

تشکیل و طبقه‌بندی خاک‌های تکنوسول آلوده به نفت در منطقه جنوب تهران

پری اسدی‌الاسوند* و احمد حیدری^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۲/۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۸/۱۲)

چکیده

تکنوسول‌ها خاک‌های تغییر یافته تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی می‌باشند. این مطالعه تشکیل، طبقه‌بندی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های تکنوسول تشکیل شده بر روی مواد زائد نفتی را در چهار خاک‌رخ آلوده به نفت و دو خاک‌رخ غیرآلوده مورد بررسی قرار داد. مطالعات کانی‌شناسی وجود کانی اسمکتایت را به‌عنوان کانی غالب به‌همراه سایر کانی‌های رسی به اثبات رساند. این کانی‌ها ترکیبات نفتی را در فضای بین لایه‌ای خود جذب کرده و از تحرک و تجزیه آنها در خاک جلوگیری می‌کنند. عوارض میکرومورفولوژیکی مختلفی از ترکیبات نفتی شامل مناطق تخلیه شده، انواع پوشش (معمولی، در امتداد سطوح (کوازی کوتینگ) و زیرسطحی (هایپوکوتینگ) و همچنین عوارض ناشی از انتشار افقی و عمودی ترکیبات نفتی درون خاک موید پویایی مواد نفتی در خاک و تأثیر بر فرآیندهای خاکساز می‌باشند. کاهش pH و افزایش کربن آلی و آهن آمورف خاک تحت تأثیر مواد نفتی در مقایسه با خاک‌های غیرآلوده به اثبات رسید. با توجه به وجود مقادیر بالای گچ و آهک در خاک‌های مورد مطالعه، این خاک‌ها براساس سیستم رده‌بندی آمریکایی، Typic Calcigypsid نامگذاری شدند ولی در سیستم رده‌بندی جهانی، به‌علت وجود لایه‌های نفوذناپذیر و ژئوممبران (Geomembrane) در ۱۰۰ سانتی‌متری بالای خاک در واحد Linic Technosols طبقه‌بندی شدند که توجه بیشتر سیستم رده‌بندی جهانی به طبقه‌بندی این خاک‌ها را نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: پالایشگاه نفت تهران، خاک‌های آلوده، نفت خام، تکنوسول، میکرومورفولوژی، XRD

۱. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران

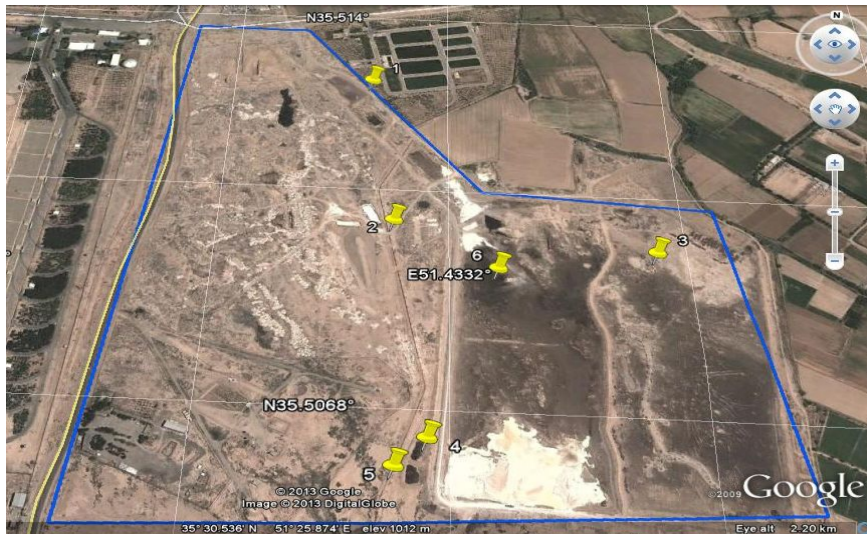
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: Pariasadi399@yahoo.com

مقدمه

با توجه به تنوع زیاد در هر یک از عوامل خاکسازي تنوع خاک‌هایی که می‌توانند تشکیل شوند، بی‌نهایت زیاد بوده و شناخت تفاوت آنها از نظر حاصلخیزی و نحوه استفاده صحیح از این خاک‌ها همگی تابع شناخت خاک از نظر نحوه پیدایش و تحول می‌باشد (۲۷). به‌علاوه این اطلاعات جهت نقشه‌برداری صحیح و تعیین دقیق پراکنش جغرافیایی انواع خاک‌ها نیز ضروری است. خاک‌های حاصل از تمدن و شهرنشینی تحت شرایطی متفاوت با شرایط طبیعی در تمام دنیا در حال گسترش هستند (۲۷). تکنوسول‌ها گروهی از این خاک‌ها محسوب می‌شوند که سیر تکاملی‌شان توسط فرآیندهای انسانی کنترل می‌شود. براساس تعریف سیستم رده‌بندی WRB (۳۸)، تکنوسول‌ها خاک‌های متأثر از فعالیت‌های انسانی می‌باشند که شامل بیش از ۲۰ درصد مواد مصنوعی (مواد ساخته شده یا استخراج شده از زمین توسط انسان) می‌باشند و یا توسط مواد سخت صنعتی پوشانده و عایق شده‌اند. این خاک‌ها شامل خاک‌های حاصل از زباله‌ها (در محل دفن زباله، لجن، سرباره کوره‌ها، ضایعات معادن و خاکسترها) کفپوش‌ها و مواد ناپیوسته زیر آنها، خاک‌های حاوی ژئوممبران‌ها (Geomembrane) و خاک‌های ساخته شده از مواد دست‌ساز بشر هستند (ژئوممبران‌ها لایه‌های نفوذناپذیر یا کم نفوذپذیری هستند که به دلایلی مثلاً جلوگیری از نفوذ مواد زائد نفتی به لایه‌های زیرین خاک در اعماقی از خاک قرار داده می‌شوند ولی بعد از مدتی همین لایه‌های نفوذناپذیر به‌عنوان یک عامل خاکسازي شناخته می‌شود). تکنوسول‌ها اغلب خاک‌های شهری یا خاک‌های معادن نامیده می‌شوند. عمدتاً در مناطق شهری و صنعتی دیده می‌شوند (۲۳) و از نظر تکامل خاکرخی تقریباً فاقد تحول هستند و در کل جهان پراکنده‌اند. شهرها، جاده‌ها، معادن، محل دفن زباله‌ها، محل ریختن نفت و خاکسترهای زغال‌سنگ جزء تکنوسول‌ها هستند (۳۸). مطالعه خاک‌های آلوده حاصل از تمدن‌ها و همچنین بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی خاک‌های

آلوده به نفت توسط محققین زیادی انجام شده است (۵ و ۱۶). حیدرزاده و همکاران (۱۴) بیان کردند که پسماندها و مواد زائد حاصل از پالایش نفت در پالایشگاه نفت تهران حاوی مقادیر زیادی از هیدروکربن‌های آروماتیک حلقوی نیستند بلکه شامل غلظت زیادی از فلزات سنگین مانند نیکل، سرب، کادمیوم و روی (به‌ترتیب ۲۷۰۰، ۸۵۰، ۱۰۰ و ۶۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) می‌باشند. آلفرد و همکاران (۲)، آنه و همکاران (۳) و آسنسیو و همکاران (۴) انواع تکنوسول‌های تشکیل شده روی خاک‌های معادن، تکنوسول‌های حاصل از سیلاب‌ها و تکنوسول‌های حاصل از بقایای چوب، رسوبات رودخانه‌ای، فاضلاب‌ها و خاکسترهای کارخانه‌های کاغذسازی را مورد مطالعه قرار دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که رفع آلودگی فلزات سنگین تولید شده از معادن از خاک پروسه‌ای وسیع و طولانی مدت است. این آلودگی‌ها جامعه و سلامتی انسان‌ها را به‌شدت تحت تأثیر قرار داده است (۳۱).

بدین‌منظور از گیاهان برای خروج و تثبیت این آلودگی‌ها استفاده کردند و مشاهده کردند که استفاده از گیاهان برای خروج آلودگی‌های معدنی در سطح وسیع روش مناسبی نیست ولی استفاده از گیاهان مقاوم به فلزات سنگین برای تثبیت فلزات به‌عنوان یک راه حل کوتاه‌مدت مناسب‌تر است. آنه و همکاران (۳) نیز در مورد اندازه خاکدانه‌های تشکیل شده در لایه سطحی خاک تکنوسول‌های حاصل از سیلاب‌ها و تکنوسول‌های حاصل از بقایای چوب، رسوبات رودخانه‌ای، فاضلاب‌ها و خاکسترهای کارخانه‌های کاغذسازی را مورد مطالعه قرار دادند. اگرچه اثرات منفی حاصل از خاک‌های آلوده حاصل از معادن، صنایع و پالایشگاه‌ها بر همگان مشخص است و رهاسازی و پایداری آنها در اکوسیستم همواره باعث نگرانی عموم می‌گردد (۶) ولی تاکنون مطالعه‌ای در مورد تشکیل و طبقه‌بندی خاک‌های تشکیل شده بر روی مواد نفتی گزارش نشده است. بنابراین هدف این مطالعه بررسی برخی فرآیندهای دخیل در تشکیل خاک‌های تکنوسول در پالایشگاه نفت تهران و تشریح و طبقه‌بندی آنها به‌منظور بیان اهمیت وجود خاک‌های



شکل ۱. موقعیت نقاط نمونه‌برداری در نقشه

به ترتیب ۲۲۰ میلیمتر و ۱۶/۴ درجه سانتی‌گراد) بود (۱۳). پوشش گیاهی به علت خشک بودن اقلیم و زیاد بودن حجم مواد نفتی در منطقه، بسیار ضعیف بوده و شامل گیاهان مقاومی مانند الحاجی (*Alhagicamelorum*)، ورک (*Peganumharmala*) و گرامینه‌ها (*Gundeliatournefortii*) بود (۱۳). جهت نمونه‌برداری ۴ خاکرخ آلوده به نفت (خاکرخ‌های شماره ۱، ۳، ۴ و ۶) دارای ترکیبات زائد نفتی مشابه با درجه آلودگی متفاوت و ۲ خاکرخ غیرآلوده (پروفیل‌های شماره ۲ و ۵) به عنوان شاهد در مجاور آنها با موقعیت زمین‌شناسی یکسان حفر گردیدند (نمونه‌برداری از اعماق مختلف و انتخاب نقاط به صورت کاملاً تصادفی و براساس آلودگی و غیرآلوده بودن منطقه از مواد زائد نفتی می‌باشد) از خاک پالایشگاه نفت تهران، در نهایت ۳۰ نمونه خاک از شش خاکرخ برداشت شده و جهت انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی مختلف، به آزمایشگاه انتقال داده شدند. جهت نمونه‌برداری و تشریح خاکرخ به روش نمونه‌برداری هدفمند مقایسه‌ای از کتاب (Field book (2012 استفاده گردید (۳۰). بیست نمونه دست‌نخورده از خاک با استفاده از جعبه کوبینا جهت مطالعات میکرومورفولوژیکی تهیه گردید. مقاطع میکرومورفولوژیکی توسط میکروسکوپ پلاریزان (Olympus petrological microscope) در نور عادی

آلوده و نیاز به توجه هرچه بیشتر به آنها در راستای مدیریت صحیح خاک، آب و محیط زیست می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه با مساحتی معادل ۶۰ هکتار در پالایشگاه نفت تهران بین ۳۵ درجه و ۳۰/۲۹۹ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۰/۸۱۴ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۲۵/۶۸۲ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۶/۲۹۶ دقیقه طول شرقی واقع در جنوب تهران قرار دارد (شکل ۱).

نمونه‌برداری خاک‌های آلوده و غیرآلوده از محوطه اطراف پالایشگاه نفت تهران، که لاگون‌هایی برای دفع مواد زائد پالایشگاهی ایجاد شده و مواد زائد در درون آنها دفع می‌شود تا مقادیری از آنها تبخیر شده و مابقی در درون خاک نفوذ یابد انجام گرفت. دفع مواد زائد در این لاگون‌ها حداقل در طی ۲۰ سال اخیر ادامه داشته و مدت زمان کافی برای به تعادل رسیدن مواد نفتی با خاک و محیط مجاور وجود داشته است. منطقه نمونه‌برداری محل دفن پسماندها و مواد نفتی زائد پالایشگاه نفت متشکل از انواع ترکیبات نفتی به صورت جامد، نیمه‌جامد و مایع است. منطقه مطالعاتی دارای رژیم رطوبتی اریدیک و رژیم حرارتی ترمیک (میزان بارندگی و درجه حرارت سالیانه

(PPL) و نور پلاریزه (XPL) براساس روش استوپس (۳۵) آنالیز گردیدند.

الف) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی

بافت خاک در نمونه‌های غیرگچی به روش هیدرومتری (۱۰) و در نمونه‌های حاوی گچ با روش پوشش کلرید باریم (۱۵) اندازه‌گیری شد. وزن مخصوص ظاهری به روش کلوخه (۱۲) و مواد آلی به روش والکلی و بلاک (۲۹)، آهک به روش کلسیمتری (۲۶)، EC و pH در عصاره اشباع به ترتیب توسط دستگاه EC متر و pH متر (۳۴)، گچ به روش استون (۲۹)، کلسیم و منیزیم به روش کمپلکسومتری (۲۹)، و سدیم و پتاسیم به روش فلیم فوتومتری (۲۹)، کلر به روش تیتراسیون با نیترات نقره (۲۹)، کربنات و بیکربنات به روش تیتراسیون با اسید سولفوریک (۲۹)، سولفات به روش استون (۳۴)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش باور (۷) اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری آهن غیربلورین قابل استخراج با اگزالات آمونیوم (۲۰)، آهن باند شده با مواد آلی قابل استخراج با پیروفسفات سدیم (۱۹)، اکسیدهای آهن آزاد قابل استخراج با دی تیونات سترات (۳۳) و آهن و منگنز قابل استخراج با اسید نیتریک ۴ نرمال (۲۸) در سه خاکرخ ۳ و ۴ و ۵ انجام گردید.

ب) خصوصیات کانی شناسی و میکرومورفولوژیکی

در روش پودری یا توجیه نشده، نمونه‌ها را خوب پودر کرده و از الک ۲۷۰ مش عبور می‌دهیم تا ذراتی کاملاً یک‌دست جدا شوند. سپس مقداری از نمونه را روی لام قرار داده و توسط دستگاه XRD پراش‌نگاشت‌های آن تهیه می‌شود. نمونه‌ها در دسیکاتور گذاشته شد تا از تبخیر مواد نفتی آنها جلوگیری شود و رطوبت آنها توسط سیلیکاژل قرار داده شده در دسیکاتور حذف شده و سپس نمونه‌ها قرائت شدند. زاویه چرخش نمونه و دتکتور ۸۰-۲ درجه تعیین شد. در مرحله بعد نمونه‌ها توزین شده و به مدت ۶ ساعت در آون ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از مدت زمان مذکور دوباره وزن آنها یادداشت

شد و نمودارهای دیفراکتوگرام X-ray آنها قرائت شد. مرحله سوم حرارت ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت بود. در نهایت پیک‌های نمونه‌ها در سه تیمار دمایی با هم مقایسه گردیدند (۸). جهت بررسی نمونه‌های رس خالص‌سازی شده پس از حذف املاح محلول، کربنات‌ها، مواد آلی، اکسیدهای آهن و اشباع نمودن با منیزیم و پتاسیم و به منظور رفع مشکل تداخل پیک اول کائولینایت و پیک دوم کلرایت و اطمینان از وجود کائولینایت، حذف کلرایت‌ها با استفاده از اسید کلریدریک انجام گردید و دیفراکتوگرام‌های مربوط به لام‌های تهیه شده توسط دستگاه X-Ray، D5000، زمینس (ولتاژ ۳۰ کیلوولت- آمپراژ ۳۰ میلی‌آمپر- سرعت اسکن دستگاه ۰/۴ درجه پرسکنت- فلز هدف: مس- محدوده اسکن برای نمونه‌های پودری ۲-۸۰ و برای نمونه‌های رس خالص‌سازی شده ۲-۴۰ و اشعه آلفا) تهیه و تجزیه و تحلیل آنها به کمک نرم‌افزار Spectrom Viewer و FitYK انجام شد (۸). جهت تهیه نمونه‌های میکرومورفولوژی، رزین پلی استر به همراه کاتالیست (پراکسید) و شتاب دهنده (کبالت) را با هم مخلوط کرده و با افزودن این مواد به نمونه‌های خاک در شرایط خلأ در دسیکاتور اشباع شده و هوای آزاد طی چند هفته سخت شدند. نمونه‌های خشک شده پس از برش و سایش و نصب بر روی لام‌های با اندازه ۶۰×۹۰ میلی‌متر، توسط پودر سمباده به ضخامت مطلوب (۲۰-۳۰ میکرون) رسانده شد و سپس مقاطع توسط میکروسکوپ پلاریزان (Olympus) در نور قطبیده سطح PPL (polarizing microscope under plane lights) و متقاطع XPL (crossed polarized lights) براساس روش استوپس (۲۰۰۳) (۳۵) بررسی گردیدند (۲۵). آنالیز تصویر توسط نرم‌افزار Olympus ویژه میکروسکوپ پلاریزان انجام گردید.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی

برای اثبات شرط اول تکنوسول (Linic Technosols) بودن خاک‌ها در سیستم رده‌بندی (WRB, ۲۰۰۷) در مقایسه

دانست که منجر به آبهویی در خاک و کاهش نسبت جذبی سدیم شده است. همچنین کاهش pH در حضور مواد نفتی موجب آزاد شدن و شستشوی سدیم شده است (۳۲). pH در خاک‌های آلوده نسبت به خاک‌های غیرآلوده به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است که می‌تواند ناشی از وجود ترکیبات آلی حاوی هیدروژن قابل تفکیک در مواد زائد پالایشگاهی باشد (۱۸). ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نیز در خاک‌های آلوده نسبت به خاک‌های غیرآلوده افزایش نسبی نشان داده است (جدول ۱) زیرا مهم‌ترین اثر کاهش pH خاک، کاهش CEC می‌باشد. کاهش pH روی بار گروه عامل هیدروکسیل در مواد آلی اثر گذاشته و بخشی از بار منفی گروه عاملی COO^- توسط هیدروژن‌های موجود در محیط خنثی شده و به گروه عاملی بدون بار COOH تبدیل می‌گردد و CEC را کاهش می‌دهد (۳۲). همچنین این امر می‌تواند به‌خاطر یونیزه شدن گروه OH کانی‌های خاک در شرایط اسیدی باشد. ظرفیت تبادل کاتیونی تعیین‌کننده تحرک و دسترس بودن یون‌هایی است که در حاصلخیزی خاک موثر می‌باشند (۳۰). آهن اندازه‌گیری شده در سه خاک (۳، ۴ و ۵) در روش اگزالات آمونیوم در خاک‌های نفتی (۰/۱-۰/۹ درصد) بیشتر از خاک‌های غیرنفتی (۰/۱-۰/۰۵ درصد) می‌باشد. که دلیل آن را می‌توان به ممانعت مواد آلی از تبلور آهن در خاک‌های آلوده و در نتیجه افزایش آهن به فرم آمورف مشاهده می‌گردد (۹).

فلزات سنگین توانایی ایجاد کمپلکس با لیگاندهای آلی و معدنی را دارند. تشکیل کمپلکس‌های آلی-معدنی روی اکسی‌هیدروکسیدهای آهن تک‌دندانه و تبدیل آنها به کمپلکس‌های دو دندانه فرآیندی است که در حضور مواد آلی زیاد گزارش شده است که موجب به دام افتادن آهن آمورف در بین مواد آلی می‌شود (۹) (جدول ۲). در روش پیروفسفات که آهن بانده شده با مواد آلی اندازه‌گیری می‌شود، در خاک‌های نفتی تفاوت معنی‌داری با خاک‌های شاهد ندارد اما در افق اول خاک‌های شاهد درصد آهن

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در جدول ۱، برآورد میزان کربن آلی خاک برای تعیین درصد ترکیبات نفتی خاک حائز اهمیت می‌باشد. برآورد وزنی نفت در صحرا بیش از ۲۰ درصد بوده است هر چند با روش و الکلی بلک این میزان خیلی کمتر برآورد شده است. زیرا روش و الکلی بلک جهت اکسایش مواد آلی از دی کرومات پتاسیم یک نرمال در حضور اسید سولفوریک قوی استفاده می‌شود (۲۱ و ۲۲). اکسیدکردن شیمیایی ترکیبات هیدروکربنی باعث کاهش در برآورد کربن آلی، نیتروژن کل و فسفر خاک می‌گردد (۱۷، ۲۱ و ۳۲). علت اصلی عدم اکسیده شدن ترکیبات با وزن مولکولی زیاد هیدروکربنی با اکسیدکننده‌های معمول است. این امر می‌تواند به‌خاطر عملکرد رادیکال‌های آزاد گروه هیدروکسیل نیز باشد. رادیکال‌های هیدروکسیل با عملکرد غیراختصاصی در خاک، می‌تواند مواد آلی را اکسید کند و از مقدار اکسیدانت مصرفی کاسته می‌شود که باعث کاهش در برآورد کربن آلی خاک می‌گردد (۲۲). آنچه مشهود است برآورد بسیار زیاد مواد آلی در خاک‌های آلوده به نفت (خاک‌های ۱، ۳، ۴ و ۶) در مقایسه با خاک‌های غیرآلوده (خاک‌های ۲ و ۵) است که این روند از سطح خاک تا اعماق ادامه دارد و حاکی از نفوذ عمقی مواد آلاینده بوده و احتمال رسیدن آنها به منابع آب‌های زیرزمینی (در عمق ۲-۲/۵ متر) را نشان می‌دهد؛ آلودگی آب‌های زیرزمینی بوسیله ترکیبات نفتی در اطراف پالایشگاه نفت تهران توسط گیتی‌پور و همکاران (۱۱) گزارش شده است. قابلیت هدایت الکتریکی (EC) خاک‌های آلوده در افق‌های سطحی نسبت به خاک‌های غیرآلوده، افزایش نشان می‌دهد که می‌تواند مربوط به افزایش املاح موجود در مواد آلاینده و تجمع آنها در سطح خاک باشد (۱۵).

نسبت جذبی سدیم (SAR) در خاک غیرآلوده مجاور آنها به بیش از ۶۰ افزایش یافته است در حالی که در خاک‌های آلوده همواره کمتر از ۱۰ است. که دلیل کاهش آن را گرانوله شدن ذرات خاک‌های آلوده به نفت و بهبود ساختمان می‌توان

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

SO ₄ ²⁻ meq/l	Gypsu m %	CEC Cmol+/kg	meq/l			pH	EC dS/m	OM	CaCO ₃ %	pb g/cm ₃	درصد تخلخل	ساختمان	افق	عمق				
			HCO ₃	Cl ⁻	SA													
Coarse-loamy, mixed, thermic, Typic Calcigypsisols (Linic Technosols (Calcaric, Toxic, Humic))																		
			Mg ²⁺ +	Ca ²⁺ +	Na ⁺ +	K ⁺												
۳۴/۲	۱/۲	۱۶/۰	۱۷/۳	۱۱/۲	۰/۷	۰/۷	۱۱/۰	۵۰/۰	۴/۲	۱/۰۹	۷/۷۵	۴/۰۸	۱۵/۴	۱/۲	۵۲/۸	Massive	Ap	۰-۲۰
۵۵/۰	۳/۴	۱۴/۲	۱۳/۸	۱۵/۰	۳/۴	۲۸/۰	۲۸/۰	۴۲/۰	۲۰/۳	۰/۷۷	۷/۷۷	۵/۵۰	۱۴/۱	۱/۴	۴۴/۹	۱Csbk+Massive ve	۲Ap	۲۰-۳۸
۵۰/۴	۱/۹	۱۴/۲	۸/۳	۲۰/۵	۴/۲	۳۲/۰	۲۹/۵	۲۳/۷	۰/۶	۷/۸	۵/۹	۸/۱	۱۳/۸	۱/۴	۴۵/۰	۱Csbk	۲AB	۳۸-۴۷
۶۱/۵	۵/۶	۱۲/۴	۶/۸	۲۲/۰	۴/۷	۳۸/۵	۳۱/۲	۳۸/۱	۰/۳	۷/۶	۶/۳	۶/۰	۱۳/۵	۱/۰	۵۹/۰	Massive	۲B۱y	۴۷-۶۰
۵۰/۰	۵/۶	۱۱/۶	۷/۲	۱۸/۵	۳/۷	۲۶/۵	۳۳/۷	۲۰/۳	۰/۲	۷/۲	۵/۴	۳/۸	۱۹/۰	۱/۲	۵۲/۸	Massive	۲B۲y	۶۰-۹۰
۵۱/۵	۱/۰	۱۴/۲	۹/۱	۱۸/۵	۳/۸	۳۴/۵	۳۱/۷	۲۱/۸	۰/۲	۷/۵	۶/۱	۳/۶	۱۲/۹	۱/۱	۵۶/۶	Massive	۲B۳y	۹۰-۱۱۵
۵۶/۷	۴/۸	۱۴/۲	۴/۲	۱۹/۰	۴/۴	۳۶/۰	۲۷/۷	۲۴/۹	۰/۲	۸/۰	۶/۵	۲/۶	۱۰/۰	۱/۳	۴۹/۴		۲B۲g	۱۱۵-۱۵۰
Fine-loamy, mixed, thermic, Typic Calcigypsisols (Hypogypsic Gypsisols)																		
۳۴/۱	۱/۶	۱۶/۰	۳/۳	۳/۷	۰/۶	۱۲/۲	۲۶/۰	۳/۰	۰/۷	۸/۱	۲/۹	۱/۳	۱۷/۴	۱/۵	۴۲/۸	Massive+۲fqv	Ap	۰-۱۸
۳۳/۰	۰/۵	۱۷/۰	۲/۲	۳/۵	۱/۴	۹/۷	۲۴/۲	۶/۰	۰/۷	۸/۱	۳/۰	۱/۲	۱۶/۴	۱/۶	۳۹/۶	۳Mabk+Platy	AB	۱۸-۲۷
۴۶/۰	۰/۴	۱۴/۲	۲/۳	۵/۰	۳/۰	۱۹/۰	۳۳/۰	۱۴/۰	۰/۵	۸/۱	۴/۲	۰/۰۶	۱۹/۳	۱/۶	۳۸/۴	۲Cabk	BK۱	۲۷-۴۰
۴۳/۳	۵/۱	۱۰/۷	۳/۳	۸/۲	۴/۰	۱۶/۷	۲۶/۲	۱۸/۶	۰/۴	۷/۸	۴/۹	۰/۱	۲۰/۶	۱/۳	۴۸/۴	۱Csbk	BK۲	۴۰-۶۵
۳۶/۶	۶/۱	۱۰/۷	۷/۰	۸/۵	۱/۸	۱۰/۲	۳۶/۰	۸/۷	۰/۳	۷/۸	۱/۴	۰/۱	۱۶/۴	۱/۳	۴۸/۶	Massive	By۱	۶۵-۱۰۰
۳۰/۵	۷/۶	۱۴/۲	۴/۹	۴/۷	۱/۲	۸/۷	۲۷/۵	۵/۳	۰/۲	۷/۷	۲/۹	۰/۴	۱۹/۰	۱/۳	۴۸/۱	Massive	By۲	۱۰۰-۱۵۰
۲۷/۰	۲/۳	۲۰/۰	۳/۸	۷/۵	۱/۵	۱۰/۵	۲۵/۰	۶/۴	۰/۱	۷/۵	۲/۹	۰/۰۵	۱۷/۷	۱/۷	۳۳/۲	Massive	By۳	۱۵۰-۲۰۰
Coarse-loamy, smectitic, thermic, Typic Calcigypsisols (Linic Technosols (Calcaric, Toxic, Humic))																		
۹۰/۸	۱/۰	۱۷/۹	۲۷/۳	۲۱/۰	۶/۲	۳۷/۲	۶۵/۰	۴۴/۸	۰/۷	۶/۹	۸/۵	۱۰/۶	۱۴/۸	۱/۴	۴۷/۵	Massive+۱Ca	Ap	۰-۱۸
۶۲/۰	۱/۱	۱۴/۲	۱۲/۸	۲۹/۵	۸/۹	۲۴/۲	۳۸/۰	۴۹/۹	۰/۵	۷/۷	۸/۶	۶/۱	۱۷/۴	۱/۳	۴۸/۸	bk Massive+ Cabk	Ac	۱۸-۲۰
۵۱/۹	۱/۵	۱۷/۹	۸/۳	۲۲/۰	۷/۱	۱۹/۷	۳۲/۷	۳۶/۸	۰/۳	۷/۸	۶/۸	۵/۴	۲۰/۳	۱/۴	۴۵/۶	Massive+۱Ca	Cy۱	۳۰-۷۰
۴۷/۰	۱/۴	۱۷/۶	۸/۸	۲۵/۵	۷/۶	۲۲/۲	۲۸/۷	۳۸/۶	۰/۲	۸/۰	۶/۸	۲/۷	۱۸/۳	۱/۲	۵۴/۳	bk Massive	Cy۲	۷۰-۱۲۰

ادامه جدول ۱.

Fine-loamy, mixed, thermic, Fluventic Aquicambids (Technic Fluvisols)																		
۸۰/۰	۲/۶	۱۲/۴	۱۶/۳	۶/۵	۱/۲	۳۱/۲	۷۱/۲	۹/۱	۰/۳	۷/۵	۵/۶	۹/۶	۱۲/۹	۱/۴	۴۵/۴	Massive	Ap	۰-۱۰
۶۷/۵	۲/۸	۱۲/۴	۵/۸	۷/۵	۱/۸	۴۲/۷	۳۰/۰	۱۱/۳	۰/۳	۷/۸	۵/۰	۷/۴	۱۸/۰	۱/۶	۳۷/۳	Massive	AC	۱۰-۲۸
۵۸/۹	۰/۳	۱۲/۴	۴/۳	۳/۷	۱/۸	۳۸/۲	۲۴/۷	۱۰/۴	۰/۲	۷/۸	۴/۸	۸/۰	۱۹/۶	-	-	Massive	C۱	۲۸-۴۳
۷۰/۳	۰/۱	۱۲/۴	۳/۸	۶/۵	۲/۵	۵۴/۲	۱۹/۵	۱۵/۴	۰/۳	۷/۷	۵/۹	۸/۸	۱۷/۷	۱/۵	۴۳/۴	Massive	C۲	۴۳-۷۰
Clayey, mixed, thermic, Sodic Haplocalcids (Salic Solonetz (Aridic))																		
۴۲/۰	۲/۴	۹/۲	۰/۵	۴/۲	۴/۵	۱۰/۲	۲۰/۷	۱۷/۹	۱/۱	۷/۹	۳/۸	۰/۵	۱۴/۸	۱/۳	۵۰/۱	Massive	Ap	۰-۲۰
۷۰/۳	۲/۳	۱۴/۲	۳/۲	۲۳/۵	۱۴/۲	۲۱/۰	۱۶/۵	۶/۷	۲/۰	۸/۱	۸/۴	۰/۱	۱۵/۱	۱/۴	۴۵/۷	Massive	By	۲۰-۴۰
۱۹۰/۸	۱/۴	۱۳/۳	۳/۴	۵۰/۵	۵۰/۴	۱۷/۰	۲۰/۰	۲۱۷/۱	۱/۴	۸/۵	۲۰/۰	۰/۰۸	۱۷/۰	۱/۳	۴۹/۲	۳Cabk	۲Bky	۴۰-۶۷
۱۹۳/۰	۰/۲	۱۳/۴	۲/۵	۶۰/۰	۶۴/۰	۸/۷	۱۷/۵	۲۳۱/۹	۰/۶	۸/۵	۲۳/۷	۰/۰۸	۲۴/۵	۱/۶	۳۸/۱	۳Cabk+۳Mabk	۲Bk	۶۷-۱۲۰
Fine-loamy, mixed, thermic, Typic Calcigypsis(Linic Technosols (Calcaric, Toxic, Humic))																		
۵۴/۱	۲/۷	۷/۷	۱۸/۸	۱۴/۵	۲/۲	۲۷/۰	۵۳/۷	۱۴/۱	۰/۳	۶/۷	۵/۲	۱۲/۰	۸/۰	۱/۴	۴۶/۹	-	Ap۱	۰-۵
۴۰/۶	۷/۳	۱۶/۸	۶/۳	۸/۲	۱/۹	۸/۷	۴۲/۵	۱۰/۰	۰/۱	۷/۴	۴/۳	۸/۶	۱۲/۲	۱/۱	۵۷/۱	-	Ap۲C	۵-۲۵
۶۱/۷	۸/۲	۱۲/۴	۶/۲	۱۶/۵	۴/۱	۳۰/۰	۳۸/۷	۲۴/۵	۰/۲	۷/۶	۷/۰	۸/۴	۱۶/۷	۱/۱	۵۶/۷	-	w	۲۵-۷۰
۵۷/۹	۳/۰	۶/۳	۵/۸	۸/۰	۲/۳	۳۰/۷	۲۹/۲	۱۲/۸	۰/۲	۷/۷	۴/۹	۲/۴	۱۶/۴	۱/۳	۴۸/۴	-	Cy۱	۷۰-۹۰

۱cabk: ۱ = grade, c= size and abk= shape of structural unit ۱csbk: ۱=grade, c=size and sbk= shap of structural unit ۲Mabk: ۲= grade, M= size and abk= shape of structural unit ۲fqv:

۲ = grade, f= size and qv= shape of structural unit pb= مخصوص ظاهری

جدول ۲. اندازه‌گیری آهن و بافت خاک در خاکرخ ۳، ۴ و ۵

اندازه‌گیری درصد آهن		روش کلرید باریم			عمق خاک (سانتی‌متر)	
روش اگزالات آمونیم	دی تیونات سبترات	پیروفسفات	اسید نیتریک	درصد رس	بافت خاک	
۰/۴	۰/۵	۰/۰۸	۱/۹	۱۲/۱	SL	۰-۱۸
۰/۹	۰/۵	۰/۰۵	۱/۸	۱۰/۱	SL	۱۸-۳۰
۰/۴	۰/۵	۰/۰۴	۱/۷	۱۲/۱	SL	۳۰-۷۰
۰/۵	۰/۶	۰/۰۴	۱/۸	۱۰/۷	L	۷۰-۱۲۰
۰/۱	۰/۵	۰/۰۷	۱/۴	۱۴	SL	۰-۱۰
۰/۳	۰/۶	۰/۰۶	۱/۶	۳۰	CL	۱۰-۲۸
۰/۴	۰/۴	۰/۰۷	۱/۹	۳۲/۷	CL	۲۸-۴۳
۰/۱	۰/۲	۰/۰۸	۱/۶	۱۸/۲	L	۴۳-۷۰
۰/۰۶	۰/۶	۰/۱	۱/۷	۲۱	SiL	۰-۲۰
۰/۰۸	۰/۵	۰/۰۶	۱/۳	۳۸	SiC	۲۰-۴۰
۰/۱	۰/۵	۰/۰۴	۱/۵	۲۸/۷	SiCL	۴۰-۶۷
۰/۰۷	۰/۴	-	۱/۴	۴۲/۱	C	۶۷-۱۲۰

SL= Sandy Lomy L= Lomy CL= Clay Loam SiL= Silty Loam SiC= Silty Clay SiCL= Silty Clay Loam C= Clay

لیکن در اندازه‌گیری گچ به روش استون میزان گچ نسبتاً پایین برآورد شده است که می‌تواند به اشکالات روش استون در تعیین گچ نسبت داده شود. محمودی (۱) اظهار داشت در روش استون منابعی باعث اشتباه در برآورد گچ می‌گردد از جمله: (۱) ترکیب املاح (کاتیونی و آنیونی) و نسبت آب به خاک در درجه انحلال گچ تأثیر به‌سزایی دارد. (۲) شستشوی غیریکنواخت که براساس میزان و نوع املاح خاک صورت می‌گیرد و در صورتی که املاح کمتر از مقدار لازم شستشو شوند، گچ خاک بیشتر و اگر بیشتر از مقدار کافی شسته شوند، گچ خاک کمتر برآورد می‌گردد. با توجه به محرز بودن وجود افق جیپسیک در تشخیص صحرائی و وجود افق کلسیک همراه آن در خاکرخ خاک‌های فوق در روش (USDA, ۲۰۱۰) (۳۶) در زیر گروه Typic Calcigypsid و در رده‌بندی (WRB, ۲۰۰۷) (۳۸) تحت عنوان Linic Technosols

بیشتر از خاکرخ نفتی محاسبه شده است. به‌جز روش اسید نیتریک که برآوردی از آهن کل است، در سه روش دیگر، درصد آهنی که در روش اگزالات آمونیوم محاسبه شده است بیشتر از سایر اشکال است که تأثیر مواد نفتی را بر اشکال قابل استخراج آهن نشان می‌دهد که افزایش در فرم غیربلورین آهن را به وجود مواد نفتی ربط می‌دهند (جدول ۲).

مورفولوژی خاک

همان‌گونه که در جدول شماره ۱ ملاحظه می‌شود خاک‌های مورد مطالعه با دو روش آمریکایی و جهانی طبقه‌بندی شده‌اند در چهار نمونه خاک آلوده به نفت (خاکرخ ۱، ۳، ۴ و ۶) بلورهای گچ به مقدار بیش از ۵ درصد در صحرا تشخیص داده شدند و وجود آنیون غالب سولفات در محلول عصاره اشباع نیز مؤید آن می‌باشد

افزایش عمق، از غلظت مواد نفتی نفوذ یافته به درون خاک کاهش می‌یابد. در شکل ۴- د شکاف بزرگی درون خاک ایجاد شده که بخاطر ورود مواد نفتی و تغییر در ساختار خاک می‌باشد که در برخی موارد موجب ایجاد خاصیت ررتیک شده است (۱۵). عکس‌های مشاهده شده از مورفولوژی خاک شرط دوم تکنوسول بودن خاک‌ها را در سیستم رده‌بندی (WRB, ۲۰۰۷) تأیید می‌کنند.

آنالیزهای کانی‌شناسی

در نمونه‌های رس خالص‌سازی شده با توجه به پیک‌ها، کانی‌های ثانویه شناسایی شده‌اند. کانی غالب خاک‌ها اسمکتیت است که به علت دارا بودن قابلیت انبساط و انقباض بالا می‌توان چنین استدلال کرد که وقتی نفت در خاک‌های آلوده نفوذ می‌کند، اسمکتیت نفت را جذب کرده و با ورود نفت به فضای بین لایه‌ای کانی، کانی انبساط می‌یابد (۱۵). دیفراکتوگرام نمونه‌های پودری در شکل شماره ۵ این مطلب را تأیید می‌کنند. در نمونه‌های پودری پروفیل‌های آلوده به نفت در تیمارهای دمایی ۲۵ و ۵۰ و ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفتند و نتایج نشان داد که با افزایش حرارت، نفت موجود در فضای بین لایه‌ای رس‌ها خارج شده و پیک‌های موجود در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، در تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به سمت پیک‌های کوچک‌تر تنزل می‌یابند. این موضوع بیانگر آن است که مقادیر قابل توجهی نفت در فضای بین لایه‌ای رس‌های آلوده به نفت وجود دارد (۱۵). به عبارت دیگر کانی‌های رسی موجود در خاک قابلیت نسبتاً زیادی در حفظ و نگهداشت آلاینده‌های نفتی دارند (شکل ۵).

آنالیزهای میکرومورفولوژیکی

در تصاویری که توسط میکروسکوپ پلاریزان از نمونه‌های خاک دست نخورده تهیه گردید ورود نفت به درون خاکدانه‌ها و منافذ خاک به اثبات رسید. نفت دارای دو قسمت است: اجزاء سبک‌تر و سیال‌تر نفت و ترکیبات سنگین و کم تحرک نفتی

(Calcaric, Toxic, Humic) طبقه‌بندی شدند. در حالی که خاک غیرآلوده شماره ۲ در رده‌بندی (USDA, ۲۰۱۰) و (WRB, ۲۰۰۷) به ترتیب Typic Calcigypsisols و Hypogypsic Gypsisols و خاک غیرآلوده شماره ۵ تحت عنوان (Salic Solonetz (Aridic)) Sodid Haplocalcids طبقه‌بندی شدند. اگر هر کدام از شرط‌های تکنوسول بودن خاک در منطقه وجود داشته باشد می‌تواند شواهدی مبتنی بر تکنوسول بودن خاک‌های نفتی این منطقه باشد. وجود شرط اول تکنوسول‌ها باید از طریق نتایج آزمایشگاهی بررسی گردد. شرط دوم باید در ظاهر خاک‌رخ وجود داشته باشد که براساس مشاهدات صحرایی، شواهدی برای نامگذاری خاک‌های آلوده به نفت در گروه مرجع تکنوسول‌ها جمع‌آوری گردید. نامگذاری خاک‌های آلوده به نفت تحت عنوان Linic Technosols دلالت بر وجود ژئوممبران با هر گونه ضخامت در ۱۰۰ سانتی‌متری بالایی سطح خاک دارد (۳۸) که در شکل ۲- الف نیز مشاهده می‌گردد. در این شکل که مربوط به خاک‌رخ آلوده به نفت شماره ۳ می‌باشد، لایه‌ای از مواد نفوذ ناپذیر (لایه‌هایی از مواد پلاستیکی) در عمقی از خاک قابل مشاهده می‌باشد. شکل ۲- ب وجود لایه نفوذناپذیر در عمق ۲۰ سانتی‌متری را در خاک‌رخ آلوده به نفت شماره ۱ نشان می‌دهد. در شکل ۳- پ شن و ماسه‌های درشتی را نشان می‌دهد که مواد ریز به همراه رس و سیلت شسته شده و به اعماق پایین رفته‌اند و اجزاء درشت‌تر روی سطح زمین باقی مانده‌اند. آنه و همکاران (۴) علت این امر را حضور ترکیبات نفتی در خاک می‌دانند. ایشان بیان کردند که نفت دارای ثابت دی‌الکتریک پایین است، بنابراین ورود نفت در خاک باعث کاهش ضخامت لایه دوگانه پخشیده در ذرات خاک شده و فلکوله شدن ذرات را افزایش می‌دهد. در نتیجه گرانوله شدن ذرات امکان آیشویی و شستشوی بهتر مواد و املاح از خاک را فراهم می‌آورد (۴). در شکل ۳- ت یک لایه ضخیم قیر سطح خاک را کاملاً پوشش داده و به درون خاک نیز نفوذ کرده است. در شکل ۴- ج ورود مواد نفتی در خاک‌رخ شماره ۶ را نشان می‌دهد که باعث ایجاد رنگ تیره در بخش بالایی خاک‌رخ گردیده است که بیانگر غلظت بالای مواد نفتی نفوذ یافته به اعماق ابتدایی خاک است و با



شکل ۱. وجود لایه‌های نفوذناپذیر (مواد پلاستیکی ممتد)، الف) خاکرخ آلوده به نفت شماره ۳، ب) خاکرخ آلوده به نفت شماره ۱



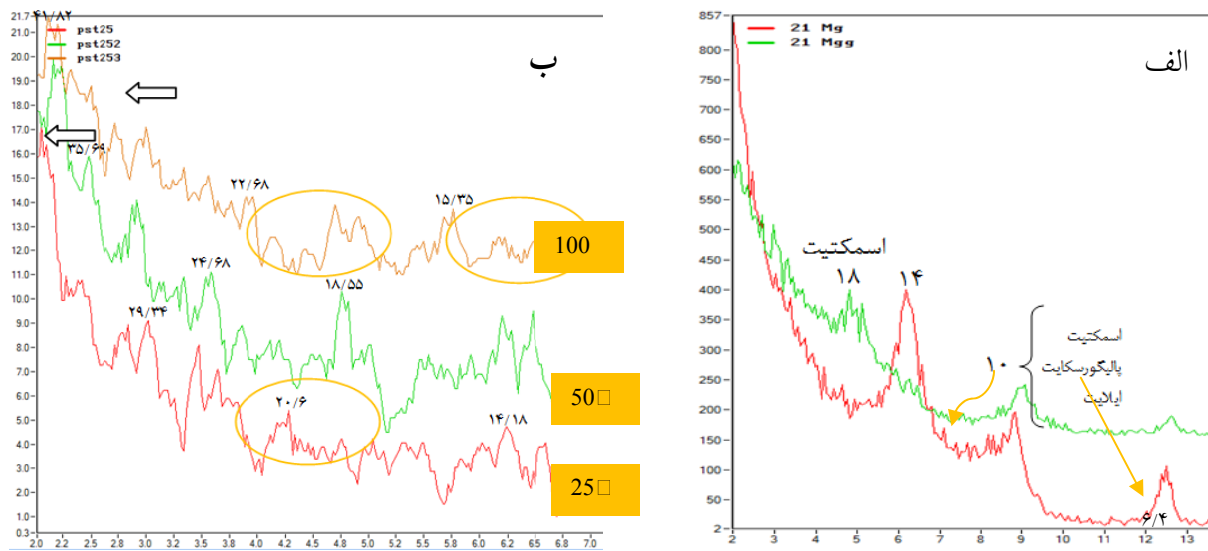
شکل ۲. وجود مواد سخت صنعتی، پ) شن و ماسه درشت و ت) لایه ضخیم قیر در سطح خاک که به درون خاک نیز نفوذ کرده‌اند



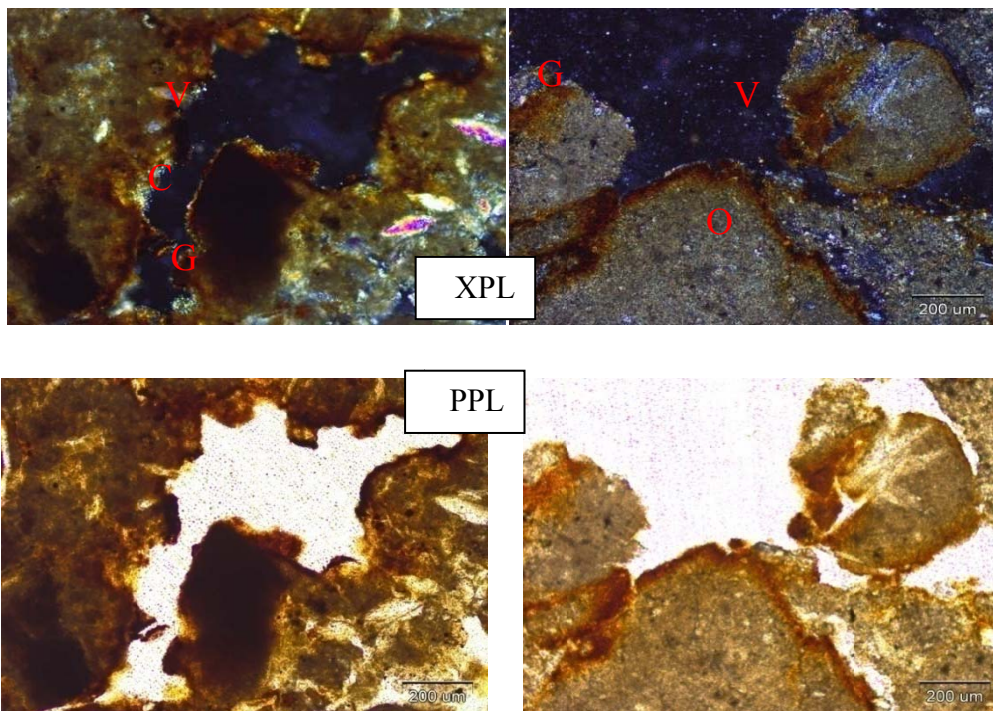
شکل ۳. نفوذ غلظت زیادی از مواد نفتی به درون خاک و تغییر در ساختمان خاک، ج) خاکرخ شماره ۶ و د) درز و شکاف‌های عمیق در خاک به دلیل خروج حرارت مواد نفتی و انقباض این خاک‌ها و در برخی موارد بخاطر وجود خاصیت ورتیک در خاک

سمت پایین خاکرخ حرکت می‌کنند و اگر هم بتوانند به قسمت‌های درون بروند امکان اینکه به درون حفرات ریزخاکدانه‌ها نفوذ کنند کمتر است و بیشتر به صورت پوششی

ترکیبات سبک و با ویسکوزیته کمتر، دارای تحرک بیشتری هستند و توان ورود به فضاهای درونی خاک و خاکدانه‌ها را دارند ولی ترکیبات سنگین یکی اینکه در طول خاکرخ، کمتر به



شکل ۵. دیفراکتوگرام‌های X-Ray مربوط به خاک‌رخ آلوده به نفت شماره ۴ (عمق ۲۸-۴۳ سانتی‌متری) - (پیک‌ها برحسب انگستروم) (الف) رس خالص‌سازی شده و (ب) نمونه‌های پودری

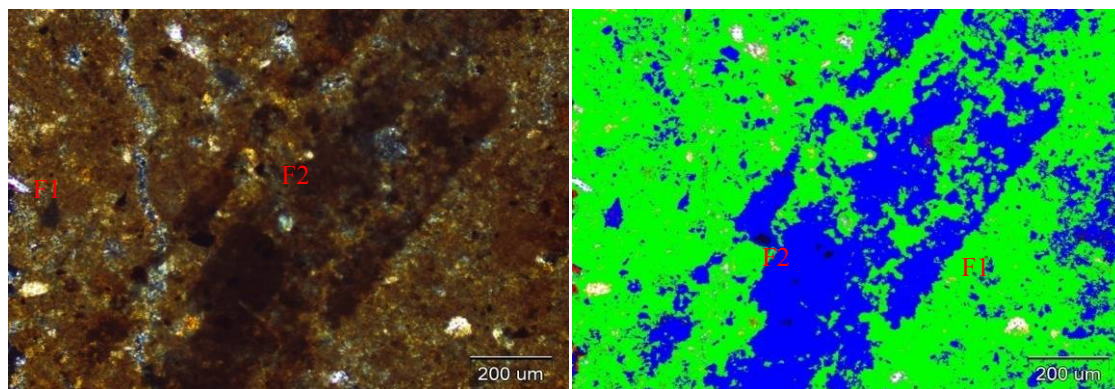


شکل ۶. (O) نفت در حالت XPL و PPL در خاک‌رخ ۴ عمق ۱۰-۲۰ سانتی‌متری

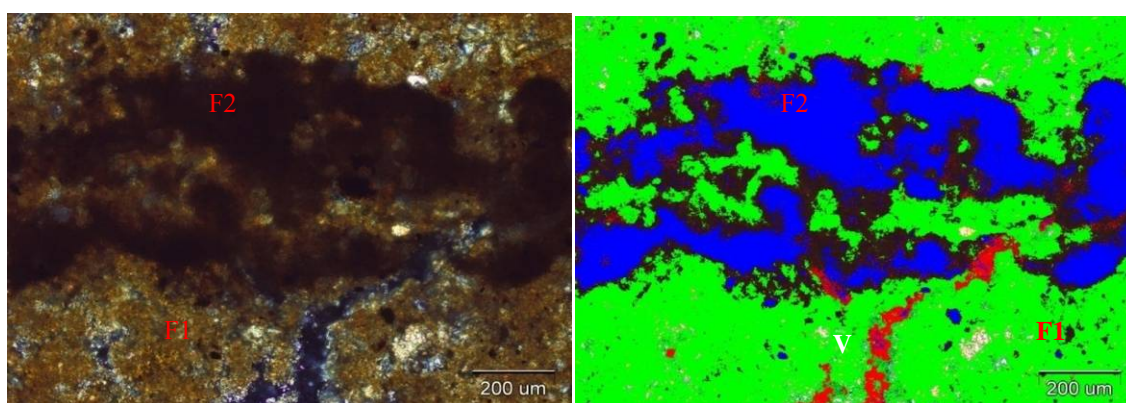
به صورت پوشش (C) در اطراف حفرات (V) و خاکدانه‌ها (G)

کانی رسی نفوذ کند (۲۴) و مطالعات میکرومورفولوژیکی راه بهتری برای مشاهده ورود نفت به صورت‌های مختلف در خاک می‌باشد. با توجه به شکل ۶، نفت (O) پس از ورود به خاک

روی سطح خاکدانه‌ها را احاطه می‌کنند (۳۷). پس می‌توان گفت نفتی که در آنالیزهای کانی‌شناسی بحث می‌شود، بخش سیال و سبک نفت می‌باشد که قادر است به فضای بین لایه‌ای



شکل ۷. تعیین درصد نفت در خاکرخ ۳ عمق ۱۰-۲۰ سانتی متر (نفت با رنگ روشن F۱ و رنگ تیره F۲)



شکل ۸. تعیین درصد نفت در خاکرخ ۳ عمق ۱۰-۲۰ سانتی متر (نفت با رنگ روشن F۱ و رنگ تیره F۲)

گرفتن در ابتدای کلید رده بندی WRB توجه کلیه بهره برداران خاک را به اهمیت خود جلب می کنند. تکنوسولها متأثر از مواد صنعتی و مصنوع انسان هستند که در مدت زمان نسبتاً کوتاهی ممکن است تشکیل شوند ولی دامنه وسیعی از آلاینده ها و محدودیتها را برای خاک به وجود می آورند. مقایسه دو سیستم رده بندی امریکایی و جهانی نشان می دهد که اهمیت این خاکها در رده بندی جهانی تا چه حد برجسته شده است تا بتواند در سیاست گذاری های بهره برداری از اراضی و کنترل آلودگی محیط زیست مدنظر قرار بگیرد. نتایج این تحقیق مشخص نمود که آلاینده های نفتی بر بسیاری از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، کانی شناسی و میکرومورفولوژیکی خاک اثرات شگرفی بر جای گذاشته و مسیر تحول و تکامل آنها را تغییر داده است. از جمله این خصوصیات می توان به تغییرات در دانه بندی و تخلخل خاک، pH و غلظت آنیون ها و کاتیون ها

بیشتر به صورت پوشش (Coating) (C) در اطراف ذرات و خاکدانه های گرانولار (G) قابل مشاهده است. با استفاده از تصاویر میکرومورفولوژی تخمینی از درصد نفت در خاکرخ ۳ عمق ۱۰-۲۰ سانتی متر محاسبه گردید. در شکل ۷ و ۸، نفت با رنگ روشن که با ماتریکس خاک کاملاً آغشته شده است (فاز ۱ با علامت F۱) با رنگ سبز و نفت با رنگ تیره (فاز ۲ با علامت F۲) با رنگ آبی نشان داده شده است و متوسط آنها به عنوان درصد نفت ورودی به خاک در نظر گرفته شده است.

نتیجه گیری

خاک های آلوده به نفت بخشی از خاک های تکنوسول می باشند که به واسطه اهمیت زیست محیطی آنها در سال های اخیر به صورت یک گروه مرجع مهم و مجزا شناخته شده اند و با قرار

بهره‌برداری از این خاک‌ها را غیرممکن می‌سازد. لذا توصیه می‌شود در این زمینه تحقیقات وسیع‌تر انجام و تدابیر بیشتری اندیشیده شود.

و همچنین ساختمان میکروسکوپی، انباشت لکه‌های نفتی در متن خاک، تشکیل پوشش‌ها و مناطق تخلیه شده از مواد آلی و غیره و همچنین رفتار انبساطی کانی‌های رسی اشاره نمود. در نظر نگرفتن این تغییر و تحولات در خصوصیات خاک

منابع مورد استفاده

- محمودی، ش. ۱۳۶۲. اندازه‌گیری گچ در خاک با روش رزین هیدروژنه و مقایسه آن با روش استون. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۱۴، شماره ۱، ۳، ۲ و ۴.
- Alford, E. R., E. A. H. Pilon-Smits and M. W. Paschke. 2010. Metallophytes-a review from the rhizosphere. *Plant and Soil* 337: 33-50.
- Anne-Laure, B., M. Guillaume, B. Beatrice, B. Daniel and D. Cecile. 2009. Study of the aggregation of the surface layer of technosols from stormwater infiltration basins using grain size analyses with laser diffractometry. *Geoderma* 153: 163-171.
- Asensio, V., F. A. Vega, M. L. Andrade and E. F. Covelo. 2013. Technosols made of wastes to improve physico-chemical characteristics of a copper mine soil. *Pedosphere* 23(1): 1-9.
- Banat, K. M., F. M. Howari and A. A. Al-Hamid. 2005. Heavy metals in urban soils of central Jordan: should we worry about their environmental risks? *Environmental Research* 97: 258-273.
- Batty, L., D. Hooley and P. Younger. 2008. Iron and manganese removal in wetland treatment systems: rates, processes and implications for management. *Sci. Total Environ.* 394: 1-8.
- Bower, C. A., P. F. ReiteMeier and M. Fireman. 1952. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. *Soil Sci.* 73: 251-261.
- Decarreau, A. 1990. Les poudres: techniques expérimentales et interprétation des diagrammes-facteurs déterminant le mode d'empilement. PP. 209-236. *In: structure, propriétés et applications. Société française de minéralogie et cristallographie, Groupe Français des Argiles.*
- Fendorf, S. E., M. J. Eick, P. R. Grossl and D. L. Sparks. 1997. Arsenate and chromate retention mechanisms on goethite 1. Surface structure. *Environ. Sci. Tech.* 31:315-320.
- Gee, G. W., J. W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. PP. 383-411. *In: Methods of soil analysis. Part 1 Physical and mineralogical methods, Klute A., E. d. Chap. 15. American soc of agro. Soil Sci. Soc. American.*
- Gitipour, S., G. h. Nabi and M. A. Gorji. 2004. Soils contaminated by leaking petroleum compounds in south of tehran refinery. *J. Ecolo.* 34: 39-45.
- Grossman, H., A. Reinsch. 2002. Clod method. *In: Carter., M.R., E.G. Gregorich. Soil sampling and methods of analysis second edition.*
- Heidari, A., P. Asadi. 2014. Characteristics of some technosols developed on oil refinery waste materials. The 20th WCSS, Environmental management of post-epidemic carcass burial sites. C4.1-2. 8-13 June, Korea.
- Heidarzadeh, N., S. Gitipour and M. A. Abdoli. 2009. Statistical sampling and sludge characterization at tehran oil refinery. *Res. J. Chem. Environ.* 13(4).
- Hesse, P. R. 1976. Particle size distribution in gypsic soils. *Plant and Soil.* 44: 241-247.
- Imperato, M., P. Adamo, D. Naimo, M. Arienzo, D. Stanzione and P. Violante. 2003. Spatial distribution of heavy metals in urban soils of naples city (Italy). *Environ Pollution.* 124: 247-256.
- Leifeld, J., I. Kogel-Knabner. 2001. Organic carbon and nitrogen in fine soil fractions after treatment with hydrogen peroxide. *Soil Biol. Biochem.* 33: 2155-2158.
- Laurent, F., A. Cebron, C. Schwartz and C. Leyval. 2012. Oxidation of a pah polluted soil using modified fenton reaction in unsaturated condition affects biological and physico-chemical properties. *Chemosphere* 86: 659-664.
- Mckeague, D. 1967. Sodium pyrophosphate method, *In: Courchesne. F., M.C. Turmel. Soil sampling and methods of analysis, second edition, Chapter 26, Extractable al, fe, mn, and si, University of montreal. Quebec, Canada.*
- Mckeague, A., R. day. 1966. Acid ammonium oxalate method (in the dark) *In: Courchesne. F., M.C. Turmel. Soil sampling and methods of analysis, second edition, Chapter 26, extractable al, fe, mn, and si, University of Montreal, Quebec, Canada.*
- Mikutta, R., M. Kleber., K. Kaiser and R. Jahn. 2005. Review: organic matter removal from soils using hydrogen peroxide sodium hypochlorite and disodium peroxodisulfate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 120-135.

22. Monserie, M. F., F. Watteau, G. Villemin, S. Ouvrard, and J. L Morel. 2009. Technosol genesis: identification of organo-mineral associations in a young technosol derived from coking plant waste materials. *J. Soil. Sediment* 9: 537-546.
23. Rossiter, D. G. 2007. Classification of urban and industrial soils in the world reference base for soil resources. *J. Soil and Sediments* 7: 96-100.
24. Pan, C., J. Yang. 2000. Geochemical characteristics and implications of hydrocarbons in reservoir rocks of junggar basin, China. *Chemical Geology*. 167: 321-335.
25. Pansu, M., J. Gautheyrou and J. Y. Loyer. 2001. Soil analysis-sampling, instrumentation and quality control, Balkema publishers, Lisse, Abington, Exton, Tokyo, 512 p.
26. Pansu, M., G. Jacques. 2006. Handbook of soil analysis mineralogical, organic and inorganic methods.
27. Puskás, I., I. Prazsák, A. Farsang, P. Maróy. 2008. Physical, chemical and biological aspects of human impacts on urban soils of szeged. *J. Environ. Geography* 1: 11-21.
28. Richards, B. K., T. S. Steenhuis, J. H. Peverlyb and M. B. McBride. 1998. Metal mobility at an old, heavily loaded sludge application site. *Environ Pollut.* 99:365-377.
29. Sarkar, D., A. Haldar. 2000. Organic carbon *In: Physical and chemical method in soil analysis.*
30. Schoenberger, P. J., D. A. Wysocki and E. C Benham. Soil survey staff. 2012. Field book for describing and sampling soils, Version 3.0 NRCS., National Soil Survey Center, Lincoln, N, E.
31. Sere, G., C. Schwartz, S. Ouvrard, C. Sauvage, J. C. Renat and J. Morel. 2008. Soil construction: a step for ecological reclamation of derelict lands. *J. Soil.Sediment.* 8: 130-136.
32. Sirguy, C., E. S. De, P. T. Silva, C. Schwartz, M. O. Simonnot. 2008. Impact of chemical oxidation on soil quality. *Chemosphere* 72: 282-289.
33. Soil Conservation Service, u. s. Department of Agriculture .1972. Dithionite-citrate method *In: Soil sampling and methods of analysis*, second edition, Chapter 26, Extractable Al, Fe, Mn and Si, Courchesne F., M. C. Turmel University of Montreal.Montreal, Quebec, Canada.
34. Sparks, D. L. 1996. Method of soil analysis. Part 3. Chemical methods. American Society of Agronomy.
35. Stoops, G. 2003. Guidelines for the analysis and description of soil and regolith thin sections. SSSA, Madison, WI.
36. United States Department of Agriculture, NRCS. 2010. Keys to Soil Taxonomy by Soil Survey Staff. Eleventh Edition.
37. Wilhelms, A., I. Horstad, D. Karlsen. 1996. Sequential extraction-a useful tool for reservoir geochemistry? *Organic Geochemistry* 24: 1157-1172.
38. World Reference Base for Soil Resources. 2007. ISBN: 92-5-105511-4. A framework for international classification, correlation and communication, Rome, Italy.