بررسی آزمایشگاهی فرسایش پاشمانی بر روی نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده از کاربری‌های مختلف از زیرحوضه‌ی آبخیز لردگان

طیبه ساعدی، مهدی شرفاء[1]، بیژن خلیل مقدم و منوچهر گرجی

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تهران؛ t_saedi@ut.ac.ir

دانشیار گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه تهران؛ m_shorafa@ut.ac.ir

استادیار گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، خوزستان؛ smoghaddam623@yahoo.ie

دانشیار گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه تهران؛ mgorji@ut.ac.ir

دریافت: 1391/8/21 و پذیرش: 1392/4/17

چکیده

فرسایش پاشمانی، مرحله‌ی اولیه‌ی فرسایش آبی است که با برخورد قطرات باران به سطح خاک سبب جداشدن ذرات خاک می‌گردد. هدف از این پژوهش بررسی اثر متقابل نوع کاربری اراضی، شیب و شدت بارندگی بر اجزاء فرسایش پاشمانی (بالادست شیب، پایین دست شیب، کل پاشمان و انتقال پاشمان) از نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده از زیرحوضه‌ی آبخیز لردگان در شرایط آزمایشگاهی بود. این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار با استفاده از دستگاه جام پاشمانی چندمتغیره که به این منظور طراحی و ساخته شده است، اجرا شد. عامل اول شامل کاربری اراضی در سه سطح (مرتع، دیم و کشت آبی)، عامل دوم شدت بارندگی در دو سطح (2/5 و 3/5 میلی‌متر بر دقیقه) و عامل سوم شیب در دو سطح (5 و 15 درصد) بود. نتایج نشان داد که نمونه‌های خاک مرتعی، میزان ماده آلی و میانگین وزنی قطر خاکدانه بیشتر، ولی میزان آهک کمتری نسبت به نمونه‌های خاک کشت دیم و آبی داشتند. به طور کلی اثر تغییر کاربری اراضی بر نرخ فرسایش پاشمانی بالادست، پایین دست، کل فرسایش پاشمانی و انتقال پاشمان معنی‌دار نشد، اما افزایش معنی‌داری در فرسایش پاشمانی پایین دست، کل فرسایش پاشمانی و انتقال پاشمان با افزایش شیب و شدت بارندگی حاصل گردید. همچنین برای فرسایش پاشمانی بالادست، پایین دست، کل فرسایش پاشمانی اثر متقابل کاربری و شدت بارندگی معنی‌دار شد. به طوری که افزایش نرخ فرسایش پاشمانی با افزایش شدت بارندگی (از 2/5 به 3/5 میلی‌متر بر دقیقه) در کاربری کشت آبی نسبت به کاربری مرتع و دیم به ترتیب 1/58 و 1/16 برابر بود.

واژه‌های کلیدی: لردگان، فرسایش پاشمانی، کاربری اراضی، دستگاه پاشمانی چند متغییره

مقدمه

فرسایش پاشمانی عبارت است از جدا شدن ذرات خاک توسط قطرات باران (لگودویز و لی بیسونایس، 2004). که این نوع فرسایش نخستین مرحله در تلفات خاک و انتقال رسوب، در نظر گرفته می‌شود (ون دیجک و همکاران، 2002). نرخ فرسایش پاشمانی به عواملی مانند بارش (شدت بارندگی، سرعت سقوط و توزیع اندازه قطرات باران)، پستی و بلندی (شیب، جهت شیب و شکل شیب)، پوشش (زنده و غیرزنده) و خاک (چسبندگی، درصد رطوبت اولیه، زبری سطح خاک) بستگی دارد (موسوی و رئیسیان، 1999). خالدیان و همکاران (1389) بیان کردند که فرسایش پاشمانی رابطه منطقی و ریاضی با شدت بارندگی دارد. ویژگی‌های

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: کرج، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران-دانشکده فناوری کشاورزی، گروه مهندسی علوم خاک

بارندگی از قبیل انرژی جنبشی، حداکثرشدت بارندگی، متوسط اندازه قطرات و بارش کل بر میزان فرسایش پاشمانی اثر مثبتی دارند (فرناندز و همکاران، 2010).

کینجوآن و همکاران (2008) با بررسی فرسایش پاشمانی در مناطق مختلف چین (هیلونگجیانگ، مغولستان، شانسی، هوبئی و گوانگدونگ) دریافتند که در خاک‌هایی با مقدار ماده آلی زیاد و ساختمان خوب، حداقل فرسایش پاشمانی رخ می‌دهد. اکو و مایدوگوری(1991) گزارش کردند که میزان جدایش ذرات خاک با افزایش ماده آلی و اندازه خاکدانه کاهش و با افزایش مدت بارندگی افزایش می‌یابد. لیگوت و همکاران (2005) نشان دادند که ضربه قطرات باران ذرات 1000-2000 میکرون را به میزان کمی انتقال می‌دهند. شن ریز قابلیت جدا شدن زیادی دارد، در حالی که شن درشت و رس‌های چسبنده قابلیت جداشدن کمی دارند (فن و لی، 1993).

همچنین چوی (2002) بیان نمود که سرعت باد عامل کنترل کننده اصلی در فرآیند جداشدن ذرات خاک، به وسیله باران رانده شده توسط باد است و با افزایش سرعت باد، میزان جدا شدن ذرات خاک افزایش می‌یابد، گرچه این میزان افزایش به زاویه شیب تپه بستگی دارد. در سطوح شیب‌دار مقدار ذراتی که در اثر برخورد قطرات باران به پایین دست پرتاب می‌شوند بیش از ذراتی است که به بالا دست پرتاب می‌شوند بنابراین جابجایی مواد به سمت پایین دست شیب است. هرچه درجه شیب بیشتر باشد این نسبت افزایش می‌یابد (رفاهی، 1378). به گفته‌ی توری و پوسن(1992) با افزایش درجه شیب میزان جدایش خاک در اثر پاشمان افزایش می‌یابد. آن‌ها اثر مثبت شیب بر میزان جدایش را به اضافه شدن نیروی جاذبه زمین به نیروهای قطرات باران نسبت دادند.

کلینگبیل و اونیل (1952) گزارش کرده‌اند که برآیند آثار تغییر کاربری زمین‌های مرتعی به زمین‌های کشاورزی، چیزی جز کاهش ماده آلی خاک و افزایش تراکم خاک در اثر برخورد مستقیم قطرات باران با سطح خاک، و در نتیجه فرسایش و تخریب خاک نمی‌باشد. بانسی و همکاران (1994) برای ارزیابی میزان انتقال پاشمان در شیب تحت پوشش گیاهی مختلف، شامل چهار تیمار گیاه ذرت، لوبیا، کشت مخلوط ذرت-لوبیا و آیش را بررسی کردند نتایج آنها نشان داد که در همه‌ی تیمارها میزان پاشمان در پایین دست شیب بیش‌تر از بالادست شیب بود و مقدار خاک پاشمان شده در پایین دست شیب در زمین آیش و زمین زیر کشت ذرت بیش-تر از زمین‌های زیر کشت لوبیا و کشت مخلوط بود از اینرو افزایش پوشش گیاهی سبب کاهش پاشمان خاک به سمت پایین دست شیب می‌گردد. گیبلر و همکاران (2010) برای مطالعه فرسایشزایی باران و تاج بارش در چین از جام پاشمانی پرشده با شن، استفاده کردند، نتایج به دست آمده نشان داد که قدرت فرسایشزایی قطرات تاج بارش در مناطق جنگلی، 2/59 مرتبه بیشتر از قدرت فرسایشزایی باران در مناطق باز است و این به اهمیت بوته‌ها، گیاهان و لایه لاشبرگ در اکوسیستم‌های جنگل برای حفاظت خاک در برابر فرسایش تأکید دارد.

در زیر حوضه‌ی آبخیز لردگان به دلیل مدیریت غلط کشاورزان، تغییر کاربری اراضی از جنگل و مرتع به اراضی کشاورزی و دیمکاری صورت می‌گیرد. تغییر کاربری اراضی سبب از بین رفتن پوشش گیاهی می‌شود به‌ویژه که این عمل در اراضی نسبتاً شیب‌دار صورت پذیرد. اراضی لخت و شیب‌دار مستعد فرسایش پاشمانی می‌باشند و بنابراین این نوع فرسایش در زیر حوضه‌ی آبخیز لردگان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا این پژوهش به منظور نیل به اهداف زیر صورت پذیرفته است.

1- بررسی آزمایشگاهی اثر تغییر کاربری اراضی بر نرخ فرسایش پاشمانی در زیرحوضه‌ی آبخیز لردگان
2- بررسی آزمایشگاهی فرسایش پاشمانی بر روی نمونه-های خاک جمع‌آوری شده از کاربری‌های مختلف از زیرحوضه‌ی آبخیز لردگان

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه

محدوده‌ی مورد مطالعه شامل دو دشت خان میرزا و چنارمحمودی می‌باشد که در زیرحوضه‌ی لردگان از حوضه‌ی اصلی کارون شمالی در جنوب خاوری استان چهارمحال بختیاری واقع شده است (شکل 1). مساحت تقریبی منطقه 27500 هکتار می‌باشد که در موقعیت جغرافیایی ´51 °50 تا ´15 °51 طول شرقی و ´20 °31 تا ´53 °31 عرض شمالی قرار دارد. ارتفاع متوسط در دشت‌های خان میرزا، جمال و ریگ به ترتیب حدود 1870، 1980 و 1950 متر از سطح دریا می‌باشد پوشش گیاهی طبیعی منطقه، جنگل‌های بلوط می‌باشد که به شدت در حال تخریب است. کاربری‌های کشت آبی و دیم، مرتع، باغ‌کاری و جنگل‌کاری در این منطقه به چشم می‌خورد. خاک های این منطقه شامل Typic Calcixerepts، Calcic Haploxerepts، Fluventic Haploxerepts، Calcic Haploxeralfs، Calcic Haploxerolls، Pachic Calcixerolls، Typic Calciaquolls، Typic Xerorthents، Haplic Xerarentsc

و Mollic Xerofluents می‌باشد (مطالعات خاکشناسی اراضی پایاب سد ونک، 1388)

روش نمونه‌برداری و تجزیه خاک

در منطقه مورد مطالعه سه کاربری نزدیک به هم انتخاب شد سپس 10 خاکرخ در کاربری مرتع و 26 خاکرخ در کاربری دیم و 28 خاکرخ در کاربری کشاورزی(کشت آبی) به طور تصادفی حفر شد و از افق A خاکرخ آن‌ها نمونه‌برداری شد. نمونه‌های خاک به آزمایشگاه منتقل و در معرض هوا خشک و سپس از الک 2 میلی‌متری عبور داده شد. خصوصیات فیزیکی شامل درصد رس، سیلت و شن به روش پیپت (گی و بادر، 1986) و پایداری خاکدانه‌ها به روش کمپر و روسنا (1986) اندازه‌گیری شد. برخی از خصوصیات مهم شیمیایی خاک‌ها نظیر ماده آلی به روش والکی و بلک (نلسون و سامر، 1982) و درصد کربنات کلسیم (لوپرت و سوآرز، 1996) به روش کلسیمتری در آزمایشگاه تعیین شد.

اندازه‌گیری آزمایشگاهی نرخ فرسایش پاشمانی

دستگاه پاشمانی چند متغیره (Multiple splash set)

برای اندازه‌گیری فرسایش پاشمانی، دستگاه پاشمانی چند متغیره (ثبت اختراع72494-1390/08/30) طراحی و ساخته شده است (شکل 2). این دستگاه از سیستم شبیه ساز باران، تأمین شیب و حرکت چرخشی نمونه تشکیل شده است. سیستم شبیه‌سازی باران شامل پمپ الکتریکی به ارتفاع هیدرولیکی 3 متر و دبی 1 لیتر بر دقیقه، لوله‌های تلسکوپی با ارتفاع قابل تغییر از 1/5 تا 3 متر، شیر کنترل کننده دبی و نازل می‌باشد. به منظور ایجاد همپوشانی کامل باران با نمونه خاک با توجه به ابعاد سیلندر حاوی نمونه (10*10 سانتی‌متر طبق الگوی مورگان، 1981) قطر نازل 15 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. از سیستم تأمین شیب برای تولید شیب موردنظر و زاویه دادن به استوانه حاوی نمونه و از سیستم حرکت چرخشی نمونه (به وسیله یک دستگاه الکتروموتور) برای اینکه قطرات باران به یک نقطه اثبات نکنند، استفاده شد. این دستگاه همچنین دارای دو استوانه شامل استوانه‌ی اصلی و استوانه نمونه می‌باشد. استوانه اصلی، استوانه‌ای به ارتفاع و قطر 30 سانتی‌متر است که استوانه نمونه با قطر 10 سانتی‌متر داخل آن قرار می‌گیرد و فرسایش حاصل از باران ایجاد شده توسط این استوانه جمع‌آوری می‌شود. این استوانه توسط دو تیغه به دو بخش بالای شیب و پایین شیب تقسیم شده است که می‌تواند پاشمان در بالادست و پایین دست شیب را تفکیک کند (گرچه به دلیل دایره‌ای بودن سطح مقطع نمونه، ذرات خاک در جهات مختلفی پاشمان می‌شوند اما در روش مرسوم اندازه‌گیری پاشمان با جام پاشمانی، جام را به دو قسمت بالا و پایین شیب تفکیک می‌کنند). در کف استوانه اصلی در هریک از بخش‌های بالای شیب و پایین‌شیب، سوراخ هایی تعبیه شده که خاک پاشمان شده حاصل در بالا دست و پایین دست شیب را به طور مجزا جمع‌آوری می‌کنند. بنابراین با این دستگاه می‌توان، نرخ کل فرسایش پاشمانی، فرسایش پاشمانی بالادست شیب و پایین‌دست شیب را در شیب و شدت بارندگی مختلف بر روی خاک‌های دست خورده و دست نخورده اندازه‌گیری نمود.

برای اندازه‌گیری فرسایش پاشمانی، نمونه‌های مربوط به هر کاربری اراضی با هم ترکیب شدند و در نهایت یک نمونه ترکیبی یکسان برای هر کاربری به دست آمد. نمونه های ترکیبی در سه تکرار، تحت شدت بارندگی‌های 2/5 و 3/5 میلی متر بر دقیقه به مدت 30 دقیقه و شیب های 5 و 15 درصد قرار گرفتند. سپس خاک پاشمان یافته بخش بالادست و پایین دست به طور مجزا جمع‌آوری شد و در دمای 105 درجه سانتیگراد در آون خشک و توزین گردید. و نرخ فرسایش پاشمانی کل و اجزای آن و نرخ انتقال خالص پاشمان از روابط زیر به دست آمد. در این آزمایش سرعت چرخش استوانه نمونه درحدی در نظر گرفته شد (چرخش افقی 5 دور در دقیقه) که قطرات باران توزیع یکنواختی بر سطح خاک داشته باشند و از برخورد متوالی قطرات به یک نقطه ثابت در سطح خاک جلوگیری شود.

(1)

$$S_t = \frac{S_u + S_d}{T * A}$$

(2)

$$S_{tr} = \frac{S_d - S_u}{T * A}$$

S_t : نرخ فرسایش پاشمانی کل برحسب گرم بر دقیقه بر متر مربع، S_{tr}: نرخ انتقال خالص پاشمان به پایین شیب برحسب گرم بر دقیقه بر متر مربع، S_u : وزن خاک پاشمان شده در بالای شیب برحسب گرم، S_d : وزن خاک پاشمان شده در پایین شیب بر حسب گرم، A: سطح مقطع استوانه نمونه به متر مربع، T: زمان بارش برحسب دقیقه.

تجزیه و تحلیل آماری

آزمایشی درقالب طرح کاملا تصادفی با آزمایش فاکتوریل با سه عامل کاربری اراضی (مرتع، دیم و کشاورزی آبی)، شدت بارندگی در دو نوع شدت (2/5 و 3/5 میلی‌متر بر دقیقه) و شیب با دو شیب (5 و 15

درصد) اجرا شد. محاسبات آماری نتایج به وسیله نرم‌افزارهای SAS 9.1، SPSS/ver. 16 صورت گرفت. همچنین برای رسم نمودارها از برنامه Excel نسخه 2007 استفاده شد.

نتایج

جدول 1 خلاصه آماری ویژگی های مربوط به هر کاربری را نشان می دهد. بافت خاک هر سه کاربری مرتع، دیم‌کاری و کشت آبی لوم رسی سیلتی می‌باشد. این کاربری ها دارای میانگین سیلت 52 تا 54 درصد می‌باشند و دارای بافتی حساس به فرسایش هستند. میانگین میزان ماده آلی هم بین 1/65 تا 2/64 درصد در این کاربری ها متغیر است. که بیشترین مقدار مربوط به مرتع و کمترین آن مربوط به دیم‌کاری است. بیشترین و کمترین میانگین میزان پایداری خاکدانه‌ها و توزیع اندازه خاکدانه نیز مانند ماده آلی به ترتیب مربوط به مرتع و دیم‌کاری است. میانگین میزان آهک بین 16/43 تا 18/08 است که با تغییر کاربری اراضی از مرتع به دیم‌کاری، میزان آهک افزایش پیدا کرده است.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول 2 نشان می‌دهد میزان فرسایش پاشمانی بالا و پایین دست شیب، انتقال پاشمان و کل پاشمان در کاربری‌های مختلف معنی‌دار نیستند درحالی که شدت بارندگی در سطح 1% اختلاف معنی‌داری بر پارامترهای ذکر شده دارد. همچنین به‌جز فرسایش پاشمانی بالا دست شیب، بقیه اجزاء فرسایش پاشمانی با تغییر شیب درسطح 1% اختلاف معنی‌داری از خود نشان داده‌اند.

شکل 1 میزان کل پاشمان، انتقال پاشمان، پاشمان در بالا و پایین دست شیب را در دو شدت بارندگی 2/5 و 3/5 میلی‌متر بر دقیقه نشان می‌دهد که این پارامترها در شدت‌های مختلف بارندگی اختلاف معنی داری در سطح 1% دارند. بنابراین شدت بارندگی عاملی مؤثر بر میزان فرسایش پاشمانی است.

تأثیر شیب بر میزان پاشمان در شکل 2 نشان داده شده است که همانند شدت بارندگی درجه شیب هم تأثیر معنی‌داری بر میزان کل پاشمان، انتقال پاشمان و پاشمان در پایین دست شیب دارد اما بر میزان پاشمان در بالا دست شیب تأثیری ندارد.

همچنین شکل 3 نشان دهنده‌ی اثرات متقابل کاربری اراضی و شدت بارندگی، شیب و شدت بارندگی بر میزان فرسایش پاشمانی می‌باشد که با توجه به شکل 3 (الف، ب، ج، د) در هر سه کاربری با افزایش شدت بارندگی در هر دو شیب فرسایش پاشمانی و اجزاء آن افزایش معنی‌داری داشته است. به طوری که با افزایش شدت بارندگی از 2/5 به 3/5 میلی‌متر بر دقیقه در کاربری مرتع به ترتیب 2/31، 2/54، 2/67 و 2/48 برابر نرخ فرسایش پاشمانی بالادست، پایین‌دست، انتقال پاشمان وکل فرسایش پاشمانی افزایش نشان داده است. همچنین در کاربری دیم به ترتیب 3/50، 3/37، 3/30 و 3/40 برابر نرخ فرسایش پاشمانی بالادست، پایین‌دست، انتقال پاشمان و کل فرسایش پاشمانی افزایش مشاهده گردید. و در کاربری کشاورزی به ترتیب 3/79، 4/02، 4/18 و 3/96 برابر نرخ فرسایش پاشمانی بالادست، پایین‌دست، انتقال پاشمان و کل فرسایش پاشمانی افزایش پیدا کرد. همچنین افزایش نرخ فرسایش پاشمانی کل با افزایش شدت بارندگی (از 2/5 به 3/5 میلی‌متر بر دقیقه) درکاربری کشاورزی و دیم نسبت به کاربری مرتع به ترتیب 1/58 و 1/37 برابر بود.

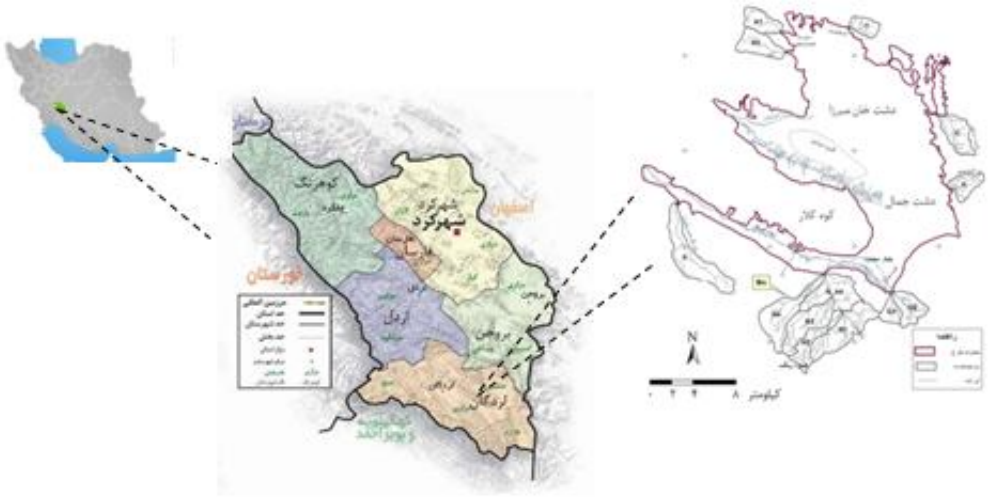
با توجه به شکل 3 (ک، ل، م، ن) در هر دو شیب با افزایش شدت بارندگی فرسایش پاشمانی و اجزاء آن در هر سه کاربری افزایش معنی‌داری داشته است. به طوری که با افزایش شدت بارندگی از 2/5 به 3/5 میلی متر بر دقیقه در شیب 5 درصد به ترتیب 4/56، 4/15، 3/81 و 4/25 برابر نرخ فرسایش پاشمانی بالادست، پایین‌دست، انتقال پاشمان و کل فرسایش پاشمانی افزایش نشان داده است. همچنین در شیب 15 درصد به ترتیب 2/27، 2/85، 3/13 و 2/70 برابر نرخ فرسایش پاشمانی بالادست، پایین‌دست، انتقال پاشمان و کل فرسایش پاشمانی افزایش نشان می‌دهد. این نتایج مبین آن است که افزایش شدت بارندگی در شیب 5 درصد باعث فرسایش پاشمانی زیادتری گردیده است. زیرا در شیب کمتر زاویه برخورد قطرات باران با سطح خاک عمودی‌تر است و بنابراین پاشمان ذرات بیشتر است.

بحث و نتیجه‌گیری

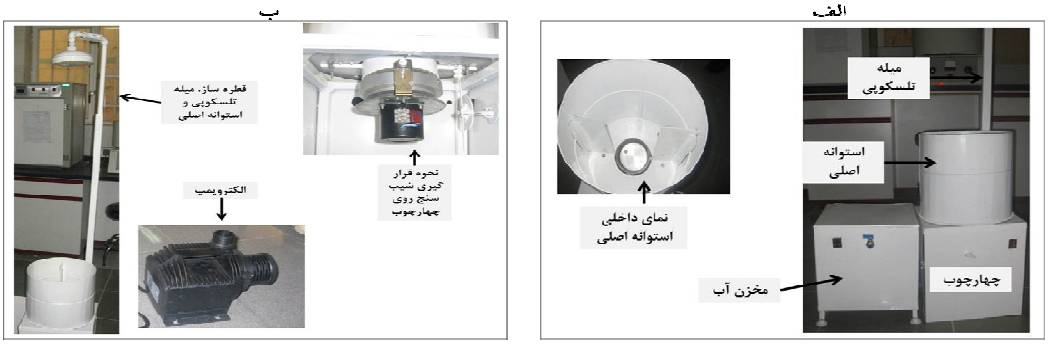
با توجه به جدول (1) خلاصه آماری ویژگی خاک-های مورد مطالعه، تغییر کاربری اراضی از مرتع به دیم موجب کاهش میزان ماده آلی شد. احمدی ایلخچی و همکاران (1381)، حقیقی و همکاران(2010) نشان دادند که با تغییر کاربری اراضی از مرتع به دیم‌کاری میزان ماده آلی کاهش می‌یابد. میزان آهک با تغییر کاربری اراضی از مرتع به دیم‌کاری، افزایش پیدا کرده است که نشان می‌دهد از بین بردن پوشش گیاهی باعث از بین رفتن و فرسایش افق رویین خاک (A) می‌گردد و افق‌های زیرین (B, C) که دارای آهک بیشتری هستند نمایان می‌گردد. ولی کاربری کشاورزی آبی نسبت به دیم‌کاری تا حدی به دلیل ایجاد پوشش‌های زراعی باعث حفظ افق‌های رویین می‌گردد. مختاری کرچگانی و همکاران (1390) نیز

افزایش آهک را در اثر تغییر کاربری اراضی جنگلی به اراضی زراعی مشاهده کردند. پایداری خاکدانه‌ها و توزیع اندازه خاکدانه پارامترهای دیگری هستند که ارتباط مستقیمی با ماده آلی دارند. با تغییر کاربری اراضی از مرتع به دیم این دو پارامتر نیز مانند کربن آلی روند کاهشی داشته است.(احمدی ایلخچی و همکاران، 1381). در کل تغییر کاربری از مرتع به کشاورزی آبی باعث کاهش کمتری در مقدار این پارامترها گردید که می‌تواند به این دلیل باشد که کشاورزی آبی باعث افزایش میزان ماده آلی و حفظ خاک می‌گردد (حاج عباسی و همکاران، 1386). در این پژوهش میزان فرسایش پاشمانی در کاربری‌های مختلف، در شیب و شدت بارندگی‌های متفاوت مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصل از آنالیز داده‌های به دست آمده و مقایسه میانگین آنها نشان داد که بین دو شدت بارندگی اعمال شده، اختلاف معنی‌داری وجود دارد و با افزایش شدت بارندگی نه تنها فرسایش پاشمانی کل بلکه انتقال پاشمان و پاشمان در بالا و پایین شیب افزایش می‌یابد. فارمر (1973) با بررسی میزان جدایش-پذیری در دو نوع خاک مختلف (رسی و شنی) نشان داد که با افزایش شدت بارندگی از 7/5 به 16 سانتی‌متر بر ساعت، وزن خاک پاشمان شده افزایش می‌یابد. خالدیان و همکاران (1389) و فرناندز و همکاران (2010) نتایج مشابهی را گزارش کردند. نتایج ما همچنین نشان داد که شیب نیز از عوامل مؤثر بر پاشمان ذرات خاک است و با افزایش درجه شیب زمین، میزان کل پاشمان و انتقال پاشمان و پاشمان در پایین شیب افزایش می‌یابد. توری و پوسن (1992) بیان کردند که با افزایش شیب سطحی و در نتیجه اضافه شدن نیروی جاذبه زمین به نیروهای قطرات باران، میزان جدا شدن ذرات خاک سطحی افزایش می‌یابد. علاوه بر این میزان پاشمان همواره در پایین‌دست شیب بیشتر از بالادست شیب به دست آمد و انتقال خالص پاشمان به سمت پایین‌دست شیب بود. که با افزایش شیب نسبت پاشمان در پایین دست شیب به بالادست شیب و در نتیجه انتقال خالص پاشمان افزایش یافت. نتایج بانسی و همکاران (1994) نشان داد که میزان پاشمان در پایین‌دست شیب بیشتر از بالادست شیب است. همچنین قدیری و پاین (1988) بیان کردند که قطرات درشت‌تر بیشتر به سمت پایین دست پرتاب می‌شوند. لذا، پاشمان رو به پایین بیشتر است. همچنین اثر شیب بر پاشمان در بالای شیب معنی‌دار نبود زیرا همان طور که گفته شد با افزایش شیب، به علت نیروی جاذبه‌ی زمین، در پاشمان بالای شیب کاهش رخ می‌دهد. اما با افزایش ده درصد در شیب این کاهش در حدی نبوده است که اختلاف معنی‌داری ایجاد کند.

بر خلاف انتظار اثر کاربری بر میزان فرسایش پاشمانی معنی‌دار نشد و میزان کل پاشمان، انتقال خالص پاشمان، پاشمان در بالادست و پایین دست شیب در هر سه کاربری مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری نداشت. در حالی که محققانی چون بانسی و همکاران (1994)، گیبلر و همکاران (2010) بیان نمودند که نوع پوشش گیاهی ازعوامل مرتبط با پاشمان می‌باشد. اما تحقیقات در زمینه تأثیر تغییرکاربری اراضی بر فرسایش پاشمانی بسیار محدود است و اکثر تحقیقات در مورد رواناب و انواع دیگر فرسایش‌ها صورت گرفته است. قابل توجه است که در ایران پژوهش محدودی در رابطه با تأثیر کاربری اراضی بر میزان فرسایش پاشمانی صورت گرفته است. از جمله رضایی پاشایی و همکاران(1390) که میزان فرسایش پاشمانی در سه کاربری اراضی مجاور هم شامل جنگل، مرتع و کشاورزی در شمال کشور مورد بررسی قرار دادند و آنها نیز اختلاف معنی‌داری بین فرسایش پاشمانی در کاربری‌های مختلف نیافتند. همان طور که گفته شد انتظار می‌رفت که میزان پاشمان درکاربری مرتع به طور معنی‌داری کمتر از دو کاربری دیم و کشاورزی باشد. اما چنین نتیجه‌ای حاصل نشد زیرا در منطقه مورد مطالعه، به سبب پایین بودن تراکم پوشش گیاهی در مراتع و نیز شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها چندان بالا نیست و تفاوت زیادی بین ماده آلی و پایداری خاکدانه‌ها در مراتع با زمین‌های زراعی وجود ندارد. حاج عباسی و همکاران (1386) تفاوت معنی‌داری در میانگین وزنی قطر خاکدانه در اثر تغییر کاربری اراضی از مراتع به کشاورزی در خاک‌های جنوب و جنوب غرب اصفهان، مشاهده نکردند و دلیل این امر را تراکم کم پوشش گیاهی در مراتع و کوددهی مناسب و کشت باعملکرد بالا در زمین‌های کشاورزی دانستند. در مورد کاربری‌های دیم و کشاورزی می‌توان گفت که این زمین‌ها هر دو تحت کشت گندم بودند و تنها تفاوت این دو کاربری سیستم آبیاری و نوع کشت یا خاک‌ورزی آنها بوده که تفاوت چندانی در پاشمان ذرات خاک ایجاد نکرده است.



شکل 1- موقعیت منطقه مورد نمونه‌برداری



شکل 2- دستگاه پاشمانی چند متغیره، الف: میله تلسکوپی، چهارچوب، استوانه اصلی و نمای داخلی از نحوه قرارگیری استوانه نمونه‌گیری در داخل استوانه اصلی، ب: الکتروپمپ، قطره ساز میله تلسکوپی و استوانه اصلی و نحوه قرار گیری شیب سنج روی چهارچوب

جدول ۱- خلاصه آماری ویژگی‌های خاک مربوط به هر کاربری

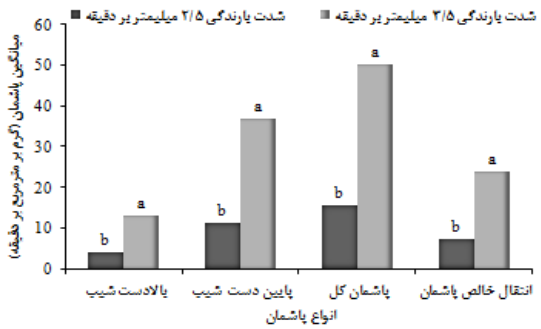
ویژگی	آماره	مرتع	دیم	کشاورزی(کشت آبی)
درصد رس	میانگین	33/85	34/73	35/71
	انحراف معیار	6/68	5/51	7/54
	حداقل	22	21	22/50
	حداکثر	42	44	48
درصد سیلت	میانگین	54/72	52/28	52/04
	انحراف معیار	7/96	9/36	7/19
	حداقل	41/49	26/29	30/06
	حداکثر	65/98	65/12	64/48
درصد شن	میانگین	11/42	12/98	12/24
	انحراف معیار	1/037	1/23	1/06
	حداقل	1/54	1/24	1/70
	حداکثر	36/51	52/71	47/44
درصد ماده آلی	میانگین	2/64	1/65	1/86
	انحراف معیار	1/16	0/593	0/948
	حداقل	1	0/29	0/48
	حداکثر	4/16	2/86	4/30

درصد آهک	میانگین	16/43	18/08	17/7
	انحراف معیار	9/28	1/35	1/032
	حداقل	1/13	0/38	0/37
	حداکثر	29/60	55	37
توزیع اندازه خاکدانه (میلی‌متر)	میانگین	2/62	2/55	2/66
	انحراف معیار	0/582	0/545	0/549
	حداقل	1/82	1/23	1/77
	حداکثر	3/53	3/84	3/84
میانگین وزنی قطر خاکدانه (میلی‌متر)	میانگین	2/63	2/21	2/26
	انحراف معیار	0/66	0/50	0/63
	حداقل	1/70	0/97	1/12
	حداکثر	3/54	2/98	3/62

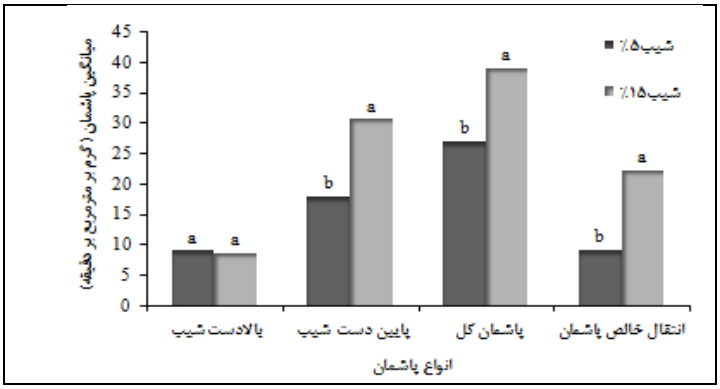
جدول2- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) فاکتورهای مورد مطالعه

		میانگین مربعات			
ویژگی	درجه آزادی	پاشمان بالا دست	پاشمان پایین دست	پاشمان کل	انتقال پاشمان
کاربری	2	8/56^{ns}	26/57 ns	50/77^{ns}	19/49^{ns}
شدت بارندگی	1	721/82 **	5893/12**	10739/87**	2490/01**
شیب	1	1/44^{ns}	1418/78**	1329/82**	1510/62**
کاربری*شدت بارندگی	2	18/36 *	83/10*	178/40**	24/53^{ns}
کاربری*شیب	2	4/71^{ns}	40/85^{ns}	64/21^{ns}	26/90^{ns}
شدت بارندگی * شیب	1	51/36 **	121/00*	14/69^{ns}	330/03**
کاربری*شدت بارندگی*شیب	2	9/36 ^{ns}	40/12^{ns}	82/69^{ns}	16/26^{ns}
خطا	24	4/22	20/67	26/9297	22/84
ضریب تغییرات (%CV)		23/71	18/79	15/79	30/76
ضریب تبیین		0/89	0/94	0/95	0/89

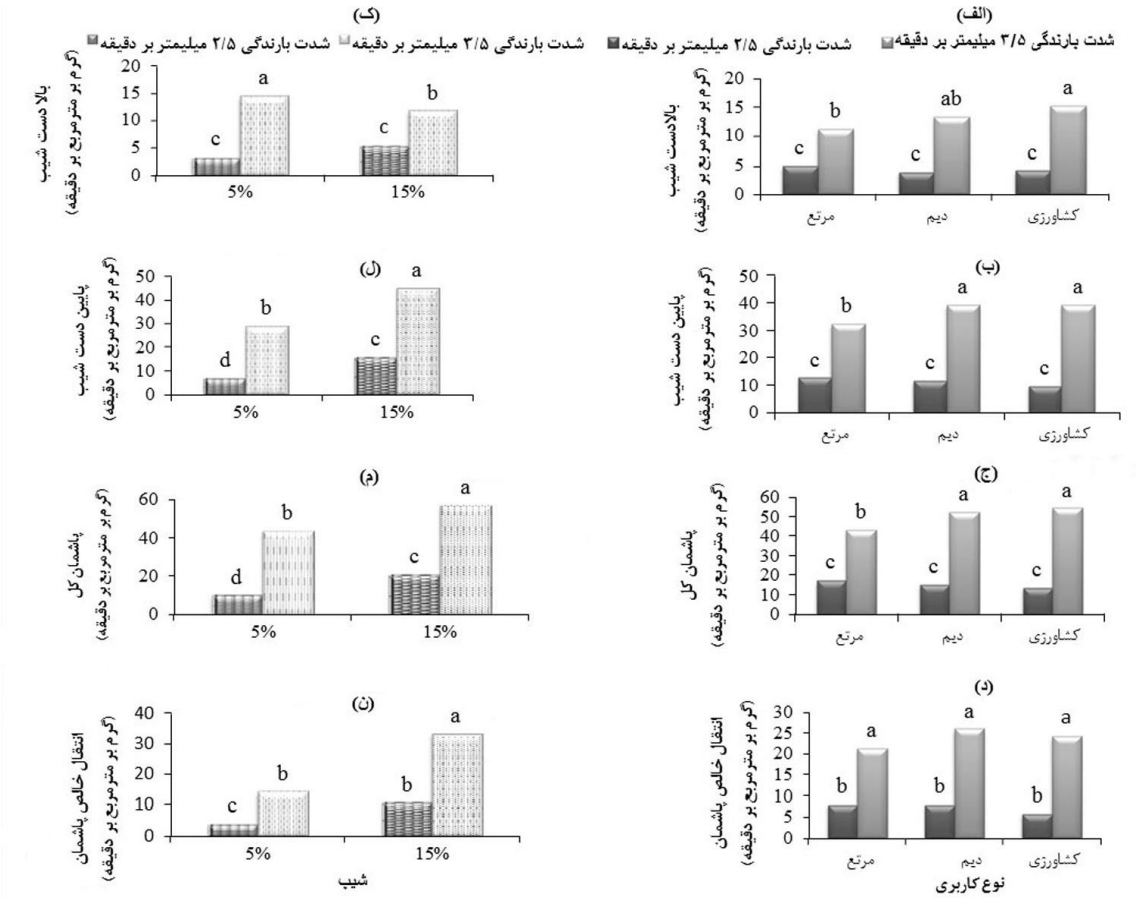
** معنی‌دار در سطح 1% * معنی‌دار در سطح 5% و ns غیرمعنی‌دار



شکل 1- مقایسه میانگین‌های شدت بارندگی‌های مختلف برای نرخ فرسایش پاشمانی بالادست، پایین‌دست، انتقال پاشمان و کل فرسایش پاشمانی با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد



شکل 2- مقایسه میانگین‌های شیب‌های مختلف برای نرخ فرسایش پاشمانی بالادست، پایین‌دست، انتقال پاشمان و کل فرسایش پاشمانی با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد



شکل 3- مقایسه میانگین اثر متقابل شدت بارندگی *کاربری (سمت راست)، شدت بارندگی*شیب (چپ) برای نرخ فرسایش پاشمانی بالادست، پایین‌دست، کل فرسایش پاشمانی و انتقال پاشمان با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد

فهرست منابع:

1. احمدی ایلخچی، ع؛ م. ع. حاج عباسی؛ و ا. جلالیان. 1381. اثر تغییر کاربری مرتعی به دیم کاری و تولید رواناب، هدررفت و کیفیت خاک در منطقه دوراهان چهارمحال و بختیاری. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. 6(4): 103-15.

2. حاج عباسی، م.ع؛ ا. بسالت پور؛ و ا. مللی. 1386. اثر تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی بر برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک‌های جنوب و جنوب غربی اصفهان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. شمار ه 42.
3. خالدیان، ح؛ و ص شاهویی. 1389. اندازه‌گیری فرسایش پاشمانی و رابطه آن با شدت بارندگی در استان کردستان. مجله پژوهش آب ایران.6: 24-19.
4. رفاهی، ح. 1378. فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران. صص63-57 و 89-91.
5. رضایی پاشایی، م؛ ع.کاویان؛ و ق. وهاب زاده. 1390. مطالعه آزمایشگاهی فرسایش پاشمانی و ارتباط آن با خصوصیات خاک در سه کاربری اراضی مجاور هم (مطالعه موردی: حوضه ی کسیلیان). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. شماره 58.
6. مختاری کرچگانی، پ؛ ش. ایوبی؛ م.ر. مصدقی؛ و م. ملکیان. 1390. اثر شیب و کاربری اراضی بر ذخایر مواد آلی خاک در اجزاء اندازه ذرات و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در اراضی تپه ماهوری لردگان. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار. 1(1): 41-23.
7. مطالعات مرحله اول شبکه آبیاری و زهکشی اراضی پایاب سد مخرنی ونک، 1388، جلد 1، مهندسین مشاور آبدان فراز، شرکت آبدان فراز، شرکت آب منطقه ای استان چهارمحال و بختیاری، ص 100-53.

8. Bancy.M.M. 1994. Splash transport of soil on a slope under various crop covers, Agricultural water management. 26:59-66.
9. Choi, E.C.C.,2002. Modelling of wind-driven rain and its soil detachment effect on hill slopes. J. Wind Eng. Ind. Aerodyn., 90:1081–1097.
10. 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.
11. Ekwue, E. I. and J.O. Ohu 1991. A Model Equation to Describe Soil Detachment by Rainfall.Soil Tillage Res.16: 299-306.
12. Fan, R., and Z. Li. 1993. Rainsplash and sediment transport model on the slope. Journal of Hydraulic Engineering. 6:24–29.
13. Farmer,E. E. 1973. Relative detachability of soil particles bby simulated rainfall. Soil Sci, Soc. Am. Proc. 37:629-633.
14. Fernández-Raga, M., R. Fraile., J.J. Keizer., M.E.V. Tiejiero., A. Castro., C.Palencia., A.I. Calvo., J. Koenders., and R. Marques. 2010. the kinetic energy of rain measured with an optical disdrometer: An application to splash erosion. Atmospheric Research. 96: 225–240.
15. Gee, G.W., J.W. Bauder. 1986. Particle size analysis. In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis: Part 1. In: physical and mineralogical methods. SSSA, Madison, WI. pp.383–411.
16. Geibler, C., P. Kuhn., M. Bohnk., H. Bruelheide., X. Shi., T. Scholten. 2010. Splash erosion potential under tree canopies in subtropical SE China. Catena.pp.1-9.
17. Ghadiri, H., and D. Payne. 1988. The formation and characteristics of splash following raindrop impact on soil. J. Soil Sci. 39:563-572.
18. Haghighi, F., M. Gorgi., and M. Shorafa .2010: A Study of the Effects of Land Use Changes on Soil Physical Properties and Organic Matter. Land Degradation & Development. (www.interscience.wiley.com) DOI: 10.1002/ldr.999.
19. Kemper, W.D., and R.C. Rosenau. 1986. Size distribution aggregates. In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis: Part 1. Second de. ASA Monogr. Amer. Soc. Agron. Madison .9:425-442.

20. Klingebiel, A.A., and A.M. Oneal. 1952. Structure and its influence on tilth of soils. Soil Sci, Soc. Am. Proc. 16:77-80.
21. Legout, C., S. Leguedois., Y. Le Bissonnais., and O. Malam Issa.2005. Splash distance and distributions size for various soils. Geoderma. 124:279–292.
22. Leguedois, S. and Y. Le Bissonnais. 2004. Size fractions resulting from an aggregate stability test, interrill detachment and transport. Earth Surf. Process. Landforms.29 (9):1117–1129.
23. Loeppert, R. H., and D.L.Suarez. 1996.Carbonate and gypsum. In: Bigham, J. M., and Bartels, J. M., (Eds.), Methods of Soil Analysis: Part 3, Chimical Methods,SSSA, ASA, Madison, WI. pp.437-474.
24. Morgan,R. P. C. 1981. Field measurement of splash erosion. Erosion and Sediment Transport Measurement. 133:373-382.
25. Nelson, D.W. and L.E. Sommer. 1982. total carbon. organic carbon and organic mtter. In: A.L. page(Ed.), Methods of Soil Analysis. 2nd ed. ASA Monogr. Amer. Soc. Agron. Madison .9(2):539-579.
26. Qinjuan, CH., C. Qiangguo. and M. Wenjun. 2008. Comparative Study on Rain Splash Erosion of Representative Soils in China. Chin. Geogra. Sci. 18(2):155–161.
27. Torri, D., J. Poesen. 1992. The effect of soil surface slope on raindrop detachment.Catena. 19:561-578.
28. Van dijk, A.I.J.M., A.G.C.A. Mecsters., and L. A Bruijnzeel. 2002. Exponential distribution Theory and The inter pration of splash detachment and transport experiment. Soil Sci, Soc. Am. J. 66:1466-1743.