

## ارتباط بین ویژگی‌های خاک و پذیرفتاری مغناطیسی در کاربری‌های مختلف اراضی منطقه

### بردسیر استان کرمان

سحر طاقدیس<sup>۱</sup> - محمد هادی فرپور<sup>۲\*</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۰۷

### چکیده

ویژگی‌های مغناطیسی خاک بازتابی از برهمکنش‌های پیچیده شیمیایی، زمین‌شناسی و زیستی موجود در آن می‌باشد. بنابراین، آگاهی از عوامل موثر بر پذیرفتاری مغناطیسی خاک به درک و تفسیر هرچه بهتر نتایج کمک می‌کند. هدف از انجام این مطالعه، بررسی اثر کاربری‌های مختلف و نوع پوشش گیاهی بر میزان پذیرفتاری مغناطیسی در خاک‌های سطحی و ارتباط بین مقادیر آنها با ویژگی‌های خاک بود. چهار نوع کاربری شامل زراعی، مرتع پوشش دار، مرتع تخریب شده و دیم‌رها شده در منطقه مطالعاتی انتخاب شد که دارای شرایط اقلیمی، توپوگرافی و مواد مادری مشابه و تا حد امکان نزدیک به یکدیگر بودند. در مجموع ۶۰ نمونه مرکب خاک سطحی (۱۵-۰ سانتی‌متر) برداشت گردید. میانگین میزان  $\chi_{f1}$  در نمونه‌های خاک سطحی  $10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$   $695/8$  محاسبه گردید. تجزیه و تحلیل آماری نتایج حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بین میانگین مقادیر  $\chi_{f1}$  در کاربری‌های مختلف بود. مقدار میانگین  $\chi_{f1}$  اندازه‌گیری شده به ترتیب در مرتع با پوشش مناسب، مرتع تخریب شده، دیم رها شده و زراعی کاهش یافت. مقادیر محاسبه شده  $\chi_{f1}$  در محدوده (۱/۷۳-۰/۵۲٪) نشان‌دهنده حضور ذرات چند حوزه‌ای به ارث رسیده از مواد مادری آذرین به عنوان منشاء اصلی پذیرفتاری مغناطیسی در منطقه مطالعاتی بود. تغییرات اکثر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده خاک در کاربری‌های مختلف از لحاظ آماری معنی‌دار گردید. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین داده‌های پذیرفتاری مغناطیسی و درصد شن وجود داشت. در حالی که میان داده‌های پذیرفتاری مغناطیسی، سیلت و کربنات کلسیم همبستگی منفی و معنی‌دار مشاهده گردید. نتایج نشان داد که نوع کاربری و پوشش گیاهی با تاثیر بر ویژگی‌ها و فرآیندهای تشکیل خاک، می‌تواند تشکیل و تجمع کانی‌های مغناطیسی خاک را تحت تاثیر قرار دهد.

**واژه‌های کلیدی:** ایران مرکزی، پارامترهای مغناطیسی، زمین زراعی، مرتع، مغناطیس خاک

### مقدمه

مگنمیت، گئوتیت، لپیدوکروسیت و هماتیت فراوان‌ترین اکسیدهای فلزی در اکثر خاک‌ها می‌باشند (۴۲). مگنیت ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) و مگنمیت ( $\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) به عنوان شناخته‌شده‌ترین کانی‌های فری مغناطیس موثر در ایجاد خصوصیات مغناطیسی خاک و منبع اصلی پذیرفتاری مغناطیسی به شمار می‌روند (۲۷). اکسیدهای آهن در خاک محصول ذاتی فرآیندهای اصلی خاکساز بوده و منعکس کننده برهمکنش‌های پیچیده شیمیایی، زمین‌شناسی و زیستی میان مواد مادری، اجزای خاک (کانی‌ها، موادالی، موجودات زنده و ...) و فاکتورهای بیرونی (اقلیم، دما، بارش، زمان و توپوگرافی) می‌باشند (۲۲).

سنگ شناسی مواد مادری یکی از عوامل بسیار تاثیرگذار بر مقدار پذیرفتاری مغناطیسی می‌باشد (۲۸ و ۶). کانی‌های مغناطیسی لیتوژنیک اغلب در ذرات درشت خاک (شن و سیلت) یافت شده و به ارث رسیده از سنگ مادری می‌باشند. این نوع از کانی‌ها به دلیل سطح ویژه کم و پایداری زیاد تمایل کمی به هوابدگی دارند (۴۱).

امروزه مطالعات پذیرفتاری مغناطیسی در خاک عمدتاً معطوف به تعیین ژئوشیمی ترکیبات آهن، آلودگی خاک و گیاهان، فرسایش خاک، کاربری اراضی، مطالعات زمین آماری و پهنه‌بندی اراضی شده است (۳۷). مغناطیس توسط یکسری نیروی‌های ذاتی و یا انرژی‌های خلق شده توسط الکترون‌های موجود در اتم‌ها ایجاد می‌گردد (۱۱). توان مغناطیسی شدن مواد در پاسخ به یک میدان مغناطیسی را پذیرفتاری مغناطیسی می‌نامند (۱۱ و ۳۳). میزان پذیرفتاری تابعی از ترکیب، مقدار، شکل و اندازه بلورهای موجود در انواع کانی‌های مغناطیسی است (۳۰ و ۴۹). اکسیدهای آهن خصوصاً مگنیت،

۱ و ۲- دانشجوی دکتری و استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

\*- نویسنده مسئول: (Email: farpoor@uk.ac.ir)

دی جنگ و همکاران، پذیرفتاری مغناطیسی بالاتری را در خاک‌های تشکیل شده از سنگ‌های آذرین و آتشفشانی در مقایسه با خاک‌های تشکیل شده از سنگ‌های رسوبی مشاهده نمودند (۱۰). لو مقادیر پذیرفتاری مغناطیسی را در خاک‌های چین برای مواد مادری مختلف به این ترتیب گزارش نمود: سنگ‌های آذرین بازی (بازالت، آندزیت، گرانودیوریت) < سنگ‌های آذرین خنثی و اسیدی (گرانیت)، سنگ‌های دگرگونی < سنگ‌های رسوبی (سنگ آهک) (۲۵). Szuskiewicz و همکاران مقادیر پذیرفتاری در محدوده  $m^3 kg^{-1}$   $10^{-81} \times 11051 - 2530$  را برای سنگ بستر تشکیل شده از ماسه سنگ، بازالت و سرپانتین گزارش نمودند و بیان کردند که فرآیندهای هوازدگی و خاکساز می‌تواند منجر به ایجاد روند افزایشی و یا کاهش در مقادیر پذیرفتاری مغناطیسی گردند (۴۵).

از دیگر عوامل موثر در پذیرفتاری مغناطیسی اقلیم، شرایط آب و هوایی و نوع پوشش گیاهی را می‌توان نام برد (۵ و ۲۶). دما و بارش دو عامل مهم در افزایش پذیرفتاری مغناطیسی خاک‌های سطحی می‌باشند (۲۵). لو و همکاران (۲۴) در تحقیقی با هدف بررسی تاثیر نوع پوشش گیاهی بر مقدار پذیرفتاری مغناطیسی خاک‌های چین گزارش کردند که گیاهان C4 نسبت به گیاهان C3 توانایی بسیار بالاتری در افزایش مقدار پذیرفتاری خاک داشته‌اند. کاربری اراضی مختلف بر توزیع و مقدار پذیرفتاری مغناطیسی تاثیرگذار است و در خصوصیات آن منعکس می‌گردد (۲۸). افشاری و همکاران (۱) منطقه وسیعی از خاک‌های اطراف زنجان با کاربری‌های مختلف (شهری، صنعتی، کشاورزی و مرتع) و مواد مادری متفاوت را بررسی و بیشترین مقدار میانگین پذیرفتاری خاک را برای اراضی شهری با مقدار  $m^3 kg^{-1} 10^{-8} \times 467/13$  گزارش کردند. وفایی زاده و همکاران (۴۷) در پژوهشی به منظور بررسی اثرات کاربری اراضی و موقعیت شیب بر تغییرات برخی ویژگی‌های خاک های اراضی تپه‌ماهوری یاسوج نشان دادند که پذیرفتاری مغناطیسی در جنگل طبیعی بیشترین مقدار را داشته و پس از آن به ترتیب جنگل تخریب شده و زمین زراعی قرار گرفتند که در کلیه کاربری‌ها با افزایش شیب مقدار پذیرفتاری مغناطیسی کاهش یافت. تغییر کاربری اراضی نیز بر روی پذیرفتاری مغناطیسی خاک موثر می‌باشد. به طوری که تفاوت‌های معنی‌داری در میانگین پذیرفتاری‌های مغناطیسی کاربری‌های مختلف وجود دارد. خاک‌های تحت کشت اغلب دارای مقادیر متوسط پذیرفتاری مغناطیسی کمتری نسبت به خاک‌های با پوشش طبیعی هستند (۲۱ و ۳۱).

بیش از یک دهه از کاربرد پذیرفتاری مغناطیسی در ایران به عنوان یک تکنیک ارزان، ساده، سریع و غیر مخرب در مطالعات خاکشناسی می‌گذرد. مطالعات پذیرفتاری مغناطیسی در سالهای اخیر

در ایران عمدتاً معطوف به مطالعات ژنتیکی، آلودگی خاک، تشکیل و تکامل خاک و همچنین نقش توپوگرافی و فرسایش بر روی پذیرفتاری مغناطیسی و تغییرات آن شده است. کاربری‌های مختلف اراضی نقش مهمی در خصوصیات مغناطیسی خاک‌ها دارند و در مطالعات انجام گرفته تاکنون عمدتاً به نقش فلزات سنگین و آلاینده‌ها بر روی پذیرفتاری مغناطیسی در کاربری‌های مختلف پرداخته شده است. توجه به نوع کاربری اراضی و پوشش گیاهی و تاثیرات آنها بر روی ویژگی‌های خاکی و پذیرفتاری مغناطیسی خاک بسیار کم‌رنگ بوده است و انجام مطالعاتی در این زمینه به عنوان یکی از عوامل مهم و تاثیرگذار بر تغییرات پذیرفتاری مغناطیسی و ویژگی‌های خاکی ضروری می‌نماید، از این رو این مطالعه با اهداف ۱- تعیین تغییرات پذیرفتاری مغناطیسی خاک‌های سطحی در کاربری‌های مختلف و ۲- تعیین ارتباط بین مقادیر پذیرفتاری و ویژگی‌های خاک انجام گردیده است.

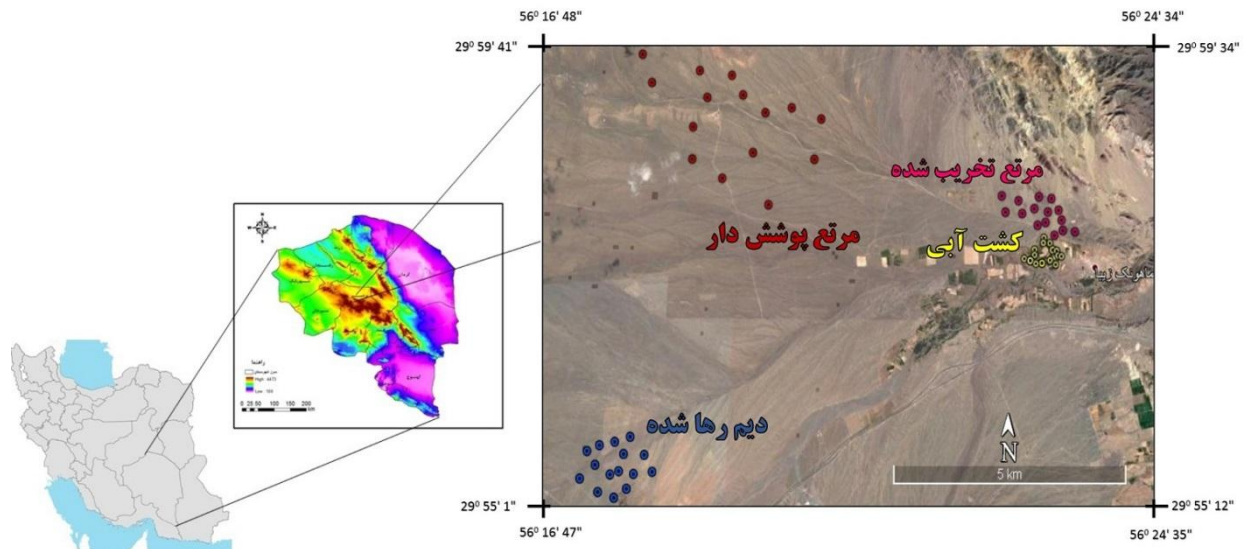
## مواد و روش‌ها

### منطقه مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه بخشی از اراضی اطراف روستای ماهونک زیبا از توابع شهرستان بردسیر در استان کرمان می‌باشد. منطقه مطالعاتی در عرض جغرافیایی ( $29^{\circ} 55'$  تا  $29^{\circ} 59'$ ) شمالی و طول جغرافیایی ( $56^{\circ} 16'$  تا  $56^{\circ} 24'$ ) شرقی واقع گردیده است. متوسط ارتفاع منطقه از سطح دریا حدود ۲۰۰۰ متر، میانگین دمای سالانه  $14/6$  درجه سانتی‌گراد و متوسط میزان بارش ۱۷۱ میلی‌متر است (۷). رژیم رطوبتی و حرارتی منطقه به ترتیب نیمه‌خشک (sub aridic) و مزیک می‌باشد (۴). منطقه مطالعاتی بر روی دشت‌های آبرفتی با مواد مادری آذرین از نوع آندزیت، توف آتشفشانی و داسیت قرار گرفته است (۱۹).

### نمونه برداری

چهار کاربری مختلف شامل زراعی (کشت آبی)، مرتع با پوشش مناسب، مرتع تخریب شده و دیم رها شده در منطقه مورد مطالعه شناسایی گردید. از هر کاربری تعداد ۱۵ نمونه مرکب خاک سطحی از عمق ۰-۱۵ سانتی‌متری به صورت تصادفی انتخاب و جمع‌آوری گردید. در مجموع از چهار کاربری ذکر شده تعداد ۶۰ نمونه خاک جمع‌آوری و جهت اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و پذیرفتاری مغناطیسی به آزمایشگاه منتقل شدند. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری شده را به تفکیک نوع کاربری نمایش می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری در دشت آبرفتی به تفکیک کاربری اراضی  
Figure 1- Location of the study area indicating sampling points on alluvial plain in different land uses

## مطالعات آزمایشگاهی

آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی پس از هواخشک شدن، کوبیدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری بر روی نمونه‌ها صورت پذیرفت. پهاش و هدایت الکتریکی خاک به ترتیب در گل و عصاره اشباع توسط دستگاه‌های pH و EC متر مدل Jenway اندازه‌گیری گردید. درصد کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی (۳۸)، مواد آلی به روش والکی و بلک (۴۸)، گچ به روش استون (۳۴) و بافت خاک به روش هیدرومتر (۱۸) اندازه‌گیری شد.

پذیرفتاری مغناطیسی خاک‌ها (%) در دو فرکانس پائین (۰/۴۶، ۰/۴۶ kHz) و بالا (۴/۶، ۴/۶ kHz) با استفاده از دستگاه مغناطیس سنسج مدل Bartington MS2 Dual Frequency Sensor دارای حسگر MS2B در دو تکرار اندازه‌گیری شد. پذیرفتاری مغناطیسی وابسته به فرکانس (% $f_{fd}$ ) با استفاده از فرمول (۱) به عنوان شاخصی از توسعه فرآیندهای خاکسازي و بازتایی از اندازه ذرات فری مغناطیس محاسبه گردید (۱۱).

$$*f_{fd}\% = \frac{(f_{hf} - f_{lf})}{f_{hf}} \times 100 \quad \text{فرمول (۱)}$$

که در آن  $f_{hf}$  پذیرفتاری مغناطیسی خاک در فرکانس پائین (۰/۴۶ kHz) و  $f_{lf}$  پذیرفتاری مغناطیسی در فرکانس بالا (۴/۶ kHz) می‌باشد. تعیین ضریب همبستگی پارامترها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16.0 و تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده توسط نرم افزار SAS 9.1 انجام گرفت. همچنین مقایسه میانگین متغیرها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2016 رسم گردیدند.

## نتایج و بحث

### توصیف آماری ویژگی‌های مورد مطالعه

توصیف آماری متغیرهای مغناطیسی و برخی از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده خاک‌ها در جدول (۱) آورده شده‌است. pH خاک‌های مورد مطالعه در محدوده خنثی تا قلیایی و دارای کمترین ضریب تغییرات در میان پارامترهای اندازه‌گیری شده می‌باشد. از سوی دیگر، هدایت الکتریکی خاک‌ها دارای میانگین مقدار ۱/۴۹ دسی‌زیمنس بر متر بود و دارای ضریب تغییرات بالایی است. کمترین مقدار مواد آلی اندازه‌گیری شده در کاربری دیم رها شده (۲۶٪) و بیشترین مقدار آن در کاربری زراعی (۲/۱۵٪) مشاهده گردید. مقدار کربنات کلسیم با ضریب تغییرات ۱۲/۳۷٪ در کاربری مرتع تخریبی کمترین مقدار و در کاربری زراعی بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. نمونه خاک‌های مورد مطالعه فاقد گچ بودند و به همین دلیل در نتایج و تجزیه و تحلیل‌های آماری ارائه نشده است. بافت خاک در کاربری‌های مورد مطالعه شن لومی تا لوم شنی بدست آمد.

کمترین مقدار  $f_{lf}$  در کاربری زراعی با مقدار ۱۳۴/۸، بیشترین مقدار آن برابر با  $10^{-8} \times 1778/9 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$  در مرتع با پوشش خوب و میانگین کل مقادیر پذیرفتاری مغناطیسی  $10^{-8} \times 695/83 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$  می‌باشد که میزان بسیار بالایی را به خود اختصاص داده است (جدول ۱). سرمست و همکاران در مطالعه خود بر روی چند خاک‌رخ در یک برش طولی از جیرفت تا کهنوج با مواد مادری آذرین مقادیر

هوادیده را به حضور کانی‌های مغناطیسی اولیه به ارث رسیده از مواد مادری آذرین نسبت دادند (۴۰).

$\chi_{hf}$  را در محدوده  $10^{-8} \text{m}^3 \text{kg}^{-1} \times 10^{-4} - 10^{-3}$  برای خاک‌ها گزارش نمودند و مقادیر بالای  $\chi_{hf}$  در خاک‌های جوان و کم‌تر

جدول ۱- خلاصه‌ای از وضعیت آماری متغیرهای مورد مطالعه  
Table 1- Statistic status summarize of the study variables

ویژگی‌های خاک Soil properties	واحد Unit	حداقل Min	حداکثر Max	میانگین Mean	چولگی Skew	کشیدگی Kurt	انحراف معیار Standard deviation	ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation
EC	$\text{dS m}^{-1}$	0.37	7.35	1.49	2.03	5.15	1.37	91
pH	-	7	8.1	7.69	-0.28	-0.31	0.26	3.58
OM	%	0.26	2.15	0.85	0.87	-0.06	0.49	25.91
CaCO <sub>3</sub>	%	8	24	14.97	0.78	0.74	3.08	12.37
Sand	%	52	88	77.03	-1.17	0.93	8.17	5.48
Silt	%	5.2	39.2	16.15	1.19	0.54	8.2	23.84
Clay	%	3.2	11.6	6.82	0.64	-0.1	2.09	24.56
$\chi_{lf}$	$10^{-8} \text{m}^3 \text{kg}^{-1}$	134.8	1778.9	695.83	1.22	1.29	321.1	21.31
$\chi_{hf}$	$10^{-8} \text{m}^3 \text{kg}^{-1}$	133.45	1767.9	688.71	1.23	1.34	318.53	21.48
$\chi_{fd}$	%	0.52	1.73	1.04	0.41	-0.05	0.27	28.24

OM: مواد آلی خاک (Organic matter)، CaCO<sub>3</sub>: کربنات کلسیم معادل  $\chi_{lf}$  (Calcium carbonate equivalent) پذیرفتاری مغناطیسی خاک در فرکانس پایین  
 $\chi_{hf}$  (Low Frequency Magnetic Susceptibility): پذیرفتاری مغناطیسی خاک در فرکانس بالا (High Frequency Magnetic susceptibility)،  $\chi_{fd}$  پذیرفتاری مغناطیسی وابسته به فرکانس (Frequency Dependent Magnetic Susceptibility)

کانی پس از قرارگیری در محیط خاک تحت فرآیندهای پدوژنیکی قرار گرفته و کانی‌های فری مغناطیس ثانویه از جمله مگنتیت در اندازه رس و مگمیت را به وجود می‌آورد (۴۲). کانی مگمیت غالباً تشکیل یافته از مگنتیت تحت تاثیر فرآیندهای اکسیداسیون و تغییر شکل می‌باشد که عواملی از قبیل نوع پوشش گیاهی، کاربری زمین و توپوگرافی با اثر بر شرایط خاکی (زهکشی، ساختمان خاکی و خصوصیات شیمیایی) در تشکیل این کانی موثر می‌باشند (۵). کانی‌های فری مغناطیس ثانویه اندازه کوچکتری نسبت به کانی‌های فری مغناطیس اولیه (به ارث رسیده) داشته ولی می‌توانند به صورت پوشش بر روی انواع ذرات خاک حضور داشته باشند (۱۷).

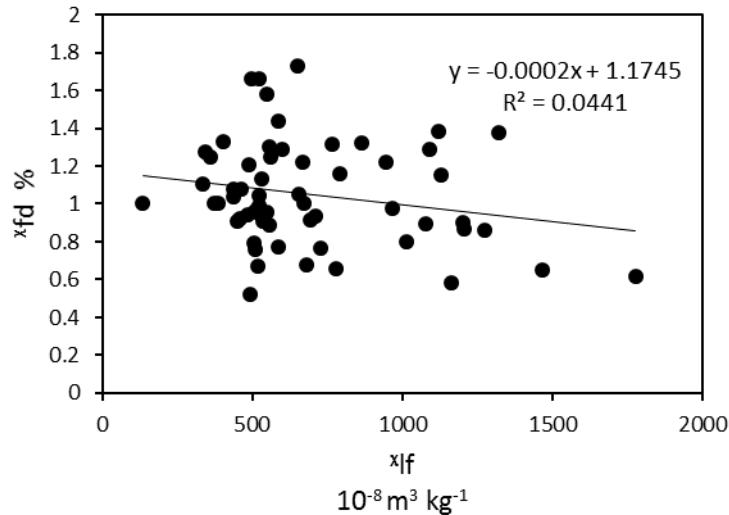
علیرغم بالا بودن مقادیر پذیرفتاری مغناطیسی اندازه‌گیری شده در خاک‌ها مقادیر  $\chi_{fd}$  خاک پایین می‌باشد. مقادیر پذیرفتاری اندازه‌گیری شده در فرکانس پایین و بالا بسیار به هم نزدیک می‌باشند. پایین بودن  $\chi_{fd}$  در نمونه‌های خاک سطحی نشان می‌دهد که تاثیر منشا پدوژنیکی و ذرات سوپر پارامغناطیس ( $< 0.2 \mu\text{m}$ ) در نمونه‌های خاکی کم است (۱۱). مقادیر اندازه‌گیری شده  $\chi_{fd}$  در محدوده  $10^{-3} - 10^{-5} \%$  با میانگین مقدار  $10^{-4} \%$  محاسبه گردید (جدول ۱). شکل (۲) درصد پذیرفتاری وابسته به فرکانس را در مقابل پذیرفتاری فرکانس پایین نشان می‌دهد که می‌تواند به درک تفاوت میان اندازه ذرات و حالت حوزه کمک کند. نمونه‌ها دارای مقادیر  $\chi_{lf}$  بالا و  $\chi_{fd}$  کمتر از  $2 \%$  هستند. دیرینگ بیان داشت که  $5 \%$

خاک‌های سطحی منطقه مورد مطالعه عمدتاً از نوع آبرفتی بوده و مواد مادری غالباً از نوع سنگ آذرین آندزیت، توف و داسیت می‌باشند که می‌توان مقادیر بالای پذیرفتاری در کلیه خاک‌های مورد مطالعه را به دلیل حضور کانی‌های مغناطیسی اولیه به ارث رسیده از مواد مادری دانست. فرآیندهای فرسایش و رسوب در خاک‌های آبرفتی غالب بوده و در نتیجه باعث می‌شود که این نوع خاک‌ها تحت تاثیر مواد مادری مجاور که از نوع آذرین و دارای کانی‌های مغناطیسی فراوان هستند قرار بگیرند (۱). تغییر شکل درجای اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن غیرفری مغناطیس و تبدیل آنها به ریزبلورهای فری مغناطیس می‌تواند دلیل دیگری برای افزایش و بالا رفتن پذیرفتاری مغناطیسی خاک‌های سطحی عنوان گردد (۳۶).

وفور کانی‌های فری مغناطیس در خاک سطحی یک خصوصیت معمول در اغلب خاک‌های جهان می‌باشد (۳۲، ۴۳ و ۳). بالا بودن میزان پذیرفتاری مغناطیسی در خاک سطحی در شرایط طبیعی و عدم آلودگی می‌تواند ناشی از نوع بستر خاک‌ها از جمله موادی با منشا آتشفشانی و سنگ‌های آذرین باشد (۴۶ و ۱۶). مگنتیت و مگمیت از عمده‌ترین کانی‌های موثر در میزان پذیرفتاری مغناطیسی می‌باشند (۳۲ و ۴۳). باور بر این است که مگنتیت کانی مغناطیسی به ارث رسیده از مواد مادری می‌باشد. این نوع از کانی‌ها معمولاً در ذرات درشت خاک (شن و سیلت) یافت می‌شوند. این

خاک‌های مورد بررسی  $x_{fd}$  در محدوده ۰ تا ۳٪ داشته که نشان‌دهنده وفور ذرات چند حوزه‌ای و به ارث رسیده از مواد مادری می‌باشد. بر این اساس ذرات فری‌مغناطیس خاک‌های مورد مطالعه اغلب در گروه ذرات چند حوزه‌ای با قطر بیش از ۱۱۰ میکرومتر و ذرات تک حوزه‌ای به ارث رسیده از مواد مادری قرار می‌گیرند.

$x_{fd} <$  برای نمونه‌های فاقد ذرات سوپرپارامغناطیس رایج است و اغلب ذرات با اندازه بزرگتر از ۰/۰۳ میکرون دارای مقادیر  $x_{fd}$  بین صفر تا ۲ درصد هستند (۱۱). کریمی و همکاران (۲۳) در پژوهشی بر روی تاثیر مواد مادری و کاربری اراضی بر روی فلزات سنگین و پذیرفتاری مغناطیسی بیان نمودند که در حدود ۷۰ درصد از



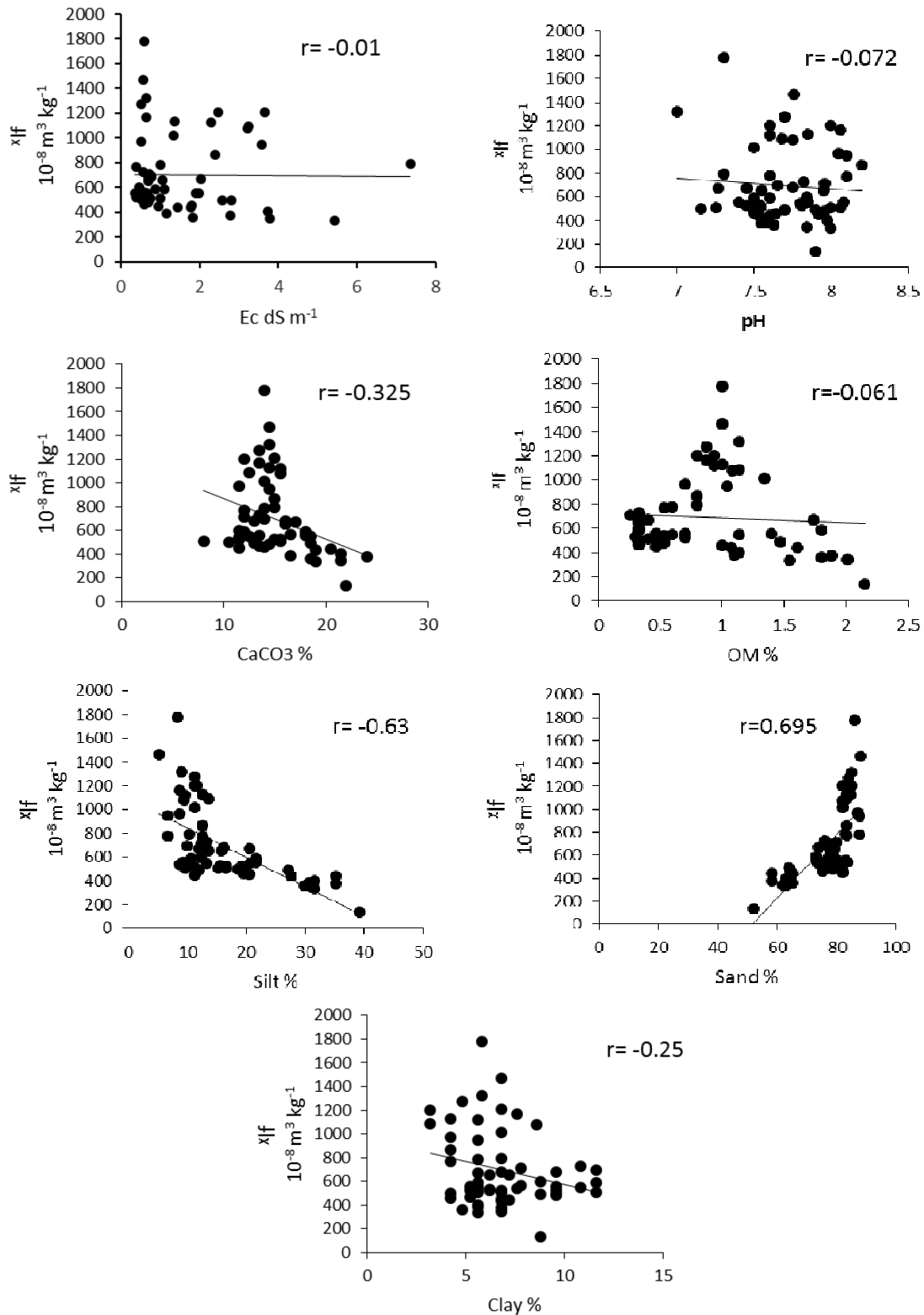
شکل ۲- نمودار شماتیک پراکنش مقادیر  $x_{lf}$  در برابر  $x_{fd}$

Figure 2- Schematic diagram of  $x_{lf}$  values distributed versus  $x_{fd}$

فری‌مغناطیس به ارث رسیده همانند مگنتیت اغلب در ذرات سیلت، شن و ذرات درشت‌تر از ترکیبات فری‌مغناطیس پدوژنیک وجود دارند (۳۵). از طرفی همبستگی منفی و معنی‌داری میان  $x_{lf}$  و  $\text{CaCO}_3$  دیده شد (جدول ۲). کربنات کلسیم، آب، مواد آلی و گچ از جمله مواد دیامغناطیس موجود در خاک هستند (۲). در مطالعه حاضر همبستگی منفی میان مقدار EC، pH، مواد آلی و مقدار رس با  $x_{lf}$  وجود دارد (جدول ۲، شکل ۳). این یافته‌ها با نتایج سرمست و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد (۴۰). حسینی و همکاران در مطالعه خود بر روی بررسی شاخص‌های تکامل خاک برش طولی کرمان- بافت همبستگی مثبت و معناداری میان پذیرفتاری مغناطیسی و درصد شن و همبستگی منفی و معناداری با درصد سیلت گزارش نمودند و آن را نشان دهنده تاثیر سنگ‌شناسی مواد مادری و منعکس کننده اهمیت مواد مغناطیسی به ارث رسیده از سنگ بستر در حد و اندازه شن بیان کردند (۲۰). دنکوب و همکاران در مطالعه خود بر روی خاک‌های منطقه اصفهان همبستگی منفی و معنی‌داری میان EC، pH و مواد آلی بدست آوردند و گزارش کردند که این همبستگی منفی را می‌توان به دلیل دیامغناطیس بودن این مواد و اثر رقت آنها بر کانی‌های مغناطیسی خاک دانست (۸).

### ارتباط میان پارامترهای مغناطیسی و ویژگی‌های خاک

ضرایب همبستگی میان پارامترهای مغناطیسی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در جدول (۲) و ارتباط میان پذیرفتاری مغناطیسی فرکانس پائین و ویژگی‌های خاک به صورت شماتیک در شکل (۳) نمایش داده شده‌است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین داده‌های حاصل از مقادیر پذیرفتاری مغناطیسی و درصد شن و همبستگی منفی و معناداری با درصد سیلت وجود دارد (جدول ۲، شکل ۳). بیشترین مقدار همبستگی بین پذیرفتاری مغناطیسی و مقدار شن بدست آمد. مقدار سیلت نیز در مرتبه دوم از نظر میزان همبستگی با پذیرفتاری مغناطیسی قرار گرفت. این یافته‌ها بیان می‌دارد که با افزایش درصد شن میزان پذیرفتاری مغناطیسی افزایش یافته است که نشان از اهمیت ذرات مگنتیت و بلورهای کانی‌های مغناطیسی اولیه به ارث رسیده از مواد مادری در اندازه شن خاک دارد که پذیرفتاری ذرات ریز و حاصل از فرآیندهای پدوژنیک را در درجات بعدی اهمیت قرار داده‌است (شکل ۳) (۳۵). دجنگ و همکاران (۹) در مطالعه خود بیان کردند که پذیرفتاری مغناطیسی خاک‌های با زهکشی مناسب با افزایش محتوای شن خاک افزایش یافته است. کانی‌های



شکل ۳- ارتباط میان  $\chi_f$  و برخی از خصوصیات خاک‌ها

Figure 3- Relationship between magnetic susceptibility ( $\chi_f$ ) and selected soil properties.

جدول ۲- ضریب همبستگی بین پارامترهای مغناطیسی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه  
Table 2- Correlation coefficient among magnetic parameters and physicochemical properties of the studied soils

	EC	pH	OM	CaCO <sub>3</sub>	Sand	Silt	Clay
$\chi_{lf}$	-0.010 <sup>ns</sup>	-0.072 <sup>ns</sup>	-0.061 <sup>ns</sup>	-.325*	.695**	-.630**	-0.25 <sup>ns</sup>
$\chi_{hf}$	-0.011 <sup>ns</sup>	-0.071 <sup>ns</sup>	-0.061 <sup>ns</sup>	-.324*	.695**	-.629**	-0.248 <sup>ns</sup>
$\chi_{fd}$	0.163 <sup>ns</sup>	-0.103 <sup>ns</sup>	-0.04 <sup>ns</sup>	0.031 <sup>ns</sup>	-0.106 <sup>ns</sup>	0.142 <sup>ns</sup>	-0.142 <sup>ns</sup>

OM: مواد آلی خاک (Organic matter), CaCO<sub>3</sub>: کربنات کلسیم معادل (Calcium carbonate equivalent)  $\chi_{lf}$ : پذیرفتاری مغناطیسی خاک در فرکانس پائین (Low Frequency Magnetic Susceptibility)  $\chi_{hf}$ : پذیرفتاری مغناطیسی خاک در فرکانس بالا (High Frequency Magnetic Susceptibility)  $\chi_{fd}$ : پذیرفتاری مغناطیسی وابسته به فرکانس (Frequency Dependent Magnetic Susceptibility)

\* معنی داری در سطح احتمال ۵٪، \*\* معنی داری در سطح احتمال ۱٪  
\*Significant (p<0.05), \*\* Significant (p<0.01)

### تأثیر کاربری اراضی بر پارامترهای مغناطیسی

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌های آماری حاکی از وجود تفاوت معنادار ( $P < 0.05$ ) بین میانگین مقادیر  $\chi_{lf}$  در کاربری‌های مختلف می‌باشد که در جدول (۳) نشان داده شده‌است. از طرفی مقایسه میانگین‌ها در خاک‌های کاربری‌های مرتع تخریب شده و دیم رها شده تفاوت معناداری نشان نداد. مقدار میانگین  $\chi_{lf}$  مشاهده شده به ترتیب در مرتع با پوشش مناسب، مرتع تخریب شده، دیم رها شده و زراعی کاهش یافت. در شکل (۴ الف) بازه تغییرات مقادیر پذیرفتاری در هر کاربری به تفکیک نشان داده شده‌است. خاک‌های کشت شده به طور معنی داری میانگین پذیرفتاری کمتری نسبت به کاربری‌هایی با پوشش طبیعی دارند. وفایی زاده و همکاران نیز نتایج مشابهی گزارش کردند (۴۷). کاربری زراعی تحت کشت آبی می‌باشد. نوع آب آبیاری و کوددهی می‌تواند بر مقدار کربنات کلسیم و نمک‌های موجود در خاک تأثیرگذار باشد. زیادتیر بودن مقدار آهک و نمک‌های محلول در کاربری زراعی نسبت به سایر کاربری‌ها را می‌توان به عنوان یکی از عوامل موثر در کمتر بودن مقدار پذیرفتاری مغناطیسی در این خاک‌ها دانست. خاک‌های مرتع پوشش دار، مرتع تخریبی و دیم رها شده برخلاف خاک‌های زراعی دارای مقدار آهک و هدایت الکتریکی کمتری می‌باشند. وجود آهک و نمک‌های محلول در خاک به عنوان مواد دیامغناطیس باعث رقیق شدن کانی‌های مغناطیسی در خاک می‌گردند (۲۹). همچنین شرایط اقلیمی و وجود باران‌های فصلی و فصول خشک می‌تواند شرایط را برای تبدیل اکسیدهای آهن کمتر مغناطیسی به اکسیدهای فری‌مگنتیت فراهم آورد. به نظر می‌رسد که آبیاری اراضی موجب کاهش دوره‌های خشک و مرطوب بودن خاک و کاهش تبدیل اشکال غیرمغناطیس به مغناطیسی آهن می‌گردد. دیرینگ و همکاران در مطالعه خود بر روی خاک‌های انگلیس پذیرفتاری مغناطیسی بیشتری را در اراضی مرتعی نسبت به زمین‌های زراعی گزارش کردند (۱۲). فرآیند تغییر و تبدیل کانی‌ها در حضور مواد آلی تقویت می‌شود.

بلندل و همکاران گزارش کردند محدوده کربن آلی (۶/۷-۲٪) در شرایط زهکشی مناسب، ژئومورفولوژی پایدار، رطوبت کافی و حضور موجودات زنده می‌تواند در افزایش تشکیل کانی‌های مغناطیسی خاک موثر واقع شود (۵). خاک‌های مرتعی و زراعی بیشترین مقدار میانگین مواد آلی را دارا می‌باشند و خاک‌های مرتع تخریب شده و دیم رها شده در رده‌های بعدی قرار دارند (جدول ۳). در شرایط زهکشی مناسب، حضور کربن آلی به عنوان دهنده الکترون و باکتری‌های موثر در تشکیل کانی‌های مغناطیسی همانند مگنتوتاتیک می‌تواند در تشکیل آهن پدوژنیک موثر باشد که این شرایط در منطقه ریزوسفر و در کاربری غیر زراعی بیشتر مشاهده می‌گردد (۵۰). با توجه به مقادیر مواد آلی خاک‌های مورد مطالعه و تجزیه و تحلیل‌های آماری می‌توان حضور مواد آلی را در کاربری مرتع پوششی نسبت به سایر کاربری‌ها یک عامل مثبت در نظر گرفت. مختاری و همکاران در مطالعات خود بر روی تأثیر نوع کاربری و موقعیت زمین‌نما بیان کردند که تفاوت معناداری در میانگین پذیرفتاری کاربری‌های مختلف وجود دارد، خاک‌های کشت شده و خاک‌هایی که تحت تأثیر دخالت‌های انسانی قرار می‌گیرند به طور معنی داری پذیرفتاری مغناطیسی کمتری نسبت به کاربری‌هایی که با پوشش گیاهی طبیعی پوشیده شده‌اند دارند و دلیل آن را افزایش میزان فرسایش خاک و هدررفت کانی‌های مغناطیسی و تغییر در میزان مواد دیامغناطیس و عناصر غذایی عنوان نمودند (۳۱). سدیکی و همکاران کاربری اراضی را به عنوان یک عامل کلیدی موثر بر پراکندگی پذیرفتاری مغناطیسی در پروفیل خاک عنوان کردند (۳۹).

میانگین پذیرفتاری مغناطیسی وابسته به فرکانس در کاربری‌های مختلف اختلاف معناداری نشان نداد (جدول ۳). میانگین  $\chi_{fd}$  در خاک‌های سطحی زراعی ۱/۰۵، مرتعی ۱، مرتع تخریب شده ۱/۰۸ و دیم رها شده ۱/۰۵ بدست آمد که بیشترین مقدار در خاک‌های مرتع تخریب شده و کمترین مقدار در خاک‌های زراعی مشاهده شد (شکل ۴ ب).

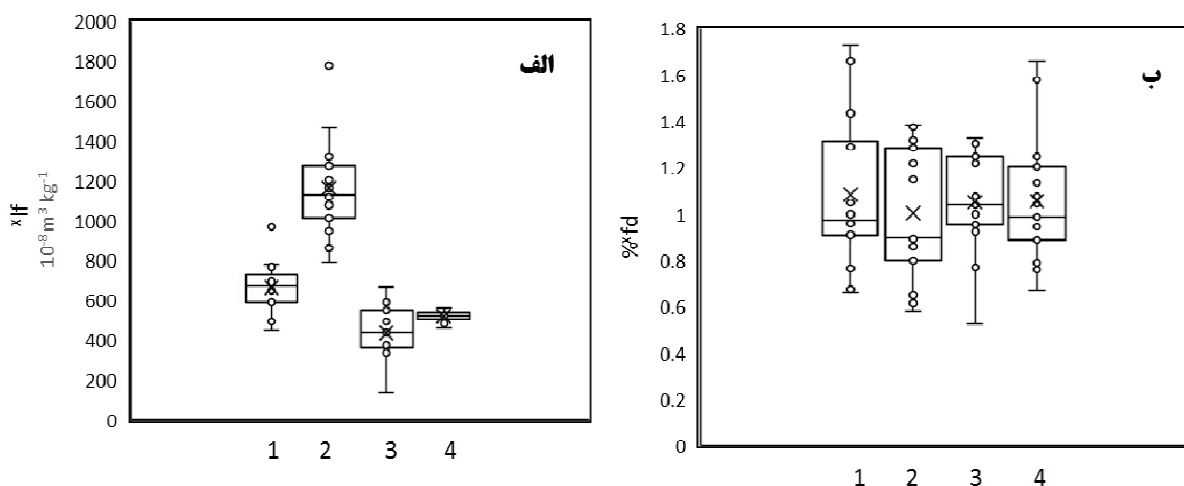
جدول ۳- مقایسه میانگین ویژگی‌های مورد مطالعه در کاربری‌های مختلف در عمق ۰-۱۵ سانتی متر در منطقه مورد مطالعه

Table 3- Mean comparison of soil properties in different land uses at 0-15 cm depth in the studied region

متغیر Variable	واحد Unit	زراعی Farmland	مرتع با پوشش مناسب Well covered pasture	مرتع تخریب شده Degraded pasture	دیم رهاشده Degraded dryland farm
EC	dS m <sup>-1</sup>	2.373 <sup>a</sup>	2.253 <sup>a</sup>	0.805 <sup>a</sup>	0.565 <sup>a</sup>
pH	-	7.66 <sup>a</sup>	7.69 <sup>a</sup>	7.7 <sup>a</sup>	7.73 <sup>a</sup>
OM	%	1.52 <sup>a</sup>	0.98 <sup>b</sup>	0.5 <sup>c</sup>	0.39 <sup>c</sup>
CaCO <sub>3</sub>	%	19.1 <sup>a</sup>	14.23 <sup>b</sup>	12.76 <sup>c</sup>	13.8 <sup>bc</sup>
Sand	%	65.5 <sup>c</sup>	84.22 <sup>a</sup>	79.94 <sup>b</sup>	78.44 <sup>b</sup>
Silt	%	28.29 <sup>a</sup>	10.05 <sup>c</sup>	12.57 <sup>bc</sup>	13.68 <sup>b</sup>
Clay	%	6.2 <sup>b</sup>	5.72 <sup>b</sup>	7.48 <sup>a</sup>	7.88 <sup>a</sup>
χ <sub>If</sub>	10 <sup>-8</sup> m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup>	435.61 <sup>c</sup>	1164.04 <sup>a</sup>	664.11 <sup>b</sup>	519.57 <sup>b</sup>
χ <sub>hf</sub>	10 <sup>-8</sup> m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup>	431.07 <sup>c</sup>	1152.7 <sup>a</sup>	657.4 <sup>b</sup>	514.06 <sup>c</sup>
χ <sub>fd</sub>	%	1.05 <sup>a</sup>	1.00 <sup>a</sup>	1.08 <sup>a</sup>	1.05 <sup>a</sup>

اعداد با حروف مشابه در یک ردیف فاقد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر هستند.

Numbers followed by the same letter in each row are not significantly different.



شکل ۴- نمودار جعبه‌ای پذیرفتاری مغناطیسی (الف) و پذیرفتاری مغناطیسی وابسته به فرکانس (ب) در کاربری‌های مختلف. (۱) مرتع تخریب شده ۲. مرتع با پوشش مناسب ۳. زراعی ۴. دیم رهاشده

Figure 4-Box plot of magnetic susceptibility (a) and frequency dependent magnetic susceptibility (b) in different land uses, 1) degraded pasture 2) well covered pasture 3) farmland 4) degraded dryland farm

خاک‌های مورد مطالعه را حدود ۵۶/۷٪ و گیاهان C3 ۱۲/۵٪ گزارش کردند. فرآیندهای رهاسازی و تجمع اکسیدهای آهن در طول تجزیه گیاهان توسط دانشمندان مختلفی مورد توجه قرار گرفته است (۱۳). ذرات اکسیدهای آهن رهاشده از گیاهان عمدتاً در محدوده ۰/۱-۱ میکرومتر قرار دارد که در محدوده ذرات تک حوزه و یا شبه تک حوزه قرار می‌گیرند (۱۵ و ۱۴). در خاک‌های مرتعی با پوشش مناسب، پوشش گیاهی عمدتاً شامل غلف شور، درمنه، قیچ، شور سفید و خارخسک بوده که با توجه به مطالعات SU و همکاران این گیاهان در گروه گیاهان C4 قرار می‌گیرند (۴۴). در حالی که خاک‌های زراعی عمدتاً پوشش گیاهی از نوع گیاهان C3 شامل گندم، جو و یونجه

نوع کاربری و پوشش گیاهی نقش موثری در برهم‌کنش موجودات زنده و کانی‌ها دارند که تعیین کننده ماهیت و اندازه ریزوسفر است (۵). علاوه بر آن، نوع پوشش گیاهی بر میزان پذیرفتاری مغناطیسی خاک موثر می‌باشد. لو و همکاران (۲۴) با بررسی مقدار ترکیبات آهن در ۲۲ گونه گیاهی مختلف شامل گیاهان C3 و C4 مقدار Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> در گیاهان C4 را ۲ تا ۴ برابر بیشتر از گیاهان C3 و پذیرفتاری مغناطیسی این گیاهان را ۴ تا ۵ برابر بیشتر گزارش نمودند و بیان کردند که ریزوسفر گیاهان C3 و C4 توانایی متفاوتی در افزایش خصوصیات مغناطیسی خاک و ترشح ترکیبات مختلف آهن دارد. آنها توان گیاهان C4 در افزایش پذیرفتاری



اقلیمی، مواد مادری و توپوگرافی یکسان واقع گردیده‌اند و کاربری‌های مورد مطالعه تا حد امکان در مناطق نزدیک به یکدیگر انتخاب شده‌اند که می‌توان نقش کاربری اراضی و تاثیرات آن بر خصوصیات خاکی و پذیرفتاری مغناطیسی خاک‌ها را بهتر درک نمود. مهم‌ترین نتایج مطالعه حاضر به این شرح است:

۱. مقادیر بالای  $\chi_{IF}$  خاک‌های مورد مطالعه عمدتاً منشأ یافته از مواد مادری آذرین می‌باشند.
۲. کاربری اراضی یکی از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و تغییرات پذیرفتاری مغناطیسی می‌باشد.
۳. تغییرات  $\chi_{IF}$  خاک‌های مورد مطالعه عمدتاً تحت تاثیر نوع کاربری، پوشش گیاهی و خصوصیات خاکی قرار دارند.
۴. بیشترین میزان  $\chi_{IF}$  در خاک‌های مرتع پوششی مشاهده گردید که در ادامه به ترتیب مرتع تخریبی، دیم رها شده و زراعی قرار دارد. بالاتر بودن مقدار میانگین پذیرفتاری مغناطیسی خاک‌های مرتع پوششی به عنوان یک کاربری دست نخورده با پوشش طبیعی و با توجه به بالاتر بودن میانگین درصد شن، نوع پوشش گیاهی (گیاهان C4) و کمتر بودن محتوای کربنات کلسیم قابل توجه است.

داشتند. با توجه به دخالت‌های انسانی و چرای دام در کاربری‌های مرتع تخریب شده و دیم رها شده، این مناطق فاقد پوشش گیاهی بودند. بنابراین، گیاهان C4 موجود در خاک‌های مرتعی با پوشش مناسب را می‌توان به عنوان یکی از عوامل احتمالی موثر بر افزایش پذیرفتاری خاک‌های سطحی منطقه در نظر گرفت. این نتایج با نتایج بین و همکاران مطابقت دارد (۵۱).

مقادیر میانگین درصد ذرات شن در کاربری مرتعی بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده و به ترتیب در مرتع تخریبی، دیم رها شده و زراعی کاهش یافته است (جدول ۳). با توجه به منشأ پذیرفتاری مغناطیسی که بخش اعظمی از آن در منطقه متوجه ذرات در اندازه شن می‌باشد، می‌توان یکی دیگر از دلایل بالاتر بودن میانگین پذیرفتاری در خاک‌های مرتعی و به دنبال آن روند مرتع تخریبی < دیم رها شده > زراعی را توجیه نمود.

## نتیجه گیری

مطالعه حاضر با هدف روشن نمودن عوامل موثر بر تغییرات پذیرفتاری مغناطیسی در کاربری‌های مختلف و ارتباط آن با ویژگی‌های خاک انجام پذیرفت. خاک‌های مورد مطالعه در شرایط

## منابع

- 1- Afshari A., Khademi H., and Ayoubi S.H. 2015. Lithological and anthropogenic factors affecting magnetic properties of calcareous soils in Zanjan. *Journal of Water and Soil Conservation*, 22(3): 73-88. (in Persian with English abstract)
- 2- Alekseev A., Alekseeva T., Sokolowska Z., and Hajnos M. 2002. Magnetic and mineralogical properties of different granulometric fractions in the soils of the Lublin Upland Region. *International Agrophysics*. 16 (1): 1-6.
- 3- Armstrong A., Quinton J., and Maher B. 2012. Thermal enhancement of natural magnetism as a tool for tracing eroded soil. *Earth Surf. Process. Landforms*, 37, 14e20.
- 4- Banaie M.H. 2001. Map of Iran soils moisture and temperature regimes. Soil and Water research institute. Tehran. Iran.
- 5- Blundell A., Dearing J.A., Boyle J.F., and Hannam J.A. 2009. Controlling factors for the spatial variability of soil magnetic susceptibility across England and Wales. *Earth-Science. Review*, 95: 158-188.
- 6- Camargo L.A., Júnior J.M., Pereira G.T., and Bahia, A.S.R.D.S. 2014. Clay mineralogy and magnetic susceptibility of Oxisols in geomorphic surfaces. *Science Agriculture*. 71 (3), 244-256.
- 7- Climate-data for cities worldwide. 2012. [www.climate-data.org](http://www.climate-data.org).
- 8- Dankoub Z., Ayoubi S., Khademi H., and Sheng-Gao L.U. 2012. Spatial distribution of magnetic properties and selected heavy metals in calcareous soils as affected by land use. *Pedosphere*, 22: 33-47.
- 9- De Jong E., Kozak L.M., and Rostad H.P.W. 2000. Effects of parent material and climate on the magnetic susceptibility of Saskatchewan soils. *Canadian journal of soil science*. 80(1): 135-142.
- 10- De Jong E., Pennock D.J., Nestor P.A. 2000. Magnetic susceptibility of soils in different slope positions in Saskatchewan, Canada. *Catena*, 40 (3): 291-305.
- 11- Dearing J. 1999. *Environmental Magnetic Susceptibility: Using the Bartington MS2 System*. Chi Publishing, Kenilworth, England.
- 12- Dearing J.A., Hay K.L., Balsan S.M.J., Huddleston A.S., Wellington E.M.H., and Loveland P.J. 1996. Magnetic susceptibility of soil: An evaluation of contributing theories using a national data set. *Journal of International Geophysics*, 127: 728-734.
- 13- Dickinson C.H. 1974. Decomposition of litter in soil, in *Biology of Plant Litter Decomposition* (eds. Dickinson C. H., Pugh, G. J. F.), London: Academic Press, 633-658.
- 14- Dunlop D. J. 1981. The rock magnetism of fine particles, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 26: 1-26.

- 15- Evans M.E., and McElhinny M.W. 1969. Investigation of the origin of stable remanence in magnetite-bearing igneous rocks. *Journal of Geomagnetism and Geoelectricity*, 21: 757-773.
- 16- Fassbinder J.W.E., Gorka T. 2009. Beneath the desert soil - archaeological prospecting with caesium magnetometer. In: Reindel, M., Wagner, G.A. (Eds.), *New Technologies for Archaeology. Multidisciplinary Investigations in Palpa and Nasca, Peru*. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, pp: 49-69.
- 17- Fine P., Singer M.J., La Ven R., Verosub K., and Southard R.J. 1989. Role of pedogenesis in distribution of magnetic susceptibility in two California chronosequences. *Geoderma*, 44:287-306.
- 18- Gee G.W. 2002. Particle size analysis. In: Jacobe H. D., and Clarke GT(ed), *Methods of Soil Analysis. Part 4. Physical Methods*. SSSA. Madison, WI. Pp: 201-214.
- 19- Geological survey and mineral exploration of Iran. 1995. Chahargonbad map 1:100000. Tehran map publication.
- 20- Hosseini S.S., Esfandiarpour Boroujeni I., Farpoor M.H., and Karimi A.R. 2015. Comparison of different soil development indices along Kerman-Baft transect. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 5(2): 1-22. (in Persian with English abstract)
- 21- Hussain I., Olson K.R., and Jones R.L. 1998. Erosion patterns on cultivated and uncultivated hill slopes determined by soil fly ash contents. *Soil Science*, 163(9): 726-738.
- 22- Jordanova N. 2017. *Soil magnetism. Application in pedology, environmental science and agriculture*. ISBN: 978-0-12-809239-2. 450p
- 23- Karimi A., Haghnia G.H., Ayoubi Sh., Safari, T. 2017. Impacts of geology and land use on magnetic susceptibility and selected heavy metals in surface soils of Mashhad plain, northeastern Iran. *Journal of Applied Geophysics*, 138: 127-134.
- 24- Lü H., Liu D., Liu T. 2001. The effect of C3 and C4 plants for the magnetic susceptibility signal in soils. *Sci. China Ser. D Earth Sci*, 44 (4): 318-325.
- 25- Lu S. 2000. Lithological factors affecting magnetic susceptibility of subtropical soils, Zhejiang Province, China. *Catena*, 40 (4): 359-373.
- 26- Lu S.G., Chen D.J., Wang S.Y., and Liu Y.D. 2012a. Rock magnetism investigation of highly magnetic soil developed on calcareous rock in Yun-Gui Plateau, China: evidence for pedogenic magnetic minerals. *Journal of Applied Geophysics*, 77: 39-50.
- 27- Lu S.G., Zhu L., and Yu J.Y. 2012b. Mineral magnetic properties of Chinese paddy soils and its pedogenic implications. *Catena*, 93: 9-17.
- 28- Magiera T., Strzyszczyk Z., Kapicka A., and Petrovsky E. 2006. Discrimination of lithogenic and anthropogenic influences on topsoil magnetic susceptibility in Central Europe. *Geoderma*, 130 (3): 299-311.
- 29- Marwick B. 2005. Element concentrations and magnetic susceptibility of Anthrosols: indicators of prehistoric human occupation in the inland Pilbara, Western Australia. *Journal of Archaeological Science*, 32: 1357-1368.
- 30- Michel F.M., Barrón V., Torrent J., Morales M.P., Serna C.J., Boily J.F., Liu Q., Ambrosini A., Cismasu A.C., and Brown Jr., G.E. 2010. Ordered ferrimagnetic form of ferrihydrite reveals links among structure, composition, and magnetism. *Proc. Natl. Acad. Sci*, 107 (7): 2787-2792.
- 31- Mokhtari Karchegani P., Ayoubi S., Lu S.G., and Honarju N. 2011. Use of magnetic measures to assess soil redistribution following deforestation in hilly region. *Journal of Applied Geophysics*, 75: 227-236.
- 32- Mullins, C. E. 1977. Magnetic susceptibility of the soil and its significance in soil science – a review. *Journal of Soil Science*, 28: 223-246.
- 33- Nafeh M.H., and Brusseau M.K. 1985. *Electricity and Magnetism*. John Wiley Sons, Inc.
- 34- Nelson R.E. 1982. Carbonate and gypsum. In: Page, A.L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Agron. Monogr. vol. 9. ASA and SSSA, Madison, WI*, pp. 181-196.
- 35- Oades J. M., and Townsend W. N. 1963. The detection of ferromagnetic minerals in soils and clays. *Journal of Soil Science*, 14: 179-187.
- 36- Owliaie H., Adhami E., Chakerhosseini M., Rajaei M., and Kasraian A. 2009. Evaluation of magnetic susceptibility source using CBD treatment and micro CT-scan images in some soils of Fars Province. *Journal of Water and Soil Science*, 12 (46): 773-788.
- 37- Owliaie H.R., and Enjavinejad M. 2016. *Soil Magnetism. Agricultural education and research publication*. P280. (in Persian)
- 38- Page A.L., Miller R.H., and Keeney D.R. 1982. *Methods of Soil Analysis, Second edition. Part2: Chemical and Biological Properties*. Soil Sci. Soc. AM. J. Inc. Publisher.
- 39- Sadiki A., Faleh A., Navas A., and Bouhlassa S. 2009. Using magnetic susceptibility to assess soil degradation in the Eastern Rif, Morocco. *Earth Surf. Process. Landforms*, 34: 2057-2069.
- 40- Sarmast M., Farpoor M.H., and Esfandiarpour I. 2017. Magnetic susceptibility of soils along a lithotoposequence in southeast Iran. *Catena*, 156: 252-262.
- 41- Schaetzl R., and Anderson A. 2009. *Soils Genesis and Geomorphology*. Cambridge University Press, UK, ISBN. 978-0-521-81201-6.

- 42- Schwertmann U., and Taylor R.M. 1989. Iron oxides. P. 379-438. In: Dixon, J.B. and S.B. Weed, (eds.), Minerals in soil environment. Soil Science Society of America, Madison, USA.
- 43- Stanjek H., Fassbinder J. W. E., Vali H., Wägele H. and Graf W. 1994. Evidence of biogenic greigite (ferrimagnetic Fe<sub>3</sub> S<sub>4</sub>) in soil. *Eur. J. Soil Sci*, 45: 97-103.
- 44- Su P., Xie T.T., and Zhou Z. 2011. C4 plant species and geographical distribution in relation to climate in the desert vegetation of China. *Sciences in Cold and Arid Regions*, 3(5): 0381-0391.
- 45- Szuszkiewicz M., Łukasik A., Magiera T., Mendakiewicz M. 2016. Combination of geo-pedo- and technogenic magnetic and geochemical signals in soil profiles - diversification and its interpretation: a new approach. *Environmental Pollutant*, 214: 464-477.
- 46- Tucker P.M. 1952. High magnetic effect of lateritic soil in Cuba. *Geophysics*. 17:753-775.
- 47- Vafaiezhadeh R., Ayoubi SH., Mosadeghi M.R., and Yousefifard M. 2016. Slope and Land Use Changing Effects on Soil Properties and Magnetic Susceptibility in Hilly Lands, Yasouj Region. *Journal of Water and Soil*, 30 (2): 632-642. (in Persian with English abstract)
- 48- Walkey A., and Black I. A. 1934. An Examination of the Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. *Soil Science*, 37: 29-38.
- 49- Xia D., Jin M., Liu X., Chen F., Ma J., Zhao H., Wang X., and Wei H. 2007. A preliminary study on the magnetic signatures of modern soil in Central Asia. *Front. Earth Sci.* 1 (3): 275-283.
- 50- 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.
- 51- Yin L. J., Li M. R. 1997. A study on the geographic distribution and ecology of C4 plant in China, *Acta Ecological Sinica* (In Chinese with English abstract), 17: 350-363.

## Magnetic Susceptibility Related to Soil Properties in Different Land Uses of Bardsir Region, Kerman Province

S. Taghdis<sup>1</sup> – M. H. Farpoor<sup>2\*</sup>

Received: 01-01-2018

Accepted: 26-02-2018

**Introduction:** Soil magnetic properties reflect the complex chemical, geological and biological interactions occur in the soil. Thus, knowledge about the factors affecting soil magnetic properties helps better understanding and interpreting the results. The lithogenic magnetic minerals are often found in the coarse soil fractions (sand and silt) and they have inherited from parent rocks. Weathering and soil formation factors may lead increasing or decreasing of magnetic susceptibility. Climate and vegetation type are among the other factors affecting magnetic susceptibility too. Amount and distribution of magnetic susceptibility may also be affected by land use. The main objective of this research was to study the effect of different land uses and vegetation types on the magnetic susceptibility of topsoil related to soil properties.

**Materials and Methods:** The study area was located in MahoonakeZiba around the Bardsir region, Kerman Province. The moisture and temperature regimes of the study area were sub aridic and mesic, respectively. The study area is located in the alluvial plain with igneous parent material originated from andesite, volcanic tuff, and dacite. Four land uses including farmland, well-covered pasture, disturbed pasture and degraded dryland farm with similar climate, topography, and parent material were selected. Overall, 60 complex surface samples were collected from the depth of 0-15 cm. The physicochemical analyses were done on the samples after that the soils were air dried, crushed, and passed through a 2 mm sieve. The soils magnetic susceptibility ( $\chi$ ) in low (0.46 kHz) and high (4.6 kHz) frequencies were measured using the Bartington MS2 dual frequency sensor in two replications. The frequency depended magnetic susceptibility ( $\chi_{fd}$  %) was calculated as a development index of soil forming factors reflecting ferrimagnetic particle sizes.

**Results and Discussion:** The pH of studied soils were in the range of neutral to alkaline and had the lowest coefficient of variance between measured parameters. The average of soil EC was 1.76 dS/m with a high coefficient of variance. The lowest amount of organic matter was in land use of degraded dryland farm (0.26 %) and the highest was in farmland (2.15 %). The lowest amount of calcium carbonate with the coefficient of variance 12.37 % measured in the degraded pasture and its maximum was in the farmland. The loamy sand and sandy loam textural classes were found in the area under study. The minimum and maximum amounts of  $\chi_{fd}$  were determined in farmland ( $134.8 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ ) and well-covered pasture ( $1778.9 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ ), respectively and the relatively high mean value was  $695.83 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ . The topsoil of the study area was formed on alluvial deposits with a parent material originated from igneous andesite, tuff and dacite rocks. The high values of magnetic susceptibility of all soils under study could be attributed to the existence of initial magnetic minerals inherited from the parent material. The statistical analysis revealed a significant difference among  $\chi_{fd}$  values ( $p < 0.05$ ). The average measured  $\chi_{fd}$  values decreased in the order of well-covered pasture, disturbed pasture, degraded dryland farm, and farmland. The cultivated soils showed significantly lower magnetic susceptibility values compared to natural vegetative land uses. The type of irrigation water and fertilization could have affected calcium carbonate and salt contents of soils. The lower amounts of magnetic susceptibility observed in soils were attributed to the higher amounts of calcium carbonate and salts. It seems that irrigation has led to decrease of soil wetting-drying periods which in turn decreased transformation of nonmagnetic to magnetic forms of minerals. The calculated  $\chi_{fd}$  in the range of 0.52 to 1.73 percent indicated the presence of multidomain particles induced from igneous parent materials as the main source of magnetic susceptibility in the studied area. The variability of most measured soil properties determined in different land uses was statistically significant. There was a significant positive correlation between magnetic susceptibility and sand content. On the other hand, a significant negative correlation among magnetic susceptibility, silt and calcium carbonate contents were

1 and 2- Ph.D. Student and Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman

(\* - Corresponding Author Email: farpoor@uk.ac.ir)

observed. Besides, the kind of vegetation cover affects the amount of soil magnetic susceptibility. In the well-covered pasture, the vegetation is usually C4 type. While, the farmland soils were usually covered by C3 plants including wheat, barley, and alfalfa. According to human-induced erosion and over grazing in degraded pasture and dryland, very scarce vegetation was found. Therefore, it seems that C4 plants present in soils of well-covered pasture played a role in increasing the topsoil magnetic susceptibility in this land use.

**Conclusion:** The results showed that, type of land use and vegetation cover have caused the formation and accumulation of soil magnetic minerals by affecting soil forming processes and changing the soil properties.

**Keywords:** Central Iran, Magnetic parameters, Farmland, Pasture, Soil magnetism

