

<sup>۴</sup> بهزاد زارعی<sup>۱</sup>، لیلا غلامی<sup>۲</sup>، عطاالله کاویان<sup>۳</sup> و کاکا شاهدی<sup>۴</sup>

- ۱- دانش آموزخانه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری  
۲- استادیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسؤول: l.gholami@sanru.ac.ir)  
۳- استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری  
۴- دانشیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری  
تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۹ تاریخ پذیرش: ۹۸/۵/۱۹  
صفحه: ۵۴ تا ۶۴

جگیده

تغییرات در اندازه کرت می‌تواند مشخص کننده تاثیرات آن بر تغییرات مولفه‌های رواناب و هدررفت خاک باشد. از سویی نیز رواناب تولید شده در خاک‌های فرسایش یافته یکی از مهم‌ترین موانع و چالش‌های بشر در حفاظت از منابع آب و خاک بوده و نیز تهدیدی برای رفاه و حیات می‌باشد. یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل کننده رواناب سطحی و افزایش نفوذ خاک، کاربرد افزودنی‌ها یا مواد اصلاح کننده به خاک می‌باشد. اما پایاستی توجه داشت که تغییر اندازه کرت نیز می‌تواند تغییرات رواناب و هدررفت خاک را کنترل نماید. بنابراین پژوهش حاضر بهمنظور بررسی اثر تغییر اندازه در کرت‌های آزمایشگاهی در دو اندازه  $0/05 \times 0/25$  و  $0/05 \times 0/25$  مترمربع با استفاده از کود آلی با مقادیر صفر (تیمار شاهد)  $0/25$  و  $0/25$  (تیمار حفاظتی) گرم بر مترمربع بر تغییرات زمان شروع، ضریب رواناب، هدررفت خاک و غلظت رسوب انجام گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد در کرت‌هایی با اندازه  $0/05 \times 0/25$  مترمربع و کاربرد کود آلی با مقدار  $0/25$  گرم بر مترمربع تاثیر اندکی بر افزایش زمان شروع رواناب نسبت به تیمار شاهد داشت. اما با افزایش اندازه کرت و هم‌چنین میزان کود آلی زمان شروع رواناب افزایش یافت. تاثیر اندازه کرت روی مولفه‌های ضریب رواناب، هدررفت خاک و غلظت رسوب، کود آلی بر مولفه‌های زمان شروع رواناب، ضریب رواناب و هدررفت خاک و اثر متقابل تغییر اندازه و تیمار کود آلی برای مولفه هدررفت خاک در سطح  $0/9$  درصد معنی دار بود. هم‌چنین در کرت با مساحت  $0/05 \times 0/25$  مترمربع تغییرات مولفه‌های زمان شروع و ضریب رواناب، هدررفت خاک و غلظت رسوب برای کود آلی با مقدار  $0/25$  گرم بر مترمربع نسبت به مقدار  $0/25$  گرم بر مترمربع به ترتیب  $0/27 \times 0/27$ ،  $0/22 \times 0/22$  و  $0/14 \times 0/14$  درصد بود. درحالی که تغییرات مولفه‌های بررسی شده برای کرت  $0/05 \times 0/25$  مترمربع به ترتیب  $0/21 \times 0/21$ ،  $0/09 \times 0/09$  و  $0/04 \times 0/04$  درصد بود.

واژه‌های کلیدی: تغییر اندازه کرت، تولید رسوپ، حفاظت آب و خاک، خاک فرسایش یافته، مهار فرسایش خاک

می‌پذیرد که در این زمینه اهداف مطالعه و امکانات موجود یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده اندازه مطالعه در این گونه تحقیقات می‌باشد. پژوهشگران نشان داده‌اند که کرت‌های فرسایش به دلیل اینکه اغلب ابعاد کوچکی داشته و قابلیت کنترل شرایط در آن‌ها بهتر است، یکی از پرکاربردترین ابزارهای مورد استفاده در تحقیقات حفاظت خاک و آب می‌باشد (۶). نتایج بسیاری از پژوهش‌ها نشان داده است که تعمیم مقادیر فرسایش حاصل از اندازه‌های مکانی مختلف به یکدیگر دارای مشکلات و محدودیت‌های فراوانی است که این امر لزوم توجه به اثر اندازه مکانی و یا ابعاد محیط‌آزمایشی در هر پژوهش می‌باشد (۴۶). هم‌چنین نتایج اندازه‌گیری‌های متعدد نشان داده که غالباً با تعییرات اندازه مکانی حجم رواناب و هدرفروض خاک ناشی از آن اندازه‌گیری شده در واحد سطح تعییر می‌یابد که در منابع مختلف از این پدیده به عنوان اثر اندازه یاد می‌شود (۵۲، ۵). از طرفی تعیین ابعاد مناسب کرت با توجه به اهداف مورد بررسی و سایر شرایط حاکم بر تصمیم‌گیری بسیار مهم بوده و زمینه‌ساز دست‌یابی به نتایج قابل اعتماد خواهد شد. در زمینه کاربرد ابعاد کرت پژوهش‌هایی توسط فرناندر و همکاران (۱۲)، گراسیاوارنر و همکاران (۲۱)، لیسکووسکی و کندرسی (۳۲) و رایچارد و همکاران (۴۸) انجام شده است. به همین دلیل

مقدمة

خاک عامل اصلی در تولید مواد غذایی بوده، اما این منبع خدادادی همواره تحت تأثیر تخریب قرار داشته، بنابراین مبارزه با تخریب و هدر رفت این منع در سطح جهان از توجه ویژه‌ای برخوردار است و علی‌رغم مطالعات زیاد انجام شده در این زمینه برای درک کامل این پدیده، راهی طولانی در پیش است (۴۴). یکی از مهم‌ترین عوامل ایجاد فرسایش خاک، رواناب سطحی ایجاد شده پس از بارندگی می‌باشد (۱۵). بررسی تولید رواناب یکی از فرآیندهای اصلی و مهم فرسایش و هدر رفت خاک بوده که آگاهی از ویژگی‌های مؤثر بر آن امری ضروری به نظر می‌رسد و در صورت کنترل و یا کاهش آن می‌توان هدر رفت خاک را کنترل و یا کاهش داد. ویژگی‌های باران و به تبع آن رواناب ایجاد شده روی عواملی همچون بافت خاک، ساختمان و نفوذپذیری خاک تاثیر می‌گذارد. متأسفانه در طی سالیان گذشته به دلیل عدم مدیریت کارآمد و در نتیجه تخریب زمین و ایجاد باران‌های سیل آسا فرآیند ایجاد فرسایش خاک به صورت فزاینده‌ای فزایش یافته است (۲۵، ۱). اندازه‌گیری میزان رواناب در واحد سطح به منظور ارزیابی وضعیت فرسایش آبی در مناطق مختلف بسیار حائز اهمیت است. تحقیقات مربوط به حفاظت خاک و آب در دامنه وسیع، از اندازه‌های مکانی، صورت

بیشتر از رواناب بود. شارپلی و کلینمن (۵۳) با استفاده از کرت‌های  $1\times 2$  و  $10/7 \times 3\times 10$  متر در مقایسه با سطح حوزه آبخیز در منطقه پسیلوانیا به این نتیجه رسیدند که با افزایش مساحت، میزان رواناب در واحد سطح کاهش یافت. راموس و مارتینز-کاساستنواوس (۴۳) با کاربرد کود گاوی مایع اسپری شده بر سطح خاک، در مقایسه کرت‌های آزمایشگاهی  $2/5$  مترمربع، خاک شنی-لومی و شب ۵ درصد در انگلستان نشان دادند که این افزودنی حجم رواناب را حدود  $30\%$  درصد افزایش داد. اسمتس و همکاران (۵۵) به بررسی تأثیر طول کرت روی اثربخشی پوشش‌های مختلف خاک نشان داد که برای طول کرت کمتر از ۱۱ متر، بسته به عوامل مختلف، تغییرات زیادی در رواناب در هر نوع پوشش خاک وجود داشت. اسدزاده و همکاران (۳) در تحلیل آماری رواناب واحد سطح نشان دادند که هیچ تفاوت معنی‌داری برای کرت‌هایی با طول  $15\text{ cm}$  و بزرگ‌تر وجود ندارد، اما در کرت‌هایی با طول  $10\text{ cm}$  و کوچک‌تر به طور معنی‌داری تفاوت مشاهده شد. صادقی و همکاران (۵۱) با بررسی نقش اندازه و کاهش و کلش برنج در دو اندازه  $0/5 \times 0/5$  و  $6 \times 1$  مترمربع و شدت‌های بارندگی  $50$  و  $90$  میلی‌متر در ساعت نشان دادند که ضریب رواناب و غلظت رسوب در کرت  $0/25$  مترمربع و شدت بارندگی  $90$  میلی‌متر در ساعت بیشترین کاهش را داشته است. لثما و همکاران (۳۶) اثر اندازه کرت  $15 \times 15$  متر و سه حوزه آبخیز بر تغییرات ضریب رواناب را در اتباعی ارزیابی نمودند. ایشان بیان نمودند که رواناب ایجاد شده دارای تغییرات زیادی در اندازه‌های متفاوت بود. اسدزاده و همکاران (۴) به بررسی اثر اندازه کرت بر میزان رواناب و رسوب اندازه‌گیری شده ناشی از رگبارهای طبیعی در ایستگاه پلشت، استان آذربایجان غربی پرداختند. ایشان نشان داد رواناب و رسوب تولید شده در واحد سطح با افزایش مساحت و یا طول کرت به صورت توانی کاهش می‌یابد. مقایسه آماری عملکرد کرت‌هایی با ابعاد مختلف نشان داد که در اغلب رخدادها، بین کرت‌هایی با طول کمتر از  $10\text{ cm}$  و کرت‌هایی بزرگ‌تر تفاوتی معنی‌دار وجود دارد، در حالی که اختلاف عملکرد کرت‌هایی با طول بیش از  $15\text{ cm}$  متراً تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. پرهیزگار و همکاران (۴۰) شش کرت آزمایشی با طول  $3$  تا  $60\text{ cm}$  و عرض یک تا شش متر در یک دامنه در منطقه سراوان رشت در استان گیلان احداث کردند. میزان رواناب در  $14\text{ cm}$  طبیعی باران از مهر سال  $1394$  تا اردیبهشت  $1395$  جمع‌آوری و سپس مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج نشان داد رواناب در واحد سطح با افزایش طول کرت به صورت غیرخطی کاهش یافت. مقایسه میانگین بین کرت‌ها نشان داد که کرت‌هایی با طول بیشتر از  $10\text{ cm}$  متراً اختلاف معنی‌داری از نظر تولید رواناب با هم نداشتند. همچنین برخی پژوهش‌گران اثر کود دائمی را بر تغییرات پاشمان (۱۶)، نفوذ، رواناب (۱۶) و (۴۸)، هدررفت خاک از (۱۶) و آبنمود و رسوب‌نمود (۱۸) در مقایسه کرت‌های آزمایشگاهی بررسی نمودند، این پژوهش‌گران نشان دادند که کودهای مورد استفاده تاثیرات معنی‌داری بر مولفه‌های مورد بررسی داشت. به دلیل تنوع نتایج گزارش شده و دخالت فرآیندهای مختلف در تعیین نقش

برخی پژوهش‌گران از جمله صادقی و همکاران (۵۲) به مقایسه ابعاد مختلف کرت‌ها در بررسی برآورد تولید رواناب و هدررفت خاک پرداخته‌اند. مروری بر مطالعات نشان می‌دهد که دامنه اندازه مکانی در کرت‌های فرسایش خاک نسبتاً وسیع بوده و از کرت‌هایی با مساحت کمتر از یک مترمربع تا کرت‌هایی با مساحت بیش از یک هکتار را شامل می‌شود (۳۳). بررسی پژوهش‌های صورت گرفته در مورد رابطه اندازه کرت و مقدار رواناب و هدررفت خاک نشان دهنده روند کاهشی میزان رواناب در واحد سطح با افزایش ابعاد کرت، در اغلب شرایط می‌باشد (۵۵ و ۶۲). در این زمینه دلایلی نظری نگهداشت سطحی بیشتر در کرت‌های بزرگ، افزایش تغییرات مکانی خصوصیات خاک موثر در تولید رواناب و همچنین اختلاف مربوط به دینامیک فرآیندهای تشکیل رواناب و هدررفت خاک در کرت‌ها مورد تأکید پژوهش‌گران قرار گرفته است. البته برخی از پژوهش‌گران نیز به افزایش و یا عدم تغییرات رواناب و یا هدررفت خاک با افزایش ابعاد کرت اشاره نموده‌اند که این مشاهدات به عواملی نظری عدم توانایی سطح خاک در نگهداشت رواناب به دلیل شبیه زیاد و یا وجود شبکه متراکم شیارها، نسبت داده شده است (۳۷، ۵۵). در رابطه با پژوهش‌های صورت گرفته در کشور نکته حائز اهمیت این است که نقش اندازه در اغلب این مطالعات نادیده گرفته شده است.

برخی پژوهش‌گران از جمله دندی و بولتن (۱۱) در پژوهشی کرت‌های آزمایشی به سطح  $80\text{ cm}$  مترمربع را با حوزه آبخیز سه هکتاری مقایسه نمودند و رواناب حوزه آبخیز را دو برابر کرت‌ها به دست آورند. در پژوهش دیگری که توسط لیسیونتایس و همکاران (۳۳) تأکید کردند که تأثیر طول کرت بر تولید رواناب به میزان بسیار زیادی بستگی به شرایط سطحی و تغیرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک دارد. پوزن و همکاران (۴۱) با بررسی اثرات تغییر اندازه قطعات سنگی بر تغییرات رواناب و هدررفت خاک بیان کردند که تغییر اندازه اثر مهمی بر تغییرات رواناب دارد. پولیاکوو (۴۲) کرت‌هایی با ابعاد  $4 \times 4\text{ m}$  را با نتایج حوزه آبخیز محاط بر آن در ایالات متحده مقایسه کرد و هدررفت خاک در کرت را بسیار بالاتر از سطح حوزه آبخیز برآورد نمود. جوئل و همکاران (۲۶) در پژوهشی در منطقه مرکزی شیلی به این نتیجه رسیدند که با افزایش ابعاد کرت از  $0/25$  به  $0/50$  مترمربع و شرایط آزمایشگاهی، ضریب رواناب کاهش می‌یابد. سردا و همکاران (۷) به بررسی تأثیر اندازه کرت رواناب در مناطق کشاورزی نرماندی فرانسه پرداختند. آن‌ها در این پژوهش از داده‌های کرت‌های  $450\text{ cm}$  مترمربع، دو حوضه  $90$  و  $110\text{ cm}$  هکتاری برای بررسی مولفه رواناب و هدررفت خاک استفاده کردند. نتایج به دست بین این سه اندازه نشان داد با افزایش سطح، ضریب رواناب و هدررفت خاک کاهش قابل توجهی را ارائه نمود. مینگوو و همکاران (۳۸) در اندازه کرت و حوزه آبخیز اثرات پوشش گیاهی بر نسبت تولید رواناب و رسوب در لس‌های شمال چین را بررسی نمودند. ایشان بیان نمودند که پوشش گیاهی توانست رواناب و هدررفت خاک را هر دو اندازه مورد مطالعه کاهش داد و همچنین در اندازه کرت مقادیر کاهش رسوب

باران و شدت بارندگی ۵۰ میلی متر بر ساعت در سه تکرار انجام شد.

- **مشخصات شبیه ساز باران و شدت بارندگی**  
 شبیه ساز بارانی که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت از قسمت های مختلفی شامل صفحه کنترلی، سامانه آبرسانی، صفحه بارش شامل دو نازل نوسانی از نوع ویجت  $80 \times 100$  با قطر روزنه  $4/5$  میلی متر و سامانه جمع آوری آب مازاد تشکیل شده است که روی پایه هایی متحرک با قابلیت تنظیم ترا ارتفاع ۲۷۰ سانتی متر تشکیل شده است (۲۷ و ۲۹). با توجه به داده های باران نگار نزدیک ترین ایستگاه سینوپتیک (ایستگاه ساری) و در نهایت بررسی منحنی های شدت-مدت-فرآونانی تهیه شده برای آن، شدت بارندگی ۵۰ میلی متر در ساعت با دوره بازگشت ۲۰ ساله به عنوان شدت انتخابی برای پژوهش حاضر مد نظر قرار گرفت (۱۷ و ۱۸). شکل ۱ نمایی از شبیه ساز باران مورد استفاده را نشان می دهد.

اندازه کرتهای، بررسی نقش اندازه بر تغییرات مولفه های رواناب و هدررفت خاک در شرایط مختلف نیاز به بررسی دارد. از طرفی نیز کاربرد افزودنی های خاک می تواند نقش مهمی در مهار مولفه های رواناب و هدررفت خاک داشته و نیز نقش آنها را در مقایسه با شرایط بدون استفاده از آنها نشان دهد. بنابراین پژوهش حاضر به منظور بررسی تغییر اندازه با استفاده از دو اندازه  $0/25 \times 0/05$  و  $1/05 \times 0/05$  مترمربع و نیز نقش کود آلی با دو مقدار  $62/5$  و  $125$  گرم بر مترمربع در تغییرات رواناب و هدررفت خاک برای شرایط آزمایشگاهی انجام شد.

## مواد و روش ها

پژوهش حاضر در شرایط آزمایشگاهی به منظور مطالعه اثر دو اندازه  $0/25 \times 0/05$  و  $1/05 \times 0/05$  مترمربع (به ترتیب ۲۲ و ۲۹) و با استفاده از کود آلی با مقدار  $62/5$  و  $125$  گرم بر مترمربع (به ترتیب ۵۷ و ۱۲۵) روی مولفه های زمان شروع، ضریب رواناب، هدررفت خاک و غلظت رسوب با استفاده از شبیه ساز



شکل ۱- نمایی از شبیه ساز باران در شرایط آزمایشگاهی  
 Figure 1. View of rainfall simulator in laboratory conditions

کاهش وزن در کف کرتهای از سه لایه پوکه معدنی با اندازه های مختلف و ضخامت ۱۵ سانتی متر استفاده شد (۸ و ۱۰) (شکل ۲ بالا). سپس از گونی کنفی در زیر خاک و دیوارهای کرتهای به منظور افزایش اصطکاک در بین دیواره کرت و خاک و همچنین جداسازی خاک و پوکه استفاده شد (۸) (شکل ۲ پایین). در نهایت خاک آماده شده در درون کرتهای قرار داده شد و برای دستیابی به جرم مخصوص ظاهری با توجه به اهمیت آن در برابر قطرات باران و رواناب (۳۵) از غلطک استفاده شد (۵۰).

### انتخاب تیمار کود

برای انجام پژوهش حاضر از تیمار کود آلی هوا خشک شده (۴۴) به عنوان یک افزودنی آلی خاک و موجود در شرایط منطقه و همچنین ارزان استفاده شد. کود آلی با مقدار صفر (تیمار شاهد)،  $62/5$  و  $125$  گرم بر مترمربع (۳۱) (۵۷) در رفت خاک از دو سری کرت به ابعاد  $0/25 \times 0/05$  مترمربع و در رفت خاک از دو سری کرت به ابعاد  $1/05 \times 0/05$  مترمربع و  $1/05 \times 0/05$  مترمربع استفاده شد. برای ایجاد لایه ای نفوذپذیر و

### ویژگی خاک

خاک مورد استفاده، خاک سطحی اراضی مرتعی بوده که پس از انتقال به آزمایشگاه به منظور حفظ پایداری نسبی خاکدانه ها با در نظر گرفتن مقدار و دانه بندی خاکدانه ها، برای افزایش تشابه با شرایط طبیعی، خاک پس از خشک کردن تا حد رطوبت بهینه از الک چهار میلی متر عبور داده شد (۱۰ و ۱۴). اندازه گیری بافت خاک با روش هیدرومتری نشان داد که خاک دارای بافت لومی-رسی با درصد رس، شن و سیلت به ترتیب  $37/0/8$  درصد،  $35/9/4$  درصد  $26/9/8$  درصد بود. سایر ویژگی های اندازه گیری شده خاک نشان داد درصد مواد آلی (به روش والکلی و یالاک)، pH (روش پتانسیومتری) و هدایت الکتریکی آن نیز به ترتیب  $0/4$  درصد،  $7/36$ ،  $57/4$  میکروزیمنس بر سانتی متر اندازه گیری شد (۲۵).

### مراحل آماده سازی کرتهای

در این پژوهش به منظور اندازه گیری مقدار رواناب و در رفت خاک از دو سری کرت به ابعاد  $0/25 \times 0/05$  مترمربع و  $1/05 \times 0/05$  مترمربع استفاده شد. برای ایجاد لایه ای نفوذپذیر و

شیبیه‌ساز باران برای شدت ۵۰ میلی‌متر در ساعت و در شیب ۲۰ درصد (شیب متوسط منطقه برداشت خاک) برای جمع‌آوری رواناب و رسوب شیبیه‌سازی شد.

با دست پخش گردید (۴۳). سپس آزمایش‌ها در تیمار شاهد و تیمارهای حفاظت شده با کود با سه تکرار (۱۶، ۳۹، ۴۳ و ۴۷) و انجام شد. کرت‌های شاهد (بدون کاربرد کود) و کرت‌های تیمار شده (بعد از کاربرد کود در سطح خاک) با استفاده از



شکل ۲- نمایی از قرارگیری پوکه معدنی (بالا) و گونی گنبی (پایین) در کرتهای  
Figure 2. View from placement of pumice (up) and porous jute in plots

خروجی از کرتهای به طور کامل به مدت ۲۴ ساعت به حالت سکون قرار داده شدند. پس از طی مدت زمان مذکور مقدار آب اضافی نمونه‌ها تا حد امکان با استفاده از روش تخلیه از نمونه‌ها حذف شده و مابقی آب و رسوب تعییظ‌شده به داخل ظروف تهیه شده از ورقه‌های نازک آلومینیومی با وزن مشخص تخلیه و سپس به آون منتقل گردید. در این روش دما و مدت زمان خشک کردن نمونه‌ها به ترتیب ۱۰.۵ درجه سانتی‌گراد و ۲۴ ساعت در نظر گرفته شد (۵۲). تعداد نهایی تیمارهای ترکیبی برابر با حاصل ضرب سطوح تیمارهای مورد بررسی و به عبارت دیگر دو مقدار کود آلتی به اضافه دو اندازه

- اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی برای تیمار شاهد و تیمار کود آلتی در دو مقدار ۶۲/۵ و ۱۲۵ گرم بر مترمربع و نیز دو اندازه ۰/۵ × ۰/۵ و ۱×۰/۵ مترمربع زمان رواناب شروع رواناب ثبت شد و سپس حجم رواناب در فواصل زمانی دو دقیقه‌ای (۵۱) در خروجی هر کرت اندازه‌گیری شد. سپس حجم رواناب در هر یک از بازه‌های زمانی ۲ دقیقه، با اندازه‌گیری حجم کل رواناب خروجی از کرتهای اندازه‌گیری شد. برای محاسبه رواناب با ضخامت یکی میلی‌متر (۰.۱ سانتی‌متر) در سطح هر مترمربع (۱۰۰۰۰ سانتی‌مترمربع) برابر با ۱۰۰۰ سانتی‌مترمکعب بوده که در واقع معادل یک میلی‌متر بر مترمربع می‌باشد. نمونه‌های رواناب

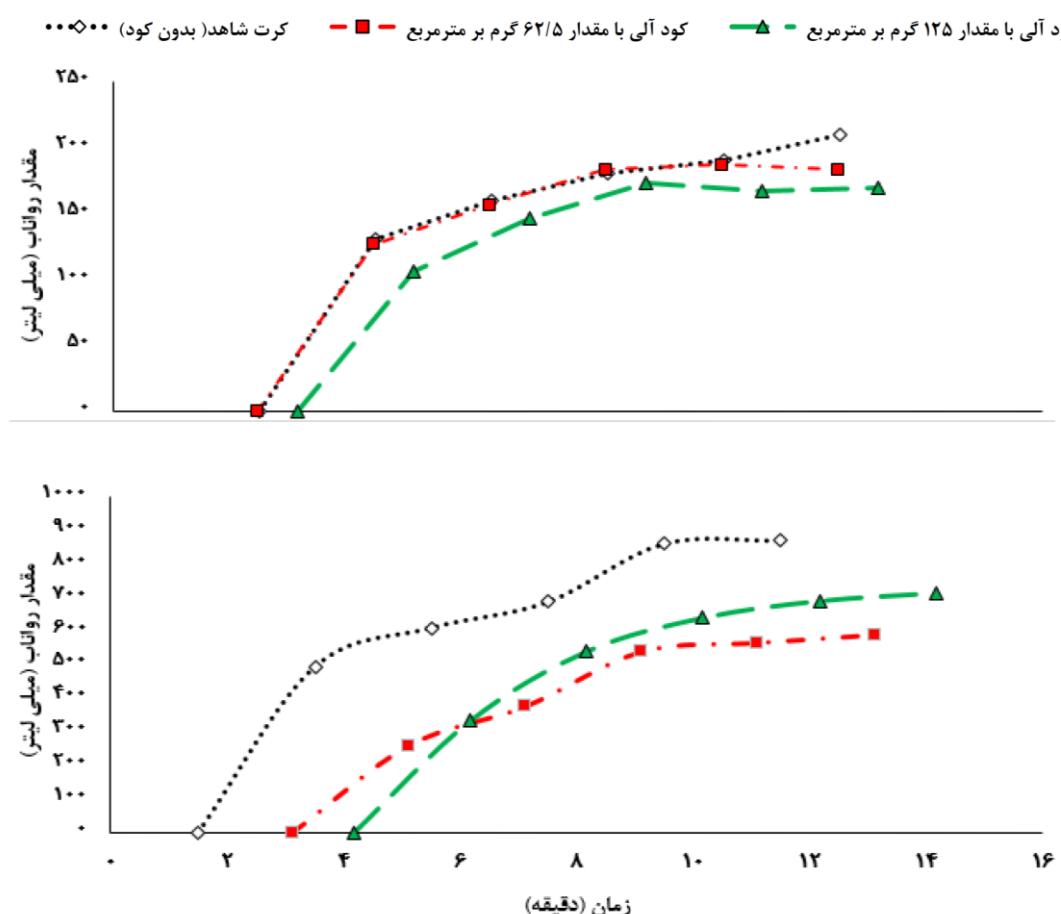
شکل ۳ آب نمود در تیمار حفاظتی کود آلی با دو مقدار پنج و ۱۰ تن بر هکتار و تیمار شاهد برای دو اندازه استفاده شده را نشان می دهد. نتایج مقادیر زمان شروع رواناب، حجم و ضریب رواناب، هدررفت خاک و غلظت رسوب در تیمار شاهد و تیمار کود آلی در دو مقدار  $62/5$  و  $125$  گرم بر مترمربع و برای هر دو اندازه  $0/25 \times 0/5$  و  $1/0 \times 0/5$  مترمربع در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج آزمون GLM تیمار حفاظتی کود آلی و اندازه روی زمان شروع رواناب، حجم رواناب و ضریب رواناب، هدررفت خاک و غلظت رسوب در جدول ۲ خلاصه شده است. تفکیک و همگن بندی سطوح تیمار شاهد و کود آلی بر زمان شروع رواناب به گروه های همگن با استفاده از آزمون دانکن نیز در جدول ۳ ارائه شده است.

به اضافه تیمار شاهد (۱۰ و ۱۲) و با احتساب سه تکرار (۴۳ و ۴۷) برای هر تیمار، برابر با ۱۵ نمونه به دست آمد.

#### آزمون آماری

برای ارزیابی های مقایسه ای و کمی عمل کرد تیمارها، ابتدا نرمال بودن داده ها با استفاده از آزمون به روش کولموگروف - اسمیرنوف و در سطح معنی داری  $0/05$  بررسی شد و سپس ضریب همبستگی پیرسون برای تعیین همبستگی بین متغیرها در هر دو سطح اعتماد ۹۵ و ۹۹ درصد محاسبه شد (۵۱). سپس آزمون های F (۲) برای بررسی ارتباطات مقدارهای کود آلی و اندازه های کرت بر مجموعه داده های به دست آمده در نرم افزار SPSS23 انجام شد.

#### نتایج و بحث



شکل ۳- مقدار رواناب در تیمار شاهد و حفاظتی برای دو اندازه  $0/25 \times 0/5$  و  $1/0 \times 0/5$  مترمربع (بالا) و  $0/5 \times 0/5$  مترمربع (پایین)  
Figure 3. Hydrograph in control and conservation treatment for two sizes of  $0.5 \times 0.25 \text{ m}^2$  (Up) and  $1.0 \times 0.5 \text{ m}^2$  (Down)

جدول ۱- میانگین، ضریب تغییرات، درصد حفاظت مولفه‌های مورد بررسی در تیمار شاهد و حفاظتی برای مقادیر کود آلی استفاده شده و اندازه‌های  $0.25 \times 0.5 \text{ m}^2$  و  $0.5 \times 1.0 \text{ m}^2$

Table 1. Average, coefficient of variation, conservation percent of the studied parameters in conservation and control treatment for rates of used organic manure and sizes of  $0.25 \times 0.5 \text{ m}^2$  and  $0.5 \times 1.0 \text{ m}^2$

یمار	پارامتر	زمان شروع رواناب (ثانیه)	مقدار رواناب (درصد)	ضریب رواناب (گرم بر لیتر)	حفاظت خاک	هررفت رسان	غارلخت رسووب
اندازه $0.25 \times 0.5 \text{ m}^2$ / مترمربع							
شاهد	میانگین سه تکرار	۱۷۳/۱	۶/۹۷	۸۳/۹۶	۱۱۲/۲۹	۱۶۲/۵۰	میانگین سه تکرار
	ضریب تغییرات	.۰۶	.۰۱	.۰۰۷	۲/۷۴	۲/۷۲	ضریب تغییرات
	میانگین سه تکرار	۱۶۸/۰۰	۶/۶۹	۸۰/۶۳	۴۷۲/۰۰	۷۷/۸۵	میانگین سه تکرار
	ضریب تغییرات	۱۴/۰۷	۱۳/۸۵	۱۳/۸۷	۲۴/۵۲	۳۴/۷۸	ضریب تغییرات
	درصد حفاظتی	-۲/۹۵	-۳/۹۴	-۳/۹۶	-۵۸/۳۱	-۵۵/۱۷	درصد حفاظتی
	میانگین	۱۹۸/۳۳	۶/۱۱	۷۳/۵۷	۴۹۸/۹۳	۸۵/۱۳	میانگین
	ضریب تغییرات	۱/۸۶	۱۲/۱۷	۱۲/۱۹	۳۶/۳۸	۴۹/۶۱	ضریب تغییرات
	درصد حفاظتی	۱/۴۵	-۱۲/۳۶	-۱۲/۳۷	-۵۵/۹۴	-۴۷/۶۱	درصد حفاظتی
اندازه $0.5 \times 1.0 \text{ m}^2$ / مترمربع							
شاهد	میانگین سه تکرار	۱۱۲/۶۷	۶/۸۵	۸۲/۵۷	۲۷/۹۶	۴/۰۸	میانگین سه تکرار
	ضریب تغییرات	.۰۶	.۰۱	.۰۰۷	.۸/۷۴	۱۵/۲۳	ضریب تغییرات
	میانگین	۱۹۷/۳۳	۶/۶۶	۶/۸۴	۲۵/۰۷	۵/۴۹	میانگین
	ضریب تغییرات	۲/۸۷	۱۸/۶۸	۱۸/۶۷	۸/۰۱	۴۲/۸۷۸	ضریب تغییرات
	درصد حفاظتی	+۷۵/۱۲	-۳۲/۱۰	-۳۲/۱۴	-۸/۵۶	-۳۴/۶۷	درصد حفاظتی
	میانگین	۲۵۹/۰۰	۵/۸۳	۷۰/۲۳	۲۰/۰۹	۳/۵۱	میانگین
	ضریب تغییرات	۱۶/۴۱	۱۴۳۸	۱۴۴۱	۹/۶۳	۶۷/۰۱	ضریب تغییرات
	درصد حفاظتی	+۱۲۹/۸۸	-۱۴/۸۸	-۱۴/۹۴	-۲۶/۷۳	-۱۳/۹۲	درصد حفاظتی

جدول ۲- نتایج آزمون GLM در تیمار حفاظتی کود آلی و اندازه‌های مختلف روی زمان شروع رواناب، حجم رواناب و ضریب رواناب، هدررفت خاک و غلظت رسووب

Table 2. Results of GLM in conservation treatment of organic manure and various scales on time to runoff, runoff volume, runoff coefficient, soil loss and sediment concentration

منبع	متغیر و استه	میانگن مربعات	مقدار معنی‌داری	F	مقدار
اندازه	زمان شروع رواناب (ثانیه)	۴۳۹/۷۶	.۰۳۸	.۰۵۵	
	حجم رواناب (لیتر بر مترمربع)	۲/۹۵	۵/۷۳	.۰۰۳	
	ضریب رواناب (درصد)	۱۵۶۲/۵۹	۲۲۰/۰۶	.۰۰	
	هدرفت خاک (گرم بر مترمربع)	۲۵۵۸۰۳/۱۱	۲۱/۱۱	.۰۰	
	غلظت رسووب (گرم بر لیتر)	۵۶۸۸۵/۶۶	۲۵/۹۰	.۰۰	
مقدار کود	زمان شروع رواناب (ثانیه)	۱۱۰۶۸/۸۰	۹/۵۱	.۰۰	
	حجم رواناب (لیتر بر مترمربع)	۵/۰۲	۴/۸۷	.۰۰۳	
	ضریب رواناب (درصد)	۹۴۲/۸۷	۱۳/۳۱	.۰۰	
	هدرفت خاک (گرم بر مترمربع)	۴۲۵۱۴۹/۲۷	۲۶/۹۶	.۰۰	
	غلظت رسووب (گرم بر لیتر)	۸۰۷/۹۵	۲/۶۶	.۰۶	
اندازه × مقدار کود	زمان شروع رواناب (ثانیه)	۵۹۱۶/۷۸	۵/۰۸	.۰۰۳	
	حجم رواناب (لیتر بر مترمربع)	۳/۲۲	۳/۳۲	.۰۰۷	
	ضریب رواناب (درصد)	۲۶۷/۶۵	۳/۷۸	.۰۰۵	
	هدرفت خاک (گرم بر مترمربع)	۴۱۲۱۹۵/۶۹	۲۶/۱۸	.۰۰	
	غلظت رسووب (گرم بر لیتر)	۷۶۸۱/۰۲	۲/۵۰	.۰۶	

جدول ۳- تفکیک و همگن‌بندی تیمارهای شاهد و کود آلی بر مولفه‌های مختلف با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری پنج درصد

Table 3. Separation and homogenization of control and organic manure treatments on various parameters using Duncan's test at  $P < 0.05$

متغیر	زیرگروه‌ها	۱	۲
زمان شروع رواناب (ثانیه)	شاهد و کود آلی با مقدار ۱۰ تن در هکتار	کود آلی با مقدار ۱۰ تن در هکتار	کود آلی با مقدار ۵ تن در هکتار
مقدار رواناب (لیتر)	کود آلی با مقدار ۵ تن در هکتار	شاهد	شاهد
ضریب رواناب (درصد)	شاهد	کود آلی با مقدار ۵ و ۱۰ تن در هکتار	کود آلی با مقدار ۵ و ۱۰ تن در هکتار
هدرفت خاک (گرم)	شاهد	کود آلی با مقدار ۵ و ۱۰ تن در هکتار	کود آلی با مقدار ۵ تن در هکتار
غلظت رسووب (گرم بر لیتر)	شاهد و کود آلی با مقدار ۵ تن در هکتار	کود آلی با مقدار ۵ تن در هکتار	کود آلی با مقدار ۵ و ۱۰ تن در هکتار

نتایج نشان می‌دهد برای اندازه  $0.25 \times 0.5 \text{ m}^2$  / متر در تیمار کود آلی با مقدار  $62/5$  و  $125$  گرم بر مترمربع، درصد حفاظتی زمان شروع رواناب بهترین  $-۲/۹۵$  و  $۱۴/۵۷$  درصد می‌باشد. همچنین در اندازه  $0/5$  ×  $۱/۰$  متر در تیمار کود آلی با مقادیر استفاده شده درصد حفاظتی زمان شروع رواناب بهترین  $-۳/۹۶$  و  $-۱۲/۳۷$  درصد، هدرفت خاک بهترین  $+۷۵/۱۲$  و  $+۱۲۹/۸۸$  گرم بر لیتر

نتایج نشان می‌دهد برای اندازه  $0.25 \times 0.5 \text{ m}^2$  / متر در تیمار کود آلی با مقدار  $62/5$  و  $125$  گرم بر مترمربع، درصد حفاظتی زمان شروع رواناب بهترین  $-۲/۹۵$  و  $۱۴/۵۷$  درصد، ضریب رواناب بهترین  $-۳/۹۶$  و  $-۱۲/۳۷$  درصد، هدرفت خاک بهترین  $+۷۵/۱۲$  و  $+۱۲۹/۸۸$  گرم بر لیتر

نفوذ در خاک خواهد داشت. در حالی که صادقی و همکاران (۵۲) بیان کردند که اثر اندازه کرت کوچک‌تر بر تغییرات ضربی رواناب بیشتر است که با نتایج حاصل از پژوهش حاضر مغایرت دارد. همچنین اثر اندازه کرت، کود آلی و اثرات متقابل آنها بر تغییرات ضربی رواناب در سطح بهترتب ۹۹ و ۹۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). تغییرات هدررفت خاک در اندازه بزرگ‌تر و مقدار بیشتر کود آلی نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود به طوری که مقدار ۱۲۵ گرم بر مترمربع در مقایسه با مقدار ۶۲/۵ گرم بر مترمربع در کرت بزرگ‌تر توانست هدررفت خاک را ۲۱۲/۲۶ درصد بیشتر کاهش دهد. چرا که با افزایش مقدار کود آلی، ذرات خاک حاصل از پاشمان کاهش یافته و کود به عنوان یک عامل حفاظتی اجازه برخورد قطرات باران را به خاک سطحی نمی‌دهد (۱۵ و ۱۶). اثر اندازه کرت، کود آلی و اثرات متقابل آنها بر تغییرات هدررفت خاک در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین تغییرات غلظت رسوب نیز نشان داد که با کاهش اندازه کرت و مقدار افزودنی مورد نظر تغییرات آن بیشتر می‌شود. به طوری که در کرت با اندازه ۱/۰ × ۱/۰ متر و با مقدار کود آلی ۶۲/۵ گرم بر مترمربع مقدار تغییرات غلظت رسوب نیز افزایشی را نسبت به تیمار شاهد نشان داد. که در مورد افزایش غلظت رسوب بعد از کاربرد کود آلی می‌توان به نتایج مارتینز و همکاران (۳۶) اشاره نمود که ایشان نیز بیان نمودند که کود نتوانست تاثیری در کاهش غلظت رسوب داشته باشد. نتایج با نتایج گیلی و آقبال (۱۹)، گوسین و همکاران (۲۰) و راموس و مارتینز-کاساسنوواس (۴۳) مبنی بر تاثیر مثبت کود دائمی بر تغییرات غلظت رسوب هم‌خوانی دارد. همچنین اثر اندازه کرت، کود آلی و اثرات متقابل آنها بر تغییرات غلظت رسوب رواناب در سطح بهترتب ۹۹ و ۹۵ درصد معنی‌دار بود (۷ و ۳۴ و ۴۲) (جدول ۲).

نتایج ارائه شده در جدول ۳ نشان داد که برای پارامتر زمان شروع رواناب تیمار شاهد و تیمار کود آلی با مقدار پنج تن بر هکتار در زیرگروه اول اما تیمار حفاظتی با مقدار ۱۰ تن بر هکتار در زیرگروه دوم قرار گرفت. همچنین در بررسی زیرگروه‌بندی ضربی رواناب مشخص شد که تیمار شاهد در زیرگروه اول و کود آلی با مقدار ۶۲/۵ و ۱۲۵ گرم بر مترمربع در زیرگروه دوم قرار گرفتند. همچنین در زیرگروه‌بندی متغیر هدررفت خاک کود آلی با هر دو مقدار در زیرگروه اول و تیمار شاهد در زیرگروه دوم قرار گرفت. در حالی که برای متغیر غلظت رسوب تیمار شاهد و تیمار کود آلی با مقدار ۶۲/۵ گرم بر مترمربع در زیرگروه اول و همچنین تیمار کود آلی با دو مقدار ۶۲/۵ و ۱۲۵ گرم بر مترمربع در زیرگروه دوم قرار گرفتند. با توجه به نتایج این بخش می‌توان بیان نمود که متغیرهایی که در یک زیرگروه قرار گرفتند می‌توانند تاثیر مشابه‌ای بر تغییرات متغیر مورد نظر (۱۶) داشته باشند. بنابراین بایستی توجه داشت که طول کرت یا اندازه آن می‌تواند در تغییرات متغیرهای مورد بررسی بسیار مهم باشد (۷، ۳۸، ۴۱ و ۵۴). با افزایش اندازه کرت تغییرات کاهشی حجم رواناب در فاصله‌های زمانی اندازه‌گیری شده بسیار زیاد بود به طوری که در تمامی فاصله‌های جمع‌آوری رواناب حجم

درصد، ضربی رواناب بهترتب ۳۲/۱۴ و ۱۴/۹۴ - ۱۴/۹۴ - درصد هدررفت خاک بهترتب ۸/۵۶ - ۲۶/۷۳ و ۱۳/۹۲ - درصد می‌باشد (جدول ۱). این نتایج بیانگر این است که در کرت‌های با اندازه ۰ × ۰/۵ متر تیمار حفاظتی کود آلی با مقدار ۶۲/۵ گرم بر مترمربع، زمان شروع رواناب را به مقدار ۱۲۵ گرم بر مترمربع نسبت به تیمار شاهد کاهش داده است و نتوانست در این مقدار نقش مثبتی در افزایش زمان شروع رواناب داشته باشد. اما با افزایش مقدار کود ۱۲۵ گرم بر مترمربع) توانست مقدار زمان شروع رواناب را افزایش دهد. اما با افزایش اندازه کرت به ۰/۵ × ۱/۰ متر و همچنین افزایش مقدار در این اندازه زمان شروع رواناب افزایش می‌تواند بیشتری را نشان داد (۹، ۱۶ و ۳۶). بنابراین می‌توان این گونه بیان نمود که افزایش اندازه می‌توان نقش مثبتی را در افزایش زمان شروع رواناب داشته باشد چرا که با افزایش اندازه بارندگی فرصت کافی را در فرآیند نفوذ داشته (۴۴) و در نتیجه رواناب ایجاد شده زمان بیشتری را نیاز داشته، تا در سطح موردنظر تشکیل شود (۴، ۳۸، ۲۶ و ۵۲). در حالی که نتایج حاصل با نتایج راموس و مارتینز-کاساسنوواس (۴۳) هم‌خوانی نداشت چراکه ایشان بیان نمودند که کاربرد کود گاوی مایع اسپری شده بر سطح خاک، حجم رواناب را حدود ۳۰ درصد افزایش داد. نتایج همچنین نشان داد که اثر اندازه کرت غیرمعنی‌دار و اثر تیمار حفاظتی و همچنین اثر متقابل آنها در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اسزداده و همکاران (۳) نیز نشان دادند که بین کرت‌های کمتر از ۱۰ متر اختلاف معنی‌داری در برآورد رواناب وجود داشت. ضربی رواناب در هر دو اندازه به کار برده شده روند کاهشی داشت اما کود آلی با مقدار ۱۲۵ گرم بر مترمربع در اندازه ۰/۵ × ۱/۰ متر کاهش دهد. اما در دو اندازه ۰/۵ × ۰/۵ متر و ۰/۵ × ۱/۰ متر بهترتب مقدار کود آلی ۱۲۵ و ۶۲/۵ گرم بر مترمربع، بر کاهش ضربی رواناب بیشتر بود. بنابراین تغییرات مقدار کود آلی می‌تواند تاثیر معنی‌داری را در تغییرات رواناب و هدررفت خاک اعمال نماید (۲۸). درصد تغییرات ضربی رواناب در هر دو اندازه و برای مقدار ۱۲۵ گرم بر مترمربع نسبت به مقدار ۶۲/۵ گرم بر مترمربع به ترتیب ۲۱۲/۴۲ درصد (کاهش) و ۵۳/۵۲ درصد (افزایش) داشت. با افزایش اندازه کرت اثر کود آلی بر تغییرات ضربی رواناب بیشتر بود چرا که کود زمان کافی را در جذب بارندگی داشته و با گذشت زمان آن را به داخل خاک نفوذ می‌دهد. در این زمینه سردان و همکاران (۷)، جوئل و همکاران (۲۶)، پرهیزگار و همکاران (۴۰)، پوزن و همکاران (۴۱)، پولیاکوو (۴۲)، شارپلی و کلینمان (۵۳) و اسمتس و همکاران (۵۱) بیان نمودند که با افزایش اندازه کرت ضربی رواناب کاهش می‌یابد و نتایج حاصل از این پژوهش، با نتایج ایشان مطابقت دارد. اما بایستی توجه داشت که با مقدار کود آلی و افزایش اندازه کرت این مقدار کاهش ضربی رواناب روند کمتری داشت که دلیل آن می‌تواند این باشد که در مقادیر بیشتر کود سطح خاک کاملاً پوشیده شده (۲۷) و اجازه نفوذ در خاک داده نمی‌شود و آن بخشی از بارندگی که توسط کود آلی جذب می‌شود زمان لازم را برای

فرسایش نیافته در تمام مدت نمونه برداری مقدار رواناب در کرت بدون کود دامی بیشتر بود. تاکنون بررسی اثرات تغییر اندازه و نیز کاربرد اثر افزودنی‌های خاک با این مولفه در پژوهش‌های مختلف کمتر مورد توجه پژوهش‌گران بوده است. حال آن که اندازه می‌تواند تاثیر عملکرد افزودنی‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر می‌توان بیان نمود که با کوچک شدن اندازه کرت، میزان کاهش در مولفه‌های هدررفت خاک و غلظت رسوب برای مقادیر به کار برده شده کود آلی بیشتر بود. بنابراین بایستی به این نکته توجه داشت که برای کاربرد افزودنی‌ها و پیشنهاد آنها در سطح حوزه‌های آبخیز و یا سطح دامنه بایستی بحث اندازه و حتی نوع و مقدار افزودنی سیار مهم می‌باشد. چرا که با کاهش و یا افزایش اندازه کرت و یا مقدار افزودنی مورد استفاده در جهت تغییرات مولفه‌های مختلف هدررفت خاک، علاوه بر بحث اندازه و بحث نوع و مقدار افزودنی نیز می‌تواند تغییرات زیادی در مولفه‌های اندازه‌گیری شده ایجاد نمایند.

رواناب دارای کاهش بود. اما اثر کود آلی در مقدار ۶۲/۵ گرم بر مترمربع نسبت به مقدار ۱۲۵ گرم بر مترمربع در برداشت‌های آخر بیشتر بود. برای اندازه کرت  $0/5 \times 1/0$  متر، کود آلی با مقدار ۶۲/۵ گرم بر مترمربع در فواصل زمانی مختلف (به جز فاصله زمانی آخر نمونه برداری) اثری مشابه با تیمار شاهد در تغییرات حجم رواناب داشت. اما در همین اندازه اما با کود آلی ۱۲۵ گرم بر مترمربع اثر کاهشی حجم رواناب به شدت افزایش یافت و توانست تأثیر معنی دارتری را نسبت به مقدار پنج تن بر هکتار نشان دهد (شکل ۲). غلامی و همکاران (۱۸) نشان دادند که با کاربرد کود دامی در اندازه کرت شش مترمربعی حجم رواناب در فواصل زمانی مختلف روند کاهشی داشت. راموس و مارتینز-کاساسنوواس (۳۳) نشان دادند که در شدت ۸۰ میلی‌متر بر ساعت برای کرتفرسایش یافته در دقایق اولیه، مقدار رواناب قبل از حفاظت کمتر از بعد از حفاظت است. اما در دقیقه‌های بعد از شبیه‌سازی این مقدار بیشتر بود. در حالی که در کرت

## منابع

1. Ahmadi, H. 2012. Applied geomorphology, water erosion. 4<sup>th</sup> edn., Tehran University Press, Iran, 688 pp (In Persian).
2. Arnaez, J., T. Lasanta, P. Ruiz-Flaño and L. Ortigosa. 2007. Factors affecting runoff and erosion under simulated rainfall in Mediterranean vineyards. *Soil and Tillage Research*, 93(2): 324-334.
3. Asadzadeh, F., M. Gorgi. A. Vaezi, R. Sokouti and M. Shorafa. 2012. Scale effect on runoff from filed plots under natural rainfall. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 12(9): 1148-1152.
4. Asadzadeh, F., M. Gorji, A. Vaezi, R. Sokouti and S. Mirzaee. 2013. Effect of plot size on measured runoff and sediment yield from natural rain-storms. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, 2(4): 69-80 (In Persian).
5. Bagarello, V. and V. Ferro. 2010. Analysis of soil loss data from plots of differing length for the Sparacia experimental area, Sicily, Italy. *Biosystems Engineering*, 105(3): 411-422.
6. Boix-Fayos, C., M. Mena. E. Rosalén. A. Cases and V. Castillo. 2006. Measuring soil erosion by field plots: Understanding the sources of variation. *Earth Science Reviews*, 78(3-4): 267-285.
7. Cerdan, O., Y. L. Bissonnais, V. Souchère. P. Martin and V. Lecomte. 2002. Sediment concentration in interrill flow: interactions between soil surface conditions, vegetation and rainfall. *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group*, 27(2): 193-205.
8. Darboux, F., Ph. Davy. C. Gascuel Odoux and C. Hung. 2001. Evolution of soil surface roughness and flow path connectivity in overland flow experiments. *Catena*, 46: 125-139.
9. Daverede, I.C., A.N. Kravchenko, R.G. Hoeft, E.D. Nafziger, D.G. Bullock, J.J. Warren and L.C. Gonzini. 2004. Phosphorus runoff from incorporated and surface-applied liquid swine manure and phosphorus fertilizer. *Journal of Environmental Quality*, 33: 1535-1544.
10. Defersha, M.B., S. Quraishi and A. Mellesse. 2011. The effect of slope steepness and antecedent moisture content on interrill erosion, runoff and sediment size distribution in the highlands of Ethiopia. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15: 2367-2375.
11. Dendy, F.E. and G.C. Bolton. 1976. Sediment yield runoff drainage area relationship in the United States. *Journal of Soil and Water Conservation*, 31: 264-266.
12. Ekwue, E.I. 1991. The effects of soil organic matter content, rainfall duration and aggregate size on soil detachment. *Soil Technology*, 4(3): 197-207.
13. Fernández, C., J.A. Vega, E. Jiménez, D.C.S. Vieira, A. Merino, A. Ferreiro and T. Fonturbel. 2012. Seeding and mulching+seeding effects on post-fire runoff, soil erosion and species diversity in Galicia (NW Spain), *Land Degradation and Development*, 23: 150-156.
14. Gholami, L., K. Banasik, S.H.R. Sadeghi, A. Khaledi Darvishan and L. Hejduk. 2014. Effectiveness of straw mulch on infiltration, splash erosion, runoff and sediment in laboratory conditions. *Journal of Water and Land Development*, 22 (VII-IX): 51-60.
15. Gholami, L., S.H.R. Sadeghi and M. Homaee. 2013. Straw mulching effect on splash erosion, runoff and sediment yield from eroded plots. *Soil Science Society of American Journal*, 77: 268-278.

16. Gholami, L., S.H.R. Sadeghi and M. Homaei. 2016. Different effects of sheep manure conditioner on runoff and soil loss components in eroded soil. *Catena*, 139: 99-104.
17. Gholami, L., S.H.R. Sadeghi and M. Homaei. 2017a. Splash Erosion Control using Sheep Manure. Organizing Committee of 14<sup>th</sup> International Symposium on the Interactions between Sediments and Water - Taormina, Italy 17-22 June, 2017. 16 pp.
18. Gholami, L., S.H.R. Sadeghi and M. Homaei. 2017b. Effect of soil amendments on hydrograph and sediment graph changes in the laboratory conditions. *Journal of Watershed Management Research*, 8(16): 100-112 (In Persian).
19. Gilley, J.E. and B. Eghball. 1998. Runoff and erosion following field application of beef cattle manure and compost. *American Society of Agricultural and Engineers*, 41(5): 1289-1294.
20. Gossin, C., G.J. Teichmeier, G.E. Erickson, T.J. Klopfenstein and D.T. Walters. 2003. Impact of manure application on phosphorus in surface runoff and soil erosion. *Nebraska Beef Cattle Reports 2003* (Paper 228), 51-54 pp.
21. García-Orenes, F., A. Roldán, J. Mataix-Solera, A. Cerdà, M. Campoy, V. Arcenegui and F. Caravaca. 2012. Soil structural stability and erosion rates influenced by agricultural management practices in a semi-arid Mediterranean agro-ecosystem, *Soil Use Management*, 28: 571-579.
22. Hasanzadeh, N., L. Gholami, A. Khaleidi Darvishan and H. Yonesi. 2018. Nanoclay effect on runoff and sediment in laboratory small plots. The 13<sup>th</sup> National Conference on Watershed Management Science and Engineering of Iran and the 3<sup>rd</sup> National Conference on Conservation of Natural Resources and Environment, 5 pp (In Persian).
23. Hudson, N.W. 1993. Field measurement of soil erosion and runoff. *FAO Soils Bulletin*, vol. 68. FAO, Rome, 20-35 pp.
24. Homauonfar, V., A. Khaleidi Darvishan and S.H.R. Sadeghi. 2016. Effects of soil preparation for laboratorial erosion studies on surface runoff. *Journal of Watershed Management Research*, 7(14): 60-68.
25. Jafari Haghghi, M. 2004. Methods of soil decomposition: Sampling and importance decomposition of physical and chemical with emphasis on theoretical and applied principles. Nadai Zoha Press, Iran, 236 pp (In Persian).
26. Joel, A., I. Messing, O. Seguel and M. Casanova. 2002. Measurement of surface water runoff from plots of two different sizes. *Hydrological Process*, 16: 1467-1478.
27. Kavian, A., L. Gholami, M. Mohammadi, V. Spalevic and M. Falah Soraki. 2018. Impact of wheat residue on soil erosion processes. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46(2): 553-562.
28. Kavian, A., M. Mohammadi, M. Falah Soraki and L. Gholami. 2016. Effect of wheat straw on changing time to runoff and runoff coefficient in laboratory plots under rainfall simulation. *Journal of Soil and Water Resources Conservation*, 5(2): 73-82 (In Persian).
29. Karimi, N., L. Gholami and A. Kavian. 2018. Hydrograph and sediment graph changes of small experimental plots affected by application of biochar treatment in different soil moisture. *Iranian Journal of Watershed Management Science*, 12(43): 98-107 (In Persian).
30. Kavian, A., L. Gholami, M. Mohammadi, V. Spalvic and M. Falah. 2018. Impact of wheat residue on soil erosion processes. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46(2): 553-562.
31. Khadem, A., A. Golchin and E. Zaree. 2014. Effects of manure and sulfur on nutrients uptake by corn (*Zea mays L.*). *Applied Field Crops Research*, 27(103): 2-11 (In Persian).
32. Lieskovský, J. and P. Kenderessy. 2014. Modelling the effect of vegetation cover and different tillage practices on soil erosion in vineyards: a case study in Vráble (Slovakia) using watem/sedem, *Land Degradation and Development*, 25: 288-296.
33. Le Bissonnais, Y., H. Benkhadra, V. Chaplot, D. Fox, D. King, and J. Daroussin. 1998. Crusting, runoff and sheet erosion on silty loamy soils at various scales and up scaling from m<sup>2</sup> to small catchments. *Soil Tillage Research*, 46(1): 69-80.
34. Lemma, T.M., G. Desta, A.K. Kassa, D.Ch. Edossa. 2018. Effect of spatial scale on runoff coefficient: evidence from the Ethiopian highlands. *International Soil and Water Conservation Research*, 6: 289-296.
35. Luk, S.H. 1985. Effect of antecedent soil moisture content on rainwash erosion. *Catena*, 12(1): 129-139.
36. Martínez, I.A., M.C. Ramos and J.A. Martínez-Casanovas. 2004. Effects of composted cattle manure on erosion rates and nutrient losses, *EUROSOIL*. Publication on CD-ROM, Session 12: Soil Erosion, 8 pp.
37. Moreno L.H., J.M. Nicolau, L. Merino-Martín and B.P. Wilcox. 2010. Plot-scale effects on runoff and erosion along a slope degradation gradient. *Water Resources Research*, 46, W04503. doi: 10.1029/2009WR007875.
38. Mingguo, Z., C. Qiangguo and C. Hao. 2007. Effect of Vegetation on runoff-sediment yield relationship at different spatial scales in hilly areas of the Loess Plateau, North China, *Acta Ecologia Sinica*, 27: 3572-3581.
39. Nyamangara, J., J. Gotosa and S.E. Mpofu. 2001. Cattle manure effects on structural stability and water retention capacity of a granitic sandy soil in Zimbabwe. *Soil and Tillage Research*, 62: 157-162.

40. Parhizgar, M., A. Hossein and S.A. Mousavi. 2018. Effect of plot scale on runoff under natural rainfall (Case study; Saravan region, Rasht). *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 48(5): 1133-1144 (In Persian).
41. Poesen, J.W., D. Torri and K. Bunte. 1994. Effects of rock fragments on soil erosion by water at different spatial scales: a review. *Catena*, 23(1-2):141-166.
42. Polyakov, V.O. 2002. Use of rare earth elements to trace soil erosion and sediment movement, PhD Thesis, Purdue University, Online at: <http://docs.lib.edu>.
43. Ramos, M.C. and J.A. Martínez-Casasnovas. 2006. Erosion rates and nutrient losses affected by composted cattle manure application in vineyard soils of NE Spain. *Catena*, 68: 177-185.
44. Rasoulzadeh, A. and A. Yaghoubi. 2010. Effect of cattle manure on soil physical properties on a sandy clay loam soil in North-West Iran. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8(2 part 2): 976-979.
45. Refahi, H.Gh. 2006. Soil erosion and conservation. 5<sup>th</sup> edn. Tehran University Press, Iran, 671 pp (In Persian).
46. Rickson, R.J. 2006. Management of sediment production and prevention in river catchments: a Matter of Scale. P228-238, In: Owens, P.N and A.J. Collins (eds.), *Soil Erosion and Sediment Redistribution in River Catchments*. CAB International.
47. Ritchey, K.D., L.D. Norton, A. Hass, J.M. Gonzalez and D.J. Snuffer. 2012. Effect of selected soil conditioners on soil properties, erosion, runoff and rye growth in nonfertile acid soil. *Journal of Soil and Water Conservation*, 67(4): 264-274.
48. Robichaud, P.R., S.A. Lewis, J.W. Wagenbrenner, L.E. Ashmun and R.E. Brown. 2013. Post-fire mulching for runoff and erosion mitigation – Part I: Effectiveness at reducing hillslope erosion rates, *Catena*, 105: 75-92.
49. Rohith, K.G., L.S. Michelle and M. Saied. 2012. A comparison of nutrient losses from two simulated pastureland management scenarios. *Journal of Environmental Monitoring*, 14(9): 2421-2429.
50. Romkens, M.J., K. Helming and S.N. Prasad. 2002. Soil erosion under different rainfall intensities, surface roughness, and soil water regimes. *Catena*, 46(2-3): 103-123.
51. Ruiz-Sinoga, J.D., A. Romero-Díaz, E. Ferre-Bueno and J.F. Martínez-Murillo. 2010. The role of soil surface conditions in regulating runoff and erosion processes on a metamorphic hillslope (Southern Spain) soil surface conditions, runoff and erosion in Southern Spain. *Catena*, 80: 131-139.
52. Sadeghi, S.H.R., L. Gholami, M. Homaei and A. Darvishan. 2015. Scale effect on runoff and soil loss control using rice straw mulch under laboratory conditions. *Solid Earth*, 6(2): 445.
53. Sharpley, A. and P. Kleinman. 2003. Effect of rainfall simulator and plot scale on overland flow and phosphorus transport. *J. Environ. Quality*, 32: 2172- 2179.
54. Smets, T., J. Poesen and E. Bochet. 2008. Impact of plot length on the effectiveness of different soil-surface covers in reducing runoff and soil loss by water. *Progress in Physical Geography*, 32(6): 654-677.
55. Thomaz, E.L. and L.R. Vestena. 2012. Measurement of runoff and soil loss from two differently sized plots in a subtropical environment (Brazil). *Earth Surface Processes and Landforms*, 37: 363-373.
56. Van de Giessen, N.C., T.J. Stomph, A.E. Ajayi and Z.F. Bagayoko. 2011. Scale effects in Hortonian surface runoff on agricultural slopes in West Africa: Field data and models. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 142: 95-101.
57. Yazdanpanah, A. and R. Motalebifard. 2016. The effects of poultry manure and potassium fertilizer on yield and nitrogen, phosphorus, potassium, zinc and copper uptake of potato. *Applied Soil Research*, 4(2): 60-71 (In Persian).

## **Effect of Change in Plot Size on Performance of Organic Manure on Changing Runoff and Soil Loss Components under Laboratory Conditions**

**Behzad Zareii<sup>1</sup>, Leila Gholami<sup>2</sup>, Ataollah Kavian<sup>3</sup> and Kaka Shahedi<sup>4</sup>**

1- Graduated M.Sc., Department of Watershed Management Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University,

2- Assistant Professor, Department of Watershed Management Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, (Corresponding Author: lgholami@sanru.ac.ir)

3- Professor, Department of Watershed Management Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

4- Associate Professor, Department of Watershed Management Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

Revised: January 29, 2019

Accepted: August 10, 2019

### **Abstract**

Changes in plot size can be determine its effects on parameters changes of runoff and soil loss. On the other hand, the generated runoff in eroded soils is one of the most important obstacles and challenges of human in conservation of water and soil resources and it is also a threat to well-being and life. One of the most important of controlled factors of surface runoff and increasing soil infiltration is the application of conditioners or amendment materials on soil. But it should be noted that the size change can also control the runoff and soil loss variations. Therefore, the present study was carried for the effect investigating of size change in laboratory plots in two sizes of  $0.5 \times 0.25$  and  $1 \times 0.5 \text{ m}^2$  using application of organic manure with rates of zero (control treatment) and 62.5 and  $125 \text{ g m}^{-2}$  (conservation treatment) on changing time to runoff, runoff coefficient, soil loss and sediment concentration. The obtained results showed that the plots with size of  $0.5 \times 0.25 \text{ m}^2$  and the application of organic manure with rate of  $62.5 \text{ g m}^{-2}$  had the little effect on the increasing time to runoff compared to control treatment. But, time to runoff increased with increasing plot size and also rate of organic manure. The effect of plot size on parameters of runoff coefficient, soil loss and sediment concentration, organic manure on parameters of time to runoff, runoff coefficient and soil loss and interaction effect of size change and organic manure on parameter of soil loss was significant at level of 99 percent. Also, in plot with area of  $1.0 \times 0.5 \text{ m}^2$ , the changes of time to runoff and runoff coefficient, soil loss and sediment concentration for organic manure with rate of  $125 \text{ g m}^{-2}$  toward  $62.5 \text{ g m}^{-2}$  were 72.83, 53.52, -212.27 and -142.92 2.12 percent, respectively. While, the changes of studied parameters for plot of  $0.5 \times 0.25 \text{ m}^2$  were 594.24, -212.63, 4.06 and 13.70 percent, respectively.

**Keywords:** Change of Plot Size, Control of Soil Erosion, Eroded Soil, Sediment Yield, Soil and Water Conservation