

ارزیابی و مقایسه توانایی قارچ‌های خاکزی در تجزیه زیستی نفت خام از مناطق نفتی اهواز و امیدیه

ویدا داودی^{1*}، زینب گلشنی²، آرزو طهمورث پور³

تاریخ پذیرش: 94/09/04

تاریخ دریافت: 93/10/29

1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد میکروبیولوژی، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد فلاورجان، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان

3- استادیار میکروبیولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: vdawoodi@yahoo.com

چکیده

به دلیل اهمیت قارچ‌های خاکزی در ارتباط با تجزیه سوبستراهای آلی به خصوص هیدروکربن‌های نفتی و عدم مطالعات در استفاده از قارچ‌ها در تجزیه هیدروکربن‌های نفتی در ایران، جداسازی قارچ‌ها در خاک‌های آلوده به نفت خام در مناطق نفتی اهواز و امیدیه، به منظور تعیین رشد نسبی این قارچ‌ها بر روی نفت خام و اندازه‌گیری میزان رشد و ظرفیت تجزیه جدایه‌های خاص در نفت خام انجام شد. برای جداسازی قارچ‌ها از محیط سیب‌زمینی دکستروز آگار تکمیل‌شده با استرپتومایسین و محیط نمک‌های معدنی تکمیل‌شده با 1٪ نفت خام استفاده شد. توانایی این قارچ‌ها برای تجزیه نفت خام روی محیط مایع نمک‌های معدنی مقایسه شد و زیست‌توده قارچی و نفت باقی‌مانده اندازه‌گیری شد. هفت گونه قارچ از خاک‌های آلوده به نفت جداسازی شد، که توانایی آسپرژیلوس ترئوس، آسپرژیلوس فلاوئوس، گونه‌های از جنس‌های پنی سیلیوم و فوزاریوم برای تجزیه نفت خام مقایسه شدند. بیشترین زیست‌توده توسط قارچ پنی سیلیوم ($71/40 \pm 22/60$ میلی‌گرم در 50 میلی‌لیتر) و کم‌ترین مقدار توسط قارچ فوزاریوم ($24/00 \pm 15/00$ میلی‌گرم در 50 میلی‌لیتر) تولید شد. بیشترین درصد مصرف نفت خام توسط قارچ پنی سیلیوم (46/10٪) و کمترین مقدار توسط قارچ فوزاریوم (19/20٪) مشاهده شد. تمام قارچ‌های مورد استفاده در این پژوهش بومی محیط زیستی بودند که از آن جدا شدند. تجزیه زیستی آلاینده‌ها بهترین وسیله برای حذف کامل آلاینده‌های نفتی است.

واژه‌های کلیدی: آلودگی خاک، امیدیه، اهواز، تجزیه زیستی، قارچ، نفت خام

Evaluation and Comparison of Soil Fungi Ability in Biodegradation of Crude Oil from Ahvaz and Omidiyeh's Oil Regions

V Dawoodi^{1*}, Z Golshani², A Tahmourespour³

Received: 19 January 2015

Accepted: 25 November 2015

1,2- M.Sc. Graduate of Microbiology, Young Researchers and Elite Club, Falavarjan Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

3- Assist. Prof. of Microbiology, Khorasgan Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

*Corresponding Author, E-mail: vdawoodi@yahoo.com

Abstract

The soil fungi play important role in degradation of organic substrates, especially in crude oil hydrocarbons. Due to lack of studies on use of fungi in degradation of petroleum hydrocarbons in Iran, fungi isolation from oily soils in Ahvaz and Omidiyeh was done to determine the relative growth of fungi on crude oil, and to measure the growth rate and degradation capacity of them in crude oil. The samples were cultured on Potato Dextrose Agar medium supplemented with Streptomycine and mineral salts medium (MSM) with 1% crude oil. Their abilities were compared for degradation of crude oil on liquid MSM and mycelia biomass and residual crude oil was measured. Finally, seven species selected from oily soils, and the abilities of *Aspergillus terreus*, *A. flavus*, *Penicillium* spp. and *Fusarium* spp. for degrading crude oil were compared. The highest level biomass was obtained by *Penicillium* spp. (71.40 ± 22.60 mg/50ml) and the lowest level by *Fusarium* spp. (24.0 ± 15.00 mg/50ml). The highest percentage of crude oil utilization was related to *Penicillium* spp. (46.10%) and the lowest *Fusarium* spp. (19.20%). All the organisms used in this study were indigenous to the environment from which they were isolated. In conclusion the biodegradation of contaminants is the best way to eliminate oil pollutions.

Keywords: Ahvaz, Biodegradation, Crude oil, Fungi, Omidiyeh, Soil pollution

اکسون والدر¹ در جنوب مرکزی آلاسکا یک نمونه است (پریچارد و همکاران 1992). آلودگی خاک با نشت نفت از نگرانی‌های عمده جهان امروز است و خاک آلوده به نفت، خطر جدی برای سلامت انسان محسوب می‌شود. همچنین موجب آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شود و استفاده از آن را محدود می‌کند، به‌علاوه باعث خسارات اقتصادی، مسائل زیست‌محیطی و کاهش سودمندی خاک‌های کشاورزی می‌شود (تاچا و همکاران 2012). به‌طور معمول فن‌آوری‌هایی که برای اصلاح خاک استفاده می‌شوند شامل موارد زیر هستند: مکانیکی،

مقدمه

اگرچه حشره‌کش‌ها آلاینده‌های هیدروکربنی خاک‌ها می‌باشند ولی در مناطق نفت‌خیز، منابع اصلی آلودگی هیدروکربنی، نشت و نفوذ فرآورده‌های نفتی هستند (جورج-اکافور و همکاران 2009). فرآورده‌های نفتی به‌عنوان منبع اصلی انرژی مورد استفاده انسان قرار می‌گیرند (بنسون و همکاران 2007). مصرف سالانه هیدروکربن‌های نفتی در سراسر جهان 10^{12} گالن تخمین زده شده است (پرینس 1993). از سال 1964 تا سال 2000، مصرف جهانی نفت، 9/30 تا 11/70 میلیون تن در روز (بیش از 25 درصد) افزایش یافته است (مارشال و رودگرز 2004). نشت نفت

¹ Exxon Valdez

سیب‌زمینی دکستروز آگار³ (PDA) تکمیل‌شده با استرپتومایسین استفاده شد. سپس قارچ‌های جداسازی شده به محیط نمک‌های معدنی⁴ (MSM) تکمیل‌شده با 1٪ نفت خام منتقل شدند. قارچ‌هایی که روی این محیط رشد کردند مجدداً به محیط PDA منتقل و به‌عنوان مصرف‌کنندگان اولیه نفت خام نگهداری شدند. ترکیب محیط نمک‌های معدنی شامل: کلرید سدیم (NaCl)، 10/00 گرم؛ سولفات منیزیم (MgSO₄.7H₂O)، 0/42 گرم؛ کلرید پتاسیم (KCl)، 0/29 گرم؛ فسفات دی‌هیدروژن پتاسیم (KH₂PO₄)، 0/83 گرم؛ فسفات دی‌هیدروژن دی‌سدیم (Na₂HPO₄)، 1/25 گرم؛ نیترات سدیم (NaNO₃)، 0/42 گرم؛ آگار 20 گرم؛ آب مقطر یک لیتر و pH=7/20 (داودی و همکاران 1393، واکسمن 1921، ابیر و آنیانو 2009، کلیسولی و پانیرسلوان 2011، چوادهری و همکاران 2012). شناسایی قارچ‌های جداسازی شده از طریق مطالعات مورفولوژیک، رنگ‌آمیزی توسط لاکتوفنول کاتن بلو، مشاهده توسط میکروسکوپ نوری و مقایسه با مراجع تشریحی و توصیفی انجام شد (رپر و تام 1949، تام و رپر 1954، کاپاچینو و شرمن 1998، فیشر و کوک 1998).

تست اولیه برای مصرف نفت خام

با استفاده از لوله‌های شیشه‌ای سترون دیسک‌های مدور کوچک (از هر کشت دو دیسک با قطر 6 میلی‌متر مربع) از کشت‌های قارچی محیط PDA جدا کرده و به درون یک ارلن مایر 250 میلی‌لیتر حاوی 50 میلی‌لیتر محیط مایع نمک‌های معدنی⁵ تکمیل‌شده با 1٪ (v/v) نفت خام، مایه‌زنی شد. تیمار شاهد اول حاوی پرگنه قارچی در محیط MSL فاقد نفت خام بود و شاهد دوم، محیط MSL حاوی نفت خام فاقد پرگنه قارچی بود. انکوباسیون در دمای 28±2 درجه سلسیوس با شیک کردن مداوم با دور 130 RPM به مدت 14 روز انجام شد. تجزیه نفت خام توسط قارچ‌ها توسط تحلیل

دفن، تبخیر، پراکندگی¹ و شستشو². با این حال، این فن‌آوری‌ها گران‌قیمت هستند و منجر به تجزیه ناقص آلاینده‌ها می‌شوند (مدینا-بلور و همکاران 2005). استفاده از قارچ‌ها به‌عنوان یک روش اصلاح زیستی گزینه‌ای برای تمیز کردن آلاینده‌های زیست‌محیطی هست. در دو دهه گذشته به اصلاح زیستی با استفاده از قارچ‌ها، توجه کمی شده است چون بسیاری از تحقیقات اصلاح زیستی، بر استفاده از باکتری‌ها متمرکز بوده است (میتال و سینگ 2009). توانایی میکروارگانیسم‌های متعددی مخصوصاً باکتری‌ها برای تجزیه هیدروکربن‌ها شناخته شده است. اما تحقیقات در خصوص قارچ‌ها نسبتاً جدیدتر است (باهری و میثمی 2002، رومرو و همکاران 2002، چیلان و همکاران 2004).

علی‌رغم تحقیق و مطالعات گسترده در دهه اخیر، در استفاده از قارچ‌های خاکزی در تجزیه هیدروکربن‌های نفت، هیچ‌گونه پژوهشی در این راستا در ایران به‌عنوان یک کشور پیشرو تولیدکننده نفت صورت نگرفته است. هدف از این مطالعه جداسازی قارچ‌ها از خاک‌های آلوده به نفت در مناطق نفتی اهواز و امیدیه، به‌منظور تعیین رشد نسبی این قارچ‌ها بر روی نفت خام و اندازه‌گیری میزان رشد و ظرفیت تجزیه جدایه‌های خاص در نفت خام بود.

مواد و روش‌ها

مکان‌های نمونه‌برداری و جداسازی قارچ‌ها

نمونه‌های خاک از عمق 0-10 سانتی‌متری از خاک آلوده‌شده به مواد نفتی از مناق اهواز با مختصات 30° 20' 52" شمالی و 49° 10' 30" شرقی و امیدیه با مختصات 30° 53' 35" شمالی و 49° 39' 20" شرقی در فروردین و اردیبهشت سال 1391 جمع‌آوری شدند و درون کیسه‌های پلاستیکی سفید تمیز نگهداری و ظرف مدت 48 ساعت به آزمایشگاه منتقل شدند. برای جداسازی قارچ‌ها از رقت خاک و از محیط کشت

³- Potato dextrose agar

⁴- Mineral salts medium

⁵- Mineral salts liquid

¹- Dispersion

²- Washing

آماری توصیفی (مقیاس 0-4 که صفر به معنی فاقد رشد و 4 رشد خوب) تعیین شد. آزمایش با سه تکرار انجام شد.

ارزیابی راندمان کارآمدترین قارچ‌ها برای تجزیه نفت خام به این صورت توانایی قارچ‌هایی که بهترین پتانسیل مصرف نفت خام، در آزمایش‌های قبلی را نشان دادند، برای تجزیه نفت خام بررسی و مقایسه شدند. 0/5 میلی‌لیتر سوسپانسیون اسپور ($1/0 \times 10^6$) اسپور در میلی‌لیتر) از قارچ‌هایی که بهترین پتانسیل را نشان دادند به محتوی یک ارلن مایر 250 میلی‌لیتری حاوی 50 میلی‌لیتر محیط MSL و 1% (v/v) نفت خام، اضافه شد، یک کنترل شامل محیط MSL حاوی نفت خام فاقد قارچ بود. ارلن‌ها به مدت 14 روز در دمای 28 ± 2 درجه سلسیوس انکوبه شدند.

اندازه‌گیری زیست‌توده قارچی و استخراج باقی‌مانده نفت خام

تخمین تجزیه نفت خام توسط تجزیه وزنی محاسبه شد. نفت خام باقی‌مانده توسط 50 میلی‌لیتر دی‌کلرومتان به‌وسیله قیف جداکننده استخراج شد. به‌منظور اطمینان از استخراج کامل سه بار تکرار شد. زیست‌توده قارچی از طریق کاغذ صافی واتمن با وزن معین، صاف شد و درون اون با دمای 80 درجه سلسیوس تا زمان به‌دست آمدن وزن ثابت خشک شد. نفت استخراج‌شده درون یک ظرف با وزن معین ریخته شد و در داخل هود مکش قرار داده شد تا تمام دی‌کلرومتان تبخیر شود، سپس ظرف توزین شد. درصد تجزیه به‌صورت زیر محاسبه شد (الشافی و همکاران 2007، اپارانا و همکاران 2011). این تحقیق بیشتر ماهیت توصیفی تحلیلی داشته ولی برای مقایسه میانگین‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای آماری اکسل استفاده شد.

[۱] وزن اولیه ظرف - وزن ظرف حاوی نفت خام استخراج‌شده = وزن نفت باقی‌مانده

[۲] وزن نفت باقی‌مانده - وزن نفت خام اضافه‌شده به محیط کشت = مقدار نفت خام تجزیه‌شده

$$[۳] \quad 100 \times \left[\frac{\text{مقدار نفت خام تجزیه شده}}{\text{مقدار نفت خام اضافه شده به محیط کشت}} \right] = \text{درصد تجزیه نفت خام}$$

نتایج و بحث

جدول 1 قارچ‌های جداسازی شده از خاک‌های آلوده به نفت خام را نشان می‌دهد. توانایی رشد این قارچ‌ها روی 50 میلی‌لیتر محیط MSL حاوی نفت خام به‌عنوان تنها منبع کربن و انرژی توسط تحلیل آماری توصیفی (مقیاس 0-4 که صفر به معنی فاقد رشد و 4 رشد خوب) تعیین شد. این قارچ‌ها توانایی تجزیه زیستی متفاوتی را نشان دادند. از میان 7 پرگنه قارچی جداشده از خاک‌های آلوده به نفت خام، 4 پرگنه کارآیی بالقوه برای تجزیه نفت خام را نشان دادند که با این روش پرگنه‌های قارچی ذکرشده برای تضمین توانایی آن‌ها در تجزیه نفت خام مورد تأیید قرار گرفتند، گونه‌های آسپرژیلوس ترئوس، آسپرژیلوس فلاوئوس و جنس‌های فوزاریوم و پنی سیلیوم فعال‌ترین تجزیه‌کنندگان نفت خام بودند، از این رو آن‌ها برای مطالعات بعدی انتخاب شدند. شکل 1 توانایی جدایه‌های قارچی در تجزیه زیستی نفت خام توسط بررسی آزمایش ارلن مایر (استفاده از محیط مایع نمک‌های معدنی) را نشان می‌دهد. جدول 2 نشان می‌دهد که این قارچ‌ها قادرند نفت خام را مصرف کنند. بالاترین مقدار نفت مصرف‌شده $46/60 \pm 172/80$ میلی‌گرم که توسط قارچ پنی سیلیوم بود. زمانی که قابلیت مصرف نفت خام برای هر قارچ معین گردید، معلوم شد که قارچ‌ها تفاوت‌های قابل‌توجهی در مصرف نفت خام دارند (شکل 2).

در این مطالعه، 7 قارچ از خاک‌های آلوده به نفت جداسازی شد که شامل قارچ‌های آسپرژیلوس ترئوس، آسپرژیلوس فلاوئوس، آسپرژیلوس نایجر، آسپرژیلوس فومیگاتوس، گونه‌هایی از جنس‌های پنی سیلیوم، فوزاریوم و آئروبازیدیوم بودند، به عقیده چیلان و همکاران (2004) جنس‌های آسپرژیلوس و پنی سیلیوم رایج‌ترین قارچ‌های موجود در خاک‌های مناطق

گرمسیری هستند، که می‌توانند هیدروکربن‌ها را تجزیه کنند.

جدول 1- نتایج تست‌های اولیه برای مصرف نفت خام.

پتانسیل تجزیه نفت خام*	قارچ‌ها
4	آسپرژیلوس ترئوس
2	آسپرژیلوس فلاوئوس
0	آسپرژیلوس نایجر
0	آسپرژیلوس فومیگاتوس
4	گونه‌ای از پنی سیلیوم
1	گونه‌ای از فوزاریوم
0	گونه‌ای از آئروبازیوم

* مقیاس 0-4، مقیاس صفر، فاقد رشد و 4 رشد خوب.



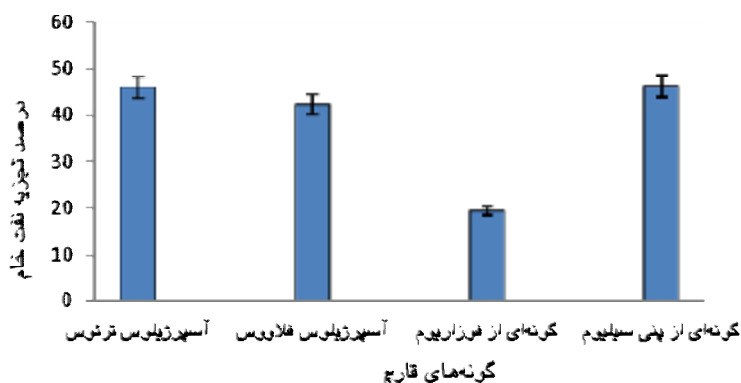
شکل 1- توانایی تجزیه زیستی نفت خام در محیط مایع نمک‌های معدنی حاوی 1٪ نفت خام (از راست، کنترل، آسپرژیلوس ترئوس و پنی سیلیوم).

سودوموناس، باسیلوس‌ها، سراشیا و اسیتوباکتر هستند درحالی‌که جنس‌های قارچی، آسپرژیلوس، پنی سیلیوم و موکور می‌باشند. در این بررسی از میان 7 جدایه قارچی، تنها چهار قارچ آسپرژیلوس ترئوس، آسپرژیلوس فلاوئوس، پنی سیلیوم و فوزاریوم پتانسیل تجزیه زیستی را دارا بودند.

مطابق تحقیق این دانشمندان، در مطالعه حاضر نیز آسپرژیلوس و پنی سیلیوم جنس‌های غالب قارچی بودند که از خاک‌های آلوده به نفت جدا شدند. بنتو و گیلارد (2001) گونه‌های آسپرژیلوس را از نمونه‌های دیزل پالایشگاه‌ها، مخازن ذخیره‌سازی و همچنین از پمپ‌های تزریق و سوخت وسایل نقلیه جدا کردند. نولانگ و همکاران (2008) نشان دادند که جنس‌های عمده فعال باکتری‌ها در خاک‌های آلوده

جدول 2- مصرف نفت خام و زیست توده قارچی در 50 میلی لیتر محیط کشت.

قارچها	مصرف نفت خام (mg)	زیست توده رشد قارچی (mg)
آسپرژیلوس ترئوس	171/70 ± 38/73	70/00 ± 22/00
آسپرژیلوس فلاوؤس	157/70 ± 34/80	70/90 ± 31/40
گونه‌ای از فوزاریوم	72/00 ± 19/00	24/00 ± 15/00
گونه‌ای از پنی سیلیوم	172/80 ± 46/60	۷۱/۴۰ ± 22/60



شکل 2- درصد تجزیه نفت خام توسط قارچ‌های مختلف.

ابیر و رامش (2009) گزارش کردند که گونه‌های بسیاری از قارچ‌ها شناخته شده‌اند که هیدروکربن‌ها را متابولیزه می‌کنند و در مکان‌های آلوده به نفت مقاوم و پایدار هستند. میزان زیاد تجزیه هیدروکربن‌ها توسط قارچ‌های آسپرژیلوس ترئوس، آسپرژیلوس فلاوؤس، فوزاریوم و پنی سیلیوم می‌تواند ناشی از رشد عظیم و واکنش‌های تولید آنزیم در طول مراحل رشد باشد. این را می‌توان با گزارش بوگان و لامار (1996)، که نشان دادند آنزیم‌های لیگنینولیتیک خارج سلولی قارچ پوسیدگی سفید در پاسخ به مراحل رشد تولید می‌شوند، تأیید کرد.

استلیگا (2012) بیان کرد که در میان قارچ‌های رشته‌ای، کلادوسپوریوم و آسپرژیلوس هستند که در تجزیه زیستی هیدروکربن‌های آلیفاتیک شرکت می‌کنند. در حالی که قارچ‌های متعلق به جنس‌های کانینگهاملا، پنی سیلیوم، فوزاریوم و آسپرژیلوس می‌توانند در تجزیه هیدروکربن‌های آروماتیک شرکت کنند. در این بررسی بالاترین زیست توده متعلق به قارچ پنی سیلیوم

کمترین زیست توده مربوط به قارچ فوزاریوم (24/00 ± 15/00 میلی گرم) بود. ماکالا و همکاران (1975) نشان دادند که اسیتوباکتر روی هیدروکربن‌ها رشد می‌کند و هیدروکربن‌ها را در سیتوپلاسم انباشته می‌کند. آن‌ها همچنین گزارش کردند که مخمرها و قارچ‌های رشته‌ای نیز هیدروکربن‌ها را در سیتوپلاسم توقیف می‌کنند. ادکونل و ادبامبو (2007) بیان کردند که موجودات هیدروکربن‌ها را تجزیه می‌کنند و از انرژی آن برای تولید اجزای سلولی استفاده می‌کنند. پس از تجزیه کامل، کربن اکسید شده و آب و انرژی برای استفاده در ایجاد زیست توده سلولی آزاد می‌شود. با این حال، در این مطالعه راندمان تجزیه زیستی بالایی مشاهده گردید (جدول 2) که توسط قارچ‌های آسپرژیلوس ترئوس (45/80٪)، آسپرژیلوس فلاوؤس (42/10٪)، فوزاریوم (19/20٪) و پنی سیلیوم (46/10٪) به نمایش گذاشته شد.

استلیگا (2012) بیان کرد که در میان قارچ‌های رشته‌ای، کلادوسپوریوم و آسپرژیلوس هستند که در تجزیه زیستی هیدروکربن‌های آلیفاتیک شرکت می‌کنند. در حالی که قارچ‌های متعلق به جنس‌های کانینگهاملا، پنی سیلیوم، فوزاریوم و آسپرژیلوس می‌توانند در تجزیه هیدروکربن‌های آروماتیک شرکت کنند. در این بررسی بالاترین زیست توده متعلق به قارچ پنی سیلیوم

استلیگا (2012) بیان کرد که در میان قارچ‌های رشته‌ای، کلادوسپوریوم و آسپرژیلوس هستند که در تجزیه زیستی هیدروکربن‌های آلیفاتیک شرکت می‌کنند. در حالی که قارچ‌های متعلق به جنس‌های کانینگهاملا، پنی سیلیوم، فوزاریوم و آسپرژیلوس می‌توانند در تجزیه هیدروکربن‌های آروماتیک شرکت کنند. در این بررسی بالاترین زیست توده متعلق به قارچ پنی سیلیوم

ترکیبات نفت و مشتقات سرسخت آن را به‌عنوان یک منبع انرژی استفاده کنند. علاوه بر این، زمانی که با مخمرها و باکتری‌ها مقایسه می‌شوند، آن‌ها توانایی بیشتری برای انطباق با محیط‌زیست را دارند (فراگا و همکاران 2011).

نتیجه‌گیری کلی

مکانیسم تجزیه‌زیستی از اهمیت اکولوژیکی بالایی برخوردار است که به میکروارگانیسم‌ها برای تغییر شکل دادن یا معدنی کردن آلاینده‌های آلی بستگی دارد. فرآیند تجزیه میکروبی به از بین بردن آلودگی نفتی محیط‌زیست پس از جابه‌جایی مقدار زیادی از نفت توسط روش‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی کمک می‌کند. این امر ممکن است به دلیل وجود سیستم آنزیمی میکروارگانیسم‌ها برای تجزیه و مصرف هیدروکربن‌های مختلف به‌عنوان منبع کربن و انرژی باشد. بنابراین، بر اساس پژوهش حاضر چنین برمی‌آید که تجزیه میکروبی می‌تواند به‌عنوان جزء کلیدی استراتژی حذف هیدروکربن‌های نفتی در نظر گرفته شود. از این رو، این گونه‌های قارچی را می‌توان برای زیست‌پالایی خاک‌های آلوده به نفت خام مورد استفاده قرار داد. تجزیه‌زیستی آلاینده‌ها بهترین وسیله برای حذف کامل آلاینده‌های نفتی است.

النصراوی (2012) گونه‌های قارچی مصرف‌کننده نفت خام را از خلیج مکزیک بررسی کرد. آسپرژیلوس نایجر به‌عنوان بیشترین کاهش‌دهنده وزن نفت خام 8/60 درصد، پنی سیلیوم دوکیومبیس 7/90 درصد و کوچلیوبولوس لواتانوس 4/70 درصد درحالی‌که کمترین کاهش مربوط به سویه‌ای از فوزاریوم سولانی، 1/90 درصد نشان داده شد. لطفی نسب اصل و همکاران (2012) پتانسیل اصلاح زیستی خاک آلوده شده با 20٪ نفت را توسط گونه‌های مختلف قارچی به‌صورت زیر تعیین کردند: آسپرژیلوس نایجر < رایزوپوس < آسپرژیلوس ترئوس < پنی سیلیوم.

الشافی و همکاران (2007)، توانایی‌های آسپرژیلوس نایجر، آسپرژیلوس ترئوس و پنی‌سیلیوم کریزوژنوم برای تجزیه n-آلکان و نفت خام را مقایسه کردند. ضریب همبستگی زیست‌توده و استفاده از نفت برای آسپرژیلوس نایجر از لحاظ آماری قابل توجه نبود، برای آسپرژیلوس ترئوس قابل توجه و برای پنی سیلیوم کریزوژنوم بسیار قابل توجه بود.

ابیر و همکاران (2008) هم گزارش کردند که کارآمدترین متابولیزه کننده‌های هیدروکربن‌ها جنس‌های آسپرژیلوس و پنی سیلیوم می‌باشند. قارچ‌ها تجزیه‌کنندگان بالقوه تحت شرایط نامطلوب، از جمله در محیط‌هایی با pH پایین و فقر مواد مغذی هستند. آن‌ها در هر سیستم آلوده حضور دارند و ممکن است

منابع مورد استفاده

- داودی و مدنی م و طهمورث‌پور آ، 1393. فلور قارچ‌های خاکزی مناطق نفتی استان خوزستان. مجله زیست‌شناسی میکروارگانیسم‌ها، جلد 3، شماره 10، صفحه‌های 87 تا 96.
- Adekunle AA and Adebambo OA, 2007. Petroleum hydrocarbon utilization by fungi isolated from detarium senegalense (J. F Gmelin) seeds. Journal of American Science 3(1): 69-76.
- Al-Nasrawi HA, 2012. Biodegradation of crude oil by fungi isolated from Gulf of Mexico. Journal of Bioremediation & Biodegradation 3(4): 147-152.
- Aparna A, Srinikethan G and Smitha H, 2011. Effect of addition of biosurfactant produced by pseudomonas sp. on biodegradation of crude oil. Pp. 71-75. Proceeding of the 2nd International Conference on Environmental Science and Technology. 26- 28 February, Singapore.
- Baheri H and Meysami P, 2002. Feasibility of fungi bioaugmentation in composting a flare pit soil. Journal of Hazardous Material 89(2-3): 279-286.

- Benson NU, Essien JP, Williams AB and Ebong GA, 2007. Petroleum hydrocarbons accumulation potential of shellfishes from littoral waters of the bight of bonny, Niger Delta, Nigeria. *Research Journal of Environmental Sciences* 1(1): 11-19.
- Bento FM and Gaylarde CC, 2001. Biodeterioration of stored diesel oil: studies in Brazil. *International Biodeterioration & Biodegradation* 47(2):107-112.
- Bogan BW and Lamar R, 1996. Polycyclic aromatic hydrocarbon degrading of *Phanerochaete chrysosporium* HHB-1625 and its extra cellular ligninolytic enzymes. *Applied and Environmental Microbiology* 62(5): 1597-1603.
- Cappuccino JG and Sherman N, 1998. *Microbiology: A Laboratory Manual*. Benjamin-Cummings Pub Co, California.
- Chaillan F, Fleche AL, Bury E, Phantavong Y, Grimont P, Saliot A and Oudot J, 2004. Identification and biodegradation potential of tropical aerobic hydrocarbon-degrading microorganisms. *Research in Microbiology* 155(7): 587-595.
- Chaudhry S, Luhach J, Sharma V and Sharma Ch, 2012. Assessment of diesel degrading potential of fungal isolates from sludge contaminated soil of petroleum refinery, Haryana. *Research Journal of Microbiology* 7(3):182-190.
- Elshafie A, Alkindi AY, Al-Busaidi S, Bakheit C and Albahry SN, 2007. Biodegradation of crude oil and N-alkanes by fungi isolated from Oman. *Marine Pollution Bulletin* 54(11): 1692-1696.
- Fisher F and Cook NB, 1998. *Fundamentals of Diagnostic Mycology*. WB Saunders Company, Philadelphia.
- Fraga ME, Zonta E and Balieiro FC, 2011. Isolation and selection of filamentous fungi from petroleum contaminated soil. *Bioresearch Bulletin* 4(1): 227-235.
- George-Okafor U, Tasie F and Florence MO, 2009. Hydrocarbon degradation potentials of indigenous fungal isolates from petroleum contaminated soils. *Journal of Physical Nature Science* 3(1): 1-6.
- Kalaiselvi S and Panneerselvam A, 2011. Ecology of soil fungi in paddy Field of Tamilnadu-Thanjavur District. *Der Chemica Sinica* 2(2): 9-19.
- Lotfinasabasl S, Gunale VR and Rajurkar NS, 2012. Assessment of petroleum hydrocarbon degradation from soil and tarball by fungi. *Bioscience Discovery* 3(2): 186-192.
- Marshall AG and Rodgers RP, 2004. *Petroleomics: The next grand challenge for chemical Analysis*. *Account of Chemical Research* 37(1): 53-59.
- Medina-Bellver JI, Marin P, Delgado A, Rodriguez-Sanchez A, Reyes E, Ramos JL and Marques S, 2005. Evidence for in situ crude oil biodegradation after the Prestige oil spill. *Environmental Microbiology* 7(6): 773-779.
- Mittal A and Singh P, 2009. Studies on biodegradation of crude oil by *Aspergillus niger*. *The South Pacific Journal of Natural Science* 27(1): 57-60.
- Mukala RA, Lockwood PJ and Finnerty WR, 1975. Comparative analysis of the lipids of *Acinetobacter* species grown on hexadecane. *Journal of Bacteriology* 12(1): 250-258.
- Nkwelang G, Kanga HFL, Nkeng GE and Antai SP, 2008. Studies on the biodiversity, abundance and succession of hydrocarbon utilizing microorganisms in tropical soil polluted with oily sludge. *African Journal of Biotechnology* 7(8): 1075-1080.
- Obire O, Anyanwu EC and Okigbo RN, 2008. Saprophytic and crude oil-degrading fungi from cow dung and poultry droppings as bioremediating agents. *International Journal of Agricultural Technology* 4(2): 81-89.
- Obire O and Anyanwu EC, 2009. Impact of various concentrations of crude oil on fungal populations of soil. *International Journal of Environmental Science* 6(2): 211-218.
- Obire O and Ramesh RP, 2009. Fungi in bioremediation of oil Polluted environment. http://energy.sigmaxi.org/wp-content/uploads/2009/09/obire_putheti_bioremediation.pdf.
- Prince RC, 1993. Petroleum spill bioremediation in marine environment. *Critical Reviews in Microbiology* 19(4): 217-242.
- Pritchard PH, Muller JG, Rogers JC, Kremer FV and Glaser JA, 1992. Oil spill bioremediation: Experiences, lessons and results from the Exxon Valdez oil spill in Alaska. *Biodegradation* 3(2-3): 315-335.
- Raper KB and Thom CA, 1949. *A Manual of Penicillia*. Williams and Wilkins Co, Baltimore, Md. USA.
- Romero MC, Salvioli ML, Cazau MC and Arambarri AM, 2002. Pyrene degradation by yeasts and filamentous fungi. *Environmental Pollution* 117(1): 159-163.
- Steliga T, 2012. Role of fungi in biodegradation of petroleum hydrocarbons in Drill Waste. *Polish Journal of Environmental Studies* 21(2): 471-479.
- Thapa B, Kumar KCA and Ghimire A, 2012. A review on bioremediation of petroleum hydrocarbon contaminants in soil. *Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology* 8(1): 164-170.
- Thom C and Raper KB, 1954. *A Manual of Aspergilli*. Williams and Wilkins Co, Baltimore, Md. USA.
- Waksman SA, 1921. A method for counting the number of fungi in the soil. *Journal of Bacteriology* 7(3): 339-341.