامت انسان و محیط زیست، اتخاذ راهکارهایی جهت پالایش این مواد مضر از خاک ضروری به نظر می‌رسد. روش‌های گوناگونی برای تصفیه و پاک‌سازی خاک‌های آلوده وجود دارد با این وجود استفاده از روش‌های بیولوژیک مانند زیست‌پالایی و گیاه‌پالایی مورد توافق اکثر پژوهشگران است. تلفیق دو روش یاد شده یعنی زیست‌پالایی گیاهی راهکاری نوین، اقتصادی و سازگار با محیط زیست در پالایش آلاینده‌های خاک است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد استفاده از این روش بازده بالاتری در حذف مواد آلاینده در مقایسه با هر کدام از دو روش زیست‌پالایی و گیاه‌پالایی (به تنهایی) دارا می‌باشد. در زیست‌پالایی گیاهی همکاری میان ریشه‌ی گیاهان و میکرواورگانیسم‌های خاک به تجزیه‌ی ترکیبات آلی پایدار کمک می‌کند. بنابراین برای موفقیت در این روش باید بعد از انتخاب گونه‌ی گیاهی و میکرواورگانیسم‌های متناسب با آن به ایجاد شرایط مناسب برای رشد و فعالیت گیاه و میکرواورگانیسم‌ها توجه کرد. نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد استفاده از کودهای آلی در اطراف گیاه قادر است علاوه بر تقویت گیاه به رشد و فعالیت جوامع میکروبی اطراف ریشه گیاه کمک کند. استفاده از روش مهندسی ژنتیک برای اصلاح وارپته‌های گیاهی و بالا بردن آستانه‌ی تحمل آن‌ها نسبت به مواد آلاینده و افزایش قابلیت استخراج و حذف آلاینده‌ها توصیه می‌شود.

مراجع:

- ۱- بسالت‌پور، ع، م.ع. حاج عباسی، و. درستکار و غ. تراپی. ۱۳۸۹. اصلاح خاک‌های آلوده به هیدروکربن‌های نفتی به روش ترکیبی زمین‌پالایی - گیاه‌پالایی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. شماره ۵۳. ص ۱۲۹-۱۴۲.

- ۲- دریابگی زند، ع، غ. نبی بیدهدندی، ن. مهردادای و ر. شیردم. ۱۳۸۹. توانایی گونه‌های گیاهی مختلف در حذف ترکیبات نفتی از خاک و تاثیر آلودگی نفتی بر رشد این گونه‌های گیاهی. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۴. ص ۴۱-۵۷.
- ۳- رجایی، س، ف. رئیسی، س.م. سیدی. ۱۳۹۱. زیست‌پالایی خاک آلوده به نفت خام مسن به روش افزایش بیولوژیک و گیاه‌پالایی. نشریه آب و خاک. ۹۲۱-۹۰۸(۴):۲۶.
- ۴- سیدعلیخانی، س، م. شرفا و ا. اضغرزاده. ۱۳۹۰. کارایی باکتری‌های باسیلوس و سودوموناس در زیست‌پالایی یک خاک آلوده به هیدروکربن‌ها. نشریه دانش آب و خاک. ۱۰۱-۹۱(۲۱):۳.
- ۵- شریفی‌حسینی، س، م. چرم، ح. معتمدی و ا. کامران‌فر. ۱۳۸۹. اثرات لجن فاضلاب بر زیست‌پالایی خاک‌های آلوده به نفت خام. نشریه آب و فاضلاب. ۳۷-۴۵: ۲.
- ۶- علایی. ۱۳۸۹. گیاه‌پالایی خاک‌های آلوده به فنانترن با استفاده از گیاه سورگوم. مجله محیط‌شناسی. ۷۹-۸۸: ۵۳.
- ۷- یزدانی، م. ۱۳۹۱. اصلاح زیستی خاک‌های آلوده به فنانترن و پیرن توسط کود مرغی. مجله ایمنی زیستی. ۴۶-۳۱: ۲.
- ۸- Lee, K., J.M. Brand and D.T. Gibson. ۱۹۹۵. Stereospecific sulfoxidation by toluene and naphthalene dioxygenases. *Biochem Biophys Res Commun* ۲۱۲: ۹-۱۵.
- ۹- Serma , Hemen . ۲۰۱۱. Metal hyperaccumulation in plant : A Review Focusing on Phytoremediation Technology. *Journal of Environmental science and Technology*. ۴(۲):۱۱۸-۱۳۸.
- ۱۰- Souza, lucas.Angos., et al. ۲۰۱۳. use of none hyperaccumulator plant species for the phytoremediation of heavy metals using chelating agents. *sci.Agric*. ۷۷۰. ۴:۲۹۰-۲۹۵.
- ۱۱- vamerial, Teofilo., et al. ۲۰۰۹. Field crops for Phytoremediation of metal - contaminated land. *Environ chm let*. ۸:۱-۱۷.
- ۱۲- voigant, Tangahu., et al. ۲۰۱۱. A Review on heavy metals (AS,Pb,Hg) uptake by plant through phytoremediation. *international Journal of chemical Engineering*. ۳۱ page.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی