

ارزیابی تأثیر خرده‌های چوب در کنترل رواناب و هدررفت خاک - یک مطالعه‌ی آزمایشگاهی در مقیاس کرت

عطاله کاویان^{۱*}، الهام الهی^۲ و سید مجید ذبیح‌زاده^۳

چکیده

فرسایش خاک یک مشکل جهانی است که به طور جدی منابع طبیعی، رفاه بشر و حتی حیات انسان را تهدید می‌کند. روش‌های زیادی برای حفاظت خاک در جهان وجود دارد که این روش‌ها دارای هزینه زیادی هستند و متناسب با طبیعت نیست. مالچ‌پاشی یکی از روش‌های مدیریتی در حفاظت خاک است و سبب کاهش اثرات قطرات باران، جلوگیری از جریان‌های سطحی و فرسایش خاک می‌شود. در این میان استفاده از مالچ‌های آلی سبب بهبود بافت و ظرفیت نفوذپذیری خاک می‌شوند و از آلودگی محیط‌زیست جلوگیری می‌کنند. این مطالعه به بررسی اثر مالچ چوبی گونه توسکای بیلاقی با اندازه طولی ۴ سانتی‌متر و عرض ۱/۵ سانتی‌متر در سه درصد پوشش (۰، ۳۰ و ۷۰ درصد) تحت بارانی با شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت به مدت ۲۰ دقیقه در پلاتی با ابعاد ۲ متر طول، ۱ متر عرض و ۰/۲ متر عمق در خاک لومی سیلتی پرداخته است. نتایج آزمون LSD و t جفتی در درصد پوشش‌های مختلف نشان داد که بین پوشش‌های مختلف در اندازه ۴ سانتی‌متر، در سطح اطمینان ۹۹ درصد در میزان متغیرهای رواناب، بار رسوب، غلظت رسوب و ضریب هرزآب اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($P < 0/01$). همچنین میزان فرسایش از ۶۰ تا ۹۷ درصد بسته به میزان درصد پوشش مالچ کاهش یافت. نتایج این پژوهش می‌تواند برای مدیریت بهتر اراضی جنگلی و همچنین حفاظت خاک مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: توسکای بیلاقی، حفاظت آب و خاک، خرده چوب، شبیه‌ساز باران، مالچ.

ارجاع: کاویان ع. الهی ا. و ذبیح‌زاده س. م. ۱۳۹۶. ارزیابی تأثیر خرده‌های چوب در کنترل رواناب و هدررفت خاک - یک مطالعه‌ی آزمایشگاهی در مقیاس کرت. مجله پژوهش آب ایران. ۲۵: ۶۹-۶۱.

۱- دانشیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

۳- دانشیار گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

* نویسنده مسئول: a.kavian@sanru.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۲۵

مقدمه

فرسایش خاک و پیامدهای ناشی از آن امروزه یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی است (اکوو و همکاران، ۲۰۰۹). فرسایش خاک در شروع سبب تشکیل شیار و در ادامه سبب ایجاد آبراهه خواهد شد که این عمل سبب شست‌شوی خاک سطحی، مواد آلی و در نهایت کاهش حاصل‌خیزی خاک خواهد شد (کلارستاقی و همکاران، ۲۰۰۹). امروزه افزایش جمعیت و افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی سبب شده تا پوشش‌های طبیعی زمین به ویژه جنگل‌ها و مراتع با سرعت هشدار دهنده‌ای از سوی انسان تخریب و تبدیل به اراضی کشاورزی شوند (ایزکی‌ردو و ریکاردو، ۲۰۰۹). تغییر در نوع کاربری‌ها از پوشش‌های متراکم و دائمی، به پوشش‌های تنک و موقتی همواره با افزایش میزان رواناب و فرسایش و به دنبال آن تولید رسوب همراه بوده است (گوستافسون، ۲۰۰۰). خاک‌های تخریب شده در مناطق جنگلی در اثر عملیات مختلف عمرانی، برداشت چوب و همچنین آتش‌سوزی به طور خاصی مستعد فرسایش ناشی از باران هستند (الیوت و روبیچاود، ۲۰۰۱). یک روش معمول برای حفاظت خاک استفاده از مالچ است. مالچ عبارت است از هر ماده‌ای از قبیل کاه، برگ گیاهان، قطعات سنگ، تراشه‌های چوب، مواد پلاستیکی و غیره که برای حفاظت از خاک و یا ریشه گیاهان از اثرات قطرات باران، انجماد پوسته خاک، تبخیر و غیره در سطح خاک قرار گرفته و یا پخش می‌شود (اسمت و پوسن، ۲۰۰۹). مالچ سطح خاک را در برابر نیروهای فرساینده‌ی باران محافظت می‌کند و سبب کاهش فرسایش خاک می‌شود. استفاده از مالچ‌های چوبی حاصل از بقایای گونه‌های جنگلی موجب حفظ رطوبت خاک و کاهش تبخیر سطح خاک می‌شوند و همچنین مواد آلی خاک را حفظ کرده و در نتیجه سبب بهبود ساختار خاک می‌شوند (پراتز و همکاران، ۲۰۱۴). گرونیر و شوورز (۲۰۰۴)، استفاده از خرده‌های چوب را برای کاهش هدررفت خاک پیشنهاد، و گزارش کردند درختانی که از مسیر جاده‌ها پاک‌سازی می‌شوند می‌توانند به عنوان مالچ خرد شوند، به طور معمول این مواد برای کاهش خطرات آتش‌سوزی سوزانده یا رنده می‌شوند، بنابراین خرد کردن آن‌ها برای کاهش فرسایش استفاده از آن‌ها را با ارزش می‌کند. مزیت دیگر استفاده از مالچ‌های چوبی این است که از مواد داخل جنگل مشتق می‌شوند بنابراین هزینه

حمل و نقل آن‌ها کاهش می‌یابد. فولتز و دولی (۲۰۰۳)، در بررسی‌های خود از مالچ چوبی دیگری به نام رشته‌های چوب که از روکش‌های چوبی زاید تولید می‌شود برای کاهش هدررفت خاک استفاده کردند، آن‌ها گفتند که ابعاد بهینه برای رشته‌های چوب عرض ۶ میلی‌متر، ضخامت ۳ میلی‌متر و طول ۶۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر است که این ابعاد در روند ساخت رشته‌ها کنترل می‌شود. نتایج بررسی‌های آن‌ها نشان داد که رشته‌های چوب همانند کاه در کاهش رواناب و هدررفت خاک مؤثرند. یانوسیک و همکاران (۲۰۰۶)، اثربخشی رشته‌های چوب را در شیب‌ها و بافت‌های مختلف بررسی کردند. نتایج نشان داد که در مقایسه با کاه، رشته‌های چوب تأثیر یکسانی در کاهش هدررفت خاک در خاک‌های درشت دانه و بیشتر از آن در خاک ریزدانه دارند. فولتز و واگین‌برینر (۲۰۱۰)، سه ترکیب مختلف از مقدار ذرات ریز خرده‌های چوب را در پوشش‌های ۵۰ و ۷۰ درصد در پلات‌های ۵ مترمربع دارای خاک سوخته برای کنترل فرسایش پس از آتش‌سوزی به کار بردند. نتایج پژوهش‌های آن‌ها نشان داد ترکیب دارای ذرات ریز کمتر تحت شرایط باران و باران همراه با جریان متمرکز برای کاهش غلظت رسوب و رواناب مناسب است. دو ترکیب دیگر نیز در مقایسه با خاک بدون پوشش در کاهش رواناب مؤثرند، اما غلظت رسوب را کم نمی‌کنند. پراتز و همکاران (۲۰۱۲)، اثربخشی دو نوع مالچ بقایای جنگلی (خرده‌های چوب حاصل از برش پوست درخت اکالیپتوس و درخت کاج) را روی رواناب و رسوب در دو منطقه در شمال پرتغال آزمایش کردند نتایج نشان داد که مالچ پاشی در منطقه اکالیپتوس اثربخشی بالای روی کاهش ضریب رواناب از ۲۶ درصد به ۱۵ درصد و کاهش رسوب از ۵/۴۱ به ۰/۷۴ میلی‌گرم بر هکتار داشته است. روبیچاد و همکاران (۲۰۱۳)، اثربخشی مالچ کاه گندم و خرده‌های چوب را در دامنه‌های تحت تأثیر آتش‌سوزی در دو منطقه کلرادو و جنوب واشنگتن بررسی کردند نتایج نشان داد مالچ خرده‌های چوب میزان نرخ رسوب را به‌طور قابل توجهی در هر دو منطقه مورد آزمایش کاهش داده اما مالچ کاه تأثیری در کاهش نرخ رسوب در منطقه کلرادو نداشته و با سرعت ۲ برابر سرعت خرده‌های چوب از بین رفته‌اند در حالیکه خرده‌های چوب به مدت ۴ سال پوشش حفاظتی مناسبی را در سطح خاک فراهم کردند. همچنین بررسی‌های دیگری از سوی روبیچاد و همکاران

جنگلی دیده می‌شود، بنابراین در اثر عملیات مختلف مانند احداث جاده و برداشت‌های تجاری مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد، از بقایای این گونه می‌توان به عنوان مالچ برای حفاظت خاک استفاده کرد. با توجه به اینکه بخش زیادی از شمال کشور ایران دارای پوشش جنگلی است و از آن‌ها بهره‌برداری می‌شود، استفاده از سرشاخه‌ها و ضایعات چوبی ایجاد شده در حین عملیات بهره‌برداری از جنگل سبب قطع ناشی از ساخت جاده‌های جنگلی و نیز آتش‌سوزی در جنگل می‌شود. این بررسی به عنوان یک گام مقدماتی برای شناسایی ابعاد و پوشش بهینه خرده‌های چوب برای آزمایش‌های بیشتر و وسیع‌تر در مقیاس میدانی است.

مواد و روش‌ها

خاک‌های مورد استفاده برای شبیه‌سازی از عمق ۱۰ سانتی‌متری سطح خاک برداشته و به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه برخی ویژگی‌های خاک شیمیایی و فیزیکی خاک بررسی شد. بافت خاک به روش هیدرومتری (زرین کفش، ۱۹۸۶)، وزن مخصوص ظاهری خاک از روش سیلندر یا حلقه (بلک و هرتیج، ۱۹۸۶)، رطوبت اولیه خاک به روش وزنی (فولتر و کوپلند، ۲۰۰۹)، هدایت الکتریکی و اسیدیته با تهیه عصاره اشباع، با EC متر و pH متر دیجیتالی (زرین کفش، ۱۹۸۶)، ماده آلی به روش بلک والکی (اشنیتزر، ۱۹۸۲) محاسبه شد. خاک قبل از قرارگیری در پلات با الک ۸ میلی‌متر الک شد (فولتر و واگین برینر، ۲۰۱۰) و به مدت ۲۴ ساعت در هوا خشک شد تا همه نمونه‌ها از نظر رطوبتی شرایط یکسانی داشته باشند. در جدول ۱ ویژگی‌های خاک مورد استفاده آمده است.

(۲۰۱۳b)، بر اثربخشی مالچ خرده‌های چوب و کاه به عنوان تیمارهای پس از آتش‌سوزی در دامنه‌های بریتیش کلمبیای جنوبی با استفاده از شبیه‌سازی باران و جریان‌های متمرکز انجام شد نتایج نشان داد که هر دو نوع مالچ عملکرد یکسانی در کاهش رواناب و رسوب داشته اند و سرعت جریان‌های سطحی را به‌طور قابل توجهی کاهش دادند و به دنبال آن میزان نفوذ جریان‌های سطحی به درون خاک قبل از اینکه به نقطه خروجی پلات برسند افزایش یافته است. پراتز و همکاران (۲۰۱۴)، اثربخشی مالچ‌های چوبی مشتق شده از پوست درخت اکالیپتوس را در مقابل مالچ پلی‌اکریل آمید در کنترل فرسایش اراضی جنگلی تخریب شده در اثر آتش‌سوزی در شمال پرتغال بررسی کردند. نتایج نشان داد که پوشش ۷۰ درصد مالچ‌های چوبی اثربخشی زیادی در کاهش رواناب و هدررفت خاک داشته در حالی‌که مالچ پلی‌اکریل آمید تأثیری در کاهش فرسایش نداشته است. فریرا و همکاران (۲۰۱۵)، برای کنترل فرسایش مناطق جنگلی تخریب شده در اثر آتش‌سوزی از روش‌های مختلفی از جمله استفاده از مالچ‌های چوبی برای کنترل فرسایش خاک استفاده کردند نتایج نشان داد که استفاده از مالچ‌های چوبی باعث افزایش پوشش و زبری سطح خاک شده و بنابراین رسوب بیشتری جمع شده و به دنبال آن فرسایش خاک به‌طور چشم‌گیری کاهش پیدا کرده است. لیون و همکاران (۲۰۱۵)، میزان فرسایش خاک پس از آتش‌سوزی را در دامنه‌های Zeura در اسپانیا با استفاده از شبیه‌سازی باران بررسی کردند نتایج نشان داد پوشش ۷۰ درصد قطعات چوب میزان رواناب را تا ۵۰ درصد و فرسایش خاک را تا ۲۲ درصد کاهش داده است. در این پژوهش، خرده‌های چوب مورد استفاده از گونه توسکا با نام علمی *Alnus Glutinosa* بوده که به دلیل فراوانی در جنگل‌های شمال ایران انتخاب شد. این گونه بیشتر در جاده‌های

جدول ۱- مشخصات نمونه خاک مورد بررسی

بافت خاک	رطوبت وزنی خاک (%)	وزن مخصوص ظاهری (g/cm ³)	ماده آلی (%)	آهک خاک (%)	هدایت الکتریکی (EC) بر حسب (mmhos/cm)	pH خاک
لومی‌سیلنی	۱۶/۷۶	۰/۸۳۳	۱/۹۸	۳/۳۱۴	۰/۳۶۱	۸/۳۶

یک توری پلاستیکی برای جلوگیری از خروج ذرات خاک از منافذ در کف پلات قرار گرفت، سپس خاک الک شده به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر روی آن ریخته شد. سپس پلات روی

نمونه خاک پس از آماده‌سازی در یک پلات فولادی با ابعاد ۱ متر عرض، ۲ متر طول و ۰/۲ متر عمق قرار گرفت. در انتهای پلات منافذی برای زهکشی خاک تعبیه شد و

رسوب به روش فیلتراسیون در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شد. مقدار بار رسوب از حاصل ضرب غلظت رسوب در حجم رواناب برای هر رخداد بارش محاسبه شد. همچنین با تقسیم حجم رواناب به حجم بارش میزان ضریب هرزآب محاسبه شد (کلارستاقی و همکاران، ۲۰۰۹). در کل اثر سه تیمار از پوشش خرده‌های چوب (۰، ۳۰ و ۷۰ درصد) با اندازه طولی ۴ سانتی‌متر در خاک با بافت لومی سیلتی بررسی شد. هر تیمار با ۳ تکرار انجام شد که در مجموع ۹ آزمایش انجام شد.



شکل ۱- مالچ‌های چوبی با طول ۴ سانتی‌متر و عرض ۱/۵ سانتی‌متر

یک چارچوب فولادی با شیب ۲۰ درصد قرار گرفت (فولتر و کولپند، ۲۰۰۹). برای شبیه‌سازی باران از نازل مدل BEX 3/8 S 24 W استفاده شد که با بازویی در ارتفاع ۳ متری از سطح زمین در بالای پلات قرار گرفت، این نازل قطراتی به اندازه باران طبیعی (۳ میلی‌متر) و انرژی جنبشی نزدیک به باران طبیعی تولید می‌کند (۲۶/۷ ژول بر مترمربع در میلی‌متر باران). مالچ‌های مورد استفاده از بخش روکش لایه کارخانه نکا چوب مازندران تهیه شد و براساس پژوهش‌های یانوسیک و همکاران (۲۰۰۶)، در طول ۴ سانتی‌متر، عرض ۱/۵ سانتی‌متر و ضخامت ۳ میلی‌متر با دست برش داده شدند، و برای رسیدن به پوشش ۳۰ و ۷۰ درصد به ترتیب به مقدار ۶۸۳/۷۴۱ و ۱۶۷۹/۳۳۱ گرم و تعداد ۱۰۰۰ و ۲۳۳۲ عدد به‌طور تصادفی در سطح پلات قرار گرفتند (شکل ۱ و ۲).

پس از کالیبراسیون باران‌ساز، نمونه‌ها در زیر باران شبیه‌سازی شده با شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفتند (فولتر و کولپند، ۲۰۰۹). سپس هر ۵ دقیقه یکبار اقدام به نمونه‌برداری رواناب و رسوب شد و نمونه‌ها به آزمایشگاه فرسایش و حفاظت خاک منتقل شد. مقدار رواناب با استفاده از روش حجمی و مقدار غلظت



شکل ۲- نمایی از پلات‌های با پوشش‌های مختلف خرده چوب در این پژوهش

نتایج و بحث

نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک‌طرفه در این پژوهش، برای تعیین تأثیر میزان پوشش مالچ خرده چوب در تولید رواناب و رسوب در جدول ۲ ارائه شده است.

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که بین پوشش‌های مختلف در میزان رواناب ($P=0/000$)، بار رسوب ($P=0/001$)، غلظت رسوب ($P=0/001$) و ضریب

تجزیه و تحلیل آماری

پس از جمع‌آوری و ثبت داده‌ها در محیط نرم‌افزاری Excel برای تجزیه آماری از نرم‌افزار SPSS-17 استفاده شد. برای بررسی همگنی و نرمال بودن داده‌ها از روش کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. همچنین از آنالیز واریانس یک‌طرفه و مقایسه میانگین به روش LSD و t جفتی در سطح اطمینان ۹۹٪ استفاده شد.

هرزآب ($P=0/000$) در سطح اطمینان ۹۹ درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد. به دنبال این معنی‌داری، نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD نشان داد که میزان رواناب و ضریب هرزآب در پوشش‌های مختلف دارای اختلاف معنی‌دار است ($P=0/000$). همچنین اختلاف معنی‌داری بین پوشش‌های ۳۰ و ۷۰ درصد در میزان بار رسوب ($P=0/207$) و غلظت رسوب

مشاهده نشد. اما بین شاهد و پوشش ۳۰ درصد در میزان بار رسوب ($P=0/002$) و غلظت رسوب ($P=0/003$) اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. همچنین بین تیمار شاهد و پوشش‌های ۷۰ درصد در میزان بار رسوب ($P=0/001$) و غلظت رسوب ($P=0/002$) اختلاف معنی‌دار مشاهده شد.

جدول ۲- نتایج آنالیز وایانس یک‌طرفه برای بررسی اثر درصد پوشش مالچ در تولید رواناب و رسوب

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات	F	P value
پوشش	حجم رواناب	۲	۳۷/۹۱۶	۷۹۷/۴۷۶	۰/۰۰۰**
	بار رسوب	۲	۵۰۷۸۵/۸۸۹	۲۵/۲۶۱	۰/۰۰۱**
	غلظت رسوب	۲	۴۹۳/۷۱۹	۲۴/۰۰۵	۰/۰۰۱**
	ضریب هرزآب	۲	۰/۱۴۸	۸۰۳/۸۰۶	۰/۰۰۰**
خطا	حجم رواناب	۶	۰/۰۴۸		
	بار رسوب	۶	۲۰۱۰/۴۱۴		
	غلظت رسوب	۶	۲۰/۵۶۷		
	ضریب هرزآب	۶	۰/۰۰۰		
کل	حجم رواناب	۹		۴۲۷/۹۲۹	
	بار رسوب	۹		۲۱۴۴۹/۳۱۸	
	غلظت رسوب	۹		۲۴۳۰/۸۸۰	
	ضریب هرزآب	۹		۱/۶۷۰	

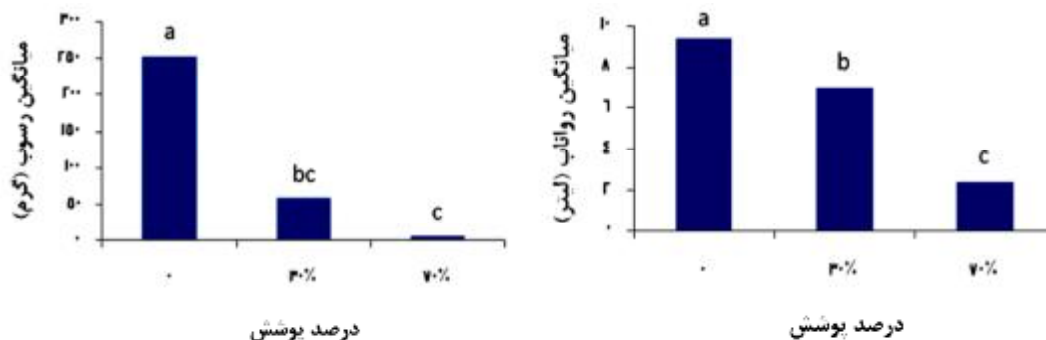
** اختلاف معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۹ درصد

شکل‌های ۳، ۴ و ۵ نتایج حاصل از تأثیر مالچ چوبی را بر میزان رواناب، بار رسوب، غلظت رسوب و ضریب هرزآب در خاک با بافت لومی سیلتی در شدت بارندگی ۵۰ میلی‌متر در ساعت نشان داده است. زمانی که هیچ مالچی استفاده نشده است، میزان رواناب، بار رسوب، غلظت رسوب و ضریب هرزآب بیشترین مقدار است و همچنین بیشترین میزان کاهش رواناب، بار رسوب، غلظت رسوب و ضریب هرزآب در مالچ با پوشش ۷۰ درصد رخ داده است. به طور کلی، پوشش ۷۰ درصد نسبت به ۳۰ درصد تأثیر بیشتری در کنترل رواناب و رسوب داشته است.

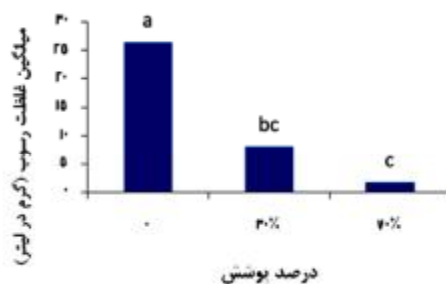
۳۰ درصد و سپس به ۷۰ درصد به ترتیب از ۲۵۳/۰۸۹ گرم به ۵۸/۱۵۲ و سپس به ۶/۳۲۷ گرم کاهش پیدا کرده است. در حالیکه از نظر آماری بین پوشش ۳۰ و ۷۰ درصد اختلاف معنی‌دار وجود ندارد.

میزان غلظت رسوب نیز با افزایش پوشش از شاهد به ۳۰ درصد و سپس به ۷۰ درصد به ترتیب از ۲۶/۴۴۳ گرم بر لیتر به ۸/۱۸۴ گرم بر لیتر و سپس به ۱/۷۰۴ گرم بر لیتر کاهش پیدا کرده است. در حالیکه از نظر آماری بین پوشش ۳۰ و ۷۰ درصد اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. با توجه به شکل بالا ضریب هرزآب در پوشش‌های مختلف معنی‌دار و با افزایش پوشش از شاهد به ۳۰ درصد و سپس به ۷۰ درصد به ترتیب از ۰/۵۸۷ به ۰/۴۳۴ و ۰/۱۴۹ کاهش پیدا کرده است. نتایج بررسی‌های پراتر و همکاران (۲۰۱۲)، نشان داد کاربرد خرده‌های چوب ضریب رواناب را از ۲۶ درصد به ۱۵ درصد کاهش داده است.

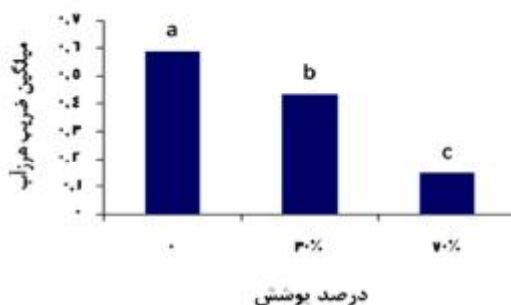
بر اساس نتایج آزمون LSD، میزان رواناب در پوشش‌های مختلف معنی‌دار بوده و با افزایش پوشش از شاهد به ۳۰ درصد و سپس به ۷۰ درصد، میانگین رواناب به ترتیب از ۹/۴۰ لیتر به ۶/۹۵۰ لیتر و ۲/۴۰ لیتر کاهش پیدا کرده است. همچنین میزان رسوب با افزایش پوشش از شاهد به



شکل ۳- مقایسه میانگین رواناب و رسوب در پوشش‌های مختلف



شکل ۴- مقایسه میانگین غلظت رسوب در پوشش‌های مختلف



شکل ۵- مقایسه میانگین ضریب هرزآب در پوشش‌های مختلف

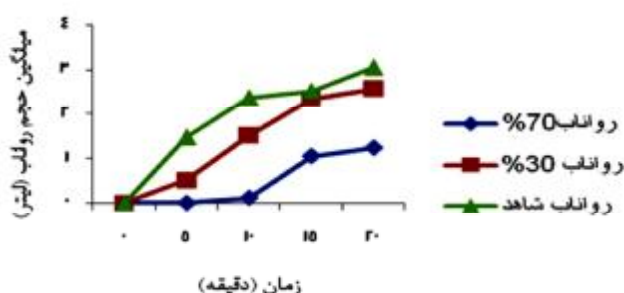
است که با زیاد شدن پوشش مالچ زبری سطح افزایش می‌یابد و به دنبال آن فرصت نفوذ رواناب به داخل خاک زیاد می‌شود، در نتیجه زمان شروع رواناب به تأخیر می‌افتد.

شکل ۷ نمودار میانگین رسوب تولید شده را در پوشش‌های مختلف نشان می‌دهد. همان‌طور که با افزایش پوشش خرده چوب، رواناب روند کاهشی پیدا می‌کند به دنبال آن میزان رسوب هم کم می‌شود و بعد از ۱۰ دقیقه به مقدار ثابتی می‌رسد. این تأخیر زمانی در تشکیل رواناب و به دنبال آن کاهش رسوب مربوط به موانع کوچک تشکیل شده در سطح خاک با مالچ‌های چوبی بوده که

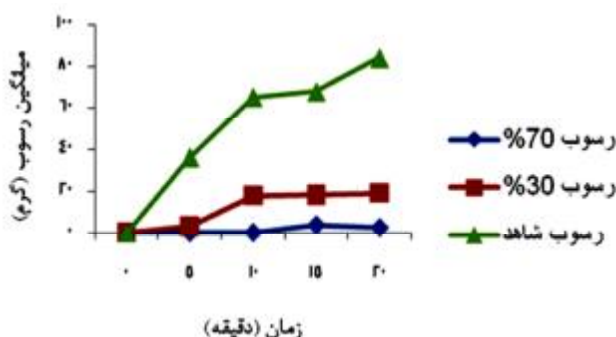
شکل‌های ۶ و ۷ نمودار میانگین رواناب و رسوب را برای سه درصد پوشش در مدت زمان ۲۰ دقیقه شبیه‌سازی باران در خاک لومی‌سیلتی نشان داده است.

براساس با شکل ۶ افزایش در پوشش خرده‌های چوب، زمان شروع رواناب را افزایش می‌دهد. مالچ با پوشش ۳۰ درصد زمان شروع رواناب را از ۱ به ۳ دقیقه و افزایش پوشش به ۷۰ درصد زمان شروع را به ۹ دقیقه افزایش می‌دهد. در پلات شاهد رواناب با گذشت زمان روند افزایشی داشته است، اما در پلات‌های تیمار شده به‌طور تقریبی بعد از گذشت ۱۵ دقیقه به مقدار ثابتی رسیده است. تأثیر بیشتر پوشش ۷۰ درصد به این دلیل

همکاران (۲۰۱۳a) در پلات شاهد رواناب پس از یک دقیقه تشکیل شد در حالی که در پلات‌های که دارای خرده‌های چوب بودند رواناب بعد از ۲/۵ دقیقه تشکیل شد همچنین پلات شاهد رسوب بیشتری (۰/۶ کیلوگرم در مترمکعب) نسبت به پلات دارای خرده‌های چوب (۰/۱۸ کیلوگرم در مترمکعب) داشت.



شکل ۶- میانگین رواناب تولید شده در مدت زمان شبیه‌سازی باران در درصد پوشش‌های مختلف



شکل ۷- میانگین رسوب تولید شده در مدت زمان شبیه‌سازی باران در درصد پوشش‌های مختلف

چوب نشان داد. همچنین نتایج پژوهش‌های فولتز و کولپند (۲۰۰۹) با استفاده از خرده‌های چوب با ابعاد طولی کمتر از ۲/۵ سانتی‌متر تا بزرگ‌تر از ۲۰ سانتی‌متر در سه درصد پوشش ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد نشان دهنده کاهش ۶۰ الی ۱۰۰ درصدی فرسایش بود. بررسی‌های انجام شده از سوی یانوسیک و همکاران (۲۰۰۶)، با استفاده از خرده‌های چوب با طول ۴، ۸ و ۱۶ سانتی‌متر در سه درصد پوشش ۳۰، ۵۰ و ۷۰ نشان داد که میزان رسوب تا ۷۰ درصد کاهش یافته است، همچنین نتایج بررسی‌های گرونیر و همکاران (۲۰۰۵)، نشان داد افزایش پوشش خرده‌های چوب به ۷۰ درصد هدررفت خاک را تا ۹۸ درصد کاهش می‌دهد، که این نتایج با یافته‌های این پژوهش هماهنگی دارد.

هدف اولیه از قرار دادن پوشش در سطح خاک کاهش رسوب خاک است که به صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود:

$$M = \frac{\text{bare-treatment}}{\text{bare}} \quad (1)$$

که در آن M درصد کاهش فرسایش، bare میانگین رسوب در تیمار شاهد به گرم، treatment میانگین رسوب در تیمار دارای مالچ به گرم است (فولتز و کولپند، ۲۰۰۹).

کاربرد خرده‌های چوب سبب کاهش ۶۰ الی ۹۷ درصدی رسوب شد که بیشترین کاهش مربوط به درصد پوشش ۷۰ است. پراتز و همکاران (۲۰۱۴) با افزایش پوشش سطح اراضی تخریب شده با مالچ‌های چوبی به ۷۰٪ کاهش حجم رواناب را تا ۵۰٪ و فرسایش خاک را تا ۹۰٪ گزارش دادند. نتایج پژوهش‌های لیون و همکاران (۲۰۱۵)، کاهش ۵۰ درصد را برای میزان رواناب و ۲۲ درصد را برای فرسایش خاک در پوشش ۷۰ درصد خاک با قطعات

نتیجه‌گیری

شبیه‌سازی بارش انجام شده در این پژوهش بر خاک لومی سیلتی تحت بارانی با شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت در مدت زمان ۲۰ دقیقه نشان داد که افزایش پوشش خرده‌های چوب در سطح خاک به ترتیب از صفر به ۳۰ و سپس به ۷۰ درصد سبب کاهش رواناب، رسوب، غلظت رسوب و ضریب هرزآب شده است. بر اساس نتایج به دست آمده کمترین میزان رواناب و رسوب در پوشش ۷۰ درصد بود که به دلیل تماس بیشتر مالچ با سطح خاک و تشکیل موانع بیشتر در مقابل رواناب و به دام انداختن رسوب بود. مالچ‌های چوبی استفاده شده در این پژوهش سازگاز با طبیعت هستند و به دلیل تأثیر مطلوب این مالچ‌ها در کنترل فرسایش، استفاده از آن‌ها در اراضی مختلف به ویژه اراضی جنگلی توصیه می‌شود.

منابع

- mitigating erosion. *Journal of Environmental Management*. 90: 779-785.
8. Gostafson A. F. 2000. Soils and soils management. Agrobis. India. 242 p.
9. Groenier J. Foltz R. B. and Showers C. 2005. Using Rainfall Simulators to Test Wood Shreddings for Erosion Control. *Engineering Tech Tips*. Missoula, MT, USDA Forest Service, Technology Development Program.
10. Groenier J. and Showers C. 2004. Shredding Small Trees to Create Mulch for Erosion Control. *Engineering Tech Tips*. USDA Forest Service, Technology Development Program, Missoula, MT.
11. Izquierdo A. E. and Ricardo Grau H. 2009. Agriculture adjustment, land-use transition and protected areas in Northwestern Argentina. *Journal of Environmental Management*. 90: 858-865.
12. Kelarestaghi A. Ahmadi H. Esmali A. Jafari M. and Ghodosi J. 2009. Comparison of Runoff and Sediment Yield from Different Agricultural Treatments, *Iranian Journal of Watershed Science and Engineering*. 2(5): 41-52.
13. Leon J. Badia D. and Echeverria M. T. 2015. Comparison of different methods to measure soil erosion in the central Ebro valley. *Cuadernos de investigacion geografica*. pp. 165-180.
14. Prats S. A. MacDonald L. H. Monteiro M. Ferreira A. J. D. Coelho C. O. A. and Keizer J. J. 2012. Effectiveness of forest residue mulching in reducing post-fire runoff and erosion in a pine and eucalypt plantation in north-central Portugal. *Geoderma*. 191: 115-124.
15. Prats S. A. Martins M. A. S. Malvar M. C. Ben-Hur M and Keizer J. J. 2014. Polyacrylamide application versus forest residue mulching for reducing post-fire runoff and soil erosion. *Science of the Total Environment*. 468-469, 464-474.
16. Robichaud P. R. Ashmun L. E. Foltz R. B. Showers C. G. and Groenier J. S. Kesler. 2013 a. Post-fire hillslope erosion mitigation treatment. *Gen. Tech. Rep. RMRS- GTR-307*. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 31 p.
17. Robichaud P. R. Jordan P. Lewis S. A. Ashmun L. E. Covert S. A. and Brown R. E. 2013 b. Evaluating the effectiveness of wood shred and agricultural straw mulches as a treatment to reduce post-wild fire hillslope erosion in southern British Columbia, Canada. *Geomorphology*. 189: 21-33.
18. Robichaud P. R. Lewis S. A. Wagenbrenner
1. Blake G. R. and Hertage K. H. 1986. Bulk density. In: Klute A. (ED), *Method of Soil Analysis, Part 1, 2 Edition*. Agronomy Monograph, Vol 9. American Society of Agronomy, Madison, WI. pp. 363-375.
2. Ekwue E. I. Bharat C. and Samaroo K. 2009. Effect of soil type, peat and farmyard manure addition, slope and their interactions on wash erosion by overland flow of some Trinidadian soils. *Biosystems Engineering*. 102: 236-243.
3. Elliot W. J. and Robichaud P. R. 2001. Comparing erosion risks from forest operations to wildfire. In: *The International Mountain Logging and 11th Pacific Northwest Skyline Symposium*. University of Washington, Seattle, WA.
4. Ferreira A. J. D. Prats S. Alves Coelho C. O. Shakesby R. A. Pascoa F. M. Ferreira C. S. S. Keizer J. J. and Ritsema C. 2015. Strategies to prevent forest fires and techniques to reverse degradation processes in burned areas. *CATENA*. 128: 224-237.
5. Foltz R. B. and Dooley J. H. 2003. Comparison of erosion reduction between wood strands and agricultural straw. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*. 46(5): 1389-1396.
6. Foltz R. B. and Wagenbrenner N. S. 2010. An evaluation of three wood shred blends for post-fire erosion control using indoor simulated rain events on small plots. *CATENA*. 80: 86-94.
7. Foltz R. B. and Copeland N. S. 2009. Evaluating the efficacy of wood shreds for

- J. W. Ashmun L. E. and Brown R. E. 2013c. Post fire mulching for runoff and erosion mitigation Part I: effectiveness at reducing hillslope erosion rates. *Catena*. 105: 75-85.
19. Smets T. and Poesen J. 2009. Impacts of soil tillth on the effectiveness of biological geotextiles in reducing runoff and interrill erosion. *Soil & Tillage Research*. 103: 356-363.
20. 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 Monogeraph*, Vol 9, 2 ed. American Society of Agronomy, Madison, WI. pp. 539-577.
21. Yanosek K. A. Foltz R. B. and Dooley J. H. 2006. Performance assessment of wood strand erosion control materials among varying slopes, soil textures, and cover amounts. *Journal of Soil and Water Conservation*. 61(2): 45-51.
22. Zarinkafsh M. 1986. *Applied Pedology*. University of Tehran Press, 627 p.

