

مهار رواناب و هدررفت خاک با استفاده از کاربرد ترکیبی ورمی کمپوست و ویناس

سیدحمیدرضا صادقی*، زهرا هاشمی آریان، زینب کریمی

نور، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی، گروه مهندسی آبخیزداری

(تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۲۱ - تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۳/۲۶)

چکیده

استفاده از مواد افزودنی در سطح خاک برای مهار و جلوگیری از ضرورت بازیافت آب و خاک ضروری است؛ بنابراین، با توجه به اهمیت کاربرد روش‌های دوستدار محیط زیست، پژوهش حاضر با هدف تعیین تأثیر ترکیب ورمی کمپوست (۲۴ گرم) با ویناس نیشکر (۲۲ سی سی) بر مهار رواناب و هدررفت خاک بود که در شرایط آزمایشگاهی، در سطح پلات در خاک‌های حساس به فرسایش جنوب غربی استان مازندران و در مقایسه با شرایط شاهد و نیز کاربرد ورمی کمپوست به تنهایی انجام گرفت. در این پژوهش، از قاب‌هایی کوچک به ابعاد $0/5 \times 0/5$ متر و ارتفاع $0/3$ متر، با شیب ۳۰ درصد در سه تیمار و سه تکرار در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی استفاده شد. برای انجام دادن پژوهش حاضر، بعد از گذشت ۴۸ ساعت از زمان اشباع تا اعمال تیمارها، بارش با شدت ۸۰ میلی‌متر بر ساعت با دوام هشت دقیقه با شبیه‌ساز باران روی کرت‌ها شبیه‌سازی شد و نمونه‌برداری‌های مربوط به رواناب و رسوب انجام گرفت. نتایج آزمون آماری، تأثیر معنی‌دار ($p=0/009$) کاربرد افزودنی ترکیبی ورمی کمپوست و ویناس برای مهار هدررفت خاک را تأیید کرد. حال آنکه اثر کاهنده کاربرد تیمار مزبور بر تولید رواناب و کاهش ضرورت بازیافت آب غیر معنی‌دار ($p=0/295$) ارزیابی شد.

واژه‌های کلیدی: افزودنی‌های خاک، بازچرخانی آب، تولید رسوب، خاک فرسایش‌پذیر، شبیه‌ساز باران، مدیریت آب.

۱. مقدمه و هدف

خاک به‌عنوان مرکز توجه در مدیریت کشاورزی و یکی از باارزش‌ترین ثروت‌های ملی هر کشور است که پدیده فرسایش^۱ به هدررفت آن منجر می‌شود. در زمینه مهار فرسایش خاک، روش‌های بسیار متنوعی معرفی شد، اما استفاده از روش‌هایی که بتواند مانع جداشدن ذرات خاک در مراحل اولیه فرسایش شود از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۱]. کودهای شیمیایی از عوامل اصلی حفظ حاصلخیزی خاک به‌شمار می‌روند، ولی کاربرد زیاد آن‌ها به‌همراه عملیات مدیریتی نامناسب از جمله سوزاندن کاه و کلش، مقدار ماده آلی خاک را به‌شدت کاهش می‌دهد و این

موضوع بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک تأثیر می‌گذارد و خطر فرسایش‌پذیری خاک‌ها را افزایش می‌دهد [۲]. همچنین، استفاده از پسماندها و مدیریت آن‌ها یکی از مسائل مطرح در سطح جهان و ایران است به‌نحوی که کمترین آسیب را به محیط زیست برساند. ویناس^۲ از جمله پسماندهای کشت و صنعت نیشکر است که به لحاظ اقتصادی نیز قابلیت کاربرد را در سطح گسترده دارد. ویناس ماده‌ای آلی است که بیش از ۹۰ درصد آن را آب تشکیل می‌دهد و به‌عنوان پسماند و ماده‌ای زائد پس از تبدیل ملاس به الکل و سایر مشتقات آن از کارخانه خارج می‌شود [۳]. به‌طور متوسط برای تولید هر لیتر الکل ۱۲ لیتر ویناس تولید

می‌شود. ویناس ماده‌ای با رنگ قهوه‌ای تیره و بوی شکر سوخته است که غنی از پتاسیم، کلسیم، منیزیم و مقادیری نیتروژن و فسفر است [۴]. همچنین، حجم عظیمی از ضایعات آلی در مراکز دامپروری تولید می‌شوند که با بهره‌گیری مفید از این ضایعات آلی می‌توان امکان بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی و حفظ حاصلخیزی خاک را فراهم کرد [۵، ۶]. همچنین، مواد آلی مربوط به فرایندهای صنعتی می‌تواند منبع شایان توجهی برای تأمین مواد آلی خاک کشاورزی باشد. امروزه از کرم‌های خاکی برای تبدیل این ضایعات استفاده می‌کنند. کرم‌های خاکی ضمن مصرف مواد آلی، بخش وسیعی از این مواد را به شکل ماده آلی سیاه‌رنگ^۱ دفع می‌کنند که به کمپوست حاصل از فعالیت‌های کرم خاکی ورمی کمپوست^۲ می‌گویند [۷]. برای انجام دادن این فعالیت از انواع کرم‌های خاکی استفاده می‌کنند که کرم *Eisenia foetida* به علت توانایی بالا در تبدیل پسماندها به کود، بیشترین کاربرد را دارد. تغییرات شیمیایی و فیزیکی و تغییر میکروفلورای مواد دفعی ورمی کمپوست از ویژگی‌های منحصربه‌فرد رشد گیاه به حساب می‌آید و نسبت به سایر کودهای آلی و کمپوست‌ها بهتر عمل می‌کند [۸]. افزایش فرایند معدنی شدن به دلیل نقش‌های تحریک‌کننده کرم‌های خاکی در فرایندهای تجزیه و تبدیل مواد است و در نهایت ورمی کمپوست به دست آمده ترکیبی پایدار و یکنواخت است و آلودگی‌های کمتری نسبت به مواد اولیه دارد. همچنین، ورود مواد آلی به خاک با افزایش مقدار و قابلیت جذب عناصر غذایی توسط گیاه، سبب افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود [۹]. ورمی کمپوست دارای ویژگی‌های بسیاری مانند تخلخل زیاد، تهویه و زهکشی مناسب، قدرت جذب و نگهداری زیاد رطوبت، سطح جذب زیاد برای آب و مواد غذایی است و استفاده از آن در کشاورزی پایدار برای بهبود وضعیت تخلخل خاک و در نتیجه فراهم کردن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، بسیار مفید است. در واقع، برتری ورمی کمپوست نسبت به سایر کودهای آلی این است که به خوبی تغییر ساختار می‌یابد و تعداد ریز موجودات بیماری‌زای گیاهی در آن به شدت کاهش می‌یابد [۱۰].

تاکنون مطالعات زیادی، استفاده از افزودنی‌ها با اهداف مختلف در بخش کشاورزی را بررسی کرده‌اند. از آن جمله می‌توان به ارزیابی آثار کاربرد ورمی کمپوست بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک [۸، ۱۱-۱۳] و به ویژه استفاده از ورمی کمپوست در بخش کشاورزی در سطح کشور [۱۴، ۱۵] اشاره کرد. همچنین، در پژوهش‌هایی به بررسی استفاده از

پلی‌آکریل‌آمید به‌عنوان افزودنی غالب در کاهش رواناب و رسوب [۱۶-۲۷] و کاهش هدررفت مواد غذایی [۱۶، ۱۸، ۲۸] پرداخته شد. در سال‌های اخیر، استفاده از انواع مختلف پسماند، به ویژه پسماندهای دارای مواد آلی فراوان مانند کمپوست و ضایعات شهری [۲۹]، کمپوست پنبه، ویناس چغندر و پنبه [۳۰] و ورمی کمپوست [۳۱] نیز مؤید بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک بود. همچنین، اثر مثبت استفاده از کودهای آلی بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک در گزارش‌های اینتری و همکاران [۳۲]، گیوسکانی و همکاران [۳۳]، مارتین و همکاران [۳۴]، پاسکال و همکاران [۳۵] اثبات شد. به علاوه، آثار مختلف استفاده از مواد افزودنی برای کاهش میزان هدررفت خاک و رواناب از کمپوست میوه، سبزیجات و زباله شهری [۳۶]، مالچ و کمپوست [۳۷]، محصولات فرعی کشاورزی در جنوب غربی ایران [۳۸]، کمپوست مواد زائد شهری در جنوب شرقی فرانسه [۳۹]، لجن فاضلاب در جنوب شرقی اسپانیا [۴۰]، مالچ کاه و کلش در شرایط آزمایشگاهی [۴۱]، کمپوست مواد زائد شهری در مناطق نیمه خشک پاتاگونیا [۴۲]، لجن فاضلاب در شمال شرق اسپانیا [۴۳]، پسماندهای آلی شهری در مناطق نیمه خشک اسپانیا [۲۹]، کمپوست و ویناس در Seville [۴۴]، پلی‌آکریل‌آمید، پومیس و کمپوست زباله شهری در ایران [۴۵] گزارش شد.

در همین راستا، تجدا و همکاران [۴۶] از ویناس چغندر قند و پسماند پنبه به منظور بررسی اثر آن بر ویژگی‌های فیزیکی و هدررفت خاک طی فرسایش آبی در یک خاک لومرسی در نزدیک Seville در اسپانیا استفاده کردند. آن‌ها نداشتن تأثیر مثبت ویناس را بر همه ویژگی‌های فیزیکی و هدررفت خاک گزارش کردند، ولی مطالعات معدودی تأثیر ترکیب ورمی کمپوست و ویناس را بر خصوصیات خاک بررسی کردند. کارتنی و مولن [۴۷] تأثیر دو نوع از کمپوست (قارچ و لجن فاضلاب) را در میزان رشد جو بررسی و بهبود رشد را برای کمپوست قارچ گزارش کردند. همچنین، تجدا و همکاران [۴۸]، تجدا و گونزالز [۸، ۳۰] تأثیر ترکیب ورمی کمپوست و ویناس را بر خصوصیات خاک در Seville بررسی کردند. نتایج آن‌ها کاهش میزان هدررفت خاک را برای خاک دارای ترکیب ورمی کمپوست و ویناس نسبت به تیمارهای فقط ویناس و ورمی کمپوست نشان داد.

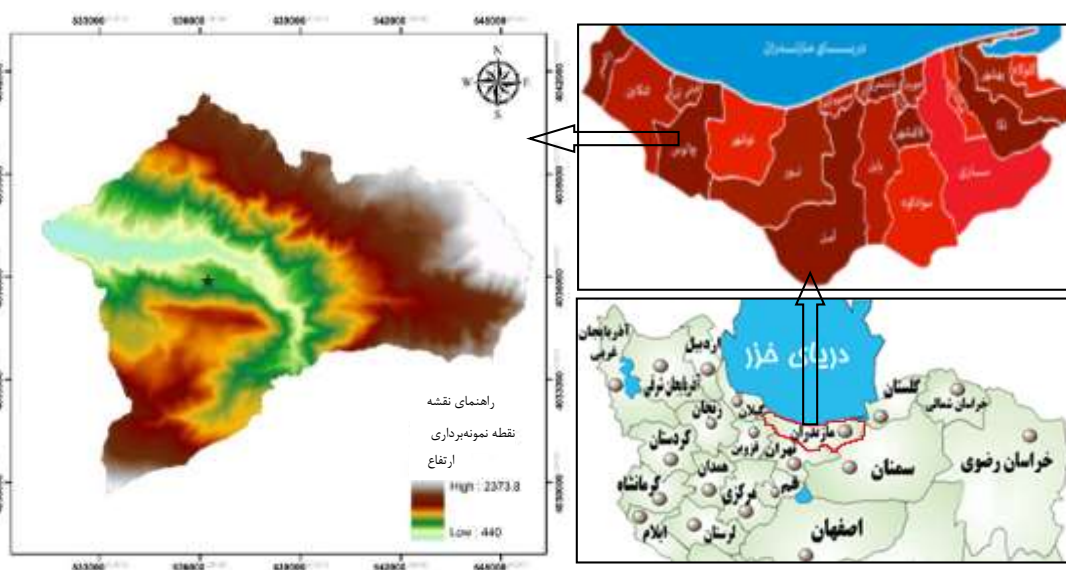
با توجه به پیشینه پژوهش‌های مطالعه شده، می‌توان به این نتیجه رسید که از انواع افزودنی‌ها در سطح وسیع با اهداف مختلف

وجود تشکیلات حساس به فرسایش و نیز امکان دسترسی تهیه و آماده‌سازی شد. ارتفاع محل نمونه‌برداری از سطح دریا ۱۹۵۰ متر و در مختصات طول "۳۰' ۲۴' ۵۱" شرقی و عرض "۴۶' ۲۸' ۳۸" شمالی واقع شد. نمایی از موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی در شکل ۱ ارائه می‌شود. همچنین، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و مواد افزودنی مطالعه‌شده با استفاده از روش‌های استاندارد در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه تربیت مدرس تعیین و نتایج آن در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه می‌شود.

استفاده شد، ولی کاربرد ورمی‌کمپوست و ویناس به‌صورت مجزا بیشتر در بخش کشاورزی و اثر آن‌ها در تولید محصول مطالعه شد و کمتر به بحث فرسایش خاک در بخش منابع طبیعی در ابعاد کرت و شبیه‌سازی در آزمایشگاه با باران‌ساز پرداخته شد؛ بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر ترکیبی ورمی‌کمپوست و ویناس بر هدررفت خاک در خاک‌های حساس به فرسایش جنوب غربی استان مازندران برنامه‌ریزی شد.

۲. مواد و روش‌ها

خاک مورد نیاز از حواشی جاده مرزن‌آباد- کندلوس به‌دلیل



شکل ۱. موقعیت عمومی منطقه مطالعه‌شده و محل نمونه‌برداری خاک آزمایش

در هوای آزاد آزمایشگاه خشک و پس از عبور از الک ۴ میلی‌متری داخل پلات‌هایی با ابعاد ۰/۵ متر طول، ۰/۵ متر عرض و ۰/۳ متر ارتفاع و مستقر روی چهارپایه‌های فلزی با شیب ۳۰ درصد تعبیه شد [۲۳]. نمای کلی شرایط آزمایشگاهی و کرت‌های استفاده‌شده در شکل ۲ نشان داده می‌شود.

۱.۲. آماده‌سازی کرت‌های فرسایشی

پس از شناسایی منطقه، خاک نمونه‌برداری‌شده از عمق ۱۰ سانتی‌متری برای شبیه‌سازی باران به محل آزمایشگاه شبیه‌ساز باران و فرسایش خاک دانشگاه تربیت مدرس منتقل شد. برای انجام‌دادن پژوهش از روش کار کاکال و سرکار [۴۹] و مشابه با پژوهش‌های پیشین [۲۶، ۲۵] استفاده شد و خاک مورد نظر

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده‌شده در پژوهش

وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	درصد کربن آلی	pH	هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی‌متر)	ساختمان خاک دانه‌ای	درصد ذرات خاک			بافت خاک لومی رسی
					ماسه	لای	رس	
۱/۷	۰/۹۵	۸/۴۵	۲۱۷/۹		۴۰	۴۴	۱۶	

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ورمی کمپوست استفاده شده در پژوهش

بافت	هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی متر)	pH	درصد کربن آلی	درصد ماده آلی	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)
لومی شنی	۱۴/۲۶	۷/۶۴	۲/۶۴	۴/۵۴	۱/۳۶

جدول ۳. خصوصیات شیمیایی ویناس استفاده شده در پژوهش

متغیر اندازه گیری	میزان	متغیر اندازه گیری	میزان (درصد)	متغیر اندازه گیری	میزان (درصد)
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۳۹/۱	ماده آلی	۲/۷	Na	۲۶/۵
اسیدیته	۴/۳۸	رطوبت	۸۸	Ca	۲۰/۴
اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (میلی گرم بر لیتر)	۱۵۰۰۰	N	۱۷	Mg	۲۴
اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی (میلی گرم بر لیتر)	۱۹۰۰۰	P	۷	Mn	۰/۰۴

۸۰ میلی متر در ساعت و تداوم هشت دقیقه (با توجه به منحنی های شدت، مدت و فراوانی منطقه) قرار داده شد [۵۱]. به منظور تعیین هدررفت خاک از سطح کرت های مطالعاتی پس از استفاده از افزودنی ها در مدت هشت دقیقه بارش، به برداشت رسوب خروجی در فاصله زمانی مشخص اقدام شد. فاصله های زمانی برداشت نمونه های رسوب از خروجی کرت ها به صورت چهار تا دو دقیقه در نظر گرفته شد. سپس تا انتهای مدت زمان بارش، نمونه ها طبق گام های زمانی ذکر شده درون ظرف های پلاستیکی جمع آوری شد. در ادامه، رسوب هر ظرف در داخل فویل ها در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد قرار داده شد و وزن رسوبات به دست آمده پس از ۲۴ ساعت با استفاده از ترازو توزین و محاسبه شد.

۲.۲. تجزیه و تحلیل آماری

به منظور تجزیه و تحلیل آماری، ابتدا بانک اطلاعاتی نمونه برداری هدررفت خاک حاصل از کرت ها در نرم افزار 2007 Excel تشکیل شد. به همین منظور، قبل از انجام دادن هرگونه آنالیز آماری، نرمال بودن داده ها با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk به دلیل کمتری بودن تعداد داده های هر گروه از تیمارها از حد ۵۰ داده [۵۲] ارزیابی شد. مقایسه های آماری با استفاده از تجزیه و تحلیل آزمون واریانس یک طرفه در نرم افزار SPSS 19 صورت گرفت و با توجه به نرمال بودن داده ها از آزمون دانکن^۲ استفاده شد.

برای شبیه سازی بهتر شرایط طبیعی، یک لایه پوکة معدنی (شکل ۲) با دانه بندی تدریجی از بادامی تا ریزدانه (ساختار فیلتری) به ضخامت ۱۷ سانتی متر در کف پلات ها تعبیه شد. سپس نمونه خاک دست خورده برای رسیدن به وزن مخصوص ظاهری ۱/۷ گرم بر سانتی متر مکعب در سه لایه ریخته شد و به صورت رفت و برگشتی ۳۰ مرتبه غلتک زده شد. همچنین، به منظور تأمین شرایط رطوبت پیشین خاک متناسب با شرایط طبیعی، پلات های آماده شده به مدت ۲۴ ساعت در داخل پلات های بزرگ تر به ابعاد ۲ متر در ۱ متر با عمق آب ۱۵ سانتی متر برای اشباع شدن قرار داده شد [۵۰]. سپس تیمارهای مختلف شامل شاهد (خاک حساس به فرسایش و بدون افزودنی)، ورمی کمپوست، ترکیب ورمی کمپوست و ویناس روی ۹ پلات آماده شده در سه تیمار [۴۸، ۲۵] اجرا شد. ورمی کمپوست به مقدار ۲۴ گرم به دلیل توجیه اقتصادی در کارهای منابع طبیعی [۴۸] روی خاک حساس به فرسایش استفاده شد. ویناس تهیه شده از شرکت تحقیقات و توسعه نیشکر خوزستان نیز به مقدار ۲۲ سی سی و با توجه به مقادیر استفاده شده در پژوهش حزباوی و همکاران [۲۵] و شریفی مقدم و همکاران [۵۰] روی کرت های فرسایش با استفاده از دستگاه پخش کننده دستی^۱ به ضخامت تقریبی ۱ میلی متر به صورت توزیع (بدون غلتک زدن) پاشیده شد. تیمارهای آماده شده بعد از ۲۴ ساعت استقرار روی چهارپایه های فلزی (شکل ۲)، تحت بارش مصنوعی با شدت



شکل ۲. نمایی از روش آماده‌سازی و کاربرد پلات‌های فرسایشی استفاده‌شده در پژوهش و مراحل اجرای آزمایش

۳. نتایج و بحث

به‌منظور بررسی اثر ورمی‌کمپوست و ویناس بر مؤلفه‌های مختلف مقدار رواناب و رسوب خروجی از سطح کرت‌های مطالعاتی در تیمارهای مختلف پژوهش حاضر، با توجه به روش کار شرح‌داده‌شده در بخش‌های قبلی، اندازه‌گیری و میانگین نتایج سه تکرار در جدول‌های ۴ و ۵ ارائه شد. مؤلفه‌های مختلف رواناب و رسوب شامل الگوی تغییرات تیمارهای مطالعاتی در فاصله‌های زمانی مختلف (تغییرات خطی) استخراج و ارزیابی شد و در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده می‌شود. درنهایت، نتایج تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در جدول ۶ ارائه می‌شود.

نتایج پژوهش‌های قبلی نشان داد (جدول ۳) ویناس به‌دلیل غلظت بالای سدیم تأثیر منفی در خصوصیات فیزیکی (ثبات ساختاری و تراکم) خاک دارد. همچنین، این مسئله در انتشار میزان اکسیژن در لایه‌های بالایی خاک و رویش پوشش گیاهی و میزان رواناب و هدررفت خاک تأثیر می‌گذارد و میزان رواناب را افزایش می‌دهد که با نتایج شریفی‌مقدم و همکاران [۵۰] مطابقت دارد. کاهش ماده آلی خاک موجب کاهش فعالیت‌های بیولوژیکی و کاهش پوشش گیاهی و در نتیجه افزایش هدررفت و رواناب می‌شود که با توجه به داده‌ها، اضافه‌شدن ورمی‌کمپوست به خاک، ماده آلی آن را افزایش داد

و میزان رواناب و فرسایش را کاهش داد که با نتایج تجدا و گونزالز [۴۶] مطابقت دارد. با توجه به روش کار استفاده‌شده، ترتیب کاهش رواناب و هدررفت در تیمارها به ترتیب (ترکیب ورمی کمپوست و ویناس، ورمی کمپوست) نسبت به شاهد است (جدول‌های ۴ و ۵). میزان کاهش رواناب حاصل از کاربرد تیمارهای مختلف به هم‌دیگر نزدیک است و از لحاظ آماری طبق آزمون دانکن (جدول ۶) در زمینه رواناب غیر معنی‌دار ($p=0/295$) و در زمینه هدررفت خاک ناشی از فرسایش بین شیار معنی‌دار ($p=0/009$) است که با نتایج تجدا و همکاران [۴۸] در Seville در زمینه تأثیر معنی‌دار استفاده ترکیبی از ورمی کمپوست و ویناس در کاهش هدررفت خاک به مدت سه سال در سطح عرصه و در شرایط باران طبیعی مطابقت دارد و با نتایج میربلوک و همکاران [۱۲] نیز در زمینه نقش ورمی کمپوست در کاهش نفوذپذیری و افزایش رواناب در تیمار ورمی کمپوست نسبت به تیمار ترکیب ورمی کمپوست با ویناس مطابق است. دلیل این امر را می‌توان به ایجاد حالت سیمانی در وضعیت ترکیب ورمی کمپوست و ویناس و پیوستگی ذرات خاک و ممانعت از حرکت آن و در نتیجه، کاهش هدررفت نسبت داد که با نتایج تجدا و گونزالز [۳۰، ۸] منطبق است. ترکیب ورمی کمپوست با ویناس موجب کاهش اثر سدیم و در نتیجه، افزایش ثبات ساختاری و کاهش هدررفت خاک شد.

(شکل‌های ۳ و ۴). نتایج تیمار ورمی‌کمپوست با نتایج هاتی و همکاران [۵۳]، تجدا و همکاران [۸]، احمدآبادی و همکاران [۱۳]، میربلوک و همکاران [۱۲] مبنی بر تأثیر مناسب ورمی‌کمپوست بر کاهش هدررفت و حفظ ساختمان خاک مطابقت دارد. همان‌طور که شکل‌های ۳ و ۴ نشان می‌دهند، بیشترین کاهش رواناب و هدررفت در تیمارهای ترکیب ورمی‌کمپوست و ویناس است که با نتایج تجدا و همکاران [۵۴] همخوانی دارد. دلیل نداشتن تأثیرپذیری رواناب از کاربرد مقادیر ورمی‌کمپوست و ویناس از نظر آماری به دلیل ایجاد لایه‌ای سیمانی بر سطح خاک و ممانعت از نفوذ باران به درون خاک است که با نتایج الهامی‌فرد و جعفری [۴]، شریفی‌مقدم و همکاران [۵۰] در زمینه تأثیر مشابه ویناس در مهار رواناب همخوانی دارد.

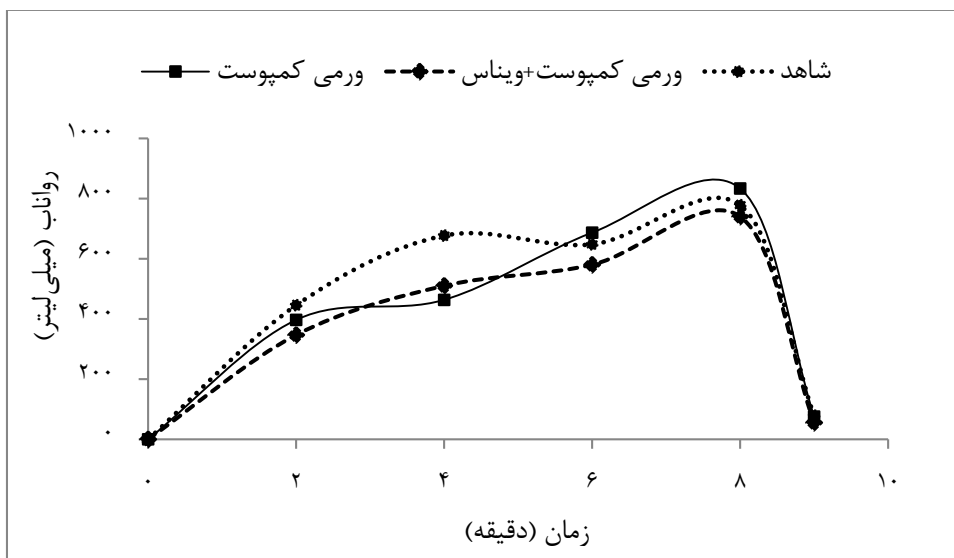
در ادامه، طبق نتایج مجموع رواناب خروجی در مدت هشت دقیقه بارندگی محاسبه شد و ترتیب کاهش مقدار مجموع رواناب خروجی از تیمارها به ترتیب از حداکثر به حداقل رواناب و هدررفت تولیدشده در تیمارهای شاهد، ورمی‌کمپوست، ترکیب ورمی‌کمپوست با ویناس در جدول‌های ۴ و ۵ به دست آمد. براساس آنالیزهای آماری، اختلاف مقادیر رواناب بین سه تیمار غیر معنی‌دار ($p=0/295$) است و با هم اختلاف ندارند. همچنین، اختلاف بین هدررفت خاک در تیمارهای ترکیبی با دو تیمار دیگر شاهد و ورمی‌کمپوست معنی‌دار ($p=0/009$) ارزیابی شد. تجزیه و تحلیل آماری نشان داد هرچند اختلاف مقادیر رواناب در پایه‌های زمانی مشترک غیر معنی‌دار بود، اختلاف حجم کلی رواناب (شکل ۴) بیانگر معنی‌دار بودن اختلاف آن بین تیمارهای مطالعاتی بود؛ یعنی رواناب کاهش یافت، ولی این کاهش نسبت به مقدار کاهش هدررفت کم است

جدول ۴. میانگین رواناب (میلی‌لیتر) از سطح کرت‌های مطالعاتی در هشت دقیقه بارش در تیمارهای مختلف

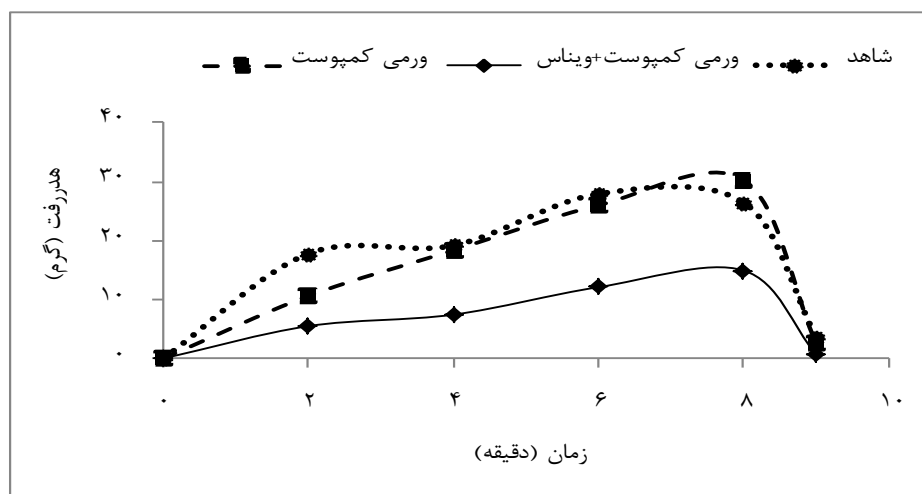
زمان (دقیقه)	شاهد	ورمی کمپوست	ورمی کمپوست با ویناس
۰ (شروع آزمایش)	۰	۰	۰
۲	۴۴۵/۳۳	۳۹۶/۶۷	۳۴۶/۶۷
۴	۶۷۷	۴۶۳/۳۳	۵۱۰
۶	۶۴۷/۷	۶۸۶/۶۷	۵۸۰
۸	۷۷۸	۸۳۳/۳۳	۷۴۰
۹ (خاتمه رواناب)	۷۸/۳۳	۷۵/۳۳	۵۵

جدول ۵. میانگین هدررفت خاک (گرم) از سطح کرت‌های مطالعاتی در هشت دقیقه بارش در تیمارهای مختلف

زمان (دقیقه)	شاهد	ورمی کمپوست	ورمی کمپوست و ویناس
۰ (شروع آزمایش)	۰	۰	۰
۲	۱۷/۷۷	۱۰/۶	۵/۴۹
۴	۱۹/۱۷	۱۸/۳۴	۷/۴۴
۶	۲۷/۹۲	۲۶	۱۲/۱
۸	۲۶/۴۷	۳۰/۳	۱۴/۹۳
۹ (خاتمه رواناب)	۳/۶۹	۲/۶	۰/۷۱



شکل ۳. تغییرات زمانی رواناب در طول آزمایش کاربرد تیمارهای مختلف



شکل ۴. تغییرات زمانی هدررفت خاک در طول آزمایش کاربرد تیمارهای مختلف

جدول ۶. نتایج واریانس یک طرفه (ANOVA) اثر کاربرد ورمی کمپوست در سطوح تیمارهای مورد نظر بر میزان رواناب و هدررفت

متغیر	تیمار و نتیجه آزمون دانکن	انحراف معیار	منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	سطح معنی داری
رواناب	شاهد ^a	۳۲۸	بین گروهی	۲	۳۲۶۴/۴	۰/۲۹۵
	ورمی کمپوست ^a	۲۴۶/۲۲	درون گروهی	۶	۲۱۶۸/۹	
	ورمی کمپوست با ویناس ^a	۲۹۵/۷۲	کل	۸	۱۹۵۴۲/۴	
هدررفت خاک	شاهد ^a	۱۱/۵۴	بین گروهی	۲	۲۶۱۷/۲	۰/۰۰۹
	ورمی کمپوست ^b	۱۱/۲۳	درون گروهی	۶	۲۳۱/۶	
	ورمی کمپوست با ویناس ^c	۵/۹۹	کل	۸	۶۶۲۴/۲	

۵. جمع بندی

حساس به فرسایش انجام گرفت. با توجه به نتایج این آزمایش، مشخص شد کاربرد ورمی کمپوست با ویناس در خاک‌های حساس به فرسایش به عنوان افزودنی‌های آلی، تأثیر مثبت بر

پژوهش حاضر با هدف اصلی بررسی تأثیر ترکیبی ورمی کمپوست با ویناس بر میزان هدررفت خاک در خاک‌های

در محیطی طبیعی برای انجام دادن ارزیابی‌های مقایسه‌ای و امکان ارائه جمع‌بندی‌های نهایی پیشنهاد می‌شود.

تشکر و قدردانی

از مدیر عامل مؤسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان، جناب آقای دکتر حسن حمدی، به دلیل همکاری در تهیه ویناس سیاست‌گذاری می‌شود.

میزان هدررفت خاک دارد و استفاده ترکیبی آن‌ها موجب ایجاد حالت چسبندگی در خاک می‌شود و ایجاد حالت به هم پیوسته، مانع از جدا شدن ذرات خاک می‌شود. در نتیجه، از هدررفت خاک جلوگیری می‌کند. همچنین، ورمی کمپوست ممکن است به عنوان کودی مناسب و به صرفه نسبت به کودهای شیمیایی باشد و برای جبران کمبود مواد آلی در خاک و به دنبال آن شرایط نامناسب خاک استفاده شود. با وجود این، انجام دادن پژوهش مشابه در کرت‌های با ابعاد بزرگ‌تر یا در سطح عرصه

مراجع

- [۱]. طالب بیدختی، ن.، شاهویی، ص.، بهنیا، ع.، بهبودی، ف.، صادقی، س. ح. ر.، ملک، ع.، شریفی، ف. (۱۳۸۲). "فرهنگ تخصصی فرسایش و رسوب"، مرکز انتشارات کمیسیون ملی یونسکو در ایران، چاپ اول، ص ۳۸۶.
- [۲]. میرزایی تالار پشته، ر.، کامبوزیا، ج.، صباحی، ح.، مهدوی دامغانی، ع. (۱۳۸۶). "کودهای آلی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و تولید محصول و ماده خشک گوجه فرنگی"، مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۷(۱)، ۲۵۷-۲۶۸.
- [۳]. جعفری، س.، ناصری، ع.، نادیان، ح.، الهامی فرد، م. (۱۳۸۲). "بررسی اثر افزایش ویناس همراه با آب آبیاری بر خصوصیات شیمیایی خاک"، مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه گیلان، ۵-۸ مهر ۱۳۸۲، ۷۰۱-۷۰۵.
- [۴]. الهامی فرد، م.، جعفری، س. (۱۳۸۶). "اثر ویناس به عنوان منبع کود پتاسیم بر خصوصیات شیمیایی خاک و محصول نیشکر"، مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ۴-۶ شهریور ۱۳۸۶، ۸۰۷-۸۰۸.
- [5]. Bhardwaj, K.K.K. (1995). "Recycling of Crop Residues Oilcakes and other Plant Products in Agriculture, in: Tandon, H.L.S. (Hd), Recycling of Crop, Animal, Human and Industrial Wastes in Agriculture, Fertilizer Development and Consultation Organization", Plant Physiology Biochemical. 9-30.
- [6]. Bansal, S., Kapoor, K.K. (2000). "Vermicomposting of Crop Residues and Cattle Dung with *Eisenia foetida*", Bioresource Technology. 73, 95-98.
- [7]. Loh, T.C., Beneyto, J. (2005). "Factors Controlling the Aggregate Stability and Bulk Density in Two Different Degraded Soils Amended with Biosolids", Soil and Tillage Research. 82 (1), 65-76.
- [8]. Tejada, M., Gonzalez, J.L. (2008). "Influence of two Organic Amendments on the soil Physical Properties, soil Losses", Sediments and Runoff Water Quality, Geoderma. 145, 325-334.
- [9]. Ndeywa, P.M., Thompson, S.A. Das, K.C. (1999). "Effects of Stocking Density and Feeding Rate on Vermicomposting of Biosolids", Bioresource Technology. 71, 5-12.
- [10]. Claudio, P.J.B., Raphael, F., Alves, L.R., Kamiila, S.N., Brunade, M.B. (2009). "Zn (II) Adsorption from Synthetic Solution and Kaolin Wastewater on Vermicompost", Science of the Total Environment. 162, 804-811.
- [11]. Doan, T.T., Ngo, P.T., Rumpel, C., Nguyen, B.V., Jouquet, P. (2013). "Interactions between Compost, Vermicompost and Earthworms Influence Plant Growth and Yield: A one-year Greenhouse Experiment", Scientia Horticulturae. 160, 148-154.
- [۱۲]. میربلوک، آ.، لکزیان، ا.، غلامحسین، ح.ن. (۱۳۹۰). "مقایسه خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و درجه رسیدگی ورمی کمپوست به دست آمده از کود گاوی تیمار شده با ملاس چغندر قند"، تهویه و خاک، زراعت (پژوهش و سازندگی)، ۲۴(۴)، ۲۵-۳۳.
- [۱۳]. احمدآبادی، ز.، سپانلو، م.ق.، آلاشتی، س.ر. (۱۳۹۰). "اثر کاربرد ورمی کمپوست بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک"، علوم آب و خاک، ۱۵(۵۸)، ۱۲۵-۱۳۷.

- [۱۴]. ابریشم‌چی، پ.، گنجعلی، ب. خ.، عبدالله، آ. (۱۳۹۲). "تاثیر ورمی‌کمپوست بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های ارقام موبیل و سوپراوربینای گوجه فرنگی"، نشریه علوم باغبانی، ۳۸۳-۳۹۳.
- [۱۵]. حیدریان‌پور، م. ب.، ثامنی، ع.، شیخی، ج.، کریمیان، ن.، زارعی، م. (۱۳۹۳). "اثر ورمی‌کمپوست و نیتروژن بر رشد رویشی، غلظت، و جذب عناصر غذایی آفتابگردان"، مجله علوم آب و خاک-علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۸(۶۷)، ۲۱۵-۲۲۵.
- [16]. Goodson, C.C., Schwartz, G., and Amrhein, C. (2006). "Controlling Tail water Sediment and Phosphorus Concentrations with Polyacrylamide in the Imperial Valley. California", *Journal of Environmental Quality*. 35, 1072-1077.
- [17]. Sepaskhah, A.R., and Bazrafshan-Jahromi, A.R. (2006). "Controlling Runoff and Erosion in Sloping Land with Polyacrylamide under a Rainfall Simulator", *Biosystems Engineering*. 93(4), 469-474.
- [18]. Kumar, A., and Saha, A. (2011). "Effect of Polyacrylamide and Gypsum on Surface Runoff, Sediment Yield and Nutrient Losses from Steep Slopes", *Agriculture Water Management*. 98, 999-1004.
- [19]. Shin, M.H., Won, C.H., Jang, J.R., Choi, Y.H., Shin, J.Y., Lim, K.J., and Choi, J.D. (2013). "Effect of Surface Cover on the Reduction of Runoff and Agricultural NPS Pollution from Upland Fields", *Paddy Water Environment*. 11, 493-501
- [20]. Prats, S.A., Martins, M.A.S., Cortizo, M.M., Ben-Hur, M., Keizer, J.J. (2014). "Polyacrylamide Application versus Forest Residue Mulching for Reducing Post-Fire Runoff and Soil Erosion", *Science of the Total Environment*. 464-474.
- [21]. Inbar, A., Meni, B.H., Marcelo, S., Marcos, L. (2015). "Using polyacrylamide to mitigate post-fire soil erosion", *Geoderma*. 107, 239-240.
- [۲۲]. شکفته، ح.، رفاهی، ح.، و گرجی، م. (۱۳۸۴). "بررسی اثر ماده شیمیایی پلی‌آکریل‌آمید بر فرسایش و روان‌آب خاک‌ها". *مجله علوم کشاورزی ایران*، ۳۶(۱)، ۱۷۷-۱۸۶.
- [۲۳]. شهبازی، ع.، سرمیدیان، ف.، رفاهی، ح.، و گرجی، م. (۱۳۸۴). "تأثیر پلی‌آکریل‌آمید بر فرسایش و روان‌آب خاک‌های شور-سدیمی". *مجله علوم کشاورزی ایران*، ۳۶(۵)، ۱۱۰۳-۱۱۱۲.
- [۲۴]. قربانی واقعی، ح.، بهرامی، ح.، غفاریان مقرب، م.، شهاب، ح.، و طلیعی طبری، ف. (۱۳۸۷). "کارایی پلی‌آکریل‌آمید آنیونی در افزایش سرعت نفوذ آب به خاک"، *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۳۹(۱)، ۷۷-۸۴.
- [۲۵]. حزباوی، ز.، صادقی، س. ح. ر.، و یونسی، ح. ا. (۱۳۹۱). "تحلیل و ارزیابی تأثیرپذیری مؤلفه‌های روان‌آب از کاربرد سطوح مختلف پلی‌آکریل‌آمید". *نشریه حفاظت منابع آب و خاک*، ۲(۲)، ۱-۱۲.
- [۲۶]. صادقی، س. ح. ر.، حزباوی، ز.، یونسی، ح. ا.، و بهزادفر، م. (۱۳۹۲). "روند تغییرات هدررفت خاک و غلظت رسوب بر اثر کاربرد پلی‌آکریل‌آمید". *نشریه حفاظت منابع آب و خاک*، ۲(۴)، ۵۵-۶۹.
- [۲۷]. افراسیاب، پ.، و چاری، م. (۱۳۹۲). "بررسی اثر پلی‌آکریل‌آمید بر روان‌آب، فرسایش خاک و نفوذ آب در اراضی شیب‌دار با استفاده از شبیه‌ساز باران". *مجله پژوهش آب در کشاورزی*، ۲۷(۲)، ۲۶۱-۲۹۰.
- [28]. Jiang, T., Teng, L., Wei, Sh., Deng, L., Luo, Z., and Chen, Y. (2010). "Application of Polyacrylamide to Reduce Phosphorus Losses from a Chinese Purple Soil: A Laboratory and Field Investigation", *Journal of Environmental Management*. 91, 1437-1445.
- [29]. Ros, M., Hernandez, M.T., Garcia, C. (2003). "Soil Microbial Activity after Restoration of a Semiarid Soil by Organic Amendments", *Journal of Soil Biology and Biochemistry*. 35(3), 463-469.
- [30]. Tejada, M., Gonzalez, J.L. (2006). "The Relationships between Erodibility and Erosion in a Soil Treated With two Organic Amendments", *Soil and Tillage Research*. 91, 186-198.
- [31]. Tejada, M., Gomez, I., Hernandez, T., Garcia, C. (2010). "Utilization of Vermicomposts in Soil Restoration: Effects on Soil Biological Properties", *Soil Society of America Journal*. 74 (2), 525-532.
- [32]. Entry, J.A., Wood, B.H., Edwards, J.H., Wood, C.W. (1997). "Influence of Organic By-Products and

- Nitrogen Source on Chemical and Microbiological Status of an Agricultural Soil”, *Journal of Biology and Fertility of Soils*. 24(1),196–204.
- [33]. Giusquiani, P.L., Pagliai, M., Gigliotti, G., Bussinelli, D., Benetti, A. (1995). “Urban Waste Compost: Effects on Physical, Chemical and Biochemical Properties of Soil”, *Journal of Environmental Quality*. 24 (1), 175-182.
- [34]. Martin-Olmedo, P., Lopez, R., Cabrera, F., Murillo, J.M. (1996). “Residual Effect of Sugar Beet Vinasse on Plant Growth”, *Journal of Plant Soil Sciences*. 66 (1), 527-531.
- [35]. Pascual, J.A., Ayuso, M., Hernandez, T., Garcia, C. (1997). “Phytotoxicity and Fertilizer Value of Different Organic Materials”, *Journal of Agrochemical*. 41(1),50–62.
- [36]. Arthur, E., Cornelis, W.M., Vermang, J., De Rocker, E. (2011). “Effect of Compost on Erodibility of Loamy Sand under Simulated Rainfall”, *Catena*. 81 (1), 67-72.
- [37]. Baptista, I., Ritsema, C., Querido, A., Ferreira, A.D., Geissen, V. (2015). “Improving Rainwater-Use in Cabo Verde drylands by Reducing Runoff and Erosion”, *Geoderma*. 238, 283-297.
- [38]. Barzegar, A.R., Yousefi, A., Daryashenas, A. (2002). “The Effect of Addition of Different Amounts and Types of Organic Materials on Soil Physical Properties and Yield of Wheat”, *Journal of Plant and Soil*. 247(1), 295–301.
- [39]. Cellier, A. (2012). “Amendements de Composts Dans un Ecosysteme Mediterraneen Apres Incendie: Effets Sur le sol, les Microorganismes et la vegetation”, PhD thesis, Aix-Marseille Universite, France.
- [40]. Garcia-Orenes, F., Guerrero, C., Mataix-Solera, J., Navarro-Pedreno, J., Gomez, I., Mataix-Beneyto, J. (2005). “Factors Controlling the Aggregate Stability and Bulk Density in Two Different Degraded Soils Amended with Biosolids”, *Soil and Tillage Research*. 82 (1), 65–76.
- [41]. Gholami, L., Banasik, K., Sadeghi, S.H.R., Khaledi Darvishan, A., Hejduk, L. (2014). “Effectiveness of Straw mulch on Infiltration, Splash erosion, Runoff and Sediment in Laboratory Conditions”, *Journal of Water and Land Development*. 22, 51-60.
- [42]. Kowaljaw, E., Julia Mazzarino, M. (2007). “Soil Restoration in Semiarid Patagonia: Chemical and Biological Response to Different Compost Quality”, *Soil Biology and Biochemistry*. 39(7), 1580-1588.
- [43]. Ojeda, G., Alcaniz, J. M., Ortiz, O. (2003). “Runoff and Losses by Erosion in Soils Amended with Sewage Sludge”, *Journal of Land Degradation and Development*. 14 (1), 563–573.
- [44]. Tejada, M., Garcia, C., Gonzalez, J.L., Hernandez, M.T., (2006). “Organic Amendment Based on Fresh and Composted Beet Vinasse: Influence on Soil Properties and Wheat Yield”, *Soil Science Society of America Journal*. 70 (3), 900–908.
- [۴۵]. ذبیحی، ف.، نیشابوی، م.ر.، دلایان، م.ر. (۱۳۹۲). “تاثیر پلی آکریل آمید، پومیس و کمپوست زباله شهری بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی یک خاک رسی شور-سدیمی”، نشریه آب و خاک، ۳(۲۳)، ۷۹-۹۲.
- [46]. Tejada, M., Gonzalez, J.L. (2007). “Influence of Organic Amendments on Soil Structure and Soil Loss Under Simulated Rain”, *Soil and Tillage Research*. 93, 197–205.
- [47]. Courtney, R.G., Mullen, G.J. (2008). “Soil Quality and Barley Growth as Influenced by the land Application of two Compost types”, *Bioresource Technology*. 99(8), 2913-2918.
- [48]. Tejada, M., Garcia-Martinez, A. M., Parrado, J. (2009). “Effects of a Vermicompost Composted with beet Vinasse on soil Properties”, *Soil Losses and Soil Restoration. Catena*. 77(3), 238-247.
- [49]. Kukal, S.S., Sarkar, M. (2011). “Laboratory Simulation Studies on Splash Erosion and Crusting in Relation to Surface Roughness and Raindrop Size”, *Journal of the Indian Society of Soil Science*. 59(1), 87–93.
- [۵۰]. شریفی مقدم، ا.، صادقی، س.ح.ر.، خالدی درویشان، ع. (۱۳۹۲). “تغییرپذیری مقدار مؤلفه‌های رواناب در اثر کاربرد پسماند آلی”، همایش ملی مدیریت منابع طبیعی گنبد، ۵ ص.
- [۵۱]. صادقی، س.ح.ر.، کریمی، ز.، بهرامی، ح. (۱۳۹۳). “تأثیرپذیری تولید رواناب از کاربرد پلی آکریل آمید محلول در دو شدت و

دوام بارندگی، در لوح فشرده دومین همایش ملی بیابان با رویکرد مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشگاه سمنان، ۲۰ و ۲۱ آبان ۱۳۹۳: ۵ ص.

- [52]. Razali, N.M., and Wah, Y.B. (2011). "Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogrov-Smirnov, Lillifores and Anderson-Darling tests", *Journal of Statistical Modeling and Analytics*. 2(1), 21-33.
- [53]. Hati, K.M., Swarup, A., Dwivedi, A.K., Misra, A.K., Bandyopadhyay, K.K. (2007). "Changes in Soil Physical Properties and Organic Carbon Status at the Topsoil Horizon of a Vertisol of Central India after 28 years of Continuous Cropping, Fertilization and Manuring", *Agriculture, Ecosystems Environment*. 119(1), 127-134.
- [54]. Tejada, M., Moreno, J.L., Hernandez, M.T., Garcia, C. (2007). "Application of Two Beet Vinasse Forms in Soil Restoration: Effects on Soil Properties in an Arid Environment in Southern Spain", *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 119 (1), 289–298.