بررسی رابطه‌ی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با پذیرفتاری مغناطیسی در دو واحد ژئومورفولوژی مختلف در رفسنجان

ندا فکور[۱]، عیسی اسفندیارپور[۲]، علیرضا کریمی[۳]، علی‌اصغر بسالت‌پور[۴]

۱و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، ۳- دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد و ۴- استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

چکیده

به منظور بررسی رابطه‌ی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک با پذیرفتاری مغناطیسی، ۵۰ نمونه‌ی خاک سطحی (۱۰-۰ سانتی‌متر) از واحد دشت ریگی و ۴۳ نمونه از واحد پهنه‌ی رسی براساس الگوی نمونه‌برداری شبکه‌ای منظم در منطقه‌ی داوران رفسنجان جمع‌آوری شد. دامنه‌ی تغییرات پذیرفتاری مغناطیسی در این خاک‌ها از $۲۳۶/۴\times۱۰^{-۸}$ تا $۱۳۵۶/۸\times۱۰^{-۸}$ مترمکعب بر کیلوگرم متغیر بود که نسبت به خاک‌های معمول در ایران، بسیار بیشتر بود. بالا بودن مقدار پذیرفتاری مغناطیسی و زیاد بودن درصد شن در خاک‌های مورد مطالعه حکایت از آن داشت که عامل اصلی ایجاد پذیرفتاری مغناطیسی در ذرات شن نهفته است و به همین دلیل، تحت تأثیر کانی‌های مغناطیسی موجود در مواد مادری است. هرچند رابطه‌ی بین پذیرفتاری مغناطیسی با ساختمان خاک، منفی بوده است و لیکن این ارتباط تنها در پهنه‌ی رسی معنی‌دار بود که دلیل احتمالی آن به‌صورت غیرمستقیم به‌دلیل وجود شن زیاد بادرفتی است که از یک سو، بیشترین میزان پذیرفتاری مغناطیسی را دارد و از سوی دیگر، باعث ناپایداری ساختمان خاک می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اکسیدهای آهن، رسوبات بادرفتی، مناطق خشک، مواد دیامغناطیس.

مقدمه

پذیرفتاری مغناطیسی[۱]، شاخصی از درجه‌ی مغناطیسه‌شدن یک جسم در حضور یک میدان مغناطیسی خارجی است. به‌طور کلی، رفتارهای مغناطیسی در اجسام به پنج گروه تقسیم می‌شوند که برحسب میزان پذیرفتاری مغناطیسی و به ترتیب نزولی شامل مواد فرومغناطیس (مانند آهن خالص با حداکثر میزان پذیرفتاری مغناطیسی)، فری‌مغناطیس (مانند مگنتیت و مگهمیت)، کنت آنتی‌فرومغناطیس (مانند هماتیت و گئوتیت)، پارامغناطیس (مانند لیپدوکروسیت) و دیامغناطیس (مانند کوارتز، گچ، کربنات‌ها و ماده‌ی آلی با حداقل پذیرفتاری مغناطیسی) می‌باشند (Mullins, 1977). اندازه‌گیری پذیرفتاری مغناطیسی در مطالعات مختلف خاک‌شناسی، از جمله تشخیص تغییرات در فرایندهای خاک‌سازی، مطالعه‌ی اثرات مواد مادری، درک فرایندهای رسوب‌گذاری، مطالعه‌ی شرایط زهکشی خاک، بررسی آلودگی خاک‌ها، بازسازی تغییرات آب و هوایی از طریق بررسی خاک‌های قدیمی و حتی مرزبندی نقشه‌های خاک استفاده شده است (اولیایی و نجفی قیری، ۱۳۹۳).

عامل اصلی پذیرفتاری مغناطیسی خاک‌ها، آهن و ترکیبات حاوی آهن است و میزان آهن در بیشتر خاک‌ها، ۴۰ برابر مجموع عناصر مغناطیسی دیگر است. در واقع، منشأ اصلی پذیرفتاری مغناطیسی خاک‌ها ذرات مگنتیت (در اندازه‌ی شن ریز) و ذرات مگهمیت (در اندازه‌ی رس) است. البته این ویژگی می‌تواند به‌واسطه‌ی فرآیندهای جابه‌جایی و بیوژئوشیمیایی در افق‌های خاک کم و زیاد شود. بایکو و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که وجود مواد دیامغناطیس (مانند کربنات کلسیم و مواد آلی) می‌تواند باعث کاهش غلظت کانی‌های فری‌مغناطیس و درنتیجه کاهش میزان پذیرفتاری مغناطیسی خاک شوند. گچ و کربنات‌ها به نسبت سهمی که از خاک اشغال می‌کنند باعث کاهش پذیرفتاری مغناطیسی می‌شوند و تأثیر عوامل ایجادکننده

[1] Magnetic susceptibility

یا تغییردهنده‌ی پذیرفتاری مغناطیسی را می‌پوشانند. به‌طور کلی، با اضافه شدن مواد دیامغناطیسی، فرایندهای احیایی (Vodyanitskil *et al*., 2007) و تجزیه شدن اکسیدهای آهن در خلال هوادیدگی (Lu *et al*., 2008) می‌توانند باعث کاهش پذیرفتاری مغناطیسی با تکامل خاک شوند. واکا و همکاران (۲۰۰۰) بیان نمودند که ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و مغناطیسی خاک در اثر تبدیل منابع طبیعی به زمین‌های کشاورزی برای تشخیص تغییرات اولیه در کیفیت خاک، بسیار مهم است.

هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی رابطه‌ی برخی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با پذیرفتاری مغناطیسی در دو واحد ژئوموفیک دشت ریگی و پهنه‌ی رسی پوشیده با رسوبات شنی بادرفتی در دشت داوران منطقه‌ی رفسنجان است.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی رفسنجان با میانگین درجه‌ی حرارت ۱۸/۹ درجه‌ی سلسیوس و بارش سالانه‌ی ۶۹/۶ میلی‌متر در یک دوره‌ی آماری ۲۵ ساله (۱۳۶۹ تا ۱۳۹۴) به‌عنوان یکی از مناطق خشک کشور محسوب می‌شود. بخشی از اراضی دو واحد ژئومورفیک دشت ریگی و پهنه‌ی رسی پوشیده با رسوبات شنی بادرفتی در دشت داوران رفسنجان با مساحتی حدود ۲۰۰۰ هکتار برای این پژوهش انتخاب شد. پس از تعیین محدوده‌ی هر واحد با استفاده از تصاویر گوگل ارث، موقعیت ۹۳ نقطه‌ی مشاهداتی در قالب یک الگوی شبکه‌ای منظم در این واحدها (۵۰ نمونه در دشت ریگی و ۴۳ نمونه در پهنه‌ی رسی پوشیده با رسوبات شنی بادرفتی) تعیین شد و مختصات جغرافیایی آن‌ها به‌دست آمد. ابتدا موقعیت هر یک از نقاط مشاهداتی با استفاده از سامانه‌ی موقعیت‌یاب جهانی[۲] در ژئوفرم‌های مورد مطالعه مشخص شد. سپس، از خاک سطحی (عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری) هر نقطه‌ی مشاهداتی با استفاده از بیلچه، نمونه‌برداری صورت گرفت؛ بدین‌گونه که برای انجام تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، پس از تعیین موقعیت هر نقطه، از چهار نقطه در اطراف آن به شعاع تقریبی یک متر از مرکز آن نقطه، نمونه‌ها جمع‌آوری شدند. در ادامه، همه‌ی نمونه‌ها با هم مخلوط شدند و یک نمونه‌ی خاک مرکب از هر نقطه تهیه شد و به آزمایشگاه منتقل گردید.

پس از هواخشک کردن نمونه‌های مرکب خاک و عبور آن‌ها از الک دو میلی‌متری، بافت خاک به روش هیدرومتری، ماده‌ی آلی (OM) به روش واکلی و بلاک، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع (EC) با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج مدل Ecomet و کربنات کلسیم معادل (CCE) به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک اندازه‌گیری شدند (Soil Survey Staff, 2014). اندازه‌گیری پذیرفتاری مغناطیسی نمونه‌های خاک، به‌وسیله‌ی دستگاه مغناطیس‌سنج بارتینگتُن[۳] مدل MS2 موجود در آزمایشگاه خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. برای این منظور، حدود ۱۰ گرم از خاک هواخشک دو میلی‌متر را درون یک ظرف پلاستیکی کوچک با قطر ۲/۲ سانتی‌متر ریخته تا ارتفاع آن به حدود ۲ سانتی‌متر برسد. ظرف مزبور را داخل دستگاه مغناطیس‌سنج قرار داده و مقدار پذیرفتاری مغناطیسی هر نمونه در دو فرکانس ۰/۴۶ (Xlf) و ۴/۶ (Xhf) کیلوهرتز قرائت شد. هم‌چنین، قرائت‌های شاهد بر روی ظروف خالی، در ابتدا و انتهای قرائت نمونه‌های خاک، برای تصحیح اثرات احتمالی ظرف بر میزان پذیرفتاری مغناطیسی انجام گرفت. سپس درصد پذیرفتاری مغناطیسی وابسته به فرکانس (%Fd) از طریق معادله‌ی زیر محاسبه شد:

$$\%Fd = \frac{Xhf _ Xlf}{Xlf} * ۱۰۰ \qquad (۱)$$

که Xlf و Xhf به‌ترتیب بیانگر پذیرفتاری مغناطیسی جرمی نمونه‌های خاک در فرکانس‌های پایین و بالای دستگاه، برحسب مترمکعب بر کیلوگرم می‌باشند.

[2] Global Positioning System; GPS
[3] Bartington MS2 MATER

هم‌چنین، برای اندازه‌گیری پایداری خاکدانه‌ها از میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) به روش الک خشک استفاده شد. پس از تصحیح شن، برای محاسبه‌ی میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) از رابطه‌ی زیر استفاده شد:

$$MWD = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i w_i}{w_t} \quad (۲)$$

که در این رابطه، X_i قطر خاکدانه‌های باقی‌مانده روی هر الک برحسب میلی‌متر، W_i وزن خشک خاکدانه‌های روی هر الک برحسب گرم و W_t وزن کل نمونه‌ی خاک برحسب گرم است.

در نهایت، به‌منظور بررسی رابطه‌ی بین ویژگی‌های مطالعه‌شده با پذیرفتاری مغناطیسی خاک در واحدهای مختلف، از ضریب همبستگی پیرسون در نرم‌افزار SPSS استفاده شده است.

نتایج

جدول ۱ بیانگر خلاصه‌ی آماری برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مطالعاتی است. یکی از شیوه‌های بررسی تغییرپذیری این ویژگی‌ها، محاسبه‌ی ضریب تغییرپذیری است. وای و همکاران (۲۰۰۸) اظهار داشتند که تغییرات کم‌تر از ۱۰ درصد، دلالت بر تغییرپذیری پایین خصوصیت مورد نظر و تغییرات بیش‌تر از ۹۰ درصد، حاکی از تغییرپذیری بالای آن خصوصیت است. بر این اساس، ویژگی‌های میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) و کربنات کلسیم معادل (CCE) در واحد دشت ریگی و اجزای بافت خاک، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) و پذیرفتاری مغناطیسی وابسته به فرکانس (Xfd) در واحد پهنه‌ی رسی پوشیده با رسوبات شنی، از تغییرپذیری کم در منطقه برخوردار بودند. این در حالی است که سایر ویژگی‌های مطالعاتی، دارای تغییرپذیری متوسط بودند (جدول ۱).

بر اساس اطلاعات جدول ۱، مقادیر بالای پذیرفتاری مغناطیسی (دامنه‌ی تغییرات $۲۳۶/۴\times۱۰^{-۸}$ تا $۱۳۵۶/۸\times۱۰^{-۸}$ مترمکعب بر کیلوگرم در پهنه‌ی رسی پوشیده با رسوبات شنی و دامنه‌ی تغییرات $۵۵۸/۰\times۱۰^{-۸}$ تا $۱۳۲۴/۲\times۱۰^{-۸}$ مترمکعب بر کیلوگرم در دشت ریگی) نشان می‌دهد که مواد مغناطیسی در خاک‌های مطالعاتی هر دو واحد ژئومورفیک زیاد است. با توجه به اینکه نمونه‌ها از خاک سطحی (عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری) برداشت شده‌اند و فرایندهای خاکساز در آنها اتفاق نیفتاده است؛ این پذیرفتاری مغناطیسی زیاد، نشان‌دهنده‌ی طبیعت مواد مادری است. به‌عبارت دیگر، پذیرفتاری مغناطیسی موجود، بستگی به ترکیب مواد مادری منطقه دارد. لازم به ذکر است که مواد مادری خاک‌های منطقه شامل رسوبات کواترنری است که به‌صورت رسوبات بادرفتی و آبرفتی می‌باشند و از ارتفاعات با سنگ‌های مختلف (مانند مارن، شیل، کنگلومرا، گرانیت، ماسه‌سنگ، کوارتزیت و سنگ‌آهک) منشأ می‌گیرند. بررسی مواد مادری این دو واحد مطالعاتی نشان داد که این دو واحد، سرشار از کانی مگنتیت هستند (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). هم‌چنین، نتایج جدول ۱ بیانگر آن است که مقدار پذیرفتاری وابسته به فرکانس، خیلی کم است. این کم بودن نشان می‌دهد که ذرات مغناطیسی خاک‌های مطالعاتی در اندازه‌ی بزرگ هستند و در بخش شن تجمع پیدا کرده‌اند.

دیرینگ (۱۹۹۹) اظهار می‌دارد که خاک‌هایی با پذیرفتاری مغناطیسی وابسته به فرکانس کمتر از ۵ درصد، فاقد مواد سوپر پارامغناطیس هستند و خاصیت مغناطیسی آن‌ها مربوط به ذرات درشت است. یانگ و همکاران (۲۰۰۹) نیز بیان داشتند زمانی که اندازه‌ی کانی‌های مغناطیسی خاک (مانند مگنتیت) در حد و اندازه‌ی شن باشد، نشان‌دهنده‌ی آن است که از ماده‌ی مادری به ارث رسیده‌اند و در نتیجه پذیرفتاری مغناطیسی با درصد شن، همبستگی بالایی پیدا می‌کند. نتایج حاصل از بررسی همبستگی خطی بین پذیرفتاری مغناطیسی با ویژگی‌های فیزیکی خاک در جدول ۲ نیز نشانگر وجود رابطه‌ی مثبت معنی‌دار بین پذیرفتاری مغناطیسی و درصد شن موجود در واحد ژئومورفیک پهنه‌ی رسی پوشیده با رسوبات شنی است.

جدول ۱- توصیف آماری ویژگی‌های مطالعه‌شده در ژئوفرم‌های مختلف

ژئوفرم	متغیر[۱]	واحد	میانگین	میانه	واریانس	حداقل	حداکثر	CV (%)	چولگی	P-value[۲]
دشت ریگی	C	%	۸/۶	۹/۰	۲۱/۱۴	۱/۰	۱۶/۴	۵۳/۲	-۰/۰۴۲	۰/۰۹۰
	Si	%	۲۴/۲	۲۵/۴	۵۰/۵۲	۹/۴	۳۹/۴	۲۹/۴	-۰/۲۱۵	۰/۰۳۱*
	S	%	۶۷/۲	۶۲/۸	۸۴/۴۲	۵۶/۸	۸۶/۸	۱۳/۷	۰/۹۶۰	۰/۰۰۰*
	MWD	mm	۱/۷۱	۱/۷۷	۰/۰۳	۱/۲۰	۱/۹۲	۹/۴	-۱/۲۷۷	۰/۰۰۰*
	OM	%	۰/۳	۰/۲۷	۰/۰۱	۰/۱۷	۰/۶۸	۲۳/۷	۳/۲۳۰	۰/۰۰۰*
	EC	$dS\ m^{-1}$	۱۳/۲۴	۹/۵۱	۱۳۷/۲۹	۱/۵۱	۵۲/۳۲	۸۸/۵	۱/۲۱۳	۰/۰۰۳*
	CCE	%	۲۵/۲	۲۵/۱	۳/۸۷	۱۷/۵	۲۹/۵	۷/۸	-۰/۶۳۱	۰/۰۰۰*
	Xfd	%	۰/۳۹	۰/۴۳	۰/۰۲	۰/۱۰	۰/۶۵	۳۱/۷	-۰/۴۴۴	۰/۰۱۲*
	Xlf	$*10^{-8}\ m^3\ kg^{-1}$	۸۴۲/۵۳	۷۵۸/۲۵	۴۰۹۵۲/۹۰	۵۵۸	۱۳۲۴/۲	۲۴/۰	۰/۸۹۶	۰/۰۰۰*
پهنه‌ی رسی	C	%	۳/۷	۳/۰	۹/۳	۱/۰	۱۱/۰	۱/۳	۰/۸۵۹	۰/۰۰۰*
	Si	%	۲۶/۷	۲۶/۲	۲۰۸/۱	۴/۲	۵۶/۲	۳/۹	۰/۱۴۱	۰/۰۴۸*
	S	%	۶۹/۶	۶۸/۸	۲۳۰/۲	۳۸/۸	۹۴/۸	۱/۷	۰/۰۰۰	۰/۲۰۰
	MWD	mm	۱/۴۹	۱/۵۸	۰/۰۸	۰/۵۴	۱/۸۰	۰/۰۳	-۰/۹۸۵	۰/۰۳۰*
	OM	%	۰/۲۹	۰/۲۳	۰/۰۲۳	۰/۱۸	۲/۷۷	۵۱/۱۷	۱/۹۳۱	۰/۰۰۰*
	EC	$dS\ m^{-1}$	۲۰/۸۷	۱۹/۹۵	۲۹۳/۰۲	۰/۵۰	۵۵/۵	۸۱/۹	۰/۳۳۱	۰/۰۰۲*
	CCE	%	۲۴/۰۳	۲۴/۷۵	۲۹/۴۶	۱۶/۷۵	۴۲	۲۲/۵۹	۰/۸۱۰	۰/۱۷۹
	Xfd	%	۰/۵۳	۰/۴۹	۰/۰۷	۰/۰۸	۱/۲۰	۰/۰۷	۰/۶۶۳	۰/۲۰۰
	Xlf	$*10^{-8}\ m^3\ kg^{-1}$	۶۳۲/۱۳	۵۷۴/۷۰	۷۶۴۱۱/۹۴	۲۳۶/۴۰	۱۳۵۶/۸۰	۶۰/۴۴	۰/۷۰۱	۰/۲۰۰

۱: C: رس، Si: سیلت، S: شن، MWD: میانگین وزنی قطر خاکدانه، OM: ماده‌ی آلی، EC: قابلیت هدایت الکتریکی، CCE: کربنات کلسیم معادل (آهک)، Xfd: پذیرفتاری مغناطیسی وابسته به فرکانس، Xlf: پذیرفتاری مغناطیسی در فرکانس پایین.

۲: اعداد مربوطه، بیانگر نتایج آزمون کولموگروف- اسمیرنوف می‌باشند و علامت * نشانگر معنی‌دار بودن نتایج در سطح اطمینان ۹۵ درصد است.

جدول ۲- نتایج همبستگی خطی بین ویژگی‌های فیزیکی خاک‌های مطالعاتی با پذیرفتاری مغناطیسی در دو واحد ژئومورفیک

ویژگی مغناطیسی	نام واحد	C	Si	S	MWD
Xfd	دشت ریگی	۰/۱۴۸	-۰/۱۰۵	۰/۰۰۷	۰/۲۶۴
	پهنه‌ی رسی	۰/۰۷۳	۰/۴۵۲**	۰/۴۷۳**	۰/۱۴۴
Xlf	دشت ریگی	-۰/۲۰۰	-۰/۰۹۰	۰/۱۷۰	-۰/۲۵۹
	پهنه‌ی رسی	۰/۰۱۳	-۰/۴۴۴**	۰/۵۱۵**	-۰/۳۶۵*

علامت‌های * و ** به‌ترتیب بیانگر معنی‌دار بودن در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد است.

نتایج جدول ۲ هم‌چنین بیانگر آن است که ارتباط بین پذیرفتاری مغناطیسی با پایداری ساختمان، منفی شده است که در ژئوفرم پهنه‌ی رسی این ارتباط، معنی‌دار هم شده است. در واقع، این موضوع نشانگر یک ارتباط ثانوی است؛ به این معنی که رسوبات بادرفتی با شن زیاد در سطح پهنه‌ی رسی قرار گرفته‌اند که این شن‌های زیاد و بادرفتی باعث ضعیف شدن ساختمان خاک شده‌اند. از طرفی، به این دلیل که در این ذرات شنی، ذرات مغناطیسی هم زیاد است، با افزایش شن، مقدار پذیرفتاری مغناطیسی این واحد بیشتر شده است (جدول ۱). در کل، همبستگی منفی پذیرفتاری مغناطیسی با ساختمان خاک‌های مطالعه‌شده، ارتباطی به خود پذیرفتاری ندارد، بلکه به‌دلیل شن زیاد موجود در واحدهای ژئومورفیک مطالعاتی است که اتفاقاً از پذیرفتاری مغناطیسی بالایی نیز برخوردار هستند (جدول ۱). بر طبق داده‌های جدول ۲، پذیرفتاری مغناطیسی در فرکانس

پایین (X_{lf}) در بین اجزای خاک (رس، شن، سیلت) بیشترین همبستگی را با مقدار شن دارد که این نیز مؤید این موضوع است که بیشترین پذیرفتاری مغناطیسی در بین اجزای شن است.

جدول ۳ نتایج حاصل از بررسی همبستگی خطی بین پذیرفتاری مغناطیسی با ویژگی‌های شیمیایی خاک را نشان می‌دهد. مواد دیامغناطیس مانند گچ، کربنات‌ها و ماده‌ی آلی، مقدار پذیرفتاری مغناطیسی را کاهش می‌دهند. در بین مواد دیامغناطیس، گچ و کربنات‌ها به‌دلیل تحرکی که در خاک دارند در جریان فرآیندهای خاک‌سازی، باعث کاهش تأثیر مواد مغناطیسی می‌شوند و اثر فرایندهایی که سبب تغییر پذیرفتاری مغناطیسی می‌شوند را کم‌رنگ می‌کنند (Orgeira *et al.*, 2011). طبق نتایج جدول ۳ همبستگی بین قابلیت هدایت الکتریکی و کربنات کلسیم معادل با پذیرفتاری مغناطیسی وابسته به فرکانس در دشت ریگی، منفی است اما برخلاف انتظار، این ارتباط در واحد پهنه‌ی رسی، از نوع مثبت و معنی‌دار می‌باشد. دلیل احتمالی این موضوع را می‌توان به وجود فرسایش لکه‌ای در این واحد نسبت داد. هم‌چنین، همبستگی بین ماده‌ی آلی و X_{lf} در دشت ریگی و پهنه‌ی رسی به ترتیب ۰/۱۳۲- و ۰/۰۲۵- است. در واقع، ماده‌ی آلی با ایجاد کمپلکس، مانع تشکیل کانی‌های فری‌مغناطیسی در خاک می‌شود (Orgeira *et al.*, 2011). لذا می‌توان اظهار داشت که پذیرفتاری مغناطیسی در این منطقه با مواد دیامغناطیس، رابطه‌ای عکس دارد و وجود رابطه‌ی منفی بین پذیرفتاری مغناطیسی و ساختمان خاک (جدول ۲)، تنها و تنها به‌دلیل وجود شن زیاد حاصل از بادرفت در این واحد است و با خصوصیت پذیرفتاری مغناطیسی، هیچ‌گونه منافاتی ندارد.

جدول ۳- نتایج همبستگی خطی بین ویژگی‌های شیمیایی خاک‌های مطالعاتی با پذیرفتاری مغناطیسی در دو واحد ژئومورفیک

ویژگی مغناطیسی	نام واحد	EC	OM	CCE	Xhf	Xlf	Xfd
X_{fd}	دشت ریگی	۰/۰۵۲-	۰/۰۳۵	۰/۰۲۱-	۰/۱۸۲-	۰/۱۷۹-	۱
	پهنه‌ی رسی	۰/۳۲۶*	۰/۲۰۷-	۰/۳۰۸*	۰/۵۳۶**	۰/۵۳۵**	۱
X_{lf}	دشت ریگی	۰/۰۷۷	۰/۱۳۲-	۰/۰۱۸-	۱/۰۰**	۱	۰/۱۷۹-
	پهنه‌ی رسی	۰/۲۷۲-	۰/۰۲۵-	۰/۳۰۳*	۰/۵۳۶**	۱	۰/۰۶-

علامت‌های * و ** به‌ترتیب بیانگر معنی‌دار بودن در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد است.

منابع

اولیایی، ح. ر.، نجفی قیری، م. ۱۳۹۳. مطالعه‌ی اثر پستی‌و بلندی و کاربری اراضی بر پذیرفتاری مغناطیسی خاک (مطالعه‌ی موردی دشت مادوان، استان کهگیلویه و بویر احمد). مجله‌ی به‌علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب‌وخاک. جلد هجدهم. شماره‌ی ۷۰، صفحه‌های ۱۵۹ تا ۱۶۹.

Boyko, T., Scholger, and R. Stanjek, H. 2004. Topsoil magnetic susceptibility mapping as a tool for pollution monitoring: repeatability of in situ measurements. Journal of Applied Geophysics, 55: 249-259.

Dearing, J. A., 1999. Environmental Magnetic Susceptibility: Using the Bartington MS2 System. Chi Publishing, Keniloworth, England.

Lu, S. G., Xue, Q. F., Zhu, L. and Yu, J. Y. 2008. Mineral magnetic properties of a weathering sequence of Mullins, C. E. 1977. Magnetic susceptibility of the soil and its significance in soil sequence – a review. Soil Science, 28: 223–246.

Mullins, C. E. 1977. Magnetic susceptibility of the soil and its significance in soil sequence – a review. Soil Science, 28: 223–246.

Orgeira, M., Egli, R. and Compagnucci, R. 2011. A Quantitative Model of Magnetic Enhancement in Loessic Soils. Research Gate, 361-398.

Soil Survey Staff. 2014. Soil Survey Field and Laboratory Methods. Manual. Soil Survey Investigations Report No. 51, Version 2.0. R. Burt and Soil.

Vacca, S., Loddo, G., Ollesch, R., Puddu, G., Serra, D. and Tomasi, A. A. 2000. Measurement of runoff and soil erosion in three areas under different land use in Sardinia, Italy. Catena, 40: 69–92.

Vodyanitskkii, Yu. N., Vasilev, A. A. and Gilev, V. YU. 2007. Iron Minerals in soils on Red-Earth Deposit in the Cis-Ural Region. Mineralogy and Micromorphology of Soils, 4: 474-486.

Wei, J. B., Xiao, D. N., Zeng, H. and Fu, Y. K. 2008. Spatial variability of soil properties in relation to land use and topography in a typical small watershed of black soil region, northeastern China. Environmental Geology, 53: 1663-1672.

Yang, P., Mao, R. and Shao, H. 2009. An investigation on magnetic susceptibility of hazardous saline- alkaline soils from the contaminated Hai River Basin, China. Journal of Hazardous Materials, 172: 494-497.

The relationship between soil physical and chemical properties and magnetic susceptibility in two different geomorphological units in Rafsanjan

N. Fakour[1], I. Isfandiarpour[2], A.R. Karimi[3], A.A. Besalatpour[4]

1- MSc Student of Soil Science Department, Vali-e-Asr University of Rafsanjan
2- Associate Professor of Soil Science Department, Vali-e-Asr University of Rafsanjan
3- Associate Professor of Soil Science Department, Ferdowsi University of Mashhad
4- Assistant Professor of Soil Science Department, Vali-e-Asr University of Rafsanjan

Abstract

In order to investigate the relationship between soil physical and chemical properties and magnetic susceptibility, 50 samples of surface soil (0 to 10 cm) from desert pavement unit and 43 samples from clay flat unit covered with sand deposits were collected according to a regular grid sampling pattern in Davaran region, Rafsanjan. The range of magnetic susceptibility variations in these soils varied from $236.4*10^{-8}$ to $1356.8*10^{-8}$ m^3 kg^{-1} that was higher than its content in general soils of Iran. The high amount of magnetic susceptibility and percent of sand in the studied soils suggest that the main factor causing magnetic susceptibility lies in sand particles and for this reason, it is affected by the magnetic minerals found in parent materials. Although the relationship between magnetic susceptibility and soil structure was negative, this relationship was only meaningful in clay flat unit which probably it is indirectly due to the existence of high aeolian sand in this unit that on the one hand, it has the highest magnetic susceptibility and, on the other hand, causes instability of the soil structure.

Keywords: Iron oxides, aeolian sediments, arid regions, diamagnetic materials.