مقاله پژوهشی

فصلنامه پژوهش های نوین در مهندسی محیط زیست
دوره دوم، شماره ۵، بهار ۱۴۰۳، صفحات ۱۵-۲۴
شاپا الکترونیکی: ۰۹۳۰-۲۹۸۱

مقایسه گیاه پالایی شمعدانی و کلم زینتی در حذف آلاینده‌های نفتی و فلزات سنگین سرب و کادمیم

سمیرا عابدینی دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، واحد دماوند، دانشگاه آزاد اسلامی، دماوند، ایران

شهرزاد خرم نژادیان* گروه محیط زیست، زیست، واحد دماوند، دانشگاه آزاد اسلامی، دماوند، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۹

چکیده مبسوط

مقدمه: آلودگی خاک به هیدروکربن‌های نفتی و فلزات سنگین از مشکلات مربوط به جوامع صنعتی می‌باشد. روش‌های متعددی برای حذف آلاینده‌های از خاک وجود دارد. گیاه پالایی روشی همگام با محیط زیست است که با استفاده از گیاهان آلاینده‌ها از خاک حذف می‌گردند. هدف از این تحقیق بررسی پاکسازی خاک از آلودگی های نفتی و همچنین فلزات سنگین(سرب و کادمیم) با استفاده از دو گیاه زینتی کلم زینتی و شمعدانی معطر بود.

مواد و روش‌ها: تعداد ۴۰ نمونه شامل ۲۰ نمونه خاک و ۲۰ گیاه انتخاب شدند. خاک‌ها در سه رده پا (شاهد)، نیمه آلوده و کاملاً آلوده انتخاب شدند. ۸ هیدروکربن و دوفلز سنگین مورد بررسی قرار گرفتند. از دستگاه HPLC جهت سنجش فلزات سنگین استفاده شد. برای بررسی هیدروکربنهای نفتی از دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده شد.

نتایج و بحث: بیشترین میزان تجمع در تجمع هیدروکربن در شمعدانی در خاک نیمه آلوده مربوط به ترادکان (۱۶،۰۲۱ mg/Kg) در بافت خشک و اثری از تجمع تری دکان و پنتادکان در بافت تازه و خشک شمعدانی دیده نشد. در کلم زینتی بیشترین مقدار تجمع مربوط به دکان (۱۹،۶۹ mg/Kg) در بافت تازه و کمترین میزان تجمع مربوط به نونان(0.659 mg/Kg) در بافت خشک دیده شد.

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق نشان داد که هر دو گیاه زینتی بکار رفته در تحقیق برای گیاه‌پالایی مناسب بودند. در حذف آلودگی‌های نفتی، گیاه شمعدانی معطر، عملکردی بهتری از خود نشان داد. داشته است. کلم زینتی در حذف فلز سنگین کادمیوم راندمان بالاتری داشت.

واژه‌های کلیدی: گیاه پالائی، فلزات سنگین، هیدروکربن نفتی، خاک

نویسنده مسئول: شهرزاد خرم نژادیان

نشانی: گروه محیط زیست، زیست، واحد دماوند، دانشگاه آزاد اسلامی، دماوند، ایران. **تلفن:** ۰۹۳۵۷۹۷۰۹۷۸ **پست الکترونیکی:** khoramnejad@damavandiau.ac.ir

استناد: عابدینی سمیرا، خرم نژادیان شهرام. مقایسه گیاه پالایی شمعدانی و کلم زینتی در حذف آلاینده‌های نفتی و فلزات سنگین سرب و کادمیم. پژوهش‌های نوین در مهندسی محیط زیست. ۱۴۰۳؛ ۲(۵): ۱۵-۲۴.

حقوق نویسندگان محفوظ است. این مقاله با دسترسی آزاد و تحت مجوز مالکیت خلاقانه http://creativecommons.org/licenses/by/4.0 در فصلنامه پژوهش‌های نوین در مهندسی محیط زیست منتشر شده است. هرگونه استفاده غیرتجاری فقط با استناد و ارجاع به اثر اصلی مجاز است.

مقدمه

نفت و مشتقات آن از جمله آلاینده‌های آلی محسوب می‌شوند. آلاینده‌های آلی طیف وسیعی از ترکیبات آلی را شامل می‌شوند که عمدتاً توسط پروسه‌های صنعتی تولید و همچنین وارد محیط زیست می‌شوند. این ترکیبات در مقایسه با ترکیبات معدنی (غیر از مواد رادیو اکتیو) از اثرات زیست محیطی بسیار زیادی برخوردارند (Khoshmanesh et al 2018).

کلیه فعالیت‌هایی که در طی فرایندهای اکتشاف، حفاری، تولید فرآورده‌های نفت، گاز، پترو شیمی و ....در صنعت نفت رخ می دهد، پیامدهای اجتناب ناپذیر بسیاری را برای سلامت جوامع انسانی و محیط زیست به همراه دارد (مقدس ۱۳۹۴). نفت خام به دلیل وجود مخلوط پیچیده‌ای از ترکیبات هیدرو کربنی و غیر هیدورو کرنی خود به تنهایی موجب بروز صدمات جدی بر سلامت جوامع انسانی و محیط زیست می‌شود از این رو آلاینده جدی برای محیط زیست محسوب می‌شود. آلودگی نفتی عمدتاً در اثر نشت، فروش و بهرگیری از فراورده‌های نفتی و سر ریز یا شکستگی خطوط لوله و ... رخ می‌دهد. از طرف دیگر اضافه کردن مواد نفتی به خاک که در اثر دفع عمدی زباله‌ها رخ می‌دهد منجر به بروز و یا شدت اثرات ناشی از تماس این ماده و از بین رفتن گیاهان در اثر تماس با مقادیر بالای این ماده و بروز صدمه به بخش‌هایی نظیر کشاورزی و تخریب محیط زیست را در پی دارد، علاوه بر آن مواردی از قبیل انتشار مستقیم آلاینده‌های نفتی، از طریق سوختن و غبارات حاصل از آن منجر به افزایش میزان غلظت این آلاینده ها در منابع خاکی می‌گردد (داوودی ۱۳۹۶).

فعالیت‌های صنایع نفت و گاز و تولیدات حاصل از آن‌ها می توانند منجر به آلوده شدن منابع مختلفی از قبیل خاک، آب و هوا گردند (Mostofie et al 2014; Bayrami et al 2020). صنایعی نظیر پتروشیمی و صنعت گاز حاوی آلاینده‌های مختلفی از قبیل ازون، اکسید نیتروژن، اکسیدهای سولفور، ترکیبات آلی فرار، فلزات سنگین نظیر نیکل، کروم و آلاینده های خطرناک هوا از قبیل بنزن، تولوین، گزیلن و ... هستند که این مواد که در دسته مواد آلی فرار قرار دارند، به دلیل دارا بودن خاصیت سرطانزایی خود، برای سلامت جوامع انسانی تهدیدی جدی محسوب می‌شوند (کشمیری و همکاران ۱۳۹۷). از آنجاییکه ویژگی‌های خاک، نظیر ویژگی‌های ساختمانیو شیمیایی خاک نقش مهمی در سلامت و کیفیت آن دارد، لذا ورود و تجمع آلاینده‌هایی از قبیل آلاینده‌های فلزی منجر به بروز تغییر در کیفیت خاک و همچنین کاهش حاصلخیزی آن دارد (معینی و فرح بخش ۱۳۸۶). کل هیدروکربن‌های نفتی (TPH) آلاینده‌هایی هستند که در ذرات آلی یا خاک جذب می‌شوند و حتی به آب‌های زیر زمینی نیز نفوذ می‌کنند. تعداد اتم‌های موجود در هیدروکربن‌ها خواص آن ها را تعیین می‌کند (Dehghani et al 2013). هگزا دکان بروی سیستم تنفسی و پوست اثرگذار است (Bouchez-Naïtali &Vandecasteele 2008).

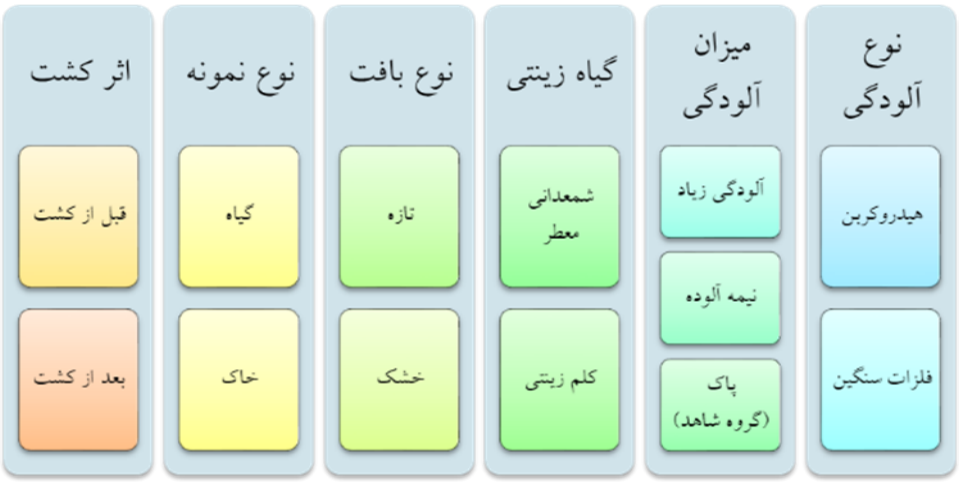
آلودگی خاک به فلزات سنگین، یکی موارد مهمی است که در اثر ورود هیدروکربن‌های نفتی به خاک منجر به آلوده شدن آن می‌شود. این فلزات اگرچه به صورت طبیعی و در قالب ترکیبات غیر محلول، کلوییدی و یونی و در مقادیر کم در طبیعت یافت می‌شوند، اما فعالیت‌ها انسانی منجر به تجمع بیش از حد این فلزات در منابع آبی و خاکی شده و به دلیل دارا بودن خاصیت سمیت بالقوه این فلزات، تهدیدی جدی برای سلامت جوامع انسانی و محیط زیست محسوب می‌شوند (اعتصامی و همکاران ۱۳۹۲).

امروزه روش‌های مختلفی برای کاهش آلودگی خاک به هیدروکربن‌های نفتی بکارمیرود، یکی از این روش‌ها که تأثیر بسزایی در کاهش آلودگی‌ها خاک دارد، گیاه پالایی می‌باشد. این روش نوعی تکنولوژی کم هزینه و ساده است که در طی آن، از با کاشت گیاهانی نظیر گیاهان علفی و ... در خاک‌های مناطق آلوده، و جذب آلاینده ها در اندام های مختلف این گیاهان، از قبیل ریشه و ... منجر به کاهش میزان آلاینده در خاک می‌گردد. گیاهانیکه در طی فرایند گیاه پالایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، به دلیل آنکه توانایی جذب فلزات سنگین از محیطهای آبی و خاکی و همچنین توانایی انتقال و تثبیت آن‌ها و همچنین توانایی تجریه این آلاینده‌ها را دارند از این رو نقش مهمی در کاهش میزان آلودگی منابع آبی و خاکی دارند (محمدی و همکاران ۱۳۹۴؛ Fataei et al 2010). شناسایی گونه‌هایی که به فلزات مقاوم و متحمل به سطوح بالای هیدروکربن‌های نفتی هستند، کلیدی برای گیاه پالایی مؤثر است(Karnaeva et al 2021). استفاده از گیاهان بومی مناطق آلوده، بهترین انتخاب برای پاکسازی و احیای خاک می باشد. منشأ و عمر آلودگی، مسیرهای انتقال احتمالی آن، و اثرات زیست محیطی آن باید به منظور تو سعه یک استراتژی اصلاحی مناسب برای گیاه پالایی ارزیابی شود (دوهرتی و همکاران ۲۰۱۹). پاکسازی خاک‌های آلوده به TPH هزینه بر و گران می‌باشدو فرایند سختی می‌باشد(Huang et al 2005).

در این تحقیق از گیاهان شـــمعدانی و کلم زینتی برای حذف TPH و فلزات سنگین ا ستفاده شده ا ست. کلم زینتی گیاهی مقاوم به سرما می‌با شد که در فضای سبز شهری بسیار مورد ا ستفاده ا ست. این گیاه به خانواده کلم تعلق دارد و بخاطر برگ هایش بعنوان گیاه تزئینی اســتفاده می‌گردد (مرتضـــوی و همکاران ۱۳۹۵).

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از دو گیاه شـــمعدانی معطر[1] و کلم زینتی[2] جهت پاکسازی خاک‌های آلوده و نیمه آلوده به فلزات سنگین سرب و کادمیوم و نیز هیدروکربن نفت سفید ا ستفاده شد. برای اجرای این تحقیق ســـه نوع خاک را با درصـــدهای اختلاط آلودگی متفاوت با هم در ســـه ســـطح پاک، آلودگی کم و آلودگی زیاد تهیه شـد. در این بررسـی ابتدا اجزای لازم برای بررسـی را در دسـته‌های مناسـب قرار گرفت. اجزای این بررسـی عبارت از: میزان آلودگی خاک، گیاهان زینتی مورد استفاده، نوع بافت بود، نوع آلودگی، نوع نمونه و اثر کشت. در شکل ۱ مشاهده نمود.



شکل ۱- بلوک طرح نمونه‌ای دسته‌بندی آزمایش

گیاهان در سه خاک آلوده، نیمه‌آلوده و پاک کاشته شده و پس از رشد، از اندام‌های آن دو گیاه به دو حالت تازه و خشک‌شده در یک زمان به همراه خاک آن نمونه‌برداری گشت. آلودگی‌ها از دو منبع هیدروکربنی و فلزات سنگین ناشی شده است و طرح نسبت به این عامل متقارن بود.

در این پژوهش از دو گیاه شمعدانی و کلم زینتی جهت پاکسازی خاک‌های آلوده و نیمه آلوده به فلزات سنگین سرب و کادمیوم و نیز هیدروکربن نفت سفید استفاده شد. برای اجرای این تحقیق سه نوع خاک را با درصدهای اختلاط آلودگی متفاوت با هم در سه سطح پاک، آلودگی کم و آلودگی زیاد تهیه شد.

برای هضم نمونه‌ها: ابتدا نمونه‌های جمع‌آوری شده به مدت ۴۸ ساعت در دستگاه آون با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و سپس توسط آسیاب پودر شده و از الک ۶۳ هزار میکرون عبور داده شد. برای هضم نمونه‌ها، ۰/۵گرم از نمونه پودر شده به ارلن ۱۰۰cc منتقل و سپس توسط پیپت ۵cc اسید نیتریک غلیظ به هر کدام از نمونه‌ها اضافه شده و با گذاشتن شیشه ساعت بر روی ارلن‌ها به مدت ۲۴ ساعت زیر هود قرار داده شد. سپس ارلن‌ها را بر روی هیتر با دمای ۸۰ الی ۹۰ درجه سانتی‌گراد در زیر هود قرار داده و عمل حرارت دادن به ملایمت آغاز تا بخار خرمایی رنگی از تمامی نمونه‌ها متصاعد شد. پس از گذشت ۱۰ دقیقه مقدار ۲cc آب اکسیژنه ۳۰ درصد به هر یک از ارلن‌ها اضافه و آن‌ها را به صورت دورانی تکان داده شده و دوباره روی هیتر گذاشته و عمل حرارت دادن شدیدتر شدو هر ۱۵ دقیقه با کم شدن حجم محلول باید دومرتبه ۲cc آب اکسیژنه ۳۰ درصد به آن افزوه شد تا زمانی که محلول به رنگ زرد کم رنگ و یا بی رنگ گشت و در این مرحله اکسیداسیون به اتمام رسید. این عمل تا زمانی ادامه یافت که حجم نمونه به ۲ الی ۳cc کاهش یافته و نمونه کاملاً بی رنگ شد. پس از بی رنگ شدن کامل نمونه و کاهش حجم آن پس از خنک شدن ظرف، سپس مقداری آب مقطر به آن اضافه کرده و با عبور از کاغذ صافی واتمن ۴۰ با استفاده از قیف محلول را به

1Pelargonium graveolens
2Brassica oleracea Acephala

درون بالون ژوژه ۵۰cc که از قبل اسیدشویی شده بود، ریخته و با اسید نیتریک ۱۰٪ آن را به حجم ۵۰cc رسانده شد، سپس آن را به ظرف پلی اتیلنی درب دار منتقل گشت تا میزان نیکل، کادمیوم و سرب موجود در نمونه‌ها توسط دستگاه قرائت گردد (جکسون ۱۹۸۰).

در این بررسی از ۴۰ نمونه استفاده شده است که ۲۰ واحد آن خاک و ۲۰ واحد گیاه موجود است. در این پژوهش از گیاهان زینتی و غیر خوراکی جهت پاکسازی خاک آلوده استفاده شد تا در مناطق با آلودگی کم یا زیاد توانایی پاکسازی خاک را داشته باشند و از جهت زیباسازی نیز می‌توان از این گیاهان بهره برد. در این پژوهش از دو گیاه شمعدانی و کلم زینتی جهت پاکسازی خاک های آلوده و نیمه آلوده به فلزات سنگین سرب و کادمیوم و نیز هیدروکربن نفت سفید استفاده شد. اسپکتروفتومتر UV-Vis مدل ۳۶۵LAMBD کمپانی پرکین المر برای سنجش هیدروکربن های نفتی مورد استفاده قرار گرفت. طیف سنجی در حلال DMF صورت گرفت (صادقی فر و همکاران ۱۳۸۴). شمعدانی معطر گیاهی چند ساله می‌باشد که دارای برگ‌های خوشبو می‌باشد(جعفری و همکاران ۱۳۹۴).

در این پژوهش با استفاده از ابزارهای آماری و تجزیه و تحلیل مربوطه و با کمک نرم‌افزارهای در (اکسل، SPSS) به بررسی اثر تیمارهای مختلف پرداخته شد.

نتایج و بحث

جدول ۲- تعداد نمونه‌های دو گیاه در خاک‌های مختلف

نوع گیاه	نوع بافت	آلوده	نیمه آلوده	پاک	جمع کل
شمعدانی	بافت تازه	۲	۲	۲	۶
	بافت خشک	۲	۲	۲	۶
	خاک	۴	۴	۴	۱۲
کلم زینتی	بافت تازه	۲	۲	۲	۶
	بافت خشک	۲	۲	۲	۶
	خاک	۴	۴	۴	۱۲
جمع کل		۱۶	۱۶	۱۶	۴۸

جدول ۲- تعداد نمونه های دو گیاه در خاک های مختلف را نشـــان می‌دهد. از هر گیاه ۱۲ نمونه خاک، ۶ نمونه بافت تازه و ۶ نمونه بافت خشک بدست آمده است. در کل تعداد ۴۸ نمونه برای هر دو گیاه بدست آمده است.

جدول ۳- وضعیت گروه شاهد در جذب آلاینده در خاک‌های پاک (mg/Kg)

نوع گیاه	شمعدانی			کلم زینتی	
نمونه	با فت تازه	بـــافـــت خشک	خاک	بافت تازه	بافت خشک	خاک
Nonane	۰	۰	۰,۱۵۴,۰۰۵۵	۱,۴۳۲	۰,۰۰۴	۰,۲۱۳,۰۵۸۲
Decane	۳۱,۲۵۴	۰	۸,۱۵۷,۶۱۳۳	۰,۲۹۲	۰	۴,۰۴۷±۳,۳۲۹
Undecane	۰	۰	۰,۰۰۳,۰۰۰۷	۰	۰	۰,۱۷۶,۱۷۱
Dodecane	۴,۱۲۶	۰	۰,۵۴۷,۰۳۲۵	۰,۱۷۱	۰	۰,۵۷۸,۱۰۳۷
Tridecane	۰,۲۴۹	۰,۲۷۲	۰	۰,۰۷۱	۰,۱۹۳	۰,۵۱۲,۵۱۲۴
Tetradecane	۱,۶۰۶	۰,۶۱۲	۰,۰۶۴,۰۰۱۹	۰,۲۳۷	۰,۰۹۹	۱,۵۶۸±۱,۵۱۰۹
Pentadecane	۰	۰	۰	۰	۰,۰۴۹	۰,۰۷۳,۰۷۲۸
Hexadecane	۰,۷۹۱	۱,۴۷۲	۰,۰۵,۰۴۱۶	۰,۶۰۸	۰,۲۶۱	۰,۹۹۵,۹۸۴

جدول (۳) وضعیت گروه شاهد در خاک‌های پاک را نشان می دهد. در خاک پاک نیز سطوحی از این آلاینده‌های هیدروکربن نفتی وجود دارد که تنها مقدار ناچیزی از آن در گیاهان جذب می شود و اکثر آنان نیز در تنها بافت تازه گیاه رصد شده و در بافت خشک، اثری از اکثر آنان یافت نشده است که در اینجا می‌توان گفت جذب از خاک نبوده است. هرچند هیدروکربن‌های سنگین در بافت خشک گیاهان و به ویژه کلم یافت شده است. همچنین مشاهده می‌شود که در بافت‌های تازه گیاه شمعدانی، سطحی بالاتر از سطح هیدروکربن‌های درون خاک، در بافت تازه این گیاه یافت شده است. دیکان از ترکیبات آلی فرار می‌باشد(Liste et al 2002).

جدول ۴- جذب فلزات سنگین دربافت گیاهی نمونه‌های شاهد (mg/Kg)

نوع گیاه	نوع بافت	سرب	کادمیم
شمعدانی	بافت تازه	۲۳,۱۱	۸۱,۵
	بافت خشک	۵,۴۹	۲۱
	خاک	۲۰۱,۵±۶,۳	۱۳,۹۳۹±۴,۸۶۱
کلم زینتی	بافت تازه	۷۹,۱۲۵	۵۷,۰۳۷
	بافت خشک	۱۰,۱۳	۲۸,۷۵
	خاک	۱۱۰,۸۵±۲۸,۲۹	۱۰,۹۵,۴۶

جدول (۴) جذب فلزات سنگین در نمونه‌های شاهد را نشان داده است. مشاهده می‌شود که فلزات سنگینی که در خاک وجود دارند و در سطوح بالای آلودگی نیز نیستند، توسط گیاهان جذب و ذخیره سازی نیز می‌شوند. این دو گیاه در حالت طبیعی بسیار تمایل به جذب کادمیم نیز دارد، به گونه‌ای که سطح کادمیم در حتی اندام های خشک گیاهان(هم شمعدانی و هم کلم زینتی) در سطحی بالاتر از سطح باقیمانده در خاک را به خود اختصاص داده‌اند. در تحقیقی که دکتر نوجوان و همکاران در دانشگاه ارومیه (۱۳۸۴) اثر کادمیوم را بر روی عدس بررسی کردند نتایج حاکی از آن بود که با افزایش غلظت کادمیوم (۱۶۰ میکرومولار) در محیط کشت عدس مقدار قندها و پروتئین‌های محلول در گیاه افزایش می‌یابد که این افزایش در میزان قندها و پروتئین‌های محلول یکی از سازوکارهای دفاعی گیاهان در برابر فلزات سنگین می‌باشد. در این پژوهش مشاهده شد که سطح کادمیم در هر دو گونه شمعدانی و کلم افزایش یافته است. در کلم سازوکار گیاه همانند عدس بوده و پس از خشک‌شدن، سطح کادمیم به شدت کاهش پیدا می‌کند در حالی که در شمعدانی این افت چشم‌گیر نیست. میکروارگانیسم های خاک نیز در میزان TPH مؤثر می‌باشند (Khoramnejadian et al 2013).

جدول ۵- وضعیت آلودگی در بافت گیاهان در خاک نیمه آلوده (mg/Kg)

نوع گیاه	شمعدانی			کلم زینتی		
نوع بافت	بافت تازه	بافت خشک	خاک	بافت تازه	بافت خشک	خاک
Nonane	۱,۰۱۶	۳,۳۲۸	۰,۳۱۵,۱۶۴۸	۰,۶۵۹	۰,۰۳۴	۰,۸۴۴,۳۰۳۸
Decane	۶۱,۳۲۱	۱۴,۹۲۴	۱۳,۰۰۷±۶,۵۲	۱۹,۶۹	۰,۴۸۷	۳۹,۰۹۷±۹,۲۱۴۹
Undecane	۰,۴۳۳	۰	۰,۰۱۲,۰۰۹۳	۰,۲۲۵	۰,۰۷۲	۰,۰۷۲,۰۳۷۹
Dodecane	۹,۶۳	۳۷,۳۰۱	۱,۰۶,۶۸۰۳	۳,۰۵۲	۰,۱۹۷	۶,۶۹۳±۱,۵۱۳۷
Tridecane	۰	۰,۳۲۸	۰,۰۱۶,۰۱۳۲	۰,۰۹۶	۰,۹۸۴	۰,۰۱۱,۰۱۱
Tetradecane	۳,۸۲	۱۶,۰۲۱	۰,۵۳۴,۳۶۴۶	۱,۲۴۳	۰,۹۷۹	۳,۵۱۳,۹۶۵۶
Pentadecane	۰,۰۳۱	۰	۰,۰۷,۰۷۰۱	۰,۸۱۵	۰,۶۴۴	۰,۰۰۳,۰۰۲۸
Hexadecane	۲,۵۱۸	۵,۹۶۱	۰,۳,۱۲۰۲	۰,۹۸۳	۱,۰۶۵	۱,۲۹۵,۲۹۵۳

جدول(۵)وضعیت آلودگی گیاهان در خاک نیمه آلوده به آلودگی نفتی را نشان می‌دهد. میزان تجمع در بافت خشک شمعدانی بیشتر بوده است و تجمع در کلم زینتی کمتر بوده است.
بیشترین میزان تجمع در تجمع هیدروکربن در شمعدانی در خاک نیمه آلوده مربوط به تترادکان (mg/Kg۱۶,۰۲۱) در بافت خشک و اثری از تجمع‌تری دکان و پنتادکان در بافت تازه و خشک شمعدانی دیده نشد. در کلم زینتی بیشترین مقدار تجمع مربوط به دکان (mg/Kg۱۹,۶۹) در بافت تازه و کمترین میزان تجمع مربوط به نونان(۰,۶۵۹ mg/Kg) در بافت خشک دیده شد. ترکیبات هیدروکربنی و آروماتیک در گیاهان معطر مانند رز بسیار می‌باشند(Ghavam 2021).

جدول ۶- وضعیت تجمع آلودگی نفتی در بافت گیاهان در خاک آلوده (mg/Kg)

نوع گیاه	شمعدانی			کلم زینتی	
نمونه	بافت تازه	بافت خشک	خاک	بافت تازه	بافت خشک	خاک
Nonane	۰,۰۱۵	۱,۰۳۵	۰,۴۷۳,۰۰۶۴	۲,۰۸۶	۰,۰۱۹	۰,۲۷۲,۲۳۴۸
Decane	۰	۰,۲۹	۳۲,۲۳۷±۱,۱۰۶	۰,۰۰۳	۰	۱۸,۰۸۲±۱۰,۵۸۶۵
Undecane	۰	۰,۴۱۷	۰,۰۴۸,۰۰۵۸	۰	۰	۰,۰۱۷,۰۰۴۵
Dodecane	۰	۲,۳۷۱	۵,۵۱۵,۷۴۳	۰,۳۷۱	۰	۳,۵۳±۲,۹۴۷۳
Tridecane	۰,۰۱۷	۰,۵۴۶	۰,۰۷۵,۰۷۴۶	۱,۴۳	۰,۱۸۵	۰,۰۰۲,۰۰۲۵
Tetradecane	۰,۳۹۷	۷,۰۲۸	۲,۶۵۵,۶۶۴۹	۱,۷۴۸	۰,۴۱۹	۱,۷۲۷±۱,۶۳۷۸
Pentadecane	۰,۱۴۴	۱,۳۵۵	۰,۱۹۱,۱۹۱۵	۵,۲۵۵	۰	۰
Hexadecane	۰,۴۴۷	۲,۸۶۱	۰,۹۰۵,۲۳۳۳	۰,۶۱	۰,۶۲۸	۰,۶۷۲,۶۱۷

جدول(۶) وضعیت تجمع آلودگی نفتی در گیاهان در خاک آلوده را نشان می‌دهد. هیدروکربن‌های دیکان، اندیکان و دودیکان در بافت تازه شمعدانی دیده نشدند. اندیکان در بافت تازه کلم زینتی نیز رؤیت نشد. در بافت خشک کلم زینتی هیدروکربن‌های دیکان، اندیکان و دودیکان دیده نشد. دیکان از ترکیبات آلی فرار می باشد (Hans-holger liste et al 2002) .دیکان در مقادیر کم در گازوئیل و کروزین وجود دارد و سبب آسیب به شش می‌شود. بیشترین میزان تجمع مربوط به تترادیکان در بافت خشک شمعدانی می‌باشد. کمترین میزان مربوط به دیکان است که در بافت خشک شمعدانی اندازه‌گیری شد. در کلم تزیینی میزان جذب در بافت تازه به میزان ۲۵۵/۵ میلی گرم در کیلوگرم می‌باشد. با توجه به اینکه میزان دیکان در خاک بیشتر از سایر هیدروکربن‌ها بوده است اما در گیاهان نبوده است می‌توان نتیجه گرفت که از نظر زیستی در دسترس نبوده است. پنتادگان در خاک وجود نداشته است و در بافت خشک کلم تزیینی دیده نشده است.اما در نمونه ها دیده شده است پس منبع آن غیر از خاک بوده است.میزان هیدروکربن در گیاهان به اقلیم و منطقه نیز بستگی دارد(Amiri et al 2018).

جدول ۷- مقایسه عملکرد گیاهان در خاک‌های الوده و نیمه آلوده به فلزات سنگین(mg/Kg)

نوع گیاه	نوع بافت	وضعیت نیمه‌آلوده		وضعیت آلوده	
		سرب	کادمیم	سرب	کادمیم
شمعدانی	بافت تازه	۲۹,۱۳	۱۶,۳۶۳	۴۸,۱۴	۲۱,۴۲
	بافت خشک	۱۸,۷۳	۳۶,۵	۳۹,۷۳	۱۱۰,۹۲
	خاک	۷۵۰,۲۷۵±۲۷۲,۱۲۵	۷۹۶,۹۶۵±۶۶۴,۱۰۵	۱۹۷۴,۶۱۵±۱۹۱۴,۶۱۵	۶۲۵,۹۶۸±۵۹۳,۹۷۲۵
کلم زینتی	بافت تازه	۲۸,۴۹	۱۰۴,۵۳	۴۲۱	۱۴۶,۵
	بافت خشک	۳۲,۱۹	۵۹,۰۵	۵۱,۱۹	۸۷,۸۴
	خاک	۱۱۶۵,۸۹±۱۰۱۳,۴۷	۱۵۰,۴۷۴±۴۸,۰۰۶۵	۱۶۵۰,۰۲±۷۸۷,۸۸	۱۶۵,۱۵۶±۱۵۲,۹۴۴۵

جدول (۷)عملکرد گیاهان در خاک‌های الوده به فلزات سنگین را نشان می‌دهد. در خاک نیمه آلوده میزان تجمع کادمیم در بافت تازه کلم زینتی ۱۰۴,۵۳ میلیگرم بر کیلوگرم بوده است. در خاک آلوده نیز بیشترین میزان جذب کادمیم مربوط به بافت تازه کلم زینتی(mg/Kg۱۴۶,۵) بوده است. در بافت خشک میزان تجمع کادمیم کمتر بوده است. در مورد سرب نیز تفاوت بافت تازه شمعدانی و کلم در جذب در خاک نیمه آلوده تقریباً یکسان است اما در بافت خشک کلم زینتی تجمع بیشتری را نشان داده است. در پاکسازی گیاهی انتخاب نوع گیاه اهمیت ویژه‌ای دارد که بر راندمان فرآیند اثرگزار است، فراهمی زیستی عنصر و نوع خاک بر جذب آلاینده‌ها اثرگزار می‌باشد(Saeb et al.,2013).

جدول ۸- تغییرات میزان آلاینده‌های نفتی با کشت گیاهان زینتی شمعدان و کلم زینتی (mg/Kg)

آلودگی	زمان	میانگین± خطای استاندارد	میانه	واریانس	انحراف استاندارد	مینیمم	ماکزیمم	دامنه تغییرات
Nonane	قبل	۰,۱۵±۰,۰۴۲	۰,۱۵	۰	۰	۰,۱۵	۰,۱۵	۰,۰۱
	بعد	۰,۲۲±۰,۷۱۱	۰,۲۲	۰,۰۱	۰,۰۸	۰,۱۶	۰,۲۷	۰,۱۱
Decane	قبل	۸,۰۷±۸,۸۶	۸,۰۷	۰,۹۷	۰,۹۹	۷,۳۸	۸,۷۷	۱,۳۹
	بعد	۴,۱۳±۴۳,۳۶۶	۴,۱۳	۲۳,۳	۴,۸۳	۰,۷۲	۷,۵۴	۶,۸۳
Undecane	قبل	۰±۰,۰۰۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	بعد	۰,۱۷±۲,۱۸۶	۰,۱۷	۰,۰۶	۰,۲۴	۰	۰,۳۵	۰,۳۴
Dodecane	قبل	۰,۵۳±۰,۶۶۴	۰,۵۳	۰,۰۱	۰,۰۷	۰,۴۷	۰,۵۸	۰,۱
	بعد	۰,۶±۱,۰۶۶	۰,۶	۰,۰۱	۰,۱۲	۰,۵۱	۰,۶۸	۰,۱۷
Tetradecane	قبل	۰,۰۶±۰,۰۳۱	۰,۰۶	۰	۰	۰,۰۶	۰,۰۶	۰
	بعد	۱,۵۷±۱۹,۱۴۲	۱,۵۷	۴,۵۴	۲,۱۳	۰,۰۷	۳,۰۸	۳,۰۱
Hexadecane	قبل	۰,۰۱±۰,۰۱۶	۰,۰۱	۰	۰	۰,۰۱	۰,۰۱	۰
	بعد	۱,۰۳±۱۱,۹۹۱	۱,۰۳	۱,۷۸	۱,۳۳	۰,۰۹	۱,۹۸	۱,۸۹
Tridecane	بعد	۰,۵۱±۶,۵۱	۰,۵۱	۰,۵۳	۰,۷۲	۰	۱,۰۲	۱,۰۲
Pentadecane	بعد	۰,۰۷±۰,۹۲۴	۰,۰۷	۰,۰۱	۰,۱	۰	۰,۱۵	۰,۱۵

در بررسی اثر گیاه‌پالایی مشاهده شد که میزان آلودگی‌های هیدروکربن موجود در خاک به جز در سه آلودگی اندیکان، تریدکان و پنتادکان تغییری نداشته ولی میزان پالایش در سایر موارد معنی‌دار بوده است. در بررسی گیاه پالایی خاک به این نتیجه می‌رسیم که دیکان خاک کاهش یافته است که بدلیل جذب توسط گیاهان بوده است. اما در مورد هگزا دیکان وتری دیکان میزان در خاک افزایش یافته است. می‌توان گفت ترکیبات از گیاه به خاک وارد شده‌اند. ترکیبات هگزا دیکان در گیاهان نیز وجود دارند مثل چای ونعنا فلفی(Francke & schulz).

این اختلاف نشان از این موضوع دارد که هرچند گیاه‌پالایی باعث کاهش آلودگی‌های درون خاک شده است، اما در حالت کلی باعث شده است که میزان برخی از این هیدروکربن‌ها از میزان قبل از کشت بیشتر باشد، که این امر بدلیل تولید این مواد توسط سلول های گیاهی می‌باشد. برای آلاینده‌های آلی، استفاده از باکتری‌ها به عنوان یک پیش تصفیه که مواد آلی موجود در خاک را مصرف می‌کند، می‌تواند روند اصلاح خاک را بهبود بخشد (Huang et al 2005). شمعدانی معطر دارای ترکیبات آروماتیک می‌باشد و میزان رطوبت خاک بر میزان اسانس آن اثر دارد (جعفری و همکاران ۱۳۹۴).

جدول ۹- تغییر مقادیر فلزات سنگین خاک قبل و بعد از کشت گیاهان

فلز سنگین	سرب		کادمیم	
زمان	قبل	بعد	قبل	بعد
میانگین± خطای استاندارد	۲۶۷,۵۳±۵۳۰,۶۵۴	۷۷۲,۳۵±۹۸۰,۲۳۹	۳۳۷,۰۵±۷۸۲,۱۱۷	۸۵,۱۶±۶۷,۷۹۳
میانه	۵۱,۱۹	۱۵۲,۴۲	۸۷,۸۴	۱۰۲,۴۷
واریانس	۱۸۲۶۴۷,۶۹	۱۱۲۳۳۷۶,۱۲	۳۹۶۷۶۶,۷۹	۵۳۷۳,۱۲
انحراف استاندارد	۴۲۷,۳۷	۱۰۵۹,۸۹	۶۲۹,۸۹	۷۳,۳
مینیمم	۲۹,۱۳	۲۸,۴۹	۹,۰۸	۱۰,۴۹
ماکزیمم	۱۰۲۲,۴	۲۴۳۷,۹	۱۴۶۱,۰۷	۱۹۸,۴۸
دامنه تغییرات	۹۹۳,۲۷	۲۴۰۹,۴۱	۱۴۵۱,۹۹	۱۸۷,۹۹

جدول(۹) تغییر مقادیر فلزات سنگین خاک قبل و بعد از کشت گیاهان را نشان داده است. در مورد سرب میزان کاهش رؤیت نشده است و افزایش قابل توجهی دیده شده است. در مورد کادمیم کاهش محسوس می‌باشد بنابراین گیاه پالایی بروی کادمیم خاک اثر مثبتی داشته است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

آلودگی خاک با مواد نفتی سبب تغییر خواص خاک و ایجاد سمیت در خاک می‌گردد. پاکسازی خاک در نقاطی که نشت ترکیبات نفتی صورت گرفته است ضروری می‌باشد. استفاده از راهکارهای همگام با محیط زیست جهت کاهش آلودگی خاک ضروری می‌باشد. در این تحقیق از گونه‌های گیاهی شمعدانی و کلم زینتی برای جذب هیدروکربن‌های نفتی و فلزات سنگین استفاده شده است. بیشترین میزان تجمع مربوط به تترادیکان در بافت خشک شمعدانی می‌باشد. کمترین میزان مربوط به دیکان است که در بافت خشک شمعدانی اندازه‌گیری شد. میزان آلودگی‌های کل هیدروکربن‌ها نفتی موجود در خاک به جز در سه آلودگی اندیکان، تریدکان و پنتادکان تغییری نداشت. در مورد جذب فلزات سنگین، کلم زینتی توان بالاتری در جذب کادمیم داشت.

در تجمع بررسی شده در شمعدانی ترکیبات نفتی در بافت خشک بیشتر می‌باشند اما در کلم زینتی تجمع هیدروکربت‌های نفتی در بافت تازه بیشتر است. بر اساس نتایج بدست آمده بافت خشک و تر (رطوبت بافت) در میزان تجمع اثرگذار هستند، پیشنهاد می‌گردد در تحقیقات آتی نقش رطوبت گیاهان در جذب آلاینده‌ها بررسی گردد.

References

1. Huang XD, El-Alawi Y, Gurska J, Glick BR, Greenberg BM. A multi-process phytoremediation system for decontamination of persistent total petroleum hydrocarbons (TPHs) from soils. *Microchem J*. 2005;81(1):139-47. https://doi.org/10.1016/j.microc.2005.01.009.
2. Bouchez-Naïtali M, Vandecasteele JP. Biosurfactants, an help in the biodegradation of hexadecane? The case of Rhodococcus and Pseudomonas strains. *World J Microbiol Biotechnol*. 2008;24:1901-7. DOI:10.1007/s11274-008-9691-9.
3. Dehghani M, Taatizadeh SB, Samaei MR. Biodegradation of N-Hexadecane In Acinteobacter Radioresistern Liquid Culture. *Health Scope*. 2013;2(3):162-7.
4. Khoramnejadian S, Matinfar F, Khoramnejadian S. Phytoremediation of petroleum hydrocarbons by native plants of Damavand region. *GJMPR*. 2013;1(1):8-11.
5. Amiri N, Yadegari M, Hamedi B. Essential oil composition of Cirsium arvense L. produced in different climate and soil properties. *Rec Nat Prod*. 2018;12(3):251-62. DOI: http://doi.org/10.25135/rnp.27.17.06.043.
6. Khoshmanesh B, Ghadami R, Ghafourinejad AA. The assessment of efficiency of saponin as bio-surfactant in removal of nickel and vanadium from soil contaminated by petroleum, Case study: Ahwaz oil pumping unit. *Anthropog pollut*. 2018;2(1):18-26.
7. Ghavam M. Relationships of irrigation water and soil physical and chemical characteristics with

yield, chemical composition and antimicrobial activity of Damask rose essential oil. *PLoS One*. 2021;16(4). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249363.

8. Karnaeva A, Kulikova O, Mazlova E, Buryak A. Aged diesel and heavy metal pollution in the Arctic tundra (Yamal Peninsula, Russia). *Sci Total Environ*. 2021;792:148471. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148471.
9. Fataei E, Monavari SM, Hasani AH, Karbasi AR, Mirbagheri SA. Heavy metal and agricultural toxics monitoring in Garasou river in Iran for water quality assessment. *Asian J Chem*. 2010;22(4):2991-3000.
10. Bayrami N, Fataei E, Kharrat Sadeghi M, Javanshir Khoei A. Evaluation of bioaccumulation of lead metal pollutant in two biotic and abiotic compartments of the Caspian Sea coastal sediments. *J Mar Biol*. 2020;12(3):1-14.
11. Mostofie N, Fataei E, Kheikhah Zarkesh MM, Hezhabrpour Gh. Assessment centers and distribution centers dust (case study: NorthWest, Iran). *Int J Farming Allied Sci*. 2014;3(2):235-43.
12. Saeb K, Khadami R, Khoramnejadian S, Abdollahi E. Use of vetiver (Vetiveria zizanoides) in remediation of cyanide soil contamination. *J Biol Today's World*. 2015;4(7):150-5.
13. Liste HH, Quiñones-Rivera A, Tang J. Availability of aged toluene and decane for biodegradation in soil. *Wat Air Soil Pollut*. 2002;133:227-34.
14. Kashmiri S, Pardel S, Raisi A, Nabipour I, Darabi H, Jamali S, et al. Investigating environmental pollution caused by gas and petrochemical industries and its effects on the health of residents of Asalouye region, the energy capital of Iran: a review study. *ISMJ*. 2017;21(2):162-85.
15. Jafari M, Rezainejad AH, Faizian M. The effect of superabsorbent, manure and irrigation on some growth, physiological and biochemical characteristics of aromatic geranium. *Agric Agric*. 2015;18(2):467-80.
16. Mortazavi S, Khodabandelu F, Azimi MH. Effect of Cycocel and Salisilic acid on Morphologic Traits of Brassica Oleracea, Pink Type. *J Hortic Sci*. 2017;30(4):590-6.
17. Sadeghi Far H, Mirshkaraei SA. Investigation of poplar wood lignin 2- Determination of properties by FTIR and UV-ViS spectroscopic methods. *Agric Sci*. 2005;11(3):49-58.
18. Moini M, Farah Bakhsh AN. Plant treatment of heavy metals from soil. 2016. Available from: https://sid.ir/paper/809769/fa. [In Persian].
19. Mohammadi M, Abdousi V, Moradi P. Investigating the effect of EDTA on phytoremediation of lead and cadmium by rosemary plant. 2014. Available from: https://sid.ir/paper/879459/fa. [In Persian].
20. Moghaddas B. Environmental effects of attitude towards oil industries. 2014. Available from: https://sid.ir/paper/861996/fa. [In Persian].
21. Etsami M, Biabani A, Suleimangli E. Plant breeding in sustainable agriculture. 2012. Available from: https://sid.ir/paper/883775/fa. [In Persian].

Research Article

Journal of New Researches in Environmental Engineering

Volume 2, Issue 5, Spring 2024, Pages 15-24

ISSN (Online): 2981-0930

Comparison the Phytoremediation ability of Pelargonium Graveolens and Brassica Oleracea Acephala in Removing Total Petroleum Pollutants and Heavy Metals (Lead and Cadmium)

Samira Abedini — MSc gradueted, Department of Environment, Damavand Branch, Islamic Azad University, Damavand, Iran.

Shahrzad Khoramnejadian * — Department of Environment, Damavand Branch, Islamic Azad University, Damavand, Iran.

Received: 31May 2023

Accepted: 18 June 2024

Keywords: Phytoremediation, Heavy metal, Petroleum Hydrocarbon, Soil.

Extended Abstract

Introduction: Soil pollution with petroleum hydrocarbons and heavy metals is one of the problems related to industrial societies. There are several methods to remove pollutants from the soil. Phytoremediation is a method in sync with the environment that uses plants to remove pollutants from the soil. The purpose of this research was to investigate the cleaning of soil from oil pollution and also heavy metals using two ornamental plants, ornamental cabbage and aromatic geranium.

Materials and Methods: 40 samples including 20 soil samples and 20 plants were selected. Soils were selected in three categories: clean (control), semi-contaminated and completely contaminated. Soils were selected in three categories: clean (control), semi-contaminated and completely contaminated. HPLC device was used to measure heavy metals. A spectrophotometer was used to measure the total petroleum hydrocarbons.

Results and Discussion: The highest amount of hydrocarbon accumulation in geranium in semi-contaminated soil is related to tetradecane (16.021 mg/Kg) in dry tissue and there was no effect of tridecane and pentadecane accumulation in fresh and dry geranium tissue. In ornamental cabbage, the highest amount of accumulation related to decan (19.69 mg/Kg) was seen in fresh tissue and the lowest amount of accumulation related to nonan (0.659 mg/Kg) was seen in dry tissue.

Conclusion: The results of this research showed that both ornamental plants used in the research were suitable for herbal treatment. In removing oil pollution, the aromatic geranium plant showed a better performance. had. Ornamental cabbage had a higher efficiency in removing the heavy metal cadmium.

Corresponding author: Shahrzad Khoramnejadian

Address: Department of Environment, Damavand Branch, Islamic Azad University, Damavand, Iran. **Tel:** +989357970978

Email: khoramnejad@damavandiau.ac.ir

Citation: Abedini S, Khoramnejadian S. Comparison the Phytoremediation ability of Pelargonium Graveolens and Brassica Oleracea Acephala in Removing Total Petroleum Pollutants and Heavy Metals (Lead and Cadmium). *Journal of New Researches in Environmental Engineering*, 2024; 2(5): 15-24.

© 2024, This article published in Journal of New Researches in Environmental Engineering (JNREE) as an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0). Non-commercial use, distribution and reproduction of this article is permitted in any medium, provided the original work is properly cited.