اولین همایش ملی تخصصی علوم کشاورزی و محیط زیست ایران
خرداد ۱۳۹۴

مقایسه نتایج حاصل از تکرارهای آزمایشی در مطالعه روانآب و رسوب

مهدی بشیری[۱]، حمیدرضا مرادی[۲]، میرمسعود خیرخواه[۳]، مجید جعفری‌خالدی[۴]

[۱]استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه
[۲]دانشیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس
[۳]استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، تهران
[۴]استادیار گروه آمار، دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه تربیت مدرس

مسئول مکاتبات: مهدی بشیری، پست الکترونیکی: me.bashiri@yahoo.com

چکیده

اختلاف بین تکرارها در پلات‌های فرسایش خاک کاملاً درک نشده است و تحقیقات نشان داده که اختلافات ذاتی عرصه، با مطالعات پلات‌های فرسایش خاک مرتبط است و این نکته‌ای مهم هنگام درگیر شدن با مساله ارزیابی فرسایش با استفاده از پلات‌های آزمایشی است. همانند بسیاری از آزمایشات میدانی، خطاها و اختلافات در داده‌ها با پلات‌های فرسایشی مرتبط می‌باشند و باید مورد توجه قرار گیرند، لذا تکرار در آزمایشات ضروری است. در تحقیق حاضر ۳۶ تیمار مختلف از رس و سطوح سنگی هر کدام در سه تکرار و در شرایط آزمایشگاهی بررسی و مقایسات زوجی بین سه پلات آزمایشی موجود در هر تیمار انجام پذیرفت. نتایج حاصل از مقایسات دو به دو بین سه تکرار در هر تیمار نشان داد که در داده‌های غلظت رسوب، نتایج تکرارها از همگنی مناسب‌تری برخوردارند اما در زمینه روانآب مشاهده‌ای، نتایج مقایسات بین تکرارها اختلافات بالاتری را نمایان می‌سازد. در مقایسه تکرارها با توجه به مقادیر تولید رسوب نیز مشاهده شد که اختلاف بین تکرارها حالتی بینابینی را با توجه به دو عامل روانآب و غلظت رسوب دارد. لذا این‌گونه می‌توان نتیجه‌گیری نمود که در بررسی عواملی که طی شبیه‌سازی از تغییرات بالاتری برخوردارند و یا از تیمارهای مطالعاتی اثرپذیری بیشتری دارند، تعداد تکرارهای بیشتری نیز جهت دستیابی به نتایج مطلوب مورد لزوم است.

واژه‌های کلیدی: پلات فرسایشی، رس، شبیه‌ساز باران، فرسایش خاک، نفوذپذیری

مقدمه

همانند بسیاری از آزمایشات میدانی، خطاها و اختلافات در داده‌ها با کرت‌های فرسایشی مرتبط می‌باشند و باید مورد توجه قرار گیرند. لذا تکرار در آزمایشات ضروری می‌باشد. این اختلافات بین تکرارها ممکن است ناشی از خطاهای انسانی در خلال نمونه‌گیری و اندازه‌گیری‌ها باشد (Zobisch و همکاران، ۱۹۹۶). Zobisch و همکاران (۱۹۹۶) صحت اندازه‌گیری‌های روانآب و رسوب را با استفاده سیستم اندازه‌گیری خودکار و افراد مطالعه کردند. این کار نشان داد که خطای انسانی به اختلاف در اندازه‌گیری‌های روانآب و رسوب از کرت‌های فرسایش بدون سیستم اندازه‌گیری خودکار کمک می‌کند که به خصوص در ارزیابی غلظت رسوب رخ داد. Gomez و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که ۵۰ درصد از اختلافات می‌تواند به دلیل خطاهای انسانی و اختلافات غیرقابل محاسبه‌ی وابسته به اختلافات مکانی شرایط و خصوصیات عرصه باشد.

با وجود اینگونه مطالعات، اختلافات بین تکرارها در کرت‌های فرسایش کاملا درک نشده است. تحقیقات نشان داده که اختلافاتی ذاتی عرصه با مطالعات کرت‌های فرسایش خاک مرتبط است که این نکته‌ای قابل ملاحظه و مهم هنگام درگیر شدن با مساله ارزیابی فرسایش با استفاده از کرت‌های آزمایشی است (Cooper، ۲۰۰۶). مشخص گردیده است که داده‌های حاصل از کرت‌ها دارای تفاوت‌های ذاتی خاصی هستند که این عامل در خلال ارزیابی-ها قابل کمی‌سازی نیست، چرا که دانش ما از تفاوت‌های طبیعی بین کرت‌های دارای تیمارهای مشابه بسیار محدود است. لذا حداکثر تعداد تکرارهای ممکن، برای آزمایشات فرسایش پیشنهاد گردیده است (Nearing و همکاران، ۱۹۹۹) اما همیشه مبحث هزینه‌ها، عاملی محدودکننده بوده است. با توجه به آنچه گفته شد، پژوهش پیش رو بر آن است تا به بررسی این اختلافات ذاتی و میزان اثرگذاری آنها در نتایج مطالعات فرسایش خاک بپردازد.

مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر برای ایجاد خاک با محتوی مختلف رس، خاک رس با مقادیر ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد با خاک فاقد رس توسط مخلوط کن بتون، ترکیب گردید. برای بررسی سطوح نفوذناپذیر نیز قطعات سنگی با ابعاد ۱۵ در ۱۰ و ضخامت ۲ سانتی‌متر (هرقطعه سنگ برابر ۱ درصد سطح کرت فرسایشی) برش یافته و مقادیر ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد با الگوی زنجیره‌ای پیوسته[1] و به حالت نیمه‌پوشیده[2] در سطح خاک قرار گرفتند (Figueiredo و Poesen، ۱۹۹۸).

جهت شبیه‌سازی بارش، از شبیه ساز بارش FEL3 ساخت شرکت آرمفیلد[3] انگلستان استفاده گردید تا بارشی به مدت ۳۰ دقیقه و با شدت ۷۰ میلی‌متر بر ساعت را ایجاد نماید (Nicolaisen و همکاران، ۲۰۰۷). کرت‌ها نیز از ورق آهن گالوانیزه با ابعاد ۱/۵ و ۱ متر طول و عرض ساخته شده و در شیب ۹ درصد مستقر گردید (Rimal و lal، ۲۰۰۹). در هر کرت، ۲۰ سانتی‌متر خاک مورد تحقیق روی ۷/۵ سانتیمتر فیلتر گراولی قرارگرفته و تسطیح گردید. سپس از طریق مجرای کف کرت اشباع شده و پس از ۲۴ ساعت رهاسازی مورد آزمایش بارش قرار گرفت (پیوسته و همکاران، ۱۳۸۹).

طی بارش، در ۱۲ بازه زمانی به فاصله ۲/۵ دقیقه حجم کل رواناب خروجی از قیف انتهایی ثبت و اقدام به نمونه‌برداری رسوب گردید. در مرحله بعد نمونه-های جمع‌آوری شده در طول هر رگبار پس از عبور از کاغذ صافی واتمن ۴۲، داخل آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت یک روز خشک و سپس وزن رسوب با ترازوی دقیق تعیین گردید (Seeger، ۲۰۰۷). ۶ ترکیب محتوی رس خاک و ۶ رده سطوح سنگی بصورت ترکیبی (جمعاً ۳۶ تیمار) مورد آزمون شبیه‌سازی بارش قرار گرفتند. هر تیمار نیز در سه تکرار و در قالب سه کرت آزمایشی ایجاد شد که مجموعا ۱۰۸ کرت فرسایشی مورد آزمون قرار گرفتند و مقادیر میانگین مستخرج از آنها در هر بازه زمانی برای آنالیزهای آماری در محیط نرم افزاری PASW نسخه ۱۸/۰ مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج

مقایسه متغیرهای رواناب (میلی‌لیتر)، غلظت رسوب (گرم در لیتر) و تولید رسوب (گرم)، بین سه کرت آزمایشی موجود در هر ترکیب با استفاده از آزمون T با نمونه‌های جفتی[4] به صورت دو به دو انجام پذیرفت که نتایج حاصل از این مقایسه‌ها در جدول ۱ ارایه شده است.

جدول ۱- نتایج معنی‌داری مقایسات زوجی بین تکرارها در متغیرهای رواناب، غلظت و تولید رسوب

متغیر		رواناب			غلظت رسوب			تولید رسوب		
درصد سطوح سنگی	درصد ترکیب خاک رس	مقایسه ۱ (Sig.)	مقایسه ۲ (Sig.)	مقایسه ۳ (Sig.)	مقایسه ۱ (Sig.)	مقایسه ۲ (Sig.)	مقایسه ۳ (Sig.)	مقایسه ۱ (Sig.)	مقایسه ۲ (Sig.)	مقایسه ۳ (Sig.)
۰	۰	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۴۰۵	۰/۷۶۶	۰/۶۱۰	۰/۰۰۶*	۰/۲۴۳	۰/۰۰۰*
۵	۰	۰/۰۰۰*	۰/۰۶۵	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۱*	۰/۰۱۹*	۰/۲۵۷	۰/۰۰۰*	۰/۰۱۴*	۰/۰۱۲*
۱۰	۰	۰/۰۰۰*	۰/۰۷۲	۰/۶۶۸	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۰۵۱	۰/۰۰۶*	۰/۰۰۲*	۰/۰۱۵*
۱۵	۰	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۳*	۰/۰۰۰*	۰/۰۴۸*	۰/۰۳۶*	۰/۴۲۱	۰/۰۰۱*	۰/۰۲۷*	۰/۴۴۶
۲۰	۰	۰/۰۰۰*	۰/۲۰۹	۰/۲۶۱	۰/۰۰۳*	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۲*
۲۵	۰	۰/۱۵۳	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۰۲۷*	۰/۷۱۱	۰/۰۵۷	۰/۰۴۴*	۰/۰۰۸*	۰/۰۰۰*
۰	۱۰	۰/۰۰۰*	۰/۹۶۶	۰/۰۰۱*	۰/۰۷۵	۰/۰۰۸*	۰/۰۳۸*	۰/۰۵۳	۰/۰۱۷*	۰/۰۰۲*
۵	۱۰	۰/۳۸۷	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۰*	۰/۷۰۵	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۰*
۱۰	۱۰	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۳۰۴	۰/۱۶۲	۰/۲۲۴	۰/۹۶۸	۰/۴۳۲	۰/۴۴۳	۰/۷۵۶
۱۵	۱۰	۰/۱۴۸	۰/۰۱۰*	۰/۱۰۵	۰/۱۱۲	۰/۰۳۲*	۰/۰۰۰*	۰/۰۱۰*	۰/۰۶۲	۰/۰۰۰*
۲۰	۱۰	۰/۰۰۴*	۰/۰۰۰*	۰/۱۴۸	۰/۰۱۹*	۰/۰۱۵*	۰/۲۱۵	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۱*	۰/۳۸۱
۲۵	۱۰	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۳۶۲	۰/۰۰۳*	۰/۴۸۴	۰/۰۹۵	۰/۰۰۰*	۰/۱۶۶	۰/۰۶۵
۰	۲۰	۰/۰۰۲*	۰/۵۳۷	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۳*	۰/۰۰۷*	۰/۸۷۵	۰/۰۰۴*	۰/۰۱۹*	۰/۰۰۰*
۵	۲۰	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۱*	۰/۰۱۱*	۰/۰۰۲*	۰/۰۰۳*	۰/۹۱۸	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۰*	۰/۱۲۹
۱۰	۲۰	۰/۰۰۰*	۰/۰۳۸*	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۹۴۰	۰/۰۱۸*	۰/۰۰۰*	۰/۴۹۶	۰/۰۰۰*
۱۵	۲۰	۰/۰۲۳*	۰/۸۸۷	۰/۰۰۰*	۰/۰۳۲*	۰/۰۲۰*	۰/۴۴۵	۰/۰۰۲*	۰/۲۱۶	۰/۰۰۵*
۲۰	۲۰	۰/۰۴۵*	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۲۶۶	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۱۲۱	۰/۰۰۲*	۰/۰۰۰*
۲۵	۲۰	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۲*	۰/۵۲۵	۰/۰۲۱*	۰/۰۰۷*	۰/۰۳۴*	۰/۰۰۰*	۰/۰۱۹*

[1] Running Bond Pattern
[2] Half Embedded
[3] Armfield
[4] Paired Samples T-test

۰	۳۰	۰/۰۰۹*	۰/۰۱۰*	۰/۰۰۰*	۰/۰۷۶	۰/۳۰۴	۰/۰۹۳	۰/۵۳۶	۰/۷۲۱	۰/۹۱۳
۵	۳۰	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۱*	۰/۱۱۴	۰/۱۴۵	۰/۰۴۸*	۰/۰۰۱*	۰/۲۲۸	۰/۰۰۳*	۰/۰۰۳*
۱۰	۳۰	۰/۰۰۰*	۰/۸۰۰	۰/۰۰۰*	۰/۰۳۳*	۰/۰۴۷*	۰/۵۷۷	۰/۰۰۱*	۰/۰۵۱	۰/۰۱۱*
۱۵	۳۰	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۰۹۳	۰/۰۴۸*	۰/۹۵۱	۰/۴۶۶	۰/۰۰۳*	۰/۰۰۱*
۲۰	۳۰	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۵۱۱	۰/۴۴۳	۰/۵۶۴	۰/۸۹۵	۰/۰۱۵*	۰/۰۱۴*	۰/۵۲۱
۲۵	۳۰	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۳۳۲	۰/۵۹۷	۰/۵۵۳	۰/۹۱۶	۰/۰۱۶*	۰/۰۱۲*	۰/۵۵۷
۰	۴۰	۰/۰۰۰*	۰/۲۶۷	۰/۰۰۲*	۰/۰۰۰*	۰/۰۹۹	۰/۳۰۲	۰/۰۰۰*	۰/۰۴۶*	۰/۲۸۵
۵	۴۰	۰/۴۶۰	۰/۱۳۰	۰/۶۰۹	۰/۰۳۹*	۰/۰۵۹	۰/۴۴۵	۰/۱۸۳	۰/۰۹۴	۰/۸۲۹
۱۰	۴۰	۰/۰۰۸*	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۵۱۴	۰/۱۵۹	۰/۳۷۸	۰/۰۶۲	۰/۹۷۳	۰/۱۴۴
۱۵	۴۰	۰/۰۰۱*	۰/۶۲۸	۰/۰۰۰*	۰/۰۷۴	۰/۰۶۹	۰/۲۱۶	۰/۰۰۱*	۰/۰۸۳	۰/۱۰۰
۲۰	۴۰	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۰۶۶	۰/۰۰۲*	۰/۰۰۰*	۰/۴۰۶	۰/۰۱۹*	۰/۷۴۸	۰/۱۳۲
۲۵	۴۰	۰/۰۸۳	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۷۲۱	۰/۲۱۷	۰/۳۵۸	۰/۴۳۹	۰/۵۳۳	۰/۸۵۰
۰	۵۰	۰/۰۲۵*	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۵۳۱	۰/۶۶۲	۰/۶۷۸	۰/۷۰۱	۰/۱۹۳	۰/۰۴۱*
۵	۵۰	۰/۰۰۰*	۰/۱۶۴	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۳*	۰/۵۴۳	۰/۰۷۸	۰/۰۳۲*	۰/۳۷۷
۱۰	۵۰	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۱۹۸	۰/۱۱۵	۰/۹۲۶	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۳*	۰/۰۵۵
۱۵	۵۰	۰/۰۸۳	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۴۲۰	۰/۰۲۰*	۰/۰۰۰*	۰/۳۴۷	۰/۹۹۱	۰/۲۶۵
۲۰	۵۰	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۱*	۰/۰۲۳*	۰/۶۱۸	۰/۱۱۴	۰/۰۰۵*	۰/۱۲۵	۰/۱۸۶	۰/۰۰۰*
۲۵	۵۰	۰/۰۰۰*	۰/۰۳۷*	۰/۰۰۲*	۰/۳۱۲	۰/۳۷۳	۰/۵۴۱	۰/۳۳۷	۰/۵۵۱	۰/۳۲۳

بحث و نتیجه گیری

هنگامی‌که کرت‌های فرسایشی تنها برای نمایش اهداف استفاده می‌گردند، عموماً یک کرت به ازاء هر تیمار استفاده می‌شود (Hudson، ۱۹۹۵) و برای دقت‌های بیشتر، تحقیقات علمی توصیه کرده‌اند که حداقل دو تکرار باید استفاده گردند (Morgan، ۲۰۰۵)، اما شرط استفاده از بسیاری از آزمون-های آماری که در این تحقیق نیز به کار گرفته شده‌اند استفاده از حداقل ۳ تکرار است که با توجه به محدودیت‌های موجود این تعداد در تحقیق اخیر به کار گرفته شد. توجه به مقادیر به دست آمده از مقایسات دو به دو بین سه تکرار در هر تیمار فرعی نشان می‌دهد که در داده‌های غلظت رسوب مشاهده‌ای نتایج تکرارها از همگنی مناسب‌تری برخوردار می‌باشند. با توجه به این که داده‌های غلظت رسوب اخیر به جز در ابتدای شبیه‌سازی‌ها از نوسانات کمتری طی شبیه‌سازی نسبت به رواناب و تولید رسوب برخوردار بوده‌اند این نتایج دور از ذهن نیست. اما در زمینه رواناب مشاهده‌ای که طی شبیه‌سازی بالاترین تغییرات را با توجه به نمودارهای تغییرات زمانی و نیز نتایج تحلیل روند دارا بوده است، نتایج مقایسات بین تکرارها نیز اختلافات بالاتری را بین تکرارها نمایان می‌سازد. اما در زمینه مقایسه تکرارها با توجه به مقادیر تولید رسوب مشاهده می‌شود که اختلافات بین تکرارها حالتی بینابینی را با توجه به دو عامل رواناب و غلظت رسوب دارد که نظر به تغییرات زمانی آنها می‌توان دریافت که تغییرات آن طی شبیه‌سازی نیز حالتی متوسط نسبت به دو متغیر اخیر دارد. لذا این‌گونه می‌توان نتیجه‌گیری نمود که در بررسی عواملی که طی شبیه‌سازی از تغییرات بالاتری برخوردارند و یا از تیمارهای مطالعاتی اثرپذیری بیشتری دارند، تعداد تکرارهای بیشتری نیز جهت دستیابی به نتایج مطلوب‌تر مورد لزوم است.

اختلاف بین کرت‌های تکرار، در مطالعات فرسایش معمول است (Boix-Fayos و همکاران، ۲۰۰۶). در این راستا، Ruttimann و همکاران (۱۹۹۵) ضریب تغییراتی با میانگین ۷۱ درصد را برای هدررفت خاک مشاهده‌ای بین تکرارهای خود مشاهده نمودند. Nearing (۲۰۰۰) نیز نشان داد اختلافات بین تکرارهای کرت‌ها و نیز ضریب تغییرات تکرارها، هنگامی‌که مقدار هدررفت خاک افزایش یابد، به سمت کاهش یافتن میل می‌کند و واریانس بین تکرارها با تابعی توانی همگام با افزایش فرسایش خاک کاهش می‌یابد که نشان می‌دهد مقدار فرسایش عاملی اساسی برای تشریح اختلافات داده‌های فرسایشی است. اما داده‌های گسترده‌ای با تعداد تکرارهای بالا برای ارزیابی اختلافات در اندازه‌گیری فرسایش خاک وجود ندارد (Nearing و همکاران، ۱۹۹۹). لذا محدودیت تعداد تکرارها نگرانی مهمی در مطالعات است و با توجه به اختلافات قابل ملاحظه‌ی کرت به کرت در نرخ فرسایش اندازه‌گیری شده از سطوح عرصه‌ای ظاهرا همگن، تکرارهای کافی باید اتخاذ گردد (Grismer، ۲۰۱۲). اما با توجه به محدودیت‌های مالی و زمانی این تحقیق، افزایش تکرارها کاهش سطح کرت را می‌طلبید که این اقدام در نخستین نتیجه، افزایش اثرات مرزی در کرت‌های کوچک را باعث می‌شد که امری نامطلوب است (Cooper، ۲۰۰۶).

منابع

۱. پیوسته، ف. اسدی، ح. و عاکف. م.، ۱۳۸۹، رابطه‌ی بین پایداری خاکدانه و تشکیل اندوده‌ی سطحی و اثر آن بر فرسایش خاک در شرایط آزمایشگاهی، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال چهارم. شماره ۱۰، ۸ ص.

2. Boix-Fayos. C., Martínez-Mena, M., Arnau-Rosalen, E., Calvo-Cases, A., Catillo, V. and Albaladejo, J., 2006. Measuring soil erosion by field plots: Understanding the sources of variation. Earth-Science Reviews, 78: 267-285.
3. Cooper, S.E., 2006. The role of conservation soil management on soil and water protection at different spatial scales. Thesis for the degree of doctor of philosophy, Cranfield University: 307 pp.
4. Figueiredo , T. and Poesen, J., 1998, Effects of surface rock fragment characteristics on interrill runoff and erosion of a silty loam soil, Soil & Tillage Research, 46: 81-95.
5. Gomez, J.A., Nearing, M.A., Giraldez, J.V. and Alberts, E.E., 2001. Analysis of sources of variability of runoff volume in a 40 plot experiment using a numerical model. Journal of Hydrology, 248: 183-197.
6. Grismer, M.E., 2012. Standards vary in studies using rainfall simulators to evaluate erosion. Journal of California Agriculture, 66(3):102-107.
7. Hudson, N.W., 1995. Soil conservation. 3rd ed. Batsford Limited: London: 210pp.
8. Morgan, R.P.C., 2005. Soil erosion and conservation. 3rd ed. Oxford: Blackwell Publishing: 304pp.
9. Nearing, M.A., Govers, G. and Darrell Norton, L., 1999. Variability in Soil Erosion Data from Replicated Plots. Soil Sci. Soc. Am. J., 63:1829-1835.
10. Nearing, M.A., 2000. Evaluating soil erosion models using measured plot data: accounting for variability in the data. Earth Surface Processes and Landforms, Volume 25, Issue 9:1035-1043.
11. Nicolaisen, J.E. Gilley, J.E. Eghball, B. and Marx, D.B., 2007, Crop residue effects on runoff nutrient concentrations following manure application, Transactions of the ASABE, Vol. 50(3): 939−944.
12. Rimal, B.K. and Lal, R., 2009, Soil and carbon losses from five different land management areas under simulated rainfall, Soil & Tillage Research, 106: 62–70.
13. Ruttimann, M., Schaub, D., Prasuhn, V. and Ruegg, W., 1995. Measurement of runoff and soil erosion on regularly cultivated fields in Switzerland, some critical considerations. Catena, 25:127-39.
14. Seeger, M., 2007, Uncertainty of factors determining runoff and erosion processes as quantified by rainfall simulations, Catena, 71: 56–67.
15. Zobisch, M.A., Klingspor, P. and Oduor, A.R., 1996. The accuracy of manual runoff and sediment sampling from erosion plots. Journal of Soil and Water Conservation, 51(3): 23-31.