

مطالعه آزمایشگاهی فرسایش پاشمانی و ارتباط آن با برخی خصوصیات خاک در سه کاربری اراضی مجاور هم (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کسلیان)

مریم رضایی پاشا، عطااله کاویان* و قربان وهابزاده^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۶/۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۲/۲۱)

چکیده

فرسایش پاشمانی باران به عنوان اولین رویداد در فرسایش خاک، حرکت ذرات و کلوخه‌های خاک را سبب می‌شود، و یک فرآیند مهم در فرسایش بین‌شیرازی محسوب می‌شود. نرخ جدایش در فرسایش پاشمانی با ویژگی‌های خاک و باران مرتبط بوده و تحت تأثیر فرساینده‌های باران و فرسایش‌پذیری خاک است. بنابراین در این بررسی نرخ فرسایش پاشمانی و مقایسه آن در کاربری‌های مختلف و ارتباط آن با برخی خصوصیات خاک مورد بررسی قرار گرفت. 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 سانتی‌متری از حوزه آبخیز کسلیان جمع‌آوری شد. اندازه‌گیری فرسایش پاشمانی تحت شرایط آزمایشگاهی و با استفاده از شبیه‌ساز باران و فنجان پاشمان انجام شد. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین نرخ فرسایش پاشمانی در کاربری‌های مختلف وجود ندارد و تغییر کاربری جنگل به کاربری کشاورزی و مرتع درصد ماده آلی را به ترتیب ۵۹/۹۳ و ۳۳/۶۲ درصد در عمق سطحی و ۳۳/۳۳ و ۲۵/۵۹ درصد در عمق زیرین کاهش داده است. درصد سیلت در کاربری کشاورزی دارای هم‌بستگی مثبت معنی‌دار (۰/۷۴۲، $r=0/18$)، ماده آلی در کاربری مرتع دارای هم‌بستگی منفی معنی‌دار (۰/۷۹۸، $r=0/01$) و شاخص فرسایش‌پذیری خاک در کاربری کشاورزی دارای هم‌بستگی مثبت معنی‌دار (۰/۶۶۸، $r=0/00$) با نرخ پاشمان است.

واژه‌های کلیدی: فرسایش پاشمانی، تغییر کاربری اراضی، خصوصیات خاک، فنجان پاشمان

۱. به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد و استادیاران مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: a.kavian@sanru.ac.ir

مقدمه

رشد بی‌رویه جمعیت و به دنبال آن نیاز روزافزون انسان به غذا، کشاورزان کشورهای مختلف جهان را به‌سوی بهره‌برداری از زمین‌های نامرغوب و اراضی حاشیه‌ای هم‌چون مراتع و جنگل‌های واقع در اراضی شیب‌دار سوق داده است (۴). یک روش برای توسعه اراضی کشاورزی، جنگل‌تراشی و تبدیل آن به اراضی مرتعی و کشاورزی است که یکی از پیامدهای این تخریب، تأثیر منفی بر کیفیت خاک می‌باشد (۹) که منجر به تخریب اکوسیستم‌های طبیعی می‌شود و ظرفیت فعلی و آینده تولید خاک را کاهش داده و سبب فرسایش خاک می‌گردد (۲۰). فرسایش خاک یکی از جدی‌ترین مسائل زیست‌محیطی در دنیاست (۴۴). سقوط قطره باران و برخورد با سطح خاک به عنوان عامل فرساینده سبب شروع حرکت ذرات خاک می‌شود و به‌عنوان اولین رویداد در فرسایش خاک، فرسایش پاشمانی (Splash Erosion) باران است که موادی را برای انتقال بعدی و حرکت آهسته آن فراهم می‌کند (۳۶). نقش اصلی عمل پاشمان در جدایش ذرات خاک (Detachment) قبل از جابه‌جایی آنها توسط جریان سطحی است (۳۴). از آنجایی‌که پاشمان، حرکت قطعات خاک را سبب می‌شود، یک فرآیند مهم در فرسایش بین‌شیاری محسوب می‌شود (۲۹).

مطالعه رفتار خاک در مقابل فرآیند فرسایش به پارامترهایی از جمله پوشش گیاهی، پستی و بلندی و بارش بستگی دارد که به دلیل مشکلات اندازه‌گیری و لحاظ نمودن همه این عوامل، در طبیعت معمولاً از ساده کردن آن در شرایط آزمایشگاهی استفاده می‌شود (۴۱). بهاتاچاریا و همکاران (۱۲) به نقل از محققین مختلف بیان نمودند که نرخ جدایش خاک وابسته به تأثیر قطره باران، سرعت قطره و انرژی جنبشی قطره باران است. به علاوه نرخ جدایش همبستگی قوی با ویژگی‌های خاک شامل توزیع اندازه ذرات خاک، مقاومت خاک، جرم حجمی، بافت، چسبندگی و محتوای ماده آلی خاک، محتوای رطوبت و ظرفیت نفوذ آب در خاک دارد. به‌طوری‌که ویژگی‌های خاک مثل ترکیب مکانیکی خاک، ساختار خاک و

محتوای ماده آلی، فرسایش‌پذیری خاک را تعیین می‌کنند. پایداری خاکدانه‌ها نیز همبستگی بالایی با نرخ ماده آلی خاک دارد (۱۷). بنابراین ماده آلی به‌عنوان یک شاخص غالب در پایداری خاکدانه‌ها است. محققان مختلف مانند ذوالفقاری و حاج‌عباسی (۵)، کیانی و همکاران (۹)، یوسفی‌فرد و همکاران (۱۰)، گاجیک و همکاران (۲۱) و مارتینز-منا و همکاران (۳۲) در بررسی‌های خود به تأثیر سوء تغییر کاربری اراضی بر ماده آلی خاک اشاره نموده‌اند. از سوی دیگر کینجوان و همکاران (۳۶) به نقل از فن و لی بیان نمودند که توزیع ذرات خاک رابطه قوی با فرسایش پاشمانی دارد. مازورا و موشر (۳۱) نیز دریافتند که جدایش ذرات خاک به‌دست آمده برای بارش شبیه‌سازی شده از ۲/۲ میلی‌گرم بر سانتی‌متر مکعب آب برای طبقات ۳۳۶۰-۴۷۶۰ میکرومتر ذرات خاک تا حداکثر مقدار ۲۸۸ میلی‌گرم بر سانتی‌متر مکعب آب برای طبقات ۲۱۰-۱۴۹ میکرومتر و ۱۰۵-۱۴۹ میکرومتر ذرات خاک افزایش داشته است (۳۱)، و ذرات بزرگتر از ۲ میلی‌متر به پراکنده شدن بسیار پایدار هستند (۳۷). لیگوت و همکاران (۲۹) در تحقیقات خود بین درصد رس، درصد سیلت و ماده آلی همبستگی منفی و درصد شن همبستگی مثبت با کل توده پاشمان و هم‌چنین بین درصد رس و درصد سیلت با میانگین فاصله پاشمان همبستگی منفی به‌دست آوردند. کینجوان و همکاران (۳۶) نیز در مطالعه فرسایش پاشمانی در خاک‌های معرف چین دریافتند که خاکدانه‌های دارای محتوای ماده آلی بالا، دارای حداقل مقدار فرسایش پاشمانی می‌باشند. اکو و مایدوگوری (۱۹) بیان نمودند که میزان جدایش خاک به‌طور معنی‌داری با افزایش ماده آلی خاک و اندازه خاکدانه، کاهش می‌یابد.

مرور سوابق تحقیق مؤید اهمیت اندازه‌گیری فرسایش پاشمانی در مطالعات فرسایش و رسوب می‌باشد. هم‌چنین بررسی برخی خصوصیات خاک در ارتباط با تغییر کاربری اراضی و نرخ فرسایش پاشمانی در بسیاری از مطالعات انجام شده و در کشور راجع به اندازه‌گیری آزمایشگاهی نرخ فرسایش پاشمانی انجام نگرفته است. هدف از تحقیق حاضر اندازه‌گیری

تجزیه خصوصیات خاک

نمونه‌ها در آون در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت خشک گردیدند و کلوخ‌های خاک کوبیده شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی خاک شامل درصد رس، سیلت و شن با استفاده از روش هیدرومتری (۱۱ و ۲۲) انجام شد. هم‌چنین اندازه‌گیری ماده آلی خاک نیز با روش والکی و بلک (۳۵ و ۳۸) انجام گردید.

اندازه‌گیری آزمایشگاهی نرخ فرسایش پاشمانی

جهت تعیین نمودن نرخ فرسایش پاشمانی از فنجان پاشمان (Splash Cup) (۲۴، ۲۸، ۳۱، ۳۲ و ۳۳) و شبیه‌ساز باران در ابعاد ۳۰×۳۰ سانتی‌متر (۰/۰۹ متر مربع) (۷، ۸، ۱۴، ۲۵ و ۲۶) و با ارتفاع ۲ متر (۴۰) استفاده گردید (شکل ۲). باران‌ساز متشکل از یک مخزن آب سیلندری، سر، آپ پاش و لوله‌های موئین است (برای اطلاع از جزئیات بیشتر شبیه‌ساز باران، منبع کاویان و همکاران (۸) را ببینید). فنجان پاشمان با یک ورقه گالوانیزه و بر اساس طرح استاندارد مورگان (۳۳) و به ابعاد قطر خارجی ۳۰، ارتفاع خارجی ۱۰، قطر داخلی ۱۰ و ارتفاع داخلی ۲/۵ سانتی‌متر طراحی و ساخته شد. قسمت داخلی فنجان قابلیت جابه‌جاشدن داشته و در کف آن برای خروج آب سوراخ‌هایی تعبیه شده (۳۶) و برای جلوگیری از خروج خاک از کاغذ صافی واتمن ۴۰ (۳۶) در کف آن استفاده گردید (شکل ۲). خاک‌های سطحی با عمق ۱۰-۰ سانتی‌متر (۴۰) و (۴۲) با الک ۲ میلی‌متر پیش‌الک شده (۱۹ و ۳۱) و در داخل ظرف درونی فنجان پاشمان قرار داده شدند و سپس ۲۴ ساعت قبل از بارش در آون در دمای ۱۰۵ درجه (۱۹) خشک گردیدند تا همه‌ی نمونه‌ها از لحاظ رطوبتی شرایط یکسانی داشته باشند و سپس نمونه خاک در داخل فنجان پاشمان در زیر بارش با شدت ۳/۳ میلی‌متر بر دقیقه (۱۹۸ میلی‌متر بر ساعت) (۱۶) به مدت ۱۰ دقیقه (۱۸) قرار داده شدند. در پایان هر بارش، فنجان داخلی به مدت ۲۴ ساعت در داخل آون با دمای ۱۰۵ (۱۸، ۲۹ و ۴۰) درجه قرار داده شده و خشک گردیدند. نمونه خاک قبل

آزمایشگاهی نرخ فرسایش پاشمانی و مقایسه آن در کاربری‌های مختلف و ارتباط آن با برخی خصوصیات خاک می‌باشد.

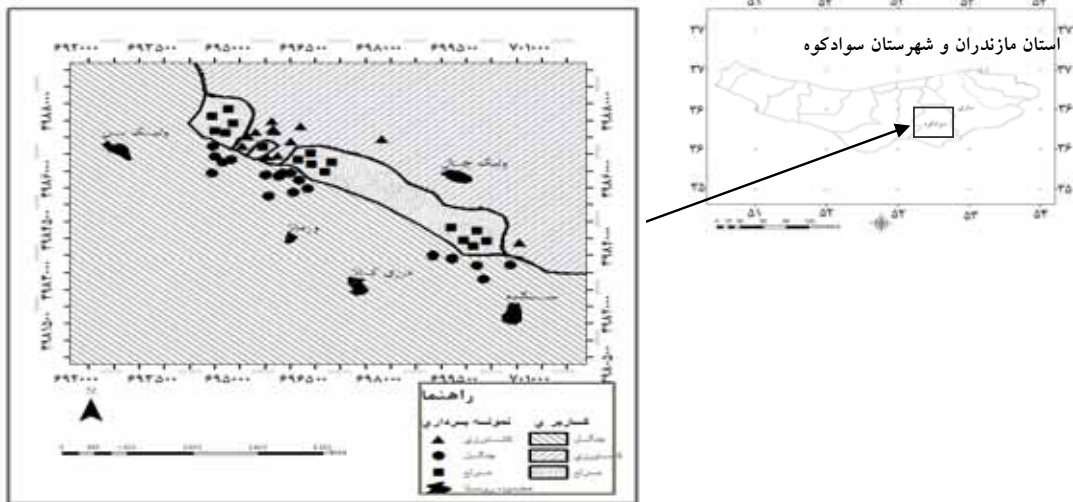
مواد و روش‌ها

توصیف منطقه مورد مطالعه

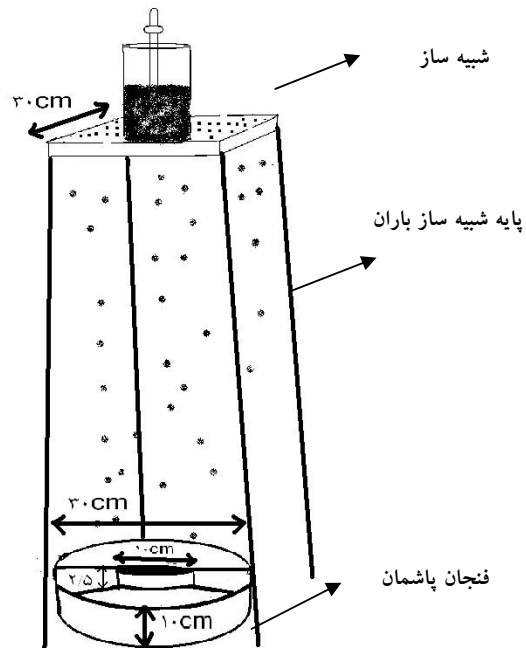
حوزه آبخیز کسلیان یکی از زیرحوزه‌های حوزه آبخیز تالار بوده و در ارتفاعات زون مرکزی سلسله جبال البرز، در محدوده جغرافیایی ۴۸° ۵۲ تا ۲۶° ۵۳ طول شرقی و ۴۸° ۳۵ تا ۳۲° ۳۶ عرض شمالی با وسعت ۳۴۲/۸۶ کیلومتر مربع در استان مازندران واقع شده است. در منطقه مورد مطالعه، خاک‌های با بافت متوسط تا سبک و قدرت نفوذپذیری متوسط وجود دارد (۶). مطالعات انجام‌شده در خصوص روند تغییر کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه نشان داد که تغییر کاربری منطقه معمولاً از جنگل به اراضی کشاورزی می‌باشد و با گذشت چند سال از این تغییر کاربری، به دلیل ازدست رفتن حاصل‌خیزی خاک و کم‌بازده بودن، اراضی کشاورزی رها شده و از این اراضی به‌عنوان مرتع برای چرای دام استفاده می‌گردد (۲۷). در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری شده در منطقه مورد مطالعه و استان مازندران نشان داده شده است. مکان‌های نمونه‌برداری در محدوده جغرافیایی ۱۴° ۵۳ تا ۷° ۵۳ طول شرقی و ۲° ۳۶ تا ۶° ۳۶ عرض شمالی قرار گرفته‌اند (شکل ۱).

نمونه‌برداری خاک

مناطق تحت تغییر کاربری اراضی بر اساس عملیات میدانی در بخشی از حوزه آبخیز کسلیان انتخاب شدند. نمونه‌برداری خاک در ۳ نوع کاربری جنگل، مرتع و کشاورزی مجاور هم انجام شدند. در هر کاربری ۴ مکان مطالعاتی (۱۵) مشخص شده و نمونه‌ها در قالب طرح تصادفی در ۵ نقطه (۱۵ و ۲۰) و در ۲ عمق ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی‌متر (۳، ۳۹) برداشت شدند. بنابراین در مجموع ۱۲۰ نمونه خاک جهت اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به آزمایشگاه منتقل شدند.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در حوزه آبخیز کسلیان در استان مازندران و پراکنش نقاط نمونه برداری



شکل ۲. نمایی از شیشه ساز باران، پایه شیشه ساز باران و فنجان پاشمان

S : نرخ پاشمان در مدت بارش مشخص بر حسب گرم بر دقیقه

در مترمربع

$$D_{t2} - D_{t1} = \Delta D$$

D_{t2} : وزن خاک قبل از انجام آزمایش پاشمان به گرم

D_{t1} : وزن خاک بعد از انجام آزمایش پاشمان به گرم

$t_2 - t_1 = \Delta t$: زمان بارش به دقیقه (۱۰ دقیقه)

و بعد از بارش وزن گردید تا اختلاف وزن پاشمان به دست آید.

سپس با استفاده از رابطه لوک و کای (رابطه ۱) (۳۶) نرخ

فرسایش پاشمانی محاسبه گردید.

$$S = \frac{D_{t2} - D_{t1}}{(t_2 - t_1)A} \quad [1]$$

A: سطح مقطع ظرف داخلی به مترمربع

(۲) جهت مقایسه نرخ فرسایش پاشمانی و خصوصیات خاک بین کاربری‌های مختلف استفاده گردید. همچنین وجود یا عدم وجود همبستگی بین نرخ پاشمان و خصوصیات خاک به روش همبستگی پیرسون مورد بررسی قرار گرفت و روابط خطی و غیر خطی رگرسیونی در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ مورد بررسی قرار گرفت و مدل‌های با ضریب تبیین بالاتر انتخاب گردید.

اندازه‌گیری آزمایشگاهی شاخص پایداری خاکدانه‌ها و فرسایش‌پذیری خاک

میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD)

(Mean Weight Diameter) به روش الک تر (۱۵ و ۲۰) و از رابطه ۲ تعیین شد. همچنین شاخص فرسایش‌پذیری خاک (K) براساس رابطه ویشمایر و همکاران (رابطه ۳ و ۴) برآورد گردید (۴۳).

$$MWD = \sum x_i w_i \quad [۲]$$

[۳]

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

$$M = (m_{silt} + m_{vfs}) \cdot (100 - m_c) \quad [۴]$$

که:

X_i میانگین قطر خاکدانه‌ها؛ w_i نسبت وزن خاکدانه‌ها در هر الک به وزن کل؛ M فاکتور بافت؛ m_{silt} درصد سیلت (۰/۰۰۲-۰/۰۰۵ میلی‌متر)؛ m_{vfs} درصد شن ریز (۰/۱-۰/۰۵ میلی‌متر)؛ m_c درصد رس (۰/۰۰۲ < میلی‌متر)؛ $C_{soilstr}$ کد ساختمان خاک؛ C_{perm} کلاس نفوذپذیری پروفیل؛ OM درصد ماده آلی. برای اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری (Bulk Density) از استوانه ۱۰ سانتی‌متری جهت نمونه‌برداری از عمق ۰-۱۰ سانتی‌متری استفاده گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

پایگاه اطلاعاتی داده‌های به‌دست آمده در محیط نرم‌افزار Excel تهیه شد. سپس داده‌ها جهت بررسی‌های آماری به نرم‌افزار SPSS.15 منتقل گردید. آزمون نرمال‌بودن داده‌ها به روش کلموگروف-اسمیرنوف (۲) و در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ مورد بررسی قرار گرفت. از آنالیز واریانس یک‌طرفه و مقایسه میانگین‌های چندگانه به روش LSD در سطح معنی‌داری ۰/۰۵

نتایج

آزمون نرمال‌بودن داده‌ها به روش کلموگروف-اسمیرنوف نشان داد که کلیه خصوصیات خاک و نرخ پاشمان دارای توزیع نرمال در سطح ۹۵٪ می‌باشند. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که ماده آلی در دو عمق دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۹٪ است و نتایج آزمون LSD نشان داد که ماده آلی در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متر بین کاربری کشاورزی با جنگل (سطح ۹۹٪)، کشاورزی با مرتع (سطح ۹۵٪) و جنگل با مرتع (سطح ۹۹٪) دارای اختلاف معنی‌دار است. اما در عمق ۱۰-۲۰ سانتی‌متر اختلاف بین کشاورزی و مرتع معنی‌دار نمی‌باشد اما اختلاف بین کشاورزی و جنگل و همچنین جنگل و مرتع در سطح ۹۹٪ معنی‌دار است (شکل ۴-الف، ب). لازم‌به‌ذکر است که خصوصیات فیزیکی خاک با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه در کاربری‌های مختلف در دو عمق ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی‌متر بررسی گردیدند و نتایج در جدول ۱ ارائه گردیده است. نتایج آنالیز واریانس مربوط به درصد اندازه ذرات نشان داد که درصد شن در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متر دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵٪ بین کاربری‌های مختلف می‌باشد که نتایج آزمون LSD نشان داد که جنگل و مرتع دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

درصد سیلت در هر دو عمق دارای اختلاف معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۵ درصد می‌باشد که آزمون LSD اختلاف معنی‌دار بین کاربری کشاورزی و مرتع (در سطح ۹۵٪) و همچنین جنگل و مرتع (در سطح ۹۵٪) را در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متری نشان داد. در عمق ۱۰-۲۰ سانتی‌متری نیز اختلاف

جدول ۱. خلاصه آماره‌های توصیفی ویژگی‌های خاک و نرخ فرسایش پاشمانی در کاربری‌های مختلف

کشاورزی		مرتع		جنگل		کاربری اراضی
۱۰-۲۰	۰-۱۰	۱۰-۲۰	۰-۱۰	۱۰-۲۰	۰-۱۰	عمق (سانتی‌متر)
۲۰/۵	۲۲	۲۸	۲۶/۷	۲۳/۴	۲۱/۲	میانگین
۸/۱	۷/۵	۷/۵	۵/۵	۷/۸	۸/۴	انحراف معیار
۶	۹/۴	۱۶	۱۹/۲	۷/۴	۹/۱	حداقل
۳۸	۳۶	۴۱	۳۸	۳۶	۳۶	حداکثر
۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۵۷	۰/۵۵	-۰/۶۶	۰/۴۳	چولگی
۰/۲۷	۰/۷۰	-۰/۶۵	-۰/۴۶	۰/۰۹	-۱/۰۱	کشیدگی
۱۲/۱	۱۲/۳	۱۳/۳	۱۳/۵	۱۴/۲	۹/۷	میانگین
۹/۷	۶/۶	۶/۷	۷/۳	۷/۳	۸/۲	انحراف معیار
۱/۸	۱/۸	۰/۴	۰/۴	۱/۲	۰/۹	حداقل
۳۹	۲۹	۲۸/۴	۳۰/۴	۲۳/۲	۳۱/۲	حداکثر
۱/۳۸	۰/۵۵	۰/۴۳	۰/۴۱	-۰/۲۰	۱/۱۴	چولگی
۱/۷۶	۰/۹۵	۰/۴۳	۰/۲۲	-۱/۳۹	۱/۳۲	کشیدگی
۶۷/۴	۶۵/۷	۵۸/۷	۵۹/۸	۶۲/۴	۶۹/۱	میانگین
۱۲	۱۰/۹	۱۱/۵	۹/۰	۱۳/۰	۱۳/۴	انحراف معیار
۴۹	۴۸/۲	۳۲/۴	۳۵/۶	۴۲/۸	۳۸/۸	حداقل
۹۰/۸	۸۸/۸	۷۱/۶	۷۸/۴	۸۶/۸	۸۶/۸	حداکثر
۰/۱۸	۰/۴۱	-۱/۳۶	-۰/۴۶	۰/۶۳	-۱/۰	چولگی
-۰/۹	۰/۱۱	۰/۹۵	۲/۰۳	-۰/۵۹	۰/۷۷	کشیدگی
۲/۲	۲/۳	۲/۵	۳/۸	۳/۴	۵/۷	میانگین
۰/۵۸	۰/۶۲	۰/۶۶	۰/۹۵	۱/۳	۲/۵	انحراف معیار
۱/۳	۱/۱	۱/۰	۱/۷	۱/۵	۲/۹	حداقل
۲/۹	۳/۲	۴	۶/۲	۷/۳	۱۱/۰	حداکثر
-۰/۱۹	-۰/۱۸	۰/۰۵	۰/۳۹	۱/۳۵	۱/۰۱	چولگی
-۱/۴۹	-۹/۲۲	۰/۹	۱/۷۶	۲/۴۷	۰/۰۳	کشیدگی
-	۸۸/۷	-	۱۰۷/۸	-	۹۴/۸	میانگین
-	۳۸/۸	-	۶۴/۹	-	۵۰/۶	انحراف معیار
-	۳۲/۵	-	۱۴/۷	-	۳۱/۰	حداقل
-	۱۷۳/۳	-	۲۶۵/۱	-	۲۰۱/۳	حداکثر
-	۰/۵۱	-	۰/۳۸	-	۰/۶۳	چولگی
-	۰/۹۹	-	۰/۲۱	-	-۰/۷۱	کشیدگی
نرخ پاشمان × (g/min.m2)						

x. با توجه به وقوع فرسایش پاشمانی در خاک سطحی، نمونه‌های خاک با عمق ۱۰-۰ سانتی‌متر جهت اندازه‌گیری نرخ فرسایش پاشمانی مورد بررسی قرار گرفتند.

ظاهري خاک، شاخص فرسایش پذيري خاک و شاخص پایداری خاکدانه در سه کاربری اراضی مجاور هم مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به نتایج به دست آمده مشخص گردید که درصد ماده آلی خاک در عمق سطحی در کاربری‌های مختلف دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد (شکل ۳-الف-ب) که با نتایج محققانی از قبیل ذوالفقاری و حاج‌عباسی (۵)، کیانی و همکاران (۹)، یوسفی‌فرد و همکاران (۱۰)، گی‌سن و همکاران (۲۳) و مارتینز- منا و همکاران (۳۰) سازگاری دارد، به طوری که کاهش درصد ماده آلی در عمق سطحی در کاربری کشاورزی و مرتع نسبت به کاربری جنگل به ترتیب ۵۹/۹۳ درصد و ۳۳/۶۲ درصد بوده است که می‌تواند بیانگر تأثیر سوء تغییر کاربری اراضی بر روی حاصل‌خیزی خاک باشد. از آنجایی که الگوی تغییر کاربری در این منطقه از جنگل به کشاورزی بوده و با گذشت زمان با کاهش حاصل‌خیزی خاک (۲۷) اراضی کشاورزی رها شده و به صورت مرتع برای تعلیف دام استفاده می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که اراضی کشاورزی و متوقف‌نمودن کشت‌وکار و شخم این اراضی و رویش و ریشه‌دوانی گیاهان خودرو سبب بهبود سطح ماده آلی در عمق سطحی در مرتع (شکل ۳-ب) شده است.

در عمق ۲۰-۱۰ سانتی‌متری نیز عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین کاربری کشاورزی و مرتع می‌تواند ناشی از این باشد که روند تغییرات ماده آلی در عمق زیرین کندتر از خاک سطحی می‌باشد، به طوری که درصد افت ماده آلی در کاربری کشاورزی و مرتع به ترتیب برابر با ۳۳/۳۳ و ۲۵/۵۹ درصد بوده است که از این ویژگی خاک عمقی می‌توان در مدیریت اراضی کشاورزی استفاده نمود و برای پایداری خاک‌های سطحی و به دنبال آن کاهش نرخ فرسایش پاشماني از شخم عمقی استفاده شود، به نحوی که سبب جابه‌جایی خاک‌های سطحی و عمقی گردد، در واقع خاک‌های عمقی که دارای پایداری بیشتری هستند به سطح آمده و خاک‌های سطحی با پایداری کم‌تر به عمق می‌روند تا با گذشت زمان هم نرخ پاشمان کاهش یابد و هم خاک‌های به زیر رفته پایداری خود را باز یابند.

معنی‌داری بین کاربری کشاورزی با مرتع (در سطح ۰/۹۵) دیده شده است (جدول ۲ - شکل ۳-ج، د) نتایج آنالیز نرخ فرسایش پاشماني نیز نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین نرخ فرسایش پاشماني در کاربری‌های مختلف وجود ندارد (جدول ۲). ولی روند تغییرات نرخ فرسایش پاشماني به گونه‌ای است که کاربری مرتع با مقدار ۱۰۷/۷۵ گرم بر دقیقه در مترمربع دارای بیش‌ترین میزان و کاربری کشاورزی با مقدار ۸۸/۶۸ گرم بر دقیقه در مترمربع دارای کم‌ترین مقدار می‌باشد.

در ادامه وجود هم‌بستگی بین نرخ فرسایش پاشماني و خصوصیات خاک (۲۹) و شاخص‌های فرسایش‌پذیری خاک و پایداری خاکدانه در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متر با استفاده از آزمون هم‌بستگی پیرسون مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که (جدول ۳) ضریب هم‌بستگی بین نرخ فرسایش پاشماني و درصد ماده آلی در کاربری مرتع ($r = -0.798$ و $p = 0.001$)، بین نرخ فرسایش پاشماني با درصد سیلت در کاربری کشاورزی ($r = 0.741$ و $p = 0.018$) و همچنین بین نرخ فرسایش پاشماني با شاخص فرسایش‌پذیری خاک در کاربری کشاورزی ($r = 0.668$ و $p = 0.00$) در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. سپس جهت انتخاب بهترین مدل، داده‌ها در محیط اکسل برازش داده شدند و بهترین مدل با ضریب تبیین بالاتر انتخاب گردید. در هم‌بستگی بین نرخ فرسایش پاشماني و درصد ماده آلی در کاربری مرتع بهترین مدل با ضریب تبیین ($R^2 = 0.64$)، بین نرخ فرسایش پاشماني و درصد سیلت در کاربری کشاورزی با ضریب تبیین ($R^2 = 0.55$) و بین نرخ فرسایش پاشماني و شاخص فرسایش‌پذیری خاک در کاربری کشاورزی با ضریب تبیین ($R^2 = 0.45$) تعیین گردید که همگی از نوع مدل غیر خطی بوده‌اند (شکل ۴).

بحث و نتیجه‌گیری

در این بررسی نرخ فرسایش پاشماني در کاربری‌های جنگل، مرتع و کشاورزی مطالعه شده و ارتباط آن با برخی خصوصیات خاک شامل درصد سیلت، رس، شن، ماده آلی، وزن مخصوص

جدول ۲. نتایج آنالیز واریانس یک طرفه خصوصیات خاک و نرخ پاشمان در کاربری های مختلف

P	F	میانگین ± انحراف معیار	تعداد نمونه	فاکتور خاک	
۰/۰۳۷ ^x	۳/۵	۶۴/۹±۱۱/۷	۶۰	۰-۱۰	درصد شن
۰/۰۸۸ ^{n.s}	۲/۵۳	۶۲/۸±۱۲/۵	۶۰	۱۰-۲۰	
۰/۰۴۲ ^x	۳/۳۶	۲۳/۳±۷/۵	۶۰	۰-۱۰	درصد سیلت
۰/۰۱۳ ^x	۴/۶۵	۲۳/۹±۸/۲	۶۰	۱۰-۲۰	
۰/۲۶۲ ^{n.s}	۱/۳۷	۱۱/۸±۷/۴	۶۰	۰-۱۰	درصد رس
۰/۷۱۴ ^{n.s}	۰/۳۴	۱۳/۲±۷/۹	۶۰	۱۰-۲۰	
۰/۰۰۰ ^{xx}	۲۳/۳۲	۴/۰±۲/۱	۶۰	۰-۱۰	درصد ماده
۰/۰۰۱ ^{xx}	۸/۰۹	۲/۷±۱/۰	۶۰	۱۰-۲۰	آلی
۰/۵۰۷ ^{n.s}	۰/۶۹	۹۷/۱±۵۲/۲	۶۰	۰-۱۰	نرخ پاشمان
-	-	-	-	۱۰-۲۰a	

A. با توجه به وقوع فرسایش پاشمانی در خاک سطحی، نمونه های خاک با عمق ۱۰-۰ سانتی متر جهت اندازه گیری نرخ

فرسایش پاشمانی مورد بررسی قرار گرفتند.

** اختلاف معنی دار در سطح اعتماد ۹۹ درصد * اختلاف معنی دار در سطح اعتماد ۹۵ درصد n.s اختلاف معنی دار

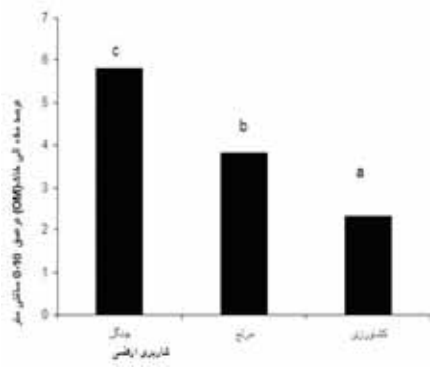
وجود ندارد

جدول ۳. نتایج هم بستگی پیرسون بین نرخ پاشمان و خصوصیات خاک در عمق سطحی (۰-۱۰ سانتی متری)

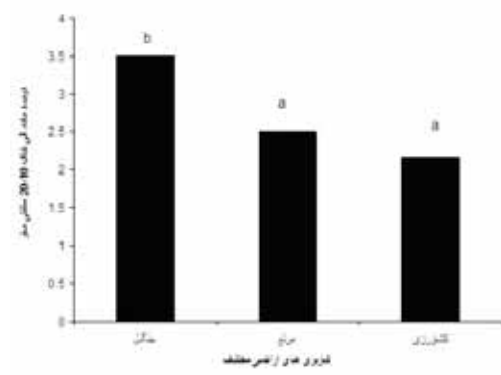
کاربری	درصد	درصد	درصد ماده	شاخص	شاخص	وزن	
ارضی ^a	سیلت	رس	شن	آلی	فرسایش پذیری	پایداری	مخصوص
				خاک	خاکدانه	ظاهری خاک	
نرخ پاشمان	کشاورزی	ضریب پیرسون	۰/۷۴	-۰/۰۴	-۰/۳۲	-۰/۲۲	۰/۶۶۸
		Sig(2-tail)	۰/۰۲ ^{xx}	۰/۸۸ ^{n.s}	۰/۱۷ ^{n.s}	۰/۳۵ ^{n.s}	۰/۰۰ ^x
	مرتع	ضریب پیرسون	۰/۱۲	۰/۲۹	-۰/۳۱	-۰/۷۹۸	۰/۰۳
		Sig(2-tail)	۰/۶۱ ^{n.s}	۰/۲۱ ^{n.s}	۰/۱۸ ^{n.s}	۰/۰۰۱ ^{xx}	۰/۹۰
	جنگل	ضریب پیرسون	۰/۰۵	۰/۰۲	-۰/۰۵	-۰/۱۸	۰/۱۸
		Sig(2-tail)	۰/۸۲ ^{n.s}	۰/۹۳ ^{n.s}	۰/۸۵ ^{n.s}	۰/۵۱ ^{n.s}	۰/۴۴

a. انجام آزمون هم بستگی در کلیه پارامترها با ۲۰ نمونه انجام شده است.

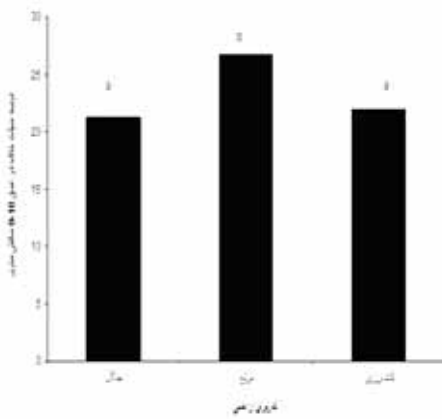
x. اختلاف معنی دار در سطح اعتماد ۹۵ درصد n.s اختلاف معنی دار وجود ندارد.



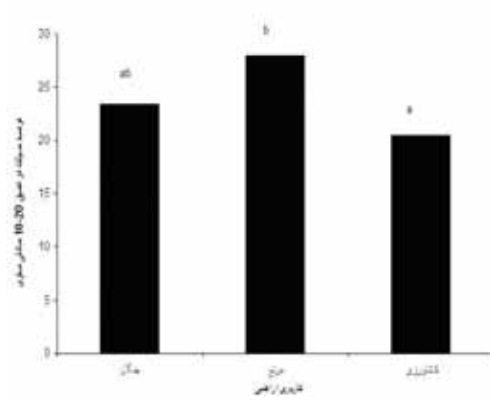
ب



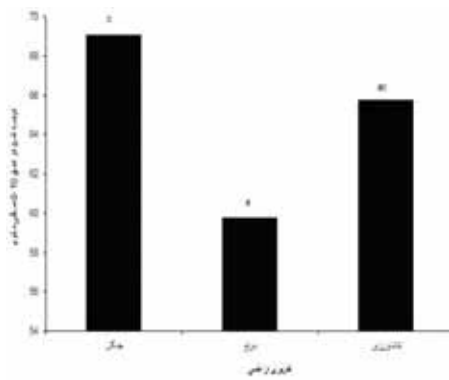
الف



د

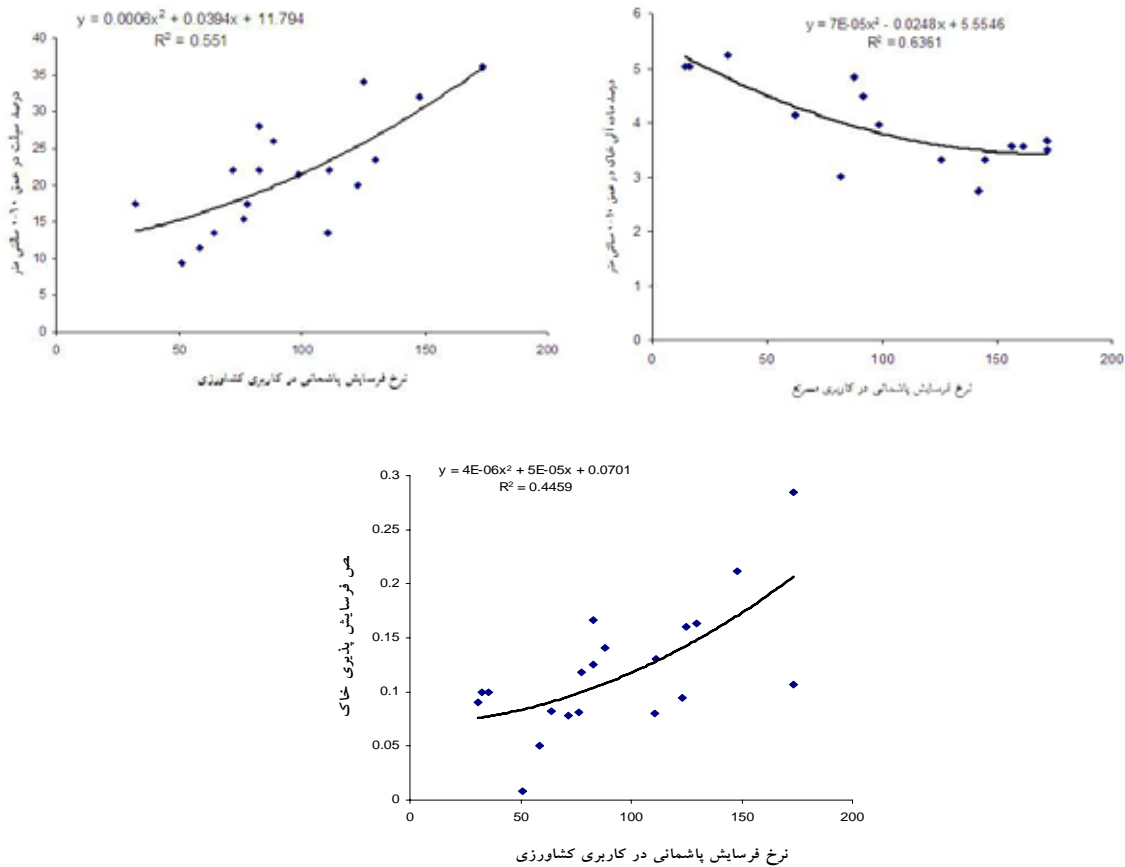


ج



ه

شکل ۳. نتایج مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح ۹۵٪



شکل ۴. روابط رگرسیونی نرخ فرسایش پاشمانی با درصد ماده آلی (کاربری مرتع)، درصد سیلت (کاربری کشاورزی) و شاخص فرسایش پذیری خاک (کاربری کشاورزی)

نتایج حاصل از آنالیز واریانس نرخ فرسایش پاشمانی، وجود اختلاف معنی دار بین کاربری‌های مختلف را تأیید نکرد. درحالی که مطالعات مختلف مؤید وجود هم‌بستگی پایداری خاکدانه‌ها و ماده آلی خاک می‌باشد (۱۹). در مطالعه حاضر نیز به دلیل وجود اختلاف معنی داری بین درصد ماده آلی خاک در عمق سطحی در کاربری‌های مختلف تبعیت نتایج نرخ پاشمان از آن مورد انتظار بود. در صورتی که نتایج حاصله اختلاف معنی داری را بین نرخ پاشمان در کاربری‌های مختلف نشان نداده است. اما نتایج به دست آمده توسط ساترلند و زیگلر (۴۰) که از شرایط آزمایشگاهی مشابهی در شبیه‌سازی بارش روی

تحلیل توزیع ذرات خاک و نرخ فرسایش پاشمانی نشان داده است که درصد سیلت در هر دو عمق دارای اختلاف معنی دار است. با توجه به (شکل ۳-د) کاربری مرتع در عمق سطحی دارای بالاترین درصد سیلت می‌باشد و کاربری جنگل (شکل ۳-ه) بالاترین درصد شن را دارد. با توجه به نتایج کینجوان و همکاران (۳۶) که علت مقدار فرسایش پاشمانی پایین تر را به محتوای ذرات سیلت بالا و حداکثر مقدار فرسایش پاشمانی را به محتوای بالای ذرات شن نسبت داده‌اند مشاهده می‌شود که نتایج تحقیق حاضر با نتایج کینجوان و همکاران (۳۶) تطبیق ندارد.

بین درصد توزیع ذرات، شاخص فرسایش پذیری خاک، شاخص پایداری خاکدانه و وزن مخصوص ظاهری با نرخ فرسایش پاشمانی معنی دار نبوده است، اما با توجه به ضریب پیرسون مشاهده گردید که همبستگی منفی بین نرخ پاشمان با درصد شن در کلیه کاربری‌ها وجود دارد که با نتایج لیگوت و همکاران (۲۹) تضاد دارد که بیانگر کاهش نرخ فرسایش پاشمانی با افزایش درصد شن می‌باشد، که می‌تواند ناشی از سنگینی ذرات شن باشد. هم‌چنین همبستگی مثبت بین درصد سیلت و رس با نرخ پاشمان در کلیه کاربری‌ها وجود دارد که می‌تواند ناشی از سبکی ذرات سیلت و رس و سهولت جابه‌جایی آنها نسبت به ذرات شن باشد تنها در یک مورد، ضریب پیرسون منفی بین نرخ پاشمان و درصد رس در کاربری کشاورزی (۱۱ و ۲۹) وجود دارد که می‌تواند ناشی از این مسئله باشد که در اثر فشار قطرات باران خاک‌دانه‌ها تخریب می‌شوند و فضای خالی با رسوب ریز پر شده در نتیجه با افزایش درصد رس نرخ پاشمان کاهش می‌یابد. در مجموع نتایج تحقیق نشان داد که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک سطحی تحت تأثیر کاربری اراضی قرار گرفته است و با اعمال روش‌های مدیریتی صحیح و مناسب می‌توان تغییرات نامطلوب ویژگی‌های خاک را کنترل نمود. هم‌چنین وجود همبستگی بین درصد ماده آلی و نرخ فرسایش پاشمانی در کاربری مرتع بیانگر این موضوع است که با اعمال روش‌های احیاء و تقویت پوشش گیاهی که افزایش درصد ماده آلی خاک را به دنبال خواهد داشت، می‌توان نرخ فرسایش پاشمانی را کاهش داد.

فنجان پاشمان و اکو و مایدوگوری (۱۹) که از اندازه خاکدانه‌های مشابه (اندازه خاکدانه کوچکتر از ۲ میلی‌متر و ۲-۵ میلی‌متر) در اندازه‌گیری نرخ جدایش خاک در فنجان پاشمان استفاده نمودند بیان‌کننده صحت شرایط آزمایشگاهی بکار برده شده در این مطالعه می‌باشد. صحت دوام بارش بکار برده شده در این بررسی (۱۰ دقیقه) نیز با نتایج ساترلند و زیگلر (۴۰) مطابقت دارد. احمدیان و همکاران (۱) مقدار فرسایش سطحی و شیاری دامنه‌ها را در حوضه کسلیان بررسی نمودند و بیش‌ترین مقدار فرسایش را به ترتیب در دیم‌زار، دیم‌زار رهاشده، مرتع و جنگل به دست آوردند که با نتایج حاضر که روند تغییرات نرخ فرسایش پاشمانی به گونه‌ای است که کاربری مرتع بیش‌ترین و کاربری کشاورزی دارای کم‌ترین مقدار نرخ فرسایش پاشمانی می‌باشد تطابق ندارد که می‌توان علت آن را در این دانست که در مطالعه حاضر تنها نرخ فرسایش پاشمانی برآورد شده ولی در مطالعه فوق مجموعه فرسایش سطحی و شیاری با هم در نظر گرفته شده است.

وجود ضریب همبستگی منفی معنی‌دار در کاربری مرتع بین نرخ فرسایش پاشمانی و درصد ماده آلی خاک (جدول ۳، شکل ۴) با نتایج اکو و مایدوگوری (۱۹)، گاجیک و همکاران (۲۱)، لیگوت و همکاران (۲۹) و کینجوان و همکاران (۳۶) مطابقت دارد. هم‌چنین وجود همبستگی مثبت معنی‌دار بین نرخ فرسایش پاشمانی با درصد سیلت در کاربری کشاورزی با نتایج بهاتاچاریا و همکاران (۱۳) و لیگوت و همکاران (۲۹) سازگاری ندارد. همبستگی مثبت معنی‌دار میان نرخ فرسایش پاشمانی با شاخص فرسایش‌پذیری خاک در کاربری کشاورزی موبد این مسئله می‌باشد که با افزایش فرسایش‌پذیری خاک، نرخ فرسایش پاشمانی افزایش می‌یابد. در سایر موارد همبستگی

منابع مورد استفاده

- احمدیان س. ح.، م. صفایی، خ. حیدری و غ. فرزادمنش. ۱۳۸۲. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی اندازه‌گیری فرسایش خاک بصورت پلات در عرصه‌های زراعی، مرتعی، دیم رهاشده و جنگلی حوزه معرف کسلیان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران. بخش تحقیقات آبخیزداری، کد طرح: ۰۱-۳۱۴۰۰۰-۰۱۵۱-۷۶-۸۵ص.

۲. بی‌همتا، م. ر. و م. ع. زارع چاهوکی. ۱۳۸۷. اصول آمار در علوم منابع طبیعی. انتشارات دانشگاه تهران.
۳. تاجیک، ف. ۱۳۸۳. ارزیابی پایداری خاکدانه‌ها در برخی مناطق ایران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۸(۱): ۱۰۷-۱۲۲.
۴. حاج‌عباسی، م. ع. ا. بسالت پور و ا. ر. مللی. ۱۳۸۶. اثر تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های جنوب و جنوب غربی اصفهان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۱(۴۲): ۵۲۵-۵۳۴.
۵. ذوالفقاری، ع. ا. و م. ع. حاج‌عباسی. ۱۳۸۷. تاثیر تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات فیزیکی و آب‌گریزی خاک در مراتع فریدون‌شهر و جنگل‌های لردگان. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۲(۲): ۲۵۱-۲۶۲.
۶. زارعی، م. ۱۳۸۸. شبیه‌سازی جریان رودخانه با استفاده از مدل هیدرولوژیکی IHACRES، مطالعه موردی: حوزه آبخیز کسپلیان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی ساری.
۷. فیض‌نیا، س. ج. غیومیان و م. خواجه. ۱۳۸۴. بررسی اثر عوامل فیزیکی، شیمیایی و آب و هوایی در تولید رسوب ناشی از فرسایش سطحی خاک‌های لسی (مطالعه موردی در استان گلستان). پژوهش و سازندگی ۶۶: ۱۴-۲۴.
۸. کاویان، ع. ا. ع. آزموده، ک. سلیمانی و ق. وهاب زاده. ۱۳۸۹. تاثیر ویژگی‌های خاک بر روان‌آب و فرسایش خاک در اراضی جنگلی، نشریه مرتع و آبخیزداری. مجله منابع طبیعی ایران ۶۳(۱): ۸۹-۱۰۴.
۹. کیانی، ف. ا. جلالیان، ع. پاشایی، و ح. خادمی. ۱۳۸۶. نقش جنگل تراشی، قرق و تخریب مراتع بر شاخص‌های کیفیت خاک در اراضی لسی استان گلستان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۱(۴۱): ۴۵۳-۴۶۳.
۱۰. یوسفی‌فرد، م. ح. خادمی و ا. جلالیان. ۱۳۸۶. تنزل کیفیت خاک طی تغییر کاربری اراضی مرتعی منطقه ی چشمه علی استان چهار محال و بختیاری، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ویژه نامه منابع طبیعی، ضمیمه فروردین - اردیبهشت. ۳۸-۲۸(۱): ۱۴

11. Bewketa and stroonsnijder. 2003. Effect of agri-ecological land use succession on soil properties in chemoga watershed. blue nil basins. Ethiopia. Geoderma 111:85-95.
12. Bhattacharyya, R., M.A. Fullen, K. Davies and C.A. Booth. 2010a . Use of palm-mat geotextiles for rainsplash erosion control. Geomorphology 119: 52-61.
13. Bhattacharyya, R., T. Smets, b. M.A. Fullen, J. Poesen and C.A. Booth. 2010b. Effectiveness of geotextiles in reducing runoff and soil loss: A synthesis. Catena 81(3): 184-195.
14. Casermeiro, M.A., J.A. Molina, M. T. D. L. Caravaca, J. H. Costa, M. I. H. Massanet and P.S. Moreno. 2004. Influence of scrubs on runoff and sediment loss in soils of Mediterranean climate. Catena 57: 91-107.
15. Celik. 2005. Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey. Soil & Till. Res. 83(2): 270-277.
16. Clarke, M. A., R. P. D. Walsh. 2007. A portable rainfall simulator for field assessment of splash and slopewash in remote locations. Earth Surface Processes and Landforms 32 (13): 2052 – 2069.
17. De Noni, G., B. Didier, L. Jean- Yves, B. Yves Le and A. Jean. 2002. Proposal of soil indicators for spatial analysis of carbon stocks evolution. 17th. WCSS. 14-21 August. Thailand. 1-13.
18. Edwards, L. M., A. Volk and J. R. Burney. 2000. Mulching potatoes: aspects of mulch management systems and soil erosion. Amer. J. Potato Res. 77: 225- 232.
19. Ekwue, E. I. and Maidugury. 1991. The effects of soil organic matter content. Rainfall duration and aggregate size on soil detachment. Soil Technol. 4: 197-207.
20. Emadi, M., M. Baghernejad and H. R. Memarian. 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.
21. Gajic, B., G. Dugalic and N. Djurovic. 2006. Comparison of soil organic matter content. aggregate composition and water stability of gleyic fluvisol from adjacent forest and cultivated area. Agron. Res. 4(2): 499- 508.
22. Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. particle size analysis. PP. 383-411. In: Klute. A.(Eds.), Methods of Soil Analysis. Part1, Physical and Mineralogical Methods. Soil Sci. Soc. Amer., USA.
23. Geissen, V., R. Sánchez-Hernández, C. Kampichler, R. Ramos-Reyes, A. Sepulveda-Lozada, S. Ochoa-Goana, B.H.J. de Jong, E. Huerta-Lwanga and S. Hernández-Daumas. 2009. Effects of land-use change on some properties of tropical soils-An example from Southeast Mexico. Geoderma 151: 87-97.

24. Gumiere, S. J., Y. L. Bissonais and D. Raclot. 2009. Soil resistance to interrill erosion: Model parameterization and sensitivity. *Catena* 77: 274–284.
25. Jordan, A. and L. Martinez-Zavala. 2008. Soil loss and runoff rates on unpaved forest roads in southern Spain after simulated rainfall. *Forest Ecol. and Manage.* 255: 913–919 .
26. Kamphorst, A. 1987. A Small Rainfall Simulator for the Determination of Soil Erodibility. *Netherlands J. Agric. Sci.* 35: 407-415.
27. Kelarestaghi, A., H. Ahmadi and M. Jafari. 2006. Land use changes detection and spatial distribution using digital and satellite data. case study: Farim drainage basin, Northern Iran. *Desert J.* 11(2): 33-47.
28. Kinnell, P. I. A. 1974. Splash Erosion: Some Observations on the Splash-Cup Technique. *Soil Sci. Soc. Amer.* 38:657-660.
29. Legout, C., S. Legue'dois, Y. Le Bissonais and O. Malam Issa. 2005. Splash distance and size distributions for various soils. *Geoderma* 124: 279–292.
30. Martinez-Mena, M., J. Lopez, M. Almagro, C. Boix-Fayos and J. Albaladejo. 2008. Effect of water erosion and cultivation on the soil carbon stock in a semiarid area of South-East Spain. *Soil and Tillage Res.* 99. 119–129.
31. Mazurak, A. P. and P. N. Mosher. 1968. Detachment of soil particles in simulated rainfall. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 32: 716–719.
32. Mazurak, A. P. and P. N. Mosher. 1970. Detachment of Soil Aggregates by Simulated Rainfall. *Soil Sci. Soc. Amer.* 34:798-800.
33. Morgan, R.P.C. 1981. field measurement of Splash Erosion. *Erosion and Sediment Transport Measurement, Proceeding of the Florence Symposium, IAHS Pub.*
34. Morgan, R.P.C. 2007. Field studies of rainsplash erosion. *Earth Surf. Process.* 3: 295-299.
35. Nelson, D.W. and L. E. Sommer. 1982. total carbon. organic carbon and organic matter. *In: A.L. page(Ed.), Methods of Soil Analysis.* 2nd ed., ASA Monogr. Amer. Soc. Agron. Madison 9(2):539-579.
36. Qinjuan, CH., C. Qiangguo, Ma. Wenjun. 2008. Comparative Study on Rain Splash Erosion of Representative Soils in China. *Chin. Geogra. Sci.* 18(2):155–161.
37. Rodri'Guez, A., J. A. Guerra, S. P. Gorri', N. C. D. Arbelo and J. L. Mora. 2002. Aggregates stability and water erosion in Andosols of the Canary ISLANDS. *land Desert. and Develop.* 13: 515–523.
38. Schnitzer, M. 1982. Total carbon. organic matter. and carbon. PP. 539–577. *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:*
39. Shukla, M.K., R. Lal, M. Ebinger and C. Meyer. 2006. Physical and chemical properties of soils under some pin~on-juniper-oak canopies in a semi-arid ecosystem in New Mexico, *J. Arid Environ.* 66: 673–685.
40. Sutherland, R.A. and D. Ziegler. 1998. The influence oh the soil conditioner. *Agri-Sc. On splash detachment and aggregate stability. Soil and Till. Res.* 45: 373-386.
41. Vahabi, J. and D. Nikkmi. 2008. Assessing dominant factors affecting soil erosion using a portable rainfall simulator. *International J. Sediment Res.* 23(4):376-386.
42. van Dijk, A. I. J. M. , A.G.C.A. Meesters and L.A. Bruijnzeel. 2002. Exponential distribution theory and the interpretation of splash detachment and transport experiments. *Soil Science Soc. Amer. J.* 66: 1466–1474.
43. Wawer, R., Nowocic, E., B. Podolski. 2005. Real and Calculated K USLE Erodibility Factor for Selected Polish Soils. *Polish J. Environ. Studies* 14(5): 655-658
44. Yan, F., Z. Shi, Z. Li and C. Cai. 2008. Estimating interrill soil erosion from aggregate stability of Ultisols in subtropical China. *Soil and Till. Res.* 100: 34–41