ارزیابی اثر اصلاح‌کننده ویناس بر مؤلفه‌های تلفات خاک و رواناب

رضا بیات[1*]، زهرا گرامی[2]، رحیم کاظمی[3]، محمود عرب‌خدری[4]، پرویز پشوتنی[5]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۰۹/۲۲)

چکیده

اراضی دیم از منابع مهم تلفات خاک هستند و کاربرد اصلاح‌کننده می‌تواند باعث کاهش فرسایش خاک شود. این پژوهش، با هدف تعیین تیمار مناسب ویناس در کاهش تلفات خاک و تولید رواناب بر روی نمونه خاک لسی اراضی دیم شهرستان کلاله استان گلستان و در شبیه‌ساز باران و در سینی‌های با ابعاد ۱۰×۳۰×۳۰ سانتی‌متری انجام شد. آزمایش‌ها با چهار تیمار ویناس (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌لیتر) در شدت باران ثابت متوسط ۷۰ میلی‌متر در ساعت با سه شیب مختلف (۲۰، ۱۲ و ۸ درصد) و در آزمایش‌های دیگری، چهار تیمار ویناس مذکور در سه شدت بارندگی (۵۰ و ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر در ساعت) با شیب ثابت (۱۲ درصد) هرکدام با سه تکرار و به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد. پس از آماده‌سازی سینی‌ها، تیمارهای ویناس با افشانه به‌طور یکنواخت در سطح خاک پاشیده و حدود ۲۴ ساعت زمان داده شد تا با خاک به تعادل برسد. رواناب حاصل از باران، به همراه رسوب خروجی هر آزمایش جمع‌آوری، حجم‌سنجی و پس از ترسیب و خشک کردن، نرخ تلفات خاک تعیین شد. نتایج نشان داد که تفاوت بین تیمارهای شیب، بارش و ویناس و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار شد. در شدت باران ثابت، تیمار حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر ویناس، باعث کاهش حجم رواناب و تلفات خاک شد. تیمارهای حاوی ۵۰ و ۱۵۰ میلی‌لیتر ویناس نسبت به شاهد، عملکرد بهتری در کاهش مؤلفه حجم رواناب و تلفات خاک نداشتند. اثر شیب در آزمایش با شدت باران ثابت، از روند مشخصی پیروی نمی‌کرد ولی شدت بارش اثر مستقیم بر مؤلفه حجم رواناب و تلفات خاک داشت. در این شرایط آزمایش، به‌کارگیری مقدار متوسط ویناس (تیمار ۱۰۰ میلی‌لیتر ویناس) می‌تواند در کاهش مقدار تلفات خاک و رواناب مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: اصلاح‌کننده خاک، تلفات خاک، دیم‌زار، شبیه‌ساز باران، ویناس

بیات ر.، گرامی ز.، کاظمی ر.، غرب‌خدری م.، پشوتنی م. ۱۴۰۲. ارزیابی اثر اصلاح‌کننده ویناس بر مؤلفه‌های تلفات خاک و رواناب. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۱۱، شماره ۳. صفحه: ۴۷-۵۹.

۱- استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران (نویسنده مسئول)
۲-کارشناس ارشد، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
۴- استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
۳ -استاد، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
۵- کارشناس، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
* پست الکترونیک: bayat52@gmail.com

مقدمه

تأمین نیازهای جمعیت رو به افزایش جهان، ناگزیر فشار مضاعفی را بر منابع طبیعی وارد کرده و بهره‌برداری غیراصولی از منابع زمینی باعث تخریب اراضی شده است. بهره‌برداری نامتناسب و غیراصولی از اراضی باعث تخریب کمّی و کیفی خاک شده و سبب کاهش قابلیت خاک برای حفظ و نفوذ آب و توسعه پوشش گیاهی نیز شده است. از طرفی، بالا بودن مقدار تلفات خاک اراضی دیم همواره به‌عنوان معضل مهمی مطرح بوده است که کشت بر روی اراضی دیم شیب‌دار موجب افزایش حساسیت خاک به فرسایش شیاری و آبکندهای موقت می‌شود. این حساسیت به دلیل شخم‌زدن‌های متوالی، رهاسازی زمین بدون پوشش و تمرکز جریان در شیارهای حاصل از کشت صورت می‌گیرد (Heidary *et al.*, 2021). بنابراین، ضرورت دارد اقداماتی برای افزایش مقاومت خاک در مقابل فرسایش انجام شود. بر همین اساس، اتخاذ اقدامات مدیریتی و فنی در راستای بهبود ویژگی‌های مؤثر خاک در مدیریت رواناب سطحی و افزایش نفوذ آب در خاک به‌ویژه در شرایط بارندگی‌های شدید و ترجیحاً با استفاده از تولیدات فرآوری‌شده حاصل از پسماندها، مانند ویناس اجتناب‌ناپذیر است. ویناس به دلیل اینکه حاوی ماده آلی زیاد و غنی از پتاسیم، کلسیم و منیزیم و مقادیری ازت و فسفر است، به‌عنوان یک ماده آلی بهبود-دهنده خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک معرفی شده و می‌تواند بر کیفیت و کمیت محصول تأثیر گذاشته و موجب افزایش نگه‌داری رطوبت، بهبود بافت و افزایش خاکدانه‌سازی خاک شود (Chi *et al.*, 2020). همچنین، اضافه کردن ویناس به خاک، باعث فعال‌سازی و افزایش فعالیت زیستی و میکروبی و به دنبال آن افزایش ترشح پلی ساکاریدها[1]، موسیلاژ[2] و تولید هیف‌های[3] بیشتر می‌شود و این عوامل همگی در افزایش خاکدانه‌سازی و مقاومت خاک در برابر فرسایش مؤثر خواهد بود (Ribeiro *et al.*, 2013). آرمنگول و همکاران (Armengol *et al.*, 2003) نشان دادند که اضافه کردن ویناس به خاک ورتی‌سول[4] تحت کشت نیشکر از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۰، موجب بهبود خصوصیات شیمیایی شامل افزایش میزان ماده آلی، افزایش تولید هوموس و ایجاد تعادل کاتیونی شد. تجادا و همکاران (Tejada *et al.*, 2003) نیز اثر ورمی‌کمپوست به‌همراه ویناس چغندرقند را بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی خاک رسی- لومی در کرت‌هایی بررسی و نتایج آن‌ها تأثیر مثبت بر همه‌ی ویژگی‌های ذکرشده و بهبود آن‌ها را نشان داد. همچنین، بررسی‌های صورت گرفته توسط ریبیرو و همکاران (Ribeiro *et al.*, 2013) مشخص کرد که وجود ویناس موجب افزایش چسبندگی بین ذرات با اندازه‌های ۲ تا ۵۳ میکرون شده است. اثر افزودن ویناس بر خصوصیات مکانیکی خاک توسط جولیائو و همکاران (Julião *et al.*, 2011) بررسی شد. نتایج نشان داد که افزودنی ویناس بر خصوصیات مربوط به استحکام، تأثیراتی محسوس داشته و افزوده شدن آن به خاک موجب کاهش پاشمان ذرات خاک سطحی می‌شود. جیانگ و همکاران (Jiang *et al.*, 2012) بیان کردند که استفاده طولانی مدت (۲ تا ۳ سال) از ویناس با مقدار ۷۵ تن در هکتار پس از ۳ سال، موجب کاهش جرم مخصوص ظاهری، افزایش تخلخل کل و تخلخل مویینه، افزایش خاکدانه‌های مقاوم در آب و کاهش میزان رس در خاک شده است. همچنین، در پژوهشی که در سال ۲۰۱۳ در کشور برزیل توسط پرادو و همکاران (Prado *et al.*, 2013) صورت گرفت، ویناس و فیلتر کیک که هر دو از فرآورده‌های جانبی صنعت تولید شکر و الکل هستند، به‌عنوان افزودنی‌هایی مفید معرفی شده‌اند.

نتایج بررسی‌های صادقی و همکاران (Sadeghi *et al.*, 2015) نیز در بررسی مهار رواناب و تلفات خاک با استفاده از کاربرد ترکیبی ورمی کمپوست و ویناس، تأثیر معنی‌دار کاربرد افزودنی ترکیبی ورمی کمپوست و ویناس برای مهار تلفات خاک را تأیید کرد. حال‌آن‌که اثر کاهنده‌ی کاربرد تیمار مزبور بر تولید رواناب و کاهش ضرورت بازیافت آب، غیر معنی‌دار ارزیابی شد. شریفی‌مقدم و همکاران (Sharifi Moghaddam *et al.*, 2015) با بررسی تغییرات مؤلفه‌های رواناب و رسوب در کرت‌های آزمایشی کوچک ناشی از کاربرد ویناس، استفاده بیشتر از هشت لیتر بر مترمربع ویناس و افزایش ماندگاری آن قبل از وقوع بارش را توصیه نمودند. تحقیق موران سالازار و همکاران (Moran-Salazar *et al.*, 2016) نشان داد که نوع و مقدار ویناس، نوع خاک، نوع محصول و شرایط اقلیمی حاکم بر منطقه از عوامل مؤثر بر میزان تأثیرگذاری ویناس هستند. کله‌هوئی و همکاران (Kalehoei *et al.*, 2019) تاثیرگذاری سه سطح خاک‌پوش

1. Polysaccharides
2. Mucilage
3. Hypha
4. Vertisol

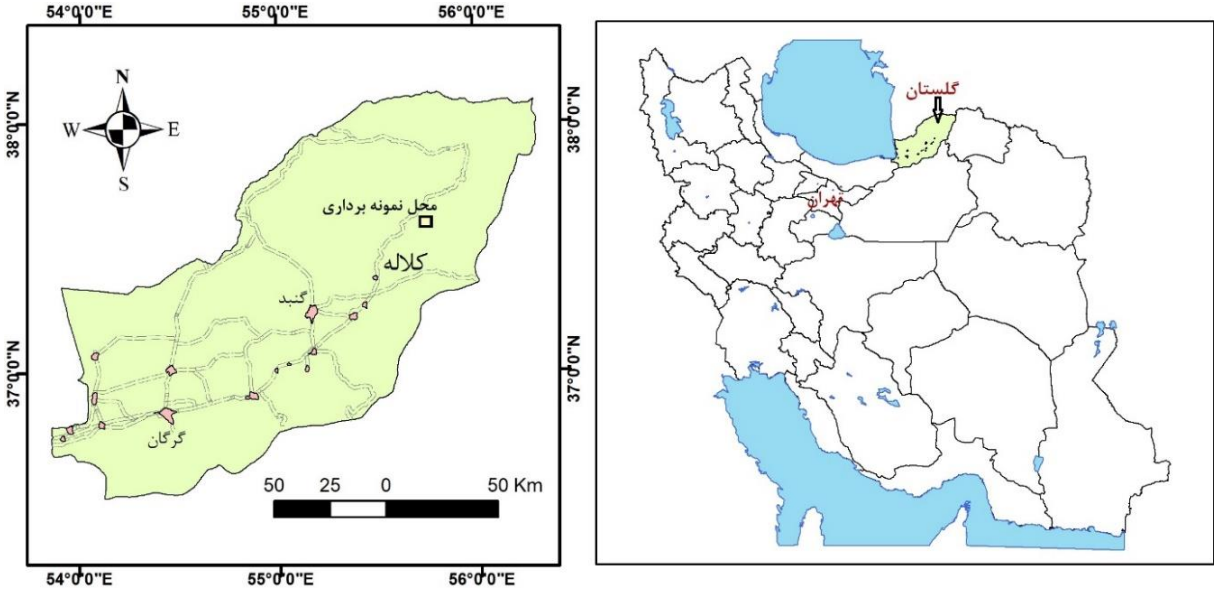
آلی حاصل از کاه و کلش کلزا را بر زمان شروع و ضریب رواناب در کرت‌های کوچک آزمایشگاهی در یک خاک لومی –شنی و با استفاده از شبیه‌ساز باران با شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت با تداوم بارش ۱۰ دقیقه‌ای بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که اعمال پوشش حفاظتی آلی موجب تأخیر در وقوع و کاهش ضریب رواناب می‌شوند. نتایج تحقیق سانچز لیزاراگا و همکاران (Sanchez-Lizarraga *et al.*, 2018) موید آن بود که افزودن ویناس به خاک با غلظتی بیش از ۵۰ درصد از طریق سیستم آبیاری، موجب افزایش قابلیت هدایت الکتریکی، میزان پتاسیم، سدیم، کلسیم، منیزیم و فسفر ولی باعث اسیدی شدن آن نشد. کاربرد ترکیبی بهبوددهنده‌های شیمیایی و آلی باعث بهبود شرایط نامطلوب و افزایش کیفیت خاک‌ها می‌شود (Rezapour *et al.*, 2021). به‌طورکلی تلفات خاک، مشکلی جدی در کشورهای درحال‌توسعه نظیر کشور ایران محسوب می‌شود. همچنین، افزایش آلاینده‌های حاصل از سم‌پاشی و کوددهی به اراضی دیم در رواناب تولیدی و ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی (غنی‌سازی منابع آب) در انتهای خروجی اراضی دیم مشکل‌ساز شده است. در تحقیقات اخیر، از خاک‌پوش‌های صنعتی یا طبیعی و یا ضایعات صنایع استفاده‌شده است. ویناس، به‌عنوان پساب کارخانه الکل سازی بوده و تقریباً رایگان است و هزینه حمل‌ونقل آن بسیار کمتر از دیگر مواد مشابه بوده و به دلیل مایع بودن و حلالیت بالا در آب، امکان توزیع آن در سطح خاک آسان‌تر و کم‌هزینه‌تر است. بررسی سوابق تحقیقات روی کاربرد ویناس نشان می‌دهد که کاربرد آن، خطرات زیست‌محیطی ندارد. ضمناً استفاده از آن، به سبب داشتن پایه کربنی، مصرف کم و عدم وجود پیامدهای سوء زیست‌محیطی، قابلیت دسترسی و نیز توجیه اقتصادی و با اطمینان از عملکرد برای مدیریت خاک و آب توصیه‌شده است (Sadeghi *et al.*, 2014 & Sharifi Moghaddam *et al.*, 2015). همچنین، از آنجایی که بخش عمده کشور ایران دارای اقلیم خشک و نیمه خشک و خاک‌هایی با مواد آلی کم، استفاده از مالچ‌هایی که به مقدار ماده آلی خاک بیافزاید و موجب اصلاح ساختمان خاک و در نتیجه موجب کاهش تلفات خاک شود، ضروری است. میزان مصرف اصلاح کننده را می‌توان با انجام آزمون‌های محدود در محیط شبیه‌ساز باران تعیین نمود. بررسی اثر کاربرد اصلاح‌کننده ویناس با غلظت‌های متفاوت تهیه شده از غلظت اولیه آن بر مؤلفه‌های میزان رواناب و تلفات خاک در کرت‌ها به کمک شبیه‌ساز باران کمتر موردتوجه قرارگرفته است. ازاین‌رو، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثر غلظت‌های متفاوت ویناس بر مؤلفه‌های تلفات خاک و رواناب در شیب و شدت‌های مختلف انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه‌مورد مطالعه، نمونه‌برداری از خاک

این پژوهش به ارزیابی اثر اصلاح کننده ویناس بر مؤلفه‌های تلفات خاک و رواناب بر روی خاک دیمزارها در کرت آزمایشگاهی پرداخته است. برای انجام شبیه‌سازی، از خاک منطقه‌ی دیمزار کلاله در استان گلستان، استفاده شد. شهرستان کلاله در شرق استان گلستان (شکل ۱)، از غرب با شهرستان گنبد، از شمال با شهرستان مراوه‌تپه و از جنوب با شهرستان گالیکش هم‌مرز است. کاربری اراضی غالب منطقه کشت گندم و در مناطقی هندوانه دیم است. منطقه حدود ۲۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا دارد و دما و بارش متوسط بلندمدت آن به ترتیب ۱۶ درجه سانتی‌گراد و ۴۵۰ میلی‌متر است. بر اساس نقشه اقلیم نمای دومارتن، منطقه‌ای نیمه‌خشک و در همسایگی با مرز اقلیم مدیترانه‌ای قرار دارد. ازنظر زمین‌شناسی، عموماً تپه‌های حاصل از نهشته‌های بادی لسی هستند (Bayat, 2015).

خاک مورد آزمایش از لایه سطحی (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) دامنه اراضی دیم، به میزان ۱/۵ تن از موقعیت جغرافیایی بین ۵۵ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲۲ دقیقه عرض شمالی برداشت و به پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری منتقل شد. نمونه خاک مخلوط، پس از هوا خشک شدن از الک دو میلی‌متری برای اندازه‌گیری برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک عبور داده شد. ویژگی‌های جرم مخصوص ظاهری به روش سیلندر (Blake & Hartge, 1986) و بافت خاک به‌روش هیدرومتری (Gee & Bauder, 1986) انجام شد. خصوصیات کربنات کلسیم معادل (آهک) به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک و تیتراسیون با باز (Paye & Kenne, 1986)، گچ به روش استون (Nelson, 1982)، ماده آلی به‌روش والکی-بلاک (Nelson & Sommers, 1996)، هدایت الکتریکی عصاره اشباع با دستگاه *EC* متر و اسیدیته با *pH* متر اندازه‌گیری شدند.



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه در ایران و استان گلستان

Figure 1. Location of the study area in Iran and Golestan province

نتایج اندازه‌گیری ویژگی‌های ویناس مصرفی نشان داد که متوسط ماده آلی حاصل از سه تکرار برابر ۵۴ درصد و مقدار ماده خشک ۲۹ درصد است. دیگر مشخصات ویناس مصرفی در جدول ۱، ارائه شده است که اسیدیته پایین و کلر بالا از ویژگی‌های بارز آن است. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک به‌شرح جدول ۲، تعیین شد که مقدار سیلت بالا به مقدار ۶۴ درصد و ماده آلی پایین (۰/۶۷ درصد) از مشخصات مهم آن هستند که موجب فرسایش‌پذیری بالای این خاک شده‌اند (Morgan, 2005).

آماده‌سازی کرت و شبیه‌ساز باران

به‌منظور آماده‌سازی کرت‌ها، ابتدا خاک از سرند یک سانتی‌متری عبور داده شد. کف سینی‌های با ابعاد طول، عرض و ارتفاع به ترتیب ۳۰، ۳۰ و ۱۰ سانتی‌متری از دو لایه گونی نخی پوشانده شد تا ذرات خاک از سوراخ‌های کف آن خارج نشوند. کرت به عمق هفت سانتی‌متر از خاک به‌صورت لایه‌های حدود دو سانتی‌متری همراه با کمی افزایش رطوبت با افشانه، پرشده و در هر مرحله با استفاده از غلتک تسطیح و فشرده‌سازی خاک انجام شد، تا نهایتاً جرم مخصوص ظاهری خاک در سینی، حدوداً برابر مقدار جرم مخصوص ظاهری خاک سطحی منطقه (۱/۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب) شود.

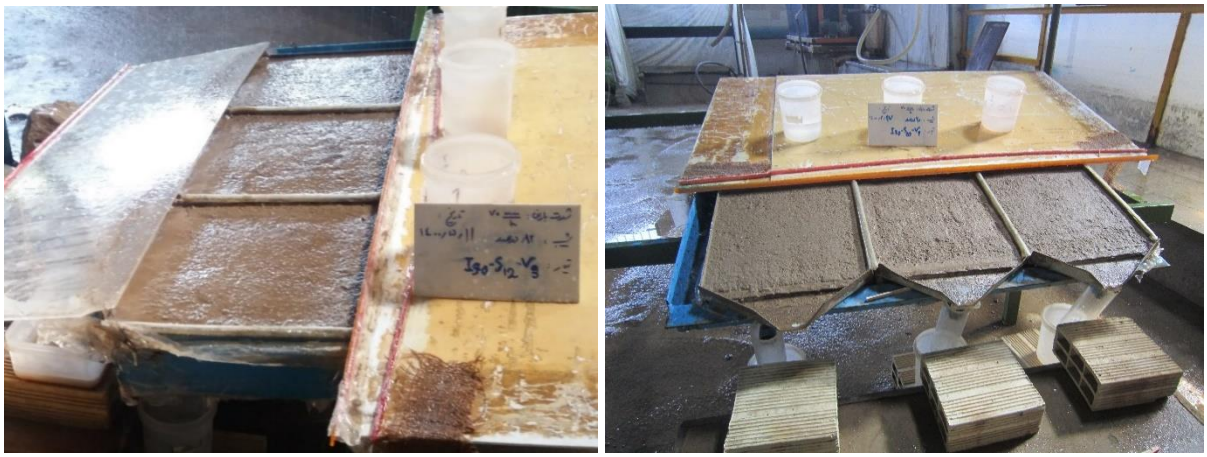
این تحقیق با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران دو نازله مستقر در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری انجام و قبل از آزمایش، کالیبراسیون آن انجام و مقدار شیب و شدت بارندگی مورد نظر تنظیم شد. این سامانه‌ی شبیه‌ساز باران دارای دو نازل یک اینچی است که هرکدام به شیربرقی جداگانه‌ای برای مدیریت پاشش مجهز هستند. به‌علت تحت‌فشار بودن آب سیستم، قطره‌ها به‌صورت مخروطی از بارش با توزیعی از اندازه قطره‌های ریز تا درشت تولید می‌شوند. فواصل بین نازل‌ها برای تنظیم شدت بارندگی، قابل‌تغییر است. نازل‌ها روی ریل بارش به‌صورت کشویی و متحرک نصب و دارای قابلیت جابجایی طولی و عرضی هستند.

تیمارها و ویژگی‌های اندازه‌گیری شده

ویناس از شرکت کشت و صنعت میرزا کوچک خان واقع در اهواز تهیه شد. ویناس در اختیار، محلول غلیظی بود که با رقیق‌کردن آن، در هر تیمار به حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر رسانده و استفاده شد تا هم پاشش آن تسهیل شود و هم مقدار مصرف قابل مدیریت باشد. با توجه به pH اسیدی ویناس، خنثی‌سازی آن با آمونیاک انجام و به pH نزدیک ۷ رسانده شد. تیمار ویناس با افشانه به‌طور یکنواخت در سطح سینی پاشیده شده و حدود یک روز زمان داده شد تا با ذرات خاک به تعادل برسد. این تحقیق دو مجموعه آزمایش داشت که یکی با چهار تیمار ویناس با حجم ۲۵۰ میلی‌لیتری حاوی صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌لیتر ویناس مایع (معادل دو و نیم میلی‌متر بارش) به ترتیب با نام‌های V0، V1، V2 و V3

در سه شیب مختلف (۲۰، ۱۲ و ۸ درصد) به ترتیب با نام‌های اختصاری S20، S12 و S8، با شدت بارندگی ثابت ۷۰ میلی‌متر در سه تکرار و به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد. مجموعه دوم، نیز با چهار تیمار ویناس و در شیب ثابت ۱۲ درصد ولی با سه شدت ۵۰، ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر در ساعت به‌ترتیب با نام‌های اختصاری I50، I70 و I90، در سه تکرار و به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد. شکل ۲، به‌عنوان نمونه، شرایط انجام آزمایش و نحوه قرارگیری کرت‌ها را نشان می‌دهد.

در پایان هر آزمایش شبیه‌سازی، رواناب از انتهای سینی جمع‌آوری، حجم‌سنجی و پس از ترسیب، آب اضافه از رسوب جدا و بقیه آن در دستگاه آون با درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک شده و نرخ تلفات خاک به واحد تن بر هکتار تعیین شد. نتایج تیمارها با طرح آماری کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین به‌روش دانکن در نرم‌افزار *SPSS* تحلیل و ترسیم نمودارهای مقایسه نسبی در محیط نرم‌افزار *Excel* انجام شد.



شکل ۲- نحوه قرارگیری کرت‌ها در یک آزمایش

Figure 2. Place of plots in an experiment

نتایج و بحث

تجزیه واریانس نتایج در شیب ثابت ۱۲ درصد با تیمارهای مختلف ویناس و شدت باران در جدول ۱، نشان داد که اثر شدت باران و مقدار ویناس بر حجم رواناب و تلفات خاک در سطح کمتر از یک درصد و اثر متقابل بین آنها در سطح کمتر از پنج درصد معنی‌دار است. اثر اصلی شدت باران بر حجم رواناب نشان می‌دهد (شکل ۳) که بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف میانگین‌های حجم رواناب در سه شدت باران، معنی‌دار است. بیشترین حجم رواناب در شدت ۹۰ میلی‌متر بر ساعت بوده است و با شدت باران ۷۰ و ۵۰ میلی‌متر بر ساعت به ترتیب ۳۹ و ۵۵ درصد در میزان رواناب اختلاف داشت.

همچنین مقایسه میانگین سه تیمار ویناس نشان می‌دهد که V1 با دیگر سطوح V0، V2 و V3 از نظر حجم رواناب به‌ترتیب حدود ۱۸، ۲۰ و ۲۵ درصد بیشتر و در سطح احتمال پنج درصد، اختلاف معنی‌دار دارد؛ اما دیگر تیمارها با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند. همچنین، بررسی اثر متقابل شدت باران و غلظت ویناس در شیب ثابت ۱۲ درصد نشان داد، حجم رواناب با شدت بارش رابطه مستقیم و مثبت داشته و در سه شدت ۵۰، ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت در V1 افزایش و در V2 و V3 کاهش یافته است. در شدت ۹۰ میلی‌متر بر ساعت، حجم رواناب در V3 کمترین بوده و با دیگر تیمارهای این شدت اختلاف معنی‌دار دارد. کمترین میزان رواناب در شدت ۷۰ میلی‌متر بر ساعت در V2 بوده که با V3 و شاهد (V0) اختلاف معنی‌دار ندارد. تیمار V3 در شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت، کمترین میزان رواناب را دارد اما با تیمارهای V1، V2 و V0 در این شدت، اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد ندارد.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر ویناس و شدت باران بر حجم رواناب و تلفات خاک

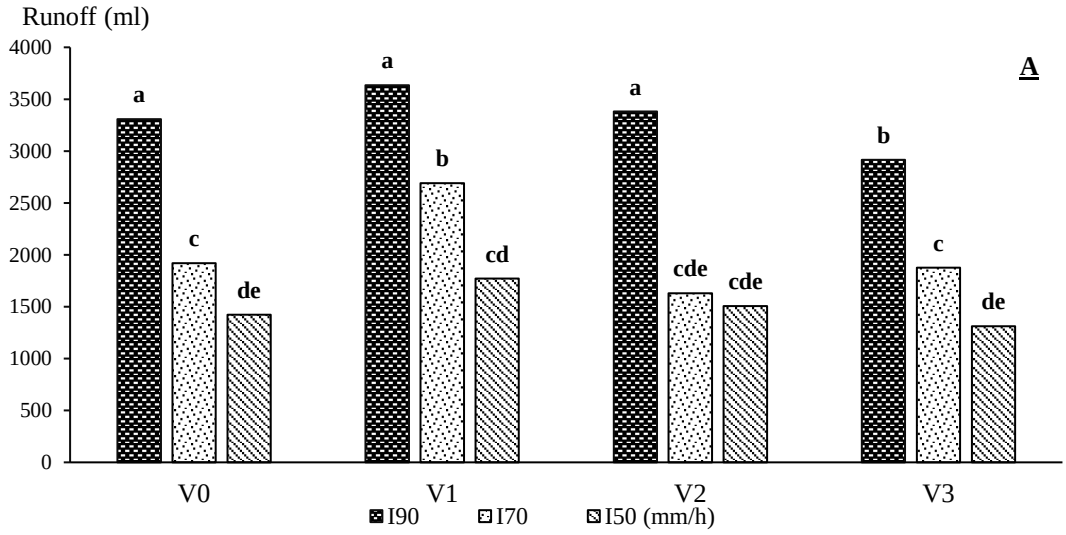
Table 3. Analysis of variance (mean squares) of the effect of vinasse and rainfall intensity on runoff volume and soil losses

	Source	df	Mean Square	Significant
Runoff	Intercept	1	187260978.78	**.000
	intensity	2	10365728.11	**.000
	vinas	3	750507.30	**.000
	intensity * vinas	6	129676.85	*.046
	Error	24	50628.17	
	Total	36		
	Source	df	Mean Square	Significant
Soil Loss	Intercept	1	118.70	**.000
	intensity	2	12.36	**.000
	vinas	3	0.71	**.001
	intensity * vinas	6	0.31	*.016
	Error	24	0.09	
	Total	36		

** و *: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

** and *: Significant at 1 and 5 % probability level

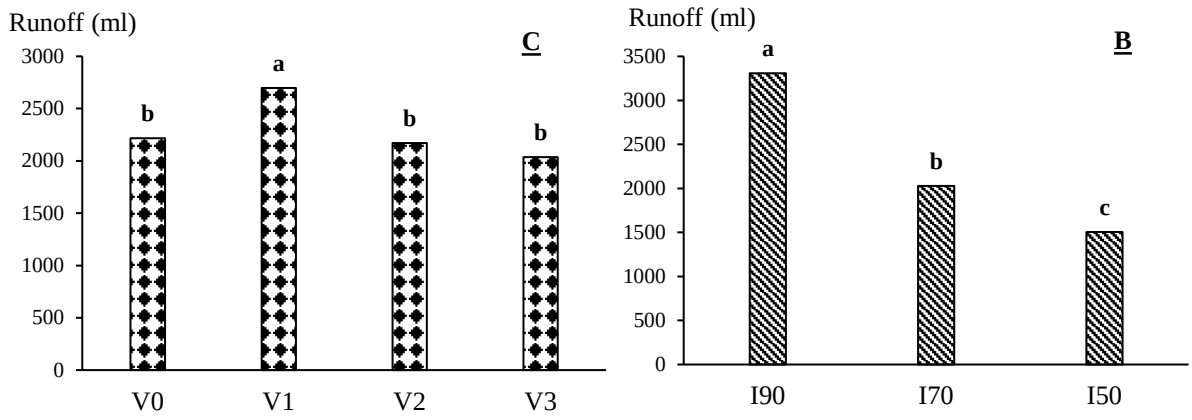
شکل ۳، نشان می‌دهد که با شدت بارش‌های مختلف و شیب ثابت ۱۲ درصد، اثر شدت باران بر رواناب مستقیم بوده ولی تیمار ویناس فاقد روند مشخص و ارتباط منطقی بین مصرف ویناس و رواناب قابل مشاهده نیست و مصرف تیمار اول ویناس در V1 در تولید رواناب اثر افزایشی و مقادیر بیشتر ویناس، تأثیر کاهشی داشته است. صادقی و همکاران (Sadeghi *et al.*, 2015) نیز عدم تاثیر ویناس روی کاهش رواناب اعلام کرده بودند که به‌نظر می‌رسد علت آن می‌تواند عدم ایجاد زبری در سطح خاک و متعاقبا عدم کاهش ضریب رواناب باشد و در نتیجه بر مقدار رواناب تاثیر نگذاشته است. رابطه مشابهی برای اثر متقابل شدت بارش و تیمار ویناس بر تلفات خاک مانند حجم رواناب دیده می‌شود (شکل ۴) و تلفات خاک نیز با شدت باران روند مستقیمی دارد. تلفات خاک در شدت باران ۹۰ میلی‌متر بر ساعت در V2، کمتر از شاهد است اما در تیمار ویناس اول در همین شدت، میزان تلفات خاک بیشتر از شاهد است.



شکل ۳- میزان رواناب در شیب ثابت ۱۲ درصد تحت تاثیر اثرات متقابل (A)، ناشی از شدت باران (B) و ویناس (C)

تیمارهای با حروف مشترک، بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

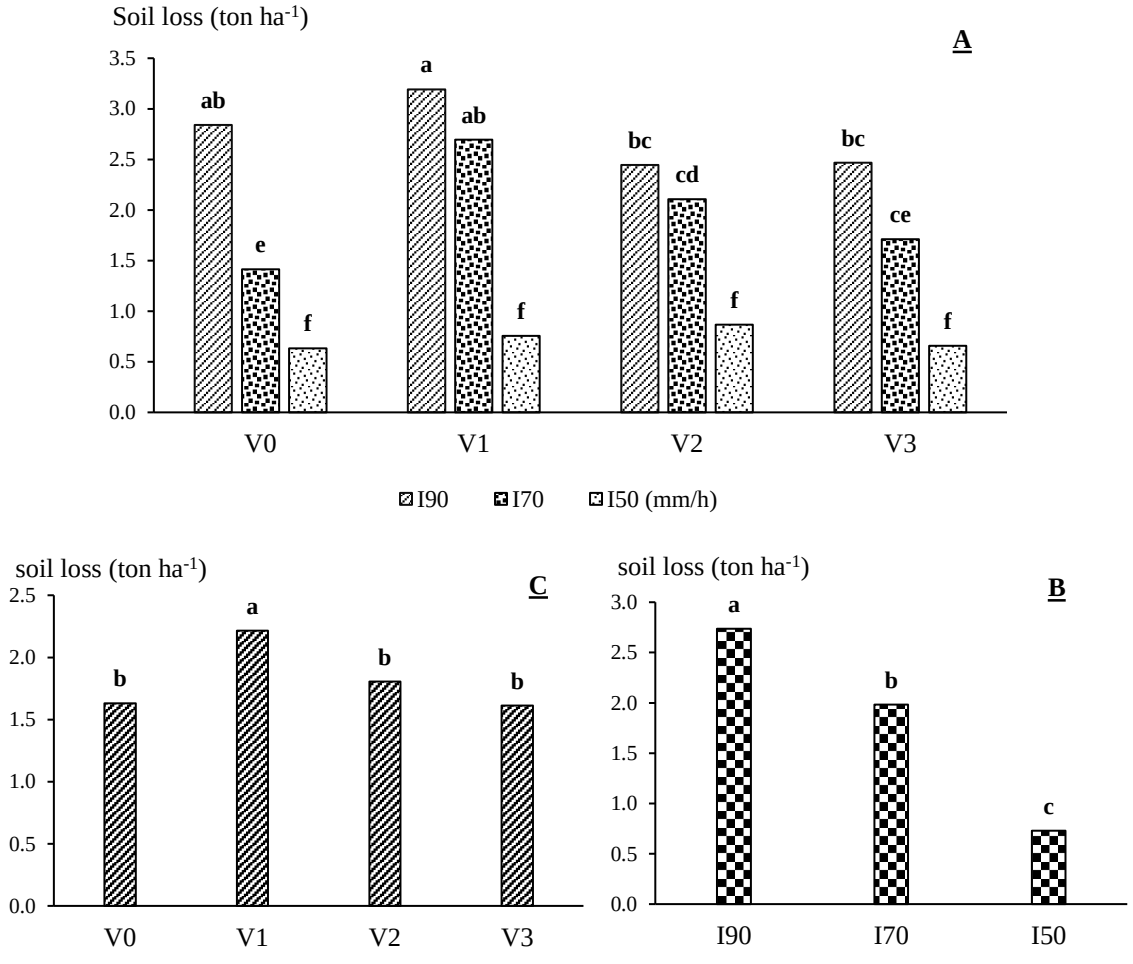
Figure 3. Run off volume at a constant slope of 12 % under the influence of interaction effects (A) caused by the intensity of rain (B) and Vinasse (C). Treatments with common letter were not significantly different from each other based on Duncan's multi-domain test at the 5% probability level.



ادامه شکل ۳- میزان رواناب در شیب ثابت ۱۲ درصد تحت تاثیر اثرات متقابل (A)، ناشی از شدت باران (B) و وینا‌س (C).

تیمارهای با حروف مشترک، بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Figure 3. Run off volume at a constant slope of 12 % under the influence of interaction effects (A) caused by the intensity of rain (B) and Vinasse (C). Treatments with common letter were not significantly different from each other based on Duncan's multi-domain test at the 5% probability level.



شکل ۴- میزان تلفات خاک در شیب ثابت ۱۲ درصد تحت تاثیر اثرات متقابل (A)، ناشی از شدت باران (B) و وینا‌س (C).

تیمارهای با حروف مشترک، بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Figure 4. Soil loss rate at a constant slope of 12 % under the influence of interaction effects (A) caused by the intensity of rain (B) and Vinasse (C). Treatments with common letter were not significantly different from each other based on Duncan's multi-domain test at the 5% probability level.

همچنین، اثر اصلی شدت باران و غلظت ویناس نشان می‌دهد که بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف میانگین‌های تلفات خاک در سه شدت باران معنی‌دار است و کمترین تلفات مربوط به شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت است. مقایسه میانگین اثر ویناس بر تلفات خاک نیز نشان می‌دهد، سطوح V2، V3 و شاهد نسبت به سطح یک ویناس (V1)، مقدار تلفات خاک کمتری به‌ترتیب ۱۸، ۲۷ و ۲۶ درصد دارند. سطوح V2، V3 و شاهد، در سطح احتمال پنج درصد در مقدار تلفات خاک با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند اما نسبت به سطح یک ویناس (V1) دارای اختلاف معنی‌دار هستند. تجزیه واریانس حجم رواناب و تلفات خاک به‌دست آمده در شدت باران ثابت ۷۰ میلی‌متر بر ساعت با تیمارهای مختلف ویناس و شیب نشان داد که اثرات شیب، ویناس و اثر متقابل بین آنها در سطح کمتر از یک درصد معنی‌دار شده است (جدول ۲).

جدول ۲ - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر ویناس و شیب بر حجم رواناب و تلفات خاک

Table 4. Analysis of variance (mean squares) of the effect of Venus and slope on runoff volume and soil loss

	Source	df	Mean Square	Significant
Runoff	Intercept	1	106162112.25	**.000
	slope	2	1167826.58	**.000
	vinas	3	1922203.81	**.000
	slope * vinas	6	122579.25	**.000
	Error	24	14406.36	
	Total	36		
	Source	df	Mean Square	Significant
Soil Loss	Intercept	1	101.87	**.000
	slope	2	1.98	**.000
	vinas	3	6.82	**.000
	slope * vinas	6	0.90	**.000
	Error	24	0.02	
	Total	36		

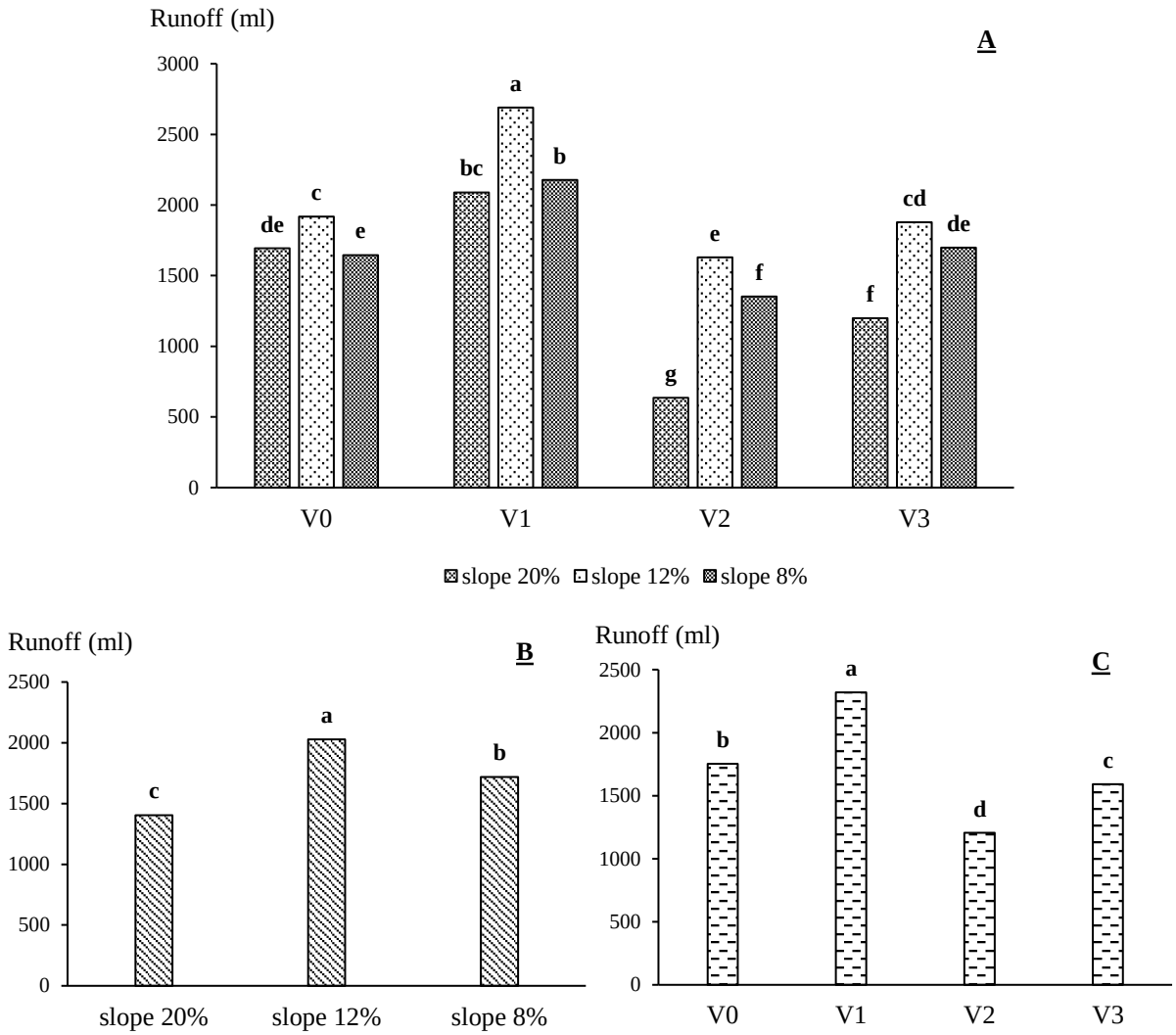
** و *: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

* and **: Significant at 1 and 5 % probability level

متوسط شاخص‌های مد نظر تحقیق شامل حجم رواناب و تلفات خاک در آزمایش، با اعمال تیمارهای ویناس در شیب‌های هشت، ۱۲ و ۲۰ درصد، با شدت بارش ثابت ۷۰ میلی‌متر بر ساعت در شکل‌های ۵ و ۶ نمایش داده شده است. در شیب هشت درصد، حجم رواناب و تلفات خاک ارتباطی با مقدار ویناس به‌کار گرفته‌شده ندارند. ولی تیمار حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر ویناس (V2)، کمترین مقدار رواناب و تلفات خاک را داشته است. تغییرات رواناب و تلفات خاک در شدت ثابت ۷۰ میلی‌متر بر ساعت و شیب ۱۲ درصد از روند مشخصی با مقدار تیمار ویناس پیروی نمی‌کند، ولی تیمار V2، کمترین مقدار رواناب را داشته است. مقدار تلفات خاک با افزایش غلظت ویناس رابطه عکس و نزولی داشته است هر چند، تلفات خاک همه تیمارها بیشتر از مقدار شاهد (تیمار فاقد ویناس) بوده است.

تغییر شیب به ۲۰ درصد در شدت باران ثابت ۷۰ میلی‌متر بر ساعت نیز به بهبود نتایج کمک نکرد، هر چند ظاهر امر نشان می‌دهد که اثر تیمار دوم ویناس V2 (۲۵۰ میلی لیتر محلول حاوی ۱۰۰ میلی لیتر ویناس) دارای عملکرد مناسبتری در کاهش حجم رواناب و تلفات خاک است.

نتایج اثر شیب بر حجم رواناب نشان می‌دهد که در تیمار با شیب ۱۲ درصد، باعث تولید رواناب بیشتر بوده و تیمار ویناس فاقد روند مشخص است. هر چند تیمار V2 حجم رواناب کمتری نسبت به شاهد و تیمارهای V1 و V3 به‌ترتیب به میزان ۳۱، ۴۸ و ۲۴ درصد تولید کرده است و اثر ویناس بر کاهش مؤلفه رواناب را نشان می‌دهد. تحقیقات ریبیرو و همکاران (Ribeiro *et al.*, 2013) مشخص کرد که وجود ویناس چسبندگی بین خاک را افزایش داده و سبب بهبود خاکدانه ها، کاهش رواناب و کاهش هدرفت خاک می‌شود. همچنین، شکل‌های ۵ و ۶ نشان می‌دهند که بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف میانگین‌های حجم رواناب در سه شیب و سه تیمار ویناس معنی‌دار است.

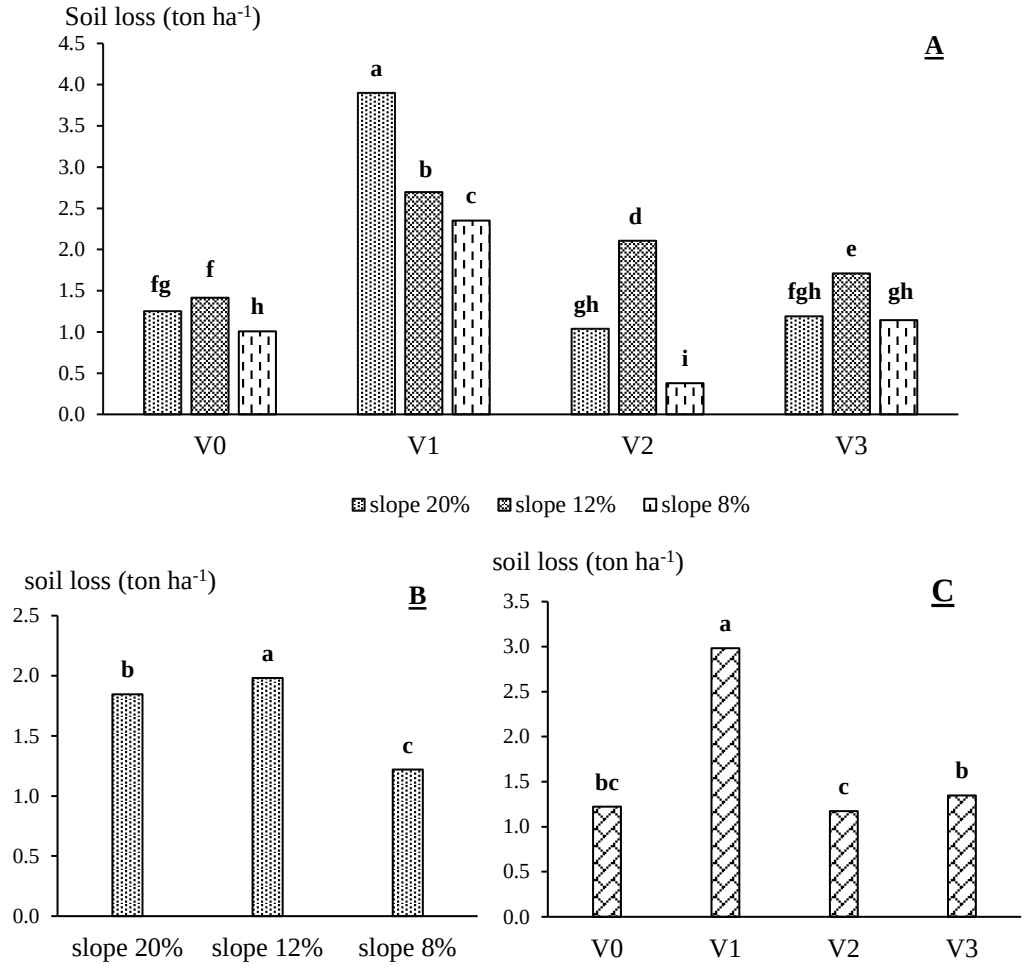


شکل ۵- میزان رواناب در شدت ثابت ۷۰ میلی‌متر بر ساعت تحت تاثیر اثرات متقابل (A)، شیب (B) و وینا‌س (C)
تیمارهای با حروف مشترک، بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Figure 5. Runoff volume at a constant intensity of 70 mm/h under the influence of interaction effects (A) caused by the slope (B) and Vinasse (C). Treatments with common letter were not significantly different from each other based on Duncan's multi-domain test at the 5% probability level.

تلفات خاک نیز در بررسی اثر اصلی شیب در شدت باران ثابت ۷۰ میلی‌متر بر ساعت، با شیب روند مسقیمی داشت و شیب هشت درصد، کمترین مقدار به خود اختصاص داد که نسبت به شیب ۱۲ و ۲۰ درصد، مقدار تلفات خاک به‌ترتیب ۴۰ و ۳۳ درصد کاهش یافته است. تأثیر اثر مستقیم وینا‌س نیز نشان می‌دهد، فقط تیمار V2 (۲۵۰ میلی‌لیتر محلول حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر وینا‌س) مقدار تلفات کمتری نسبت به شاهد داشته (شکل ۶) و بهترین اثرگذاری را روی کاهش تلفات خاک داشته است. همچنین، نتایج نشان می‌دهد که بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف میانگین‌های تلفات خاک در اثرهای اصلی سه شیب و سه تیمار وینا‌س معنی‌دار است. بر اساس نتایج تحقیق جولیائو و همکاران (Julião *et al.*, 2011)، ریبیرو و همکاران (Ribeiro *et al.*, 2012) و ریبیرو و همکاران (Ribeiro *et al.*, 2013)، انتظار می‌رفت که رابطه بین حجم رواناب و تلفات خاک با سطح وینا‌س کاربردی در مقایسه با شاهد، یک رابطه مسقیم باشد؛ ولی همانطور که نتایج نشان داد، به‌کارگیری مقدار متوسطی از وینا‌س (V2) اثر بهتری از تیمار حاوی مقادیر بیشتر و کمتر از آن داشته و عموماً نسبت به شاهد (V0)، مقدار تلفات خاک و رواناب بیشتر بوده است. شریفی‌مقدم و همکاران (Sharifi

Moghaddam *et al.*, 2015) برای تأثیر ویناس روی مؤلفه‌های رواناب و رسوب، استفاده بیشتر از هشت لیتر بر مترمربع ویناس برای افزایش ماندگاری آن قبل از وقوع بارش را توصیه نموده‌اند. نتایج آزمون صادقی و همکاران (Sadeghi *et al.*, 2015) تأثیر معنی‌دار کاربرد افزودنی ویناس برای مهار تلفات خاک را نشان داد و این در حالی است که اثر کاهنده‌ی کاربرد تیمار ویناس بر رواناب غیرمعنی‌دار بود. حیدری و همکاران (Heidary *et al.*, 2021) نیز تایید کردند که اثر افزایش ماده آلی ناشی از افزودنی ها باعث کاهش تلفات خاک و رواناب می‌شود.



شکل ۶- میزان تلفات خاک در شدت ثابت ۷۰ میلی‌متر بر ساعت تحت تاثیر اثرات متقابل (A)، شیب (B) و ویناس (C) تیمارهای با حروف مشترک، بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Figure 6. Soil loss at a constant intensity of 70 mm/h under the influence of interaction effects (A) caused by the slope (B) and Vinasse (C). Treatments with common letter were not significantly different from each other based on Duncan's multi-domain test at the 5% probability level.

نتیجه‌گیری کلی

هر چند، در پیشینه تحقیقات بر روی ویناس نتایج معتبری به‌دست نیامده است اما در این تحقیق، تلاش شد تا با خنثی‌سازی اسیدیته ویناس، اثرات تخریبی آن کاسته شود. به‌نظر می‌رسد تعیین مقدار خاصی از کاربرد ویناس به مشخصات ذاتی خاک و شدت و تواتر باران بستگی دارد. قابل‌توجه اینکه مقدار تأثیر ویناس، تابع متغیرهای مختلف، اعم از مقدار ویناس به‌کار رفته، زمان انکوباسیون، میزان باران و مشخصات ذاتی خاک است که یک معادله چند متغیره پیچیده‌ای را در شرایط محیط خاک ایجاد می‌نماید و برای فهم دقیق‌تر روابط بین مؤلفه‌ها، لازم است اثرات چندمتغیره در تحقیقات آینده موردتوجه و بررسی قرار گیرد. همانطور که نتایج نشان داد، به‌کارگیری مقدار متوسطی از ویناس (محلول حاوی ۱۰۰میلی‌لیتر ویناس) اثر بهتری از تیمار حاوی مقادیر بیشتر و کمتر از آن داشته و عموماً نسبت به شاهد (تیمار آب بدون

ویناس) مقدار تلفات خاک و رواناب بیشتر بوده است. به‌نظر می‌رسد، فرصت کافی نداشتن برای فعال شدن گروه‌های عاملی ویناس و عدم افزایش فعالیت زیستی که سبب افزایش ترشح پلی ساکاریدها، موسیلاژ و تولید هیف‌های بیشتر می‌شود که در افزایش خاکدانه‌سازی و مقاومت خاک در برابر فرسایش موثر هستند، سبب شده تا اثرگذاری ویناس کم و تا حدودی متفاوت باشد. به طور کلی، عکس العمل خاک در فرایندهای فرسایشی بسیار پیچیده و تحت‌تأثیر شدت باران و همچنین، ویژگی‌های خاک (ساختمان آن) است که این موضوع در خاک‌های مناطق نیمه‌خشک دارای اهمیت است. ساختمان خاک‌های این مناطق به‌دلیل پایین بودن عوامل پیونددهنده ذرات (مانند ماده آلی)، پایداری اندکی در برابر ضربه قطرات باران دارند، که انتظار می‌رود افزیش اصلاح‌کنندهای آلی تأثیر مثبتی در افزایش پایداری داشته باشد. بنابراین، و با توجه به نتایج پیشنهاد می‌شود که تحقیق مشابهی بر دیگر خاک‌های دیم انجام و مقدار بهینه مصرف ویناس برای آن‌ها تعیین شود. همچنین، برای تعیین بهترین زمان اثرگذاری تیمار ویناس، تحقیقی با لحاظ زمان‌های متفاوت، به‌طور مثال ۳ و ۷ و ۱۰ روز پس از پاشش ویناس انجام شود تا با لحاظ نمودن پیش‌بینی اولین بارش‌های پاییزه، افزایش تیمار در زمان مناسب و بالاترین تاثیرگذاری ویناس انجام شود.

پیشنهاد می‌شود پس از انجام آزمایش‌ها در سطح کرت، برای به‌دست آوردن کارایی و دقت بیشتر، ابتدا در سطح پایلوت و به‌صورت کرت در دامنه دیمکاری شده با خاک‌های مختلف تکرار شود تا بتوان توصیه ترویجی لازم در این زمینه را تدوین نمود.

References

Armengol J.E., Lorenzo R. and Fernández N. 2003. Use of vinasse dilutions in water as an alternative for improving chemical properties of sugar cane-planted vertisols. *Cultivos tropicales,* 24(3): 73-76.

Bayat R. 2015. Revision, completion and publishing of erosion and flood atlas for river basins of Iran. (Atrak basin). Final research report, *SCWMRI*. 157p. (In Persian)

Blake G.R. and Hartge K.H. 1986. Bulk Density. *In*: Klute A, (Ed.) Methods Of Soil Analysis. Part 1. Physical And Mineralogical Methods, 2nd Ed. Agronomy Monograph No. 9. American Society Of Agronomy And Soil Science Society Of America. Madison, WI. pp. 363-382

Chi L., Huerta E., Álvarez-Solís D., Kú-Quej V. and Mendoza-Vega J. 2020. Abundance and diversity of soil macroinvertebrates in sugarcane (Saccharum spp.) plantations under organic and chemical fertilization in Belize, 36: 1-19.

Gee G.W. and Bauder J.W. 1986. Particle size analysis hydrometer methods. *In*: Sparks DL. Et Al. (Eds). Method Of Soil Analysis. Part 1. American Society Of Agronomy And Soil Science Society Of America. Madison. WI. USA. pp. 383-411.

Ghavimi Panah M.H., Sadeghi S.H.R. and Younesi H. 2017. Role of superficial biochar mulch produced from dairy factory waste on infiltration and runoff in small experimental plots. *Iranian Journal of Soil and Water Research,* 48(4): 905-916. (In Persian)

Heidary J., Vaezi A. and Delavar M.R. 2021. Quantifying the effects of physicochemical soil properties on runoff and soil loss in rainfed wheat cultivation strips. *Applied Soil Research*, 9(3): 19-30. (In Persian)

Jiang Z., Li Y., Wei G., Liao Q., Su T., Meng Y., Zhang H. and Lu C. 2012. Effect of long-term vinasse application on physico-chemical properties of sugarcane field soils. *Sugar Tech,* 14: 412–417.

Julião L.G.F., Lima J.M.d., Dias Júnior, M.d.S., Oliveira G.C.d., Ribeiro B.T. and Magalhães C.A.D. S. 2011. Mechanical attributes and splash erosion in red-yellow latosol samples under vinasse effect. *Science and Agrotechnology*, 35(1): 19-27.

Kalehoei M., Kavian A., Gholami L. and Jafarian Z. 2019. Affectability of time to runoff and runoff coefficient in small laboratory plots to application of organic mulch. *Iran-Watershed Management Science & Engineering*, 13(47): 9-17. (In Persian)

Moran-Salazar R.G., Sanchez-Lizarraga A.L., Rodriguez-Campos J., Davila-Vazquez G., Marino-Marmolejo E.N., Dendooven L. and Contreras-Ramos S.M. 2016. Utilization of vinasse as soil amendment: consequences and perspectives. *SpringerPlus*, 5(1): 1007.

Morgan R.P.C. 2005. Soil Erosion and Conservation. Third edition. *Blackwell Publishing*.

Nelson D.W. and Sommers L.E. 1996. Total organic carbon and organic matter. *In*: Sparks DL. et al. (Eds). Method of Soil Analysis. Part 3. 3rd Ed. Chemical and Microbiological Properties.

American Society of Agronomy and Soil Science Society of America Madison WI. USA. pp. 961-1010.

Nelson R.E. 1982. Carbonate and gypsum. p. 181-197. *In*: Miller RH, Keeney DR. (Eds.) Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Pproperties. (2nd Ed). Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

Paye A.L. and Kenne H.R. 1986. Methods of soil analysis. Part2. Chemical and Mineralogical Properties, ASA and SSSA, USA.

Prado R., Caione G. and Campos C. 2013. Filter cake and vinasse as fertilizers contributing to conservation agriculture. *Applied and Environmental Soil Science*, 2013.

Rezapour S., Barin M., Asadzadeh F. and Nouri A. 2021. Assessment of the impact of organic and chemical amendments on some chemical indicators of saline-sodic soils. *Applied Soil* Research, 9(3): 31-42.

Ribeiro B.T., Lima J.M., Curi N. and Oliveira G.C. 2012. Electrochemical attributes of soils influenced by sugarcane vinasse. *Bioscience Journal*, 28(1): 25-32.

Ribeiro B.T., Lima J.M., Curi N. and Oliveira G.C.d. 2013. Aggregate breakdown and dispersion of soil samples amended with sugarcane vinasse. *Scientia Agricola*, 70(6): 435-441.

Sadeghi S.H.R., Sharifi Moghadam E., Khaledi Darvishan A. and Hazbavi Z. 2014. A review on the application of sugar-cane organic residue in soil and water resources management. *Extension and Development of Watershed Management*, 2(6): 9-12. (In Persian)

Sadeghi S.H.R., Hashemi Ariyan Z. and Karimi Z. 2015. Runoff generation and soil loss control using combined application of vermicompost and vinasse. *Water Reuse*, 2(1): 81-91. (In Persian)

Sanchez-Lizarraga A.L., Arenas-Montaño V., Marino-Marmolejo E.N., Dendooven L., Velazquez-Fernandez J.B., Davila-Vazquez G. and Contreras-Ramos S.M. 2018. Vinasse irrigation: effects on soil fertility and arbuscular mycorrhizal fungi population. *Journal of Soils and Sediments*, 18(11): 3256-3270.

Sharifi Moghaddam E., Sadeghi S.H.R. and Khaledi Darvishan A. 2015. small plot soil hydrologic components as affected by application of vinasse organic residue. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 45(4): 499-508. (In Persian)

Tejada M. and Gonzalez J.L. 2006. Effect of two beet vinasse forms on soil physical properties and soil loss. *Catena*, 68: 41-50.

Vinasse Conditioner Effect Evaluation on Soil Loss and Runoff Component

Reza Bayat[1]*, Zahra Gerami [2], Rahim Kazemi[3], Mahmood Arabkhedri [4], Parviz Pashutani [5]

(Received: March 2022 Accepted: December 2022)

Abstract

Drylands have always been an important source of soil loss and sediment yield, so that suitable conditioner application can reduce soil erosion. This study conducted to determine the suitable rate of vinasse treatment in reducing runoff and soil loss on the loess soil of drylands in Kalaleh city, east of Golestan Province and in plots with 10 x 30 x 30 cm dimensions were done. This experiment had four treatments of vinas (0, 50, 100, and 150 ml) once at an average intensity of 70 mm per hour on three different slopes (20, 12, and 8 %) and once at three rainfall intensities (50, 70, and 90 mm/h) on a medium slope (12%) each with three repetitions for 30 minutes. Vinasse treatments were also sprayed evenly on the soil surface and given about 24 hours to balance with soil particles. Runoff was collected and volumetric measurement was done after precipitation. The remaining samples were dried. The soil losses was determined. The ANOVA results showed that differences between slope, rainfall and vinasse treatments and their effect were significant. However the treatments containing 50, and 150 ml vinasse had higher performance than the control in the component of runoff volume and soil loss. Of course, 100 ml vinasse treatment caused to reduce runoff volume and soil losses components. The effect of slope, unlike the intensity of precipitation, does not follow a specific trend, but the intensity of precipitation has a direct effect on the component of runoff volume and soil losses. In this experiment condition, the application of 100 ml vinasse could be effective in runoff volume and soil loss reduction.

Keywords: Soil conditioner, Soil loess, Dryland, Rainfall simulator, Vinasse

Baya R., Gerami Z., Kazemi R., Arabkhedri M. and Pashutani P. 2023. Vinasse conditioner effect evaluation on soil loss and runoff component. *Applied Soil Research*, 11(3): 47-59.

1.Assistant Profesor., Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, AREEO, Iran
2.Researcher, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, AREEO, Iran
3.Assistant Profsor., Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, AREEO, Iran
4.Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, AREEO, Iran
5.Co-Researcher, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, AREEO, Iran
* Corresponding Author Email: bayat52@gmail.com