پالایش زیستی خاکهای آلوده به هیدروکربنهای نفتی در مقیاس پایلوت صحرایی

محسن سلیمانی، آرش انصاری، سید حسین میردامادیان و محمد علی حاج عباسی

به ترتیب دانشجوی دکترای خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان soleimani57@yahoo.com، کارشناس ارشد خاکشناسی شهرک علمی تحقیقاتی اصفهان، کارشناس ارشد میکروبیولوژی شهرک علمی تحقیقاتی اصفهان و دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان.

مقدمه

به منظور ایجاد محیط زیستی پاک عاری از آلودگی، هر روز مقررات زیست محیطی سخت تری وضع می گردد و محققین با شناسایی منابع آلودگی و تبعات آنها روشهای جدیدتری جهت جلوگیری از تولید و یا حذف آلاینده ها از منابع آب، خاک و هوا ابداع می کنند. با توجه به هزینه بالای روشهای فیزیکی و شیمیایی معمول و اثرات جانبی این روشها بر محیط زیست، استفاده از روشهای بیولوژیک در سالهای اخیر مطرح شده است که شامل روشهای زیست سالم سازی (Bioremediation) و گیاه پالایی (Phytoremediation) می باشند. اگرچه تحقیقات زیادی در زمینه زیست پالایی نفت در طول دو دهه گذشته صورت گرفته ولی بیشتر این مطالعات در مقیاس آزمایشگاهی به انجام رسیده است (Mearns, 1997) و مطالعات کمی در مقیاس پایلوت و فیلد وجود دارد (Swannell et al.,1996, Venosa et al., 2002). برای استفاده از فرآیند زیست پالایی و پیشنهاد آن به صاحبان صنایع نیاز است که مطالعات این بخش در مقیاس فیلد صورت گیرد تا کاربرد عملی آن مشهودتر گردد. مطالعات فیلد می تواند ارزش استفاده از تکنیک زیست پالایی را در مقایسه با سایر روشها بهتر مشخص می کند، چرا که مطالعات آزمایشگاهی اغلب مواقع شاهد خوبی برای محیط واقعی نیستند و نمی‌توان شرایط محیط واقعی مانند غیر یکنواختی مکانی، بر هم کنش‌های بیولوژیکی و محدودیتهای انتقال جرم را در این گونه مطالعات بررسی کرد. سوانل و همکاران (۱۹۹۶) مجموعه مطالعات انجام گرفته در فیلد با موضوع زیست پالایی محیطهای دریایی را بررسی و گردآوری کردند. مطالعات دیگری نیز در این زمینه صورت گرفته که از آن جمله می‌توان به مطالعات ونوزا (۱۹۹۸) و لیهی و کلوول (۱۹۹۸) اشاره کرد. این پروژه با هدف تحقیق در زمینه احیاء و اصلاح بیولوژیکی خاکهای آلوده به مواد نفتی در منطقه پالایشگاه تهران در مقیاس پایلوت صحرایی تعریف و انجام شده است.

مواد و روشها

برای ایجاد پایلوتهای آزمایشی، عملیات خاکبرداری از اطراف مخزن ۲۰۰۰ پالایشگاه تهران صورت گرفت که بخش بزرگی از آلودگی نفتی در اطراف آن قابل مشاهده بود. خاکهای برداشت شده به محل احداث پایلوت (کنار پمپ بنزین، داخل محوطه پالایشگاه) منتقل گردید. کف محوطه پایلوتها خاکبرداری شد تا به لایه نسبتا" مستحکم رسید. سپس خاکها در هر پایلوت به ضخامت حدود ۳۰ سانتیمتر گسترده شد. مساحت هر پایلوت ۳۲ مترمربع (۴*۸ متر) بود. در مجموع ۴ پایلوت برای مقایسه تیمارهای مختلف در نظر گرفته شد. در پایلوت اول و دوم قبل از خاکریزی لوله های هوادهی تعبیه شد که به یک پمپ هوا با توان ذخیره ۱۰ متر مکعب هوای فشرده متصل بود. این پمپ روزانه ۸ ساعت در حال کار بود و در هر ۱۰ دقیقه فعالیت آن ۷ دقیقه تحت عمل مکش و ۳ دقیقه تحت عمل تخلیه قرار داشت. در پایلوت شماره ۳ به منظور هوادهی، خاکها به کمک کارگر و هر هفته یک بار زیرو رو شد. در همه پایلوتها به جز پایلوت شماره ۴ که به عنوان پایلوت شاهد در نظر گرفته شده بود و هیچ گونه عملیاتی بر روی آن انجام نگرفت، مخلوطی از باکتری های تجزیه کننده مواد نفتی شامل جنس های *Pseudomonas*، *Acinetobacter*، *Micrococcus*، *Corinebacterium*، *Arthrobacter*، *Nocardia* و *Rhodococcus* که در مطالعات قبلی از این خاکها جداسازی شده بود، به خاک اضافه گردید. میزان مایع تلقیح باکتریای با لحاظ کردن نسبت وزنی ۱ به ۲۰۰ مایع تلقیح به خاک در نظر گرفته شد. همزمان با اضافه کردن مایع تلقیح، سورفکتانت Tween80 نیز به میزان ۰/۵٪ وزنی به خاک اضافه شد. در طول همه مراحل، رطوبت خاک در حد ۵۰٪ ظرفیت زراعی حفظ شد. با توجه به نیاز بالای

میکروارگانیسمهای تجزیه کننده نفت به عناصر ازت و فسفر و با در نظر گرفتن آنالیز اولیه خاک برای رسیدن به نسبت C:N:P معادل ۱۰۰:۱۰:۱ از کودهای گرانوله نیترات آمونیوم و فسفات آمونیوم که هر دو در آب محلول بودند استفاده شد. این مواد در مخزن گالوانیزه در آب حل و از طریق نازلهای آبیاری به خاک اضافه شد. برای بررسی تغییرات کل هیدروکربنهای نفتی(TPH)، نمونه برداری خاک به شکل کاملا تصادفی و به صورت مرکب با ۵ تکرار به صورت ماهانه در هر پایلوت و به مدت ۴ ماه صورت گرفت. آنالیز هر نمونه نیز با ۳ تکرار صورت گرفت. عصاره گیری این مواد با کمک دستگاه سوکسله و محلولهای دی کلرومتان و ان-هگزان و اندازه گیری آنها با استفاده از دستگاه گاز کروموتوگراف صورت گرفت. برای بررسی رشد و تاثیر گیاهان در پالایش مواد نفتی خاک، در پایلوت شماره ۲ اقدام به کشت گیاهان Bermuda grass و Tall Fescu گردید. در طول ۸ هفته کشت این گیاهان، رشد آنها از نظر درصد سبز شدن به صورت کیفی و همچنین تغییرات هیدروکربنهای نفتی در مجاورت ریشه آنها به صورت کمی بررسی شد.

نتایج و بحث

از لحاظ آلودگی مواد نفتی در خاک محدوده تغییرات بسیار وسیع است و محدوده پایین و بالای آلودگی کل هیدروکربنهای نفتی در خاک به ترتیب ۱۰/۵ و ۲۳/۳۵ درصد می باشد. درصد تغییرات کل هیدروکربنهای نفتی در خاک در طول مدت ۴ ماه در پایلوتهای مختلف حاکی از کاهش این آلاینده ها در محیط خاک بود. جدا از پایلوت شاهد که تحت هیچ تیمار اصلاحی قرار نداشت و تغییرات هیدروکربنهای نفتی در آن قابل اغماض بود، در طول ۴ ماه عملیات زیست پالایی کمترین تجزیه هیدروکربنهای نفتی در پایلوت شماره ۳ به دست آمد که تفاوت آن با سایر تیمارها در نحوه هوادهی و عدم استفاده از سیستم گیاه پالایی بود. با این وجود تجزیه هیدروکربنهای نفتی در این پایلوت قابل توجه است. به طوری که میزان تجزیه کل هیدروکربنهای نفتی در این پایلوت از ۳۸-۳۳/۶٪ در ماه اول به ۷۵-۶۱٪ در ماه چهارم رسیده است و این در حالی است که میزان تجزیه در پایلوت شماره ۱ در ماه چهارم ۸۲/۴-۷۳/۷٪ بوده است. بنابراین می‌توان درصورت لزوم از چنین سیستمی نیز برای انجام فرآیند هوادهی خاک استفاده کرد. درصد تجزیه هیدروکربنهای نفتی طی ماههای اول تا سوم در پایلوت ۱ نسبت به پایلوت ۲ بیشتر بوده است. یکی از دلایل این امر می تواند موقعیت مکانی پایلوت ۱ نسبت به پایلوت ۲ باشد. پایلوت ۱ در قسمت ورودی لوله های هوا به خاک قرار داشت و چون این احتمال بود که هوا در کل سیستم به طور یکنواخت توزیع نشود، بنابراین قسمت بیشتری از هوای وارد شده به سیستم در محدوده پایلوت اول تخلیه گردیده است، بنابراین هوادهی این پایلوت بهتر صورت گرفته و تجزیه بیشتر بوده است. در طی ماه چهارم به علت کشت گیاه در پایلوت شماره ۲، میزان تجزیه هیدروکربنهای نفتی در این پایلوت به ۹۵/۴-۸۶/۱٪ رسید که در مقایسه با درصد تجزیه در پایلوت شماره ۱ (۸۲/۴-۷۳/۷٪) افزایش معنی دار نشان داد. این موضوع تاثیر گیاهان مورد مطالعه در افزایش تجزیه هیدروکربنهای نفتی در خاک را تایید می کند.

منابع

[1] Leahy, J. G., and R. R. Clowell, 1990. Microbial Degradation of hydrocarbons in the environment. *Microbial Reviews*, 53(3): 305-315.

[2] Meams, A. J., 1997. Cleaning oil shores: putting bioremediation to the test. *Spill Science & Technology Bulletin*, 4(4): 209-217.

[3] Swannell, R. P. J., K. Lee and M. McDonagh, 1996. Field evaluations of marine oil spill bioremediation. *Microbiological Reviews*, 60(2): 342-356.

[4] Venosa, A. D., K. Lee, M. T. Suidan, S. Garcia-Blanco, S. Cobanli, M. Moteleb, J. R. Haines, G. Trembly and M. Hazelwood. 2002. Bioremediation and biorestoration of a crude oil contaminated freshwater wetland on the St. Lawrence River. *Bioremediation Journal*, 6(3).

[5] Venosa, A. D., 1998. Oil spill bioremediation on coastal shorelines: a critique. In: S. K. Sikdar & R. I. Irvine (Eds.), *Bioremediation: Principles and Practice*. Vol. III. *Bioremediation Technologies*. Technomic, Lancaster, PA, pp:259-301.