

## تأثیر پذیری مؤلفه‌های رواناب و رسوب کرت‌های آزمایشی کوچک از کاربرد پسماند آلی ویناس

احسان شریفی مقدم<sup>۱</sup>، سید حمیدرضا صادقی<sup>۲\*</sup>، عبدالواحد خالدی درویشان<sup>۳</sup>

۱. کارشناس ارشد گروه مهندسی آبخیزداری دانشگاه تربیت مدرس نور مازندران

۲. استاد گروه مهندسی آبخیزداری دانشگاه تربیت مدرس نور مازندران

۳. استادیار گروه مهندسی آبخیزداری دانشگاه تربیت مدرس نور مازندران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۴/۲۶ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۷/۶)

### چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی میزان تأثیر کاربرد دو مقدار ۴/۵ و ۸ لیتر بر متر مربع پسماند آلی و سازگار با محیط زیست ویناس بر زمان شروع، ضریب و حجم رواناب، هدررفت خاک، و غلظت رسوب در کرت‌های آزمایشی کوچک با شیب ۲۰ درصد با استفاده از شبیه‌ساز باران با دو شدت ۵۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت و با تداوم ۱۵ دقیقه روی خاک لومی-رسی-شنی انجام شد. نتایج نشان‌دهنده اثر معنادار تیمار ویناس بر زمان شروع رواناب و غلظت رسوب ( $P < 0.04$ )، حجم و ضریب رواناب، و هدررفت خاک ( $P = 0.00$ ) بود. همچنین نتایج نشان داد کاربرد سطح پایین ویناس به ترتیب باعث افزایش ۱۵۱ و ۱۵۴ درصد رواناب و هدررفت خاک در شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت و نیز موجب افزایش ۶۴ و ۲۰۰ درصد متغیرهای بررسی شده در شدت ۹۰ میلی‌متر بر ساعت در مقایسه با تیمار شاهد است. سطح بالای ویناس، رواناب و هدررفت خاک را به ترتیب ۷۹ و ۳۰ درصد در شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت و نیز ۶۰ و ۵۸ درصد در شدت ۹۰ میلی‌متر بر ساعت افزایش داد. با وجود این، تیمار ۴/۵ لیتر بر متر مربع ویناس در هر دو شدت و تیمار ۸ لیتر بر متر مربع ویناس در شدت ۹۰ میلی‌متر بر ساعت مقدار غلظت رسوب را افزایش و در شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت تیمار ۸ لیتر بر متر مربع ویناس میزان غلظت رسوب را نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. این در حالی است که میزان اثربخشی تیمار ۸ لیتر بر متر مربع در کاهش رواناب و هدررفت خاک و غلظت رسوب بیش از تیمار ۴/۵ لیتر بر متر مربع بود. نتایج نشان داد افزودن پسماند آلی همیشه موجب جلوگیری از هدررفت خاک و بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک نخواهد شد. بنابراین استفاده از سطح بالاتر ویناس و افزایش ماندگاری آن قبل از وقوع بارش توصیه می‌شود.

**کلیدواژگان:** تولید رسوب، حفاظت خاک، شبیه‌سازی باران، فرسایش خاک

### مقدمه

امروزه فرسایش خاک یکی از بحث‌های مهم در مدیریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست، منابع آب، و طبعاً مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز است (UNESCO, 2009; Sadeghi, 2010). پیشگیری از فرسایش خاک در مدیریت و حفاظت از منابع طبیعی بسیار ضروری است (Agassi, 1996). بنابراین حفاظت خاک و مبارزه با فرسایش از ضروری‌ترین اقداماتی است که در هر کشوری باید به آن توجه خاص کرد (Pimentel and Kounang, 1999).

برای مهار فرسایش خاک روش‌های بسیار متنوعی معرفی شده است. اما استفاده از روش‌هایی که بتوانند خاک را در اولین گام‌های تأثیر عوامل فرساینده حفاظت کنند باید اولویت اول در

مباحث مهار فرسایش خاک باشند. یکی از راه‌کارهای موجود استفاده از افزودنی‌های خاک<sup>۱</sup> است. افزودنی‌های خاک شامل آهک، گچ، خاک اره، و سایر موادی است که برای تقویت توان تولید خاک به کار می‌رود (Taleb Beidokhti et al, 2003). از سوی دیگر، استفاده از پسماندها و مدیریت آن‌ها به نحوی که کم‌ترین آسیب را به محیط زیست برساند، یکی از مسائل مطرح در سطح جهان و ایران است. از پسماندهایی که در ایران می‌توان به آن‌ها اشاره کرد پسماندهای کشت و صنعت نیشکر، به‌ویژه ویناس<sup>۲</sup>، است که به لحاظ تولید اجتناب‌ناپذیر زیاد قابلیت کاربرد در سطح گسترده را دارد. ویناس ماده‌ای آلی است که بیش از ۹۰ درصد آن را آب تشکیل می‌دهد و نیز حاوی ازت، پتاسیم، و سایر مواد معدنی است و به مثابه یک پسماند و

1. Soil Amendments  
2. Vinasse

\* نویسنده مسئول: sadeghi@modares.ac.ir

ماده زائد، پس از تبدیل ملاس<sup>۱</sup> به الکل و سایر مشتقات آن، از کارخانه خارج می‌شود (Jafari et al, 2003).

در ایران با راه اندازی چندین شرکت کشت و صنعت نیشکر و تولید بالغ بر یک میلیون تن شکر در هر یک از این شرکت‌ها، کارخانه‌های متعددی به منظور تولید الکل احداث شده است. با راه‌اندازی این کارخانه‌ها مقادیر زیادی ویناس تولید می‌شود که برای دفع بهداشتی آن باید چاره‌ای اندیشید (Jafari et al, 2007; Elhamifard and Jafari, 2007). ویناس حاصل از تولید اتانول، حاوی نیتروژن و پتاسیم و اکسیژن است. اگرچه ویناس تولیدی در بیشتر موارد در آب رودخانه‌ها رها می‌شود که برای موجودات زنده خطرناک است، استفاده از آن به منزله کود مایع در کشاورزی مفید معرفی شده و در عین حال با افزایش مواد آلی به خاک باعث مهار فرسایش خاک می‌شود (Martinelli, 2003; Gunkel et al, 2007).

پژوهش‌های انجام‌شده در سال‌های اخیر در زمینه استفاده از پسماند نشان دهنده بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و زیستی خاک، به ویژه در مناطق نیمه خشک، با استفاده از پسماندهای دارای مواد آلی فراوان مانند کمپوست پنبه و ویناس چغندر و پنبه (Tejada and Gonzalez, 2006)، ورمی کمپوست (Tejada et al, 2010)، کود دامی و کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب (Nazmi et al, 2011)، لجن فاضلاب (Saadat et al, 2012)، بقایای یونجه و کود مرغی (Mahmoodabadi et al, 2013)، کمپوست زباله شهری (Karimi and Bahmanyar, 2013) بوده است. از سویی، مواد آلی فرایندهای صنعتی می‌توانند منبع قابل توجهی برای تأمین مواد آلی خاک کشاورزی باشند.

Madejón et al (2001) با مطالعه اثر سه نوع کمپوست ویناس چغندر قند بر ویژگی‌های شیمیایی خاک و تولید محصولات کشاورزی در جنوب غربی اسپانیا دریافتند سه نوع کمپوست موجب افزایش اسید هیومیک و نیتروژن خاک و همچنین افزایش تولید محصولات کشاورزی می‌شود. Tejada and Gonzalez (2006) با بررسی تأثیر دو نوع ویناس چغندر تازه (BV) و مخلوط کمپوست همراه با کمپوست خردشده پنبه (CV) روی خاک مناطق خشک نزدیک شهر Sevilla به مدت چهار سال به این نتایج دست یافتند که برای خاک‌های اصلاحی به وسیله CV ناپایداری ساختمان خاک طی دوره آزمایش کاهش پیدا می‌کند؛ در حالی که برای خاک اصلاحی با استفاده

از BV ناپایداری ساختمان خاک افزایش می‌یابد و دلیل اثر منفی ویناس تازه بر پایداری ساختمان خاک را استفاده از مقادیر بالای آن و همچنین وجود کاتیون‌های تک‌ظرفیتی دانستند.

Tejada et al (2009) اثر ورمی کمپوست همراه ویناس چغندر قند را بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و زیستی خاک رسی - لومی در شیب ۲ درصد و در کرت‌های با ابعاد ۵ در ۸ متر را بررسی کردند. نتایج تأثیر مثبت بر همه ویژگی‌های یادشده را نشان داد. بنابراین ایشان استفاده از این ترکیب را برای بهبود ویژگی‌های خاک توصیه کردند.

در ایران نیز Elhamifard et al (2007) از ویناس به منظور بررسی اثر آن بر ویژگی‌های شیمیایی خاک در مزرعه نیشکر در جنوب اهواز با سه تیمار ۰، ۲۲/۵، و ۴۵ متر مکعب در هر هکتار استفاده کردند. نتایج نشان داد ویناس یک منبع غنی از پتاسیم است. چون پتاسیم محلول در تیمارهای ویناس افزایش یافت. اما با افزایش مقدار ویناس در تیمارهای گوناگون مقدار هدایت الکتریکی خاک افزایش و مقدار واکنش خاک (pH) کاهش یافت. دلیل این تغییرات تجزیه میکروبی ماده آلی موجود در این ترکیب و افزایش جذب برخی عناصر کم مصرف به وسیله خاک معرفی شد. افزایش مقدار سدیم و عدم تأثیر بر مقدار کلسیم به دلیل زیادبودن مقدار کلسیم خاک و در اثر واکنش با کربنات و خروج آن همراه رسوب از محلول خاک نیز گزارش شد.

با توجه به تولید مقدار زیاد ویناس در داخل کشور و بررسی منابع مرتبط با پژوهش حاضر، تا کنون پژوهش مستندی در زمینه ارزیابی اثر ویناس بر مؤلفه‌های هیدرولوژیک (زمان شروع، ضریب و حجم رواناب، هدررفت خاک، غلظت رسوب) یافت نشده است. پژوهش حاضر با هدف میزان تأثیر کاربرد دو مقدار ۴/۵ و ۸ لیتر ویناس بر متر مربع به منزله یک نوع پسماند آلی حاصل از کشت و صنعت نیشکر بر مؤلفه‌های هیدرولوژیک با استفاده از کرت‌های کوچک آزمایشگاهی و دو بارندگی شبیه‌سازی شده با شدت‌های ۵۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت با تداوم ۱۵ دقیقه انجام شد.

### مواد و روش‌ها

خاک بررسی شده از لایه ۲۰ سانتی‌متری سطح (Assouline and Ben-Hur, 2006; Kukul and Sarkar, 2010) مراتع بیلاقی دامنه‌های شمالی البرز در حد فاصل جاده کدیر - کجور، با طول و عرض جغرافیایی نقطه نمونه برداری به ترتیب ۵۹° ۴۴' ۵۱" و

کرت‌های کوچک مکعبی به ابعاد ۰/۵ متر طول، ۰/۵ عرض، و ۰/۵ متر ارتفاع منتقل و به منظور رسیدن به چگالی ظاهری متناظر با شرایط محیطی غلتک زده شد (Khaledi Darvishan et al, 2013) و به منظور تأمین شرایط رطوبت پیشین (۲۹٪ حجمی بهینه) به مدت ۱۵ ساعت تحت شرایط اشباع قرار گرفت (Hawke et al, 2006). پس از این مرحله و بر اساس پیش‌آزمون‌های به‌عمل‌آمده و پیشینه‌های پژوهشی (Baratshooshtari et al, 2008)، دو مقدار ۴/۵ و ۸ لیتر بر متر مربع ویناس با مشخصات مندرج در جدول ۲ و یک تیمار شاهد (خاک بدون ویناس) به صورت یکنواخت بر سطح کرت‌ها به صورت آب‌پاش پخش شد.

برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. سپس، برای آماده‌سازی خاک و انتقال آن به کرت‌ها از روش Kukul and Sarkar (2011) با هواخشک کردن تا حد رطوبت بهینه (Fox and Bryan, 1999) و حذف سنگ‌ریزه و بقایای گیاهی (and Bradford, 1999) استفاده شد. ویژگی‌های خاک آزمایش شده در آزمایشگاه شیمی خاک دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس تعیین شد؛ که به اختصار در جدول ۱ می‌آید.

خاک، پس از آماده‌سازی، برای آزمایش با شبیه‌ساز باران از الک ۴ میلی‌متر، به دلیل اثر خاک‌دانه‌های بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر در فرسایش و رواناب، عبور داده شد. سپس، به داخل

جدول ۱. ویژگی‌های خاک استفاده‌شده در تیمار کاربرد پسماند آلی ویناس

ماده آلی (درصد)	چگالی ظاهری (گرم در سانتی‌متر مکعب)	هدایت الکتریکی (میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر)	Ph	توزیع اندازه ذرات (درصد)		
				شن	رس	سیلت
۲/۴۳	۱/۴۶	۰/۱۹۶	۷/۶۵	۶۴	۲۲	۱۴

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی پسماند آلی ویناس استفاده‌شده در پژوهش

میزان اکسیژن‌خواهی شیمیایی* (میلی‌گرم در لیتر)	ماده آلی (گرم در کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم در لیتر)	منیزیم (میلی‌گرم در لیتر)	کلسیم (میلی‌گرم در لیتر)	وزن مخصوص (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	هدایت الکتریکی (میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر)	pH	متغیرها
۹۱۴۰۰	۱۰۰	غیر قابل تشخیص	۱۵۴/۳۷۵	۱۳۷۰/۲۵	۱/۱۱	۱/۶۵۷	۵	مقدار

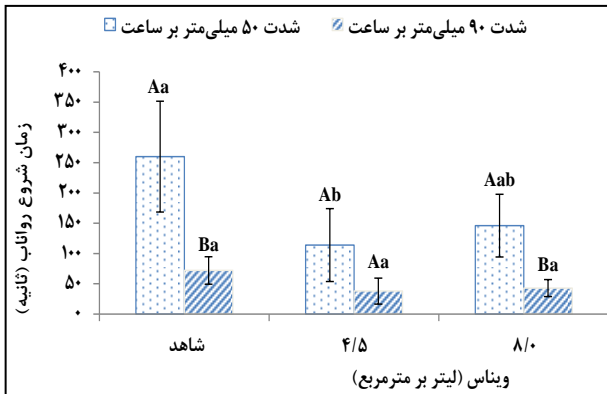
\* Chemical

اجرابودن در عرصه، بعد از گذشت ۴۸ ساعت از زمان اسپری کردن ویناس، در معرض باران با شدت‌های بیان‌شده با تداوم ۱۵ دقیقه (به دلیل حداکثر بودن اثر رطوبت پیشین خاک در کاهش مقاومت خاک‌دانه‌ها و فرایند تخریب و تغییر ویژگی‌های سطح خاک و نیز زمان شروع رواناب در دقایق اولیه پس از شروع بارندگی (Hawke et al, 2006)) در شیب ۲۰ درصد (متناسب با منطقه برداشت خاک) قرار گرفتند.

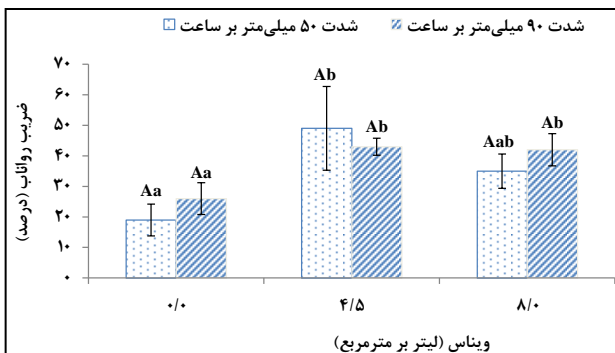
به منظور تعیین روند تغییرات رواناب، هدررفت خاک، و غلظت رسوب خروجی از سطح مطالعاتی با افزایش مقدار ویناس در مدت ۱۵ دقیقه باران، اقدام به برداشت رواناب و رسوب در فاصله‌های زمانی ۲ دقیقه‌ای شد. سپس، با استفاده از استوانه مدرج مقدار رواناب قرائت شد. مقدار ضریب رواناب از تقسیم ارتفاع رواناب بر ارتفاع بارندگی محاسبه و مقدار هدررفت خاک از طریق روش برجاگذاری (Sadeghi and Saeidi, 2010) محاسبه شد. به این صورت که ظرف پلاستیکی حاوی رواناب و رسوب به مدت ۲۴ ساعت به حالت سکون قرار گرفت تا رسوب داخل آن به طور کامل ته‌نشین شود. سپس، مقدار آب اضافی

برای انجام دادن این پژوهش از شبیه‌ساز قابل حمل با ارتفاع حدود ۴ متر و نازل‌های تحت فشار BEX: 3,8 S24W استفاده شد. با در نظر گرفتن سرعت قطرات باران، با فرض کروی بودن آن‌ها، هر قطره با قطر بیش از ۲ میلی‌متر باید مسافت ۹ متر را با سقوط آزاد در هوای با فشار ۱ هکتوپاسکال و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد طی کند تا به سرعت حد برسد (Wang and Pruppacher, 1977). اما با ایجاد شتاب اولیه در نازل‌های تحت فشار مسافت مورد نیاز برای رسیدن قطرات باران به سرعت حد به میزان زیادی کاهش یافت. بر اساس آمار باران‌نگاری ایستگاه کجور و مطالعات اداره هواشناسی استان مازندران و منحنی‌های شدت و مدت و فراوانی<sup>۱</sup> ایستگاه‌های مجاور منطقه مطالعه‌شده و با توجه به حداکثر و حداقل شدت بارندگی‌های محتمل با دوره بازگشت ۱۰ تا ۵۰ سال در این منطقه شدت‌های ۵۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت انتخاب شدند. سپس تیمارها به لحاظ پخش همگن ماده در خاک و نیز قابل

1. Intensity Duration Frequency, IDF



شکل ۱. زمان شروع رواناب در کرت‌های آزمایشی با تیمار شاهد، ۴/۵ و ۸ لیتر بر مترمربع و شدت‌های بارندگی ۵۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت و A و B مقایسه میانگین‌ها بین شدت‌های ۵۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت در سطح a و b مقایسه میانگین‌ها بین ۳ سطح ویناس در ۲ شدت ۵۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت



شکل ۲. ضریب رواناب در کرت‌های آزمایشی با تیمار شاهد ۴/۵ و ۸ لیتر بر متر مربع و شدت‌های بارندگی ۵۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت و A و B مقایسه میانگین‌ها بین شدت‌های ۵۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت در سطح a و b مقایسه میانگین‌ها بین ۳ سطح ویناس در ۲ شدت ۵۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت

تحلیل نتایج متغیر زمان شروع رواناب با توجه به شکل ۱ و جدول‌های ۳ و ۵ نشان داد مصرف ۴/۵ لیتر بر متر مربع ویناس زمان شروع رواناب را نسبت به تیمار شاهد در شدت‌های ۵۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت به ترتیب ۵۶/۲۸ و ۴۷/۲۲ درصد کاهش می‌دهد؛ در حالی که کاربرد ۸ لیتر بر متر مربع ویناس زمان شروع رواناب را در شدت‌های ۵۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت به ترتیب ۴۳/۷۲ و ۳۹/۸۲ درصد کاهش می‌دهد. کاهش زمان شروع رواناب ممکن است به دلیل چسبندگی فیزیکی سطح خاک و نیز واکنش املاح موجود در ماده حفاظتی با توده خاک (Hillel, 2010) و تأثیر آن بر منافذ خاک و طبعاً کاهش مقدار نفوذ و افزایش رواناب باشد. همچنین، تیمارهای ویناس، علاوه بر اینکه موجب یک سطح آب‌گریز<sup>۲</sup> در خاک می‌شوند، میزان رطوبت سطحی خاک را افزایش می‌دهند. این وضعیت پاشمان

نمونه‌ها تا حد امکان، با استفاده از روش تخلیه، حذف و باقی‌مانده رسوب به کمک شست‌وشو، با استفاده از آب مقطر، به داخل ظروف آلومینیومی با وزن مشخص منتقل شد و پس از آن به مدت ۲۴ ساعت در آن با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. در نهایت، اختلاف وزن نمونه‌های خشک‌شده با وزن اولیه ظرف آلومینیومی حاوی آن (ظرف آلومینیومی فاقد رسوب)، با کمک ترازوی با دقت ۰/۰۰۱، وزن رسوب در نظر گرفته شد (Flanagan et al, 2002; Shahbazi et al, 2005, Shekofteh et al, 2005). برای محاسبه میزان غلظت رسوب، ابتدا متوسط هدررفت خاک از هر کرت، طی گام‌های زمانی، محاسبه و برای هر تیمار میانگین‌گیری صورت گرفت. سپس، مقدار متوسط حجم رواناب خروجی از کرت‌ها طی گام‌های زمانی محاسبه و مانند هدررفت خاک برای هر تیمار میانگین‌گیری شد. در ادامه، برای محاسبه متوسط غلظت رسوب هر تیمار، متوسط هدررفت خاک بر متوسط رواناب تقسیم شد. پس از اجرای سه تکرار برای هر تیمار، داده‌های مؤلفه‌های هیدرولوژیک اندازه‌گیری و ثبت شد و در Microsoft Excel 2010 دسته‌بندی و سپس بانک اطلاعاتی داده‌ها تشکیل شد. قبل از هر گونه آنالیز آماری، نرمال بودن داده‌ها با آزمون Shapiro-Wilk، به دلیل کم‌تر بودن تعداد داده‌های هر گروه از تیمارها، از حد ۵۰ داده (Razali and Wah, 2011) آزمایش شد. داده‌های غیر نرمال از طریق یکی از روش‌های متداول تبدیل داده (لگاریتم‌گیری، جذر، لگاریتم طبیعی) تبدیل و آزمون هم‌چنین، از آزمون همگنی واریانس Levene به منظور بررسی همگنی واریانس تیمارهای مختلف (Bihamta and Zare, 2010) استفاده شد. سپس، مقایسه‌های آماری در قالب طرح بلوک‌های تصادفی با استفاده از آزمون‌های F یا تجزیه واریانس یک‌طرفه و دوطرفه<sup>۱</sup> (Arnaez et al, 2007) در نرم افزار SPSS 19 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها، در صورت معنادار بودن اختلاف میانگین‌ها، به روش Duncan انجام شد.

## یافته‌ها و بحث

داده‌های اندازه‌گیری شده مربوط به زمان شروع رواناب کرت‌های آزمایشی کوچک با تیمار شاهد و حفاظتی ۴/۵ و ۸ لیتر ویناس بر متر مربع و شدت‌های بارندگی ۵۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت در شکل‌های ۱ و ۲ می‌آید.

دلیل مایع‌بودن این پسماند در کرت‌های تیمار شده با ویناس میزان رطوبت پیشین خاک در این کرت‌ها در مقایسه با کرت‌های تیمار نشده (شاهد) افزایش یافته باشد. از آنجا که بین رطوبت پیشین خاک و ضریب رواناب رابطه مستقیم وجود دارد (Orsham *et al.*, 2010; Sadeghi *et al.*, 2010) این افزایش رطوبت پیشین در کرت‌های تیمار شده با ویناس موجب افزایش میزان ضریب رواناب در آن‌ها نسبت به تیمار شاهد شد.

نتایج آزمون آماری (جدول ۶) نشان داد تیمار بر ضریب رواناب در سطح اعتماد ۹۹ درصد دارای اثر معنادار است ( $P < 0.01$ ). اما اثر شدت بارندگی و اثر متقابل شدت بارندگی و تیمار بر ضریب رواناب معنادار نبود ( $P > 0.04$ ). نتایج تفکیک سطوح تیمارها به زیرگروه‌های همگن (جدول ۷) نشان داد تیمار شاهد در یک زیرگروه و دو تیمار ویناس در یک زیرگروه همگن قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر، هر دو تیمار ویناس دارای اثر تقریباً مشابهی بر ضریب رواناب بود؛ حال آنکه میزان اثربخشی تیمار ۸ لیتر ویناس بر متر مربع در کاهش ضریب رواناب بیش از تیمار ۴/۵ لیتر ویناس بر متر مربع بود. نتایج متوسط رواناب، هدررفت خاک، و غلظت رسوب خروجی در کرت‌های آزمایشی با تیمار شاهد و تیمارهای ۴/۵ و ۸ لیتر بر متر مربع ویناس و شدت‌های بارندگی ۵۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت در جدول‌های ۳ تا ۵ می‌آید. تحلیل نتایج متوسط رواناب خروجی تیمارهای شاهد و ۴/۵ و ۸ لیتر ویناس بر متر مربع در گام‌های زمانی در جدول‌های ۳ تا ۵ نشان داد تیمارهای ویناس در دو شدت ۵۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت حجم رواناب را نسبت به تیمار شاهد با افزایش زمان پس از شروع رواناب افزایش می‌دهد. نتایج این پژوهش با نتایج (Chenu *et al.* 2000) مبنی بر ایجاد پدیده آب‌گریزی خاک در اثر استفاده از غلظت بالای مواد آلی خاک همخوانی دارد. در واقع، مواد آلی پوسسته‌های آب‌گریزی را در ذرات خاک اولیه و ثانویه به وجود می‌آورند که این پوشش آب‌گریز سبب دفع یا کاهش ورود رواناب به داخل خاک می‌شود (Blanco and Lal, 2013).

نتایج تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در جدول ۶ می‌آید. نتایج آزمون آماری جدول ۶ نشان داد شدت بارندگی و تیمار بر حجم رواناب در سطح اعتماد ۹۹ درصد اثر معنادار ( $P < 0.01$ ) دارد؛ حال آنکه اثر متقابل تیمار و شدت بارندگی بر حجم رواناب معنادار نیست ( $P = 0.40$ ). گروه‌بندی متغیرهای مستقل به زیرگروه‌های همگن نیز نشان داد تغییرات حجم رواناب در تیمار شاهد با دو تیمار ویناس معنادار است؛ طوری که تیمار شاهد در یک زیرگروه و دو تیمار ویناس در زیرگروه دیگر قرار گرفتند (جدول ۷).

را بالا می‌برد (Ellison, 1952). در نتیجه منافذ سطحی خاک زودتر پر می‌شود و کرت تیمار شده با غلظت پایین ویناس زودتر به حال اشباع می‌رسد و زمان شروع رواناب سریع‌تر از تیمار شاهد می‌شود. نتایج آزمون آماری نشان داد (جدول ۶) تیمار در سطح اعتماد ۹۵ درصد ( $P = 0.02$ ) و شدت در سطح اعتماد ۹۹ درصد ( $P < 0.01$ ) بر زمان شروع رواناب اثر معنادار دارد؛ در حالی که اثر متقابل شدت بارندگی و تیمار بر زمان شروع رواناب غیر معنادار است. در مورد متغیرهای زمان شروع رواناب، گروه‌بندی متغیرهای مستقل به زیرگروه‌های همگن تأیید کرد که در مورد سطوح مختلف ویناس، تیمار شاهد در یک زیرگروه و هر دو تیمار ویناس (۴/۵ و ۸ لیتر بر متر مربع) در زیرگروهی جداگانه قرار می‌گیرند (جدول ۷). این موضوع نشان می‌دهد در مورد اثر تیمار بر زمان شروع رواناب بین تیمار شاهد و دو تیمار ۴/۵ و ۸ لیتر بر متر مربع ویناس اختلاف معناداری در سطح اعتماد ۹۵ درصد وجود دارد. اما بین دو مقدار مصرف ویناس اختلاف معنادار وجود ندارد. در تیمار شاهد زمان شروع رواناب طولانی‌تر و در کرت‌های تیمار شده با مقادیر مختلف ویناس زمان شروع رواناب کوتاه‌تر است. این نتیجه را می‌توان به دلیل ضد آب شدن<sup>۱</sup> سطح کرت تیمار شده با مصرف ویناس دانست که میزان نفوذپذیری کاهش می‌یابد و در نتیجه رواناب زودتر شروع می‌شود. در کل کاربرد ویناس موجب کاهش معنادار زمان شروع رواناب در مقایسه با تیمار شاهد شد. کاربرد این پسماند آلی بر متغیر بررسی شده اثر مثبت ندارد. با وجود این، استفاده از غلظت بالاتر آن نسبت به غلظت پایین‌تر می‌تواند مؤثرتر باشد. در واقع مقدار زیادتر ویناس تأثیر بهتری بر هم‌آوری<sup>۲</sup> خاک‌دانه‌ها دارد و اثر آن بر آب‌گریز کردن سطح خاک غالب است. بررسی نتایج ضریب رواناب طی رگبارهای متوالی در کرت‌های آزمایشی کوچک با تیمارهای شاهد ۴/۵ و ۸ لیتر بر متر مربع ویناس (شکل ۲) نشان داد تیمار ۴/۵ لیتر بر متر مربع ویناس ضریب رواناب را نسبت به تیمار شاهد در شدت‌های ۵۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت به ترتیب ۱۵۲/۲۹ و ۶۴/۱۳ درصد افزایش می‌دهد؛ در حالی که تیمار ۸ لیتر ویناس بر متر مربع ضریب رواناب را نسبت به تیمار شاهد در دو شدت ۵۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت به ترتیب ۷۹/۶۵ و ۵۹/۸۹ درصد افزایش می‌دهد. میزان رطوبت اندازه‌گیری شده کرت‌ها قبل از تیمار با پسماند آلی ویناس ۲۹ درصد حجمی بود؛ که ممکن است به

کاهش می‌یابد؛ در حالی که در پژوهش حاضر کمترین مقدار حجم رواناب خروجی مربوط به تیمار شاهد (بدون کاربرد ویناس) و کاربرد بیشتر ویناس (۸ لیتر بر متر مربع) بر کاهش حجم رواناب مفیدتر از مقدار کم ویناس (۴٫۵ لیتر بر متر مربع) بود.

نتایج برخی پژوهش‌های قبلی نشان داد استفاده از غلظت پایین ویناس (سه تن در هکتار) بر زیست‌توده میکروبی خاک و معدنی شدن مواد آلی، افزایش نیتروژن خاک و کاهش چگالی ظاهری آن، و افزایش خلل و فرج و نفوذپذیری خاک اثر مثبت می‌گذارد (Tejada and Gonzalea, 2005) و میزان رواناب

جدول ۳. متوسط رواناب، هدررفت خاک، و غلظت رسوب خروجی در کرت‌های آزمایشی با تیمار شاهد و شدت بارندگی مختلف (میلی‌متر بر ساعت)

متغیر مورد بررسی	زمان (ثانیه)		رواناب (میلی‌لیتر)		هدررفت خاک (گرم)		غلظت رسوب (گرم بر لیتر)	
	۹۰	۵۰	۹۰	۵۰	۹۰	۵۰	۹۰	۵۰
شروع	۲۶۰	۷۲	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰
اول	۳۸۰	۱۹۲	۳۱٫۶۷	۹۴٫۶۷	۰٫۰۷	۰٫۵۵	۳٫۸۳	۵٫۶۸
دوم	۵۰۰	۳۱۲	۴۳٫۶۷	۱۷۳٫۳۳	۰٫۱۱	۰٫۸۶	۳٫۰۹	۴٫۷۴
سوم	۶۲۰	۴۳۲	۶۶٫۰۰	۲۰۰٫۰۰	۰٫۱۶	۱٫۰۳	۲٫۵۴	۴٫۸۱
چهارم	۸۰۰	۶۱۲	۱۳۰٫۳۳	۳۲۳٫۳۳	۰٫۳۶	۱٫۵۰	۲٫۴۷	۴٫۴۸
پنجم	۹۸۰	۷۹۲	۱۵۹٫۶۷	۳۳۶٫۶۷	۰٫۳۸	۱٫۶۰	۲٫۱۴	۴٫۶۰
ششم	۱۱۶۰	۹۷۲	۱۷۵٫۳۳	۳۳۳٫۳۳	۰٫۴۴	۱٫۶۹	۲٫۰۷	۴٫۷۸
آخر	۱۲۴۳	۱۰۰۶	۲۱٫۶۷	۳۷٫۶۷	۰٫۰۶	۰٫۱۵	۲٫۶۰	۴٫۰۲

برداشت نمونه

جدول ۴. متوسط رواناب، هدررفت خاک، و غلظت رسوب خروجی در کرت‌های آزمایشی با تیمار ۴٫۵ لیتر ویناس بر متر مربع و شدت بارندگی مختلف (میلی‌متر بر ساعت)

متغیر مورد بررسی	زمان (ثانیه)		رواناب (میلی‌لیتر)		هدررفت خاک (گرم)		غلظت رسوب (گرم بر لیتر)	
	۹۰	۵۰	۹۰	۵۰	۹۰	۵۰	۹۰	۵۰
شروع	۱۱۴	۳۸	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰
اول	۲۳۴	۱۵۸	۱۴۴٫۶۷	۲۳۳٫۳۳	۰٫۵۵	۱٫۵۲	۴٫۰۲	۶٫۶۰
دوم	۳۵۴	۲۷۸	۱۸۳٫۶۷	۳۱۳٫۳۳	۰٫۶۶	۲٫۰۷	۳٫۶۴	۶٫۶۶
سوم	۴۷۴	۳۹۸	۲۰۲٫۰۰	۳۱۵٫۰۰	۰٫۶۲	۲٫۵۰	۳٫۱۳	۷٫۹۰
چهارم	۶۵۴	۵۷۸	۳۳۰٫۰۰	۵۱۶٫۶۷	۰٫۵۷	۵٫۶۹	۱٫۷۷	۱۰٫۹۷
پنجم	۸۳۴	۷۵۸	۳۳۲٫۰۰	۵۳۰٫۰۰	۰٫۶۰	۵٫۲۴	۱٫۹۱	۹٫۸۳
ششم	۱۰۱۴	۹۳۸	۳۳۸٫۰۰	۴۹۰٫۰۰	۰٫۸۷	۴٫۷۲	۲٫۵۸	۹٫۶۵

برداشت نمونه

جدول ۵. متوسط رواناب، هدررفت خاک، و غلظت رسوب خروجی در کرت‌های آزمایشی با تیمار ۸ لیتر ویناس بر متر مربع و شدت بارندگی مختلف (میلی‌متر بر ساعت)

متغیر مورد بررسی	زمان (ثانیه)		رواناب (میلی‌لیتر)		هدررفت خاک (گرم)		غلظت رسوب (گرم بر لیتر)	
	۹۰	۵۰	۹۰	۵۰	۹۰	۵۰	۹۰	۵۰
شروع	۱۴۶	۴۳	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰
اول	۲۶۶	۱۶۳	۶۹٫۶۷	۲۸۰٫۰۰	۰٫۲۲	۱٫۸۴	۲٫۹۲	۷٫۳۴
دوم	۳۸۶	۲۸۳	۱۲۷٫۳۳	۲۸۰٫۰۰	۰٫۲۷	۱٫۴۵	۲٫۰۸	۵٫۱۸
سوم	۵۰۶	۴۰۳	۱۴۶٫۰۰	۲۹۶٫۶۷	۰٫۲۹	۱٫۴۱	۱٫۹۲	۴٫۶۶
چهارم	۶۸۶	۵۸۳	۲۳۹٫۰۰	۴۸۶٫۶۷	۰٫۴۰	۱٫۹۴	۱٫۶۷	۳٫۹۶
پنجم	۸۶۶	۷۶۳	۲۶۶٫۶۷	۵۰۶٫۶۷	۰٫۴۵	۲٫۴۰	۱٫۶۷	۴٫۷۴
ششم	۱۰۴۶	۹۴۳	۲۴۱٫۰۰	۴۱۶٫۶۷	۰٫۳۶	۲٫۴۰	۱٫۴۵	۴٫۵۳
آخر	۱۱۰۳	۹۸۵	۳۳٫۳۳	۲۹۷٫۲۹	۰٫۰۹	۰٫۱۲	۲٫۶۰	۲٫۹۲

برداشت نمونه

جدول ۶. نتایج مدل خطی عمومی برای شناسایی آثار یک‌جانبه و متقابل تیمارهای سطوح مختلف ویناس و شدت بارندگی بر زمان شروع، حجم و ضریب رواناب، هدررفت خاک، و غلظت رسوب

منبع اثر	متغیر وابسته	درجه آزادی	میانگین مربعات	F آماره	سطح معنی‌داری
شدت بارندگی (میلی‌متر بر ساعت)	زمان شروع رواناب (ثانیه)	۱	۴۵۲۹۲٫۹۰	۷۰٫۱۵	۰٫۰۰
	حجم رواناب (لیتر)		۴۲٫۳۰	۲۰۷٫۱۷	۰٫۰۰
	ضریب رواناب (درصد)		۰٫۲۷	۰٫۰۰	۰٫۵۱
	لگاریتم هدررفت خاک (گرم)		۸٫۵۸	۱۲۱٫۲۷	۰٫۰۰
	لگاریتم غلظت رسوب (گرم بر لیتر)		۲٫۷۲	۶۴٫۸۱	۰٫۰۰
مصرف ویناس (لیتر بر مترمربع)	زمان شروع رواناب (ثانیه)	۲	۴۹۱۸٫۹۸	۷٫۶۲	۰٫۰۲
	حجم رواناب (لیتر)		۱٫۳۱	۶٫۳۹	۰٫۰۰
	ضریب رواناب (درصد)		۸۸۱٫۸۳	۷٫۶۵	۰٫۰۰
	لگاریتم هدررفت خاک (گرم)		۱٫۱۹	۱۶٫۸۸	۰٫۰۰
	لگاریتم غلظت رسوب (گرم بر لیتر)		۱٫۱۵	۲۷٫۲۸	۰٫۰۴
شدت بارندگی × مصرف ویناس	زمان شروع رواناب (ثانیه)	۲	۲۰۳۶٫۸۰	۳٫۱۶	۰٫۱۹
	حجم رواناب (لیتر)		۱٫۳۸	۶٫۷۵	۰٫۴۰
	ضریب رواناب (درصد)		۹۳۱٫۱۷	۸٫۰۸	۰٫۲۴
	لگاریتم هدررفت خاک (گرم)		۰٫۱۲	۱٫۷۲	۰٫۹۹
	لگاریتم غلظت رسوب (گرم بر لیتر)		۰٫۰۴	۱٫۰۵	۰٫۵۱

جدول ۷. تفکیک سطوح تیمارها به زیرگروه‌های همگن با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد

متغیر مورد بررسی	زیر گروه ۱	زیر گروه ۲
زمان شروع رواناب (ثانیه)	۴٫۵ و ۸	شاهد
حجم رواناب (لیتر)	۴٫۵ و ۸	شاهد
ضریب رواناب (درصد)	شاهد	۴٫۵ و ۸
لگاریتم هدررفت خاک (گرم)	۴٫۵	شاهد و ۸
لگاریتم غلظت رسوب (گرم بر لیتر)	شاهد و ۸	۴٫۵

ویناس ۸ لیتر بر متر مربع در یک زیرگروه و تیمار ویناس ۴٫۵ لیتر بر متر مربع در زیرگروه دیگر قرار می‌گیرد. در واقع، بیشینه میزان کاهش هدررفت خاک پس از تیمار شاهد به وسیله کاربرد غلظت بالای ویناس است (جدول ۷). این نتایج با نتایج Chenu *et al* (2000) و Gonzalez and Tejada (2003, 2005, 2006) و Tejada *et al* (2007) منطبق بود که اثر منفی ویناس بر ویژگی‌های فیزیکی و هدررفت خاک را گزارش دادند و علت آن را مقدار بالای کاتیون‌های تک ظرفیتی سدیم و اسید فولیک و آمونیاک و بی‌ثباتی خاک معرفی کردند؛ در حالی که برخی دیگر از پژوهشگران (Tejada and Gonzalez, 2005) استفاده از ویناس را در سطح خاک مفید دانسته‌اند. با این حال طبیعی است که عملکرد آن در خاک بستگی به ویژگی‌های خاک و ویناس استفاده‌شده دارد (Romanholo Ferreira *et al*, 2011).

بررسی نتایج تغییرات زمانی متوسط هدررفت خاک خروجی طی دو شدت بارندگی یادشده در تیمارها با توجه به جدول‌های ۳ تا ۵ نشان داد تیمار ۴٫۵ لیتر ویناس بر متر مربع نسبت به تیمار شاهد در دو شدت ۵۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت میزان هدررفت خاک در گام‌های زمانی را افزایش می‌دهد؛ در حالی که میزان هدررفت خاک در تیمار ۸ لیتر ویناس بر متر مربع نسبت به تیمار شاهد و در شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت روند افزایشی و در شدت ۹۰ میلی‌متر بر ساعت روند کاهش‌دهنده دارد. همچنین، نتایج آماری نشان داد اثر شدت و تیمار بر هدررفت خاک در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنادار است ( $P < 0.01$ )؛ در حالی که اثر متقابل تیمار و شدت بارندگی بر هدررفت خاک اثر معنادار ندارد ( $P = 0.99$ ). گروه‌بندی متغیرهای مستقل به زیرگروه‌های همگن نیز نشان داد تیمار شاهد و

با ۸ لیتر بر متر مربع ویناس نسبت به تیمار شاهد بیش از تیمار ۴/۵ لیتر ویناس بر متر مربع بود.

#### نتیجه‌گیری

کاربرد ویناس بر شکل‌گیری مؤلفه‌های رواناب و رسوب اثر منفی دارد. بنابراین، مصرف سطح بالای ویناس برای کاهش تولید رواناب و رسوب توصیه می‌شود. از سوی دیگر به دلیل مایع بودن این پسماند و واکنش مواد تشکیل‌دهنده آن جهت تأثیر مثبت بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و زیستی خاک پیشنهاد می‌شود زمان ماندگاری این پسماند بر خاک قبل از وقوع بارش افزایش یابد. همچنین می‌توان از آن به صورت ترکیبی با سایر پسماندهای آلی مفید برای حفاظت خاک استفاده کرد. به علاوه توصیه می‌شود، قبل از کاربرد هر پسماند آلی جهت حفاظت خاک، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن به طور دقیق بررسی شود تا خاک را تخریب نکند و اثر منفی بر مؤلفه‌های هیدرولوژیک نگذارد و از مواد سازگار با محیط زیست باشد. از نتایج این پژوهش همچنین می‌توان به تفاوت رفتار هیدرولوژیک کرت‌های آزمایشی کوچک طی کاربرد سطوح مختلف ویناس اشاره کرد. البته جمع‌بندی نهایی صرفاً پس از انجام دادن سطوح گسترده آزمایش‌ها در شرایط مختلف امکان‌پذیر خواهد بود.

تجزیه و تحلیل داده‌های متوسط غلظت رسوب تیمارهای مختلف طی رگبارهای با دو شدت ۵۰ و ۹۰ میلی متر بر ساعت در جدول‌های ۳ تا ۵ می‌آید. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش زمان پس از شروع رواناب مقدار متوسط غلظت رسوب در کرت‌های کوچک با تیمار ۴/۵ لیتر بر متر مربع ویناس نسبت به تیمار شاهد طی دو شدت بارندگی روند افزایشی دارد؛ در حالی که تیمار ۸ لیتر ویناس بر متر مربع در شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت موجب کاهش غلظت رسوب نسبت به تیمار شاهد می‌شود و در شدت ۹۰ میلی‌متر بر ساعت تغییرات متوسط غلظت رسوب از روند خاصی پیروی نمی‌کند. نتایج آزمون آماری جدول ۶ نشان داد تیمار در سطح اعتماد ۹۹ درصد ( $P < 0.01$ ) و شدت بارندگی در سطح اعتماد ۹۵ درصد ( $P = 0.04$ ) بر غلظت رسوب معنادار است؛ در حالی که اثر متقابل تیمار و شدت بارندگی بر غلظت رسوب معنادار نیست ( $P = 0.51$ ). نتایج گروه‌بندی متغیرهای مستقل (جدول ۷) نشان داد، در سطوح مختلف ویناس، تیمار شاهد و ۸ لیتر ویناس بر متر مربع در یک زیرگروه و تیمار ۴/۵ لیتر ویناس بر متر مربع در زیرگروهی دیگر قرار می‌گیرند. به عبارت دیگر، بین تیمار شاهد و ۸ لیتر ویناس بر متر مربع با تیمار ۴/۵ لیتر ویناس بر متر مربع اختلاف معنادار وجود دارد. کاهش غلظت رسوب در کرت‌های تیمار شده

#### REFERENCES

- Agassi, M. (1996). *Soil Erosion, Conservation, and Rehabilitation*. Ed. Marcel Dekker, New York.
- Agassi, M. and Bradford, J. M. (1999). Methodologies for Interrill Soil Erosion Studies. *Soil and Tillage Research*, 49(4), 277-287.
- Arnaez, J., Lasanta, T., Ruiz-Flano, P., and Ortigosa, L. (2007). Factors Affecting Runoff and Erosion under Simulated Rainfall in Mediterranean Vineyards. *Soil & Tillage Research*, 93(2), 324-334.
- Assouline, S. and Ben-Hur, M. (2006). Effect of Rainfall Intensity and Slope Gradient on the Dynamics of Interrill Erosion During Soil Surface Sealing. *Catena*, 66(3), 211-220.
- Baratshoostari, M., Ahmadian, S., and Asfiaa, Gh. (2008). *Sugarcane in Iran*, Aizh press, pp. 336. (In Farsi)
- Bihamta, M. R. and Zare Chahouki, M. A. (2010). *Principles of statistics for the natural resources science*. University of Tehran press. Tehran, Iran. 300p. (In Farsi)
- Blanco, H. and Lal, R. (2013). *Principles of soil conservation and management*, Translated by Salajagheh, A. Seyedalipour, M.H. and Hosseinalizadeh, M. University of Tehran press, pp. 643. (In Farsi)
- Chenu, C., Le Biossonais, Y., and Arrouays, D. (2000). Organic Matter Influence on Clay Wettability and Soil Aggregate Stability. *Soil Science Society of America Journal*, 64(4), 1479-1486.
- Elhamifard, M. and Jafari, S. (2007). Effect of vinasse as a source of potassium fertilizer on soil chemical properties and yield of sugarcane. In: *Proceedings of 10th Iranian of Soil Science Congress*, 26-28 Aug., College of Agriculture and Natural Resources, Tehran University, Karaj, Iran, pp. 807-808. (In Farsi)
- Ellison, W. D. (1952). Raindrop Energy and Soil Erosion. *The Empire Journal of Experimental Agriculture*, 20, 81-97.
- Flanagan, D. C., Chaudhari, K. L., and Norton, D. (2002). Polyacrylamide Soil Amendment Effects on Runoff and Sediment Yield on Steep Slopes: Part II. Natural Rainfall Conditions. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 45(5), 1-13.
- Fox, D.M. and Bryan, R.B. (1999). The Relationship of Soil Loss by Interrill Erosion to Slope Gradient, *Catena*, 38(3), 211-222.
- Gunkel, G., Kosmol, J., Sobral, M., Rohn, H., Montenegro, S., and Aureliano, J. (2007). Sugar Cane Industry as a Source of Water Pollution Case Study on the Situation in Ipojuca River, Pernambuco, Brazil. *Journal of Water, Air and Soil Pollution*, 180(1-4), 261-269.



- Hawke, R. M., Price, A. G., and Bryan, R. B. (2006). The Effect of Initial Soil Water Content and Rainfall Intensity on Near-Surface Soil Hydrologic Conductivity: A Laboratory Investigation. *Catena*, 65(3), 237-246.
- Hillel, D. (2010). *Environmental Soil Physics*. Translated by Ghahraman, B. Ferdowsi University Of Mashhad, pp. 987. (In Farsi)
- Jafari, S., Naseri, A. A., Nadian, H., and Elhamifard, M. (2003). Effect of increase of vinasse along with irrigation water on chemical properties of soil. In: *Proceedings of 8th Iranian of Soil Science Congress*, 27-30 Sept., University of Guilan, Guilan, Iran, pp. 701-705. (In Farsi)
- Karimi, F. and Bahmanyar, M. A. (2013). The residual effects of applying compost on the amount of lead and cadmium (total and available) in soil and rice plant. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 3(1), 199-213. (In Farsi)
- Khaledi Darvishan, A., Sadeghi, S. H. R., Homaei, M., and Arabkhedri, M. (2013). Measuring Sheet Erosion Using Synthetic Color-Contrast Aggregates. *Hydrological Processes*, 27(16), 2225-2382.
- Kukul, S. S. and Sarkar, M. (2010). Splash Erosion and Infiltration in Relation to Mulching and Polyvinyl Alcohol Application in Semi-Arid Tropics. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 56(6), 697-705.
- Kukul, S. S. and 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.
- Madejón, E., López, R., Murillo, J. M., and Cabrera F. (2001). Agricultural Use of Three (Sugar-Beet) Vinasse Composts: Effect on Crops and Chemical Properties of a Cambisol Soil in the Guadalquivir River Valley (SW Spain). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 84(1), 55-65.
- Mahmoodabadi, M., Rashidi, O. L., and Fekri, M. (2013). Application of alfalfa residue, poultry manure and potassium fertilizer on some soil properties and onion yield. *Journal of water and soil*, 27(2), 452-461. (In Farsi)
- Martinelli, L. A. (2003). Acid Rain and Nitrogen Deposition in a Sub-Tropical Watershed (Piracicaba): Ecosystems Consequences. *Journal of Environmental Pollution*, 121(3), 389-399.
- Nazmi, L., Shabanpur, M., and Hashemimajd, K. (2011). Effect of type and amount of organic wastes compost on physical properties of two types of soil. *Iranian Journal of Soil Research*, 25(2), 93-102. (In Farsi)
- Orsham, A., Akhund Ali, A. M., and Behnia, A. (2010). Effect of soil antecedent moisture contents on runoff and sedimentation values with simulated rainfall method. *Iranian journal of Range and Desert Reseach*, 16(4), 445-455. (In Farsi)
- Pimentel, D. and Harvey, C. (1999). *Ecological Effects of Erosion*. in: Walker, L.R(ed). *Ecosystems of Disturbed Ground*, 123-135.
- Razali, N. M. and Wah, Y. B. (2011). Power Comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lillifores and Anderson-Darling Tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2(1), 21-33.
- Romanholo Ferreira, L. F., Aguiar, M. M., Messias, T. G., Pompeu, G. B., Queijeiro Lopez, A. M. Silva, D. P., and Monteiro, R. T. (2011). Evaluation of Sugar-Cane Vinasse Treated with Pleurotus Sajor-Caju Utilizing Aquatic Organisms as Toxicological Indicators. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74(1), 132-137.
- Saadat, K., Barani Motlagh, M., Dordipour, E., and Ghasemnezhad, A. (2012). Influence of sewage sludge on some soil properties, yield and concentration of lead and cadmium in roots and shoots of Maize. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 2(2), 27-48. (In Farsi)
- Sadeghi, S. H. R. (2010). *Study and measurement of water erosion*, Tarbiat Modares University press, pp. 200. (In Farsi)
- Sadeghi, S. H. R. and Saeidi, P. (2010). Reliability of Sediment Rating Curves for a Deciduous Forest Watershed in Iran. *Hydrological Sciences Journal*, 55(5), 821-831.
- Sadeghi, S. H. R., Mohammadpour, K., and Dianati Tilaki, Q. A. (2010). Temporal variability of runoff coefficient in kojour summer rangelands. In: *Abstracts Proceedings of 6th National Seminar on Watershed Management and 4th National Seminar on Soil Erosion and Sediment*, 28-29 April, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran, pp. 52. (In Farsi)
- Shahbazi, A., Sarmadian, F., Refahi, H. Q., and Gorji, M. (2005). Effect of polyacrylamide on erosion and runoff of salt-sodium soils. *Iranian Journal of Soil and Waters Sciences*, 36(5), 1103-1112. (In Farsi)
- Shekofteh, H., Rafahi, H., and Gorji, M. (2005). A study of the effects of polyacrylamide on soil erosion and runoff. *Iranian journal of agricultural sciences*, 36(1), 177-186. (In Farsi)
- Taleb Beidokhti, N., Shahoi, S. S., Behnia, A., Behbodi, F., Sadeghi, S. H. R., Malek, A., and Sharifi, F. (2003). *Erosion And Sediment Glossary*, Erosion and Sediment Committee press, 386. (In Farsi)
- Tejada, M. and Gonzalez, J. L. (2003). Effects of the Application of a Compost Originating from Crushed Cotton Gin Residues on Wheat Yield under Dryland Conditions. *European Journal Of Agronomy*, 19(2), 357-368.
- Tejada, M. and Gonzalez, J. L. (2005). Beet Vinasse Applied to Wheat Under Dryland Conditions Affects Soil Properties and Yield. *European*

- Journal of Agronomy*, 23(4), 336-347.
- Tejada, M. and Gonzalez, J. L. (2006). Effects of Two Beet Vinasse Forms on Soil Physical Properties and Soil Loss. *Catena*, 68(1), 41-50.
- Tejada, M., Gomez, I., Hernandez, T., and Garcia, C. (2010). Utilization of Vermicomposts in Soil Restoration: Effects on Soil Biological Properties. *Soil Science Society of America Journal*, 74(2), 525-532.
- Tejada, M., Gonzalez, J. L., and Parrado, J. (2009). Effects Of a Vermicompost Composted with Beet Vinasse on Soil Properties, Soil Losses and Soil Restoration. *Catena*, 77(3), 238-247.
- Tejada, M., Moreno, J. L., Hernández, M. T., and García, C. (2007). Application of Two Beet Vinasse Forms on Soil Restoration: Effects on Soil Properties in an Arid Environment In Southern Spain. *Agriculture, Ecosystems And Environment*, 119, 289-298.
- UNESCO (2009). Integrated Water Resources Management Guidelines at River Basin Level. Part 1, 24p.
- Wang, P. K. and Pruppacher, H. R. (1977). Acceleration to Terminal Velocity of Cloud and Raindrops. *Journal of Applied Meteorology*, 16(3), 275-280.