



## "مقاله پژوهشی"

# بررسی اثرات جداگانه و ترکیبی افزودنی‌های خاک بر رفتار هدررفت خاک و رواناب سطحی

آرمین بالوایه<sup>۱</sup>، لیلا غلامی<sup>۲</sup>، فاطمه شکریان<sup>۳</sup> و عطااله کاویان<sup>۴</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، رشته مهندسی آبخیزداری، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران  
۲- دانشیار، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران،  
(نویسنده مسوول: l.gholami@sanru.ac.ir)  
۳- استادیار، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران  
۴- استاد، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران  
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۲۳ صفحه: ۲۱ تا ۲۹

### چکیده مبسوط

**مقدمه و هدف:** فرسایش خاک امروزه برای اکثر جوامع تهدیدی جدی بوده و موجب از بین رفتن آب و خاک می‌شود. یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده رواناب و فرسایش خاک، کاربرد افزودنی‌های خاک می‌باشد. بنابراین پژوهش حاضر، با هدف ارزیابی عمل‌کرد جداگانه و ترکیبی از تأثیر بقایای لوبیای روغنی با سه سطح ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد و پلیمر پلی‌وینیل‌استات در سطح سه درصد بر تغییرات رواناب و فرسایش خاک انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** خاک مورد استفاده در این پژوهش، از اراضی مرتعی از عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک جمع‌آوری شد و پس از انتقال به آزمایشگاه برای پایداری نسبی خاک دانه‌ها از الک چهار میلی‌متر عبور داده شد. جهت انجام پژوهش حاضر از تیمارهای بقایای لوبیای روغنی به عنوان یک افزودنی آلی خاک و پلی‌وینیل‌استات به‌عنوان یک افزودنی غیر آلی به‌صورت جداگانه و ترکیبی استفاده شد. تیمارهای حفاظتی در شرایط آزمایشگاهی و با استفاده از شبیه‌ساز باران برای بازه‌های زمانی ۲۴ ساعت، دو و چهار ماه به کار برده شدند.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد بقایای لوبیای روغنی و پلی‌وینیل‌استات در سطح‌های مختلف به صورت جداگانه و ترکیبی در بازه‌های زمانی به کار برده شده توانست باعث افزایش زمان شروع و خاتمه رواناب و کاهش ضریب رواناب، فرسایش خاک و غلظت رسوب شود. بیش‌ترین تأثیر بر افزایش زمان شروع رواناب مربوط به تیمار ترکیبی بقایای لوبیای روغنی با سطح ۷۵ درصد + تیمار پلی‌وینیل‌استات (MSP) در بازه زمانی دو ماه (با مقدار ۷۴/۶۸ درصد) بود. هم‌چنین بیش‌ترین تغییرات در کاهش فرسایش خاک مربوط به کاربرد بقایای لوبیای روغنی با سطح ۷۵ درصد (MS) در بازه زمانی دو ماه با مقادیر به‌ترتیب ۶۷/۵۴ درصد بود. نتایج به‌دست آمده نشان داد که اثر بقایای لوبیای روغنی و پلی‌وینیل‌استات بر مؤلفه‌های مورد بررسی در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار بود.

**نتیجه‌گیری:** در مجموع می‌توان اظهار داشت که استفاده از بقایای لوبیای روغنی و پلی‌وینیل‌استات به‌صورت جداگانه و در ترکیب با سایر افزودنی‌ها با هدف بررسی اثر آنها در حفاظت خاک و آب، می‌تواند راهکاری مفید باشد. در نهایت استفاده از بقایای لوبیای روغنی و پلی‌وینیل‌استات در اراضی در حال فرسایش و یا فرسایش‌یافته و انجام پژوهش‌های جدید با دیگر افزودنی‌های خاک و در شرایط مختلف با هدف حفاظت خاک و آب پیشنهاد می‌گردد. هم‌چنین با توجه به عملکرد متفاوت کاربرد جداگانه و ترکیبی لوبیای روغنی و پلی‌وینیل‌استات استفاده صحیح از افزودنی‌ها در مدیریت منابع آب و خاک ضرورت دارد.

**واژه‌های کلیدی:** اصلاح‌کننده‌های خاک، افزودنی معدنی، حفاظت خاک، ضریب رواناب، هدررفت خاک

### مقدمه

فرسایش خاک یک مشکل عمده زیست‌محیطی در جهان بوده و حدود ۸۵ درصد از تخریب زمین‌ها به فرسایش خاک مربوط است. بررسی‌ها نشان داده که تداوم فرسایش، منابع جهانی خاک را به‌خطر خواهد انداخت. مدیریت و حفاظت منابع خاک و آب برای رفاه انسان بسیار حیاتی بوده و در حال حاضر استفاده عاقلانه و مدیریت درست آن‌ها قبل از مواجهه با تقاضاهای بالا برای تولید مواد غذایی و برآورده کردن نیازهای از دید جمعیت مهم‌تر از هر زمان دیگری است. علی‌رغم برنامه‌های حفاظتی که در حال انجام است، با توجه به رشد جمعیت و نیاز به امنیت غذایی، فرسایش خاک به عنوان یک مشکل جهانی و بسیار بزرگ قلمداد شده و در کشورهای در حال توسعه این مشکل حادث‌تر است (۱). به همین دلیل، جلوگیری از فرسایش خاک از اهمیت فوق‌العاده‌ای در مدیریت و حفاظت از منابع طبیعی برخوردار می‌باشد. از آنجایی که مهار بیولوژیکی و مدیریتی فرسایش خاک در شرایطی که امکان استقرار پوشش گیاهی در منطقه وجود نداشته باشد و شرایط آن بحرانی باشد، استفاده از مواد تثبیت‌کننده و یا مقاوم‌کننده خاک یکی از راه‌حل‌های مفید در فرایند حفاظت خاک است (۲). استفاده از افزودنی‌های خاک با داشتن محاسنی از جمله منبع مواد غذایی و ماده آلی برای خاک (۳، ۱۸). ایدار کردن خاکدانه‌ها و جلوگیری از جدا شدن آن‌ها، افزایش خلل و فرج خاک و نفوذپذیری (۷)، ایجاد یک لایه

محافظ در برابر قطرات باران (۲۳) و کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک (۱۹) می‌توانند فرآیند فرسایش را کنترل کرده و در نهایت موجب کاهش آن شوند. بررسی‌ها نشان داده که افزودنی‌های آلی توانمندی زیادی برای مهار رواناب و فرسایش خاک در مکان‌های تخریب‌یافته دارند (۵، ۶). از طرفی افزایش مقاومت سطحی خاک و پایداری خاک با کاربرد افزودنی‌های غیر آلی هم‌چون پلی‌وینیل‌استات (۷) فرسایش خاک کاهش یافته و می‌تواند نقش زیادی در کاهش آلودگی منابع آبی داشته باشد (۲۲). این افزودنی در طبیعت کاملاً تجزیه شده و خطرات محیط‌زیستی نیز ندارد (۱۶، ۲۷). هم‌چنین بررسی اثرات پلی‌وینیل‌استات در کنترل فرسایش بادی (۸)، مهار رواناب و فرسایش خاک (۱)، مقاومت و پایداری خاکدانه‌ها (۲۷) و فرسایش پاشمانی (۹) نیز توسط پژوهش‌گران مختلف ارزیابی شده است.

در زمینه ترکیب افزودنی‌ها نیز سنگ و همکاران (۲۶) اثر کودهای آلی مختلف در ترکیب با نوعی باکتری هم‌زیست با نیشکر نفوذپذیری خاک در طول سه سال را مطالعه و افزایش ۳۰ تا ۲۵ درصدی سرعت نفوذ آب در خاک و کاهش رواناب نسبت به تیمار شاهد را تأیید کردند. تجادا و همکاران (۲۸) ترکیب ورمی‌کمپوست و ویناس بر خصوصیات خاک، برای منطقه سوئیل را بررسی کردند. نتایج کار ایشان کاهش میزان فرسایش خاک نسبت به تیمارهای ویناس و ورمی‌کمپوست را نشان داد. کوکال و ساکار (۱۳) با بررسی تأثیر کاه و کلس و پلی‌وینیل

در کف کرت‌ها در اندازه‌های مختلف به ضخامت ۱۵ سانتی‌متر ریخته شد و در نهایت مابقی عمق کرت‌ها (۱۰ سانتی‌متر) با خاک آماده‌شده پر شد (۴). کرت‌ها با شیب ۲۰ درصد (با توجه به شیب متوسط منطقه) در شرایط آزمایشگاهی برای انجام آزمایش‌ها قرار داده شدند. برای انجام آزمایش‌ها با استفاده از منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی شدت بارندگی ۸۰ میلی‌متر بر ساعت انتخاب گردید. بدین‌منظور شدت بارندگی ۸۰ میلی‌متر بر ساعت در مدت زمان ۱۰ دقیقه پس از زمان شروع رواناب به‌عنوان شدت انتخابی برای پژوهش حاضر مد نظر قرار گرفت.

#### انتخاب تیمارها و مدت زمان جهت انجام آزمایش‌ها

جهت انجام پژوهش حاضر از تیمارهای بقایای لوبیای روغنی به عنوان یک افزودنی آلی خاک و پلی‌وینیل‌استات به‌عنوان یک افزودنی غیر آلی استفاده شد. در ادامه سطح تیمارهای مورد استفاده و دوره زمانی برای انجام پژوهش حاضر ارائه شده است. بقایای لوبیای روغنی با توجه به بحث به‌صرفه بودن آن و نیز موجود بودن در شرایط منطقه جمع‌آوری و سپس در هوای آزاد خشک شد و با سه سطح پوشش حفاظتی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد که مستقیماً در سطح خاک به‌صورت یکنواخت و با دست پخش گردید (۱۸)، استفاده شد. از ویژگی‌های بارز بقایای لوبیای روغنی قطور بودن ساقه آن است که این ویژگی موجب جذب مقادیر آب بیش‌تری در آن شده و موجب کاهش حجم رواناب شده و به مرور زمان آن را در اختیار خاک و گیاه قرار می‌دهد. جهت استفاده از بقایای لوبیای روغنی ابتدا آن‌ها را به قطعات پنج تا هشت سانتی‌متری (۱۰) تقسیم شد و سپس با استفاده از دست به‌طور مستقیم در سطح خاک پخش گردید. امروزه پلیمرهای مصنوعی، به‌منظور افزایش پایداری، افزایش قطر خاکدانه‌ها و نیز تثبیت خاک مورد توجه جدی قرار گرفته‌اند (۳). پلی‌وینیل‌استات یک افزودنی کو-پلیمر شیمیایی خاک است که توسط پژوهش‌گران داخلی و به‌صورت امولسیون در آب تهیه گردیده است (۱۶). به‌منظور بررسی اثر پلی‌وینیل‌استات در سطح سه درصد به عنوان تیمار حفاظتی انتخاب گردید. سپس جهت انجام آزمایش‌ها پلی‌وینیل‌استات با سطح سه درصد (۹) روی کرت‌ها به مقدار ۸۰ میلی‌لیتر اسپری شد (۲۹).

#### دوره زمانی مورد استفاده

با توجه به پژوهش‌های پیشین در این زمینه اثر تیمار پلی‌وینیل‌استات مشخص شد که این افزودنی بعد از گذشت مدت زمان چهار ماه دارای اثرات مطلوبی در کنترل فرسایش (۲۹) می‌باشد بنابراین دوره زمانی را جهت انجام پژوهش حاضر ۲۴ ساعت، دو و چهار ماه پس از کاربرد بقایای لوبیای روغنی و پلی‌وینیل‌استات و نیز ترکیب آن‌ها در سطح خاک ارزیابی شد.

#### اجرای آزمایش‌ها

پس از آماده‌سازی کرت‌ها در تیمار شاهد (بدون پوشش حفاظتی) و تیمارهای حفاظت شده با بقایای لوبیای روغنی (بقایای لوبیای روغنی با سطح ۲۵ درصد، بقایای لوبیای روغنی با سطح ۵۰ درصد و بقایای لوبیای روغنی با سطح ۷۵ درصد) و پلی‌وینیل‌استات با سطح سه درصد به صورت جداگانه و سپس ترکیبی آن‌ها (بقایای لوبیای روغنی با سطح ۲۵ درصد + پلی‌وینیل‌استات با سطح سه درصد، بقایای لوبیای روغنی با سطح ۵۰ درصد + پلی‌وینیل‌استات با سطح سه درصد و بقایای لوبیای روغنی با سطح ۷۵ درصد + پلی‌وینیل‌استات با سطح سه درصد)

الکل نشان دادند که با کاربرد افزودنی‌های مورد نظر در خاک لومی شنی میزان نفوذ خاک افزایش یافت. صادقی و همکاران (۲۲) با تأثیرات باکتری، سیانوباکتر و ترکیب آن‌ها بر ویژگی‌های رواناب نوعی خاک تخریب شده در شرایط آزمایشگاهی دریافتند که تلقیح باکتری و سیانوباکتر می‌تواند به‌طور قابل توجهی باعث افزایش زمان شروع، زمان تاووج و کاهش میزان اوج و ضریب رواناب شود. صادقی و همکاران (۲۴) با استفاده از کاربرد ترکیبی دو افزودنی آلی ورمی‌کمپوست به مقدار (۲۴ گرم) و ویناس به مقدار (۲۲ میلی‌لیتر) در شرایط آزمایشگاهی تأثیر معنی‌داری این دو افزودنی در سطح ۹۹ درصد بر میزان رواناب و فرسایش خاک را نشان دادند. موسوی‌فر و همکاران (۱۵) به ارزیابی تأثیر کاربرد جداگانه و ترکیبی ورمی‌کمپوست و نانوذرات سیلیکا بر نفوذپذیری خاک در شرایط آزمایشگاهی و در مقیاس کرت پرداختند. نتایج نشان داد که تمام تیمارهای مورد استفاده به جز نانوسیلیکا با مقدار ۱۰ گرم بر مترمربع در سطح اطمینان ۹۹ درصد نفوذپذیری خاک را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. صادقی و همکاران (۲۵) به ارزیابی عمل کرد کاربرد ترکیبی پلی‌آکریل‌امید و ورمی‌کمپوست بر تغییرات رواناب و فرسایش خاک پرداختند. ایشان بیان کردند که رواناب و فرسایش خاک کاهش معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد داشتند. جمع‌بندی سوابق تحقیقات انجام شده در داخل و خارج کشور حاکی از این است که اگرچه بررسی‌هایی در زمینه اثر بقایای گیاهان مختلف بر تغییرات رواناب و رسوب انجام شده است و نیز اثر پلی‌وینیل‌استات بر فرسایش بادی و همچنین بر رواناب و فرسایش خاک در فرسایش آبی (به ندرت) بررسی شده است. اما تاکنون مطالعه‌ای در رابطه با چگونگی اثر هم‌زمان این افزودنی‌ها با یکدیگر و نقش هر کدام بر تغییرات حفاظت خاک و آب انجام نشده است. همچنین اثر زمان کاربرد افزودنی می‌تواند موجب تغییراتی در مؤلفه‌های رواناب و فرسایش خاک شود. بنابراین پژوهش حاضر، با هدف ارزیابی عمل کرد استفاده جداگانه و ترکیبی از تأثیر بقایای لوبیای روغنی سه سطح ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد و پلیمر پلی‌وینیل‌استات در سطح سه درصد به‌عنوان افزودنی‌های خاک بر تغییرات رواناب و فرسایش خاک با هدف تعیین شکل مناسب ترکیبی یا جداگانه استفاده از آن در آزمایشگاه شبیه‌ساز باران و فرسایش خاک در بازه‌های زمانی ۲۴ ساعت، دو و چهار ماه پس از کاربرد در سطح خاک برنامه‌ریزی و اجرا شده است.

#### مواد و روش‌ها

##### انتخاب خاک و شدت بارندگی

خاک مورد استفاده در این پژوهش، از اراضی مرتعی فرسایش‌یافته از عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک با طول جغرافیایی  $33^{\circ} 41' 51''$  تا  $34^{\circ} 09' 44''$  شرقی و عرض جغرافیایی  $35^{\circ} 22' 36''$  تا  $36^{\circ} 19' 23''$  شمالی جمع‌آوری شد و پس از انتقال به آزمایشگاه برای حفظ پایداری نسبی خاک‌دانه‌ها با در نظر گرفتن مقادیر و دانه‌بندی خاک‌دانه‌ها از الک چهار میلی‌متر عبور داده شد (۴). سپس بخشی از خاک به آزمایشگاه رابطه آب، خاک و گیاه منتقل شد و در آنجا خصوصیات اولیه خاک اندازه‌گیری گردید. خصوصیات اولیه خاک شامل بافت خاک، چگالی ظاهری، مواد آلی، کربن آلی، آهک، pH و EC به‌ترتیب لومی‌شنی،  $1/64$  گرم بر سانتی‌مترمکعب،  $1/68$  درصد،  $0/98$  درصد،  $33/25$  درصد،  $7/37$  و  $0/878$  دسی‌زیمنس بر متر بود. برای انجام پژوهش حاضر از کرت‌هایی با طول، عرض و ارتفاع به‌ترتیب  $0/5$ ،  $0/25$  و  $0/25$  متر استفاده شد. برای ایجاد لایه نفوذپذیر سه لایه پوک معدنی

خاک با استفاده از ترازو دیجیتال توزین و قرائت شد (۶،۱۱،۱۲). در نهایت تمامی مؤلفه‌های زمان شروع، زمان خاتمه و ضریب رواناب، فرسایش خاک و غلظت رسوب در بازه‌های زمانی ۲۴ ساعت، دو و چهار ماه پس از کاربرد تیمارهای حفاظتی به صورت جداگانه و ترکیبی اندازه‌گیری شد.

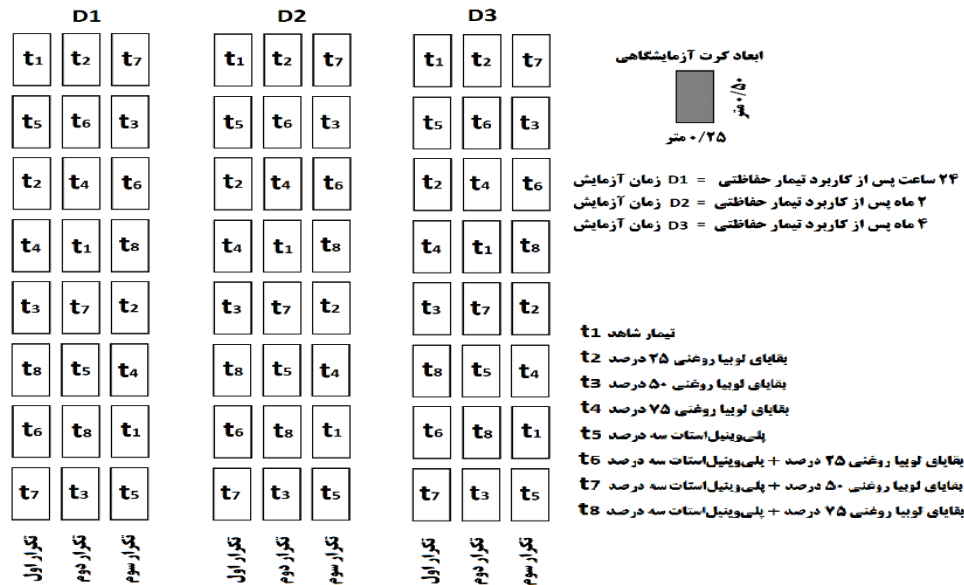
### تجزیه و تحلیل آماری اطلاعات

به منظور انجام کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری از نرم‌افزارهای SPSS23 و Excel استفاده گردید. برای انجام آزمایش‌ها از طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار استفاده شد (شکل ۱). ابتدا با استفاده از نرم‌افزار Excel نتایج حاصل از تیمارهای مختلف با هم مقایسه شدند. برای ارزیابی‌های مقایسه‌ای و کمی عملکرد تیمارها، ابتدا نرمال بودن داده‌ها (۵،۱۷) بررسی و سپس همبستگی پیرسون برای تعیین همبستگی بین متغیرها در دو سطح اعتماد ۹۵ و ۹۹ درصد محاسبه شد. در مرحله بعدی به منظور مقایسه زمان شروع رواناب، زمان خاتمه رواناب، ضریب رواناب، هدررفت خاک، غلظت رسوب و تیمارهای حفاظتی با تیمارهای شاهد از آزمون دانکن انجام شد.

با سه تکرار (۱۸) انجام گردید. کرت‌های آماده شده در هر بار آزمایش با استفاده از سامانه شبیه‌ساز باران اجرا شدند. بدین منظور تمامی تیمارهای آماده شده (۲۴ تیمار در سه تکرار) برای بازه‌های زمانی ۲۴ ساعت، دو و چهار ماه پس از آماده‌سازی آنها، اقدام به برداشت نمونه‌های زمان شروع رواناب، زمان خاتمه رواناب، ضریب رواناب، فرسایش خاک و غلظت رسوب شد با باران شبیه‌سازی شده به شدت ۸۰ میلی‌متر بر ساعت شد.

### اندازه‌گیری مؤلفه‌های رواناب و فرسایش خاک

زمان شروع و خاتمه رواناب با خروج به ترتیب اولین و آخرین قطرات رواناب از کرت‌ها با استفاده از زمان سنج ثبت شد. به منظور تعیین مقدار رواناب و رسوب بعد از ثبت زمان شروع رواناب در هر کرت، اقدام به برداشت رواناب و رسوب در فاصله‌های زمانی دو دقیقه‌ای (۲۰) و مدت زمان ۱۰ دقیقه (۷) شد. سپس مقادیر رواناب به تفکیک هر نمونه به داخل استوانه مدرج انتقال داده شد و مقدار حجم رواناب قرائت شد. نمونه‌های رواناب و رسوب به مدت ۲۴ ساعت به حالت سکون قرار داده شد و بعد از تخیله آب اضافی نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در داخل آون قرار گرفتند. سپس مقدار فرسایش



شکل ۱- جیدمان کرت‌های نمونه‌برداری در شرایط آزمایشگاهی  
Figure 1. Arrangement of sampling plots at laboratory conditions

پلی‌وینیل‌استات به صورت جداگانه و ترکیبی در بازه‌های زمانی ۲۴ ساعت، دو و چهار ماه به ترتیب در جدول‌های (۲) تا (۴) ارائه شده است. همچنین در این پژوهش تیمارهای به کار برده شده به صورت جدول (۱) تعریف شدند.

### نتایج و بحث

#### مؤلفه‌های رواناب

نتایج زمان شروع و خاتمه رواناب و ضریب آن در تیمارهای شاهد، بقایای لوبیای روغنی در سطح‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد و پلیمر

جدول ۱- تیمارهای استفاده شده در پژوهش حاضر

SMP <sub>+</sub>	SMP <sub>+</sub>	SMP <sub>+</sub>	P	SM <sub>+</sub>	SM <sub>+</sub>	SM <sub>+</sub>	C
بقایای لوبیای روغنی در سطح ۷۵ درصد + پلی‌وینیل‌استات در سطح سه درصد	بقایای لوبیای روغنی در سطح ۵۰ درصد + پلی‌وینیل‌استات در سطح سه درصد	بقایای لوبیای روغنی در سطح ۲۵ درصد + پلی‌وینیل‌استات در سطح سه درصد	پلی‌وینیل‌استات در سطح سه درصد	بقایای لوبیای روغنی در سطح ۷۵ درصد	بقایای لوبیای روغنی در سطح ۵۰ درصد	بقایای لوبیای روغنی در سطح ۲۵ درصد	تیمار شاهد

جدول ۲- زمان شروع رواناب (دقیقه) در تیمارهای شاهد و حفاظتی و بازه‌های زمانی به‌کار برده شده

Table 2. Runoff start time (minutes) at control and conservation treatments and applied time periods

بازه زمانی	تکرار	شاهد	بقایای لوبیای روغنی (%)	پلی‌نینیل استات (%)	بقایای لوبیای روغنی + پلی‌نینیل استات (%)
۲۴ ساعت	سطح	۰	۲۵	۵۰	۷۵
	میانگین	۵/۶۹	۶/۶۹	۷/۲۸	۹/۳۴
	انحراف معیار	۲۴/۲۶	۴۰/۱	۲۷/۷۰	۱۲/۵۳
دو ماه	ضریب تغییرات	۱/۳۸	۳/۶۹	۲/۰۲	۱/۱۷
	میانگین	۵/۶۹	۶/۳۱	۷/۱۶	۹/۷۲
	انحراف معیار	۲۴/۲۶	۳۲/۴۴	۲۸/۶۴	۲۰/۰۶
چهار ماه	ضریب تغییرات	۱/۳۸	۲/۰۵	۲/۰۵	۲/۱۴
	میانگین	۵/۶۹	۶/۴۲	۷/۶۰	۹/۵۷
	انحراف معیار	۲۴/۲۶	۴۶/۸۱	۲۸/۸۶	۹/۷۱
	ضریب تغییرات	۱/۳۸	۳/۰۰	۲/۱۹	۰/۹۳

جدول ۳- زمان خاتمه رواناب (دقیقه) در تیمارهای شاهد و حفاظتی و بازه‌های زمانی به‌کار برده شده

Table 3. Runoff termination time (minutes) used in control and conservation treatments and applied time periods

بازه زمانی	تکرار	شاهد	بقایای لوبیای روغنی (%)	پلی‌نینیل استات (%)	بقایای لوبیای روغنی + پلی‌نینیل استات (%)
۲۴ ساعت	سطح	۰	۲۵	۵۰	۷۵
	میانگین	۳۷/۱۶	۳۵/۷۹	۳۶/۴۰	۴۲/۵۳
	ضریب تغییرات	۱۲/۳۳	۱۷/۳۸	۱۴/۰۲	۳/۱۳
دو ماه	انحراف معیار	۴/۵۸	۶/۲۲	۵/۱۰	۱/۳۶
	میانگین	۳۷/۱۶	۳۷/۰۳	۳۹/۲۷	۴۴/۵۳
	ضریب تغییرات	۱۲/۳۳	۱۰/۷۵	۱۱/۵۱	۶/۹۰
چهار ماه	انحراف معیار	۴/۵۸	۳/۹۸	۴/۵۲	۳/۰۷
	میانگین	۳۷/۱۶	۳۶/۶۷	۴۰/۴۷	۴۲/۱۳
	ضریب تغییرات	۱۲/۳۳	۱۶/۹۲	۱۰/۸۸	۸/۶۷
	انحراف معیار	۴/۵۸	۶/۲۰	۴/۴۰	۲/۴۲

جدول ۴- ضریب رواناب (درصد) در تیمارهای شاهد و حفاظتی و بازه‌های زمانی به‌کار برده شده

Table 4. Runoff coefficient (%) at control and conservation treatments and applied time periods

بازه زمانی	تکرار	شاهد	بقایای لوبیای روغنی (%)	پلی‌نینیل استات (%)	بقایای لوبیای روغنی + پلی‌نینیل استات (%)
۲۴ ساعت	سطح	۰	۲۵	۵۰	۷۵
	میانگین	۱۱/۹۶	۹/۰۵	۶/۴۶	۴/۹۷
	انحراف معیار	۱/۸۵	۱/۸۱	۰/۶۴	۱/۳۸
دو ماه	ضریب تغییرات	۱۵/۴۲	۲۰/۰۲	۹/۸۸	۲۷/۸۸
	میانگین	۱۱/۹۶	۷/۹۰	۶/۴۷	۴/۷۶
	انحراف معیار	۱/۸۵	۰/۹۰	۰/۰۷	۰/۳۲
چهار ماه	ضریب تغییرات	۱۵/۴۲	۱۱/۴۲	۱/۵۱	۶/۷۶
	میانگین	۱۱/۹۶	۹/۶۸	۶/۹۷	۵/۱۸
	انحراف معیار	۱/۸۵	۳/۷۱	۰/۵۹	۲/۰۹
	ضریب تغییرات	۱۵/۴۲	۳۲/۷۳	۸/۴۰	۱۸/۲۷

بوده است. همچنین درصد تغییرات زمان خاتمه رواناب در تیمار پلی‌نینیل- استات در بازه‌های زمانی مورد بررسی به‌ترتیب ۲/۳۱، ۲/۷۹- و ۳/۶۵- درصد بوده و همچنین درصد تغییرات این مؤلفه در ترکیب بقایای لوبیای روغنی با پلی‌نینیل استات، در بازه‌های زمانی مختلف به‌ترتیب ۱/۶۸، ۰/۴۳ و ۰/۴۶- درصد (بازه‌های زمانی ۲۴ ساعت و دو ماه نسبت به شاهد کاهش بود)، ۴/۹۵-، ۹/۴۳- و ۱/۱۸- درصد و ۱۰/۳۳- و ۱۴/۱۰- درصد بوده که نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. همچنین درصد تغییرات ضریب رواناب در تیمارهای لوبیای روغنی در بازه زمانی به‌کار برده شده به‌ترتیب ۲۴/۳۶، ۳۳/۹۸ و ۱۹/۱۰ درصد، ۴۵/۸۹، ۴۵/۹۹ و ۴۱/۷۱ درصد، ۵۸/۴۴ و ۶۰/۳۴ درصد بود. ضریب رواناب در تیمار پلی‌نینیل استات در بازه زمانی ۲۴ ساعت، دو و چهار ماه به‌ترتیب ۴۵/۱۷، ۴۹/۸۰ و ۴۴/۴۰ درصد شد. درصد تغییرات ضریب رواناب در تیمارهای ترکیبی و بازه‌های زمانی مورد بررسی به‌ترتیب ۳۷/۳۵، ۲۵/۵۱ و ۲۲/۸۳ و ۲۳/۸۳، ۳۴/۵۵ و ۵۲/۹۹ درصد، ۴۵/۱۷، ۶۱/۳۳ و ۴۴/۹۲ درصد بود (جدول ۴). نتایج ضریب رواناب نشان داد که کاربرد

نتایج جدول (۲) حاکی از آن است که درصد تغییرات زمان شروع رواناب در تیمار بقایای لوبیای روغنی با سطح‌های استفاده شده و بازه‌های زمانی ۲۴ ساعت، دو و چهار ماه به‌ترتیب ۱۷/۶۴، ۱۰/۹۶- و ۱۲/۸۴- درصد، ۲۸/۰۸-، ۲۵/۹۱- و ۳۳/۶۵- درصد و ۶۴/۱۹-، ۲۵/۷۱- و ۶۸/۳۳- درصد بود. همچنین درصد تغییرات زمان شروع رواناب در تیمار پلی‌نینیل استات در بازه‌های زمانی مورد بررسی به‌ترتیب ۱۷/۰۰-، ۳۳/۶۸- و ۱۲/۵۴- درصد بود. مقادیر این مؤلفه با ترکیب بقایای لوبیای روغنی (۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد) + پلی‌نینیل استات در بازه‌های زمانی ۲۴ ساعت، دو و چهار ماه به‌ترتیب ۱۹/۴۶-، ۲۹/۵۴- و ۱۸/۱۱- درصد، ۴۵/۰۲-، ۵۰/۲۵- و ۴۵/۳۷- درصد و ۶۳/۴۲-، ۷۴/۶۸- و ۶۳/۵۴- درصد بود. نتایج نشان دهنده این است که با کاربرد تیمارهای حفاظتی زمان شروع رواناب افزایش داشت. نتایج جدول (۳) نشان داد که درصد تغییرات زمان خاتمه رواناب در تیمار بقایای لوبیای روغنی با سطح‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد در بازه‌های زمانی به‌کار برده شده به‌ترتیب ۳/۶۷، ۰/۳۴ و ۰/۳۳ درصد، ۱/۳۲ و ۲/۰۴، ۵/۶۶- و ۸/۸۹- درصد (بازه زمانی ۲۴ ساعت نسبت به شاهد کاهش)، ۱۷/۱۵-، ۱۹/۸۴- و ۱۶/۰۷- درصد

تیمارهای حفاظتی به صورت جداگانه و ترکیبی موجب کاهش ضریب رواناب در تمامی بازه‌های زمانی شد.

نتایج نشان داد که بیش‌ترین درصد تغییرات زمان شروع رواناب مربوط به تیمار ترکیبی بقایای لوبیای روغنی ۷۵ درصد + پلی وینیل استات در بازه زمانی دو ماه و کم‌ترین درصد تغییرات مربوط به تیمار بقایای لوبیای روغنی با مقدار ۲۵ درصد در بازه زمانی دو ماه با مقادیر به‌ترتیب  $(-۷۴/۶۸)$  و  $(-۱۰/۹۶)$  درصد می‌باشد. با توجه به نتایج می‌توان این گونه بیان کرد که ترکیب تیمارها توانست اثر بیش‌تری بر زمان شروع رواناب داشته باشد. در واقع بقایای لوبیای روغنمانی برای رواناب حاصل از بارش بوده و آب مازاد را در پشت خود نگه داشته و به مرور زمان آن را در اختیار خاک قرار داده و در نتیجه نفوذ را افزایش می‌دهد  $(۶۰۷۰۱۱،۱۴)$ . همچنین ترکیب پلی‌وینیل‌استات با آن به علت اینکه باعث اتصال خاکدانه‌های خاک (۷) می‌شود اثر این افزایش را بیش‌تر می‌کند. پلی‌وینیل‌استات آب را برای مدت زمان طولانی در خود نگه می‌دارد و باعث می‌شود که تشکیل رواناب سطحی دیرتر انجام شود  $(۱۶،۲۵،۲۶)$ . یکی از دلایل این افزایش زمان شروع رواناب بعد از کاربرد تیمار ترکیبی افزایش نفوذ  $(۲۶،۱)$  توسط اثر متقابل هر دو افزودنی خاک می‌باشد. اثر تیمار بقایای لوبیای روغنی و پلی‌وینیل‌استات بر زمان شروع رواناب در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار بود  $(۶،۱۰،۱۱)$ . در حالی که اثر بازه زمانی و اثر هم‌زمان تیمار حفاظتی با بازه زمانی بر زمان شروع رواناب معنی‌دار نبود (جدول ۷). تفکیک و همگن‌بندی تیمارهای حفاظتی به صورت جداگانه و ترکیبی بر زمان شروع رواناب با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که تیمارهای  $SM_1$ ،  $SM_2$ ،  $P$ ،  $SMP_1$ ،  $SMP_2$  در زیرگروه سوم قرار داشتند که نشان‌دهنده اثر یکسان و بیش‌تر آن‌ها بر زمان شروع رواناب است (جدول ۸). زمان شروع رواناب در سه بازه زمانی ۲۴ ساعت، دو و چهار ماه پس از استفاده از تیمار حفاظتی همگی در زیرگروه یک قرار گرفتند که نشان می‌دهد در زمان‌های مورد استفاده اثر تیمارها یکسان بود.

نتایج زمان خاتمه زمان شروع رواناب نشان داد که تیمارهای  $SM_1$ ،  $SM_2$ ،  $P$ ،  $SMP_1$ ،  $SMP_2$  (بعد از ۲۴ ساعت)،  $SM_1$  (بعد از دو ماه)،  $SM_1$  (بعد از چهار ماه) روند افزایشی داشتند. با توجه به این نتایج می‌توان استناد کرد که با افزایش سطح حفاظتی بقایای لوبیای روغنی از ۲۵ درصد به ۷۵ درصد، زمان خاتمه رواناب در سه بازه زمانی روند افزایشی داشت. با افزایش سطح بقایای لوبیای روغنی باعث می‌شود که پوشش حفاظتی سطح کرت‌ها بیش‌تر شود و در نتیجه فرآیند جذب رواناب سطحی توسط بقایای گیاهی و با گذشت زمان آن را به داخل خاک نفوذ داده و زمان خاتمه رواناب افزایش می‌یابد  $(۳، ۷، ۱۱، ۲۱)$ . همچنین نتایج پلی‌وینیل‌استات با سطح سه درصد نشان داد که در بازه زمانی ۲۴ ساعت، زمان خاتمه رواناب کاهش یافته در حالی که با گذشت زمان از ۲۴ ساعت به دو و چهار ماه زمان خاتمه روند افزایشی داشته است. این نتایج نشان می‌دهد که پلی‌وینیل‌استات در طول زمان باعث پایداری خاکدانه‌ها و افزایش نفوذ آب به داخل خاک می‌گردد که با نتایج موحدان و همکاران  $(۱۶)$ ، تدین‌فر و همکاران  $(۲۷)$  مبنی بر پایداری خاکدانه‌ها با استفاده از پلی‌وینیل استات مطابقت دارد. همان‌طوری که نتایج نشان می‌دهد با گذشت زمان اثر افزودنی‌ها بر زمان خاتمه رواناب خصوصاً اثر ترکیبی‌ها بیش‌تر می‌شود. بنابراین می‌توان بیان نمود که ترکیب افزودنی‌های

آلی و شیمیایی می‌تواند با گذشت زمان اثرات مطلوب‌تری بر تغییرات این مؤلفه داشته باشد. اثر تیمار حفاظتی بقایای لوبیای روغنی و پلی وینیل‌استات بر زمان خاتمه رواناب در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار بود. اما اثر دوره زمانی و اثر متقابل آن‌ها بر تغییرات زمان خاتمه رواناب معنی‌دار نبود (جدول ۷). تفکیک و همگن‌بندی تیمارهای حفاظتی نشان داد که  $SM_1$ ،  $SMP_1$ ،  $SMP_2$  در زیرگروه سوم قرار داشتند که اثر یکسان و بیش‌تر آن‌ها را بر این مؤلفه نشان می‌دهد (جدول ۸). همچنین بازه‌های زمانی ۲۴ ساعت، دو و چهار ماه همگی در زیرگروه یک قرار داشتند که نشان‌دهنده نقش یکسان زمان در تیمارهای مورد استفاده بر این مؤلفه است.

تیمار بقایای لوبیای روغنی با مقادیر مختلف و پلی‌وینیل‌استات در سطح سه درصد به صورت جداگانه و ترکیبی در بازه‌های زمانی ۲۴ ساعت، دو و چهار ماه ضریب رواناب را نسبت به تیمار شاهد کاهش داده است. با توجه به نتایج ضریب رواناب می‌توان بیان نمود که پس از مدت زمان ۲۴ ساعت کاربرد افزودنی‌ها اثر بقایای لوبیای روغنی با سطح ۵۰ و ۷۵ درصد بیش‌تر از سایر تیمارها بود. در حالی که با گذشت زمان اثر تیمارهای ترکیبی (پس از دو ماه) نسبت به اثر جداگانه آن‌ها بیش‌تر بود. اما برای زمان چهار ماه این اثرات کمتر از بازه‌های زمانی ۲۴ ساعت و دو ماه بود. بیش‌ترین درصد تغییرات مربوط به تیمار ترکیبی بقایای لوبیای روغنی مقدار ۷۵ درصد + سه درصد پلی‌وینیل‌استات در بازه زمانی دو ماه و کم‌ترین درصد تغییرات مربوط به تیمار بقایای لوبیای روغنی با مقدار ۲۵ درصد در بازه زمانی چهار ماه به‌ترتیب  $(۶۱/۳۲)$  و  $(۱۹/۱۰)$  درصد بود (جدول). با بررسی اثر جداگانه تیمارها (بدون بحث زمان) می‌توان این گونه بیان نمود که افزایش مقدار بقایای لوبیای روغنی تأثیر بیش‌تری در کاهش حجم رواناب داشت. بنابراین می‌توان بیان نمود که بقایای لوبیای روغنی به‌عنوان یک افزودنی از جریان یافتن رواناب در سطح خاک جلوگیری کرده در نتیجه باعث افزایش زمان شروع رواناب و کاهش حجم رواناب شده و در نهایت منجر به کاهش ضریب رواناب می‌شود  $(۷،۱۱)$ . پلی‌وینیل‌استات نیز توانست ضریب رواناب راه را کاهش دهد این پلیمر با خاصیت چسبندگی، مقاومت سطحی خاک را افزایش داده و در نتیجه حجم رواناب را کاهش داد که با نتایج غلامی و همکاران  $(۳)$  و واعظی و همکاران  $(۲۹)$  مبنی بر افزایش مقاومت سطحی و پایداری خاکدانه‌ها در استفاده از پلی‌وینیل‌استات مطابقت دارد. ترکیب افزودنی‌های آلی و شیمیایی در پژوهش حاضر نشان داد که بقایای لوبیای روغنی به‌عنوان یک تیمار حفاظتی در هر سه سطح مختلف می‌تواند اثرات متفاوتی داشته باشد و با داشتن ساقه قطور آب را پشت خود نگه داشته و از طرفی پلی‌وینیل‌استات یک لایه محافظ در سطح خاک ایجاد کرده و فرایند جذب، نگه‌داشت و نفوذ رواناب در خاک به دلیل بهبود شرایط سطحی و ساختار خاک را افزایش داده است.

#### فرسایش خاک و غلظت رسوب

نتایج تغییرات فرسایش خاک و غلظت رسوب قبل و بعد از کاربرد تیمارهای بقایای لوبیای روغنی در سطح‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد و پلیمر پلی‌وینیل‌استات در سطح سه درصد به صورت جداگانه و به صورت ترکیبی در بازه‌های زمانی ۲۴ ساعت، دو و چهار ماه به‌ترتیب در جدول‌های (۵) و (۶) ارائه شده است.

جدول ۵- فرسایش خاک (گرم) در تیمارهای شاهد و حفاظتی و بازه‌های زمانی به کار برده شده

Table 5. Soil loss (g) at control and conservation treatments and applied time periods

بازه زمانی	تکرار	شاهد	بقایای لویبای روغنی (%)	پلی‌وینیل‌استات (%)	بقایای لویبای روغنی + پلی‌وینیل‌استات (%)
۲۴ ساعت	سطح	۰	۲۵	۵۰	۳+۲۵
	میانگین	۶/۳۷	۴/۴۳	۳/۰۰	۲/۹۰
	انحراف معیار	۰/۵۱	۰/۵۵	۰/۶۹	۰/۵۶
دو ماه	ضریب تغییرات	۸/۰۶	۱۲/۴۲	۲۲/۰۹	۱۸/۲۵
	میانگین	۶/۳۷	۳/۵۷	۲/۹۰	۲/۱۰
	انحراف معیار	۰/۵۱	۰/۳۵	۰/۴۴	۰/۳۶
چهار ماه	ضریب تغییرات	۸/۰۶	۹/۸۵	۱۵/۰۳	۱۷/۱۷
	میانگین	۶/۳۷	۴/۵۰	۳/۴۰	۲/۸۷
	انحراف معیار	۰/۵۱	۰/۷۰	۰/۶۲	۰/۷۶
	ضریب تغییرات	۸/۰۶	۱۵/۵۶	۱۸/۲۷	۲۶/۴۱

جدول ۶- غلظت رسوب (گرم بر لیتر) در تیمارهای شاهد و حفاظتی و بازه‌های زمانی به کار برده شده

Table 6. Sediment concentration (g l<sup>-1</sup>) at control and conservation treatments and applied time periods

بازه زمانی	تکرار	شاهد	بقایای لویبای روغنی (%)	پلی‌وینیل‌استات (%)	بقایای لویبای روغنی + پلی‌وینیل‌استات (%)
۲۴ ساعت	سطح	۰	۲۵	۵۰	۳+۲۵
	میانگین	۲۰/۴۹	۱۷/۳۴	۱۵/۸۵	۱۵/۳۱
	انحراف معیار	۲۱/۲۴	۱۸/۲۵	۱۴/۰۹	۱۳/۶۰
دو ماه	ضریب تغییرات	۱۹/۸۸	۱۸/۱۰	۱۷/۵۱	۱۳/۸۶
	میانگین	۲۰/۴۹	۱۷/۹۰	۱۶/۰۲	۱۴/۲۵
	انحراف معیار	۲۱/۲۴	۰/۴۹	۱/۴۲	۰/۹۲
چهار ماه	ضریب تغییرات	۱۹/۸۸	۲/۷۱	۸/۸۵	۶/۴۶
	میانگین	۲۰/۴۹	۱۷/۳۱	۱۵/۱۲	۱۲/۰۲
	انحراف معیار	۲۱/۲۴	۱۶/۷۵	۱۴/۵۵	۱۵/۰۰
	ضریب تغییرات	۱۹/۸۸	۱/۱۲	۱۷/۳۰	۱۴/۴۱

پاشمان (۹) می‌تواند مقدار فرسایش خاک را کاهش دهد. همچنین غلامی و همکاران (۳) بیان داشتند که پلی‌وینیل‌استات موجب افزایش مقاومت سطحی خاک می‌شود. بررسی اثر ترکیبی تیمارهای آلی و شیمیایی در سطح‌های مختلف توانست فرسایش خاک را به طور غنی‌داری کاهش دهد. نتایج ترکیب افزودنی‌های آلی با شیمیایی بر تغییرات فرسایش خاک با نتایج تجادا و همکاران (۲۸) و مبنی بر استفاده از ترکیب افزودنی‌های آلی و شیمیایی در کاهش فرسایش خاک هم‌خوانی داشت. اثر جداگانه تیمار بقایای لویبای روغنی و پلی‌وینیل‌استات بر فرسایش خاک در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار بود. در حالی که اثر بازه زمانی و تیمار بقایای لویبای روغنی و پلی‌وینیل‌استات بر فرسایش خاک معنی‌دار نبود (جدول ۷) (۳). نفیک و همگن‌بندی سطوح تیمارها نشان داد که تیمارهای SM<sub>p</sub>، SMP<sub>p</sub>، SMP<sub>p</sub>، SMP<sub>p</sub>، SMP<sub>p</sub> در یک زیرگروه و با بیشترین اثر بر کاهش فرسایش خاک را داشتند (جدول ۸). همچنین همگن‌بندی بازه‌های زمانی بر فرسایش خاک نشان داد که بازه‌های زمانی دو و چهارماه، ۲۴ ساعت به‌ترتیب در زیرگروه‌های اول و دوم قرار داشتند. این نتایج نشان‌دهنده اثر یکسان ماه‌های دو و چهار ماه بر تغییرات فرسایش خاک می‌باشد.

نتایج غلظت رسوب نیز نشان داد که بیش‌ترین اثر بر تغییرات این مؤلفه در تیمار بقایای لویبای روغنی بعد از دو ماه اتفاق افتاد. بیش‌ترین اثر حفاظتی ترکیبی‌ها بعد از چهار ماه در دو مقدار لویبای روغنی با دو درصد ۷۵ و ۵۰ درصد در ترکیب با پلی‌وینیل‌استات اتفاق افتاد که نشان می‌دهد گذشت زمان توانست با کاربرد ترکیبی‌ها توانست نسبت به دو بازه زمانی دیگر اثرات بیش‌تری را بر کاهش غلظت رسوب داشته باشد. بقایای لویبای روغنی با دارا بودن ساقه‌ها قسطور مانع از برخورد قطرات باران به سطح خاک شده و رواناب را در پشت خود نگه می‌دارد در واقع رسوبات را به تله می‌اندازد (۲). پلی‌وینیل‌استات نیز غلظت رسوب را در سه بازه زمانی به‌کاربرده شده را کاهش داد به طوری که این پلیمر باعث

درصد تغییرات فرسایش خاک در تیمار بقایای لویبای روغنی و بازه‌های زمانی به‌ترتیب ۳۰/۳۷، ۴۳/۹۸ و ۲۹/۳۲ درصد، ۵۲/۸۸، ۵۴/۴۵ و ۴۶/۶۰ درصد، ۶۰/۹۹، ۶۷/۵۴ و ۶۰/۰۵ درصد، تیمار پلی‌وینیل‌استات به‌ترتیب ۵۴/۴۵، ۶۰/۲۱ و ۵۵/۲۴ درصد و تیمارهای ترکیبی نیز به‌ترتیب ۳۱/۹۴، ۴۶/۰۷ و ۳۰/۸۹ درصد، ۴۵/۰۳، ۵۹/۶۹ و ۴۸/۶۹ درصد، ۵۴/۴۵ و ۶۷/۰۲ و ۵۴/۹۷ درصد بود (جدول ۵). نتایج جدول (۶) نشان داد که درصد تغییرات غلظت رسوب در تیمار بقایای لویبای روغنی با سطح‌ها و بازه‌های زمانی مورد استفاده به‌ترتیب ۱۲/۸۷، ۱۶/۵۷ و ۱۱/۴۳ درصد، ۲۲/۰۱، ۲۳/۷۸ و ۱۹/۲۷ درصد، ۲۳/۱۱، ۳۵/۶۰ و ۲۶/۵۲ درصد تیمار پلی‌وینیل‌استات به‌ترتیب ۱۸/۵۴، ۲۶/۳۳ و ۲۱/۸۴ درصد و ترکیب آن‌ها به‌ترتیب ۱۳/۶۷، ۲۳/۳۶ و ۱۲/۷۰ درصد، ۲۶/۶۵، ۲۸/۱۹ و ۳۱/۹۲ درصد و ۳۰/۶۰، ۳۲/۷۷ و ۳۴/۲۵ درصد بود. بعد از کاربرد تیمارها به صورت جداگانه و ترکیبی اثر مثبتی بر کاهش فرسایش خاک و غلظت رسوب داشت. اثر تیمارهای حفاظتی بر فرسایش خاک نیز مشابه با تغییرات ضریب رواناب بود. به‌طوری که پس از گذشت دو ماه اثر افزودنی‌ها بر کاهش فرسایش خاک بیش‌تر از دو بازه زمانی دیگر بود. بنابراین در این نوع خاک مورد نظر بعد از گذشت دو ماه بیش‌ترین تأثیر را در کاهش فرسایش خاک از خود نشان داد. در حالی که موحدان و همکاران (۱۶)، اثر مثبت این افزودنی را چهار و حداکثر شش ماه در کنترل فرسایش بادی عنوان کردند. همچنین نتایج نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین درصد تغییرات فرسایش خاک مربوط به تیمار بقایای لویبای روغنی با مقدار ۷۵ درصد و ترکیب آن با پلی‌وینیل‌استات با حدود ۶۷ درصد بود. در واقع با افزایش سطح کاربردی بقایای لویبای روغنی، درصد کاهش فرسایش خاک بیش‌تر بود که با نتایج برخی از پژوهش‌گران در زمینه کاربرد بقایای گیاهی در سطح بالاتر بر کاهش فرسایش خاک مطابقت دارد (۲، ۱۱). پلیمر پلی‌وینیل‌استات می‌تواند موجب پایداری خاکدانه‌ها (۳) شده و در نهایت میانگین قطر خاکدانه‌های خاک را افزایش می‌دهد که با کاهش مقدار

همکاران (۹) و کاویان و همکاران (۱۱) با کاربرد افزودنی‌های مختلف نقش معنی‌دار آن‌ها را بر غلظت رسوب تأیید کردند.

### نتایج آزمون تجزیه واریانس و تفکیک سطوح تیمارها به گروه‌های همگن مؤلفه‌های رواناب و رسوب

نتایج آزمون تجزیه واریانس، تفکیک سطوح تیمارها و بازه‌های زمانی مورد استفاده به گروه‌های همگن برای تیمارهای حفاظتی بقایای لوبیای روغنی و پلی‌وینیل استات در بازه زمانی مورد بررسی به صورت جداگانه و ترکیبی به ترتیب در جدول‌های (۷) و (۸) ارائه شده است.

می‌شود که ذرات خاک بهم چسبیده و از متلاشی شدن ذرات در برابر قطرات باران جلوگیری کرده و پایداری خاک‌دانه‌ها را افزایش می‌دهد در واقع با ایجاد یک لایه محافظ در سطح خاک از جدا شدن ذرات در برابر قطرات باران جلوگیری می‌کند. در واقع ترکیب این افزودنی‌ها از جداشدگی ذرات خاک جلوگیری کرده و باعث هم‌آوری بین آن‌ها شده و در نتیجه رواناب جاری شده از گل آلودگی کم‌تری برخوردار بوده است. اثر جداگانه تیمارهای حفاظتی در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بود اما اثر بازه زمانی و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۷). پژوهش‌گران مختلف از جمله غلامی و همکاران (۶)، حق‌جو و

جدول ۷- نتایج آزمون تجزیه واریانس تیمارهای حفاظتی و بازه زمانی بر مؤلفه‌های رواناب، فرسایش خاک و غلظت رسوب

Table 7. Results of analysis of variance at conservation treatments and time periods on variables of runoff, soil loss and sediment concentration

پارامتر	متغیر وابسته	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری
تیمار حفاظتی	زمان شروع رواناب	۷	۱۸/۲۵	۴/۶۳	۰/۰۰۰
	زمان خاتمه رواناب		۲۲۴۴/۲۲	۳/۱۵	۰/۰۰۸
	ضریب رواناب		۴۳/۴۶	۸/۵۶	۰/۰۰۰
	فرسایش خاک		۱۵/۲۳	۱۸/۶۶	۰/۰۰۰
بازه زمانی	غلظت رسوب	۲	۴۱/۰۷	۹/۸۷	۰/۰۰۰
	زمان شروع رواناب		۰/۰۴	۰/۱۰	۰/۹۰۳
	زمان خاتمه رواناب		۳۰۸۶/۵۰	۰/۴۳	۰/۶۵۱
	ضریب رواناب		۰/۸۳	۱/۷۴	۰/۱۸۶
تیمار حفاظتی × بازه زمانی	فرسایش خاک	۱۴	۲/۵۶	۳/۱۳	۰/۵۲۰
	غلظت رسوب		۷/۲۸	۱/۷۵	۰/۱۸۴
	زمان شروع رواناب		۰/۱۶	۰/۰۴	۱/۰۰۰
	زمان خاتمه رواناب		۸۵۳۵/۰۸	۰/۱۲	۱/۰۰۰
تیمار حفاظتی × بازه زمانی	ضریب رواناب	۱۴	۰/۷۵	۰/۱۴	۱/۰۰۰
	فرسایش خاک		۱۴۰	۰/۱۷	۱/۰۰۰
	غلظت رسوب		۱/۱۷	۰/۲۸	۰/۹۹۴

جدول ۸- تفکیک و همگن‌بندی سطوح تیمارهای حفاظتی به گروه‌های همگن با استفاده از آزمون دانکن

Table 8. Separation and homogenization of conservation treatments to homogeneous groups using Duncan test

متغیر	زیرگروه ۱	زیرگروه ۲	زیرگروه ۳	زیرگروه ۴
زمان شروع رواناب	SMP <sub>۱</sub> , P, SM <sub>۲</sub> , SM <sub>۱</sub> , C	SMP <sub>۲</sub> , P, SM <sub>۱</sub> , P, SM <sub>۲</sub> , SM <sub>۱</sub>	SMP <sub>۲</sub> , P, SM <sub>۱</sub> , P, SM <sub>۲</sub> , SM <sub>۱</sub>	---
زمان خاتمه رواناب	SMP <sub>۲</sub> , SMP <sub>۱</sub> , P, SM <sub>۲</sub> , SM <sub>۱</sub> , C	SMP <sub>۲</sub> , SMP <sub>۲</sub> , SMP <sub>۱</sub> , P, SM <sub>۲</sub> , C	SMP <sub>۲</sub> , SMP <sub>۲</sub> , SMP <sub>۱</sub> , P, SM <sub>۲</sub> , C	---
ضریب رواناب	SMP <sub>۲</sub> , SMP <sub>۲</sub> , P, SM <sub>۲</sub> , SM <sub>۲</sub>	SMP <sub>۲</sub> , SMP <sub>۱</sub> , P, SM <sub>۲</sub>	SMP <sub>۲</sub> , SMP <sub>۱</sub> , P, SM <sub>۲</sub>	C
فرسایش خاک	SMP <sub>۲</sub> , SMP <sub>۲</sub> , P, SM <sub>۲</sub> , SM <sub>۲</sub>	SMP <sub>۲</sub> , SMP <sub>۲</sub> , P, SM <sub>۲</sub> , SM <sub>۲</sub>	SMP <sub>۲</sub> , SMP <sub>۲</sub> , P, SM <sub>۲</sub> , SM <sub>۲</sub>	---
غلظت رسوب	SMP <sub>۲</sub> , SMP <sub>۲</sub> , P, SM <sub>۲</sub>	SMP <sub>۲</sub> , SMP <sub>۲</sub> , P, SM <sub>۲</sub>	SMP <sub>۲</sub> , SMP <sub>۲</sub> , P, SM <sub>۲</sub>	C

C: شاهد، SM<sub>۱</sub> و SM<sub>۲</sub> به ترتیب بقایای لوبیای روغنی در سطح‌های ۲۵ و ۵۰ درصد، P پلی‌وینیل استات در سطح سه درصد، SMP<sub>۱</sub> و SMP<sub>۲</sub> به ترتیب ترکیب بقایای لوبیای روغنی در سطح‌های ۲۵ و ۵۰ درصد با پلی‌وینیل استات در سطح سه درصد

بقایای لوبیای روغنی و پلی‌وینیل استات و بازه زمانی و اثر متقابل آن‌ها بر ضریب رواناب به ترتیب در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار، غیرمعنی‌دار و غیرمعنی‌دار بود (جدول ۷). هم‌چنین همگن‌بندی تیمارها بقایای لوبیای روغنی و پلی‌وینیل استات بر ضریب رواناب نشان داد که تیمارهای SM<sub>۲</sub>, SMP<sub>۲</sub>, P, SM<sub>۲</sub>, SMP<sub>۲</sub> در زیرگروه اول قرار داشتند که نشان‌دهنده اثر یکسان و بیش‌تر آن‌ها بر تغییرات ضریب رواناب است (جدول ۸). تفکیک اثر بازه زمانی بر ضریب رواناب نشان داد که بازه زمانی چهار ماه و سپس بازه‌های زمانی ۲۴ ساعت و دو ماه بعد از استفاده از تیمارهای حفاظتی به ترتیب در زیرگروه‌های اول و دوم قرار گرفتند. تفکیک و همگن‌بندی سطوح تیمارها بر غلظت رسوب نشان داد که تیمارهای SM<sub>۲</sub>, SMP<sub>۲</sub>, P, SM<sub>۲</sub>, SMP<sub>۲</sub> در یک زیرگروه قرار داشتند و اثر بیش‌تری را بر تغییرات این مؤلفه داشتند (جدول ۸). تفکیک بازه‌های زمانی بر غلظت رسوب نشان داد که غلظت رسوب در هر سه بازه زمانی در یک زیرگروه قرار گرفته است. در این پژوهش نقش لوبیای روغنی (سطح‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد) و

پلی‌وینیل استات (سطح سه درصد) و ترکیب آن‌ها با کاربرد مشابه تیمارهای جداگانه در افزایش زمان شروع رواناب، زمان خاتمه رواناب، کاهش ضریب رواناب، فرسایش خاک و غلظت رسوب در سطح اطمینان ۹۹ درصد تأیید شد. در حالی که بازه‌های زمانی ۲۴ ساعت، دو و چهار ماه توانستند تأثیر معنی‌داری بر تغییرات مؤلفه‌های مورد بررسی نداشتند. با استفاده از نتایج پژوهش حاضر می‌توان بیان داشت که تیمارهای SM<sub>۲</sub>, SMP<sub>۲</sub>, P, SM<sub>۲</sub>, SMP<sub>۲</sub> دارای اثرات یکسانی با توجه به زیرگروه‌بندی آن‌ها بر تغییرات فرسایش خاک داشتند. در مجموع می‌توان اظهار داشت که استفاده از بقایای لوبیای روغنی و پلی‌وینیل استات به صورت جداگانه و در ترکیب با سایر افزودنی‌ها با هدف بررسی اثر آن‌ها در حفاظت خاک و آب، می‌تواند راهکاری مفید، کارا و موثر باشد. در نهایت استفاده از بقایای لوبیای روغنی و پلی‌وینیل استات در اراضی در حال فرسایش و یا فرسایش‌یافته و انجام پژوهش‌های جدید با دیگر افزودنی‌های خاک و در شرایط مختلف با هدف حفاظت خاک و آب پیشنهاد می‌گردد.

## منابع

- Doan, T.T., T. Henry-des-Tureaux, C. Rumpel, J.L. Janeau and P. Jouquet. 2015. Impact of compost, vermicompost and biochar on soil fertility, maize yield and soil erosion in Northern Vietnam: A three year mesocosm experiment. *Science of the Total Environment*, 514: 147-154.
- Fernandez, C. and J.A.Vega. 2014. Efficacy of bark strands and straw mulching after wildfire in NW Spain: effects on erosion control and vegetation recovery. *Ecological Engineering*, (63): 50-57.
- Gholami, L., Z. Haghjoo, A. Kaviani and S.R. Mosavi. 2019a. Effect of Polyvinyl Acetate polymer on soil surface resistance variations. *Watershed Management Research*, (121): 84-93 (In Persian).
- Gholami, L., N. Karimi and A. Kaviani. 2019b. Soil and water conservation using biochar and various soil moisture in laboratory conditions. *Catena*. 182: 104-151.
- Gholami, L., A. Khaledi Darvishan and A. Kaviani. 2016. Wood chips as soil conservation in field conditions. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(19): 729.
- Gholami, L., S.H.R. Sadeghi and M. Homaei. 2013. Straw mulching effect on splash erosion, runoff and sediment yield from eroded plots. *Soil Science Society of American Journal*, (77): 268-278.
- Gholami, L., S.H.R. Sadeghi and M. Homaei. 2014. The effect of rice straw on running time and rainfall runoff coefficient. *Iranian Water Research Journal*, 8(15): 33-40 (In Persian).
- Hadjiev, A. and P. Hadjiev. 2003. on some methods for surface erosion control on tailings ponds and waste fly-ash piles. 50 years Uni. of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Annual, 46(22): Mining and Mineral Processing, Sofia.185-187.
- Haghjoo, Z., L. Gholami, A. Kaviani and S.R. Mousavi. 2016. The effect of polyvinyl acetate on soil splash. 12<sup>th</sup> Iranian Conference on Watershed Management Science and Engineering, Watershed Management and Environmental Crisis, Malayer, Iran (In Persian).
- Kalehui, M., A. Kaviani, L. Gholami and Z. Jafriani. 2018. Protective impact of colza straw (*Brassica napus* L.) on runoff and soil loss control using rainfall simulation. *Watershed Management Research* 31(1): 73-82 (In Persian).
- Kaviani, A., L. Gholami, M. Mohammadi, V. Spalevic and M. Falah Soraki. 2018. Impact of wheat residue on soil erosion processes. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46(2): 553-562.
- Khaledi Darvishan, A., S.H.R. Sadeghi, M. Homaei and M. Arabkhedri. 2014. Measuring sheet erosion using synthetic colorcontra aggregates. *Hydrology Processes*, (28): 4463-4471.
- Kukul, S.S. and M. Sarkar. 2010. Splash erosion and infiltration in relation to mulching and polyvinyl alcohol application in semiarid tropics. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 56(6): 697-705.
- Montenegro, A.A.A., J.R.C.B. Abrantes, J.L.M.P. Lima, V.P. Singh and T.E.M. Santos. 2014. The importance of mulching on soil and water dynamics: Laboratory experiments under simulated rainfall. *AHR Europe Congress*. 978-989.
- Mousavifar, S., S.H.R. Sadeghi and N. Bahramifar. 2017. The effect of vermicompost and silica nanoparticles on soil permeability. *Journal of Water and Soil Conservation*, (7): 59-49 (In Persian).
- Movahedan, M., N. Abbasi and M. Keramati. 2013. The effect of polyvinyl acetate polymer on stability. *Dry aggregates. Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences)*, (1): 71-83 (In Persian).
- Rahma, A.E., W. Wang, Z. Tang, T. Lei, D.N. Warrington and J. Zhao. 2017. Straw mulch can induce greater soil losses from loess slopes than no mulch under extreme rainfall conditions. *Agricultural and Forest Meteorology*, (232): 141-151.
- Ramos, M.C., J.N. Quinton and S.F. Tyrrel. 2006. Effects of cattle manure on erosion rates and runoff water pollution by faecal coliforms. *Journal of Environmental Management*, (78): 97-101.
- Rasoulzadeh, A. and A. Yaghoubi. 2010. Effect of cattle manure on soil physical properties on a sandy clay loam soil in north-west Iran. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8 (2): 976-979.
- Ritchey, K.D., L.D. Norton, A. Hass, J.M. Gonzalez and D.J. Snuffer. 2012. Effect of selected soil conditioners on soil properties, erosion, run off and rye growth in nonfertile acid soil. *Journal of Soil and Water Conservation*. 67(4): 264-274.
- Ruy, S., A. Findeling and J. Chadoeuf. 2006. Effect of mulching techniques on plot scale runoff: FDTF modelling and sensitivity analysis. *Journal of Hydrology*, (326): 277-294.
- Sadeghi, S.H.R., H. Kheirfam, M. Homaei, B. Zarei Darki and M. Vafakhah. 2017. Improving runoff behavior resulting from direct inoculation of soil micro-organisms. *Soil and Tillage Research*, (171): 35-41.
- Sadeghi, S.H.R., L. Gholami, M. Homaei and A. Khaledi Darvishan. 2015. Reducing sediment concentration and soil loss using organic and inorganic amendments at plot scale. *Solid Earth*, (6): 445-455.
- Sadeghi, S.H.R., Z. Hazbavi, H. Younesi and M. Behzadfar. 2013. Soil loss and sediment concentration changes due to application: (4) Polyacrylamide. *Journal of Water and Soil Conservation*, 2(2): 53-67 (In Persian).
- Sadeghi, S.H.R., Z. Karimi and Z. Hashemi Aryan. 2017. Combined application of polyacrylamide and vermicompost to runoff inhibition and soil erosion. *Journal of Watershed Engineering and Management*, 9(1): 1-10.
- Singh, K.P., A. Suman, P.N. Singh and M. Lal. 2007. Yield and soil nutrient balance of a sugarcane plant-ratoon system with conventional and organic nutrient management in sub-tropical India. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 79(3): 209-219.
- Tadinfar, Gh., V. Tadinfar and R. Kazemi. 2014. Permeability modification of salted soils using polyvinyl acetate polymer. 1<sup>st</sup> National Conference of Soil Mechanics and Engineering, 4648 p.
- Tejada, M., A.M. Garcia-Martinez and J. Parrado. 2009. Effects of a vermicompost composted with beet vinasse on soil properties, soil losses and soil restoration. *Catena*, (77): 238-247.
- Vaezi, R.R. and M.P. Heydari. 2019. Investigation of the effect of wheat straw on soil loss due to furrow erosion in crop rows at different stages of rainfed wheat growth. *Journal of Soil Science*, (33): 43-58 (In Persian).

## Effects Study of Individually and Combined of Soil Conditioners on Response of Soil Loss and Surface Runoff

Armin Balvaieh<sup>1</sup>, Leila Gholami<sup>2</sup>, Fatemeh Shokrian<sup>3</sup> and Ataollah Kavian<sup>4</sup>

1- Former Master Student, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

2- Associate Professor, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, (Corresponding author: l.gholami@sanru.ac.ir)

3- Assistant Professor, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

4- Professor, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Received: 9 March, 2021

Accepted: 14 July, 2021

### Extended Abstract

**Introduction and Objective:** Nowadays, this soil erosion is a serious threat for most societies and it causes the loss of water and soil. One of the most important factors of runoff control and soil erosion is the application of soil conditioners. Therefore, the current research was conducted in order to performance evaluation of individually and combined effect of the bean straw mulch in three levels of 25, 50 and 75 percent and Polyvinyl Acetate in level of 3 percent on changes of runoff and soil erosion.

**Material and Methods:** the used soil at present study collected from rangelands at depth of 20 cm and after transportation to laboratory for relative stability of aggregates passed from sieve of 4 mm. For performance of the present study of the treatments of bean straw mulch as an organic soil conditioner and polyvinyl acetate as an inorganic conditioner used in individually and combined form. The conservation treatments applied at laboratory conditions using rainfall simulator for time priodes of 24 h, 2 and 4 months.

**Results:** The results showed that the bean straw mulch and polyvinyl acetate at individually and combined various levels and applied time intervals could increase the time to runoff and end runoff and also decrease the runoff coefficient, soil erosion and sediement concentration. The most affect on time to runoff related to combined treatment of bean straw mulch with level of 75 percent + polyvinyl acetate (MSP<sub>3</sub>) at time interval of 2 month (with rate of 74.68 percent). Also, the maximum changes of reduction of soil erosion related the application of bean straw mulch with level of 75 percent (MS<sub>3</sub>) at time level of 2 month with rate of 67.54 percent. The results showed that the bean straw mulch and polyvinyl acetate had significant effect on studied variables at level of 99 percent.

**Conclusion:** In general, it can be stated that the usage of bean straw mulch and polyvinyl acetate with form of individually and combined with other conditioners in order to investigation their effects on soil and water conservation can be a useful method. Finally, the usage of bean straw mulch and polyvinyl acetate in eroding or eroded lands and performance of new researches with other soil conditioners and in different conditions recommended with aim of soil and water conservation. Also Due to the different performance of individually and combined application of bean straw mulch and polyvinyl acetate, the correct usage of conditioners is necessity at the resources management of water and soil.

**Keywords:** Mineral conditioner, Runoff coefficient, Soil amendments, Soil conservation, Soil loss