نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۵، آذر - دی ۱۳۹۰، ص. ۹۷۰-۹۶۱

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No. 5, Nov-Des 2011, p. 961-970

بررسی اثر رشد گیاهان در تراکم‌های مختلف بر پاک‌سازی هیدروکربن‌های نفتی خاک

سالومه سیدعلیخانی[1*]- مهدی شرفا[2]- ابوالقاسم توسلی[3]- سیده سهیلا ابراهیمی[4]

تاریخ دریافت:۸۸/۸/۲۸
تاریخ پذیرش:۹۰/۴/۸

چکیده

آلودگی‌های نفتی، از جمله رایج‌ترین و خطرناک‌ترین آلاینده‌هایی هستند که باعث آلودگی محیط زیست می‌شوند. تکنولوژی نو ظهور گیاه‌پالایی به منظور پالایش برخی آلودگی‌ها، از جمله آلودگی‌های نفتی، به دلایل هزینه‌ی کم و پایین بودن تکنولوژی مورد نیاز، در دنیا بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در این پژوهش با هدف پاک‌سازی مناطق آلوده به هیدروکربن‌های نفتی، سه گیاه جو، ماش و لوبیا از دو خانواده‌ی گرس و لگومینه انتخاب و در سه سطح تراکم I، II و III که به‌ترتیب بیشتر می‌شد (گیاه جو و ماش به‌ترتیب۱۰-۱۵-۲۰ و لوبیا ۵-۱۰-۱۵ عدد بذر در هر گلدان) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی، آزمایش فاکتوریل، در سه تکرار در خاک آلوده و غیرآلوده کشت گردیدند. آلودگی اولیه و آلودگی خاک در سه مرحله‌ی جوانه‌زنی، رویشی و زایشی رشد گیاه اندازه‌گیری گردید و نتایج با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل گردید. نتایج نشان داد که حداکثر نرخ پالایش مربوط به گیاه جو در سطح تراکم III بود که میزان آلودگی را تا ۴۵/۷۸ درصد کاهش داد. به‌طورکلی به علت مقاومت بالای گیاه جو به آلودگی در طول رشد و نرخ پالایش بالای آن، در بین تیمارهای مورد آزمون مناسب‌ترین تیمار جهت گیاه پالایی، تشخیص داده شد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، جو، خاک، لوبیا، ماش، نفت

مقدمه

بیش از دو میلیون تن نفت در سال در جهان تولید می‌شود و آلایندگی خاک‌ها و منابع آب زیرزمینی با هیدروکربن‌های نفتی در اطراف پالایشگاه‌ها، جایگاه‌های سوخت‌گیری و محل عبور لوله‌های تأسیسات انتقال سوخت صورت می‌پذیرد که از جمله معضلات مهم محیط زیست به‌شمار می‌آید. هیدروکربن‌های نفتی مذبور در مواد شیمیایی که توسط انسان برای فعالیت‌های مختلف شامل سوخت‌گیری وسایل نقلیه و گرم کردن منازل استفاده می‌شوند، به‌طور طبیعی وجود دارند. نشت ترکیبات نفتی تحت تأثیر نیروهای موئینگی و ثقلی منجر به حرکت عمودی در خاک‌های غیراشباع شده و خلل و فرج خاک را پر می‌کند. درصورت زیاد بودن مقدار نشتی فاز مایع به سطح آب رسیده و در آنجا تجمع می‌یابد و از آنجا به همراه آب‌های زیرزمینی حرکت کرده و به دلیل وزن مخصوص کمتر نسبت به آب در سطح آب شناور باقی می‌ماند (۷). هیدروکربن‌های نفتی (TPHs)[5] به دلیل حلالیت، فراریت و قابلیت زیست‌تخریبی‌شان یکی از شایع‌ترین گروه‌های آلوده‌کننده‌ی آلی در محیط می‌باشند و برای بسیاری از جانداران سمی شناخته شده‌اند که متأسفانه از طریق پالایشگاه‌ها، رواناب‌ها یا نشت از مخازن زیرزمینی سوخت، وارد خاک و آب‌های زیرزمینی شده و وضعیت آنها را به مخاطره انداخته و سلامت بشر و محیط زیست را به‌شدت تهدید می‌کنند. آلودگی‌های نفتی از لحاظ توزیع و میزان آلودگی در طبیعت به دو گروه تقسیم می‌شوند:

آلودگی در محل: به‌عنوان مثال آلودگی ناشی از تصادفات تانکرهای نفتی، تخریب و یا انفجار یک ترمینال نفتی و اسکله‌های نفتی و خطوط انتقال؛

آلودگی پراکنده: به‌عنوان مثال استفاده از آفت‌کش‌ها در امور کشاورزی.

تا کنون روش‌های متعدد فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در زمینه‌ی پاک‌سازی آلودگی‌های نفتی مورد استفاده قرار گرفته است.

۱- دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد گروه خاک‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
(*- نویسنده مسئول: Email: sa.alikhani@gmail.com)
۲- دانشیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران
۳- استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول
۴- استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

5- Total Petroleum Hydrocarbons

در این پژوهش تکنولوژی نوظهور گیاه‌پالایی که یک روش مبتکرانه جهت استفاده از گیاهان برای کاهش بسیاری از آلودگی‌های آلی و غیرآلی می‌باشد و به‌منظور پالایش آلودگی‌های خاکی، زیرزمینی و فاضلاب به دلایل هزینه‌ی کم و پایین بودن تکنولوژی مورد نیاز در دنیا بسیار مورد توجه قرار گرفته است مورد بررسی قرار می‌گیرد. فرآیند تحریک گیاهی را روش مؤثری در پالایش بسیاری از آلاینده‌های آلی نظیر هیدروکربن‌های نفتی، هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای، آفت‌کش‌ها، حلال‌های کلرینه و پلی‌کلرینیت‌بای‌فنیل‌ها معرفی کرده‌اند. شواب و بنکس (۱۹) نیز به کاهش بیشتر غلظت کل هیدروکربن‌های نفتی در حضور پوشش گیاهی در مقایسه با تیمار شاهد بدون پوشش گیاهی اشاره کردند. چنوویی و همکاران (۶) بیان نمودند که آلودگی‌های آلی اغلب در خاک‌های کشت شده با گیاه نسبت به خاک‌های فاقد گیاه سریع‌تر ناپدید می‌شوند. آنها ۵ گونه گراس (سودان گراس، چاودار، تال فسکیو، crested wheatgrass وswitch grass) را در خاک‌های حاوی آترازین و فنانترن مورد مطالعه قرار دادند و برای تجزیه‌ی این مواد از میکروارگانیسم‌های ریزوسفری استفاده نمودند. نتیجه‌ی این مطالعه نشان داد که تعداد باکتری‌های تجزیه کننده‌ی فنانترن در خاک حاوی تال فسکیو به‌طور معنی‌داری نسبت به خاک بدون گیاه بیشتر بود. به‌طورکلی آنها به این نتیجه رسیدند که حضور گیاهان زنده در خاک به علت تأثیر ریزوسفر باعث افزایش میزان تجزیه ترکیبات نفتی در خاک می‌گردد.

لین و همکاران (۱۵) بیان نمودند که محدوده توسعه ریشه یعنی ریزوسفر دارای جمعیت میکروبی بیشتر و فعال‌تری نسبت به خاک بدون ریشه است. گیاهان قادرند از طریق رهاسازی عناصر غذایی و ترشحات خود در خاک و انتقال اکسیژن به ناحیه ریشه موجب تحریک و افزایش فعالیت جمعیت میکروبی تخریب‌کننده آلاینده‌های نفتی شوند. در اکثر مطالعات علف‌های چمنی و بقولات در کاهش آلودگی‌ها بیش از دیگر گیاهان مورد توجه بوده‌اند. علف‌های چمنی جزء گونه‌های گیاهی هستند که سیستم ریشه‌ای گسترده با سطح جذب آب و عناصر غذایی دارند. این ریشه گسترده سبب می‌شود که منطقه ریزوسفری در خاک افزایش یافته و در نتیجه جمعیت میکروبی در ناحیه ریزوسفری بیشتر شود. در نهایت همکاری ریشه گسترده‌ی علف‌های چمنی و جمعیت میکروبی، بازدهی خوبی در حذف آلودگی نفتی خاک دارد. بقولات نیز به خاطر قابلیت تثبیت نیتروژن خاک، گونه‌های مناسبی برای گیاه پالایی می‌باشند. در این گیاهان رقابتی بین گیاه با جمعیت میکروبی برای به‌دست آوردن نیتروژن خاک صورت نگرفته که نتیجه آن همکاری مناسبی بین باکتری‌ها و گیاه جهت حذف و کاهش آلودگی‌های نفتی خاک است. با توجه به مطالعات سدریک و همکاران (۵) مشخص شد که چمن بیشترین و وسیع‌ترین ریشه، بیوماس ریشه و بیشترین مقدار سطح تماس ریشه در واحد حجم را دارد. گونه‌های گیاهی مثل یونجه، شبدر و فسیکو نیز به دلیل داشتن همین ویژگی‌ها نقش زیادی در عمل تخریب دارند. رنگ زن (۲) در دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز تحقیقی در مورد بررسی نقش گیاهان در پالایش خاک‌های آلوده به گازوئیل اجرا کرد. این تحقیق با هدف بررسی توان گیاه‌پالایی گیاه جو، یونجه و شبدر در کاهش مقادیر گازوئیل در خاک آلوده به‌صورت آزمایش گلخانه‌ای اجرا شد. گازوئیل به‌عنوان آلاینده هیدروکربنه در غلظت‌های مختلف به خاک افزوده شد. به‌طورکلی هر سه گیاه عملکرد مطلوبی در پاک‌سازی آلودگی از خود نشان دادند و در این میان بالاترین عملکرد در گیاه جو مشاهده شد. بسالت پور و همکاران (۱) در تحقیق خود، قابلیت استفاده از فرآیند تحریک گیاهی به‌عنوان یک روش موثر و مقرون به صرفه از لحاظ اقتصادی برای پالایش خاک‌های آلوده به TPHs استفاده کردند. نتایج تحقیقات ایشان حاکی از توانایی گیاهان در کاهش TPHs می‌باشد. به‌طورکلی گیاهان مختلف با همکاری میکروارگانیسم‌ها قدرت تحمل و جذب آلودگی‌ها را از محیط دارند.

هدف از این پژوهش بررسی تأثیر گیاهان متداولی چون جو، ماش و لوبیا، از خانواده‌های گراس و لگومینه بر پاک‌سازی آلودگی‌های نفتی موجود در خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

خاک آلوده به هیدروکربن‌های نفتی و خاک غیرآلوده از اطراف پالایشگاه نفت شهر ری تهران برداشت گردید. خاک غیرآلوده به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. محل نمونه‌برداری خاک غیرآلوده به‌نحوی انتخاب شد که کم‌ترین فاصله را با محل نمونه‌برداری خاک آلوده داشته باشد تا بافت و سایر ویژگی‌های دو نمونه بیشترین شباهت را با یکدیگر دارا باشند. نمونه‌برداری از نقطه "۳۶/۱ ' ۳۰ ° ۳۵ تا "۲۶/۳ ' ۳۱ ° ۳۵ شمالی و "۵۷/۶ ' ۲۴ ° ۵۱ تا "۱/۹ ' ۲۶ ° ۵۱ شرقی صورت پذیرفت. نمونه‌های خاک از الک دو میلی‌متر گذرانده شد و جهت آزمایش‌های تجزیه‌ی خاک و ایجاد تیمارها مورد استفاده قرار گرفت. توده‌ی خاک مورد نظر به‌خوبی به‌هم زده شد تا آلودگی نقاط مختلف آن تا حد ممکن همگن گردد. سه گیاه جو (*Hordeum vulgare*) رقم کارون، ماش (*Vicia sativa*) رقم پرتو و لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) رقم درخشان در سه سطح تراکم I، II و III که به‌ترتیب بیشتر می‌شد (گیاه جو و ماش به‌ترتیب۱۰-۱۵-۲۰ و لوبیا ۵-۱۰-۱۵ عدد بذر در هر گلدان) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی، در گلدان‌هایی با قطر ۲۴ سانتی‌متر، ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر و حاوی پنج کیلوگرم خاک کشت گردیدند. تعیین مقدار هیدروکربن‌های نفتی با روش استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست امریکا (EPA۴۱۳/۱)[1]

1-The U.S Environmental Protection Agency 413.1 (EPA 413.1)

صورت پذیرفت (۱۲). به این صورت که یک گرم خاک با ۱۰ میلی‌لیتر دی‌کلرومتان مخلوط گردید و به‌مدت پنج دقیقه تکان داده شد. سپس به‌مدت پنج دقیقه با دور ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. از محلول رویی یک میلی‌لیتر برداشت گردید و به ویال منتقل گشت و به‌مدت ۴۸ ساعت رها شد. پس از ۴۸ ساعت وزن آنچه در ویال باقی مانده بود به‌عنوان TPHs بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک برآورد گردید. آلودگی اولیه و آلودگی خاک منطقه ریزوسفر در سه مرحله‌ی جوانه‌زنی، رویشی و زایشی رشد گیاه اندازه‌گیری گردید و نتایج با استفاده از نرم‌افزار SAS، آزمون دانکن و در سطح ۵٪ تجزیه و تحلیل گردید. با توجه به از بین رفتن تعداد زیادی از جوانه‌های لوبیا نمونه‌برداری بیش از یک نمونه خاک در هر تراکم از کشت لوبیا امکان‌پذیر نبود و نتایج بیانگرکاهش آلودگی بود. گیاه لوبیا میزان TPHs را حداکثر تا ۱۹۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک کاهش داد. اندازه‌گیری درصد کربن آلی به‌روش بلاک (۴)، تعیین بافت خاک به‌روش هیدرومتری (۱۳)، اندازه‌گیری درصد آهک به‌روش تیتراسیون (۴)، فسفر قابل جذب به‌روش اولسون (۲۰) و درصد نیتروژن کل با استفاده از کجلدال انجام گردید (۱۴). مقادیر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم با استفاده از فلیم فتومتر انجام شد (۱۳).

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه‌ی فیزیکی و شیمیایی دو خاک آلوده به هیدروکربن‌های نفتی و غیرآلوده، که با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شده است، در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول۲ میزان مجموع هیدروکربن‌های نفتی(TPHs) را در مراحل مختلف رشد گیاه نشان می‌دهد، در جدول ۲ واحدهای خالی مشاهده می‌شود که بیانگر از بین رفتن گیاهان ماش پس از مرحله جوانه‌زنی است.

با توجه به جدول ۲ گیاه جو تا پایان رشد زایشی به حضور آلودگی‌های نفتی مقاومت نشان داده و رشد آن کامل شده است، در حالی‌که گیاه ماش فقط تا پایان مرحله‌ی جوانه‌زنی به آلودگی مقاوم بوده و پس از آن از بین رفت.

نتایج بررسی و اندازه‌گیری درصد و سرعت جوانه‌زنی گیاهان و تأثیر حضور آلودگی‌های نفتی در خاک بر چند فاکتور گیاه در جداول ۳ تا ۶ ارائه شده است.

با توجه به جداول ۳ و۵ به‌طورکلی میزان درصد و سرعت جوانه‌زنی جو و ماش در خاک آلوده نسبت به خاک غیرآلوده بیشتر است، در حالی‌که مقاومت گیاه لوبیا به آلودگی‌های نفتی پایین بوده و تقریباً تمام بذور این گیاه در خاک آلوده جوانه نزدند.

شکل ۱ بیانگر کاهش آلودگی توسط گیاه جو در تراکم‌های مختلف و در خاک شاهد می‌باشد و وجود و یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میزان TPHs خاک‌های تحت تیمارهای مختلف نشان داده شده است.

در شکل‌ها اعداد ۱، ۲، ۳ و ۴ به‌ترتیب بیانگر مرحله‌ی اولیه، پس از مرحله جوانه‌زنی، پس از مرحله رشد رویشی و پس از مرحله رشد زایشی و I، II و III بیانگر سطوح مختلف تراکم گیاه است.

جدول۱- نتایج حاصل از تجزیه‌ی فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد آزمایش

ویژگی‌های خاک	خاک آلوده به مواد نفتی	خاک غیرآلوده
اسیدیته	۷/۸	۷/۳
قابلیت هدایت الکتریکی(دسی‌زیمنس بر متر)	۵/۸۶	۴/۹
بافت	لوم	لوم
درصد رس	۱۰	۱۵
درصد شن	۵۲	۵۰
درصد سیلت	۳۸	۳۵
درصد کربن آلی	۳/۱۹۸	۰/۸۷۹
درصد نیتروژن کل	۰/۵	۰/۰۵
کلسیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	۱۹	۱۴
منیزیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	۱۷	۲۶
پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۳۶۴	۲۸۷
سدیم (میلی‌لیتر بر لیتر)	۱۰/۱	۷/۲
فسفر قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۴۲/۴	۳۸/۷
درصد آهک	۱۶	۱۸
TPHs (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۲۷۶۶۶/۶۷	۰

جدول۲- میزان TPHs در مراحل مختلف رشد گیاه در تیمارهای مختلف (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)

مراحل اندازه‌گیری / تیمار	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله سوم	مرحله چهارم
جو تراکمI	۲۷۶۶۶/۶۷	۲۳۰۰۰	۲۱۰۰۰	۱۹۶۶۶/۶۷
جو تراکمII	۲۷۶۶۶/۶۷	۱۹۶۶۶/۶۷	۱۸۶۶۶/۶۷	۱۷۶۶۶/۶۷
جو تراکمIII	۲۷۶۶۶/۶۷	۱۸۳۳۳/۳۳	۱۷۶۶۶/۶۷	۱۵۰۰۰
ماش تراکمI	۲۷۶۶۶/۶۷	۲۳۳۳۳/۳۳	---	---
ماش تراکمII	۲۷۶۶۶/۶۷	۲۱۶۶۶/۶۷	---	---
ماش تراکمIII	۲۷۶۶۶/۶۷	۱۹۶۶۶/۶۷	---	---
شاهد	۲۷۶۶۶/۶۷	۲۴۶۶۶/۶۷	---	---

جدول۳- تأثیر هیدروکربن‌های نفتی بر سرعت و درصد جوانه‌زنی در گیاه جو

نمونه	میانگین سرعت جوانه‌زنی (جوانه در روز)	میانگین درصد جوانه‌زنی
خاک آلوده، تراکمI	۰/۵۹۳	۷۶/۶۶
خاک آلوده، تراکمII	۰/۹۲۸	۸۶/۶۷
خاک آلوده، تراکمIII	۱/۰۵	۷۱/۶۷
خاک غیرآلوده، تراکمI	۰/۶۲	۷۵
خاک غیرآلوده، تراکمII	۱/۰۲۳	۷۹/۵
خاک غیرآلوده، تراکمIII	۰/۷۸	۵۰

جدول٤- تأثیر هیدروکربن‌های نفتی بر فاکتورهای اندازه‌گیری شده در گیاه جو

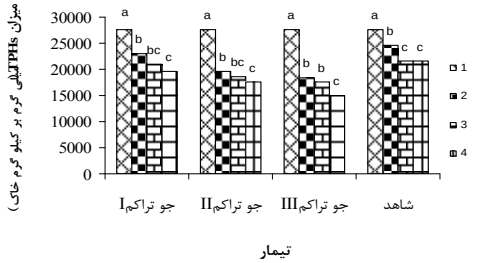
نمونه	مبانگین درصد رطوبت وزنی اندام هوایی	مبانگین درصد رطوبت وزنی خوشه	مبانگین ارتفاع گیاهان (سانتی‌متر)	میانگین ارتفاع خوشه‌ها (سانتی‌متر)	مبانگین بیوماس خشک اندام هوایی (گرم)	مبانگین بیوماس خشک خوشه (گرم)
خاک آلوده، تراکمI	۱۵/۸۲	۸/۳	۵۳/۴	۴/۷۴	۲۶/۱۷	۱۳/۰۷
خاک آلوده، تراکمII	۱۲/۴۵	۸	۵۹/۳	۵/۲۸	۴۲/۲۴	۲۲/۴
خاک آلوده، تراکمIII	۱۱/۰۴	۹/۲	۵۴/۴	۴/۶۴	۳۵/۶	۱۷/۳۸
خاک غیرآلوده، تراکمI	۸/۳۵	۷	۴۸/۶	۵/۵۵	۲۹/۲۵	۱۴/۹۵
خاک غیرآلوده، تراکمII	۱۶/۳۵	۷/۵۵	۵۵/۸	۵/۶۸۵	۳۷/۷۲	۲۲/۸۵
خاک غیرآلوده، تراکمIII	۹/۸۵	۸/۹۵	۵۲	۵/۶۵	۳۲/۰۵	۱۸/۱۵

جدول۵- تأثیر هیدروکربن‌های نفتی بر سرعت و درصد جوانه‌زنی در گیاه ماش

نمونه	میانگین سرعت جوانه‌زنی	میانگین درصد جوانه‌زنی
خاک آلوده، تراکمI	۰/۴۹	۷۳/۳۳
خاک آلوده، تراکمII	۰/۶۴	۶۶/۳۳
خاک آلوده، تراکمIII	۰/۷۵۷	۵۸/۳۳
خاک غیرآلوده، تراکمI	۰/۵۱	۷۰
خاک غیرآلوده، تراکمII	۰/۵۵۵	۵۳/۵
خاک غیرآلوده، تراکمIII	۰/۶۹	۵۰

جدول٦- میانگین درصد و سرعت جوانه‌زنی لوبیا در خاک غیرآلوده

نمونه	میانگین سرعت جوانه‌زنی	میانگین درصد جوانه‌زنی
خاک غیرآلوده، تراکمI	۰/۵۶۵	۷۰
خاک غیرآلوده، تراکمII	۱/۱	۷۰
خاک غیرآلوده، تراکمIII	۱/۷۲۵	۷۹/۵



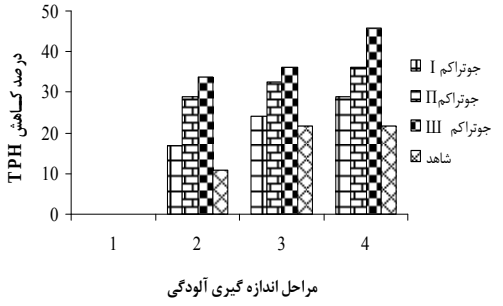
شکل۱- نرخ کاهش آلودگی توسط گیاه جو در تراکم‌های مختلف و در خاک شاهد در مراحل مختلف رشد

*: تیمارهایی با حروف یکسان اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ ندارند

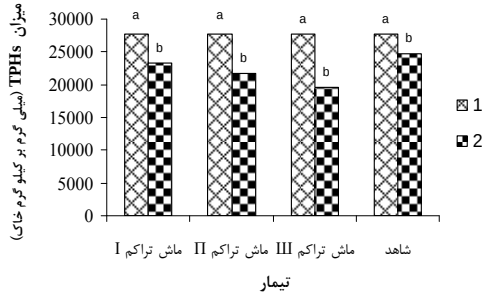
با توجه به شکل ۱ بالاترین میزان پالایش توسط گیاه جو مربوط به کشت این گیاه در تراکم III بوده است و میزان پالایش با تراکم رابطه‌ی مستقیم داشته است، هم‌چنین به علت عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین مراحل ۳ و ۴ اندازه‌گیری TPHs در تراکم‌های I و II کشت گیاه جو، رشد گیاه تا پایان مرحله رویشی منطقی بوده و ادامه رشد در پالایش هیدروکربن‌های نفتی اختلاف معنی‌دار ایجاد نمی‌کند، در صورتی‌که در تراکم III، رشد این گیاه تا پایان مرحله‌ی زایشی منطقی می‌باشد. این نتیجه ممکن است به دلیل تراکم بالاتر ریشه در واحد حجم خاک در تراکم کشت III و افزایش خاک ریزوسفری و در نتیجه فعالیت چندین برابر باکتری‌های تغذیه‌کننده از مواد تولیدشده توسط ریشه، نسبت به تراکم‌های پایین‌تر، باشد. به عبارت دیگر در تراکم‌های I و II با میزان مواد تولید شده توسط ریشه، اجتماع باکتری‌ها و ریشه حداکثر تا پایان مرحله رویشی فعالیت موثر داشته است، ولی به دلیل تغذیه‌ی بالاتر و حجم مواد تولید شده ی بالاتر توسط ریشه در تراکم کشت III، اجتماع باکتری‌ها و ریشه تا پایان مرحله‌ی زایشی فعالیت موثر داشته است. شکل ۲ بیانگر درصد کاهش آلودگی توسط گیاه جو در تراکم‌های مختلف و در خاک شاهد در مراحل مختلف رشد می‌باشد.

با توجه به شکل ۲، کمترین درصد پالایش TPHs از خاک پس از خاک شاهد مربوط به تیمار کشت جو با تراکم I و بیشترین میزان پالایش مربوط به تیمار کشت جو با تراکم III می‌باشد. این مشاهده ممکن است به دلیل تراکم بالاتر ریشه در واحد حجم خاک و در نتیجه فعالیت بیشتر باکتری‌های تغذیه‌کننده از مواد تولیدشده توسط ریشه باشد.

شکل ۳ بیانگر نرخ کاهش آلودگی توسط گیاه ماش در تراکم‌های مختلف و در خاک شاهد، هم‌چنین وجود و یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین دو مرحله‌ی اندازه‌گیری TPHs در خاک‌های تحت تیمارهای مختلف گیاه ماش می‌باشد.

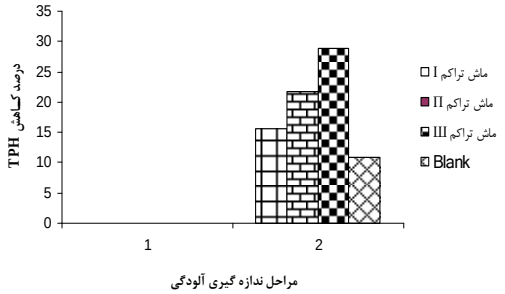


شکل ۲- درصد کاهش آلودگی توسط گیاه جو در تراکم‌های مختلف و در خاک شاهد در مراحل مختلف رشد



شکل۳- نرخ کاهش آلودگی توسط گیاه ماش در تراکم‌های مختلف و در خاک شاهد

*: تیمارهای با حروف یکسان اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ ندارند



شکل ٤- درصد کاهش آلودگی توسط گیاه ماش در تراکم‌های مختلف و در خاک شاهد

با توجه به شکل ۳، در گیاه ماش نیز مانند گیاه جو میزان پالایش با تراکم کشت رابطه‌ی مستقیم داشته و بیشترین میزان پالایش مربوط به کشت این گیاه با تراکم III می‌باشد، هم‌چنین تمام تیمارها در پالایش هیدروکربن‌های نفتی موثر واقع شده‌اند و شدّت پالایش در خاک‌های تحت تیمار نسبت به خاک شاهد بیشتر است که در اینجا هم می‌توان دلیل تراکم بیشتر ریشه در واحد حجم خاک را بیان نمود.

شکل ۴ بیانگر درصد کاهش آلودگی توسط گیاه ماش در تراکم‌های مختلف و در خاک شاهد می‌باشد.

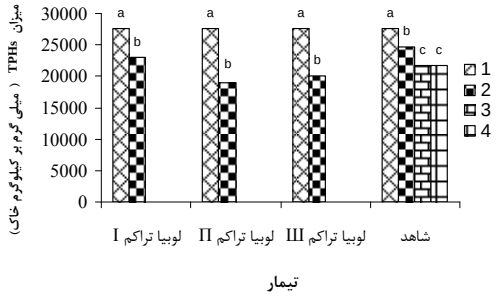
با توجه به شکل ۴ کمترین درصد پالایش TPHs از خاک پس از خاک شاهد مربوط به تیمار کشت ماش با تراکم I و بیشترین میزان پالایش مربوط به تیمار کشت ماش با تراکم III می‌باشد.

با توجه به عدم جوانه‌زنی و یا از بین رفتن اکثر جوانه‌های گیاه لوبیا، بذور این گیاه مجدداً تا ۳ مرتبه کشت گردید تا از عدم تأثیر عوامل جانبی اطمینان حاصل آید. به این دلیل در مرحله‌ی اول کشت امکان اندازه‌گیری سرعت و درصد جوانه‌زنی فراهم نشد. پس از کشت‌های مجدد برخی از بذور جوانه زده و در کاهش هیدروکربن‌های نفتی تأثیرگذار بودند.

شکل ۵ بیانگر نرخ کاهش آلودگی توسط گیاه لوبیا در تراکم‌های مختلف و در خاک شاهد، هم‌چنین وجود و یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین TPHs خاک‌های تحت تراکم‌های مختلف کشت گیاه لوبیا می‌باشد. با توجه به از بین رفتن بسیاری از گیاهان، نمونه‌برداری خاک تحت کشت این گیاه به گونه‌ای انجام شد که حداکثر نزدیکی را با شرایطی که تمام گیاهان رشد کرده باشند، داشته باشد. به عبارت دیگر نمونه‌برداری از منطقه‌ی نزدیک به ریشه انجام شد.

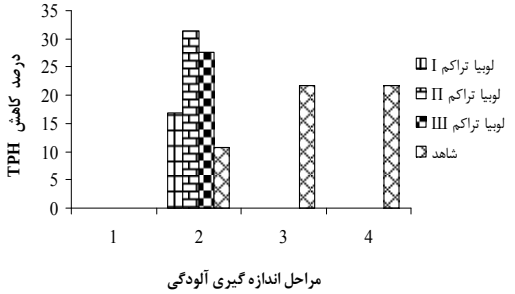
با توجه به شکل ۵، به علت از بین رفتن نمونه‌ها، بر خلاف گیاه‌های جو و ماش، رابطه‌ی معنی‌داری بین تراکم کشت و میزان پالایش مشاهده نشد و همان‌طور که مشاهده می‌شود لوبیا در تراکم II نسبت به تراکم III میزان پالایش بیشتری داشته است. هرچند که این گیاه در خاک آلوده به هیدروکربن‌های نفتی به سختی جوانه زده و رشد نامتعادل داشته است، اما جوانه‌زنی و رشد برخی بذور در چنین خاک‌هایی بیانگر وجود فاکتورهای ضعیف برای مقاومت به آلودگی نفتی می‌باشد. با توجه به شکل ۵ تمام تیمارها در پالایش موثر بوده و پاک‌سازی را نسبت به خاک شاهد تسریع نموده‌اند.

شکل ۶ نشان‌دهنده‌ی درصد کاهش آلودگی توسط گیاه لوبیا در تراکم‌های مختلف و در خاک شاهد می‌باشد.



شکل ۵- نرخ کاهش آلودگی توسط گیاه لوبیا در تراکم‌های مختلف و در خاک شاهد

*: تیمارهای با حروف یکسان اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ ندارند



شکل٦- درصد کاهش آلودگی توسط گیاه لوبیا در تراکم‌های مختلف و در خاک شاهد

به‌طورکلی نتایج نشان‌دهنده برتری گیاه جو در پالایش است چرا که در طول دوره رشد در مقابل آلودگی‌های نفتی خاک مقاوم بوده و تا پایان مرحله رشد زایشی رشد نموده است. هم‌چنین در تراکم III این گیاه نرخ آلودگی را از ۲۷۶۶۷ تا ۱۵۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک یعنی حدود ۴۵/۷۸ درصد کاهش داد (شکل ۲). گیاه ماش فقط در مرحله جوانه‌زنی مقاومت نشان داد و پس از آن از بین رفت. هم‌چنین گیاه لوبیا در خاک مذکور مقاومت چندانی نداشت ولی رشد نامتعادل آن بیانگر وجود فاکتورهای ژنتیکی در گیاه است که در صورت تقویت ممکن است این گیاه نیز در پالایش آلودگی نفتی خاک عملکرد خوبی از خود نشان دهد. با توجه به مطالعات گذشتگان گیاه جو بسیار مقاوم بوده و قادر به رشد در آلودگی‌های نسبتاً بالا نیز می‌باشد، در صورتی‌که چنین مقاومتی در در دو گیاه دیگر مشاهده نشد. با توجه به جوانه زدن ماش و رشد کم و نامتعادل لوبیا احتمالاً ماش و لوبیا در آلودگی‌های نفتی پایین‌تر رشد بهتری داشته و پاک‌سازی خاک را انجام می‌دهند.

گیاه جو در تمام مراحل جوانه‌زنی، رشد رویشی و زایشی در مقابل آلاینده‌های هیدروکربنی از خود مقاومت نشان داد که با نتایج فریک و همکاران (۹) مطابقت داشت. هم‌چنین ابس و لئون (۸) با مقایسه گیاه‌پالایی روی توسط خردل هندی و دو گیاه جو و جو دوسر دریافتند که جو و جو دوسر در غلظت‌های بالای مس، کادمیم و روی مقاوم هستند، این فلزات در جوانه‌ها با غلظت‌های بالا تجمع می‌یابند. آن‌ها نتیجه گرفتند که غلظت روی در خردل هندی بالاتر بود اما دو گونه گراس مورد آزمون یعنی جو و جو دوسر بسیار مقاوم‌تر بودند. در حضور EDTA جو ۲ تا ۴ برابر بیشتر از خردل هندی روی را در خود جمع کرد. نتایج این پژوهش بیان می‌کند که جو در گیاه‌پالایی خاک‌های آلوده از توانایی بالایی برخوردار است. با توجه به شکل ۲ به‌وضوح مشخص است که در پژوهش حاضر نیز قسمت اعظم پالایش TPHs توسط گیاه جو در مرحله جوانه‌زنی صورت پذیرفته است که با نتایج ابس و لئون (۸) مبنی بر تجمع آلاینده در جوانه‌ها مطابقت دارد. هم‌چنین مقاومت بالای مشاهده شده این گیاه به TPHs در پژوهش حاضر مطابق با مقاومت بالای آن به فلزات مس، کادمیم و روی در پژوهش مذکور بود.

گیاهان استفاده شده در این تحقیق از خانواده گراس‌ها و لگوم‌ها هستند که هر سه گیاه کاهش آلودگی نفتی را نشان دادند. این نتیجه با یافته‌های دیگر پژوهش‌گران در این زمینه از جمله ایپریل و سیمز (۳)، گاندر و همکاران (۱۱)، لیست و همکاران (۱۶)، کیو و همکاران (۱۷) و ریلی و همکاران (۱۸) هماهنگی داشت. آنها در مطالعات خود توانایی لگوم‌ها و گراس‌ها در سرعت بخشیدن و تسهیل پاک‌سازی

مناطق آلوده بـه هیـدروکربن‌هـای نفتـی را بیـان نمودنـد. گایـدین و سیترات (۱۰) ضمن تایید نتایج فوق دریافتند که لگوم‌ها مجبور نیستند با میکروارگانیسم‌ها و سایر گیاهـان بـرای اسـتفاده از ذخـایر محـدود نیتروژن قابل دسترس خاک در نواحی آلوده به نفت رقابـت کننـد و از این جهت تأثیرگذاری خوبی در پالایش خاک دارند. با توجه به نتـایج حاصل از این پژوهش برای کـاهش آلـودگی‌هـای هیـدروکربن‌هـای نفتی، کشت گیاه جو آن هم در تراکم بالا توصیه می‌شـود. هـم‌چنـین پژوهش در زمینه ایجاد تغییرات ژنتیکی در افزایش مقاومت گیاه لوبیـا و تقویت فاکتورهای مقاومت‌کننده این گیاه به هیدروکربن‌های نفتـی به پژوهش‌گران پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

نگارندگان از زحمات معاونت محترم پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسـلامی واحـد کـرج جنـاب آقـای دکتـر علیرضا نوشری برای انجام تجزیه و تحلیل آماری و مسـئول محتـرم آزمایشگاه خاک‌شناسی این دانشـکده جنـاب آقـای مهنـدس حسـین اکبری برای راهنمایی‌های ارزشـمند و تـامین امکانـات جهـت انجـام آزمایش‌ها کمال تشکر و قدردانی را می‌نمایند.

منابع

۱- بسالت پور ع.آ.، حاج عباسی م.ع.، خوشگفتار منش ا.ج. و افیونی م. ۱۳۸۷. بررسی پالایش های خاک هـای آلـوده بـه هیـدروکربن هـای نفتـی اطراف پالایشگاه تهران به روش تحریک گیاهی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد پانزدهم، شماره چهارم.

۲- رنگ زن ن. ۱۳۸۵. بررسی نقش گیاهان در پالایش خاک های آلوده به گازوئیل. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه شـهید چمران اهواز.

3- Aprill W., and Sims R.C. 1990. Evaluation of the use of prairie grasses for stimulating polycyclic aromatic hydrocarbon treatment in soil,. Chemosphere. 20(1-2): 253-265.

4- Black C.A.(eds). 1965. Methods of soil analysis. Part2. SSSA

5- Cedric K., Pettersson K., Leeds P. Harrison. Ritchie L., and Ledin S. 2007. Root establishment of perennial ryegrass (L.perenne) in diesel contaminated subsurface soil layers. Environmental Pollution, 145, 68– 74.

6- Chengwei F., Radosevich M., and Fuhrmann J. 2001. Atrazine and phenanthrene degradation in grass rhizosphere soil. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 4(6): 604-610.

7- Delleur J. 2000. Handbook of Ground water engineering, springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

8- Ebbs D.S., and Leon V.K. 1998. Phytoextraction of Zinc by Oat (*Avena sativa*), Barley (*Hordeum vulgare*), and Indian Mustard (*Brassica juncea*). Environment Science Technology, 1998, 32 (6), pp 802–806.

9- Frick C.M., Farrell R.E., and Germida J.J. 1999. Assessment of Phytoremediation as an In-Situ Technique for Cleaning Oil- Contaminated Sites. Department of Soil Science University of Saskatchewan, Saskatoon, SK Canada, 1-10.

10- Gudin C., and Syratt W.J. 1975. Biological aspects of land rehabilitation following hydrocarbon contamination. Environmental pollution, 8: 107-112.

11- Gunther T., Dornberger U., and Fritsche W. 1996. Effects of ryegrass on biodegradation of hydrocarbons in soil. Chemosphere. 33(2): 203-215.

12- Hutchinson S.L., Schwab A.P., and Banks M.K. 2001. Phytoremediation of Aged Petroleum Sludge: Effect of Irrigation Techniques and Scheduling. Journal of Environmental Quality, 30: 1516-1522.

13- Klute A.(ed). 1986. Methods of soil analysis. Part1. SSSA.

14- Klute A.(ed). 1986. Methods of soil analysis. Part2. SSSA.

15- Lin Q., Mendelssohn I.A., Suidan M.T., Lee K., and Venosa A.D. 2002. The dose – response relationship between No. 2 fuel oil and the growth of the salt marsh grass, Spartina alterniflora Marine Pollution Bulletin, 44: 897- 902.

16- Liste H.H, and Felgentreu D. 2006. Crop growth, culturable bacteria, and degradation of petrol hydrocarbons (PHCs) in a long - term contaminated field soil. Electronic Journal of Biotechnology ISSN : 0717 – 3458.

17- Qiu X., Leland T.W., Shah S.L., Sorensen D.L., and Kendall E.W. 1997. Chapter 14 Field study: grass remediation for clay soil contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons. phytoremediation of soil and water contaminants. E. L. Kruger. T. A. Anderson and J. R. Coats. American Chemical Society:

Washington, D. C. ACS Symposium Series, 664. 186-199.
18- Reilley K.A., Banks M.K., and Schwab A.P. 1996. Organic chemicals in the environment: dissipation of polycyclic aromatic hydrocarbons in the rhizosphere. Journal of Environmental Quality. 25: 212-219.
19- Schwab A.P., and Banks M.K. 1994. Chapter 12 Biologically mediated dissipation of polyaromatic hydrocarbons in the root zone. Bioremediation Through Rhizosphere Technology. T. A. Anderson and J. R. Coats. American Chemical Society: Washington. DC.
20- Van Vark, W., Houba, V.J. G., and Van der Lee, J.J. 1989. Soil and Plant. Analysis, a Series of Syllabi, Part 7: Plant analysis procedures; Wageningen Agriculture University.

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No. 5, Nov-Des 2011, p. 961-970

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۵، آذر - دی ۱۳۹۰، ص. ۹۷۰-۹۶۱

The Effect of Plants' Growth at Different Densities on Soil Petroleum Hydrocarbons Remediation

S. Seyed Alikhani[1*]- M. Shorafa[2]- A. Tavassoli[3]- S.S. Ebrahimi [4]

Received: 19-11-2009
Accepted: 29-6-2011

Abstract

Petroleum pollution is one of the most common and dangerous pollutions that is due to petroleum industries such as refineries, and consequently of oil pipes and tanks leak causing environmental pollutions. One of the newest born technologies in this area is phytoremediation, in which plants are used for decreasing of petroleum pollution. This technology is used for remediation of soil, underground and waste water pollution, because of low expenses and simple application. In this research bioremediation system by three plants barley, vetch and bean at three levels of density, with three replications in factorial experiments, randomized complete block design (RCBD) was used. In three steps of plant growth, concentration of total petroleum hydrocarbons (TPHs) of soil was measured. Statistical analysis showed that the amount of soil remediation had a direct relation with increasing plant density levels. The maximum remediation belonged to barley which in it's maximum density level, it reduced the amount of pollution up to 45.78%. Generally, because of high resistance of barley to petroleum pollution and it's ability for remediation of pollution, barley was recognized as the best plant among the evaluated treatments for remediation of petroleum polluted soils.

Keywords: Barley, Bean, Petroleum, Pollution, Soil, Vetch

1-MSc Graduated Department of Soil Science, Karaj Islamic Azad University. Member of Karaj Young Researchers Club
(*- Corresponding Author Email:sa.alikhani@gmail.com)
2- Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tehran
3- Assistant Professor, Department of Soil Science, Islamic Azad University of Dezfoul
4- Assistant Professor, Department of Soil Science, Agriculture and Natural Resources University of Gorgan