پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۶ تا ۸ شهریور ۱۳۹۶ محور مقاله: آلودگی خاک

بررسی پتانسیل اکالیپتوس در پالایش خاک آلوده به هیدروکربن‌های نفتی

مهناز طاهری*[۱]، بابک متشرع زاده[۲] و علی اصغر ذوالفقاری[۳]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، ۲-دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۳- استادیار گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی دانشگاه سمنان
taheri2756@ut.ac.ir

چکیده

آلودگی خاک به نفت خام و مشتقات آن از خطرناک ترین آلودگی های زیست محیطی به شمار می‌رود که در کشورهای تولید کننده نفت، اجتناب ناپذیر است. این پژوهش با استفاده از طرح فاکتوریل در قالب طرح آزمایشی کاملا تصادفی در ۵ سطح آلودگی نفتی شامل، شاهد، ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد (وزنی – وزنی) و ۵ سطح شوری شامل، شاهد، ۴، ۵،۵، ۷ و ۹ (دسی زیمنس بر متر) بر روی گیاه اکالیپتوس، انجام شد. نتایج اندازه‌گیری غلظت هیدروکربن نفتی قبل و بعد از کشت نشان داد بیشترین کاهش در میزان هیدروکربن نفتی در تیمار ۱٪ آلودگی نفتی به میزان ۸۲٪ و کمترین کاهش در میزان هیدروکربن نفتی در تیمار با بالاترین درصد نفت (۴٪) و به میزان ۴۴٪ بود.

واژه های کلیدی: اکالیپتوس، شوری، آلودگی نفت خام، آلودگی خاک، تنش

مقدمه

امروزه به دلیل استفاده زیاد از ترکیبات نفتی در سراسر جهان، آلودگی ناشی از این ترکیبات گسترده و در سطح جهانی است. آلودگی ناشی از فعالیت‌های نفتی در یک کشور تولیدکننده نفت اجتناب‌ناپذیر است (سروی و همکاران ۱۳۹۱). این دسته از آلاینده‌های آلی پایداری زیادی در خاک دارند و انباشته‌شدن تدریجی این آلاینده‌ها در خاک در طول زمان نه تنها موجب اختلال در کارکردهای طبیعی خاک مانند کاهش عملکرد محصولات کشاورزی شده، بلکه سبب تغییر در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک آلوده نیز می‌گردد (بسالت پور و همکاران، ۱۳۸۹). از آن جایی که بسیاری از ذخایر نفتی جهان در مناطق شور و خیلی شور قرار دارند، بنابراین بسیاری از مناطق آلوده به نفت و ناخالصی‌هایی که در آن وجود دارد با معضل شوری نیز مواجه هستند. (Singh et al 2010).

روش‌های متنوعی جهت پاک‌سازی خاک‌های آلوده به نفت خام و سایر آلاینده‌ها وجود دارد. به طور کلی این روش‌ها در سه دسته فیزیکی (مانند استخراج بخارات آلاینده از خاک)، شیمیایی (مانند شستشوی خاک) و زیستی (مانند گیاه پالایی) تقسیم می‌شوند. به دلایل متعدد، امروزه اقبال عمومی به روشهای طبیعی و منطبق با محیط زیست می‌باشدپژوهشگران با بررسی بهره وری گیاه پالایی خاک صنعتی آلوده بهPAH با استفاده از چچم، شبدر سفید و کرفس در سیستم کشت تک و مخلوط گزارش دادند که متوسط درصد باقی‌مانده از PAHs در کشت مخلوط (۴۸٪) به طور قابل توجهی کم‌تر از کشت تک محصولی (۵۵٪) و خاک شاهد (۷۰٪) بود. در تمام تیمارها، تجزیه زیستی گیاه تقریبا ۹۹٪ تلفات PAH را افزایش داد، اما جذب گیاه تنها موجب کاهش کمتر از ۲٪ PAHs موجود در کشت تک محصولی گردید. PAHها ۲-۴ حلقه به طور کلی بیشتر تحت تاثیر جذب گیاه قرار گرفتند، به ویژه برای کرفس و کشت مخلوط، در حالی که PAHs موجود در ۶-۳ حلقه، بیش از همه با تجزیه زیستی در کشت مخلوط تجزیه گشتند. نتایج آن‌ها نشان داد که گیاه پالایی خاک آلوده به PAH در سیستم کشت مخلوط بیش از تک محصولی انجام پذیرفته و تجزیه زیستی مسیر اصلی گیاه پالایی PAH را ارتقا داده، در حالی که جذب گیاه بخش کوچکی از گیاه پالایی خاک آلوده به PAH را شامل می‌شود. هم‌چنین بیان نمودند که هر دو این مسیرها وابسته به گونه‌های گیاهی، الگوی کشت، و اندازه PAH می‌باشد (Zand et al 2010) . با توجه به ضرورت ارایه راهکار برای مقابله با الودگی خاک در مناطق مورد بهره‌برداری ذخایر نفتی، این پژوهش با هدف بررسی پتانسیل گیاه اکالیپتوس در جذب و پالایش آلودگی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو بخش بررسی‌های آزمایشگاهی و کشت گلخانه‌ای صورت گرفت. در ابتدا برای انجام کشت اکالیپتوس، خاک مناسب و بدون آلودگی تهیه گردید و پس از تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، اقدام به اعمال تیمارهای مختلف (آلودگی نفتی و شوری) گردید. سپس مراحل رشد نهال اکالیپتوس در شرایط گلخانه‌ای صورت گرفت. در مرحله بعد، پس از اتمام دوره داشت، گیاهان برداشت و خصوصیات مختلف در خاک و گیاهان اندازه گیری شد. برای این منظور ابتدا خاک غیر آلوده با بافت مناسب از مزرعه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی به روش نمونه برداری مرکب تهیه گردید. خاک هوا خشک پس از عبور از الک ۴ میلیمتری، در گلدان‌های پلاستیکی ۵ کیلوگرمی توزیع شد. جهت اعمال تیمارهای آلودگی هیدروکربن‌های نفتی، نفت خام از پالایشگاه شهید تندگویان تهران تهیه شد. سپس سطوح آلودگی های مورد نظر ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد وزنی که با توجه به مطالعات صورت گرفته قبلی انتخاب شد. از طریق پاشش، به طور کامل با خاک هر گلدان مخلوط گردید، به گونه‌ای که آلودگی تا حد ممکن به طور یکنواخت در خاک پخش شود. سپس به دلیل آلوده کردن خاکها به طور مصنوعی و برای نزدیک شدن به شرایط طبیعی و ایجاد تعادل در خاک، گلدان‌های آلوده شده به مدت ۳ ماه در دمای ۳۵- ۳۰ درجه سانتی‌گراد در شرایط گرماگذاری قرار گرفتند. شور کردن خاک به وسیله حل کردن نمک های کلرید سدیم و کلرید کلسیم با نسبت مولی یکسان صورت گرفت (حسینی و همکاران، ۱۳۸۹). تیمارهای شوری با قابلیت‌های هدایت الکتریکی شاهد، ۴، ۵،۵، ۷ و ۹ دسی زیمنس بر متر و با استفاده از فرمول EC× TDS=640 در آب مقطر صورت گرفت. به دلیل آبگریزی خاک آلوده به نفت، ابتدا تیمار های شوری اعمال و سپس تیمارهای نفتی اعمال شد.

تعداد ۷۵ عدد نهال اکالیپتوس کامالدولنسیس (*Eucalyptus camaldulensis*) یک ساله با ارتفاع ۲۳ سانتی متر ، قطر ساقه ۱،۷۵ سانتی متر و تعداد برگ ۲۵ عدد، از نهالستان عیسی پره دزفول تهیه شد. بعد از گذراندن دوره انکوباسیون، گلدان‌ها به گلخانه گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تهران منتقل و در شرایط دمایی ۳۵ - ۲۵ درجه سانتیگراد و رطوبت ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه (FC) با دوره روشنایی ۱۲ ساعته به مدت۱۵۰روز رشد کردند. برای محاسبه درصد کاهش هیدروکربن های نفتی در خاک در حضور اکالیپتوس، میزان هیدروکربن های نفتی در نمونه خاک غیر آلوده قبل ازکاشت نهال ها و پس از برداشت نهال ها مورد اندازه گیری و مقایسه قرار گرفت. داده ها در قالب طرح فاکتوریل با طرح پایه کاملا تصادفی آنالیز شدند.

نتایج و بحث

خاک مورد استفاده در این پژوهش دارای بافت لوم رسی و از نوع خاک آهکی بود (جدول۱). کمبود عناصر غذایی نظیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و نیز برخی عناصر ریز مغذی (آهن) بر اساس آزمون خاک و با مصرف کود در دوره داشت، تامین گردید.

جدول ۱- نتایج تجزیه برخی از ویژگی های مهم فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

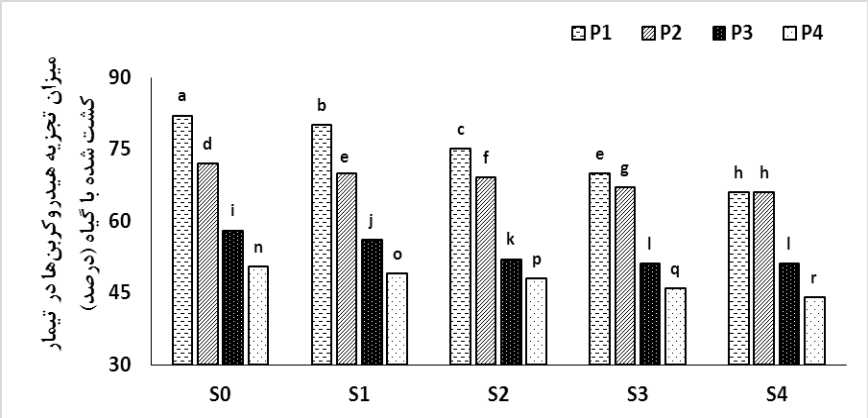
ویژگی	مقدار	ویژگی	مقدار
رس (٪)	۲۸	CEC ($Cmol^+/kg$)	۱۸،۰۹
سیلت (٪)	۳۵	نیتروژن کل (درصد)	۰،۰۷۱
شن (٪)	۳۷	فسفر قابل جذب(mg/kg)	۹،۸
کلاس بافت خاک	لوم رسی	پتاسیم قابل جذب(mg/kg)	۲۱۲
pH	۸،۱	آهن (mg/kg)	۶،۲۱
EC(dS/m)	۱	مس (mg/kg)	۱،۲۱
کربنات کلسیم معادل	۷،۰۳	منگنز (mg/kg)	۳،۱۲
کربن آلی (درصد)	۱،۲۵	روی (mg/kg)	۲،۰۷

بررسی میزان کاهش نفت خام: به منظور بررسی کارایی اکالیپتوس در کاهش درصد هیدروکربن های نفتی در خاک، کار را به دو بخش تقسیم شد. تعداد ۷۵ عدد نهال در گلدان ها، با توجه به سطوح مختلف شوری و آلودگی نفتی کاشته شد. میزان هیدروکربن نفتی تیمارهای آلوده به نفت، قبل از کاشت نهال ها آنالیز شد، سپس نهال ها در گلدان ها کاشته شد. پس از پایان دوره کشت، نهال ها برداشت شد و خاک گلدان ها جهت پی بردن به درصد کاهش هیدروکربن‌ها مجدد آنالیز شد. همچنین تعداد ۷۵ عدد گلدان در شرایط مشابه محیطی ولی بدون گیاه در کنار تیمارهای کشت شده با گیاه قرار داده شد. هدف از اینکار، پی بردن به درصد کاهش هیدروکربن نفتی بدون حضور گیاه بود. جدول۲ نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف شوری و آلودگی نفتی بر میزان تجزیه نفت خام در تیمارهای کشت شده با گیاه را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که اثر اصلی سطوح مختلف نفت و شوری بر میزان تجزیه نفت خام در سطح ۱ درصد ($p<0.01$) معنی‌دار شد. همچنین نتایج نشان داد که اثر متقابل دوگانه نفت خام و شوری بر میزان تجزیه نفت خام در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف شوری و هیدروکربن‌های نفتی بر تجزیه هیدروکربن های نفتی در تیمارهای کشت شده با گیاه.

	میانگین مربعات صفات مورد آزمایش		
منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد تجزیه هیدروکربن های نفتی	
شوری (S)	٤	١٥٩/٦	
آلودگی نفتی (P)	٣	٢٤١٥/٣	
S*P	١٢	١٤/٢	
خطا	٥٠	٠	
ضریب تغییرات		٨٠٥٤/٦	

علائم * و ** به ترتیب بیانگر معنی‌داری تیمارها در سطح ۵ درصد و ۱ درصد هستند.

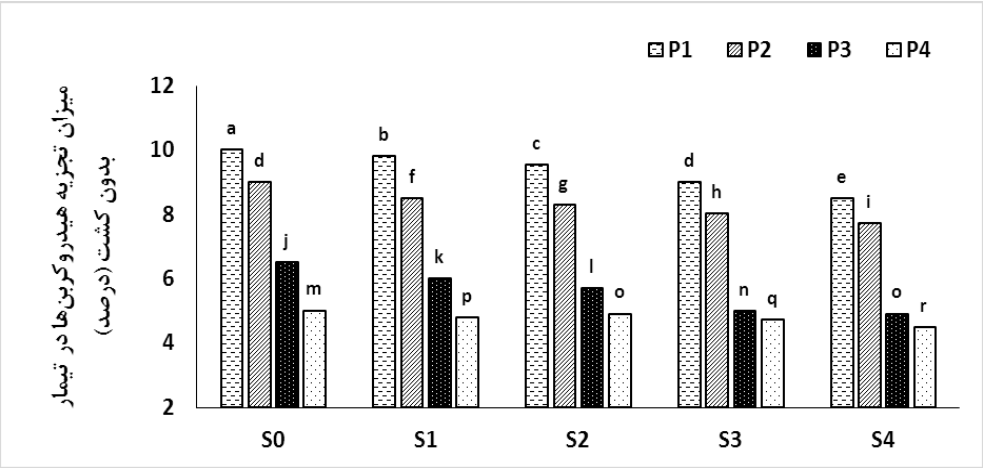


شکل ۱- درصد تجزیه هیدروکربن های نفتی در سطوح مختلف شوری و آلودگی نفتی در خاک تحت کشت با گیاه اکالیپتوس

P0= تیمار بدون آلودگی نفتی، P1= تیمار ۱ درصد آلودگی نفتی، P2= تیمار ۲ درصد آلودگی نفتی، P3= تیمار ۳ درصد آلودگی نفتی، P4= تیمار ۴ درصد آلودگی نفتی

S0 برابر تیمار شاهد، S1 برابر شوری ۴ دسی زیمنس بر متر، S2 برابر شوری ۵,۵ دسی زیمنس بر متر، S3 برابر شوری ۷ دسی زیمنس بر متر و S4 برابر شوری ۹ دسی زیمنس بر متر

بیشترین کاهش در میزان هیدروکربن نفتی در تیمار های کشت شده با گیاه در سطح ۱٪ آلـودگی نفتـی بـه میـزان ۸۲٪ بود، با افزایش سطوح آلودگی درصد تجزیه هیدروکربن های نفتی رو به کاهش رفت و کمترین کـاهش در میـزان هیـدروکربن نفتی در تیمار با بالاترین درصد نفت (۴٪) و به میزان ۴۴٪ بود (شکل ۱).



شکل ۲- درصد تجزیه هیدروکربن های نفتی در سطوح مختلف شوری و آلودگی نفتی خاک کشت نشده با گیاه.

P0= تیمار بدون آلودگی نفتی، P1= تیمار ۱ درصد آلودگی نفتی، P2= تیمار ۲ درصد آلودگی نفتی، P3= تیمار ۳ درصد آلودگی نفتـی، P4= تیمـار ۴ درصد آلودگی نفتی

S0 برابر تیمار شاهد، S1 برابر شوری ۴ دسی زیمنس بر متر، S2 برابر شوری ۵،۵ دسی زیمنس بر متر، S3 برابر شوری ۷ دسی زیمنس بـر متـر و S4 برابر شوری ۹ دسی زیمنس بر متر

نتایج نشان داد بیشترین کاهش در میزان هیدروکربن نفتی در تیمار های کشت نشده با گیاه در سطح ۱٪ آلودگی نفتی به میزان ۱۰٪ بود، با افزایش سطوح آلودگی درصد تجزیه هیدروکربن های نفتی رو به کاهش رفت و کمتـرین کـاهش در میـزان هیدروکربن نفتی در تیمار با بالاترین درصد نفت (۴٪) و به میزان ۴،۵٪ بود (شکل ۲). پژوهشگران بیان نمودنـد کـه محـدوده توسعه ریشه یعنی ریزوسفر دارای جمعیت میکروبی بیشتر و فعال تری نسبت به خاک بـدون ریشـه اسـت. گیاهـان قادرنـد از طریق رهاسازی عناصر غذایی و ترشحات خود درخاک و انتقال اکسیژن بـه ناحیـه ریشـه موجـب تحریـک و افـزایش فعالیـت جمعیت میکروبی تخریب کننده آلاینده های نفتی شوند. ریشه گیاهان می‌توانند به طور مستقیم باعث تخریـب آلاینـده هـای آلی شوند، همچنین ترشحات ریشه مانند آمینواسید، قندها، آنزیم ها، اسیدهای چرب، اسـیدهای آلـی و غیـره سـبب افـزایش تعداد و فعالیت ریزسازواره‌ها و در نتیجه افزایش تجزیه ترکیبات آلی می‌شوند. همچنین ممکـن اسـت تـاثیر مثبـت ریشـه بـر پالایش خاک، مستقل از ترشحات آن باشد و با تنظیم رطوبت و هوا به دست آید (Palmorth et al.2002)

بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان گفت که بالاترین بیشترین کاهش در میزان هیدروکربن نفتـی در تیمـار ۱٪ آلـودگی نفتی به میزان ۸۲٪ و کمترین کاهش در میزان هیدروکربن نفتی در تیمار با بالاترین درصد نفت (۴٪) و بـه میـزان ۴۴٪ بـود. همچنین بیشترین و کمترین کاهش در میزان هیدروکربن نفتی در تیمار های بدون کشت گیاه در تیمار ۱ درصد نفت خـام و ۴ درصد نفت خام بود (۱۰٪ و ۴،۵٪). این نتایج بیانگر آن است که مـی‌تـوان از اکـالیپتوس جهـت پـالایش خـاک آلـوده بـه هیدروکربن نفتی بهره برد.

منابع

بسالت پور، ع. حاج عباسی، م . درستکار، و و ترابی، غ. ۱۳۸۹ . اصلاح خاک های آلوده به هیدروکربن های نفتی به روش ترکیبی زمین پالایی – گیاه پالایی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال چهاردهم. شماره پنجاه و سوم. ۱۲۹-۱۴۲

حسینی، ی. همایی، م. کریمیان، ن و سعادت، س. (۱۳۸۷). مدل سازی واکنش کلزا به تنش های توامام شوری و کمبود نیتروژن. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال دوازدهم. شماره چهل و ششم. ۷۳۱-۷۲۴

سروی، و. چرم، م. فلاح، م و معتمدی، ح. ۱۳۹۱. بررسی نقش قارچ میکوریزا و باکتری های تجزیه گر در افزایش گیاه پالایی ترکیبات نفتی در خاک های آلوده به نفت خام. نشریه آب و خاک. جلد ۲۶، شماره ۴. ۸۴۱-۸۳۲

Palmorth, R. T., Pichtel, J., 2002. Phytoremedation of subarctic soil contaminated with diesel fuel. Journal of Bioresource Technology, 84:221-228

Singh G, Bhati M, Rathod T. (2010). Use of tree seedlings for the phytoremediation of a municipal effluent used in dry areas of north – western India. Ecological Engineering 36. 1299-1306.

Zand, A. D., Bidhendi, G. N., and Mehrdadi, N. (2010). Phytoremediation of total petroleum hydrocarbons (TPHs) using plant species in Iran. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 34(5), 429-438.

Study of the effect of Eucalyptus in phytoremediation of petroleum contaminated soil

M. Taheri[1], B. Motesharezadeh[1] and A. A. Zolfaghari[2]
1-Department of Soil Science, University College of Agricultural and Natural Resources, University of Tehran, (*corresponding author), 2-Faculty of Desert Science, Semnan University, Semnan
: taheri2756@ut.ac.ir@ut.ac.ir

Abstract
(Times New Roman 10, Regular) Soil pollution with crude oil and its derivatives is a serious environmental issue, which is inevitable in oil producing countries. This study was a factorial experiment arranged in a completely randomized design. The first factor was crude oil at 5 levels (control, 1, 2, 3, 4 W/W), and the second factor salinity at 5 levels (control, 4, 5.5, 7, and 9 dS /m). The result of Analyzing TPH before and after planting showed that the highest reduction of TPH was in the soil treated with 1% of oil (82%), and the lowest reduction was in the soil treated with 4%
of oil (44%).

Keywords: Crude oil pollution, Eucalyptus, Salinity, Soil pollution, Stress