# بررسی کارایی گیاه پالایی برای آلاینده‌های نفتی در مقیاس گلخانه در خاک رسی و شور

سید نادعلی علوی بختیاروند[1]، ایمان پارسه[2]، مهدی احمدی مقدم[1]، نعمت‌اله جعفرزاده[3]

**مقاله پژوهشی**


## چکیده

**مقدمه:** خاک آلوده به هیدروکربن‌های نفتی یک مسأله زیست محیطی است که سلامت انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. گیاه پالایی یک روش مقرون به صرفه برای حذف آلاینده‌های نفتی از خاک می‌باشد. در این مطالعه، اثر گیاه و مواد مغذی بر میزان حذف TPH (Total petroleum hydrocarbons) از خاک در طی فرایند گیاه پالایی بررسی گردید.

**روش‌ها:** خاک مورد مطالعه از واحد نمک‌زدایی اهواز ۲ جمع‌آوری و با غلظت ۲/۵ درصد وزنی- وزنی نفت خام آلوده شد. جمعیت میکروبی و TPH خاک گلدان‌های مورد مطالعه در شروع پژوهش و در پایان ماه سوم اندازه گرفته شد. TPH خاک به وسیله دستگاه GC و جمعیت میکروبی با استفاده از روش شمارش بشقابی هتروتروفیک اندازه‌گیری گردید. تحلیل داده‌ها و رسم نمودار نیز به ترتیب با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ و Excel صورت گرفت.

**یافته‌ها:** میانگین درصد حذف TPH در خاک کشت شده با گیاه (حدود ۲۰ درصد) بیشتر از آن در خاک بدون گیاه (حدود ۷ درصد) بود. به علاوه، میانگین جمعیت باکتریایی هتروتروفیک در خاک کشت شده با گیاه (۷/۱۴ CFU/g) بیشتر از آن در خاک بدون گیاه (۶/۱۶ CFU/g) بود. همچنین بر طبق نتایج، میانگین درصد حذف TPH و میانگین جمعیت میکروبی در خاک دریافت کننده مواد مغذی، بیشتر از آن‌ها در خاک بدون دریافت مواد مغذی بود.

**نتیجه‌گیری:** هر چند میزان بالای رس و شوری خاک مورد مطالعه تأثیر منفی بر کارایی گیاه پالایی داشت، اما نتایج نشان داد که گیاهان بومی حتی در شرایط نامناسب محیطی عمل گیاه پالایی را به خوبی انجام می‌دهند.


**واژه‌های کلیدی:** گیاه پالایی، هیدروکربن‌های نفتی، سورگوم هالپنس

**ارجاع:** علوی بختیاروند سید نادعلی، پارسه ایمان، احمدی مقدم مهدی، جعفرزاده نعمت‌اله. **بررسی کارایی گیاه پالایی برای آلاینده‌های نفتی در مقیاس گلخانه در خاک رسی و شور.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۱؛ ۸ (۷): ۱۲۷۹-۱۲۷۲.

دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۴/۱۲ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۷/۲۸

## مقدمه

امروزه به دلیل استفاده زیاد از ترکیبات نفتی در سراسر جهان، آلودگی ناشی از این ترکیبات گسترده و در سطح جهانی است (۱). هیدروکربن‌های نفتی کل (TPH یا Total petroleum hydrocarbons)، شامل مخلوطی از هیدروکربن‌ها می‌باشند که در مکان‌های پتروشیمی،

۱- استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات فن‌آوری‌های زیست محیطی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور، اهواز، ایران
۲- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور، اهواز، ایران (نویسنده مسؤول)
Email: iparseh97@gmail.com
۳- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات فن آوری‌های زیست محیطی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور، اهواز، ایران



www.mui.ac.ir

[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-07-10 ]

ذخیره‌سازی، حوضچه‌های دفع زایدات و پالایشگاه‌های نفت دیده می‌شوند. این ترکیبات در زمره آلاینده‌های خطرناک مقاوم هستند و شامل ترکیباتی بوده که به صورت زیستی در زنجیره غذایی تجمع پیدا می‌کنند، سمیت حادی دارند و بعضی از آن‌ها مانند بنزن و بنزو (آ) پیرن جهش‌زا و سرطان‌زا هستند (۲). مهم‌ترین عامل آلودگی خاک به ترکیبات نفتی، نشت از تانک‌های ذخیره‌سازی نفت، دفع آب‌های حاوی ترکیبات نفتی در زمین و نشتی‌های تصادفی از لوله‌ها و مخازن است. به علاوه طی تحقیقات مختلف این موضوع به اثبات رسیده است که غبارهای حاصل از مشعل‌های سوخت گازهای همراه با نفت می‌تواند مواد خطرناکی را به خاک اضافه کند (۳). از طرف دیگر، ایران یکی از اعضای سازمان کشورهای صادر کننده نفت (OPEC) و از جمله تولید کنندگان اصلی نفت در دنیا به شمار می‌رود، از این رو خاک‌های آلوده به ترکیبات نفتی در مناطق نفت‌خیز ایران به ویژه در استان خوزستان یک تهدید اساسی است (۴).

روش‌های متنوعی جهت پاک‌سازی خاک‌های آلوده به نفت خام و سایر آلاینده‌ها وجود دارد. به طور کلی این روش‌ها در سه طبقه فیزیکی (مانند استخراج بخارات آلاینده از خاک)، شیمیایی (مانند شستشوی خاک) و زیستی (مانند گیاه پالایی) تقسیم می‌شوند که گاه ممکن است ترکیبی از این روش‌ها به کار گرفته شود (۶، ۵). از بین این روش‌ها، روش گیاه پالایی نسبت به روش‌های فیزیکی- شیمیایی تصفیه‌ای خاک ارزان‌تر است، به انرژی کمتری نیاز دارد، آلودگی‌های ثانویه کمتری دارد و به علاوه از راندمان مناسبی برای حذف ترکیبات نفتی از خاک برخوردار می‌باشد که از این طریق خود را به عنوان روش مفید و قابل اعتمادی در افکار عمومی مطرح کرده است (۷). در این روش، آلاینده‌های آلی با استفاده از فرایندهایی مانند تثبیت گیاهی، استخراج گیاهی، تبخیر گیاهی، تجزیه ریزوسفری، ریزوفیلتراسیون، تجزیه گیاهی و کنترل هیدرولیکی مورد تصفیه قرار می‌گیرد (۹، ۸).

Doni و همکاران طی مطالعه‌ای بر روی گیاه پالایی خاک آلوده به ترکیبات نفتی با استفاده از گیاه Populus nigra (var. italica)، کاهش ۸۰ درصدی در میزان هیدروکربن‌های نفتی خاک در تیمارهای کشت شده با گیاه مشاهده نمودند که در مقایسه با کاهش ۳۰ درصدی هیدروکربن‌های نفتی در تیمارهای بدون گیاه تفاوت معنی‌داری داشت (۱۰). Wang و همکاران در چین، طی مطالعه‌ای ۵ ماهه بر روی میزان توان گیاه پالایی خاک‌های آلوده به ترکیبات نفتی با غلظت ۵۰۰۰ میلی‌گرم نفت خام در هر کیلوگرم خاک دریافتند که میزان کاهش هیدروکربن‌های نفتی در نمونه‌های کشت شده با گیاه ۴۰-۳۰ درصد بود؛ در حالی که در نمونه‌های شاهد (بدون کشت گیاه) میزان کاهش هیدروکربن‌های نفتی فقط ۱۰ درصد بود (۱۱).

در این مطالعه، کارایی گونه چمنی گیاه سورگوم هالپنس (Sorghum halepens) (گیاه بومی استان خوزستان) در تحریک جمعیت میکروبی و حذف هیدروکربن‌های نفتی از خاک به مدت ۳ ماه مورد بررسی قرار گرفت. مهم‌ترین وجه تمایز این مطالعه با سایر مطالعات صورت گرفته در زمینه گیاه پالایی، نوع خاک مورد مطالعه بود که ضمن دارا بودن درصد بالای رس و سیلت، شوری زیادی داشت و همین امر باعث شد تا کارایی گیاه پالایی کمتر از حد انتظار نمایان شود. خاک غیر آلوده مورد مطالعه، در نزدیکی منطقه آلوده واحد نمک‌زدایی ۲ اهواز تهیه گردید و هیچ گونه اصلاحی بر روی بافت خاک صورت نگرفت تا در صورت لازم بتوان از نتایج حاصل از مطالعه در مقیاس صحرایی استفاده نمود.

## روش‌ها

### جمع‌آوری و آلوده‌سازی مصنوعی خاک

در مطالعه کاربردی- مداخله‌ای حاضر، ابتدا خاک غیر آلوده از محدوده واحد نمک‌زدایی اهواز ۲ (واقع در حومه شهر اهواز، ناحیه صنعتی کارون) و با توجه به عمق معمول مؤثر در فرایند گیاه پالایی، از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری سطح خاک تهیه و جمع‌آوری گردید. سپس مشخصات فیزیکی- شیمیایی آن با استفاده از روش‌های استاندارد خاک‌شناسی تعیین شد (جدول ۱). خاک‌های جمع‌آوری شده، در هوای آزاد به صورت لایه‌های نازکی درآورده شدند و به خوبی کوبیده شدند؛ به طوری که قطر ذرات تا ۳ میلی‌متر کاهش یافت، سپس برای



www.mui.ac.ir
[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-07-10 ]

**جدول ۱: مشخصات فیزیکی- شیمیایی خاک مورد مطالعه**

| پارامتر | روش اندازه‌گیری | میزان اندازه‌گیری شده |
|---|---|---|
| pH | دوغاب خاک با دستگاه pH متر دیجیتالی | ۷/۵۱ |
| EC* (Ds/m) | با استفاده از دستگاه EC متر (از عصاره اشباع)، | ۱۴/۵۰ |
| درصد رطوبت اشباع | کاهش وزن در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد | ۴۳/۱۳ |
| سدیم (meq/l) | فلیم فتومتر | ۱۰۴/۹۰ |
| پتاسیم (meq/l) | فلیم فتومتر | ۱۲/۱۰ |
| کلسیم (meq/l) | تیتراسیون با EDTA | ۴۹/۰۰ |
| منیزیم (meq/l) | تیتراسیون با EDTA | ۲۶/۵۰ |
| مواد آلی (درصد) | والکلی- بلاک | ۷/۷۴ |
| سولفات (meq/l) | روش استون از عصاره اشباع | ۲۱/۵۰ |
| فسفر (mg/kg) | روش بی‌کربنات سدیم، اولسن | ۵/۶۱ |
| بافت | هیدرومتری | رسی- لومی- سیلتی |
| رس (درصد) | هیدرومتری | ۳۵/۰۰ |
| لای (درصد) | هیدرومتری | ۴۷/۰۰ |
| شن (درصد) | هیدرومتری | ۱۸/۰۰ |
| آهک (درصد) | هیدرومتری | ۴۱/۰۰ |

*EC: Electrical conductivity

آلوده‌سازی ۱۲۰ کیلوگرم از این خاک با غلظت ۲/۵ درصد وزنی- وزنی (۲۵ گرم نفت خام در کیلوگرم خاک)، میزان ۱/۷۴۴ لیتر از نفت خام آسماری با دانسیته ۸۶۰ گرم بر لیتر و میزان ۱/۶۶۶ لیتر از نفت خام بنگستان با دانسیته ۹۰۰ گرم بر لیتر در استون حل شد (نسبت نفت به استون ۱به ۳ بود) و به خاک اسپری گردید. جهت یکنواخت شدن اجزای آلودگی در بافت خاک، خاک آلوده شده به مدت یک ماه در دمای اتاق انکوباته شد. لازم به ذکر است، این دو نوع نفت خام بخش عمده نفت خام منطقه بودند. میزان TPH خاک آلوده شده پس از یک دوره یک ماهه انکوباته در دمای اتاق، به میزان ۱/۹ درصد وزنی- وزنی (گرم نفت خام در کیلوگرم خاک) اندازه‌گیری شد و این میزان به عنوان TPH اولیه در نظر گرفته گردید.

## طرح آزمایش

یک ماه پس از آلوده‌سازی مصنوعی خاک، میزان ۳ کیلوگرم خاک آلوده شده در هر یک از گلدان‌های آزمایشی (۲۰ سانتی‌متر ارتفاع، ۲۰ سانتی‌متر قطر) اضافه گردید. سپس تیمارهایی مطابق جدول ۲ در سه تکرار تهیه شد و تعداد ۲۰ بذر از گیاه سورگوم در گلدان‌ها (به غیر از تیمارهای شاهد) اضافه گردید و بعد از ۱۵ روز به تعداد ۱۰ جوانه در هر گلدان کاهش داده شدند. سپس گلدان‌های آزمایشی به مدت ۳ ماه در یک مکان کنترل شده محیطی جهت بررسی میزان پالایش هیدروکربن‌های نفتی توسط گیاه سورگوم نگهداری شدند. گلدان‌های آزمایشی در طول مدت آزمایش هر ۳ روز به طور تصادفی جابجا می‌شدند.

**جدول ۲: تعداد تیمارها**

| درصد آلودگی (وزنی- وزنی) | گیاه | مواد مغذی | تکرار |
|---|---|---|---|
| ۱/۹ | سورگوم | + | ۳ |
| | | - | ۳ |
| | شاهد | - | ۳ |

منبع نور برای گیاهان، نور طبیعی خورشید بود که برای جلوگیری از تابش شدید نور خورشید در تابستان از حصیرهای مناسب جهت کاهش شدت تابش نیز استفاده گردید. دما و رطوبت نیز با تهیه ۳ دستگاه کولر گازی و یک دستگاه کولر آبی به ترتیب در ۵ ± ۲۵ درجه سانتی‌گراد و ۱۰ ± ۵۰ درصد



[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-07-10 ]

کنترل شد. با توجه به کیفیت و ساختمان و بافت خاک مورد مطالعه، آبیاری به صورت ۲ تا ۳ بار در هفته در ۷۰ درصد ظرفیت نگهداری آب در خاک (Field capacity یا FC) صورت گرفت. مواد مغذی مورد استفاده شامل کودهای تجاری اوره (۴۶ درصد نیتروژن)، سولفات پتاسیم (۶۰ درصد پتاس) و دی‌سولفات آمونیم (۴۶ درصد فسفر، ۱۸ درصد نیتروژن) بود که بر اساس نیاز گیاه سورگوم مطابق جدول ۳، پس از حل کردن در آب به تیمارهای دریافت کننده مواد مغذی اضافه گردید تا از این طریق میزان تأثیر مواد مغذی بر کارایی گیاه پالایی توسط گیاه سورگوم تعیین گردد.

**جدول ۳: میزان مواد مغذی اضافه شده به خاک آزمایشی (گرم در هر گلدان)**

| سولفات پتاسیم | دی‌فسفات آمونیوم | ازت |
|---|---|---|
| ۰/۵۲۳ (در شروع مطالعه) | ۰/۶۸۲ (در شروع مطالعه) | ۰/۴۱۵ (در شروع مطالعه)<br>۰/۳۴۱ (۳۰ روز بعد از کشت گیاه)<br>۰/۳۴۱ (۶۰ روز بعد از کشت گیاه) |

## نمونه‌برداری

نمونه‌برداری از خاک با استفاده از تعدادی اسپاتول استریل در عمق نزدیک ریشه گیاه صورت پذیرفت و نمونه‌های خاک پس از یکنواخت سازی و خشک شدن در هوای آزاد، از الک‌های ۲ میلی‌متر عبور داده شدند و تا زمان تحلیل نهایی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند.

## روش‌های تعیین کمی

### تعیین میزان هیدروکربن‌های نفتی باقی‌مانده

تعیین TPH در آزمایشگاه محیط زیست مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران (در شهر کرج) صورت پذیرفت. برای اندازه‌گیری غلظت هیدروکربن‌های نفتی کل از کروماتوگراف گازی شرکت Agilent که مجهز به آشکارساز FID بود، استفاده گردید. حد آشکارسازی (Detection limit) دستگاه ppm ۱ و درصد بازیابی آن نیز بین ۶۴ تا ۷۰ درصد بود.

تعیین غلظت هیدروکربن‌های نفتی کل بر اساس روش UNEP/IOC/IAEA سازمان محیط زیست آمریکا انجام شد. در این روش جهت تعیین غلظت هیدروکربن‌های نفتی کل خاک، ابتدا ۱۰ گرم از نمونه در عصاره‌گیر سوکسله با ۲۵۰ میلی‌لیتر از مخلوط هگزان و دی‌کلرومتان (۵۰:۵۰) مورد استخراج قرار گرفت. سپس ۱ میکرولیتر از عصاره به دست آمده به وسیله دستگاه گاز کروماتوگراف Agilent ۶۸۹۰Ng، مجهز به دتکتور یونیزاسیون شعله‌ای (FID) و ستون مویینه B–۵ (طول ۳۰ متر، قطر ۰/۳۲ میلی‌متر و ضخامت فیلم: ۰/۲۵ میکرومتر)، مورد اندازه‌گیری و تعیین میزان قرار گرفت. جداسازی مطابق برنامه زیر بود.

دمای اولیه آون ۶۰ درجه سانتی‌گراد (به مدت ۲ دقیقه) بود و به میزان ۷ درجه سانتی‌گراد در دقیقه به ۲۹۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت (دمای نهایی) و به مدت ۵ دقیقه در این دما نگه داشته شد. نیتروژن به عنوان گاز حامل (۱ میلی‌لیتر در دقیقه) و گاز جبرانی (۴۰ میلی‌لیتر در دقیقه) مورد استفاده قرار گرفت. ۱ میکرولیتر از عصاره در حالت Splitless به دستگاه تزریق شد. سیستم تزریق در دمای ۲۵۰ و دتکتور در دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد نگه داشته شدند.

## تعداد باکتری‌های هتروتروفیک

جهت تعیین جمعیت باکتری‌های هتروتروفیک خاک تیمارهای مختلف، از روش شمارش بشقابی هتروتروفیک (Heterotrophic plate count یا HPC) استفاده شد. جهت شمارش جمعیت باکتریایی هتروترفیک، نمونه سوسپانسیون خاک (که از حل کردن ۱ گرم خاک در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر تهیه شده بود)، یک سری رقت ($10^{-3}$ تا $10^{-5}$) تهیه شد و از هر رقت میزان ۱ میلی‌لیتر نمونه درون پتری دیش استریل ریخته شد و سپس محیط کشت آماده شده R۲A به آن اضافه گردید. برای هر نمونه در هر رقت ۳ تکرار منظور گردید. سپس این پتری دیش‌ها به مدت ۳–۲ روز در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد انکوباته شدند. جهت شمارش کلونی‌های باکتری تشکیل شده بر روی پتری دیش‌ها بعد از دوره انکوباسیون، از دستگاه کلونی‌کانتر استفاده شد.

## تحلیل آماری

جهت بررسی اختلاف میانگین‌ها در تیمارهای مختلف از



[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-07-10 ]

نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ (version 17, SPSS Inc., Chicago, IL) و آزمون‌های آماری ANOVA و Independent t استفاده گردید و سطح معنی‌داری معادل $P \leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد. نرم‌افزار Excel جهت رسم نمودار مورد استفاده قرار گرفت.

## یافته‌ها

### مشخصات فیزیکی- شیمیایی خاک مورد مطالعه

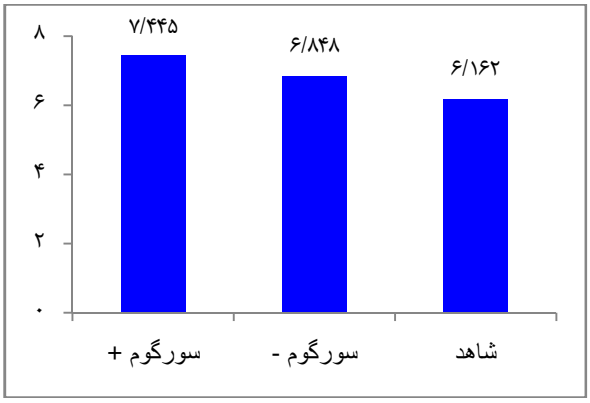
آگاهی از مشخصات فیزیکی- شیمیایی ما را در اجرای هر چه بهتر عمل گیاه پالایی یاری می‌کند. این مشخصات در جدول ۱ آورده شده است.

### تغییرات جمعیت میکروبی طی فرایند گیاه پالایی

میزان جمعیت میکروبی هتروتروفیک خاک مورد مطالعه، قبل از توزین خاک در گلدان‌ها (در شروع مطالعه) بر حسب لگاریتمی، معادل ۳/۴۱ کلونی در هر گرم خاک (CFU/g) اندازه‌گیری شد. جمعیت میکروبی تیمارهای مختلف در پایان ماه سوم در نمودار ۱ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، جمعیت میکروبی در پایان ماه سوم به دلیل رشد گیاه و ترشحات ریشه، نسبت به شروع مطالعه به طور چشمگیری افزایش یافته است. طبق تحلیل آماری صورت گرفته توسط آزمون Independent t، میانگین جمعیت میکروبی در تیمارهای کشت شده با گیاه (۷/۱۴۶ CFU/g) به طور معنی‌داری بیشتر از میانگین جمعیت میکروبی در تیمارهای بدون گیاه (۶/۱۶۲ CFU/g) بود ($P = ۰/۱۲$). همچنین، میانگین جمعیت میکروبی در تیمارهای دریافت کننده مواد مغذی و بدون دریافت مواد مغذی به ترتیب ۴/۴۴۵ و ۶/۵ کلونی بر گرم خاک بود که طبق تحلیل آماری صورت گرفته این اختلاف معنی‌دار بود ($P = ۰/۰۲۱$).

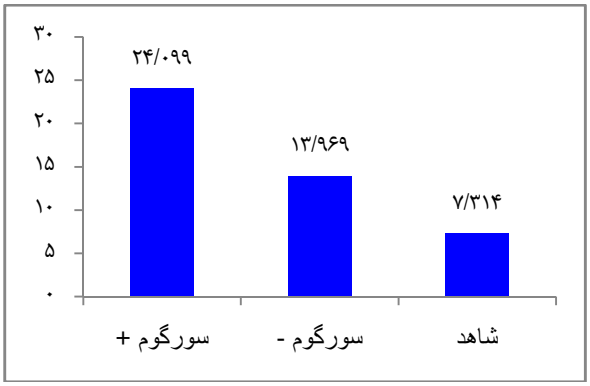
### میزان TPH حذف شده طی فرایند گیاه پالایی

با این که خاک مورد مطالعه در حین آلوده‌سازی با غلظت ۲/۵ درصد وزنی- وزنی آلوده گردید، ولی در طی دوره انکوباته خاک در دمای اتاق، بخشی از هیدروکربن‌های نفتی فرار تبخیر گردید و به همین دلیل در شروع مطالعه گلخانه‌ای (قبل از توزین خاک در گلدان‌ها) میزان TPH خاک اندازه‌گیری شد که معادل ۱/۹ درصد وزنی- وزنی (۱۹ گرم نفت خام بر کیلوگرم خاک) بود. میزان حذف TPH در تیمارهای مختلف در نمودار ۲ نشان داده شده است. بیشترین و کمترین میزان حذف TPH به ترتیب در تیمارهای کشت شده با گیاه سورگوم- دریافت کننده مواد مغذی ۲۴ درصد و تیمارهای شاهد ۷ درصد مشاهده گردید. هر چند میانگین درصد حذف TPH در تیمارهای کشت شده با گیاه بیش از تیمارهای شاهد بود، اما طبق آزمون آماری ANOVA اختلاف معنی‌داری میان درصد حذف TPH در هیچ یک از انواع تیمارهای نشان داده شده در نمودار مشاهده نگردید ($P > ۰/۰۵$).




**نمودار ۱: میانگین جمعیت میکروبی تیمارهای مختلف در پایان ماه سوم**

(- و + نشان دهنده حضور و عدم حضور مواد مغذی است)




**نمودار ۲: میانگین درصد حذف TPH در پایان ماه سوم**

(- و + نشان دهنده حضور و عدم حضور مواد مغذی است)



[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-07-10 ]

## بحث

تاکنون مطالعات زیادی در زمینه گیاه پالایی در سراسر دنیا صورت گرفته است که به طور تقریبی در همه این مطالعات از خاک دارای بافت مناسب‌تری نسبت به خاک مورد استفاده در این مطالعه استفاده شده است. Diab با کاربرد گیاه Viciafaba، Zea mays و Tricicum aestivum در خاک شنی آلوده به نفت خام هوازده با غلظت ۲/۳ درصد با کاربرد مواد مغذی طی ۲ ماه به ۸۶/۴ –۶۴ درصد حذف دست یافتند. همچنین میزان حذف در تیمار شاهد معادل ۵۱ درصد گزارش شد (۳). Khan و همکاران طی مطالعه‌ای ۱۸ هفته‌ای بر روی گیاه پالایی خاک آلوده به پیرن که دارای ۴۲/۵ درصد شن و ۱۱ درصد رس بود، میزان کاهش پیرن در تیمارهای کشت شده با گیاه Lulium multiforum و تیمارهای بدون گیاه را به ترتیب ۶۸–۵۹ درصد و ۱۹–۱۳ درصد گزارش کردند (۱۲).

در مطالعه حاضر، میانگین حذف TPH در تیمارهای کشت شده با گیاه نزدیک به ۲۰ درصد گزارش شد که در مقایسه با سایر مطالعات صورت گرفته در زمینه گیاه پالایی در حد انتظار نبود. هر چند عوامل زیادی مانند شرایط محیطی گلخانه، نوع گیاه، میزان آبیاری و ... می‌تواند در تفاوت بین میزان حذف TPH در این مطالعه با سایر مطالعات دخیل باشد، ولی همان طور که پیش‌تر اشاره شد، مهم‌ترین وجه تمایز مطالعه حاضر با سایر مطالعات گیاه پالایی در نوع بافت خاک بود. خاک مورد استفاده در این مطالعه علاوه بر داشتن درصد بالای رس، دارای شوری ۱۴/۵ دسی زیمنس بر متر بود که شرایط را برای رشد گیاه و میکروب‌های ناحیه ریشه بسیار نامناسب می‌ساخت. از طرف دیگر، در این مطالعه مانند سایر مطالعات صورت گرفته، میانگین حذف TPH در تیمارهای گیاه‌دار بیش از تیمارهای بدون گیاه بود که دلیل این امر، ترشح ترکیبات آلی مانند گلوکز، آنزیم و کربوهیدارت‌های پیچیده در ناحیه ریشه گیاه است که منبعی مناسب از کربن و انرژی را برای میکروارگانیسم‌های ناحیه ریشه فراهم می‌سازد (۱۳). همچنین درصد حذف بیشتر TPH در تیمارهای دریافت کننده مواد مغذی نسبت به تیمارهای بدون مواد مغذی را می‌توان به تأثیر مثبت مواد مغذی در رشد گیاه و میکروب‌های ناحیه ریشه مرتبط دانست.

## نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این مطالعه تأیید کننده اثر مثبت گیاه در حذف هیدروکربن‌های نفتی و اثر منفی رس و نمک بالای خاک مورد مطالعه بر کارایی گیاه پالایی می‌باشد. در نهایت با توجه به عدم دستکاری و اصلاح خاک مورد مطالعه، می‌توان نتایج حاصل از مطالعه را جهت ارزیابی توان گیاه پالایی در مقیاس صحرایی در منطقه آلوده (واحد نمک‌زدایی اهواز ۲) مورد استفاده قرار داد. با توجه به سنگین بودن بافت خاک مورد مطالعه و شوری بیش از حد آن، می‌توان جهت بهبود سیستم تهویه خاک و در نتیجه بهبود کارایی گیاه پالایی، موادی مانند شن، باگاس و یا کمپوست به خاک اضافه نمود.

## تشکر و قدردانی

بدین وسیله از شرکت مناطق نفت‌خیز جنوب به دلیل حمایت مالی و از مرکز تحقیقات کشاورزی استان خوزستان به جهت در اختیار قرار دادن گلخانه قدردانی به عمل می‌آید.

## References

1. Chris DC. Implementing Phytoremediation of Petroleum Hydrocarbons. Methods in Biotechnology. In: Willey N, Editor. Phytoremediation: Methods and Reviews. London, UK: Springer; 2006. p. 99-100.
2. Kamath R, Rentz JA, Schnoor JL, Alvarez PJ. Phytoremediation of hydrocarbon-contaminated soils: principles and applications [Online]. 2003; Available from: URL: http://alvarez.rice.edu/emplibrary/55.pdf/
3. Diab EA. Phytoremediation of oil contaminated desert soil using the Rhizosphere effects of some plant. Res J Agric Biolog Sci 2008; 4(6): 604-10
4. Abedi-Koupai J, Ezzatian R, Vossoughi-Shavari M, Yaghmaei S, Borghei M. The Effects of Microbial Population on Phytoremediation of Petroleum Contaminated Soils Using Tall Fescue. Int J Agri Biol , 2007; 9(2): 242-6.



[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-07-10 ]

5. Nathanail CP, Bardos P. Reclamation of contaminated land. NewJersey, NJ: Wiley p.125-200; 2004.
6. Sharma HD, Reddy KR. Geoenvironmental Engineering: Site Remediation, Waste Containment, and Emerging Waste Management Technologies. New Jersey, NJ: John Wiley & Sons, 2004.
7. Joner EJ, Corgie SC, Amellal N, Leyval C. Nutritional constraints to degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in a simulated rhizosphere. Soil Biology & Biochemistry 2002; 34(6): 859-64.
8. Cherian S, Oliveira MM. Transgenic plants in phytoremediation: recent advances and new possibilities. Environ Sci Technol 2005; 39(24): 9377-90.
9. Ma X, Burken J. Modeling of TCE diffusion to the atmosphere and distribution in plant stems. Environ Sci Technol 2004; 38(17): 4580-6.
10. Doni S, Macci C, Peruzzi E, Arenella M, Ceccanti B, Masciandaro G. In situ phytoremediation of a soil historically contaminated by metals, hydrocarbons and polychlorobiphenyls. J Environ Monit 2012; 14(5): 1383-90.
11. Wang J, Zhang Z, Su Y, He W, He F, Song H. Phytoremediation of petroleum polluted soil. Petroleum Science 2008; 5(2): 167-71.
12. Khan S, El-Latif Hesham A, Qing G, Shuang L, He J. Biodegradation of pyrene and catabolic genes in contaminated soils cultivated with Lolium multiflorum L. Journal of Soils and Sediments 2009; 9(5): 482-91.
13. Shim H, Chauhan S, Ryoo D, Bowers K, Thomas SM, Canada KA, et al. Rhizosphere competitiveness of trichloroethylene-degrading, poplar-colonizing recombinant bacteria. Appl Environ Microbiol 2000; 66(11): 4673-8.


[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-07-10 ]

# Greenhouse Assessment of Phytoremediation Efficiency for Petroleum Contaminants in Clay and Saline Soil

**Seyyed Nadali Alavi Bakhtiarvand[1], Iman Parseh[2], Mehdi Ahmadimoghadam[1], Nematollah Jafarzadeh[3]**

**Original Article**

## Abstract

**Background:** Petroleum contaminated soil is an environmental problem that affects human health. Phytoremediation is a cost-effective method for removal of petroleum from soil. This paper evaluates the effects of the plant and nutrients on the removal of TPHs from soil.

**Methods:** Soils were collected from Ahvaz desalting unit No.2 and then polluted with 2.5% w/w of crude oil. Microbial number and residual $TPH_s$ of the pots experiment were determined at day 0 and 90. $TPH_s$ and heterotrophic bacterial number were measured by GC and HPC method respectively. Data were analyzed using the software Statistical Package for Social Sciences (SPSS 17 for Windows) and Excel.

**Findings:** results showed that the average percentage of TPH removal in the rhizosphere soil (≈20%) was higher than those in the non-rhizosphere (≈7%). soil. In addition, the average number of heterotrophic bacteria in the rhizosphere soil (7.14 CFU/g) was higher than in the non-rhizosphere (6.16 CFU/g). Also results show that the TPH removal and microbial number in the soil that received nutrient were higher than in the nutrient-free soil.

**Conclusion:** Although high clay and salinity of the soil had an inhibitive effect on phytoremediation efficiency, results show native plants perform phytoremediation properly even in improper condition of environment.

**Key words**: Phytoremediation, Petroleum Hydrocarbon, Sorghum Halepenes

**Citation:** Alavi Bakhtiarvand SN, Parseh I, Ahmadimoghadam M, Jafarzadeh N. **Greenhouse Assessment of Phytoremediation Efficiency for Petroleum Contaminants in Clay and Saline Soil.** J Health Syst Res 2013; 8(7): 1272-9.

Received date: 02/07/2012 Accept date: 19/10/2012

1- Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Jundishapour University of Medical Sciences, Ahwaz, Iran
2- Department of Environmental Health Engineering, Jundishapoor University of Medical Sciences, Ahwaz, Iran (Corresponding Author) Email: iparseh97@gmail.com
3- Associate Professor, Department of Environmental Health, School of Health, Jundishapour University of Medical Sciences, Ahwaz, Iran



[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-07-10 ]