

ساقاب و تاج بارش استفاده می‌شود. در رابطه با فرسایش آبی خاک، مهم‌ترین مرحله‌ای که در آن هدررفت خاک حادث می‌شود، مرحله شیاری شدن است. در باران‌سازهای کوچک مقیاس، ابعاد کم کرت‌ها مجال فرسایش شیاری را به رواناب نمی‌دهد و لذا نمی‌توان درک درستی از فرسایش‌پذیری خاک داشت.

واژه‌های کلیدی: شبیه‌سازی باران، نازل، لنگربندی، فرسایش آبی، تاج بارش.

مقدمه

روش‌های تجربی گوناگونی برای تخمین مقدار تاج بارش، ساقاب و اتلاف تاجی گونه‌های مختلف گیاهی و همچنین برآورد مقدار فرسایش خاک وجود دارد. از مدل‌های فرسایش آبی خاک می‌توان به مدل‌های EPM [۲۲] و RUSLE، WEPP، PSIAC و از مدل‌های باران‌رایی تاج پوشش می‌توان به مدل‌های Sparse Gash و Rutter اشاره نمود [۲۷]. بیش‌تر این روش‌ها دارای خطای برآورد بوده و صحت قضاوت در مورد متغیرهای وابسته مدل، مورد تردید است. روش دقیق‌تر برای مطالعه پدیده‌های هیدرولوژیکی در عرصه‌های جنگلی، اندازه‌گیری مستقیم در زمان وقوع بارندگی می‌باشد. اما از آنجایی که بررسی اتلاف تاجی و رواناب ناشی از باران طبیعی با متغیرهای از پیش تعیین‌شده و در تکرارهای دلخواه عملاً امکان‌پذیر نمی‌باشد، لذا استفاده از دستگاه باران‌ساز که عملیات شبیه‌سازی باران را انجام می‌دهد، ضروری به‌نظر می‌رسد [۸، ۲۴، ۲۵]. شبیه‌سازی باران، تکنیک جدیدی نمی‌باشد. بلکه نزدیک به ۱۰۰ سال است که محققان به منظور شبیه‌سازی بارندگی، طیف وسیعی از روش‌ها و لوازم را به کار برده‌اند [۲۶].

در دهه‌های اخیر، تحقیقات در مورد چرخه آب در جنگل‌ها بسیار کاربردی شده و به سمت تهیه مدل‌هایی دقیق برای پیش‌بینی چگونگی تقسیم بارش در توده‌های جنگلی سوق داده شده است. هم‌چنین دانستن مقدار تاج بارش گونه‌های مختلف گیاهی و تعیین مقدار فرسایش خاک تحت پوشش این گونه‌ها به مهندسان و مدیران جنگل کمک می‌کند تا در پروژه‌های زیست‌مهندسی گونه‌های گیاهی مناسب‌تری را برای تثبیت مناطق جنگلی تخریب‌یافته (مناطق لغزشی)، حاشیه جاده‌ها و حاشیه رودخانه‌ها برگزینند [۱۴، ۱۵]. یکی از عامل‌های مهم در انتخاب گونه‌های درختی و درختچه‌ای برای کاشت در مناطق لغزشی و حاشیه جاده‌ها و رودخانه‌ها شناسایی

بررسی مروری انواع باران‌سازها و ضرورت استفاده از باران‌سازهای صحرایی بزرگ‌مقیاس برای بررسی فرسایش خاک و تاج بارش

آیدین پارساخو^۱ و محسن مصطفی^۲

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۶/۰۹ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۲/۲۵

چکیده

به دلیل چالش‌های لجستیکی باران‌سازهای بزرگ‌مقیاس، در اغلب مطالعاتی که تاکنون صورت پذیرفته از باران‌سازهای کوچک‌مقیاس با ارتفاع نازل کم‌تر از سه متر و سطح کرت کم‌تر از ۵ مترمربع بهره گرفته شده است. اجرای این قبیل مطالعات کوچک‌مقیاس برای بررسی مقدار فرسایش‌پذیری خاک، نفوذ خاک، تأثیر پوشش گیاهان علفی و بوته‌ای بر فرسایش آبی و رواناب بسیار ارزشمند می‌باشد، اما برای درک بهتر و عمیق‌تر فرایند چرخه آب و اثرات متقابلی که در مقیاس بزرگ‌تر حادث می‌شود نیاز به باران‌سازهای بزرگ‌تر را توجیه می‌کند. باران‌ساز باید طوری طراحی شود که بتواند باران را از ارتفاع بالای تاج پوشش شبیه‌سازی نماید، در این حالت قطرات باران نیز می‌توانند به سرعت نهایی خود برسند. بدین‌منظور یک دکل حداقل ۱۵ متری لنگربندی (برای برپا نگه داشتن دکل باران‌ساز از کابل‌های مهار استفاده می‌شود که به این کار لنگربندی گفته می‌شود) شده که امکان نصب چند نازل در رأس آن وجود داشته باشد نیاز است. مهم‌ترین جز هر باران‌ساز نوع نازلی است که به کار می‌رود. معمول‌ترین نوع نازل، نازل صفحه‌ای چرخنده با زاویه دوران ۳۶۰ درجه در دو الگوی نصب خطی و H می‌باشد که در رأس دکل نصب می‌شود. نازل‌ها از طریق یک لوله پلاستیکی به صورت عمودی به مخزن آب و موتور پمپ متصل می‌شوند. پس از راه‌اندازی سامانه و واسنجی باران‌ساز، از یک مخزن جمع‌آوری‌کننده بادبزی به شعاع پنج متر (حدود ۸۰ مترمربع) از جنس نایلون ضخیم، میله‌های نازک و بست برای جمع‌آوری

۱- استادیار گروه جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- استادیار بخش منابع طبیعی، مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران. پست الکترونیک نویسنده مسئول: Email: M.Mostafa@areeo.ac.ir

مقدار باران ربایی^۱ تاج پوشش درختان است که می تواند در حفاظت روسازی جاده ها، کاهش فرسایش کناره های رودخانه و مدیریت منابع آبی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک حائز اهمیت باشد. در مناطق خشک و نیمه خشک بیش تر رخدادهای بارندگی به میزان متوسط و کم می باشد. چنانچه گونه درختی دارای ظرفیت باران ربایی زیاد باشد، آب به کف جنگل نمی رسد، لذا برای جنگل کاری در این مناطق باید گونه های با مقدار اندک باران ربایی انتخاب شود تا بیلان آبی در حدمطلوب باشد [۳، ۴]. بهترین و دقیق ترین ابزار سنجش باران ربایی، شبیه سازی باران از بالای تاج پوشش و جمع آوری تاج بارش و ساقاب در زیر پوشش است [۱۷، ۱۸]. باران ساز به محقق اجازه می دهد تا اثر مشخصات باران بر فرسایش خاک و اتلاف تاجی را طی تکرارهایی با فواصل زمانی بسیار کوتاه مورد آزمون قرار دهد. مهم ترین دلیل استفاده از شبیه ساز باران، امکان تسلط کامل محقق بر دستگاه و کنترل و تنظیم خصوصیات بارش است. شاخص اصلی باران سازها، انرژی جنبشی قطرات است که قدرت فرساینده گی باران را نشان می دهد.

فرسایش آبی خاک یک فرآیند طبیعی است که هنگام تماس تاج بارش، ساقاب و آب جاری یا رواناب با سطح خاک به وقوع می پیوندد. با توجه به وضعیت حاد و بحرانی فرسایش خاک در ایران، انجام فعالیت های گسترده از دیدگاه های تحقیقات و اجرا ضروری است. در این راستا و به منظور شناخت فرسایش خاک و فرآیندهای مربوط به آن، در سال های اخیر مطالعات وسیعی هنگام بارندگی های طبیعی و همچنین شبیه سازی باران انجام گرفته است [۲۲]. استفاده از کرت های صحرایی تحت شرایط بارندگی طبیعی به منظور ارزیابی فاکتورهایی که در وقوع فرسایش خاک دخالت دارند، نیازمند صرف مدت زمان طولانی می باشد تا بتوان از این طریق دامنه تغییرات آب و هوایی را به خوبی کنترل کرد. امروزه به منظور کوتاه نمودن این زمان، کرت ها به آزمایشگاه منتقل شده و تحت بارندگی های مصنوعی حاصل از باران سازها قرار می گیرند. البته این کار نیز با مشکلات عدیده ای همراه است، زیرا نمونه برداری خاک در قالب های بزرگ دست نخورده و انتقال آن به آزمایشگاه کاری دشوار، پرهزینه و وقت گیر می باشد [۱۹].

دستگاه شبیه ساز باران سرعت انجام تحقیق درباره پدیده فرسایش خاک و اتلاف تاجی را افزایش می دهد. به کمک این دستگاه می توان یک بارندگی با شدت معین را چندین بار تکرار کرد. در حالی که در شرایط طبیعی، محقق باید سال ها منتظر بماند تا دو بارندگی با مشخصات یکسان حادث گردد. بدین ترتیب با کوتاه تر شدن بازه زمانی انجام آزمایش و همچنین جمع آوری نمونه، امکان مقایسه تیمارهای مختلف فراهم می شود. همچنین در شرایط معین، می توان تنها با چند بار تکرار عملیات شبیه سازی باران به داده های کافی به منظور انجام تحلیل های آماری دست یافت [۵، ۶ و ۸].

باران سازها از نظر عملکرد به دو گروه بزرگ تقسیم می شوند:

1. Rainfall interception

در گروه اول، آب با سرعت زیاد و تحت فشار پمپ از نازل خارج می شود و در گروه دوم قطرات بعد از تشکیل با سرعت اولیه صفر از نازل سقوط می کنند [۱۱]. عمده ترین عیب گروه دوم باران سازها این است که قطرات برای رسیدن به سرعت حد بایستی از ارتفاع زیاد رها شوند [۱۶]. این ارتفاع برای بزرگترین قطرات (حدود ۵ میلی متر) در حدود ۱۰ تا ۱۲ متر است [۹]. با افزایش ارتفاع نازل به بیش از ۱۰ متر می توان به سرعت نهایی دست یافت و بدین ترتیب مشکل باران سازها در شبیه سازی بارش از بالای تاج پوشش درختان را نیز برطرف نمود. بر این اساس می توان باران سازها را از نظر مقیاس ارتفاعی و کرتی به سه گروه بزرگ مقیاس، متوسط مقیاس و کوچک مقیاس تقسیم بندی نمود. باران سازهای بزرگ مقیاس دارای ارتفاع نازل ۲۰-۱۰ متر بوده و کرت های با مساحت حداقل ۲۵ متر مربع را پوشش می دهند. باران سازهای متوسط مقیاس دارای ارتفاع نازل ۱۰-۳ متر بوده و کرت های با مساحت ۲۵-۵ متر مربع را پوشش می دهند. باران سازهای کوچک مقیاس دارای ارتفاع نازل ۰/۵-۳ متر بوده و کرت های با مساحت ۵-۰/۲ متر مربع را پوشش می دهند.

مروری بر اصول طراحی و ساخت انواع باران سازها

باران سازهای کوچک مقیاس: زهتابیان و آهوزاده [۲۸] در یک تحقیق میدانی در شمال استان خوزستان به منظور اندازه گیری رواناب و میزان رسوب از دستگاه باران ساز استفاده کردند. اجزای این دستگاه بدین شرح است: مخزن آب به گنجایش ۳۰ لیتر که خروجی آن به وسیله یک شیر کنترل می شود و آب را به وسیله یک شیلنگ به مجرای ورودی صفحه بارش هدایت می کند. صفحه بارش از تعدادی لوله پلی اتیلن نرم تشکیل شده که به طور موازی به هم متصل و شبکه ایجاد کرده اند. این شبکه دارای ۳۸۴ نازل قابل تنظیم بوده و سطح مؤثر آن یک متر مربع است. وظیفه صفحه، تولید و بارش باران می باشد. قاب دستگاه نگهدارنده لوله های پلی اتیلن و در نتیجه محافظ فیزیکی صفحه بارش است. پایه های دستگاه به این قاب متصل می شوند. پایه های دستگاه که صفحه بارش را در ارتفاع ۱۶۰ سانتی متری نگه می دارد، بر روی شیب های تا ۴۵ درصد دارای قابلیت تنظیم و استقرار است. جمع کننده رواناب به ابعاد ۱۰۰ × ۱۰۰ سانتی متر که در محل مورد نظر کوبیده شده و بارش در سطح آن انجام می شود. جمع کننده دارای یک لوله خروجی است که رواناب را به ظروف جمع آوری و اندازه گیری رواناب هدایت می کند. سیستم محافظ باد که مانع از اثر جریان باد بر قطرات باران تولیدی توسط باران ساز شده و معمولاً از جنس پلاستیک می باشد. روحی پور و همکاران [۲۰] به منظور بررسی رابطه برخی شاخص های پایداری خاکدانه با عامل فرسایش پذیری خاک از یک دستگاه شبیه ساز باران در مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع ساخت شرکت Delta lab استفاده نمودند. این باران ساز می تواند باران هایی را با شدت های مختلف از ۲۵ تا حدود ۲۰۰ میلی متر در ساعت شبیه سازی نماید. آب مورد نیاز توسط یک مخزن ۶۰ لیتری تأمین و به وسیله یک پمپ



شکل ۱: باران‌ساز کوچک مقیاس

باران را در داخل فریم فلزی به نحوی حرکت می‌دهد که ضمن پیش‌گیری از برخورد قطرات به یک نقطه، ریزش قطرات به صورت کاملاً یکنواخت انجام گیرد. آقابیگی امین و عرب‌خدری [۱] نسبت به طراحی و ساخت باران‌ساز قابل حمل به وزن تقریبی ۲۰ کیلوگرم اقدام کردند. این باران‌ساز قابلیت شبیه‌سازی باران با شدت‌های ۲/۸ تا ۹/۵ سانتی‌متر بر ساعت را در سطح کرت‌ای ۱ تا ۳ مترمربعی دارد. ارتفاع نازل حداکثر سه متر می‌باشد (شکل ۱).

جهانبخشی و همکاران [۱۲] نسبت به طراحی و ساخت سامانه شبیه‌ساز باران قابل حمل از نوع تحت فشار با نازل نوسانی اقدام نمودند. پایه‌های دستگاه تا ارتفاع ۲/۴۰ متر قابل تنظیم است. این شبیه‌ساز بر پایه یک بازوی پاششی برای هر نازل است که در عرض یک کرت با سرعت‌های متفاوت به منظور ایجاد شدت‌های بارش مختلف نوسان می‌کند. هر بازو به یک موتور دنده‌ای متصل است که این موتور با دریافت سیگنال‌های کنترل از برنامه کامپیوتری، سرعت حرکت و زاویه نوسان بازوها را ایجاد می‌کند. این دستگاه قادر به تولید شدت‌های بارندگی بین ۳۶/۸ تا ۱۷۵ میلی‌متر بر ساعت است. نجفیان سراجی [۱۸] به منظور بررسی اثر پوشش گیاهی مرتعی بر فرسایش خاک، از یک شبیه‌ساز باران با ابعاد کوچک استفاده کرد. باران‌ساز مورد مطالعه در اندازه کرت ۰/۰۹ مترمربع (۳۰ × ۳۰ سانتی‌متر) طراحی شده و به راحتی قابل حمل می‌باشد. این باران‌ساز از سه قسمت: آب‌پاش با تنظیم‌کننده فشار برای تولید بارش استاندارد، پایه برای آب‌پاش و قاب فلزی که نمونه خاک در داخل آن قرار می‌گیرد، تشکیل شده است. به قاب یک صفحه شیروانی متصل است تا رواناب و رسوب از طریق آن به ظرف نمونه‌گیری انتقال داده شود. آب‌پاش متشکل از یک مخزن آب سیلندری و اسنچی شده با ظرفیت حدود ۲۰۰۰ میلی‌متر است که با سر آب‌پاش ارتباط دارد و ظرفیت کل مخزن سیلندری و آب‌پاش ۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد. آب از قسمت تحتانی آب‌پاش در امتداد ۴۹ عدد لوله موئینه خارج می‌شود. فشار آب در لوله‌های موئینه را می‌توان با حرکت دادن لوله هوادهنده به سمت بالا و پایین افزایش یا کاهش داد و در نتیجه شدت بارش را کنترل کرد. انتهای تحتانی سوراخ‌های موئین با یک قطعه لوله کوتاه

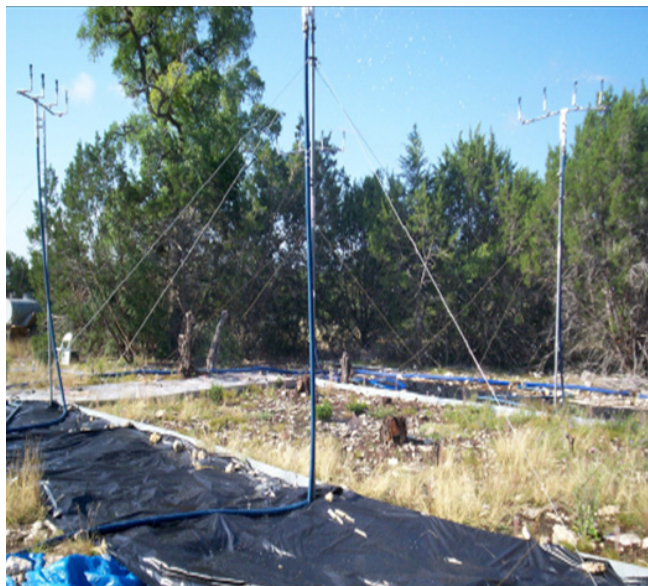
برقی به طرف یک نازل منفرد جارویی که در ارتفاع چهار متری از بستر خاک مورد آزمایش قرار دارد، منتقل می‌گردد. فلوام شیب‌پذیر دستگاه باران‌ساز دارای کرتی به ابعاد ۱ × ۱ متر است که بستر خاک مورد آزمایش را در بر می‌گیرد. یوسفی‌فرد و همکاران [۲۴] برای تخمین هدررفت خاک و عناصر غذایی در اثر تغییر کاربری اراضی مرتعی از یک دستگاه باران‌ساز مصنوعی استفاده کردند. باران‌ساز مورد استفاده از نوع قطره‌ساز بوده، در ساختن آن از قطره چکان‌های شرکت پل ایران^۱، مورد استفاده در آبیاری قطره‌ای بهره گرفته شد. این نوع قطره چکان قابلیت تنظیم شدت و یکنواختی بارندگی را دارد. قطرات باران بدون سرعت اولیه از قطره چکان جدا شده، بر اثر نیروی ثقل آزادانه سقوط می‌کنند. صفحه ریزش باران از ۳۸۴ قطره چکان قابل تنظیم تشکیل شده بود که اجازه تنظیم شدت باران را می‌داد. لوله‌های پلی‌اتیلنی که قطره چکان‌ها به فواصل ۵ × ۵ سانتی‌متر و به صورت دوطرفه روی آن‌ها نصب شده‌اند، با لوله‌های رابط به نحوی متصل شده‌اند که یک شبکه بسته ایجاد کرده و به صورت چرخه بسته عمل می‌کنند. مخزن آب و سطح آب در مدت آزمایش حدود یک متر بالاتر از سطح صفحه ریزش باران قرار گرفته و سطح آب در مخزن ثابت نگه داشته می‌شد. ارتفاع دستگاه از سطح زمین ۱/۶۵ متر بود و پایه‌های جلو برای استقرار روی شیب، تا دو متر قابل گسترش بودند. به منظور محصور کردن قسمت مورد آزمایش و جمع‌آوری رواناب از کرتی به مساحت یک مترمربع استفاده شد. وهابی و مهدیان [۲۵] در تحقیق خود از یک باران‌ساز غیرفشاری قابل حمل از جنس پلکسی گلاس به ابعاد ۱۲۰ × ۸۹ سانتی‌متر با پایه‌های قابل تنظیم با ارتفاع حداقل ۱/۵ متر قابل استقرار در شیب‌های مختلف، استفاده کردند. این شبیه‌ساز با حجم مخزن ۵۱/۶ لیتر قادر به تولید بارش با شدت‌های حداقل ۱۰ تا حداکثر ۸۰ میلی‌متر در ساعت با زمان تداوم‌های مختلف می‌باشد. ضمناً برای پیش‌گیری از سقوط قطرات بارش تولیدی به یک نقطه از کرت آزمایش، یک موتور در چارچوب فلزی دستگاه به نحوی تعبیه شده است که با توجه به فاصله قطره چکان‌ها، سطح ریزش قطرات

1. Pol Iran

پوشیده شده که قطر داخلی و خارجی این قطعه لوله کوتاه، اندازه قطر قطرات را کنترل می‌کند. بعد از پُر کردن آب‌پاش، درب منفذ پُرکننده با چوب‌پنبه بسته می‌شود، آب‌پاش برگردانده شده و روی پایه مستقر بر کرت آزمایش در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری قرار داده می‌شود. با برداشتن چوب‌پنبه، آب از قسمت تحتانی آب‌پاش با شدت موردنظر خارج می‌شود.

ویهی و همکاران [۲۶] در کاستاریکا برای بررسی مدل فرسایش EUROSEM، با استفاده از نازل‌های نوع Lechler 460.848 SECE که در ارتفاع ۳ متری نصب شده بود، تحت فشار ۱۳۰ کیلوپاسکال، شدت باران ۱۳۲ میلی‌متر در ساعت را با میانه قطر قطرات ۱/۰۶ میلی‌متر ایجاد کردند. آن‌ها هم‌چنین در ساختمان باران‌ساز از نازل‌های جارویی استفاده نمودند که از ارتفاع ۳ متری تحت فشار ۵۰ کیلوپاسکال، بارشی با شدت ۳۱ میلی‌متر در ساعت را بر روی کرت یک مترمربعی شبیه‌سازی می‌نمود. جردن لُیز و همکاران [۱۱] میزان رواناب سطحی و تولید رسوب در جاده‌های خاکی پارک طبیعی سیرادی آراکینا اسپانیا را به کمک یک دستگاه سیار شبیه‌ساز باران با شدت بارندگی ۹۰ میلی‌متر در ساعت مورد مطالعه قرار دادند. ساختمان این دستگاه به شکل یک هرم بدون رأس بود که بر روی پایه‌های تلسکوپی فلزی قرار داشت. اطراف این دستگاه توسط یک روکش نایلونی پوشیده شده بود تا از قطرات باران مصنوعی در برابر وزش باد محافظت کند. آب توسط یک لوله پلاستیکی که به پمپ سیار متصل است به سمت نازل هدایت شده و با فشار ۱/۸ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع بر روی پلات نمونه‌برداری به ابعاد ۸۰ × ۸۰ سانتی‌متر ریزش می‌کند. فلتز و همکاران [۷] در ایالت آیداهو آمریکا برای شبیه‌سازی باران از ارتفاع ۳ متری از یک دستگاه باران‌ساز با سیستم تک نازل مدل Veejet ۸۰۱۰۰ استفاده کردند به منظور فراهم نمودن شرایط لازم جهت استقرار دستگاه روی زمین ناهموار، آن را به پایه‌های تلسکوپی مجهز کردند. هم‌چنین برای اطمینان از پراکنش یکنواخت قطرات باران روی سطح پلات و جلوگیری از تأثیر وزش باد، اطراف دستگاه توسط نایلون پوشانیده شد. باران‌ساز به نحوی تنظیم گردید تا تحت فشار ۴۱-۴۲ کیلوپاسکال بتواند باران مصنوعی با شدت ۱۰۰ میلی‌متر در ساعت را برای مدت ۳۰ دقیقه تولید نماید. باران‌سازهای متوسط‌مقیاس: عرب خدری [۲] در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور اقدام به طراحی و ساخت یک دستگاه باران‌ساز آزمایشگاهی (غیرسیار) نمود. تحت فشار بودن سیستم، ابعاد آن چه از لحاظ ارتفاع و چه از نظر ابعاد کرت، قابلیت تغییر شیب کرت و تغییرپذیری شدت بارش (بین ۲۵ تا ۱۲۵ میلی‌متر بر ساعت) از جمله محاسن این دستگاه بود. در گام اول تجهیز، تکمیل و آماده‌سازی سیستم شبیه‌ساز مدنظر قرار گرفت. تعیین آب‌دهی نازل‌ها، بررسی شدت و یکنواختی بارش، اندازه‌گیری قطر قطرات و توزیع اندازه آن‌ها، برآورد سرعت و انرژی جنبشی قطرات باران از جمله اهداف طرح یادشده بود. برای تعیین توزیع و یکنواختی بارش از ظروفی استوانه‌ای با سطح مقطع ۱۰۰ سانتی‌متر مربع در فواصل ۳۰

سانتی‌متر در سه فشار ۰/۱، ۰/۵ و ۱/۵ اتمسفر استفاده شد. اندازه‌گیری توزیع شدت بارش برای تکنازل روی دو قطر عمود بر هم قاعده مخروط بارش و برای ترکیب نازل‌ها در سطح فلوم در مدت زمان ۱۰ دقیقه در دو گام محاسبه‌ای و مشاهده‌ای صورت گرفت. به‌منظور تعیین توزیع اندازه قطرات از روش گلوله آردی استفاده گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که رفتار نازل‌ها از نظر دبی خروجی یکسان بود و با افزایش فشار آب دبی خروجی از آن‌ها افزایش یافت. توزیع بارش برای همه نازل‌ها تقریباً یکسان بود و با افزایش فشار آب از ۰/۱ به ۰/۵ و ۱/۵ اتمسفر، حداکثر شدت تک‌نازل حدود ۲۵، ۳۵ و ۷۰ میلی‌متر در ساعت و قطر مخروط بارش از ۵ به ۷/۵ متر افزایش یافت. با ترکیب نازل‌ها در سیستم حاضر، شدت‌های بارش بین ۳۵ تا ۱۲۵ میلی‌متر در ساعت قابل شبیه‌سازی بود، هرچند که توزیع این شدت‌ها، ضریب تغییرات نسبتاً بالایی در سطح فلوم داشت. در یک فشار ثابت با افزایش تعداد نازل‌های فعال، علاوه بر افزایش شدت بارش، میانه قطر قطرات نیز افزایش می‌یابد. هم‌چنین با افزایش فشار آب علاوه بر افزایش شدت بارش، میانه قطر قطرات کاهش می‌یابد. میانه قطر قطرات باران شبیه‌سازی شده بین ۱/۶۴ تا ۲/۱۵ میلی‌متر متغیر بود. حزباوی و همکاران [۱۰] تأثیرپذیری مؤلفه‌های رواناب از کاربرد سطوح مختلف پلی‌آکریل آمید را با استفاده شبیه‌ساز باران مورد تحلیل و ارزیابی قرار دادند. محمودآبادی و همکاران [۱۵] به‌منظور واسنجی، توزیع مکانی و خصوصیات بارش‌های شبیه‌سازی شده، از دستگاه شبیه‌ساز باران ثابت پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری استفاده کردند. این شبیه‌ساز شامل سیستم آب‌رسانی، صفحه بارش، فلوم شیب‌پذیر، اتاق کنترل و آزمایشگاه، چارچوب اصلی و پوشش اطراف آن می‌باشد. آب مورد نیاز بارش با استفاده از پمپ و الکتروموتور و از طریق سیستم آب‌رسانی، از مخزن تا نازل‌ها هدایت می‌شود. به‌کمک یک فشارسنج، فشار و دبی آب قابل کنترل است. صفحه بارش از شش عدد نازل تشکیل شده که روی ریل متحرکی به طول شش متر و ارتفاع ۷/۷۵ متر از سطح فلوم نصب شده‌اند. نازل‌های مورد استفاده در این شبیه‌ساز از نوع بی‌ای‌ایکس^۱ با قطر دهانه ۴/۵ میلی‌متر است. تعداد نازل‌های فعال و فواصل بین آن‌ها برای تنظیم شدت و الگوهای مختلف بارش قابل تنظیم می‌باشد. از شیلنگ‌هایی با قطر و طول یکسان برای آب‌رسانی از مقسم تا نازل‌ها استفاده می‌شود. فلوم شبیه‌ساز با طول و پهنای شش در یک متر و ارتفاع دیواره‌ها ۶۰ سانتی‌متر از مواد پلکسی‌گلاس ساخته شده که روی یک شاسی فلزی نصب شده است. شیب طولی فلوم به وسیله یک دستگاه بالابر (جک) هیدرولیکی تا ۶۰ درصد قابل تنظیم است. به منظور شبیه‌سازی رواناب، بخش تولید رواناب مشتمل بر مخزن با ارتفاع ثابت آب، حوضچه آرامش، شیرهای تنظیم دبی ورودی، آرام‌کننده جریان و سرریز، در بالادست فلوم بر روی شاسی فلزی نصب شده است. در انتهای فلوم نیز قیف جمع‌آوری نمونه‌های رواناب و رسوب قرار دارد. چارچوب اصلی باران‌ساز از نوع قاب



شکل ۳: باران ساز بزرگ مقیاس

می شود) به وجود می آیند. با حرکت دادن عمودی سیستم الکترو و در نتیجه تغییر فشار هیدرواستاتیک می توان شدت بارندگی و اندازه قطرات را تنظیم کرد. در این دستگاه، قطرات باران پس از طی کردن مسافت ۷/۵ متری با بستر خاک برخورد می کنند. بدین ترتیب قطرات به ۹۵ درصد انرژی جنبشی یا سرعت حدشان دست می یابند (شکل ۲).

باران سازهای بزرگ مقیاس: ساواتسکی و همکاران [۲۰] در دو معدن در آلبرتای کشور کانادا و در محوطه ای به مساحت ۲۲۵ مترمربع، ترکیبی از نازلها را برای شبیه سازی بارش های یکنواخت و غیریکنواخت از شدت ۱۰ میلی متر در ساعت تا ۲۰۰ میلی متر در ساعت برای مدت زمان ۳۰ دقیقه به کار بردند. این کار به منظور اندازه گیری مقدار فرسایش خاک از روی سطوح شیب دار به اجرا درآمد. مدل نازل صنعتی مورد استفاده 1/2GG35W و مدل نازل های آبیاری باغبانی HS-7 و HS-15 بود. در ساختمان باران ساز، سیستمی از لوله های PVC و PE برای هدایت آب به سمت نازلها طراحی شد. مانستر و همکاران [۱۷] از یک دستگاه باران ساز صحرایی برای شبیه سازی باران از بالای تاج پوشش درختان بر روی یک دامنه در تگزاس استفاده کردند. این دستگاه دارای ۱۱ متر ارتفاع و مجهز به نازل های افشانه در سر آبیاش های چرخنده بود. زاویه دوران آبیاش ها تا ۳۶۰ درجه و از جنس S3000 Pivot Spinner متعلق به شرکت آبیاری نلسون^۱ بود. این سیستم می تواند در فشار کم ۱۰۳ کیلو پاسکال به خوبی فعالیت کند و باران با شدت ۲۵ تا ۲۵۰ میلی متر در ساعت را تولید نماید. با توجه به سبکی و ارزان قیمت بودن لوله های PVC، از آنها برای انتقال آب به ارتفاع ۱۱ متری استفاده شد. ابعاد کرت ۱۴ × ۷ متر بود. انرژی مورد نیاز برای فعال نمودن این سیستم توسط باتری های خورشیدی تأمین شد (شکل ۳).



شکل ۲: باران ساز متوسط مقیاس

صلب است که تعدادی از اجزای سیستم روی آن قرار گرفته اند. برای جلوگیری از تأثیر باد، پوشش دوجداره فلزی روی این چارچوب نصب شده است. این پوشش مجموعه ای مکعب مستطیل با سقف شیروانی به طول ۱۰، عرض پنج و ارتفاع ۱۱/۲۵ متر است. ایپستین و گرنت [۶] طرح ساخت و واسنجی کردن یک دستگاه باران ساز آزمایشگاهی را در پایگاه آزمایشات کشاورزی دانشگاه مایینی ایالات متحده آمریکا به منظور مطالعات فرسایش خاک به مرحله اجرا گذاشتند. قطر صفحه باران ساز ۱۳۷ سانتی متر بوده و شامل هشت بخش مثلثی شکل می باشد. واحدهای مثلثی هر دقیقه یک دور کامل می زنند. این صفحه گردان در شرایطی که وزن آن به همراه آب داخل سیستم به ۱۳۶ کیلوگرم می رسد، توسط پایه های فلزی در ارتفاع ۹ متری از سطح زمین نگه داشته می شود. برای ارتقاء ثبات دستگاه، تعدادی میله فلزی به صورت عرضی به اسکلت آهنی باران ساز متصل شد. در این سیستم از دو نوع قطره ساز استفاده شد. قطره سازها از جنس فولاد ضد زنگ بودند. نخست آب وارد لوله های با قطر کمتر شده و سپس لوله های با قطر بیشتر، قطراتی با اندازه مناسب را تولید می کنند. به منظور کاستن از اثر قطرات باران بر شیار افتادگی روی سطح نمونه خاک، قطره سازهای هر یک از بخش های مثلثی شکل صفحه باران ساز با نظم خاصی طراحی و ایجاد شدند. دایمیانیس و همکاران [۵] در کشور یونان اقدام به طراحی و ساخت یک دستگاه باران ساز نمودند. در این باران ساز، قطرات آب در داخل سوزن های تزریق که به سمت خارج صفحه بیرون زدگی دارند تشکیل شده و از آنجا با سرعت اولیه صفر فرود می آیند. قطر داخلی این سوزن ها ۰/۵۸ میلی متر بوده و با نظم خاصی بر صفحه ای مربع شکل به ضخامت ۲/۵ سانتی متر نصب شده اند. قطرات در اثر فشار هیدرواستاتیک که در نتیجه تماس سیستم تولید قطره با محتوی آب حاصل می شود، (جایی که سطح آب توسط سیستم خودکار الکترودها در ارتفاع ثابت ۲ سانتی متر نگه داشته

1. Nelson Irrigation Company

ضرورت استفاده از باران‌سازهای بزرگ‌مقیاس

با توجه به موارد اشاره شده، طراحی و ساخت باران‌ساز سیار جهت مطالعات صحرایی به‌ویژه مطالعه درباره مقدار تاج‌بارش، ساقاب و اتلاف تاجی گونه‌های گیاهی و همچنین مطالعه روی عوارض مصنوعی مانند جاده‌های جنگلی که انتقال بخش‌های مختلف آن به آزمایشگاه غیرممکن است، ضروری به نظر می‌رسد. تاج پوشش جنگل یکی از اجزاء ساختار توده‌های جنگلی محسوب می‌شود که بر میزان نور، آب و همین‌طور زادآوری، تنوع زیستی و ریزموجودات کف جنگل موثر است. باران‌سازهای صحرایی که تاکنون طراحی و ساخته شده‌اند اغلب در ابعاد بسیار کوچک هستند که این قبیل باران‌سازها معمولاً فاقد استانداردهای لازم برای تولید باران مصنوعی می‌باشند، زیرا ارتفاع ریزش باران آنقدر کم است که قطرات به سرعت حد نمی‌رسند. برای رفع این نقیصه، نسبت به طراحی و ساخت باران‌ساز با ارتفاع ۲۰-۱۰ متر که در گروه باران‌سازهای بزرگ‌مقیاس قرار می‌گیرد، اقدام شده است تا بتوان عمل شبیه‌سازی باران را از بالای تاج پوشش درختان انجام داد. علاوه‌براین، در رابطه با فرسایش آبی خاک، مهم‌ترین مرحله‌ای که در آن هدررفت خاک حادث می‌شود، مرحله شیار شدن است. در باران‌سازهای کوچک‌مقیاس، ابعاد کم کرت‌ها مجال فرسایش شیار را به رواناب نمی‌دهد و لذا نمی‌توان درک درستی از فرسایش‌پذیری خاک داشت و این موضوع ضرورت استفاده از باران‌سازهای بزرگ‌مقیاس که دارای کرت‌های وسیع می‌باشند را روشن می‌سازد.

بحث و نتیجه‌گیری

شبیه‌سازی باران می‌تواند یک وسیله مفید برای مقایسه و کمی کردن فرایندهای هیدرولوژیک جنگل و رواناب و فرسایش خاک به‌شمار آید. به کمک باران‌سازهای بزرگ‌مقیاس می‌توان اطلاعات لازم در مورد مقدار باران‌ریایی تاج گیاهان مختلف، ضریب رواناب، مقدار نفوذپذیری و فرسایش‌پذیری خاک را در مدت زمان کوتاه و در شرایط نزدیک‌تر به طبیعت گردآوری نمود. در بخش مرتع با شبیه‌سازی باران و تعیین مقدار فرسایش خاک، امکان مدیریت شدت چرا میسر می‌گردد. همچنین به منظور تعیین فرسایش‌پذیری نهشته‌های سطحی در صحرا و در سطوح وسیع، استفاده از باران‌سازهای بزرگ‌مقیاس روشی استاندارد به‌شمار می‌آید. از این قبیل باران‌سازها می‌توان برای درجه‌بندی و اعتبارسنجی مدل‌های تاج‌بارش گیاهان و فرسایش فیزیکی خاک بهره‌گیری کرد. در حالی که در باران‌سازهای کوچک و متوسط مقیاس به دلیل نرسیدن سرعت باران شبیه‌سازی شده به سرعت حد، شبیه‌سازی در زیر تاج پوشش جنگل و همچنین سطح کوچک کرت‌ها اغلب نتایج با عدم قطعیت و خطا مواجه است. اما در هر صورت سهولت حمل، نصب و اجرا و هزینه‌های کم نمونه‌برداری، استفاده از باران‌سازهای کوچک و متوسط مقیاس را اجتناب‌ناپذیر می‌کند. شکل ۴ شمای باران‌ساز بزرگ‌مقیاس پیشنهادی نگارنده را نشان می‌دهد. یک طرح ایده‌آل

برای باران‌ساز بزرگ‌مقیاس که بتواند پاسخگوی نیازهای تحقیقاتی در علوم فرسایش خاک، هیدرولوژی و ارزیابی مقدار باران‌ریایی تاج پوشش گیاهان باشد متشکل از موتور پمپ آب، شاسی چرخ‌دار، فشارسنج و فشارشکن پمپ، شیلنگ‌های مکش، صافی مکش، دکل فلزی، شیلنگ، بست فلزی یا نگهدارنده شیلنگ، نازل چرخنده با آرایش خطی و H شکل، مخزن جمع‌آوری‌کننده بادبزنی، مخزن آب است (شکل ۴).

دکل: وسایل مختلفی برای سرپا نگهداشتن نازل یا آبپاش باران‌سازها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این وسایل اغلب به صورت دکل، چهارپایه و یا سه پایه ساخته می‌شوند. دکل ایده‌آل باید ارزان قیمت، مقاوم و سبک وزن باشد. بهتر است که بیش‌ترین سهم از هزینه ساخت یک باران‌ساز به ساخت دکل اختصاص پیدا کند.

لنگربندی: برای برپا نگه داشتن دکل باران‌ساز از کابل‌های مهار استفاده می‌شود. این کابل‌ها در جهت‌های مورد نیاز به دکل بسته شده و باید به قدر کافی کشیده و محکم شوند. کابل‌های مهار نباید طول زیادی داشته باشند و زاویه قرار گرفتن کابل‌ها با دکل هر چه به ۹۰ درجه نزدیک‌تر باشد بهتر است. کابل‌ها به درختان سالم، کنده‌های درختان بریده‌شده، بیرون‌زدگی سنگی متصل شده و یا به کمک میخ محکم می‌شوند که این عمل را لنگربندی گویند.

مخزن آب: تأمین آب مورد نیاز برای شبیه‌سازی باران بزرگ‌ترین مشکل اجرایی است که هنگام کار در مناطق دوردست نمود بیش‌تری پیدا می‌کند. در این خصوص نه تنها کمیت آب بلکه کیفیت آن نیز باید مورد توجه قرار گیرد. اگر منبع تأمین آب باران‌ساز، رودخانه و یا دریاچه باشد، باید نسبت به نصب فیلتر در ورودی شیلنگ مکش اقدام نمود تا مواد زائد باعث انسداد لوله‌ها نشود. فیلترهای پارچه بافته با منافذ ریز برای این منظور بسیار مناسب می‌باشند، البته این فیلترها گران‌قیمت هستند. در کشورهایی که دارای فصول خشک و باران‌های فصلی می‌باشند، ممکن است در هنگام انجام آزمایش، آب نهرها و آب‌گذرها کاملاً خشک شده باشد. تحت‌این شرایط لازم است که از مخزن‌های بزرگ آب استفاده شود، هر چند که جابجا نمودن آن‌ها در عملیات صحرایی به‌ویژه زمانی که پُر هستند بسیار دشوار می‌باشد.

موتور و پمپ: به غیر از نیروی جاذبه زمین که سیستم از آن برای نزول باران مصنوعی استفاده می‌کند، باران‌سازهایی که با فشار آب فعالیت می‌کنند به یک پمپ برای رساندن آب به قسمت فوقانی دستگاه نیاز دارند. در آزمایشگاه، پمپ‌های الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد در حالی که در عملیات میدانی پمپ‌های بنزینی و یا دیزلی استفاده می‌شود. از آنجایی که این پمپ‌ها برای اهداف دیگری مانند آبیاری محصولات کشاورزی طراحی و ساخته شده‌اند، لذا دارای ظرفیتی فراتر از قدرت مورد نیاز برای شبیه‌سازی باران می‌باشند. برای برطرف کردن این مشکل از لوله‌های برگشتی استفاده می‌گردد تا اضافه آب پمپاژ شده دوباره به مخزن اصلی برگردانده شود. استفاده از پمپ‌های الکتریکی در مجاورت آب

MT, Bagheri M. 2011. Rainfall interception loss by Cupressus arizonica and Pinus eldarica in an arid zone afforestation of Iran (Biyarjomand, Shahroud). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19(2): 314-325. (In Persian)

4. Azmoodeh A, Kavian A, Soleimani K, Vahabzadeh Gh. 2010. Comparing Runoff and Soil Erosion in Forest, Dry Farming and Garden Land Uses Soils Using Rainfall Simulator. Journal of Water and Soil, 24(3): 490-500. (In Persian)

5. Dimoyiannis DG, Valmis S, Vyrlas, P. 2001. A rainfall simulation study of erosion of some Calcareous soils. GlobalNEST International Journal, 3(3): 179-183.

6. Epstein E, Grant WJ. 1966. Design construction and calibration of a laboratory rainfall simulator. University of Maine, Technical Bulletin, 22: 1-9 pp.

7. Foltz RB, Copeland NS, Elliot WJ. 2009. Reopening abandoned forest roads in northern Idaho, USA: Quantification of runoff, sediment concentration, infiltration, and interrill erosion parameters. Journal of Environmental Management, 90: 2542-2550.

8. Habibi A, Ghodarzi M, Peyrovan H. 2018. Estimation of the Sediment from Geological Alluvium with Rain Simulator in Hableh Rood Basin. Iran-Watershed Management Science & Engineering, 12 (40): 59-68. (In Persian)

9. Hall MJ. 1970. A critique of methods of simulating rainfall. Water Resources Research, 6(4): 1104-1114.

10. Hazbavi H, Sadeghi SHR, Younesi H. 2013. Analysis and assessing effectability of runoff components from different levels of polyacrylamide. Water and soil resources conservation, 2(2): 1-14.

11. Jordán-López A, Martínez-Zavala L, Bellinfante N. 2009. Impact of different parts of unpaved forest roads on runoff and sediment yield in a Mediterranean area. Science of the Total Environment, 407: 937-944.

12. Jahanbakhshi F, Ekhtesasi MR, Talebi A, Piri M. 2016. Monitoring portable rainfall simulator to study runoff, erosion and sediment. 11th national conference in Iranian watershed management science and engineering, 8p.

13. Loch RJ. 2000. Using rainfall simulation to guide planning and management of rehabilitated areas: Experimental methods and results from a study at the NorthParkes mine. Land Degradation and Development, 11: 221-240.

14. Loch RJ, Robotham BG, Zeller, L, Masterman, N, Orange D.N, Bridge B.J, Sheridan G, Bourke J.J. 2001. A multi-purpose rainfall simulator for field infiltration and erosion studies. Australian Journal of Soil Research, 39: 599-610.

15. Mahmoodabadi, M, Rohopoor H, Arabkhdri M, RefahiH. Gh. 2007. Calibration, Spatial Distribution and Properties of Precipitation Simulated (Case Study: Center Rain Simulator Soil and Watershed Protection Research). Iran-Watershed Management Science & Engineering, 1 (1): 39-50. (In Persian)

16. Munn JR, Huntington GL. 1976. A portable rainfall simulator for erodibility and infiltration measurements on rugged terrain. Soil Science Society of America Journal 40(4): 622-624.

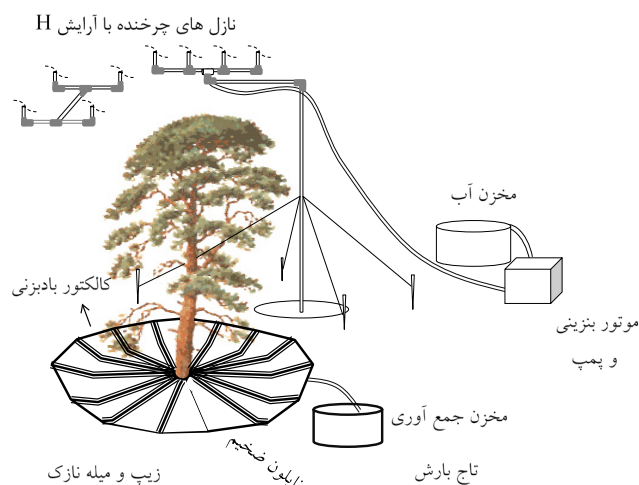
17. Munster C.L, Taucer PI, Wilcox BP, Porter S.C, Richards C.E. 2006. An approach for simulating rainfall above the tree canopy at the hillslope scale. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 49(4): 915-924.

18. Najafianseraji, L. 2010. Effect of Rangeland Vegetation on Soil Erosion Using a Rain Simulator. Master thesis of Sari

ممکن است مشکلاتی را از نظر ایمنی و سلامتی به وجود آورد. در عملیات میدانی برای راهاندازی پمپ‌های الکتریکی اغلب به یک ژنراتور نیاز است و این درحالی است که از نظر بسیاری از محققین، افزایش تعداد تجهیزات یعنی افزایش تعداد عواملی که از اعتبار آزمایش می‌کاهد. پمپ‌های بنزینی و دیزلی به ژنراتور نیاز ندارند، بلکه تنها به مقادیر زیادی سوخت برای کارهای طولانی مدت و پیوسته صحرایی احتیاج دارند. البته تأمین سوخت در مناطق دور دست ممکن است با مشکلاتی همراه باشد.

لوله‌ها، شیلنگ و اتصالات: در ساختمان باران‌سازها از انواع متفاوتی از لوله‌ها شامل لوله‌های مکش، برگشتی و غیره استفاده می‌شود. لوله‌های انعطاف‌پذیر به دلیل سهولت جابجایی و جمع‌آوری، کارایی بیش‌تری دارند. در حالی که لوله‌های سخت، هنگام کار در عرصه، کاربر را با زحمت زیادی مواجه می‌سازند. لوله‌ها دارای قطرهای گوناگونی هستند. در انتخاب قطر لوله باید به اندازه پمپ و نازل توجه شود.

نازل: از میان انواع نازل‌هایی که در ساختمان باران‌سازهای بزرگ مقیاس به کار می‌روند، نازل‌هایی با پاش‌های چرخنده با آرایش خطی و H شکل بیش‌تر مورد توجه قرار گرفته‌اند. نازل‌ها از طریق بست‌های دور راه و سه راه بر روی لوله‌های PVC نصب می‌شوند. این مجموعه توسط یک شیلنگ پلاستیکی به پمپ آب وصل می‌شوند.



شکل ۴: شمای باران ساز بزرگ مقیاس پیشنهادی نگارندگان

منابع

1. Aghabeigi Amin S, Arabkhdri M. 2018. Planning and construction of portable rainfall simulator. Eco-hydrology, 5(1): 229-239.
2. Arabkhdri M. 2005. Investigation of Rainfall Characteristics and Rainfall Calibration. Agricultural Research Education and Extension Organization, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 71pp. (In Persian)
3. Bagheri H, Attarod P, Etemad V, Sharafieh H, Ahmadi

24. Usefifard M, Jalalian, A, Khademi H, 2007. Estimation of Soil and Nutrient Loss due to Rangeland Use Using Artificial Rainfall. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 11 (40): 93-106. (In Persian)
25. Vahabi J, Mahdian M.H. 2010. The Effect of Vegetation Density and Soil Moisture on Runoff Production Using Rain Simulation. 6th National conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran. Noor, Iran, 8pp. (In Persian)
26. Veihe A, Rey J, Quinton JN, Strauss P, Sancho FM, Somarrib M. 2001. Modelling of event-based soil erosion in Costa Rica, Nicaragua and Mexico: evaluation of the EUROSEM model. *Catena*, 44: 187-203.
27. Valente F, David JS, Gash JHC. 1997. Modelling interception loss for two sparse eucalypt and pine forests in central Portugal using reformulated Rutter and Gash analytical models. *Journal of Hydrology*, 190: 141-162.
28. Zehtabian Gh. R, Ahozadeh M. 2008. Comparison of runoff and sedimentation rates using a rainwater generator beneath the Gall Mortar Basin. *Desert*, 4(1): 53-65. (In Persian)
19. Planchon O, Cadet P, Lapetite JM, Silvera N, Esteves M. 2000. Relationship between raindrop erosion and runoff erosion under simulated rainfall in the Sudano-Sahel: consequences for the spread of nematodes by runoff. *Earth Surface Processes and Landforms*, 25p.
20. Rohi poor H, Farzaneh H, Asadi H. 2004. Investigating the Relationship between Some Aggregate Stability Indices with Erodibility Factor Soil using rain simulation. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 11(3): 235-254. (In Persian)
21. Sawatsky L, Dick W, Cooper, D, Keys M. 1996. Design of a rainfall simulator to measure erosion of reclaimed surfaces. *AGRA Earth & Environmental*, 1-14 pp.
22. Tossell R.W, Dickinson W.T, Rudra R.P, Wall, G.J. 1987. A portable rainfall simulator, *Canadian Agricultural Engineering*, 29(2): 155-162.
23. Teimourri F, Bazrafshan O. 2017. Comparison of the efficiency the RUSLE and EPM models in estimating soil erosion and sediment yield according to the sediment rating curve (case study: Jask-Gabrik watershed). *New Findings in Applied Geology*, 12(23): 50-62. (In Persian)



Abstract

The Necessity of Using Large-scale Field Rainfall Simulator to Investigate Soil Erosion and Interception

A. Parsakhoom¹ and M. Mostafa^{*2}

Received: 2019/08/31 Accepted: 2020/05/14

Due to the logistical challenges of large-scale rainfall simulator, most studies to date have used small scale rainfall simulator with a nozzle height of less than 3 m and a plot area of less than 5 m². Performing such small-scale studies is valuable for investigating the rate of soil erodibility, soil infiltration, the impact of herbaceous and shrub cover on water erosion and runoff. But there is a need for larger rainfall simulator to better understand and deepen the water cycle process and the interactions that occur on a larger scale. The rainfall simulator should be designed to simulate rain from top of canopy. In this case, raindrops can reach their final speed. For this purpose, a 15-meter anchored tower (controlling tower by several cable is called anchoring) with multiple nozzles is need. The most important component of any rainfall simulator is the type of nozzle used. The most common type of nozzle is a rotating plate nozzle with a 360 ° rotation angle in two linear mounting patterns and H mounted on top of the mast. The nozzles are connected vertically to a water tank and pump motor via a plastic pipe. After setting up the system and calibrating the rainwater, a windmill collector with a radius of 5 meters (about 80 m²) of thick nylon, thin rods and zippers is used to collect throughfall, interception, and stemflow. In water erosion of soil, the most important stage that the soil is washed is rutting stage. In small-scale rainfall simulator, the low dimensions of plots causes runoff doesn't have enough time to rut the soil, so in this condition true knowledge about soil erodibility cannot be achieved.

Keywords: Rainfall simulator, Nozzle, Anchoring, Water erosion, Interception

1- Assistant Professor, Department of forestry, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

2- Assistant Professor, Natural resources Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran. Corresponds address to: M.Mostafa@areeo.ac.ir, Mohsenmstf@gmail.com