Iranian Journal of
Rainwater Catchment Systems

مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران

شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۱۵۳۱ شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۵۹۷۰

تعیین نفوذپذیری مناطق استحصال آب باران با استفاده از شبیه‌ساز صحرایی

رضا بیات[1*] محمود عرب‌خدری[2] یحیی پرویزی[3] زهرا گرامی[4]

۱. استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

۲. دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

۳. دانشیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

۴. دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲

نوع مقاله: علمی-پژوهشی

چکیده

نفوذپذیری خاک یکی از مشخصات مهم در طراحی سامانه‌های سطوح آبگیر بوده و نقش اساسی در تعیین مساحت موردنیاز برای استحصال باران و آب موردنیاز گیاه دارد. میزان نفوذپذیری مناطق تحقیق برای ایجاد سطوح استحصال آب باران با استفاده از شبیه‌ساز باران صحرایی کامفورست تعیین شد. پس از انتخاب محل مناسب، سطح خاک به حالت اشباع درآمد و حدود یک روز بعد، آزمایش‌ها انجام شد. آزمایش‌های شبیه‌سازی در عرصه‌های دیم‌کاری دو منطقه‌ی شهر پیشکمر استان گلستان و مزرعه‌ای در مجاورت ایستگاه تحقیقات سرارود در استان کرمانشاه، درشیب ثابت ۱۲ درصد و شدت‌های ۳۳، ۶۴ و ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت به مدت ۱۵ دقیقه و در چهار تکرار انجام شد. پس از پایان هر آزمایش، حجم کل رواناب جمع‌آوری و میزان نفوذ از اختلاف ارتفاع رواناب و باران محاسبه شد. نتایج این پژوهش نشان داد با افزایش شدت باران از ۶۴ به ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت، حجم رواناب در دو منطقه‌ی پیشکمر و سرارود به ترتیب ۶/۱ و ۱۳/۷ برابر افزایش‌یافته است. میزان نفوذپذیری در مقایسه با میزان باران در منطقه‌ی پیشکمر نشان داد با افزایش شدت باران از ۶۴ به ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت، ۱۶/۶ درصد و در منطقه‌ی سرارود میزان نفوذ ۲۵/۳ درصد بیشتر شده است. مقایسه‌ی میزان نفوذ دو خاک نیز نشان می‌دهد که میزان نفوذ در منطقه‌ی سرارود بیشتر از خاک منطقه‌ی پیشکمر است. درنتیجه اطلاع از نفوذپذیری خاک‌ها، می‌توان سطوح آبگیری طراحی کرد که سطحی متناسب برحسب نیاز گیاه به آب داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: پیشکمر، دیم‌زار، سرارود، سطوح آبگیر کوچک، شبیه‌ساز صحرایی، نفوذ.

مقدمه

مدیریت آب، عاملی اصلی در توسعه پایدار و امری ضروری برای بقا و سلامتی بشر به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. امروزه با رشد جمعیت جهان و درنتیجه افزایش تقاضا، تأمین آب به مسئله‌ای حیاتی تبدیل‌شده است. از طرفی دیگر فعالیت‌های انسان در زمین باعث بهم‌زدن تعادل در طبیعت شده است و هرساله با وقوع سیلاب، بسیاری از رواناب‌های حاصل از ریزش‌های جوی از دسترس انسان خارج می‌شود (خیرخواه و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین بخش زیادی از بارش نیز تبخیر شده و تنها بخش اندکی از نزولات جوی بسته به میزان نفوذپذیری خاک وارد سفره‌های آب زیرزمینی می‌شوند (نوری و زارع چاهکویی، ۱۳۹۷). درنتیجه جمع‌آوری آب باران در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌دلیل کم بودن میزان بارش و توزیع نامناسب مکانی و زمانی آن امری مهم است که طراحی سامانه‌های

*[1]Email: bayat52@gmail.com نویسنده مسئول: رضا بیات

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-11]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.2.3.7]

استحصال آب باران با توجه به میزان نفوذپذیری خاک در جهت مدیریت اصولی و بهره‌وری مناسب از آب باران برای جلوگیری از هدر رفت آن و تولید سیلاب ضروری است.

نفوذپذیری از مهم‌ترین ویژگی‌های خاک است که کمی کردن آن برای بسیاری از مطالعات نظیر مدل‌سازی بارش و رواناب، مسائل زیست‌محیطی (Bagarello & Iovino, 2002) تعیین روش، دور و مدت مناسب آبیاری به‌منظور جلوگیری از هدر رفت آب (شکوهی و دانش‌کار آراسته، ۱۳۸۲) و نهایتاً طراحی و تعیین سطح سامانه‌های سطوح آبگیر اهمیت دارد. نفوذپذیری تابع خصوصیات خاک از قبیل بافت، ساختمان، جرم مخصوص، ماده آلی، مقدار سنگ‌ریزه در پروفیل و سطح خاک بوده و این خواص، بین خاک‌ها یکسان نبوده، بنابراین میزان نفوذپذیری خاک‌های مختلف، متفاوت است (بایبوردی، ۱۳۸۴). برخی محققان به بررسی نقش ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر نفوذپذیری پرداخته‌اند. نتایج تحقیقات نشان داد که نفوذپذیری خاک با افزایش میزان رس، کاهش می‌یابد (Lado et al., 2004). همچنین این محققان به این نتیجه دست یافتند که اثر عواملی نظیر آماس ناشی از حضور سدیم، می‌تواند موجب کاهش شدت نفوذ آب در خاک شود. از سوی دیگر حضور ذرات درشت‌تر نظیر شن باعث افزایش شدت نفوذ می‌شود. همچنین بیان کردند که وجود خاکدانه‌های درشت و پایدار، باعث افزایش ضریب آبگذری و شدت نفوذ آب در خاک می‌شود و این اثر در شرایطی که ماده آلی و خاکدانه‌ها به دلیل سدیمی‌شدن پراکنده شدند، کاهش می‌یابد. بررسی اثر جرم مخصوص ظاهری بر نفوذپذیری نشان داد که افزایش هرچند اندک در جرم مخصوص ظاهری از طریق مسدود شدن منافذ خاک باعث کاهش قابل‌توجهی در نفوذپذیری شده است (Assouline, 2006).

اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک، مشکل، هزینه‌بر و وقت‌گیر بوده و به دلیل تغییرات مکانی و زمانی آن، دشوار است؛ بنابراین برای تخمین غیرمستقیم نفوذپذیری به‌عنوان یک ویژگی دیریافت، از اطلاعات موجود خاک که آسان‌تر به‌دست می‌آید، استفاده می‌شود که معمولاً به‌وسیله‌ی معادلات رگرسیونی صورت می‌گیرد که توابع انتقالی خاک نامیده می‌شود. نظر به اینکه نفوذ آب به خاک متأثر از خصوصیات ذاتی آن ازجمله فراوانی نسبی ذرات، جرم مخصوص ظاهری و آرایش فضایی ذرات خاک است، به نظر می‌رسد بتوان از توابع انتقالی خاک[1] برای برآورد پارامترهای نفوذ استفاده نمود (قربانی دشتکی و همایی، ۱۳۸۶). فکوری و همکاران (۱۳۹۱) در کاربری‌های مختلف زراعی، مرتع و باغ در نیشابور نفوذ را به روش تک حلقه در ۵ نقطه با سه تکرار اندازه‌گیری و ویژگی‌های زودیافت خاک شامل توزیع اندازه ذرات، ماده آلی و جرم مخصوص ظاهری، رطوبت وزنی خاک را تعیین و روابط بین ویژگی‌های زودیافت و میانگین سرعت نفوذ لحظه‌ای و نهایی آب در خاک موردبررسی قراردادند. نتایج نشان داد که همبستگی مقدار نفوذ با اکثر ویژگی‌های زودیافت خاک (ماده آلی، جرم مخصوص ظاهری، درصد رس و شن) در سطح پنج درصد معنی‌دار است.

گلمحمدی و همکاران (۱۳۹۷) سرعت نفوذپذیری پایه را با استفاده از مدل‌های نروفازی، شبکه عصبی و رگرسیون خطی چندمتغیره در مقایسه با روش استوانه مضاعف تخمین زدند. در این تحقیق از ویژگی‌های فیزیکی تخلخل، جرم مخصوص ظاهری، شن، سیلت و رس خاک و توپوگرافی به‌عنوان ویژگی‌های زودیافت برای برآورد نفوذپذیری خاک استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل نروفازی نوع یک دارای بالاترین دقت در تخمین سرعت نفوذپذیری پایه است. ویژگی‌های جرم مخصوص ظاهری، تخلخل، نسبت درصد رس به شن، درصد سیلت و درصد شیب در رابطه رگرسیونی وارد شدند.

کاشی و همکاران (۱۳۹۳) در منطقه قوشه واقع در استان سمنان رابطه رگرسیونی بین جرم مخصوص ظاهری، SAR، کربنات کلسیم، شن، نسبت رس به سیلت و سرعت نفوذپذیری برازش دادند. سکوتی اسکوئی و همکاران (۱۳۹۰) برای توسعه توابع انتقالی برآورد نفوذ، از ویژگی‌های خاک شامل کربن آلی، ازت، فسفر، پتاسیم، شوری، اسیدیته، درصد رطوبت اشباع، درصد آهک، درصد شن و رس و سیلت، گچ، بیکربنات، کلی، سولفات، سدیم، کلسیم، منیزیم، وزن مخصوص ظاهری و ضخامت رسوب، به‌عنوان متغیرهای مستقل به‌کار استفاده نمودند؛ اما نتایج پرچمی

[1] Pedotransfer Functions

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-11]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.2.3.7]

عراقی و همکاران (۱۳۸۹) بیانگر آن است که این توابع قادر به بیان کامل تغییرات نفوذ تجمعی در زمان‌های موردبررسی نبوده‌اند. علت این امر طبیعت بسیار تغییرپذیر فرایند نفوذ و نیز وابستگی آن به ویژگی‌های غیر ذاتی خاک مانند کاربری اراضی است. ضخامت رسوب و درصد رطوبت اشباع، مهم‌ترین عوامل ورودی مدل انتخاب شدند.

شبیه‌ساز باران به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین وسایل موردنیاز برای مطالعات چرخه‌ی هیدرولوژی است (Mc Gregor et al., 1996) که به کمک شبیه‌ساز باران، تغییر ویژگی‌های باران (Hamed et al., 2002) امکان‌پذیر است و انجام مطالعات رواناب حاصل از باران در شرایط مختلف محیطی مانند ویژگی‌های سطح خاک، مدیریت اراضی و ویژگی‌های شیب (طول تندی و شکل شیب) را می‌توان بررسی کرد و سرعت عمل، کارایی، قابلیت کنترل، تکرار و انعطاف‌پذیری بیش‌تر با شرایط محیط از مزایای مهم استفاده از شبیه‌سازهای باران است (عرب‌خدری و همکاران، ۱۳۸۷). مطالعات مختلفی با کمک شبیه‌ساز باران صحرایی برای بررسی اثر ویژگی‌های خاک، باران و شیب زمین بر خصوصیات هیدرولوژیکی خاک از قبیل نفوذپذیری، رواناب انجام‌شده است (عرب‌خدری و همکاران، ۱۳۹۷؛ ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۴؛ همدمی، ۱۳۹۱؛ صادقی و همکاران، ۱۳۸۴؛ اعتراف و همکاران، ۱۳۸۴).

در این زمینه عرب‌خدری و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی کاربرد باران‌ساز آزمایشگاهی برای طراحی سامانه‌های کوچک سطوح آبگیر باران در اراضی دیم چهار منطقه در استان گلستان، کرمانشاه، قزوین و کهگیلویه و بویراحمد پرداختند که آن‌ها ضریب رواناب خاک‌های موردنظر را تحت بارشی با شدت ۶۴ میلی‌متر بر ساعت که احتمال وقوع کمی دارد و برای طراحی سامانه‌های سطوح آبگیر کوچک قابل‌استفاده است و در سه شیب ۶، ۱۲ و ۲۵ درصد به مدت ۳۰ دقیقه بررسی کردند. نتایج نشان داد که ضریب رواناب بین ۵۰ تا ۹۰ درصد متغیر بوده است. آن‌ها برای خاک‌های با ضریب رواناب پایین، کوبیدن خاک و استفاده از روش‌های دیگر برای افزایش ضریب رواناب توصیه نمودند.

همچنین اعتراف و همکاران (۱۳۸۴) نیز به بررسی نقش مدیریت و بهره‌برداری از اراضی لسی مراوه‌تپه در شمال شرق ایران بر نفوذپذیری و فرسایش خاک پرداختند. این مطالعه در سه کاربری دیم، مرتع و جنگل دست کاشت با شیب ۲۵ تا ۳۵ درصد در دو جهت شمالی و جنوبی انجام‌شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که میزان نفوذپذیری جنگل دست کاشت و زراعت دیم به ترتیب حداکثر و حداقل مقدار را داشته است. بررسی نقش خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، شدت باران و شیب دامنه بر واکنش هیدرولوژیکی و فرسایشی خاک روی دامنه با استفاده از شبیه‌ساز باران صحرایی توسط همدمی (۱۳۹۱) در حوضه آبخیز کچیک در شرق استان گلستان با سازند غالباً لسی انجام‌گرفته است. برای این منظور دو کاربری زراعت و آیش و سه‌طبقه شیب ۰-۱۲، ۱۲-۲۳ و بیشتر از ۲۳ درصد تعیین‌شده است. نتایج آن‌ها نشان داد خصوصیاتی از خاک که پایداری ساختمان را تحت تأثیر قرار می‌دهند، از عوامل اصلی مؤثر در واکنش هیدرولوژی است.

عرب خدری و همکاران (۱۳۹۷) از برج شبیه‌ساز باران برای طراحی ابعاد سامانه‌های آبگیر باران از قبیل ریز حوزه‌ها[1] برای درختکاری در دامنه‌ها و همچنین هلالی‌های آبگیر در مراتع و تعیین ابعاد حوضچه جمع‌آوری آب، آگاهی از ضریب رواناب و حجم آب جمع شده ناشی از بارش استفاده نمودند. ویژگی‌های خاک مثل ساختمان خاک، جرم مخصوص و مقدار ماده آلی عوامل تعیین‌کننده ظرفیت نفوذ باشند.

سالانه با تبخیر بسیاری از منابع آب سطحی و هدررفت آن از طریق سیلاب و کاهش منابع آب زیرزمینی و کیفیت پایین بعضی از آب‌های زیرزمینی، جمع‌آوری آب باران برای کشت درختان و حتی مصارف خانگی ضروری به نظر می‌رسد که این ضرورت در مناطق خشک و نیمه‌خشک به دلیل همراه بودن خشکی محیط با دمای بالا و ایجاد محدودیت برای بقایای گیاهان و کاهش محصولات بیشتر می‌شود. در این مناطق با طراحی سطوح آبگیر باران، می‌توان آب باران را برای تأمین نیاز گیاهان جمع‌آوری کرد که برای طراحی این سامانه‌ها نیاز به اندازه‌گیری نفوذپذیری در خاک‌ها و

[1] Micro catchments

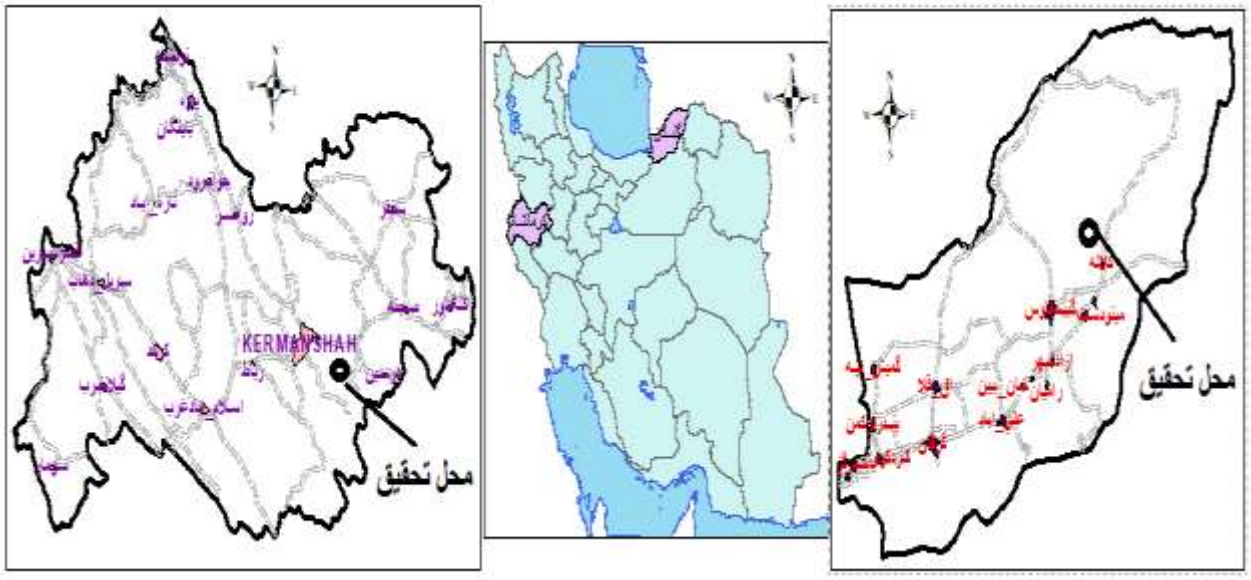
[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-11]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.2.3.7]

شدت‌های مختلف است که به این منظور، این مطالعه به تعیین میزان نفوذپذیری مناطق مناسب برای ایجاد سطوح استحصال آب باران با استفاده از شبیه‌ساز صحرایی پرداخته است.

مواد و روش‌ها

عرصه‌های دیم‌کاری دو منطقه، یکی در شهر پیشکمر در ۲۲ کیلومتری شمال غربی شهرستان کلاله (استان گلستان) و دیگری در فاصله ۱۵ کیلومتری جنوب شرقی شهر کرمانشاه و در مجاورت ایستگاه تحقیقات سرارود (استان کرمانشاه) در بافت و ساختمان خاک متفاوت به‌عنوان منطقه تحقیق انتخاب شدند، شکل (۱) موقعیت انجام آزمایشات و نمونه‌برداری از خاک در استان‌ها و کشور را نشان می‌دهد.



شکل (۱): موقعیت مناطق تحقیق در ایران و استان راست: پیشکمر و چپ: سرارود

آزمایش‌های شبیه‌سازی در مناطق انتخابی با یک دستگاه شبیه‌ساز باران کامفورست[1] به ابعاد ۲۵×۲۵ سانتی‌متری، ساخته‌شده در دانشگاه واگنیگن هلند انجام شد. آزمایش‌های موردنظر در این پژوهش شامل سه شدت باران ۳۳، ۶۴ و ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت، درصد شیب ۱۲ درصد، در ۴ تکرار و به مدت ۱۵ دقیقه‌ای است. انتخاب سه شدت، به‌این‌علت بود که برای طراحی سامانه‌های سطوح آبگیر از دامنه‌ی وسیعی از باران‌ها با شدت‌های کم تا وقایع با شدت زیاد استفاده کرد که احتمال شکست طراحی این سطوح کاهش یابد. برای آماده‌سازی سطح خاک، ابتدا محل مناسب برای نصب پلات‌های شبیه‌ساز در شیب ۱۲ درصد، انتخاب شد. سپس محل انتخابی که ترانسکتی (نواری) به عرض حدود ۳۰ سانتی‌متر و طول حدود ۱۲ متر بود، قبل از نصب دستگاه، از روز قبل با گونی کنفی پوشانده و توسط آبپاش تا حدود عمق ۵ سانتی‌متری اشباع شد و روی محل اشباع‌شده برای جلوگیری از تبخیر، گونی کنفی باقی ماند. آزمایش‌ها حدود یک روز بعد از اشباع‌شدن انجام تا محل پلات در شرایط رطوبتی نزدیک به رطوبت ظرفیت مزرعه قرار گیرد و نصب شبیه‌ساز هم با کمترین مشکل و خطا همراه باشد.

پس از شروع آزمایش، حجم رواناب کل در مدت ۱۵ دقیقه در ظرف‌هایی جمع‌آوری و به علت کم بودن حجم نمونه‌ها، چهار تکرار حاصل از هر شدت باهم مخلوط و حجم‌سنجی شدند. برای تعیین میزان نفوذ، ارتفاع رواناب کل آزمایش از ارتفاع باران کسر و نتایج تحلیل شد.

[1] Kamphorst

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-11]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.2.3.7]

نتایج و بحث

نتیجه آزمایشات نمونه خاک سطحی در جدول (۱) نشان داده‌شده است. میانگین حجم و ضریب رواناب آزمایش‌های با سه شدت ۳۳، ۶۴ و ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت و شیب ثابت ۱۲ درصد چهار تکرار در منطقه‌ی پیشکمر در جدول (۲) آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش شدت باران از ۶۴ به ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت، حجم و ضریب رواناب به ترتیب ۶/۱ و ۳/۵ برابر افزایش‌یافته است. همچنین حجم و ضریب رواناب، در آزمایشی با شدت ۳۳ میلی‌متر بر ساعت، صفر است که به علت کم بودن قدرت باران در جدا کردن ذرات خاک است. نتایج حاصل با نتایج Chaplot و Le Bissonnais (۲۰۰۳) که نشان دادند میزان رواناب با افزایش شدت باران افزایش می‌یابد، همخوانی داشت. همچنین تصاویری از آزمایش در منطقه پیشکمر در شکل (۲) دیده می‌شود.

جدول (۱): ویژگی‌های خاک منطقه تحقیق

ویژگی	پیشکمر	سرارود
جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۱/۵	۱/۱
ماده آلی (درصد)	۰/۶۷	۱/۸۹
کربنات کلسیم معادل (درصد)	۳۱/۰	۳۱/۲
pH	۷/۸	۷/۸
EC (دسی زیمنس بر متر)	۳/۱	۲/۲
بافت	لوم سیلتی	لوم سیلتی رسی
ساختمان	بدون ساختمان	دانه‌ای خیلی ریز
درصد سنگ‌ریزه (<۲ میلی‌متر)	۰	۱

جدول (۲): میانگین حجم و ضریب رواناب چهار تکرار در منطقه پیشکمر

ویژگی / شدت باران	حجم باران	حجم رواناب	ضریب رواناب
میلی‌متر بر ساعت	میلی‌لیتر	میلی‌لیتر	درصد
۳۳	۵۱۵/۶	۰	۰
۶۴	۱۰۰۰	۱۱۲/۸	۱۱/۳
۱۱۰	۱۷۱۸/۸	۶۸۳/۸	۳۹/۸

شکل (۲): تصاویری از آزمایش در منطقه پیشکمر،
الف: نمایی از محدوده مورد آزمایش ب: سطح خاک پس از آزمایش در شیب ۱۲ درصد

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-11]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.2.3.7]

میانگین حجم و ضریب رواناب چهار تکرار در آزمایش‌هایی با شیب ثابت ۱۲ درصد در منطقه سرارود (جدول ۳) نشان می‌دهد که در شدت ۳۳ میلی‌متر بر ساعت، رواناب جاری نشده است و تمام باران در خاک نفوذ کرده‌اند که علت ظرفیت نفوذ بالای خاک مورد آزمایش و مدت‌زمان کم آزمایش است که این نتیجه نشان‌دهنده‌ی اهمیت شدت بارندگی در جاری شدن رواناب است. همچنین حجم و ضریب رواناب با افزایش شدت باران از ۶۴ به ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت، به ترتیب ۱۳/۷ و ۸/۱ برابر افزایش‌یافته است به‌این‌علت که با افزایش شدت باران، قدرت فرسایندگی باران در جدا کردن ذرات خاک افزایش می‌یابد. شکل (۳) تصاویری از آزمایش در منطقه سرارود را نشان می‌دهد.

جدول (۳): میانگین حجم و ضریب رواناب چهار تکرار در منطقه سرارود

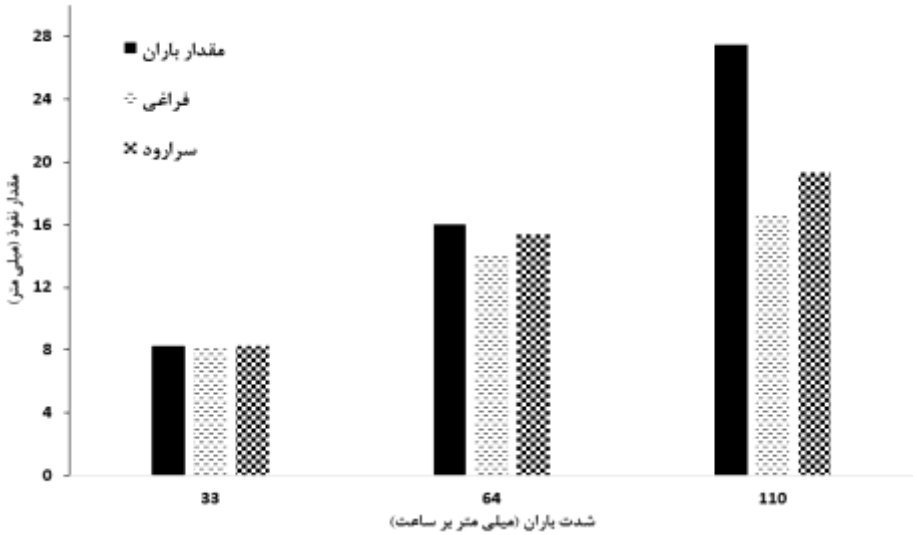
ویژگی / شدت باران	حجم باران	حجم رواناب	ضریب رواناب
میلی‌متر بر ساعت	میلی‌لیتر	میلی‌لیتر	درصد
۳۳	۵۱۵/۶	۰	۰
۶۴	۱۰۰۰	۳۷/۵	۳/۷
۱۱۰	۱۷۱۸/۸	۵۱۲/۵	۲۹/۸

شکل (۳): تصاویری از آزمایش در منطقه سرارود،
الف: نمایی از محدوده مورد آزمایش ب: سطح خاک پس از آزمایش در شیب ۱۲ درصد

میزان نفوذپذیری در سه شدت باران ۳۳، ۶۴ و ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت و در شیب ثابت ۱۲ درصد، در مقایسه با میزان باران در دو منطقه‌ی پیشکمر و سرارود (شکل ۳) نشان می‌دهد که در دو منطقه‌ی پیشکمر و سرارود، در آزمایشی با شدت باران ۳۳ میلی‌متر بر ساعت، ارتفاع باران با میزان نفوذ برابر بوده است. به این معنی که تمام باران در خاک نفوذ کرده‌اند و روانابی جاری نشده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که در دو شدت ۶۴ و ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت در دو منطقه، ارتفاع باران و نفوذ برابر نبوده است و رواناب جاری‌شده است. در منطقه‌ی پیشکمر با افزایش شدت باران از ۶۴ به ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت، میزان نفوذ ۱۶/۶ درصد و در منطقه‌ی سرارود، ۲۵/۳ درصد بیشتر شده است. مقایسه‌ی میزان نفوذ دو خاک نیز نشان می‌دهد که در منطقه‌ی سرارود در مقایسه با خاک پیشکمر، میزان نفوذ در شدت‌های ۶۴ و ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت، به ترتیب حدوداً ۸ و ۱۶ درصد بیشتر بوده است. به‌این‌علت که خاک منطقه‌ی سرارود دارای ماده آلی به میزان ۱/۸۹ درصد است که ازنظر ماده آلی در شرایط خوبی است که نقش سازنده-ای در ثبات خاکدانه‌ها دارد و باعث می‌شود که نفوذپذیری خاک افزایش یابد (بایبوردی،۱۳۸۴). از طرفی کم بودن

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-11]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.2.3.7]

نسبی ماده آلی خاک در منطقه پیشکمر که ۰/۶۷ درصد اندازه‌گیری شد، موجب ضعیف بودن خاکدانه‌سازی و کم‌تر بودن نفوذ آب در خاک شود.



شکل (۴): نفوذپذیری در شیب ۱۲ درصد در مقایسه با میزان باران در دو منطقه‌ی پیشکمر و سرارود

نتیجه‌گیری

این مطالعه باهدف تعیین میزان نفوذپذیری مناطق مناسب برای ایجاد سطوح استحصال آب باران با استفاده از شبیه‌ساز صحرایی انجام شد. نتایج نشان داد که در دو منطقه‌ی پیشکمر و سرارود در آزمایشی با شدت ۳۳ میلی‌متر بر ساعت و شیب ثابت ۱۲ درصد، میزان رواناب صفر بوده است و میزان نفوذ با ارتفاع باران برابر بوده که نشان‌دهنده‌ی اهمیت شدت باران در جاری شدن رواناب سطحی است و کم بودن قدرت باران در این شدت (۳۳ میلی‌متر بر ساعت) در جدا کردن ذرات خاک و زیاد بودن نفوذپذیری در خاک منطقه‌ی سرارود علت جاری نشدن رواناب بوده است. همچنین با افزایش شدت باران از ۶۴ به ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت، تغییر ناگهانی و زیادی در حجم رواناب دیده شد به این صورت که در دو منطقه‌ی پیشکمر و سرارود، حجم رواناب به ترتیب ۶ و ۱۳ برابر افزایش‌یافته است که نشان‌دهنده‌ی متأثر بودن پدیده‌ی رواناب از باران با شدت‌های بیشتر از ۶۴ میلی‌متر در اراضی دیم‌زار این دو منطقه است. به‌این‌علت که با افزایش شدت باران، قدرت فرسایندگی باران در جدا کردن ذرات خاک افزایش می‌یابد که این یافته‌ها با نتایج Wei و همکاران (۲۰۱۹) و Liu و همکاران (۲۰۱۵) همخوان است. همچنین میزان نفوذ در سه شدت باران ۳۳، ۶۴ و ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت و درشیب ثابت ۱۲ درصد، در مقایسه با میزان باران در منطقه‌ی پیشکمر نشان داد با افزایش شدت باران از ۶۴ به ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت، ۱۶/۶ درصد و در منطقه‌ی سرارود،۲۵/۳ درصد بیشتر شده است و درواقع شدت باران ۶۴ میلی‌متر بر ساعت نقطه‌ی عطف محسوب شده که علاوه بر رواناب، نفوذپذیری را نیز تحت تأثیر قرار داده است که از این شدت به بالاتر (۶۴ میلی‌متر بر ساعت) می‌توان در این اراضی پاسخی هیدرولیکی تحت تأثیر باران دریافت کرد. مقایسه‌ی میزان نفوذ دو خاک نیز نشان می‌دهد که در منطقه‌ی سرارود در مقایسه با خاک پیشکمر، میزان نفوذ در شدت‌های ۶۴ و ۱۱۰ میلی‌متر بر ساعت، به ترتیب حدوداً ۸ و ۱۶ درصد بیشتر بوده است. به‌این‌علت که خاک منطقه‌ی سرارود دارای ماده آلی بیشتر و ساختمان بهتر نسبت به خاک پیشکمر داشته است که این عوامل درمجموع موجب افزایش نفوذپذیری در این خاک شده است که افزایش نفوذپذیری تحت تأثیر افزایش شدت باران نیز در نتایج مطالعات مثل Mu و همکاران (۲۰۱۵) و Dunne و همکاران (۱۹۹۱) نیز مشاهده‌شده است. همچنین نتایج بیان‌کننده‌ی آن بود که خاک دیم‌زارهای منطقه سرارود دارای نفوذپذیری بیشتر نسبت به خاک

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-11]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.2.3.7]

منطقه‌ی پیشکمر دارد و مناسب برای ایجاد سامانه‌های استحصال آب باران هستند. به‌این‌علت که روش‌ها و تکنیک-های استحصال آب باران عمدتاً در مناطقی با خاک‌هایی با نفوذپذیری بالا ایجاد می‌شوند تا رواناب حاصل از باران قبل از اینکه تبخیر و یا به سیلاب تبدیل شود به کمک نفوذ دادن در زمین مورد بهره‌برداری قرار گیرد. ازاین‌جهت اطلاع از میزان نفوذپذیری خاک در انتخاب و شناسایی محل‌های مناسب برای طراحی سطوح آبگیر جهت صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌های اجرا نقش تعیین‌کننده‌ای دارد و باید سطح سامانه‌های استحصال آب باران به‌گونه‌ای با توجه به نفوذپذیری و نیاز آبی گیاه طراحی شود که کارایی مناسب را در باران‌هایی با شدت‌های مختلف داشته باشد تا در وقایع استثنایی باران تخریب نشود. در انتها پیشنهاد می‌شود، تأثیر اصلاح‌کننده‌های خاک در افزایش ظرفیت نفوذ آب در خاک را به کمک شبیه‌ساز صحرایی در دیم‌زارها بررسی کرد.

منابع

۱. ابراهیمی، ن.، ع. اسلامی و ف. شریفی (۱۳۹۴). مدل برآورد آستانه شروع رواناب با استفاده از شبیه‌ساز باران در کرت‌های صحرایی. نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، ۷(۲):۲۱۱-۲۲۲.

۲. اعتراف، ح.، ا. چرخابی، ح. ر. قریشی راد و س. صادقی (۱۳۸۴). نقش مدیریت و بهره‌برداری از اراضی لسی مراوه‌تپه در شمال شرق ایران بر نفوذپذیری و فرسایش خاک. سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، ششم تا نهم شهریورماه، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران.

۳. بایبوردی، م. (۱۳۸۴). فیزیک خاک، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۷۴ ص.

۴. پرچمی عراقی، ف.، س. میرلطیفی، ش. قربانی دشتکی و م. مهدیان (۱۳۸۹). برآورد نفوذ تجمعی آب به خاک با استفاده از توابع انتقالی در خاک‌های آهکی. مجله پژوهش‌های حفاظت آب‌وخاک، جلد هفدهم، شماره سوم، ۲۵-۴۴.

۵. خیرخواه، آ.، ف. محمدی و ه. معماریان (۱۳۹۴). تعیین مناطق مستعد استحصال و ذخیره‌سازی آب باران با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز رود سراب شهرستان خوشاب استان خراسان رضوی). سامانه‌های سطوح آبگیر، ۳(۸):۱-۱۴.

۶. سکوتی اسکوئی، ر.، م. مهدیان، ا. بروشکه و ک. کمالی (۱۳۹۰). توسعه توابع انتقالی خاک برای پیش‌بینی شدت نفوذپذیری در عرصه‌های پخش سیلاب. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران، تبریز، ۱-۴.

۷. شکوهی، ع. و پ. دانش‌کار آراسته (۱۳۸۲). اصول، روش‌ها و طراحی سیستم‌های آبیاری. تهران، انتشارات دیباگران، ۵۰۳ صفحه.

۸. صادقی، س. ح. ر.، ر. رئیسیان و س. رضوی (۱۳۸۴). مقایسه تولید رسوب و رواناب در کاربری کشاورزی رهاشده و مرتع فقیر. سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، ششم تا نهم شهریورماه، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران.

۹. عرب‌خدری، م.، ز. گرامی، ر. بیات، ص. شادفر، س. نبی‌پی لشکریان، ی. پرویزی و ر. کاظمی (۱۳۹۷). بررسی امکان‌پذیری کاربرد باران‌ساز برای طراحی سامانه‌های کوچک سطوح آبگیر باران. مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران، ۸(۲۶): ۱۱-۲۰.

۱۰. عرب‌خدری، م.، م. محمودآبادی، ح. روحی پور، ا. حیدریان و د. لطف‌الله زاده (۱۳۸۷). بررسی خصوصیات بارش و کالیبراسیون باران ساز. گزارش نهایی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، وزارت جهاد کشاورزی، ۷۳ ص.

۱۱. فکوری ت.، ح. امامی، ب. قهرمان و م. مهاجرپور (۱۳۹۱). تخمین سرعت نفوذ نهایی و لحظه‌ای آب در خاک با استفاده از توابع انتقالی. اولین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه کرج، ۱۰۴-۱۰۷.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-11]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.2.3.7]

۱۲. قربانی دشتکی، ش. و م. همایی (۱۳۸۶). برآورد پارامترهای برخی مدل‌های نفوذ آب به خاک با استفاده از توابع انتقالی. مجله آبیاری و زهکشی ایران ۱(۱): ۲۹-۳۱.

۱۳. کاشی، ح.، ص. امام‌قلی‌زاده، ه. قربانی و س. ع. ا. هاشمی (۱۳۹۲). برآورد نفوذپذیری خاک توسط شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی در اراضی کشاورزی و بکر. فصلنامه علمی-پژوهشی پژوهش‌های فرسایش محیطی، سال سوم، شماره ۹، ص ۱۹- ۳۴.

۱۴. گلمحمدی، ف.، ک. نبی‌اللهی، ر. تقی‌زاده مهرجردی و م. داوری (۱۳۹۷). تخمین سرعت نفوذپذیری پایه با استفاده از مدل‌های نروفازی، شبکه عصبی و رگرسیون خطی چندمتغیره. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۶ شماره ۴. ص:۱-۱۵.

۱۵. نوری، ز. و م. زارع چاهکویی (۱۳۹۷). استفاده بهینه از آب باران راهکاری برای مقابله با کم‌آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک. نشریه آب و توسعه پایدار، ۵(۱):۱۱۵-۱۲۲.

۱۶. همدمی، ق. (۱۳۹۱) نقش خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، شدت باران و شیب دامنه بر واکنش هیدرولوژیکی و فرسایشی خاک بر روی دامنه با استفاده از شبیه‌ساز باران میدانی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کچیک). پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

17. Assouline S. *(2006). Modeling the relationship between soil bulk density and the hydraulic conductivity functio.* Soil Science Society America Journal, *5:697-705.*
18. Bagarello V. and Iovino M. *(2002). Field testing parameter sensitivity of the two- term infiltration equation using differentiated linearization.* Vadose Zone Journal, *2:358-367.*
19. Chaplot V. A. M. and Le Bissonnais Y. *(2003). Runoff features for interrill erosion at different rainfall intensities, slope lengths, and gradients in an agricultural loessial hillslope*. Soil Science Society America Journal, *67: 844- 851.*
20. Dunne T., Zhang W. and Aubry B. F. *(1991). Effects of rainfall, vegetation, and microtopography on infiltration and runoff.* Water Resources Research, *27(9): 2271-2285*.
21. Hamed Y., Albergel J., Pepin Y., Asseline J., Nasri S., Zante P., Berndtsson R., Niazy M. and Balah M. *(2002). comparison between rainfall simulator erosion and observed reservoir sedimentation in an erosion_sensitive semiarid catchment.* Catena, *50: 1-160.*
22. Lado M., Paz A. and Ben-Hur M. *(2004). Organic matter and aggregate size interactions in infiltration, seal formation and soil loss*. Soil Science Society America Journal, *68: 935-942*.
23. Liu D., She D., Shao G. and Chen D. *(2015). Rainfall intensity and slope gradient effects on sediment losses and splash from a saline–sodic soil under coastal reclamation.* Catena, *128: 54-62*.
24. Mc Gregor K.C., Mutchler C.K., Johnson J.R. and Pogue D.E. *(1996). Cooperative soil conservation studies at holly springs (1956-1996).* Bulletine 1044, Mississippi State University, *32P*.
25. Mu W., Yu F., Li C., Xie Y., Tian J., Jia L. and Zao N. *(2015). Effects of rainfall intensity and slope gradient on runoff and soil moisture content on different growing stages of spring maize.* Water, *7:2990-3008.*
26. Wei Y., Wu X., Xia J., Zeng R., Cai C. and Wang T. *(2019). Dynamic study of infiltration rate for soils with varying degrees of degradation by water erosion.* International Soil and Water Conservation Research, *7:167-175.*

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-11]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.2.3.7]

Determination of Soil Infiltration in Rainwater catchment Areas Using Field Rain Simulator

Reza Bayat[1]*, Mahmood Arabkhedri[1], Yahya Parvizi[2], Zahra Gerami[3]

1. Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
2. Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Agriculture and Natural Resources Research and Education Center in Kermanshah, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran.
3. PhD Student, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

Received: 2021/03
Accepted: 2021/05

Abstract

Soil infiltration is one of the most crucial parts for designing rainwater catchment systems and has an essential role in determining the area for rainwater harvesting. Using the Kamphorst field rain simulator, the infiltration rate of the suitable sites for the rainwater catchment systems has been determined. After selecting the suitable site, the soil was saturated, and the experiments were performed a day later. Simulation experiments have been conducted in two sites. The first site was Pishkamr city in Golestan province and the second site was near Sararood research station in Kermanshah province. The constant slope was at 12%, and the rain intensities were 33, 64, and 110 mm/h for 15 minutes in four repetitions. At the end of the experiment, the total volume of runoff was collected, and the infiltration rate was calculated. The results showed that with increasing rainfall intensity from 64 to 110 mm/h, the runoff volume of Pishkamr and Sararood increased 6.1 and 13.7 times, respectively. The infiltration rate in comparison with rain intensity showed that by increasing rainfall intensity from 64 to 110 mm/h, the infiltration rate increased 16.6% and 25.3% in the Pishkamr and Sararood, respectively. The comparison of the infiltration rate in the two sites also showed that the infiltration rate in the Sararood site was higher than the Pishkamr site. Therefore, with the knowledge of soil Infiltration, suitable rainwater catchment systems can be designed to supply water for plants.

Keywords: Pishkamr, Dryland, Sararood, Rainwater harvesting, Field rain simulator, Infiltration.

[1] *Corresponding author email: bayat52@gmail.com

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-11]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1400.9.2.3.7]