



19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



پاسخ آنزیم‌های اوره‌آز و دهیدروژناز در خاک‌های مختلف آلوده به ترکیبات نفتی

مصطفی ایلخانی پور^۱، احمدعلی پوربائنی^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی و

منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران؛

۲- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

*E-mail: Pourbabaie@ut.ac.ir

چکیده

نفت و فرآورده‌های آن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع انرژی، موجب آلودگی گسترده‌ی خاک‌ها با هیدروکربن‌های نفتی شده‌اند. این آلاینده‌ها، دارای اثرات مخرب، سرطان‌زا و جهش‌زا هستند که بر سلامت خاک و میکروارگانیسم‌های آن تأثیر می‌گذارند. فعالیت آنزیم‌های خاک مانند اوره‌آز و دهیدروژناز به‌عنوان شاخص‌های زیستی مهم برای ارزیابی کیفیت خاک تحت شرایط آلودگی نفتی استفاده می‌شود. اوره‌آز با شرکت در چرخه‌ی نیترژن و دهیدروژناز با نقش در متابولیسم میکروبی، نسبت به غلظت و نوع آلاینده حساس هستند. مطالعات نشان داده‌اند که فعالیت این آنزیم‌ها بسته به نوع آلاینده و بافت خاک متفاوت است. خاک‌های رسی به‌دلیل داشتن ماده آلی و رس بالا، ظرفیت بیشتری برای جذب آلاینده و کاهش فراهمی آن برای میکروارگانیسم‌ها دارند، درحالی‌که در خاک‌های شنی فراهمی و سمیت آلاینده‌ها بیشتر است. در غلظت‌های پایین برخی آلاینده‌ها (۱۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) فعالیت‌های آنزیمی تحریک می‌شود، اما در غلظت‌های بالا (۱۵۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) معمولاً فعالیت این آنزیم‌ها مهار می‌شود. به‌طور کلی، آلودگی نفتی موجب کاهش جمعیت میکروبی می‌شود، ولی میکروارگانیسم‌های مقاوم با استفاده از آلاینده‌ها به‌عنوان منبع کربن، فعالیت متابولیکی خود را افزایش می‌دهند. بنابراین فعالیت آنزیمی اوره‌آز و دهیدروژناز به‌عنوان شاخص کیفیت خاک، در حضور ترکیبات مختلف نفتی به‌دلیل رفتار متفاوت با توجه به نوع بافت خاک و بیوتای متفاوت موآد آن‌ها، بایستی با سایر شاخص‌ها در تحلیل سلامت خاک ارزیابی شوند.

واژگان کلیدی: هیدروکربن‌های نفتی، آنزیم‌های خاک، جامعه‌ی میکروبی

مقدمه

نفت یکی از منابع اصلی انرژی است و بهره‌برداری، پالایش، حمل و نقل و استفاده‌ی جهانی از نفت و فرآورده‌های نفتی، هیدروکربن‌های نفتی (PHCs^۱) را به آلاینده‌های گسترده‌ای در این کره‌ی خاکی تبدیل کرده است. نفت خام^۲ از آلکان‌های خطی، شاخه‌دار و آروماتیک‌های چندحلقه‌ای (PAHs^۳) به‌عنوان اجزای اصلی و همچنین مقادیر کمی از ترکیبات حاوی نیتروژن، اکسیژن و گوگرد تشکیل شده است (Marshall & Rodgers, 2008). برخی از اجزاء عمدتاً هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای، بیگانه‌زیست‌های^۴ خطرناکی هستند که فعالیت‌های بالقوه‌ی آسیب‌زا، سرطان‌زا و جهش‌زا نشان می‌دهند و در صورت تجمع در محصولات کشاورزی، سلامت انسان را تهدید می‌کنند. میکروبی‌های موجود در خاک برای عملکرد اکوسیستم، مانند تجزیه، انتقال زیست‌توده و چرخه‌های بیوژئوشیمیایی (به‌عنوان مثال، چرخه نیتروژن) بسیار مهم هستند (Wu et al., 2014). مطالعات نشان داده‌اند که ارزیابی فعالیت آنزیمی خاک می‌تواند برای ارزیابی آلودگی خاک به هیدروکربن‌های مشتق‌شده از نفت مورد استفاده قرار گیرد (Gospodarek et al., 2021). میکروارگانیسم‌های خاک به‌دلیل حساسیت بالا به تنش‌های محیطی، بهترین شاخص‌های آلودگی خاک هستند. فعالیت‌های آنزیمی خاک و تنوع جامعه‌ی میکروبی، دو شاخص مهم برای ارزیابی میکروارگانیسم‌های خاک و عملکردهای زیستی آن‌ها هستند و برای ارزیابی آلودگی در خاک به‌کار می‌روند (Wyszowska et al., 2023).

اوره‌آز یکی از آنزیم‌های مهم در چرخه‌ی نیتروژن در خاک است که به‌عنوان نوعی آمیداز، با کاتالیز کردن واکنش هیدرولیز پیوند آمیدی در ماده آلی، نیتروژن آلی را به نیتروژن آمونیومی تبدیل می‌کند و وضعیت تغذیه‌ای نیتروژن را در خاک بهبود می‌بخشد (Guo et al., 2012). با توجه به حساسیت بالای این آنزیم به غلظت‌های بالای هیدروکربن‌های نفتی، فعالیت اوره‌آز می‌تواند به‌عنوان یک شاخص بیوشیمیایی برای ارزیابی خصوصیات زیستی خاک تحت آلودگی نفتی مورد استفاده قرار گیرد (Wu et al., 2014). دهیدروژناز یک آنزیم کلیدی دخیل در متابولیسم میکروبی تحت شرایط تنشی است که از طریق آن می‌توان فعالیت متابولیسی میکروارگانیسم‌های خاک را درک کرد. آنزیم دهیدروژناز با کاتالیز انتقال هیدروژن از پیش‌ماده‌های آلی به پذیرنده‌های معدنی، در اکسیداسیون زیستی مواد آلی در خاک نقش دارند (Gospodarek et al., 2021). از طرفی، تأثیر مثبت نفت خام و گازوئیل بر فعالیت دهیدروژناز در خاک نیز گزارش شده است (Byun et al., 2005). تحریک فعالیت دهیدروژناز خاک در غلظت‌های پایین خاک‌های آلوده به گازوئیل و n-هگزادکان نشان می‌دهد که آن‌ها به‌راحتی توسط میکروارگانیسم‌های خاک مورد استفاده قرار گرفته‌اند و در نتیجه فعالیت‌های متابولیک میکروبی را افزایش داده‌اند. اما ترکیباتی مانند نفتالین و فنانترن به‌عنوان نمایندگان PAHها (ترکیبات سنگین) بسیار سمی و مقاوم بودند و منجر به مهار متابولیسم میکروبی و کاهش فعالیت دهیدروژناز می‌شدند (Wu et al., 2014). فعالیت و پاسخ‌های آنزیم‌های خاک تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند نوع آلاینده‌ی نفتی و خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک نیز قرار می‌گیرد (Borah & Deka, 2023). آسیب ناشی از آلودگی هیدروکربن‌های نفتی به نوع و غلظت آلاینده نیز بستگی دارد. به‌طور کلی مقاومت هیدروکربن‌ها به تجزیه‌ی زیستی به ترتیب زیر کاهش می‌یابد: آلکان‌های خطی < آلکان‌های شاخه‌دار < هیدروکربن‌های آروماتیک با وزن مولکولی کم < هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای با وزن مولکولی بالا (Labud et al., 2007). هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر منابع مختلف آلاینده‌های نفتی بر شاخص‌های زیستی قابل مطالعه نظیر آنزیم‌های اوره‌آز و دهیدروژناز به‌عنوان آنزیم‌های کلیدی برای بررسی عملکرد جامعه‌ی میکروبی و همچنین تأثیر بافت خاک بر پاسخ‌های میکروبی و آنزیمی یک خاک تحت شرایط آلودگی نفتی است که انتظار می‌رود شناخت این پاسخ‌های میکروبی و آنزیمی، ما را در پاکسازی زیستی خاک‌های آلوده به نفت یاری کند.

¹ Petroleum hydrocarbons

² Crude oil

³ Polycyclic aromatic hydrocarbons

⁴ Xenobiotics

تأثیر بافت خاک بر فعالیت آنزیمی و میکروبی در خاک‌های آلوده

محتوای بالای مواد آلی و رس در خاک رسی نسبت به خاک شنی، میکروارگانیسم‌ها را در برابر سمیت هیدروکربن محافظت می‌کند و منجر به افزایش جمعیت میکروبی در خاک رسی می‌شود. به‌طوری که مواد آلی و رس آلاینده‌ها را جذب کرده و غلظت آن‌ها در فاز محلول را کاهش می‌دهد، همچنین انتقال و فراهمی زیستی آلاینده‌ها در خاک کاهش می‌یابد (Eibes et al., 2006). در خاک شنی، تأثیر اندک آلودگی بنزین بر تنفس خاک ممکن است به دلیل ناتوانی میکروارگانیسم‌های موجود در محیط در استفاده از ترکیبات بنزین به عنوان پیش‌ماده و کاهش شدید تعداد میکروارگانیسم‌های زنده در نتیجه سمیت این هیدروکربن به‌ویژه در خاک شنی باشد (Labud et al., 2007). بنابراین، مهار فعالیت اوره‌آز و دهیدروژناز ممکن است نتیجه اثر مستقیم هیدروکربن‌های نفتی بر میکروارگانیسم‌های تولیدکننده‌ی این آنزیم یا نتیجه غیرمستقیم خواص فیزیکی خاک باشد (Chakravarty et al., 2022).

مطالعات انجام شده توسط Labud و همکاران (2007) نشان داد که آلاینده‌های نفتی جمعیت میکروبی خاک را مهار کردند. این اثر مهاری در خاک شنی (تا ۷۰٪ کاهش) نسبت به خاک رسی (تا ۵۰٪ کاهش) بارزتر بود. همچنین مشخص شد که در خاک شنی میزان تنفس بالاتری در حضور گازوئیل انجام می‌شود، فعالیت میکروبی خاک به ترتیب زیر کاهش یافت: نفت خام ۱۰٪ < نفت خام ۵٪ < گازوئیل ۱۰٪ < گازوئیل ۵٪ < بنزین ۱۰٪ = بنزین ۵٪ = خاک شاهد. خاک‌های شنی مقادیر کمتری از فعالیت اوره‌آز را نسبت به خاک‌های رسی نشان دادند. فعالیت این آنزیم هم در خاک شنی آلوده و هم در خاک شنی غیرآلوده کاهش یافت. همچنین مشاهده شد که در هر دو خاک شنی و رسی آلودگی بنزین صرف نظر از غلظت آلاینده، بیشترین تأثیر منفی را بر فعالیت اوره‌آز داشت. برخلاف خاک شنی، فعالیت این آنزیم در خاک رس به‌طور قابل توجهی توسط گازوئیل و به میزان کمتری توسط آلودگی نفتی تحریک شد. Wyszowska و همکاران (2023) گزارش دادند که آلودگی خاک با گازوئیل و بنزین به‌طور قابل توجهی فعالیت آنزیم‌های خاک را سرکوب کرد. تغییرات مشاهده شده در فعالیت آنزیمی در هر دو نوع خاک لوم شنی و شن لومی عمدتاً به دلیل تأثیر بنزین بود که فعالیت دهیدروژناز و اوره‌آز را در خاک لوم شنی و در خاک شن لومی مهار کرد.

تأثیر نوع منبع و مقدار آلودگی نفتی بر فعالیت میکروبی و آنزیمی در خاک

در مطالعات انجام شده در خصوص تأثیر منابع مختلف و مقادیر گوناگون از آلاینده‌ها در خاک‌های آلوده به نفت، محققان هم افزایش و هم کاهش پارامترهای زیستی، از جمله فعالیت‌های آنزیمی را گزارش کرده‌اند. نوع آلاینده عامل بسیار مهمی در فعالیت اوره‌آز است. برخی از محققان افزایش فعالیت اوره‌آز را با افزایش غلظت نفت خام گزارش کرده‌اند. سازگاری میکروارگانیسم‌های خاک با آلودگی نفت خام که مدت زیادی در خاک بوده است، منجر به افزایش جمعیت باکتریایی و استفاده از نفت خام به عنوان منبع کربن و انرژی شده است. بنابراین، این افزایش جمعیت میکروبی ممکن است منجر به افزایش فعالیت اوره‌آز نیز شود (Moradi et al., 2024). آلودگی با بنزین به‌طور کلی، اثر مهاری بیشتری بر جمعیت میکروبی و فعالیت آنزیم‌ها نسبت به نفت خام یا گازوئیل در خاک ایجاد می‌کند که می‌تواند به دلیل ویژگی این آلاینده باشد که تماس آن با میکروارگانیسم‌ها و آنزیم‌ها را تسهیل می‌کند. هیدروکربن‌های سبک نسبت به هیدروکربن‌های سنگین، بیشتر در دسترس میکروارگانیسم‌های خاک هستند (Labud et al., 2007). غلظت‌های بالای نفت خام باعث پوشش کمپلکس‌های آلی و معدنی در خاک و سطوح سلول‌های میکروبی می‌شود و بنابراین از رسیدن پیش‌ماده‌های محلول به مولکول‌های آنزیم جلوگیری می‌کند که در نهایت فعالیت آنزیم‌ها را در خاک‌های آلوده کاهش می‌دهد. وجود نفت خام می‌تواند با کاهش فرایندهای متابولیک پروتئین در میکروارگانیسم‌ها، جمعیت باکتریایی خاک را مهار کند که در نهایت منجر به کاهش فعالیت آنزیم‌ها در خاک می‌شود (Aponte et al., 2020).

مطالعات Wu و همکاران (2014) نشان داد که حضور n-هگزادکان در خاک به طور مشخصی فعالیت میکروارگانیسم‌های بومی، به ویژه باکتری‌های تجزیه‌کننده‌ی آلکان، را افزایش می‌دهد و منجر به تجزیه‌ی زیستی بیش از ۲۰٪ n-هگزادکان در عرض یک ماه می‌شود. حضور PAHها به طور کامل فعالیت‌های زیستی جامعه‌ی میکروبی خاک را مهار می‌کند. با این حال، محتوای باکتری‌های تجزیه‌کننده‌ی PAH بیش از ۱۰ برابر افزایش یافته که نشان دهنده‌ی اثر انتخابی PAHها بر باکتری‌های خاک است.

Labud و همکاران (۲۰۰۷) گزارش دادند که حضور نفت خام با غلظت‌های بین ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، پس از ۳۱ روز، هیچ تأثیری بر فعالیت اوره‌آز نداشتند. از سوی دیگر، حضور نفت خام با غلظت بیش از ۷۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم منجر به کاهش فعالیت دهیدروژناز شد. حضور نفت خام با غلظت کم (۲۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نیز هیچ تأثیری بر فعالیت دهیدروژناز نداشت. در خاک آلوده به گازوئیل، غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، فعالیت اوره‌آز را تغییر نداد. با این حال، مقادیر بالاتر گازوئیل (۷۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) ابتدا منجر به کاهش و پس از ۱۵ روز، باعث افزایش فعالیت اوره‌آز در خاک شد. افزایش فعالیت دهیدروژناز در حضور گازوئیل با غلظت کم (۱۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، نشان دهنده‌ی اثر تحریکی بر میکروارگانیسم‌های بومی بود. با این حال، غلظت گازوئیل در ۷۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اثر مهاری برای این آنزیم در خاک رخ داشت. غلظت‌های ۸۰۰ تا ۲۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم از n-هگزادکان، فعالیت اوره‌آز و دهیدروژناز را افزایش داد. با این حال، در غلظت بالای n-هگزادکان (۶۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، فعالیت اوره‌آز افزایش یافته در حالی که فعالیت دهیدروژناز مهار شده است.

مطالعات Moradi و همکاران (2024) نشان داد که جمعیت باکتری‌ها با افزایش شدت آلودگی نفت خام افزایش یافت. فعالیت آنزیم دهیدروژناز در خاک‌های با آلودگی شدید نسبت به خاک‌های با آلودگی کم افزایش یافته است در حالی که فعالیت آنزیم اوره‌آز در خاک‌های با آلودگی زیاد نسبت به خاک‌های با آلودگی کم کاهش یافت.

Borah و Deka (2023) با مطالعه بر خطرات زیست‌محیطی و انسانی نفت خام در زمین‌های کشاورزی آلوده بیان داشتند که مقادیر اوره‌آز در نمونه خاک آلوده در محدوده $0/44 \pm 0/3$ تا $1/80 \pm 1/2$ میلی‌گرم $N-NH_4^+$ در هر گرم خاک بوده، در حالی که مقادیر خاک شاهد بین $9/231 \pm 0/1$ تا $14/55 \pm 0/5$ میلی‌گرم $N-NH_4^+$ در هر گرم گزارش شد. همچنین مقادیر دهیدروژناز در خاک آلوده بین $0/321 \pm 0/2$ تا $0/776 \pm 0/7$ میلی‌گرم TPF در هر گرم خاک گزارش شده، در حالی که میزان دهیدروژناز در خاک شاهد در محدوده $2/36 \pm 0/4$ تا $3/49 \pm 1/3$ میلی‌گرم TPF در هر گرم خاک بود. این نتایج نشان دهنده‌ی کاهش معنی‌دار مقادیر آنزیم اوره‌آز و دهیدروژناز در خاک آلوده به نفت خام است.

تحقیقات Chakravarty و همکاران (2022) بر تأثیر هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای بر شاخص‌های زیستی خاک نشان داد که فعالیت آنزیم‌های دهیدروژناز و اوره‌آز خاک در خاک آلوده نسبت به خاک شاهد به میزان ۱٫۵ تا ۲٫۳ برابر کاهش می‌یابد. فعالیت‌های پایین دهیدروژناز و اوره‌آز در خاک آلوده را می‌توان به رشد ضعیف میکروبی و فعالیت‌های مرتبط با آن‌ها نسبت داد. گزارش شده است که اثرات سمی PAHهای مرتبط با نفت خام، با کاهش پیش‌ماده‌ی موجود و کاهش فراهمی زیستی PAHها، منبع کربن و انرژی برای میکروارگانیسم‌ها، جمعیت میکروبی مفید در خاک را کاهش می‌دهد و در نهایت واکنش‌های آنزیمی را مختل می‌کند (Emami et al., 2014).

نتیجه‌گیری

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که به طور کلی منابع گوناگون از آلاینده‌های نفتی در خاک تأثیر منفی بر اکوسیستم‌های خاک و چرخه‌های مواد مغذی دارد. همچنین بافت‌های گوناگون خاک تأثیر متفاوتی بر دسترسی این آلاینده‌ها برای میکروارگانیسم‌های خاک و اثر متفاوتی بر فعالیت و پاسخ‌های آنزیمی جامعه‌ی میکروبی در خاک دارد. جمعیت میکروبی توسط آلاینده‌های نفتی مهار می‌شود، اما میکروارگانیسم‌های زنده مانده در خاک از هیدروکربن‌های نفتی به‌عنوان منبع جدید کربن استفاده می‌کنند و فعالیت متابولیکی خود را تحت این شرایط افزایش می‌دهد که این امر

باعث افزایش فعالیت آنزیمی خاک توسط این جامعه محدود در خاک می‌شود. در خاک‌هایی که ماده آلی و رس بیشتری دارند، جامعه‌ی میکروبی کمتر تحت تأثیر آلاینده‌های نفتی قرار می‌گیرند و در نتیجه فعالیت‌های آنزیمی و میکروبی خاک شرایط بهتری دارد. مطالعه و بررسی فعالیت‌های آنزیمی و میکروبی در خاک به‌عنوان شاخص‌های زیستی به همراه سایر فاکتورهای زیستی با توجه به نوع خاک و ترکیب هیدروکربن‌های نفتی، می‌توانند ما را در شناخت و مدیریت آلودگی نفتی و زیست‌پالایی خاک‌های آلوده یاری کنند.

فهرست منابع

- Aponte, H., Meli, P., Butler, B., Paolini, J., Matus, F., Merino, C., Cornejo, P., & Kuzyakov, Y. (2020). Meta-analysis of heavy metal effects on soil enzyme activities. *Science of the Total Environment*, 737, 139744. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139744>
- Borah, G., & Deka, H. (2023). Crude oil associated heavy metals (HMs) contamination in agricultural land: Understanding risk factors and changes in soil biological properties. *Chemosphere*, 310(September 2022), 136890. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136890>
- Byun, I. G., Nam, H. U., Song, S. K., Hwang, I. S., Lee, T. H., & Park, T. J. (2005). Monitoring of bioventing process for diesel-contaminated soil by dehydrogenase activity, microbial counts and the ratio of n-alkane/Isoprenoid. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 22(6), 917–921. <https://doi.org/10.1007/BF02705675>
- Chakravarty, P., Chowdhury, D., & Deka, H. (2022). Ecological risk assessment of priority PAHs pollutants in crude oil contaminated soil and its impacts on soil biological properties. *Journal of Hazardous Materials*, 437(June), 129325. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129325>
- Eibes, G., Cajthaml, T., Moreira, M. T., Feijoo, G., & Lema, J. M. (2006). Enzymatic degradation of anthracene, dibenzothiophene and pyrene by manganese peroxidase in media containing acetone. *Chemosphere*, 64(3), 408–414. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.11.075>
- Emami, S., Pourbabaei, A. A., & Alikhani, H. A. (2014). Interactive effect of nitrogen fertilizer and hydrocarbon pollution on soil biological indicators. *Environmental Earth Sciences*, 72(9), 3513–3519. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3259-9>
- Gospodarek, J., Rusin, M., Barczyk, G., & Nadgórska-Socha, A. (2021). The effect of petroleum-derived substances and their bioremediation on soil enzymatic activity and soil invertebrates. *Agronomy*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/agronomy11010080>
- Guo, H., Yao, J., Cai, M., Qian, Y., Guo, Y., Richnow, H. H., Blake, R. E., Doni, S., & Ceccanti, B. (2012). Effects of petroleum contamination on soil microbial numbers, metabolic activity and urease activity. *Chemosphere*, 87(11), 1273–1280. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.01.034>
- Labud, V., Garcia, C., & Hernandez, T. (2007). Effect of hydrocarbon pollution on the microbial properties of a sandy and a clay soil. *Chemosphere*, 66(10), 1863–1871. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.08.021>
- Marshall, A. G., & Rodgers, R. P. (2008). Petroleomics: Chemistry of the underworld. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(47), 18090–18095. <https://doi.org/10.1073/pnas.0805069105>
- Moradi, S., Sarikhani, M. R., Beheshti Ale-Agha, A., Hasanpur, K., & Shiri, J. (2024). Effects of natural and prolonged crude oil pollution on soil enzyme activities. *Geoderma Regional*, 36(October 2023), e00742. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2023.e00742>
- Wu, B., Lan, T., Lu, D., & Liu, Z. (2014). Ecological and enzymatic responses to petroleum contamination. *Environmental Sciences: Processes and Impacts*, 16(6), 1501–1509. <https://doi.org/10.1039/c3em00731f>
- Wyszkowska, J., Borowik, A., Zaborowska, M., & Kucharski, J. (2023). The Usability of Sorbents in Restoring Enzymatic Activity in Soils Polluted with Petroleum-Derived Products. *Materials*, 16(10). <https://doi.org/10.3390/ma16103738>

Response of urease and dehydrogenase enzymes in different soils contaminated with petroleum compounds

Mostafa Eilkhani Pour¹, Ahmad Ali Pourbabaee^{2*}

1- M.Sc. student in Soil Biology and Biotechnology, Department of Soil Science, Faculties of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran;

2- Professor, Department of Soil Science, Faculties of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran,

*E-mail: Pourbabaee@ut.ac.ir

Abstract

Oil and its products, as one of the most important energy sources, have caused widespread soil contamination with petroleum hydrocarbons. These pollutants have destructive, carcinogenic, and mutagenic effects that affect the health of the soil and its microorganisms. The activities of soil enzymes such as urease and dehydrogenase are used as important biological indicators to assess soil quality under oil pollution conditions. Urease, by participating in the nitrogen cycle, and dehydrogenase, by playing a role in microbial metabolism, are sensitive to the concentration and type of pollutant. Studies have shown that the activity of these enzymes vary depending on the type of pollutant and soil texture. Clay soils, due to their high organic matter and clay content, have a greater capacity to absorb pollutants and reduce their availability to microorganisms, while in sandy soils, the availability and toxicity of pollutants are higher. At low concentrations of some pollutants (1500 mg/kg), enzyme activities are stimulated, but at high concentrations (15000 mg/kg), the activity of these enzymes is usually inhibited. In general, oil pollution causes a decrease in microbial populations, but resistant microorganisms increase their metabolic activity by using pollutants as a carbon source. Therefore, the enzymatic activities of urease and dehydrogenase, as soil quality indicators, should be evaluated with other indicators in soil health analysis in the presence of different petroleum compounds due to their different behavior according to the type of soil texture and the different biota that produces them.

Keywords: Petroleum hydrocarbons, Soil enzymes, Microbial community