

مقدمه

تغییر در کاربری اراضی مرتع و جنگل سبب هدر رفت کربن آلی، تخریب ساختمان خاک، کاهش هدایت هیدرولیکی و افزایش چگالی ظاهری خاک می‌گردد [۳۳] و به طور عام ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و در نتیجه کیفیت آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۲۳]. کیفیت خاک را به طور مستقیم نمی‌توان اندازه‌گیری کرد، بلکه با اندازه‌گیری چند شاخص می‌توان اقدام به ارزیابی آن نمود که نوع شاخص‌های مورد استفاده به مقیاس و اهداف پژوهش بستگی دارد [۱۲]. پژوهشگران مختلف از قبیل مارتینز - منا و همکاران [۲۱]، کیانی و همکاران [۱۷]، یوسفی فرد و همکاران [۳۰] و گاجیک و همکاران [۱۹] در بررسی‌های خود به تاثیر سوء تغییر کاربری اراضی بر ماده آلی خاک اشاره نموده‌اند. همچنین اندازه و پایداری خاکدانه‌ها می‌تواند شاخصی از تغییرات کیفیت خاک ناشی از مدیریت‌های متفاوت در شرایط مشخص محسوب گردد [۲۶]. پایداری خاکدانه‌ها همبستگی بالایی با میزان ماده آلی خاک دارد [۵]. بنابراین ماده آلی به عنوان یک شاخص غالب در پایداری خاکدانه‌ها است. پایداری خاکدانه به عنوان یک ویژگی اصلی خاک، فرسایش‌پذیری خاک را کنترل می‌کند [۳]. اکو و مایدوگوری [۷] و کاویان و همکاران [۱۴] بیان نمودند که جدایش خاک بطور معنی‌داری با افزایش ماده آلی خاک و اندازه خاکدانه، کاهش می‌یابد.

شاخص فرسایش‌پذیری خاک نیز بیان کمی و کیفی حساسیت ذاتی ذرات خاک به جدا شدن و انتقال توسط عوامل فرسایشی بوده و در واقع مبین تاثیر بسیاری از ویژگی‌های خاک و اثرات متقابل آنها می‌باشد. این شاخص نیز تحت تاثیر تغییر کاربری اراضی قرار می‌گیرد [۲۸]، [۲۹] و [۳۱]. فرسایش‌پذیری خاک یکی از عوامل ۶ گانه موثر در فرسایش آبی در رابطه جهانی فرسایش خاک است. این عامل نشان‌دهنده سهولت جدا شدن ذرات خاک در اثر قطرات باران و نیروی رواناب است [۲۷].

واعظی و همکاران [۲۷] بیان نمودند که تفاوت در ویژگی‌های خاک بر روی فرسایش‌پذیری تاثیر می‌گذارد. فرسایش‌پذیری در یک خاک معین ارتباط نزدیکی با توزیع اندازه ذرات آن، نفوذپذیری، محتوای ماده آلی و ساختار خاک دارد. پژوهشگران اعتقاد دارند عملیات کشاورزی بدون رعایت موارد حفاظتی در کوتاه مدت محتوای کربن خاک را کاهش می‌دهد [۹] و [۳۲]. در داخل و خارج از کشور پژوهشگران مختلفی از جمله حاج عباسی و همکاران [۱۲]، واعظی و

مطالعه تاثیر تغییر کاربری اراضی بر تخریب خاک
در شمال ایران

(مطالعه موردی: حوزه آبخیز کسلیان)

عطاله کاویان^۱، مریم رضایی پاشا^۲

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۰۵ تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۶/۱۳

چکیده:

تغییر کاربری اراضی به طور عام ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و در نتیجه کیفیت آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد. لذا در این پژوهش تاثیر تغییر کاربری اراضی بر تخریب خاک در بخشی از شمال ایران با استفاده از شاخص‌های پایداری خاکدانه، فرسایش‌پذیری خاک، تخریب خاک و وزن مخصوص ظاهری خاک بررسی گردید. برای این منظور ۱۲۰ نمونه خاک از سه کاربری اراضی مجاور هم شامل جنگل، مرتع و کشاورزی در دو عمق ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی متری از حوزه آبخیز کسلیان جمع‌آوری گردید. نتایج تحلیل واریانس نشان داد که شاخص فرسایش‌پذیری خاک، وزن مخصوص ظاهری و شاخص پایداری خاکدانه‌ها در هر دو عمق بین کاربری‌های مختلف در سطح ۹۹ درصد دارای اختلاف معنی‌دار هستند. شاخص فرسایش‌پذیری خاک در عمق سطحی به ترتیب در کاربری کشاورزی و مرتع ۸۵/۷ و ۱۱۴/۳٪ و در عمق ۱۰-۲۰ سانتی متر نیز ۹/۰۹ و ۷۲/۷۲٪ نسبت به کاربری جنگل افزایش داشته است. پایداری خاکدانه‌ها در کاربری مرتع ۵۲/۱۷٪ و کاربری کشاورزی ۱۹/۵۶٪ در عمق سطحی و به ترتیب ۲۴/۱۷ و ۵۵/۴۸٪ در عمق ۱۰-۲۰ سانتی متر نسبت به کاربری جنگل کاهش داشته است. نتایج حاصل از شاخص تخریب خاک نیز مقادیر منفی در کاربری مرتع و کشاورزی نسبت به کاربری جنگل را نشان داده است که بیانگر نزول کیفیت خاک در اثر تغییر کاربری اراضی می‌باشد.

کلمات کلیدی: پایداری خاکدانه، فرسایش‌پذیری خاک، شاخص تخریب خاک، حوزه آبخیز کسلیان

۱- استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری - نویسنده مسئول a.kavian@sanru.ac.ir آدرس: ساری، صندوق پستی ۷۳۷
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائمشهر

تصادفی در ۵ نقطه [۶]، [۴] و در ۲ عمق ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی متر [۲۵]، [۲۶] برداشت گردیدند. در مجموع طی عملیات صحرائی که در پاییز ۱۳۸۸ انجام گرفت، ۱۲۰ نمونه خاک جهت اندازه‌گیری شاخص‌های کیفی خاک برداشت و در زمان مناسب به آزمایشگاه منتقل گردید.

تجزیه ویژگی‌های خاک

برای آماده‌سازی نمونه‌ها، خاک‌ها از الک ۲ میلی متری عبور داده شدند. ویژگی‌های فیزیکی خاک شامل درصد رس، سیلت و شن با استفاده از روش هیدرومتری [۱] و [۱۱] اندازه‌گیری شد. همچنین اندازه‌گیری ماده آلی خاک نیز با روش والکی و بلک [۲۲] و [۲۴] انجام شد. برای اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری خاک^۱ از استوانه ۱۰ سانتی متری جهت نمونه‌برداری در ۲ عمق ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی متری استفاده گردید [۲۰].

اندازه‌گیری آزمایشگاهی شاخص پایداری خاکدانه‌ها

میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD)^۲ به روش الک‌تر [۴]، [۲۵]، [۱۹] و [۶] تعیین شد. برای این منظور ابتدا هر یک از نمونه‌های خاک دست نخورده از الک ۴/۷۵ میلی متری عبور داده شدند. سپس ۵۰ گرم از آن توزین شدند و بر روی سری الک‌های ۱، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۱۲۵، ۰/۰۶۳ و ۰/۰۳۲ میلی متری پخش شدند و به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه الک‌تر قرار داده شدند. سرعت چرخش دستگاه ۱۴۲۵ دور در هر دقیقه در ۵۰ Hz و ۱۱۳۰ دور در هر دقیقه در ۶۰ Hz بود. سپس نمونه‌های باقیمانده روی هر الک جمع‌آوری شده و به مدت ۲۴ ساعت در آن با حرارت ۱۰۵ درجه خشک شده و وزن گردیدند [۴] و در نهایت میانگین قطر خاکدانه‌ها با استفاده از رابطه ۱ تعیین گردید.

$$MWD = \sum x_i w_i \quad \text{رابطه ۱}$$

که X_i میانگین قطر خاکدانه‌ها

W_i نسبت وزن خاکدانه‌ها در هر الک به وزن کل است [۱۲].

برآورد شاخص فرسایش پذیری خاک

شاخص فرسایش پذیری خاک (K) بر اساس رابطه ویشمایر و همکاران (رابطه ۲) [۴] برآورد گردید.

رابطه ۲

$$k = \frac{0.00021 \cdot M^{1.14} \cdot (12 - OM) + 3.25 \cdot (C_{soilstr} - 2) + 2.25 \cdot (C_{perm} - 3)}{100}$$

که:

$$M = (m_{silt} + m_{vfs}) \cdot (100 - m_c) \quad \text{M = فاکتور بافت؛}$$

1 - Bulk Density

2 - Mean Weight Diameter

همکاران [۲۷]، یوسفی فرد و همکاران [۳۰]، اورندیلک و همکاران [۸]، سلیک [۴]، عمادی و همکاران [۶]، خرمالی و همکاران [۱۶] به مطالعه اثر تغییر کاربری اراضی بر شاخص‌های پایداری و فرسایش‌پذیری خاک پرداختند. نتایج نشان داد در نتیجه تخریب جنگل و تبدیل آن به اراضی کشاورزی، میانگین وزنی قطر (MWD) از ۱/۴۹ به ۰/۸۸ میلی متر کاهش یافت. همچنین وزن مخصوص ظاهری خاک حدود ۵۰ درصد افزایش یافت.

مرور سوابق پژوهش موید اهمیت تاثیر تغییر کاربری اراضی بر روی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌باشد. ارزیابی برخی شاخص‌های نشان‌دهنده کیفیت خاک تحت تغییر کاربری از جنگل به کاربری‌های دیگر در شمال کشور کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. بنابراین هدف از پژوهش حاضر مطالعه تاثیر تغییر کاربری اراضی از جنگل به کشاورزی و از کشاورزی به مرتع بر روی تخریب کیفیت خاک می‌باشد لذا برای رسیدن به این هدف از برخی شاخص‌های کیفی خاک از جمله: شاخص پایداری خاکدانه، شاخص فرسایش‌پذیری خاک، وزن مخصوص ظاهری و شاخص تخریب خاک (DI) استفاده گردید. که با استفاده از این شاخص‌ها براحتی می‌توان میزان بهبود یا تخریب کیفیت خاک در اثر تغییر کاربری اراضی را کمی و مقایسه نمود.

مواد و روش:

ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه:

حوزه آبخیز کسلیان یکی از زیرحوزه‌های آبخیز تالار بوده و در ارتفاعات زون مرکزی البرز، با وسعت ۳۴۲/۸۶ کیلومتر مربع در استان مازندران واقع شده است. در منطقه مورد مطالعه، خاک‌های با بافت متوسط تا سبک و قدرت نفوذپذیری متوسط وجود دارد. تاریخچه مطالعاتی که در گذشته در مورد روند تغییر کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه انجام شده نشان داده‌اند که تغییر کاربری منطقه به طور معمول از جنگل به کشاورزی بوده و با گذشت چند سال از این تغییر کاربری، به دلیل از دست رفتن حاصلخیزی خاک و کم بازده شدن، اراضی کشاورزی رها شده و از این اراضی به عنوان مرتع برای چرای دام استفاده گردیده است [۱۵]. محل‌های نمونه‌برداری در محدوده جغرافیایی ۳۶°۵۳ تا ۳۷°۵۳ طول شرقی و ۲۰°۳۶ تا ۳۶°۵۶ عرض شمالی در مجاورت روستاهای سنگده، ولیک بن و وزملا قرار گرفته‌اند.

نمونه‌برداری خاک

مناطق تحت تغییر کاربری اراضی بر اساس عملیات میدانی در بخشی از حوزه آبخیز کسلیان انتخاب شدند. در انتخاب مناطق نمونه‌برداری دقت گردید تا شرایط توپوگرافی، اقلیمی، مواد مادری سه کاربری مشابه یکدیگر باشند. بدین منظور نمونه‌برداری خاک در ۳ کاربری جنگل، مرتع و کشاورزی مجاور هم انجام شدند. در هر کاربری ۴ محل [۴] مشخص شده و نمونه‌ها به روش

شاخص تخریب میزان بهبود یا تخریب در کیفیت خاک را در مقایسه با یک کاربری مینا که همان جنگل بوده بیان می‌کند لذا اگر مقادیر شاخص تخریب در اثر تغییر کاربری از جنگل به سایر کاربری‌ها مثبت باشد بیانگر بهبود کیفیت خاک بوده و در صورت بدست آمدن مقادیر منفی نشانگر نزول کیفیت خاک می‌باشد که به معنی تخریب خاک است.

تجزیه و تحلیل آماری:

کلیه داده‌های بدست آمده وارد محیط نرم‌افزار Excel گردید. آزمون نرمال بودن داده‌های شاخص پایداری خاکدانه‌ها، ماده آلی، شاخص فرسایش‌پذیری خاک و وزن مخصوص ظاهری به روش کلوموگروف-اسمیرنوف [۱۰] و در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ مورد بررسی قرار گرفت. مولفه‌های آماری نظیر میانگین، انحراف معیار، حداقل، حداکثر، چولگی، کشیدگی استخراج گردید. از تحلیل واریانس یک طرفه و مقایسه میانگین‌های چندگانه [۱۹] به روش LSD^۲ در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ [۲] جهت مقایسه شاخص پایداری خاکدانه، وزن مخصوص ظاهری و شاخص فرسایش‌پذیری خاک بین کاربری‌های مختلف استفاده گردید. همچنین وجود یا عدم همبستگی بین شاخص پایداری خاکدانه و فرسایش‌پذیری خاک با ویژگی‌های فیزیکی خاک به روش همبستگی پیرسون مورد بررسی قرار گرفت. کلیه تحلیل‌های آماری در نرم‌افزار SPSS.۱۶ انجام گرفت.

نتایج:

آزمون نرمال بودن داده‌ها به روش کلوموگروف - اسمیرنوف نشان داد داده‌های شاخص پایداری خاکدانه، ماده آلی و شاخص فرسایش‌پذیری خاک دارای توزیع نرمال در سطح ۹۵٪ می‌باشد. هم چنین وزن مخصوص ظاهری در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متر در کاربری کشاورزی در سطح ۹۵٪ دارای توزیع نرمال نبوده ولی در سایر کاربری‌ها در هر دو عمق دارای توزیع نرمال می‌باشند. نتایج تحلیل واریانس نشان داد که شاخص فرسایش‌پذیری خاک در هر دو عمق ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی‌متر در سطح ۹۹٪ دارای اختلاف معنی‌دار بین کاربری‌های مختلف می‌باشد. نتایج LSD نیز نشان داد که شاخص فرسایش‌پذیری خاک در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متر بین کاربری کشاورزی و جنگل (سطح ۹۹٪) و جنگل و مرتع (سطح ۹۹٪) دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متر نیز اختلاف معنی‌داری بین کاربری کشاورزی و مرتع (سطح ۹۹٪) و کاربری جنگل با مرتع (سطح ۹۹٪) مشاهده شده است (شکل ۱-ح، خ). همچنین وزن مخصوص ظاهری در هر دو عمق دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۹٪ است و نتایج آزمون LSD نشان داد که در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متر بین کشاورزی با جنگل (سطح ۹۹٪) و کشاورزی با مرتع (سطح ۹۹٪) اختلاف معنی‌دار وجود دارد. اما اختلاف معنی‌داری

m_{silt} - درصد سیلت (۰/۰۰۲ - ۰/۰۵ میلی‌متر)
 m_{vfs} = درصد شن ریز (۰/۰۵ - ۰/۱ میلی‌متر)
 mc = درصد رس (۰/۰۰۲ < میلی‌متر)
 $Csoilstr$ = کد ساختمان خاک
 $Cperm$ = کلاس نفوذپذیری پروفیل
 OM = درصد ماده آلی

ساختمان خاک با کدهای ۱ تا ۴ نشان داده می‌شود که نشان‌دهنده ساختمان دانه‌ای خیلی ریز (کد ۱) تا ساختمان مترکم (کد ۴) است و با استفاده از اطلاعات ساختمان نیمرخ‌های حفر شده موجود در منطقه تعیین گردید. کلاس نفوذپذیری با اعداد ۱ تا ۶ در رابطه فوق نشان داده شده است که از نفوذپذیری زیاد تا خیلی زیاد (کد ۱) تا نفوذپذیری خیلی کم (کد ۶) می‌باشد. جهت تعیین کلاس نفوذپذیری به دلیل اینکه اطلاعات نفوذپذیری برای هر نمونه در دسترس نبوده است، با استفاده از بافت خاک در هر کاربری اراضی، گروه هیدرولوژیکی خاک و نفوذپذیری متناسب با آن مشخص گردید.

محاسبه شاخص تخریب خاک^۱

با توجه به اینکه در گذشته کل منطقه دارای کاربری جنگل بوده و از نظر زمین‌شناسی به جز برخی از نواحی حاشیه رودخانه که از رسوبات کف دره تشکیل شده است بقیه نواحی دارای سازندهای زمین‌شناسی یکنواختی بودند (سازند شمشک) و با در نظر گرفتن شرایط مشابه توپوگرافی و اقلیمی، خاک دارای ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی یکسانی می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات مشاهده شده در حال حاضر در اثر تغییر کاربری اراضی حاصل شده است.

با توجه به این روند که تغییر کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه از جنگل به کشاورزی و سپس به مرتع می‌باشد [۱۵]، برای بدست آوردن شاخص تخریب خاک فرض می‌شود که خاک اراضی کشاورزی و مرتع تغییر یافته از جنگل دارای شرایط فیزیکی و شیمیایی مشابه با کاربری جنگل می‌باشد که تحت تاثیر تغییر کاربری اراضی این خصوصیات تغییر یافته‌اند. تفاوت بین میانگین هر ویژگی خاک در هر یک از کاربری‌های مرتع و کشاورزی با مقدار همان ویژگی خاک در جنگل مقایسه می‌شود و به عنوان درصد میانگین هر ویژگی خاک بیان می‌گردد و سپس مجموع درصدهای همه ویژگی‌های خاک به عنوان شاخص کلی تخریب خاک محاسبه می‌گردد. تنها ویژگی‌هایی از خاک لحاظ می‌شود که تغییر کاربری سبب کاهش مقادیر آنها شده است. لذا مقادیر PH, C/N, BR, سیلت و رس در این محاسبه وارد نگردید [۱۳]. در این مطالعه شاخص تخریب خاک بر مبنای میانگین درصد شن، وزن مخصوص ظاهری و ماده آلی [۱۳]، [۱۸] بدست آمده است.

2- Least significant differences test

1- Deterioration Index (DI)

کشاورزی		مرتع		جنگل		عمق(سانتی متر)	کاربری اراضی
۱۰-۲۰	۰-۱۰	۱۰-۲۰	۰-۱۰	۱۰-۲۰	۰-۱۰		
۱۵۷۸/۹	۱۴۴۸/۳	۲۱۶۳/۸	۲۲۶۳/۱	۲۴۲۳/۱	۲۱۵۷/۱	میانگین	وزن مخصوص ظاهری خاک (کیلوگرم بر مترمکعب)
۶۶۳/۸۴	۶۷۰/۱	۷۶۷۷/۵	۷۵۴/۷	۶۱۰/۰۵	۵۸۳/۴۵	انحراف معیار	
۳۱۴/۵۱	۸۶۲/۹۵	۱۰۸۷/۵	۶۹۳/۳۷	۱۰۱۸/۷۹	۱۰۷۲/۴۹	حداقل	
۲۷۰۵/۱۲	۲۹۷۲/۰۵	۳۵۸۰/۵	۳۲۸۳/۴	۳۳۹۲/۷۷	۳۲۲۴/۳۱	حداکثر	
۰/۱۷	۱/۴۱	۰/۳۰	-۰/۶۸	-۰/۷۰	-۰/۳۲	چولگی	
-۰/۶۵	۰/۹۳	-۱/۱۸	-۰/۷۱	۰/۲۱	-۰/۶۸	کشیدگی	
۰/۳۳	۰/۲۹	۰/۵۷	۰/۵۴	۰/۶۹	۰/۶۶	میانگین	
۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۲۱	۰/۲۲	۰/۲۷	۰/۲۵	انحراف معیار	
۰/۱۹	۰/۱۴	۰/۰۸	۰/۲۳	۰/۲	۰/۲۶	حداقل	
۰/۴۸	۰/۶۲	۰/۹۳	۱/۲۵	۱/۲۲	۱/۲۲	حداکثر	
۰/۰۵	۱/۴۰	-۰/۴۶	۱/۵۹	۰/۰۳	۰/۶۸	چولگی	
-۰/۹۲	۱/۹۷	-۰/۲۰	۳/۸۷	-۰/۵۵	-۰/۳۴	کشیدگی	
۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۹	۰/۱۵	۰/۱۱	۰/۰۷	میانگین	شاخص فرسایش‌پذیری خاک (بدون واحد)
۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۶	انحراف معیار	
۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۱	-۰/۰۲	حداقل	
۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۳۵	۰/۲۴	۰/۲۶	۰/۲۱	حداکثر	
۰/۲۸	۰/۶۶	۰/۹۱۶	۰/۲۶	۰/۴۳	۰/۵۲	چولگی	
۰/۳۶	۰/۰۵۱	-۰/۲۲	-۱/۰۴۱	۰/۱۳	-۰/۵۲	کشیدگی	

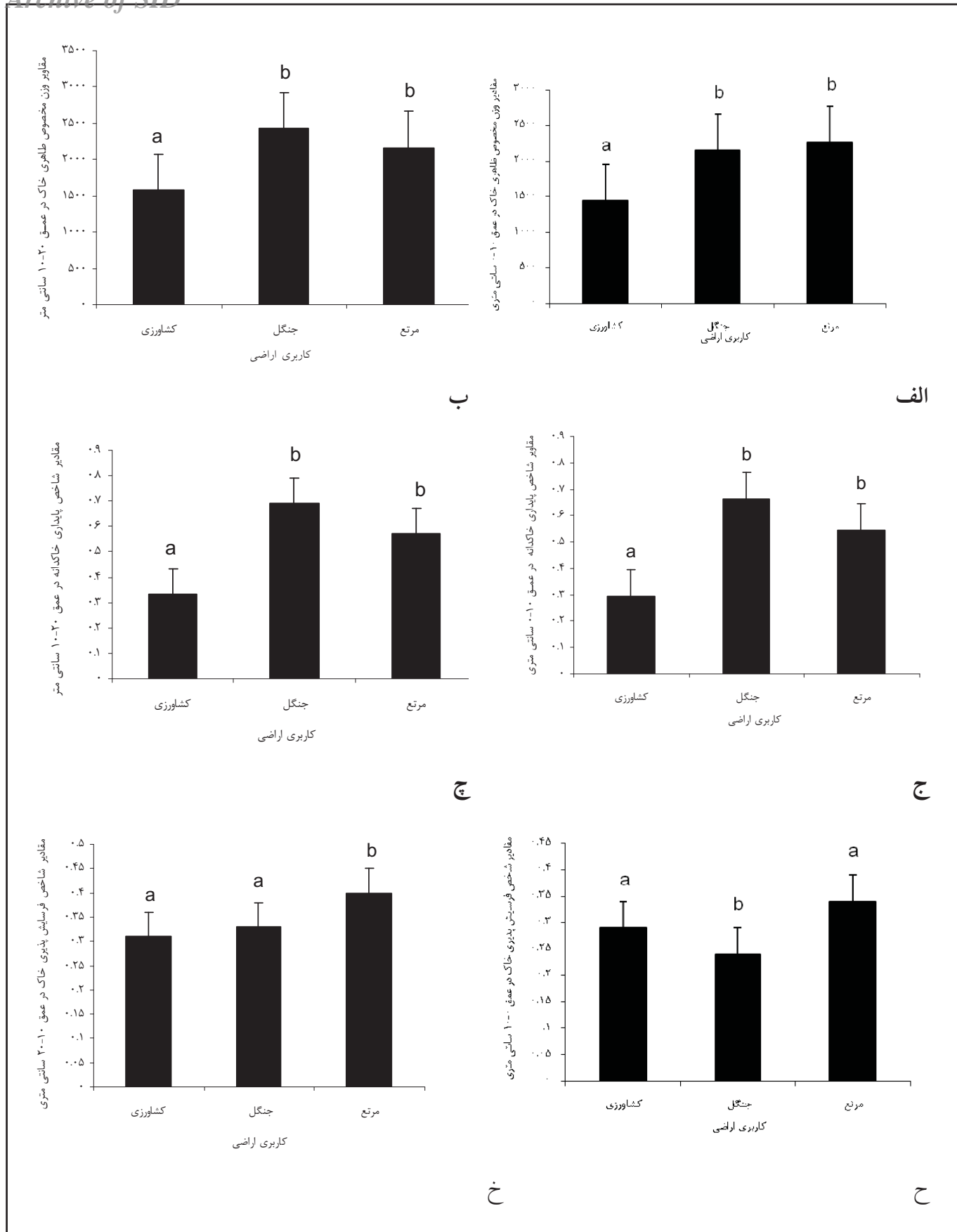
نتایج همبستگی بین فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی با شاخص فرسایش‌پذیری خاک و شاخص پایداری خاکدانه نشان داد بین شاخص پایداری خاکدانه با وزن مخصوص ظاهری (۰/۲۵۹) $r=0/046= sig$ در سطح ۹۵٪ و بین شاخص پایداری خاکدانه و ماده آلی (۰/۴۳۳) $r=0/01= sig$ در سطح ۹۹٪ همبستگی معنی‌دار وجود دارد (جدول ۳).

هم چنین ارتباط بین وزن مخصوص ظاهری با ماده آلی، رس و سیلت رابطه مثبت و با شن رابطه منفی است. علاوه بر این ارتباط بین شاخص پایداری خاکدانه و شن منفی و شاخص پایداری خاکدانه با رس و سیلت مثبت است.

شاخص تخریب خاک

شاخص تخریب (DI) محاسبه شده در این بررسی منعکس‌کننده درصد تغییرات ویژگی‌های خاک در کاربری‌های مختلف نسبت به مقادیر پایه آن در کاربری جنگل می‌باشد (شکل ۲ و جدول ۴).

بین جنگل با مرتع در عمق ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی‌متر مشاهده نشد. هم چنین در عمق ۱۰-۲۰ اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۹٪ بین کشاورزی با جنگل و همچنین کشاورزی با مرتع وجود دارد (شکل ۱- الف، ب). نتایج تحلیل واریانس یک طرفه شاخص پایداری خاکدانه‌ها نشان داد که مقدار این شاخص در کاربری‌های مختلف در سطح ۹۹٪ دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد. نتایج LSD نشان داد که در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متر اختلاف معنی‌داری بین کشاورزی با جنگل (سطح ۹۹٪) و کشاورزی با مرتع (سطح ۹۹٪) وجود دارد. هم چنین اختلاف معنی‌داری بین مرتع با جنگل در عمق ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی‌متری مشاهده نشد. هم چنین اختلاف معنی‌داری بین کشاورزی با جنگل (سطح ۹۹٪) و کشاورزی با مرتع (سطح ۹۹٪) در عمق ۰-۲۰ سانتی‌متر مشاهده شد (شکل ۱- ج، چ). روند تغییرات وزن مخصوص ظاهری و شاخص پایداری خاکدانه در هر سه کاربری و هر دو عمق کاملاً مشابه با هم می‌باشد. خلاصه آماری مرتبط با پارامترهای بررسی در جدول ۱ آمده است.



شکل ۱- نتایج مقایسه میانگین ها به روش LSD در سطح ۹۵٪ و ۹۹٪

P	F	میانگین \pm انحراف معیار	تعداد نمونه	فاکتور خاک	
۰/۰۰۱**	۸/۶۶	۱/۹۵ \pm ۷۶۰/۵	۶۰	۰-۱۰	وزن مخصوص خاک (کیلوگرم بر متر مکعب)
۰/۰۰۱**	۸/۰۰	۲/۰۵ \pm ۰/۲۵	۶۰	۱۰-۲۰	
۰/۰۰۰**	۱۵/۸۱	۰/۵۰ \pm ۰/۲۵	۶۰	۰-۱۰	شاخص پایداری خاکدانه (میلی متر)
۰/۰۰۰**	۱۴/۸۳	۰/۵۳ \pm ۰/۲۵	۶۰	۱۰-۲۰	
۰/۰۰۰**	۹/۷۸	۰/۰۷ \pm ۰/۱۲	۶۰	۰-۱۰	شاخص فرسایش پذیری خاک (بدون واحد)
۰/۰۰۱**	۷/۷۷	۰/۰۷ \pm ۰/۱۴	۶۰	۱۰-۲۰	

** اختلاف معنی دار در سطح اعتماد ۹۹ درصد

* اختلاف معنی دار در سطح اعتماد ۹۵ درصد

n.s اختلاف معنی دار وجود ندارد

جدول ۳- نتایج همبستگی بین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با شاخص‌های فرسایش پذیری و پایداری خاکدانه در عمق ۰-۲۰

		وزن مخصوص ظاهری (کیلوگرم بر متر مکعب)	شاخص پایداری خاکدانه (mm)	درصد ماده آلی	درصد رس	درصد شن	درصد سیلت
شاخص فرسایش پذیری خاک	ضریب همبستگی پیرسون	۰/۱۸	-۰/۱۹	-۰/۴۹**	-۰/۰۵	-۰/۰۲	۰/۰۹
	سطح معنی داری	۰/۱۴	۰/۱۴	۰	۰/۶۶	۰/۸۶	۰/۴۶
وزن مخصوص ظاهری (کیلوگرم بر متر مکعب)	ضریب همبستگی پیرسون	۱	۰/۲۵*	۰/۲۰	۰/۱۴	-۰/۱۸	۰/۱۵
	سطح معنی داری		۰/۰۴	۰/۱۱	۰/۲۸	۰/۱۵	۰/۲۲
شاخص پایداری خاکدانه (میلی متر)	ضریب همبستگی پیرسون		۱	۰/۴۳**	۰/۱۶	-۰/۲۰	۰/۱۶
	سطح معنی داری			۰/۰۰	۰/۲۱	۰/۱۲	۰/۲۰
درصد ماده آلی	ضریب همبستگی پیرسون			۱	۰/۲۰	-۰/۲۶*	۰/۲۳
	سطح معنی داری				۰/۱۲	۰/۰۳	۰/۰۷
درصد رس	ضریب همبستگی پیرسون					-۰/۸۱**	۰/۲۹*
	سطح معنی داری					۰	۰/۰۲
درصد شن	ضریب همبستگی پیرسون						-۰/۷۹**
	سطح معنی داری						۰

همکاران [6] و خرمالی و همکاران [16] نیز نتایج مشابهی را گزارش نمودند. نتایج پژوهش حاضر نیز بر اثر عملیات کشاورزی بر بالا بردن میزان فرسایش پذیری خاک تاکید می کند. در پژوهش حاضر مقدار فرسایش پذیری خاک کاربری مرتع بیشتر از کاربری کشاورزی بوده که دلیل آن می تواند این مسئله باشد که کاربری مرتعی مورد مطالعه حاصل از تبدیل جنگل به کشاورزی و سپس از کشاورزی به مرتع می باشد. در واقع هم اثرات مخرب کشت و کار ناصحیح کشاورزی و هم فشار چرای دام تاثیر مضاعفی بر تخریب این زیست بوم مرتعی گذاشته است بطوری که مطالعات کلارستاقی و همکاران [15] نشان داد که سطح کاربری جنگل در منطقه مورد مطالعه بین سالهای ۱۹۶۷ و ۲۰۰۲، ۳/۲٪ کاهش یافته. اراضی زراعی نیز حدود ۳۶/۹٪ افزایش داشته است.

وزن مخصوص ظاهری در عمق ۰-۱۰ سانتی متر در کاربری مرتع ۴/۹ درصد افزایش و در کشاورزی ۳۲/۸۵ درصد کاهش و در عمق ۱۰-۲۰ سانتی متر در مرتع و کشاورزی به ترتیب ۱۰/۷ درصد و ۳۴/۸۳ درصد نسبت به کاربری جنگل کاهش یافته است که افزایش وزن مخصوص ظاهری در مرتع می تواند دلیل فشرده گی خاک فوقانی به دلیل چرای بیش از حد مرتع نسبت داده شود [۴]. این در حالی است که کاهش وزن مخصوص ظاهری در عمق سطحی در کاربری کشاورزی با نتایج سلیک [۴] و اورندیلک و همکاران [۸] و عمادی و همکاران [6] مغایرت دارد. که علت مغایرت را می توان در این امر دانست که در منطقه مورد مطالعه نمونه های وزن مخصوص ظاهری از اراضی کشاورزی بعد از شخم اراضی برداشت شده که این سبب کاهش وزن مخصوص ظاهری در آن شده است.

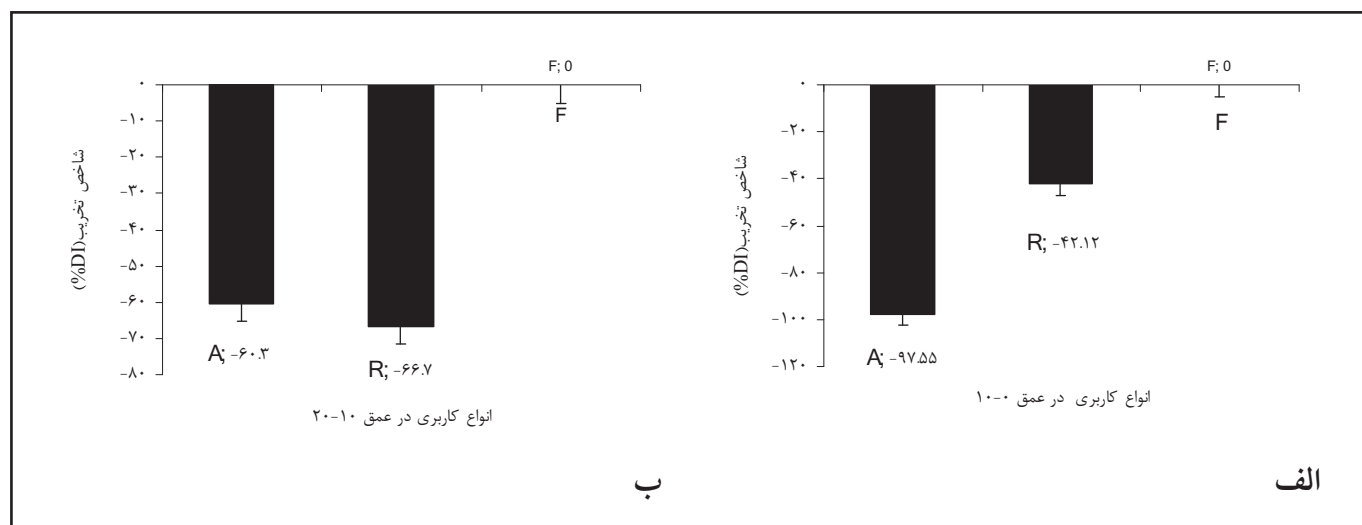
پایداری خاکدانه ها نیز در عمق ۰-۱۰ سانتی متر در کاربری مرتع و کشاورزی به ترتیب ۵۲/۱۷ درصد و ۱۹/۵۶ درصد کاهش و در عمق ۱۰-۲۰ سانتی متر نیز ۲۴/۱۷ و ۵۵/۴۸٪ نسبت به کاربری جنگل کاهش داشته است. پایداری خاکدانه ها به طور معنی داری در جنگل و مرتع نسبت به خاک کشاورزی بزرگتر است که با یافته

جدول ۴- شاخص تخریب خاک (DI) در عمق های ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی متری

ویژگی خاک (%)	۱۰-۰ سانتی متر		۲۰-۱۰ سانتی متر	
	کشاورزی	مرتع	کشاورزی	مرتع
وزن مخصوص ظاهری (کیلوگرم بر مترمکعب)	-۳۲/۸۵	۴/۹	-۳۴/۸۳	-۳۴/۸۳
درصد شن	-۴/۸	-۱۳/۴۷	۷/۹۵	-۵/۹۱
درصد ماده آلی	-۵۹/۸۷	-۳۳/۵۶	-۳۳/۴۲	-۲۵/۹۶
شاخص تخریب کلی	-۹۷/۵۵	-۴۲/۱۲	-۶۰/۳	-۶۶/۷

بحث و نتیجه گیری:

در این بررسی تاثیر تغییر کاربری اراضی بر روی تخریب خاک در شمال ایران مورد بررسی قرار گرفت. لذا تغییرات شاخص فرسایش پذیری خاک (k)، شاخص پایداری خاکدانه ها، وزن مخصوص ظاهری خاک و شاخص تخریب خاک در کاربری های جنگل، مرتع و کشاورزی مطالعه شده و ارتباط آن با برخی خصوصیات خاک شامل درصد سیلت، رس، شن و ماده آلی در سه کاربری اراضی مجاور هم مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به نتایج بدست آمده مشخص گردید که فرسایش پذیری خاک در عمق ۰-۱۰ سانتی متر در کاربری جنگل، مرتع و کشاورزی به ترتیب برابر با ۰/۰۷، ۰/۱۵ و ۰/۱۳ است که به ترتیب در کاربری کشاورزی و مرتع نسبت به جنگل ۸۵/۷ و ۱۱۴/۳ درصد افزایش داشته است همچنین این افزایش در عمق ۱۰-۲۰ سانتی متری به ترتیب ۹/۰۹ و ۷۲/۷۲٪ درصد می باشد. سلیک [۴] با مطالعه شاخص فرسایش پذیری خاک در کاربری های مختلف بیان نمود خاک های کشت شده آسیب پذیری بیشتری به فرسایش آبی نسبت به خاک جنگل و مرتع دارند. همچنین اورندیلک و همکاران [۸]، عمادی و



شکل ۲- شاخص تخریب برای کاربری ها و عمق های مختلف در حوزه معرف کسلیان

به مرتع سبب تخریب خاک شده و شرایط وخیم‌تری را برای کاربری مرتع به وجود آورده است. نتایج این پژوهش لزوم توجه بیشتر به مسئله احیای پوشش گیاهی و حفاظت خاک در کاربری مرتع و کشاورزی این منطقه را نشان می‌دهد. برای دستیابی به اهداف فوق اعمال برنامه‌های مدیریتی خاص مانند احیای مرتع، تنظیم برنامه چرای، تنظیم نرخ و زمان ورود دام، برنامه‌های قرق، کودپاشی و همچنین برنامه‌های مدیریت زراعی ضروری می‌باشد. این در حالی است که عدم برنامه‌ریزی و اجرای طرح‌های مدیریتی فوق سلامت منابع آب و خاک پایین دست را به مقدار هر چه بیشتر در معرض خطر قرار خواهند داد.

منابع

- 1-Bewketa and stroosnijder. 2003. Effect of agricultural land use succession on soil properties in chemoga watershed. blue nil basins. Ethiopia. Geoderma. 111:85-95.
- 2-Bihamta, M. R., Zare Chahoky, M. A., 2008. Principles of Statistics for the Natural Resources Science, University of Tehran Press, 300pp.(in Persian)
- 3-Cantón, Y., Solé-Benet A., Asensio, C., Chamizo, S. and Puigdefábregas, J. 2009. Aggregate stability in range sandy loam soils Relationships with runoff and erosion. Catena 77: 192-199.
- 4-Celik. 2005. Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey. Soil & Tillage Reaserch. 83(2): 270-277.
- 5-De Noni, G., Didier, B., Jean- Yves, L., Yves Le, B. and Jean, A.2002 . Proposal of soil indicators for spatial analysis of carbon stocks evolution. 17th. WCSS. 14-21 August. Thailand. 1-13.
- 6-Emadi, M., Baghernejad, M. and Memarian, H. R. 2009. Effect of land-use change on soil fertility characteristics within water-stable aggregates of two cultivated soils in northern Iran. Land use Policy. 26.(2): 52-457.
- 7-Ekwue, E. I. and Maidugury. 1991. The effects of soil organic matter content. Rainfall duration and aggregate size on soil detachment. Soil Technology. 4: 197-207.cremlingen.
- 8-Evrendilek, F., Celik, I., Kilic, S. 2004.

اورندیلک و همکاران [۸] مطابقت دارد. عدم وجود تفاوت معنی‌دار شاخص پایداری خاکدانه‌ها بین کاربری جنگل و مرتع برای هر دو عمق با یافته‌های سلیک [۴]، عمادی و همکاران [۶] تطابق دارد. در فرایندهای تبدیل جنگل و مرتع به اراضی کشت شده با حذف پوشش دائمی سطح زمین، تلفات ماده آلی (SOM) و کاهش پایداری خاکدانه‌ها، فرسایش‌پذیری افزایش می‌یابد (سلیک [۴] به نقل از لوچ و پوکنی ۱۹۹۵ و میس ۱۹۹۶ و بویکس-فایوس و همکاران ۲۰۰۱). خرمالی و همکاران [۱۶] نیز اعتقاد دارند که تلفات شدید ماده آلی، افزایش محتوای سیلت، کاهش فعالیت میکروبی و کاربرد ماشین‌آلات سنگین فاکتور اصلی برای کاهش پایداری خاکدانه‌ها بدنبال جنگل‌زدایی می‌باشد. مطالعات نشان داده‌اند که خاک‌های با پایداری بالاتر خاکدانه‌ها احتمالاً پایداری بالاتری برای تخریب و فرسایش خاک دارند [۴]. در پژوهش حاضر نیز ضریب همبستگی بین شاخص پایداری خاکدانه و شاخص فرسایش‌پذیری خاک منفی (۰/۱۹۱-) بوده و با این نتایج تطابق دارد. شاخص پایداری خاکدانه در جنگل بالاترین مقدار و در کشاورزی کمترین میزان خود را دارد. علاوه بر این وجود همبستگی‌های معنی‌دار با ضریب مثبت بین وزن مخصوص ظاهری و پایداری خاکدانه‌ها که با یافته لی و شائو [۱۹] تضاد دارد و ضریب مثبت معنی‌دار بین ماده آلی و پایداری خاکدانه‌ها که مطابق با یافته‌های لی و شائو [۱۹] و اورندیلک و همکاران [۸] تطابق دارد نیز موید این امر می‌باشد.

شاخص تخریب در کاربری مرتع و کشاورزی دارای مقادیر منفی می‌باشد که بیانگر تخریب خاک نسبت به کاربری جنگل می‌باشد. با توجه به شکل ۳ و جدول ۴ مشاهده می‌شود که کاربری کشاورزی دارای تخریب بالاتری نسبت به مرتع در مقایسه با جنگل می‌باشد. شاخص تخریب منفی در کاربری کشاورزی با نتایج اسلام و ول [۱۳] در مطالعه خود مقادیر شاخص تخریب مثبت را برای کاربری مرتع بدست آوردند که با نتایج این پژوهش مغایرت دارد که دلیل این امر را می‌توان در این موضوع دانست که در منطقه مورد مطالعه اراضی مرتعی در واقع اراضی کشاورزی رها شده هستند که پس از بهره‌برداری‌های مداوم و از دست رفتن حاصلخیزی آن رها شدند و پس از آن به عنوان اراضی مرتعی مورد چرای دام قرار گرفتند و در واقع فشار چرای دام مانع از احیای دوباره ویژگی‌های خاک و پایداری خاکدانه‌ها شده است.

در مجموع نتایج شاخص‌های مورد بررسی نشان داده است که در منطقه مورد مطالعه بالاترین میزان فرسایش‌پذیری در لایه سطحی به ترتیب مربوط به کاربری مرتع، کشاورزی و جنگل است که علت آن چرای بی‌رویه و فشار زیاد دام بر روی خاک اراضی کشاورزی رها شده است که در حال حاضر به صورت مرتع مورد تعلیف قرار می‌گیرد. بالاترین میزان شاخص پایداری خاکدانه در لایه سطحی به ترتیب مربوط به جنگل، مرتع و کشاورزی می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد تغییر کاربری اراضی از جنگل به کشاورزی و از کشاورزی

Srinivasarao, Ch., Wani, S.P. 2009. Role of deforestation and hill slope position on soil quality attributes of loess-derived soils in Golestan province, Iran, *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 134: 178–189.

17-Kiany, F., Jalalian, A., Pashai, A. & Khademi, H. 2007. Effect of Deforestation, Grazing exclusion and Rangeland Degradation on Soil Quality Indices in Loess-Derived Landforms of Golestan Province. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science*. 11(41):453-463(in Persian).

18-Lemenih, M., Olsson, M., Karlton, E. 2004. Comparison of soil attributes under *Cupressus lusitanica* and *Eucalyptus saligna* established on abandoned farmlands with continuously cropped farmlands and natural forest in Ethiopia. *Forest Ecology and Management* 195: 57–67.

19-Li, Y.Y., Shao, M.A. 2006. Change of soil physical properties under long-term natural vegetation restoration in the Loess Plateau of China *Journal of Arid Environments* 64: 77–96.

20-Mahmudy, Sh. & Hakimianm M. F., 2003. *Fundamental of soil science*. University of Tehran Press, 700pp(in Persian).

21-Martinez-Mena, M., Lopez J., Almagro, M., Boix-Fayos, C. and Albaladejo, J. 2008. Effect of water erosion and cultivation on the soil carbon stock in a semiarid area of South-East Spain. *Soil and Tillage Research* 99. 119–129.

22-Nelson, D.W. and Sommer, L. E. 1982 . total carbon. organic carbon and organic matter. In: A.L. page(Ed.). *Methods of soil analysis*. 2nd ed. ASA Monogr. Am. Soc. Agron. Madison. 9(2):539-579.

23-Refahy, H. Q., 2006. *Water erosion and its control*. University of Tehran Press, 671pp (in Persian).

24-Schnitzer, M. 1982. Total carbon. organic matter. and carbon. In: Page. A.L. Miller. R.H.. Keeney. D.R. (Eds.). *Methods of Soil Analysis*. Part 2. *Agronomy Monograph*. vol. 9. 2nd ed. American Society of Agronomy. Madison. WI:

Changes in soil organic carbon and other physical soil properties along adjacent Mediterranean forest, grassland, and cropland ecosystems in Turkey, *Journal of Arid Environments* 59: 743–752

9-Gajic, B., Dugalic G. and Djurovic N. 2006. Comparison of soil organic matter content, aggregate composition and water stability of gleyic fluvisol from adjacent forest and cultivated area. *Agronomy Research*.4(2): 499- 508.

10-Geissen. V., Sánchez-Hernández R., Kampichler, C., Ramos-Reyes, R., Sepulveda-Lozada, A., Ochoa-Goana, S., de Jong, B.H.J., Huerta-Lwanga, E. and Hernández-Daumas, S. 2009. Effects of land-use change on some properties of tropical soils-An example from Southeast Mexico. *Geoderma* 151: 87-97.

11-Gee, G.W. and Bauder, J.W. 1986. particle size analysis. pp. 383-411. In: Klute. A.(Eds.). *Methods of soil analysis*. Part1. physical and mineralogical Methods. *Soil Sci. Soc. Am*.

12-Hajj abbacy, M. A., Bessalat poor, A. A. & Mellaly, A. R. 2007. Impacts of Converting Rangelands to Cultivated Land on Physical and Chemical Properties of Soils in West and Southwest of Isfahan . *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science*. 11(42b):525-534(in Persian).

13-Islam, K.R. and Weil, R.R. 2000. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 79: 9–16.

14-Kavian, A., Azmodeh, A., Soleimany, K., & Vahabzadeh, Q. 2010. Effect of soil properties on runoff and soil erosion in forest lands. Range and watershed management *Journal of Range and Management(Iranian journal of natural resources)* 63(1):89-104(in Persian).

15-Kelarestaghi, A., Ahmadi, H. and Jafari, M. 2006. Land use changes detection and spatial distribution using digital and satellite data. case study: Farim drainage basin. Northern of Iran. *Desert Journal*. 11. (2): 33-47.

16-Khormali, F., Ajami, M., Ayoubi, S.,

Factor for Selected Polish Soils, Polish Journal of Environmental Studies. 14. (5): 655-658.

30-Yousefi Fard, M. Jalalian, A. Khademi, H. 2007. Estimating Nutrient and Soil Loss from Pasture Land Use Change Using Rainfall Simulator.. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science 11(40a):93-106 (in Persian)

31-Zhanga, K.L., Shub, A.P., Xuc, X.L., Yangd, Q.K., Yue, B. 2008. Soil erodibility and its estimation for agricultural soils in China, Journal of Arid Environments 72: 1002–1011

32-Zhao, H. L., zhang, T.H. and zhao X. Y. 2004. soil properties following cultivation and nongrazing of a semi- arid sandy grassland in northern china. Soil & Tillage Research. 75: 27-36.

33-Zolfaqary, A. A., Hajj abbacy, M. A. 2008. The effects of land use change on physical properties and water repellency of soils in Lordegan forest and Freidunshar pasture. Journal of water and soil of Ferdowsi University of Mashhad. 22(2): 251-262(in Persian).

539–577.

25-Shukla, M.K., Lal, R., Ebinger, M., Meyer, C. 2006. Physical and chemical properties of soils under some pin~ on-juniper-oak canopies in a semi-arid ecosystem in New Mexico, Journal of Arid Environments 66: 673–685.

26-Tajik, F., 2004. Evaluation of Soil Aggregate Stability in Some Regions of

Iran, Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science. 8(1):107-122(in Persian).

27-Vaezi A.R., Bahrami, H.A., Sadeghi, S.H.R., Mahdian, M.H. 2007. Investigation of effective factor on erodibility soil in calcareous soils. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources. 14(5):55-65 azar-dey (in Persian).

28-Vaezi, A.R., Sadeghi, S.H.R., Bahrami H.A., Mahdian, M.H. 2008. Modeling the USLE K-factor for calcareous soils in northwestern Iran. Geomorphology 97: 414–423.

29-Wawer, R., Nowocie, E., Podolski, B. 2005. Real and Calculated K USLE Erodibility