بررسی اثر مواد مغذی در تهویهٔ زیستی خاک به منظور حذف آلاینده گازوئیل

علیرضا ایرانمنش[۱]، محمد فائزی قاسمی*[۲]، مهدی انصاری[۳]، جاوید امینی[۴]

۱و۲*- دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، دانشکده علوم پایه، گروه میکروبیولوژی، لاهیجان، ایران، صندوق پستی: ۱۶۱۶

۳- دانشگاه علوم پزشکی کرمان، دانشکده داروسازی، کرمان، ایران، صندوق پستی: ۷۶۱۷۵-۴۹۳

۴- پژوهشکده تعلیم و تربیت کرمان، گروه میکروبیولوژی، کرمان، ایران، صندوق پستی: ۳۶۱۱۷-۷۶۱۳۷

faezi_m@yahoo.com

چکیده

آلودگی‌های محیط زیست خصوصاً آلودگی به نفت خام و مشتقات آن از مسائل مهم زیست محیطی در دهه‌های اخیر می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی اثر مواد مغذی در تهویه زیستی به منظور حذف گازوئیل در خاک می‌باشد. در این پژوهش خاک آغشته به گازوئیل با مواد مغذی و خاک آغشته به گازوئیل بدون مواد مغذی به مدت ۷۰ روز در ستون‌های شیشه‌ای به ابعاد ۳۰×۳۰×۳۰ در دمای محیط و رطوبت نسبی ۷۰ درصد و عمل تهویه زیستی با پمپ‌های هوا با دبی ۰/۸ lit/mn انجام و پارامترهای شمارش کلی، pH و آنالیز گاز کروماتوگرافی انجام شد و با نمونه خاک آغشته به گازوئیل بدون تهویه مقایسه گردید. نتایج شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها با آنالیز گاز کروماتوگرافی بیانگر این است که در مدت ۷۰ روز هوادهی ستون‌های خاک مورد نظر به ترتیب با مواد مغذی و بدون مواد مغذی جمعیت میکروبی $۱/۱\times۱۰^{۱۱}$ CFU/gr و $۱/۲\times۱۰^{۹}$ CFU/gr بوده که در این بین باسیل‌های گرم منفی اکسیداز مثبت جمعیت غالب را تشکیل می‌دادند و آنالیز کیفی و کمی توسط دستگاه گاز کروماتوگراف نشان داد برخی از اجزاء موجود در نمونه‌های تیمار توسط تهویه زیستی از بین رفته یا کاهش یافته‌اند و همچنین مواد مغذی نقش موثرتری در تجزیه آلاینده گازوئیل در شرایط محیطی یکسان، توسط میکروارگانیسم‌های بومی خاک داشته است.

کلمات کلیدی: تهویه زیستی، مواد مغذی، گازوئیل، خاک، میکروارگانیسم‌ها.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

رشد روز افزون فعالیت‌های صنعتی از یک سو، و عدم رعایت الزامات زیست‌محیطی از سوی دیگر، سبب شده است تا در دهه اخیر مقادیر هنگفتی از آلاینده‌های هیدروکربنی به واسطه عواملی نظیر پخش آلاینده توسط پالایشگاه‌ها، نشت آلاینده از مخازن نفتی زیرزمینی و ایستگاه‌های سوخت‌گیری، تصادفات تانکرها و نفتکش‌ها و غیره، وارد محیط زیست شوند. بخشی از آلاینده‌ها، خصوصاً قسمتی که از لحاظ ساختاری شبیه به ترکیبات طبیعی هستند، سریعاً توسط میکروارگانیسم‌های موجود در آب و خاک و یا تحت تأثیر عوامل فیزیکی و بیولوژیکی تجزیه و حذف می‌شود. اما بخش عمدهٔ آن، خصوصاً قسمتی که دارای ساختارهای جدید می‌باشد به کندی تجزیه می‌گردد و در نتیجه در محیط زیست تجمع می‌نماید. تجمع این ترکیبات شیمیایی در محیط زیست، تهدیدی جدی برای سلامت انسان و موجودات زنده است (۶).

از طرفی دیگر با توجه به محدود بودن منابع خاک و آب زیرزمینی، آلودگی خاک یکی از مهمترین معضلات زیست‌محیطی کشور است و در صورتی که خاک آلوده پاک‌سازی نشود، آلاینده‌ها به تدریج در عمق خاک نفوذ کرده و علاوه بر آلودگی خاک باعث آلودگی سفره‌های آب زیرزمینی که یکی از مهمترین منابع تأمین آب در بسیاری از کشورهای جهان از جمله ایران می‌باشد، می‌گردد. فرایندهای فیزیکی و شیمیایی بسیاری برای آلودگی‌زدایی از مکان‌های آلوده بکار می‌روند. متأسفانه‌روش‌های موجود برای آلودگی‌زدایی هر یک دارای مشکلاتی می‌باشند که استفاده از آن روش‌ها را محدود به شرایط خاصی می‌نماید. روش‌های بیولوژیکی، بسیاری از اوقات راهکارهای آسان، دائمی، ارزان و موثر را برای آلودگی‌زدایی از محل‌های آلوده فراهم می‌آورند. عوامل محدودکننده متعددی نیز روش حذف بیولوژیکی آلاینده‌ها توسط میکروارگانیسم‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند و کارآیی این روش را قدری محدود می‌سازند برخی از عوامل محدود کننده عبارتند از: غلظت آلاینده، دسترسی به مواد آلاینده، شرایط مناسب برای بقاء و رشد میکروارگانیسم از جمله pH مناسب، دمای مناسب، رطوبت مناسب، اکسیژن کافی، مواد غذایی مناسب و عدم وجود مواد سمی و کشنده میکروارگانیسم‌ها، با این وجود روش‌های بیولوژیکی حذف آلاینده‌ها به علت توانایی حذف کامل آلاینده‌ها و تبدیل آن‌ها به ترکیبات معدنی بی‌ضرر و سازگار با محیط‌زیست مانند دی‌اکسیدکربن و آب و همچنین هزینه‌های کمتر، بسیار مورد توجه هستند (۱و۷).

گازوئیل یکی از پرمصرف‌ترین محصولات نفتی در ایران و بسیاری از کشورهای جهان است. حجم قابل توجهی از گازوئیل در مخازن زمینی و ایستگاه‌های سوخت نگهداری می‌شود که در اثر نشت از این مخازن، می‌تواند خاک و آب زیرزمینی مجاور را به شدت آلوده نماید. در بسیاری از نقاط جهان گازوئیل به عنوان منبع تولید انرژی گرمایی برای مصارف صنعتی مختلف مطرح می‌باشد و روزانه حجم قابل توجهی از آن توسط وسایل نقلیهٔ سنگین جابه‌جا می‌گردد. بنابراین در صورت وقوع حوادث جاده‌ای، می‌تواند به عنوان یکی از مهمترین آلاینده‌های منابع خاکی مطرح باشد. از این رو در این پژوهش، گازوئیل به عنوان آلاینده هیدروکربنی انتخاب گردید.

تهویه زیستی مقرون به صرفه‌ترین روش‌های حذف آلاینده‌های نفتی می‌باشد. این روش یک تکنولوژی اصلاحی واقع در محل (in-situ) طبیعی می‌باشد که از

Archive of SID

www.SID.ir

میکروارگانیسم‌های بومی خاک با تهویهٔ (جریان هوا یا اکسیژن) منطقه آلوده و در صورت لزوم با افزودن مواد مغذی می‌توان در جهت حذف بیشتر آلاینده‌ها استفاده کرد (۱۲و۱۳). اولین مطالعه در مورد تهویه زیستی خاک توسط پایگاه نیروی هوایی (Hill Air Force Base) در یوتا در سال ۱۹۹۰ انجام شد که در این تحقیق انواع سیستم تهویه زیستی بررسی شد (۸). در این تحقیق نقش تهویه زیستی بر روی تجزیه بیولوژیک گازوئیل برای اولین بار در شهر کرمان مورد بررسی قرار گرفت، تا از اطلاعات و نتایج بدست آمده امکان تیمار خاک‌های آلوده به گازوئیل را در شرایط واقعی بتوان پیش‌بینی کرد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از چهارستون شیشه‌ای مکعب مستطیل به ابعاد ۳۰×۳۰×۳۰ استفاده شد.

ستون شماره یک: خاک آغشته به گازوئیل بدون هواگیری به عنوان کنترل

ستون شماره دو: خاک خشک بدون گازوئیل با هوادهی

ستون شماره سه: خاک آغشته به گازوئیل با مواد معدنی با هوادهی

ستون شماره چهار: خاک آغشته به گازوئیل بدون مواد معدنی با هوادهی

ساخت ستون‌ها: برای ساخت ستون‌های مورد نظر به منظور تهویه زیستی آلاینده گازوئیل، از شیشه‌های به قطر ۴ میلی‌متر و ابعاد ۳۰×۳۰×۳۰ سانتی‌متر استفاده شد. به منظور جلوگیری از اثرات احتمالی آلاینده گازوئیل چسب‌های بکار رفته جهت اتصال شیشه‌ها به یکدیگر از قسمت بیرونی ستون‌ها زده شد که از خطاهای احتمالی ناشی از تأثیر شیمیایی گازوئیل روی چسب در مرحله آنالیز GC و همچنین اثرات بازدارنده ترکیبات ناشی از حل شدن آن‌ها در گازوئیل روی میکروارگانیسم‌های داخلی خاک جلوگیری به عمل آید.

بارگذاری ستون‌ها: خاک مورد نظر بعد از نمونه‌گیری و قبل از ریختن در ستون‌های طراحی شده برای هوادهی، ابتدا از سرندهای دستی مخصوص عبور داده‌شد، تا کلوخه‌های درشت از جنس خود خاک حذف شوند و شرایط برای هر چهار ستون از لحاظ یکنواختی خاک یکسان باشد. کف ستون‌ها به ارتفاع ۲/۵cm سنگ‌هایی از جنس سیلس قرار داده شد. سپس روی آن خاک مورد نظر به ارتفاع ۱۸ cm (شش کیلوگرم) ریخته شد و سپس ۳۰۰ میلی‌لیتر گازوئیل به مرکز ستون‌های شماره ۱، ۳و ۴ افزوده شد تا از کانالیزه‌شدن گازوئیل در دیواره‌های ستون جلوگیری شود سپس روی ستون‌های خاک شن از جنس سیلیس و پشم شیشه قرار داده شد (۹). به ستون شماره ۳ مواد معدنی NH_4Cl_2 و KH_2PO_4 به ترتیب به نسبت ۵ به ۱ به منظور تأمین نیتروژن و فسفات به عنوان منابع ازت و فسفر افزوده شده و در مرحله بعد لوله‌های استیل عمودی به ارتفاع ۱۶cm به منظور انتقال هوا از پمپ‌های هوادهی (Oil free) با دبی lit/min ۰/۸ در خاک قرار داده شد. عمل هوادهی در طی ۷۰ روز، به مدت ۱۲ ساعت هر روز انجام شد و ۱۲ساعت هوادهی قطع گردید. همزمان دما و رطوبت در ستون‌ها به صورت روزانه اندازه‌گیری و ثبت می‌گردید و اندازه‌گیری pH در فواصل ۱۰ روز بعد از شروع هوادهی انجام شد.

Archive of SID

www.SID.ir

کشت میکروبی: جهت شمارش کلی میکرو-ارگانیسم‌ها پس از انجام نمونه‌گیری، توسط سرم فیزیولوژی از آن‌ها رقت‌های متوالی تهیه شد و به روش کشت صفحه‌ای (Pour plate) در فواصل ۱۰ روز بعد از شروع هوادهی کشت داده شد. جهت انجام نمونه‌گیری از ستون‌های خاک از چوب پنبه سوراخ کن استفاده شد، به طوری که نمونه‌گیری از قسمت‌های مختلف ستون‌های خاک انجام و بعد از مخلوط کردن، مقدار ۱ گرم از هر نمونه خاک وزن شد و به اولین لوله، واجد ۹ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژی استریل اضافه شد و بعد از مخلوط کردن، با یک سمپلر استریل ۱ میلی‌لیتر از رقت تهیه شده به لوله دوم اضافه شد و الی آخر تا رقت نهایی بدست آید و از لوله آخر ۱ میلی‌لیتر بیرون ریخته شد و سپس ۱ میلی‌لیتر از رقت‌های تهیه شده به پلیت‌های استریل افزوده شد و در نهایت ۱۵ میلی‌لیتر از محیط آگار مغذی را بعد از سرد شدن تا دمای ^0C ۴۵ بعد از خروج از اتوکلاو، در مجاورت شعله و شرایط استریل به پلیت‌های واجد ۱ میلی‌لیتر ماده رقیق‌کننده افزوده شد و سپس به صورت حرکت دورانی محیط را با نمونه کاملاً مخلوط کرده و سپس مدتی صبر کرده و بعد از جامد شدن محیط کشت، در دمای ^0C ۳۰ به مدت ۴۸-۲۴ ساعت گرم‌خانه گذاری شد و به عنوان شمارش کلی باکتری‌های هتروتروف مزوفیل در هر گرم خاک (CFU/gr) گزارش شد.

آنالیز گاز کروماتوگرافی: آنالیز ستون‌های خاک آغشته به گازوئیل به مدت ۷۰ روز در دمای محیط (^0C ۳۰-۲۸) توسط دستگاه گاز کروماتوگرافی Shimadzu مدل ۱۴A با استفاده از ستون موئین DB-5 به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ mm انجام شد. دتکتور مورد استفاده در این روش FID بوده و از یک برنامه حرارتی برای تغییر دمای ستون استفاده شد. نمونه‌ها در دی کلرومتان به نسبت ۱ به ۱۰۰ رقیق شده و حجم ۱ میکرولیتر از نمونه‌های رقیق شده به دستگاه تزریق گردیده. برای استخراج اجزاء گازوئیل از نمونه‌های خاک نیز از دی کلرومتان استفاده شده و بعد از این‌که به مدت ۵ دقیقه در حمام اولتراسوند در دمای آزمایشگاه مخلوط گردید با استفاده از فیلتر PTFE (Poly Tetra Fluoro Ethylene) صاف شد و از نمونه‌های صاف شده به دستگاه تزریق شد و بر اساس نتایج گاز کروماتوگرافی تأثیر مواد معدنی افزودنی بر تجزیه زیستی گازوئیل بررسی شد.

نتایج

دما و رطوبت بیانگر آن است که تغییرات چندانی وجود نداشته و به ترتیب در رنج (^0C ۳۰-۲۸) و رطوبت بین ٪۷۰- ۶۸ قرار داشته که در مورد رطوبت در صورت کاهش توسط آب مقطر استریل در حد ثابتی تنظیم گردید.

نتایج اندازه گیری pH خاک

نتایج اندازه‌گیری pH در مورد چهار تیمار انجام شده روی خاک طبق جدول (۱) می‌باشد که داده‌ها نشان دهنده pH مورد نظر (pH= ۸-۶) جهت انجام تهویه زیستی بوده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱: pH در نمونه‌های مورد بررسی

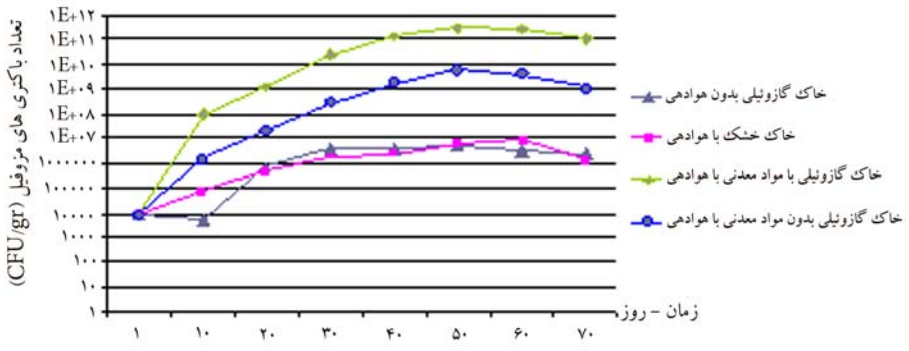
نمونه / روز	خاک گازوئیلی بدون هوادهی	خاک خشک با هوادهی	خاک گازوئیلی با مواد معدنی با هوادهی	خاک گازوئیلی بدون مواد معدنی با هوادهی
۱	۷	۶/۹	۶/۸	۷/۱۲
۱۰	۶/۹۹	۶/۹	۶/۸۲	۷/۱۲
۲۰	۷	۶/۹	۶/۸۴	۷/۱۲
۳۰	۶/۹۹	۶/۹	۶/۸۶	۷/۱۲
۴۰	۷	۶/۹	۶/۸۹	۷/۱۳
۵۰	۷	۶/۹	۶/۹	۷/۱۲
۶۰	۷	۶/۹	۶/۹	۷/۱۳
۷۰	۷	۶/۹	۶/۹	۷/۱۳

نتایج کشت میکروبی

نتایج شمارش کلی میکروارگانیسم‌های خاک در دمای 30^0C طبق جدول (۲) و شکل (۱) می‌باشد.

جدول ۲: میانگین تعداد باکتری‌های مزوفیل (CFU/gr) در نمونه‌های خاک مورد بررسی

نمونه / روز	خاک گازوئیلی بدون هوادهی	خاک خشک با هوادهی	خاک گازوئیلی با مواد معدنی با هوادهی	خاک گازوئیلی بدون مواد معدنی با هوادهی
۱	۸×۱۰^{۳}	$۹/۹\times۱۰^{۳}$	۸×۱۰^{۳}	۸×۱۰^{۳}
۱۰	۶×۱۰^{۳}	$۹/۶\times۱۰^{۴}$	$۹/۲\times۱۰^{۷}$	$۱/۷\times۱۰^{۶}$
۲۰	$۷/۵\times۱۰^{۵}$	$۴/۹\times۱۰^{۵}$	$۱/۲\times۱۰^{۹}$	$۱/۹\times۱۰^{۷}$
۳۰	$۳/۹\times۱۰^{۶}$	$۱/۹\times۱۰^{۶}$	$۲/۳\times۱۰^{۱۰}$	۳×۱۰^{۸}
۴۰	$۴/۲\times۱۰^{۶}$	$۲/۵\times۱۰^{۶}$	$۱/۴\times۱۰^{۱۱}$	$۱/۹\times۱۰^{۹}$
۵۰	۵×۱۰^{۶}	$۶/۶\times۱۰^{۶}$	$۳/۱\times۱۰^{۱۱}$	$۶/۱\times۱۰^{۹}$
۶۰	$۳/۱\times۱۰^{۶}$	$۶/۱\times۱۰^{۶}$	$۲/۷\times۱۰^{۱۱}$	$۴/۳\times۱۰^{۹}$
۷۰	$۲/۴\times۱۰^{۶}$	$۵/۸\times۱۰^{۶}$	$۱/۱\times۱۰^{۱۱}$	$۱/۲\times۱۰^{۹}$



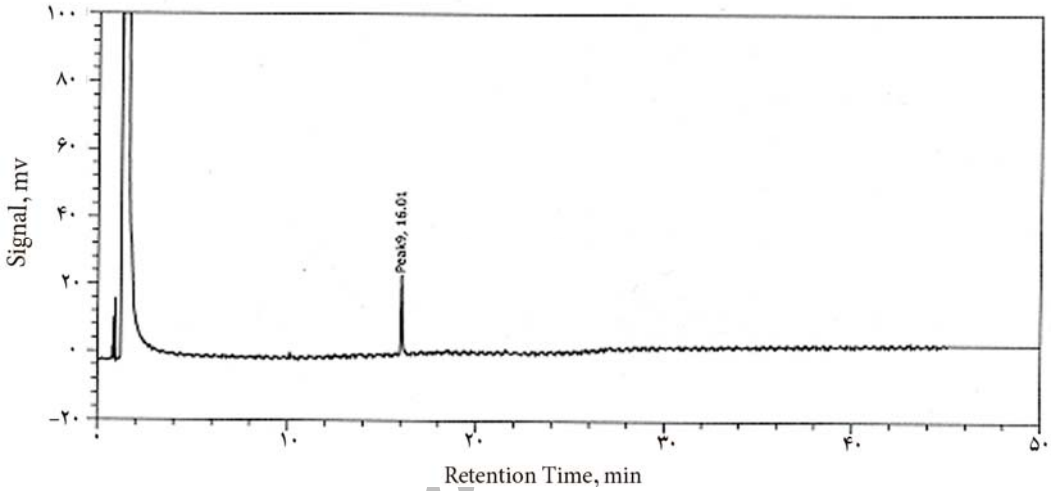
شکل ۱: میانگین تعداد باکتری‌های مزوفیل (CFU/gr) در نمونه‌های خاک مورد بررسی

Archive of SID

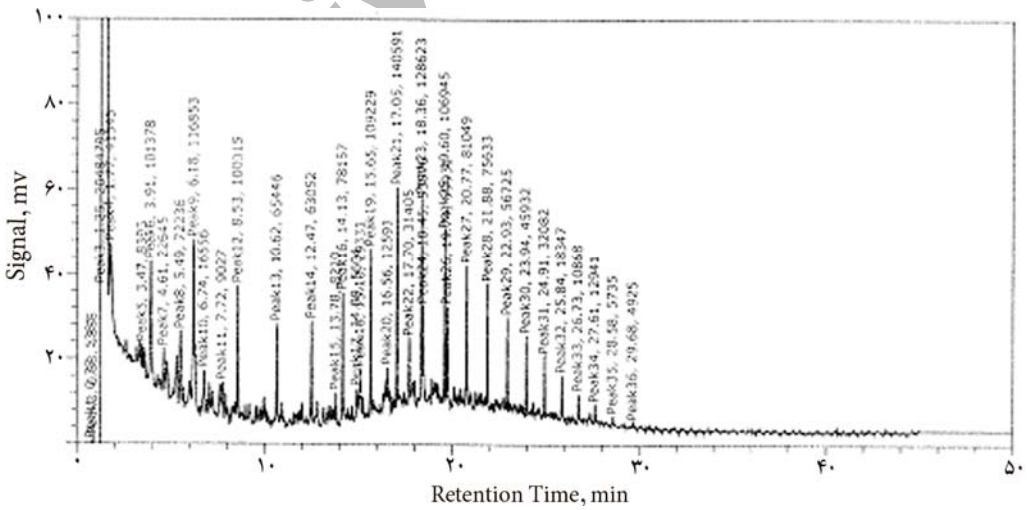
www.SID.ir

نتایج آنالیز گاز کروماتوگرافی

در طی این پروژه آنالیز خاک خشک به منظور اطمینان کامل از عدم وجود هیدروکربن‌های نفتی و سایر مواد آلی انجام شد، که کروموتوگرام حاصل از آن نشان دهنده آن است که نمونه خاک به کار رفته جهت بررسی نقش تهویه زیستی در حذف گازوئیل فاقد هیدروکربن‌های نفتی و مواد آلی بوده است، که کروماتوگرام آن در شکل (۲) نشان داده شده است، همچنین کروماتوگرام‌های نمونه‌های مورد بررسی در شکل (۳، ۴و ۵) نشان داده شده است.

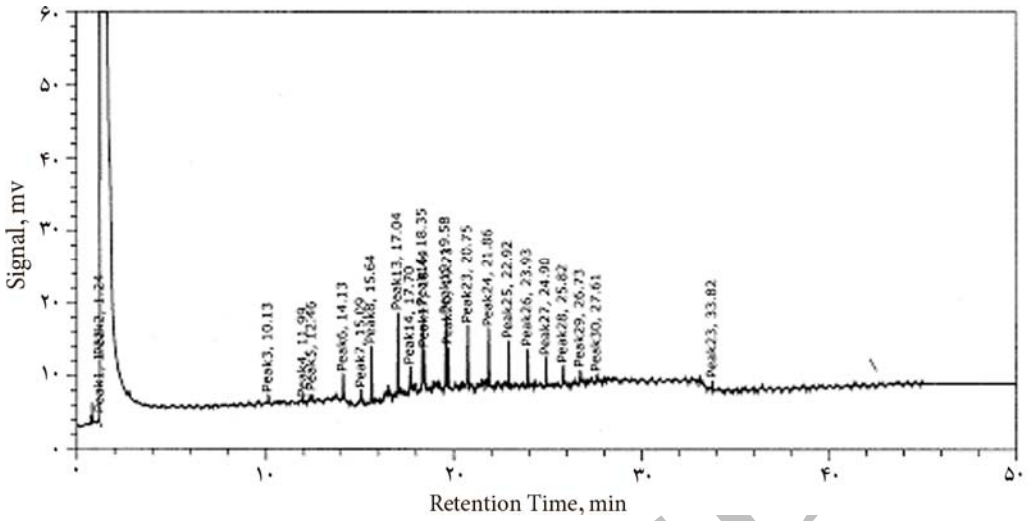


شکل۲: کروماتوگرام خاک خشک

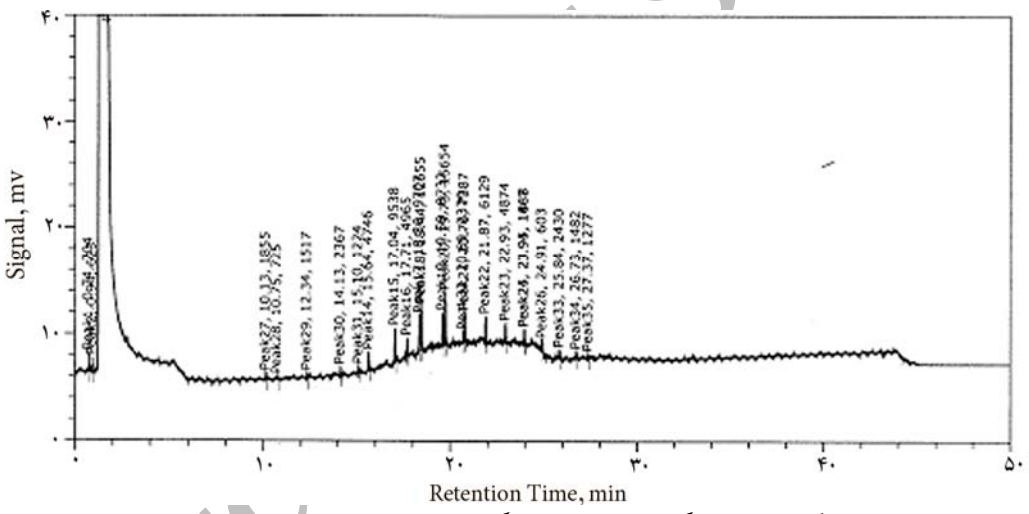


شکل ۳: کروماتوگرام خاک آغشته به گازوئیل بدون هوادهی (کنترل)

www.SID.ir



شکل ۴: کروماتوگرام خاک آغشته به گازوئیل بدون مواد مغذی با هوادهی



شکل ۵: کروماتوگرام خاک آغشته به گازوئیل با مواد مغذی با هوادهی

جدول ۳: درصد کاهش اجزاء مختلف موجود در گازوئیل برحسب زمان احتباس

RT / نوع ماده	۳/۹۱	۴/۶۱	۵/۴۹	۶/۲	۸/۵۳	۱۰/۶۲	۱۲/۴۷	۱۴/۱۳	۱۵/۶۵	۱۷/۰۵	۱۸/۳۶	۱۹/۶	۲۰/۷۷	۲۱/۸۸	۲۲/۹۳	۲۳/۹۴	۲۴/۹۱	۲۵/۸۴	۲۶/۷۳	۲۷/۶۱	۲۸/۵۸
بدون تحریک زیستی	n.d[1]	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	۹۹/۹۹	۹۹/۸۸	۹۹/۰۲	۹۸/۲۷	۹۷/۵۳	۹۷/۲۰	۹۷/۶۹	۹۷/۴۰	۹۸/۰۲	۹۷/۷۵	۹۷/۲۳	۹۸/۰۱	۹۸/۲۳	n.d
با تحریک زیستی	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	۹۹/۷۵	۹۹/۶۳	۹۹/۷۵	۹۸/۹۵	۹۸/۶۵	۹۹/۱۳	۹۹/۸۰	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d

1- n.d: non-detected

www.SID.ir

بحث

نتایج بیانگر این است پارامترهای دما، رطوبت و pH در محدوده بهینه بوده که در روند رشد میکروب‌ها تداخل ایجاد نکرده. نتایج حاصل از شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها نشان‌دهنده افزایش جمعیت میکروبی در ستون شماره ۳ در حضور مواد مغذی است و همچنین تنوع میکروبی در ستون شماره ۳ نسبت به نمونه کنترل، خاک خشک با هوادهی و خاک آلوده به گازوئیل بدون مواد مغذی با هوادهی بیشتر بوده که جمعیت غالب در هر دو ستون ۳ و ۴ با سیل گرم منفی اکسیداز مثبت می‌باشد، که در ستون شماره ۳ باکتری‌های گرم منفی دیگر نیز علاوه بر باکتری مشترک در هر دو ستون مشاهده می‌شود.

به منظور بررسی تأثیر مواد مغذی در تهویه زیستی گازوئیل کروموتوگرام خاک گازوئیلی بدون هوادهی به عنوان کنترل در نظر گرفته شده و کروموتوگرام حاصله از فعالیت میکروبی خاک‌های آغشته به گازوئیل به ترتیب بدون مواد مغذی و با مواد مغذی با آن مقایسه گردید. سطح زیر منحنی و درصد آن در زمان‌های احتباس ۳/۹۱، ۴/۶۱، ۵/۴۹، ۶/۲، ۸/۵۳، ۱۰/۶۲، ۱۲/۴۷، ۱۴/۱۳، ۱۵/۶۵، ۱۷/۰۵، ۱۸/۳۶، ۱۹/۶، ۲۰/۷۷، ۲۱/۸۸، ۲۲/۹۳، ۲۳/۹۴، ۲۴/۹۱، ۲۵/۸۴، ۲۶/۷۳، ۲۷/۶۱ و ۲۸/۵۸ دقیقه در نمونه خاک گازوئیلی کنترل با خاک گازوئیلی بدون مواد مغذی و با مواد مغذی مقایسه شد. پیک‌ها نشان‌دهنده آلکان‌های با وزن مولکولی متفاوت موجود در خاک گازوئیلی یا نمونه کنترل بوده که هرچه وزن مولکولی بیشتر باشد در زمان احتباس طولانی‌تر از ستون خارج شده است. نتایج نشان‌دهنده این است که در نمونه خاک گازوئیلی بدون مواد مغذی پیک‌های دقیقه ۳/۹۱، ۴/۶۱، ۵/۴۹، ۶/۲، ۸/۵۳، ۱۰/۶۲، ۱۲/۴۷و ۲۸/۵۸ توسط دستگاه تشخیص داده نشده و در نمونه خاک گازوئیلی با مواد مغذی علاوه بر پیک‌های فوق الذکر در نمونه بدون مواد مغذی، پیک‌های دقیقه ۱۴/۱۳، ۱۵/۶۵، ۲۴/۹۱، ۲۵/۸۴، ۲۶/۷۳، ۲۷/۶۱ توسط دستگاه تشخیص داده نشده و پیک‌های دقیقه ۱۷/۰۵، ۱۸/۳۶، ۱۹/۶، ۲۰/۷۷، ۲۱/۸۸، ۲۲/۹۳و ۲۳/۹۴ نسبت به ستون شماره ۳ کاهش قابل توجهی داشته است، که بیانگر این مطلب است که تهویه زیستی در حضور مواد مغذی (تحریک زیستی) NH_4Cl_2 و KH_2PO_4، با توجه به کروماتوگرام‌های حاصل از آنالیز GC و سطح زیر اجزاء مختلف در گازوئیل و شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها، نسبت به حالت بدون مواد مغذی علاوه بر افزایش تعداد میکروارگانیسم‌ها، تنوع میکروارگانیسم‌ها، نقش موثرتری در تجزیه آلاینده گازوئیل در شرایط محیطی یکسان (دما، pH، رطوبت و...) داشته است.

Shewfelt و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی‌های در مقیاس آزمایشگاهی، که بر روی خاک‌های آلوده به بنزین انجام دادند، دریافتند که افزایش مقدار آب تا ۱۸wt.%، روند مساعدی در بالا بردن راندمان تهویه زیستی دارد (۱۱). Liebeg و همکاران (۱۹۹۹) در طی تحقیقات خود دریافتند که کاربرد آمونیوم نسبت به نیترات با میزان یکسان، تجزیه هیدروکربن‌های نفتی را به میزان بسیار زیادی افزایش می‌دهد (۵). Hallman و همکاران (۲۰۰۳) دریافتند که استفاده از آمونیوم به شکل جامد (NH_4Cl) و یا شکل گازی آن (Anhydrous ammonia)، می‌تواند باعث افزایش راندمان تجزیه زیستی شود (۴). Brook و همکاران (۲۰۰۱) در طی مطالعه خود بر روی خاک‌های آلوده به گازوئیل و همچنین بررسی اشکال مختلف نیتروژن

Archive of SID

www.SID.ir

دریافتند، که میزان تجزیه در غلظت‌های یکسان از آمونیوم و نیترات فرق دارد، به طوری که بیشترین میزان تجزیه هیدروکربن‌های گازوئیل در تیمارهای افزوده شده با آمونیوم و اوره رخ داده و علاوه بر این زیادی نیترات در محیط یک عامل بازدارنده بر روی فعالیت میکروبی بوده است (۳). Bulman و Newland (۱۹۹۳) در بررسی تهویه زیستی خاک‌های آلوده به گازوئیل در مقیاس میدانی دریافتند، که میانگین حذف هیدروکربن‌های گازوئیل در حضور منابع نیتروژن (۵۰٪) و فسفات (۸۰٪) بیشتر صورت گرفته و به میزان ۱/۵ گرم در هر کیلوگرم خاک بوده است (۲). Shewfelt (۲۰۰۲)در طی تحقیق خود بر روی خاک‌های آلوده به بنزین دریافت، که آمونیوم به کار رفته در حد کمتر از میزان C:N به نسبت ۱۰:۱، یک شکل مناسب از نیتروژن بوده که باعث تحریک رشد میکروبی و در نهایت باعث افزایش تجزیه زیستی می‌شود (۱۰). بنابراین پیشنهاد می‌گردد نقش مواد مغذی در شرایط آزمایشگاهی بررسی و در کارهایی با مقیاس بزرگتر لحاظ گردد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از دانشکده داروسازی دانشگاه علوم پزشکی کرمان و پژوهشکده تعلیم و تربیت شهر کرمان به خاطر در اختیار قرار دادن امکانات اجرای این پژوهش تشکر می‌گردد.

منابع

1. Barry King, R.B. and Long, G.M., 1992. *Practical environmental bioremediation*, 2nd Ed., Lewis Publishers, USA. pp 9-12.
2. Bulman, T.L. and Newland, M., 1993. "In situ bioventing of diesel fuel spill" hydrological sciences-journal-sciences hydrologiques, 38, 4, 8.
3. Brook, T.R.; Stiver, W.H. and Zytner, R.G., 2001. "Biodegradation of Diesel Fuel in Soil Under Various Nitrogen Addition Regimes", J. of Soil and Sediment Contamination, Vol. 10, No. 5, pp. 539-553.
4. Hallman, M.; Lee, H. and Zytner, R.G., 2003. "Bioventing of Gasoline-contaminated Soils Under Varied Laboratory Conditions", Canadian Society for Civil Engineering Annual Conference, June 4-7, Moncton, NB, ENN-200, p. 10.
5. Liebeg, E.W. and Cutright, T.J., 1999. The investigation of enhanced bioremediation through the addition of macro and micro nutrients in a PAHcontaminated soil. Int. Biodeterior. Biodegrad, Vol. 44, No. 1, pp. 55–64.
6. Mirsal Ibrahim, A., 2004. *Soil pollution: origin, monitoring and remediation*, 1st Ed., Springer, Germany, pp 5-11.
7. Mattney Cole, G., 1994. *Assessment and remediation of petroleum contaminated sites*, 1st Ed., Lewis, pp 11-17.
8. Oak Ridge National Laboratory, 1989. Soil Characteristics: Data Summary, Hill Air Force Base Building 914 Fuel Spill Soil Venting Project. An unpublished report to the U.S. Air Force.
9. Osterreicher-Cunha, P.; Do Amaral Vargas, Jr.E.; Remy Davee Guimaraes, J.; Mauro Pereira de Campos, T.; Maria Ferreira Nunes, C.; Costa, A.; Dos Santos Antunes, F.; Isabel Pais da Silva, M. and Maria Mano, D., 2004. Evaluation of bioventing on a gasoline–ethanol contaminated undisturbed residual soil, Journal of Hazardous Materials, Vol. 110, pp. 64-66.
10. Shewfelt, K., 2002. Optimization of Nitrogen Applicaton for Bioventing. Master of Science Thesis. University of Guelph, Canada, pp 30-45.
11. Shewfelt, K.; Lee, H. and Zytner, R.G., 2005. "Optimization of Nitrogen for Bioventing of Gasoline Contaminated Soil", Journal of Environmental Engineering and Science, Vol. 4, No. 1, p. 29-42.

Archive of SID

www.SID.ir

12. U.S. Environmental Protection Agency (EPA)., 1993. Decision-Support Software for Soil Vapor Extraction Technology Application: HyperVentilate. Cincinnati, OH: Office of Research and Development. EPA/600/R-93/028.

13. U.S. Environmental Protection Agency (EPA)., 1991. Guide for Conducting Treatability Studies Under CERCLA: Soil Vapor Extraction. Washington, DC: Office of Emergency and Remedial Response. EPA/540/2-91/019A.

Archive of SID

www.SID.ir