بررسی رابطه آب‌گریزی خاک با هیدروکربن‌های نفتی در خاک آلوده به ترکیبات نفتی

نسرین سعادتی[۱]*، ناصر دواتگر[۲] و محمدرضا مصدقی [۳]
۱ و ۳- دانشجوی دکتری و استاد گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه صنعتی اصفهان و ۲- استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب
پست الکترونیک: saadatinasrin@yahoo.com

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی رابطه آب‌گریزی خاک با هیدروکربن نفتی انجام شد. بدین منظور ۱۰۰ نمونه خاک از عمق ۰ - ۳۰ سانتی‌متری در منطقه آلوده به ترکیبات نفتی برداشت شد. هیدروکربن‌های نفتی کل به روش تکان دادن مکانیکی، آب‌گریزی خاک به روش زمان نفوذ قطره آب و کربن آلی خاک به روش واکلی و بلک تعیین شد. بر اساس نتایج به دست آمده رابطه مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین TPHs با آب‌گریزی خاک و کربن آلی وجود داشت. با افزایش هیدروکربن‌های نفتی کل آب‌گریزی خاک به شکل یک تابع درجه دوم افزایش نشان داد. رابطه رگرسیونی بین درصد کربن آلی خاک و درصد هیدروکربن نفتی کل درجه سوم شد. ترکیبات نفتی به علت قرار گرفتن به صورت پوشش‌های آب‌گریز روی سطوح خاکدانه باعث افزایش آب‌گریزی شدند.

واژه‌های کلیدی: آب‌گریزی خاک، هیدروکربن‌های نفتی کل، کربن آلی.

مقدمه

آلودگی‌های نفتی یک پیامد اجتناب ناپذیر از افزایش سریع جمعیت و فرایند صنعتی شدن است که به دنبال آن آلودگی خاک توسط مواد هیدروکربنه نفتی به شکل وسیع در اطراف تاسیسات اکتشاف و پالایش و به شکل موضعی در مسیرهای انتقال این مواد قابل مشاهده است. علاوه بر انتشار مستقیم این آلاینده‌ها، غبارات حاصل از سوخت گازهای همراه نفت، طی سالیان متمادی می‌تواند مواد سمی و مضری به خاک‌های منطقه اضافه کند. هر چه مواد نفتی به عمق بیش‌تری از خاک نفوذ کند، رفع آلودگی آن مشکل‌تر و هزینه آن بیش‌تر خواهد بود (دریابیگی و همکاران، ۱۳۸۹).

ایران یکی از کشورهای نفت خیز جهان است که هر سال مقدار زیادی نفت از نقاط جنوبی آن استخراج و در مناطق دیگر پالایش می‌شود. رها شدن نفت در خاک به هنگام استخراج، حمل و پالایش سبب آلودگی‌خاک و در نتیجه تخریب محیط زیست می‌شود. آلودگی نفتی سبب از بین رفتن پوشش و تنوع گیاهی و جانوری خاک می‌شود. از طرف دیگر گسترش آلودگی و انتقال آن از طریق شستشو با آب باران موجب آلوده شدن مناطق کشاورزی و آب‌های زیرزمینی می‌گردد. این آلودگی‌ها ممکن است به صورت تصادفی و یا ضایعات پالایشگاه‌های نفت به صورت عمد به خاک اضافه شوند. حذف آلودگی‌های نفتی از خاک همواره از مهم‌ترین مسائل سازمان محیط زیست کشور است (شهریاری و همکاران، ۱۳۸۵).

ترکیبات نفتی از جمله مهم‌ترین آلاینده‌های آلی محیط زیست به ویژه خاک هستند که به سبب سمی بودن و خصوصیات سرطان‌زایی برای موجودات زنده به ویژه انسان و ورود این ترکیبات به زنجیره غذای موجودات زنده و آلودگی منابع آب زیر زمینی و سطحی، به یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های حامیان محیط زیست تبدیل شده است (Garcia et al, 2011).

از سویی این دسته از آلاینده‌های آلی پایداری زیادی در خاک دارند و انباشته شدن تدریجی آن‌ها در خاک در طول زمان، موجب اختلال در کارکرد طبیعی خاک، مانند کاهش عملکرد محصولات کشاورزی و تغییر در ویژگی خاک‌های آلوده می‌شود (بسالت‌پور و همکاران، ۱۳۸۹) .

مقاومت خاک به مرطوب شدن برای دوره‌های زمانی چند دقیقه‌ای، چند ساعته و حتی بالاتر را آب‌گریزی خاک[1] (SWR) گویند (Goebel et al.2007). آب‌گریزی خاک به کاهش در میزان خیس شدن و نگهداری آب در خاک به علت وجود پوشش‌های آب‌گریز روی سطوح ذرات خاک اطلاق می‌شود. آب‌گریزی خاک می‌تواند باعث ایجاد تنش رطوبتی برای گیاهان و کاهش عملکرد آن‌ها شود و هم‌چنین قابلیت کاربری چمن را پایین آورد. حضور آلاینده‌های نفتی در خاک می‌تواند بر ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی و بیولوژیکی خاک تأثیر مهمی داشته باشد، از جمله این آثار می‌توان به آب‌گریزی، کاهش نفوذ پذیری و تغییر در ویژگی‌های ساختمانی خاک اشاره کرد (Hallett et al, 1999).

آب‌گریزی به کاهش آب‌پذیری و نگهداشت آب در خاک، ناشی از پوشش‌های آب‌گریز روی ذرات خاک گفته می‌شود (ذوالفقاری و همکاران،۱۳۸۷). پوشش‌های آب‌گریز از راه‌های مختلفی روی سطح ذرات خاک قرار می‌گیرند و با افزایش زاویه تماس بین آب و سطح خاک، هوا مانع جذب آب در خاک می‌شود. تقریباً تمام سطوح معدنی خاک آب‌دوست بوده و میزان آب‌دوستی آن‌ها رابطه نزدیکی با تراکم بارهای منفی و گروه‌های قطبی موجود در سطح آن‌ها دارد که آب، یون‌ها و گروه‌های قطبی را به خوبی جذب می‌کند (Bachmann et al, 2002).

شاخص‌های مختلفی از جمله زاویه تماس آب-خاک، زمان نفوذ قطره آب به خاک[2] (WDPT)، کشش سطحی بحرانی، رطوبت بحرانی و روش‌های صعود مؤیینه و جذب پذیری ذاتی برای تعیین شدت آب‌گریزی خاک استفاده می‌شود(Goebel et al, 2007).

محققان بیان کردند رابطه‌ای قوی بین کاهش بار سطحی سطوح جامد و افزایش زاویه تماس آب و خاک برقرار است (Goebel et al, 2001). یکی از روش‌های تخمین پایداری آب‌گریزی خاک روش (WDPT) است. آزمایش (WDPT) در سال ۱۹۷۳ توسط دیبانو و رایس پیشنهاد شد (Debano et al, 1981). در این آزمایش با قطره‌چکان قطراتی روی سطوح خاک قرار داده و زمان نفوذ قطره آب به درون خاک را اندازه می‌گیرند، در صورتی که این زمان بیش از ۵ ثانیه باشد خاک آب‌گریز است. برای اکثر خاک‌های آب‌گریز این زمان بیش از ۷ دقیقه است (Karnok et al, 2002).

مواد و روش‌ها

جهت انجام این پژوهش تعداد ۱۰۰ نمونه از منطقه آلوده به ترکیبات نفتی از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری برداشت شد.

پس از انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه ابتدا نمونه‌ها هوا خشک و سپس از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. کربن آلی خاک به روش واکلی و بلک اندازه‌گیری شد (Nelson et al, 1996).

هیدروکربن‌های نفتی کل (TPHs) به روش تکان دادن مکانیکی (سونگ و همکاران، ۲۰۰۲) اندازه‌گیری شدند.

یکی از روش‌های تخمین پایداری آب‌گریزی خاک روش زمان نفوذ قطره آب(WDPT) است (Dekker et al, 1994). در این روش از هر محل نمونه‌برداری کلوخه‌هایی بدون دست خوردگی و خراشیدگی برداشته شد. این اندازه‌گیری برای هر نمونه خاک در ۹ تکرار انجام شد. به طوری که اگر زمان نفوذ قطره آب کمتر از ۵ثانیه باشد خاک آب‌دوست، بین ۵ -۶۰ ثانیه باشد خاک نسبتاً آب‌گریز، بین ۶۰ – ۶۰۰ ثانیه خاک آب‌گریز، بین ۶۰۰- ۳۶۰۰ ثانیه خاک به شدت آب‌گریز و بیش از ۳۶۰۰ ثانیه خاک بی‌نهایت آب‌گریز است (Debano et al, 1981).

نتایج و بحث

نتایج ارزیابی همبستگی خطی پیرسون بین ویژگی‌های مطالعه شده خاک در جدول ۱ نشان داده شده است. رابطه مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین TPHs با آب‌گریزی خاک وجود داشت (Essien et al, 2010).

Vogelmann و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که وجود هیدروکربن‌های نفتی کل شامل آلکان‌ها، ترکیبات آلیفاتیک با زنجیره‌های طولانی و افزایش زاویه تماس با آب افزایش شدت آب‌گریزی می‌شوند. بنابراین با افزایش موادآلی آب‌گریز جذب-پذیری آبی خاک کاهش می‌یابد. Roy و همکاران (۲۰۰۱) بیان کردند آلودگی خاک به ترکیبات نفتی سبب ایجاد آب‌گریزی

1.Soil water repellency
2.Water Droplet Penetration Time

در خاک می‌شود، و ترکیبات هیدروکربنی نسبت به مواد آلی بومی خاک آب‌گریزی پایدارتری (بیش‌تر از ۶۰۰ ثانیه) در خاک ایجاد می‌کنند.

رابطه مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین TPHs با کربن آلی وجود داشت. با افزایش مقدار هیدروکربن‌های نفتی کل مقدار کربن آلی افزایش نشان دادند. Wang و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که رابطه مثبت و قوی بین کربن آلی و TPHs برقرار است.

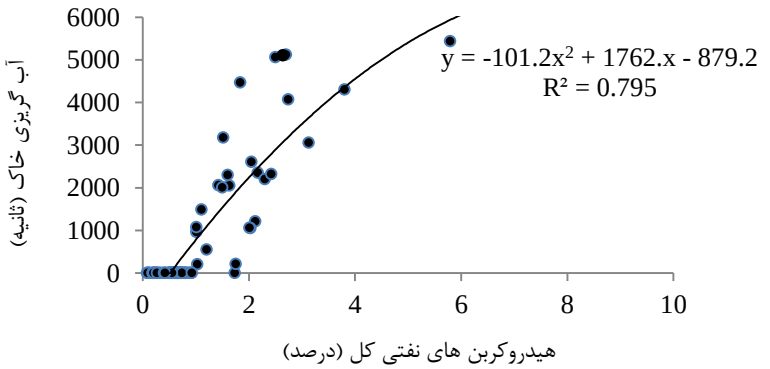
جدول ۱- ضرایب همبستگی ویژگی‌های اندازه گیری شده در منطقه مورد مطالعه

ویژگی	کربن آلی	TPHs	WDPT
کربن آلی	۱		
TPHs	۰/۸۲**	۱	
WDPT	۰/۸۴**	۰/۸۴**	۱

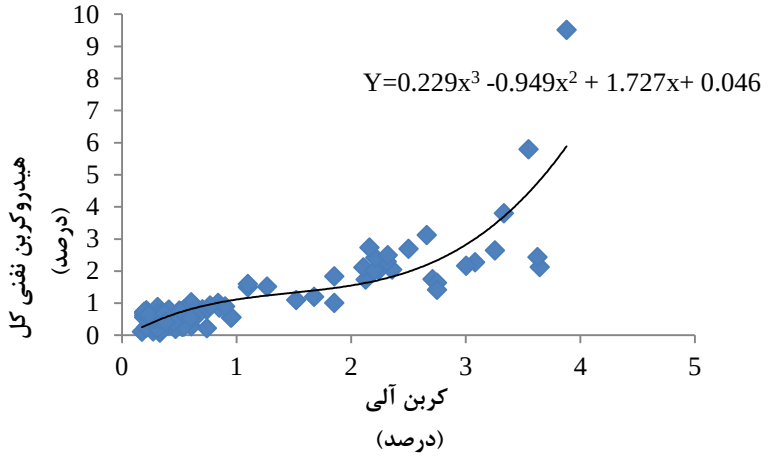
** معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد.

با افزایش هیدروکربن‌های نفتی کل در خاک‌های ناحیه آب‌گریزی خاک به شکل یک تابع درجه دوم افزایش نشان داد (شکل ۱). ترکیبات نفتی دارای مولکول‌های آلکیلی با زنجیره‌ی طولانی و مولکول‌های حلقوی با وزن مولکولی زیاد هستند که آب‌گریزی شدیدی را در خاک به همراه دارند. رابطه رگرسیونی بین درصد کربن آلی خاک و درصد هیدروکربن نفتی کل درجه سوم شد (شکل ۲).

محققان دریافتند خاک‌های آلوده به ترکیبات نفتی سبب حذف برهم‌کنش بین گروه‌های قطبی مولکول‌های آلی و مولکول-های آب می‌شود و سطوح خاک در معرض زنجیره‌ای از مولکول‌های آلکیلی قرار می‌گیرد که رطوبت‌پذیری خاک را کاهش می‌دهد. تشکیل ترکیبات آب‌گریز هیدروکربنه برسطوح ذرات معدنی و پوشش سطح خاکدانه‌ها با ترکیبات آب‌گریز ، دو عاملی هستند که آب‌گریزی خاک‌های آلوده به ترکیبات نفتی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Roy et al. 2011). درخاک‌های آب‌گریزآلوده به نفت بهره‌گیری از حلال‌های قطبی باعث حذف کامل آب‌گریزی خاک می‌شود، درحالی که استفاده از حلال غیرقطبی آب-گریزی را به طور جزئی کاهش می‌دهد (Roy et al. 1999). افزایش آلاینده نفتی به علت دارا بودن ترکیبات جامد و محلول آلی ناشی از آلاینده نفتی که انباشته از کربن می‌باشند منجر به افزایش کربن آلی خاک می‌شوند (Labud et al, 2007).



شکل ۱- رابطه رگرسیونی هیدروکربن‌های نفتی کل (TPHs) با آب‌گریزی خاک به روش زمان نفوذ قطره آب (WDPT).



شکل ۲- رگرسیون درصد کربن آلی خاک و درصد هیدروکربن نفتی کل

ترکیبات نفتی به علت قرار گرفتن به صورت پوشش‌های آب‌گریز در سطوح خاکدانه باعث افزایش آب‌گریزی شدند. خاک منطقه به علت حضور آلاینده‌های نفتی در خاک از وضعیت آب‌گریزی نسبتاً آب‌گریز تا بی‌نهایت آب‌گریز در مناطق با غلظت زیاد هیدروکربن‌های نفتی کل برخور دار شدکه نشان از مشکل نفوذ آب به خاک در بیش‌تر خاک منطقه است .

منابع

بسالت پور، ع. حاج عباسی، م. درستکار، و. و ترابی، غ. ۱۳۸۹. اصلاح خاک‌های آلوده به هیدروکربن‌های نفتی به روش ترکیبی زمین پالایی- گیاه پالایی، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، شماره‌ی ۵۳، صفحه‌های ۱۲۹- ۱۴۲.

دریا بیگی، ع. نبی بیدهندی، غ. مهردادی، ن. و روان‌بخش، ش. ۱۳۸۹. توانایی گونه های گیاهی مختلف در حذف ترکیبات نفتی از خاک و تأثیر آلودگی نفتی بر رشد این گونه های گیاهی، علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره‌ی ۱۲، صفحه‌های ۴۱- ۵۷.

ذوالفقاری، ع. و حاج‌عباسی، م. ع. ۱۳۸۷. تاثیر تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات فیزیکی و آب‌گریزی خاک در مراتع فریدون شهر و جنگل‌های لردگان، علوم آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، شماره‌ی ۲۲، صفحه‌های ۲۵۱- ۲۶۲.

شهریاری، م. ثواقبی فیروز آبادی، غ. مینایی تهرانی، د و پدیداران، م. ۱۳۸۵. تاثیر مخلوط دو گیاه یونجه (*Medicago sativa*) و فسکیو(*Festuca arundinacea*) در گیاه پالایی خاک آلوده به نفت خام سبک، مجله علوم محیطی، شماره‌ی ۱۳، صفحه‌های ۳۳ - ۴۰.

Bachmann J., and Vander Ploeg R. 2002. A review on recent developments in soil water retention theory:interfacial tension and temperature effect. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 105: 468- 478.

DeBano L. 1981. Water repellent Soils: A state-of-the art, Pacific southwest forest and range experiment station. Berkeley (California), 1- 21.

Dekker L.W. 1998. Moisture variability resulting from water repellency in Dutch soils. Doctoraldissertatio n. Agricultural University Wageningen.

Essien O. and John I. 2010. Impact of crude – oil spillage pollution and chemical remediation on agricultural soil properties and crop growth. Jornal of Application Science, 14: 147- 154.

Garcia B., Parras-Alcantara L. and Albornoz M. 2011. Effects of oil mill wastes on surface soil properties runoff and soil losses in traditional olive groves in southern Spain .Catena, 85: 187-193.

Goebel M. O., Woche S., Bachmann J., Lamparter A. and Fischer W. R. 2007. Significance of wettability-induced changes in microscopic water distribution for soil organic matter decomposition. Soil Science, 71: 1593- 1599.

Goebel M., Bachmann J., Reichstein M. and Janssens I. 2011. Soil Water repellency and its implications for organic matter decomposition – its there a link to extrerme climatic events? Global Chang Biological, 17: 2640- 2656.

Hallett P. D. 2007.An introduction to soil water repellency. 8th International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals (ISAA2007). Gaskin, R. E. Columbus, Ohio, US, International Society for Agrochemical Adjuvants (ISAA).

Hallet P. D. and Young I. M. 1999. Changes to water repellence of soil aggregates caused by substrate- induced microbial activity, European Journal of Soil Science, 50: 35- 40.

Hengl T. 2007.A Practical Guide to Geostatical Mapping of Environmental Variables, JRC.

Karnok K. and Tucker K. 2002. Water repellent soils, Golf Course Management.

Labud V., Garcia C. and Hernandez T. 2007. Effect of hydrocarbon pollution on the microbial properties of a sandy and a clay soil, Chemosphere, 66:1863-1871.

Nelson D.W. and Sommers L. E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p. 539-579.In: A. L. Page et al. (eds.) Methods of Soil Analysis. Part II. 2nd ed. ASA, SSSA, Madison, WI. USA.

Roy J. L. and Mc Gill. W. B. 1999. Flexible conformation in organic matter coatings: An hypothesis about soil water repellency,Canadian Journal of Soil Science, 80: 143– 152.

Roy J. L. and Mc Gill W. B. 2001. Observation on the chemistry of organic materials in water- repellent soils. Turfgrass Research, 9: 428- 436.

Vieira SR and Paz Gonzalez. A. 2003. Analysis of the spatial variability of crop yield and soil properties in small agricultural plots, Bragantia, 62:127-138.

Vogelmann E., Reichert J., Prevedello J., Consensa C., Oliveira A., Awe G. and Mataix-Solera J. 2013. Threshold water content beyond which hydrophobic soils become hydrophilic: The role of soil texture and organic matter content, Geoderma, 209: 177- 187.

Wang X., Feng J. Zhao and J. 2010. Effects of crude oil residuals on soil chemical properties in oil sites, Momoge Wetland, China. Environ Monit Assess, 161: 271–280.

The evaluation of relationship between Soil water repellency with petroleum hydrocarbons in soil contaminated with petroleum compounds

N. Saadati[1], N. Davatgar[2] and M. R. Mosaddghi[3]
1,3- Ph.D. student and Professor, Soil Science Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, and 2- Assistant Professor, Soil and Water Research Institute

Abstract
This study was conducted to investigate the relationship between Soil water repellency with petroleum hydrocarbons. For this purpose, 100 soil samples from a depth of 0-30 cm were taken. Total Petroleum Hydrocarbons variables (TPHs) with mechanical shaking, Soil water repellency with the method of Water Droplet Penetration Time (WDPT) and Soil organic carbon with Vakly and Black were measured. According to the results there was a positive and significant relationship between TPHs with soil water repellency and organic carbon at a probability level of 1%.With increasing of TPH increased as a quadratic function of Soil water repellency. Regression relationship between organic carbon and total petroleum hydrocarbons was third regression. The surface of soil particles was covered by Total Petroleum Hydrocarbons and this caused an increase on water repellency.

Keywords: Soil water repellency, Total Petroleum Hydrocarbons, Organic Carbon.