

## تأثیر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بر نفوذپذیری خاک در شرایط مزرعه‌ای

مجید محمودآبادی<sup>۱</sup>، محمودرضا مظاهری<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۵/۲۴

تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۸/۲۳

### چکیده

خاک‌های مختلف به دلیل تنوع در ویژگی‌ها، رفتار متفاوتی در برابر نفوذ آب در خود نشان می‌دهند. تحقیق حاضر به بررسی نفوذپذیری خاک و نقش ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بر آن در شرایط مزرعه‌ای می‌پردازد. به این منظور روش استوانه‌های مضاعف با عمق ثابت آب (۵ سانتیمتر) در ۱۵ سایت مختلف در سه تکرار استفاده و شدت نفوذ آب تا رسیدن به شرایط پایدار اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که دامنه شدت نفوذ نهایی بین ۰/۸ تا ۳۴/۶ سانتیمتر در ساعت و زمان لازم برای رسیدن به این نفوذ بین ۲۰ تا ۸۰ دقیقه بسته به خصوصیات خاک متغیر است. بافت خاک (توزیع اندازه ذرات اولیه) تأثیر معنی‌داری بر نفوذپذیری آن داشت به طوری که با افزایش ۶ و ۱۴/۴ برابری ذرات رس و سیلت، نفوذپذیری نهایی به ترتیب ۵/۱ و ۳۸/۷ برابر کاهش یافت. در مقابل، با افزایش میزان شن به میزان ۸ برابر، نفوذپذیری نهایی افزایش ۱۴/۸ برابری نشان داد. همچنین از بین ویژگی‌های شیمیایی، میزان آهک اهمیت بیشتری داشت به طوری که افزایش ۳/۶ برابری آهک باعث کاهش شدت نفوذ نهایی به میزان ۱۰/۲ برابر گردید که دلیل آن قرار گرفتن آهک در اندازه رس و سیلت و نفوذپذیری کمتر این دو جزء نسبت به شن بود. نتایج روشن ساخت که نقش خصوصیات فیزیکی بویژه توزیع اندازه ذرات بر نفوذپذیری خاک بیشتر از ویژگی‌های شیمیایی است. یافته‌های این تحقیق نشان از لزوم پرداختن به نقش آهک در بررسی رفتار نفوذپذیری خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک دارد.

واژه‌های کلیدی: آهک، توزیع اندازه ذرات، نفوذپذیری، ویژگی خاک.

Email: mahmoodabadi@mail.uk.ac.ir

<sup>۱</sup> استادیار بخش خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

<sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد بخش خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

## مقدمه

نفوذپذیری از مهمترین ویژگی‌های خاک است که کمی کردن آن برای بسیاری از مطالعات نظیر مدل‌سازی بارش و رواناب، طراحی سیستم‌های آبیاری، بهینه‌سازی و برنامه‌ریزی در زمان‌بندی آبیاری ضروری است. تخمین نفوذپذیری در زمینه مدل‌های انتقال املاح و مسائل زیست محیطی (بگارلو و آیوونو، ۲۰۰۲)، تعیین روش، دور و مدت مناسب آبیاری به منظور جلوگیری از هدررفت آب (شکوهی و دانش کار آراسته، ۱۳۸۲) کاربرد دارد. خاک‌هایی که از نظر نفوذپذیری دارای محدودیت هستند، بخش کمتری از باران را در خود نفوذ داده و در نتیجه رواناب و رسوب بیشتری تولید می‌کنند (مندال و همکاران، ۲۰۰۷).

از آنجا که نفوذپذیری تابع خصوصیات خاک بوده و این خواص، بین خاک‌ها یکسان نبوده، بنابراین میزان نفوذپذیری خاک‌های مختلف، متفاوت است. عوامل متعددی بر شدت نفوذ آب در خاک تأثیر می‌گذراند که در این بین، برخی محققان به بررسی نقش ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر نفوذپذیری پرداخته‌اند. توزیع اندازه ذرات اولیه از جمله خواص فیزیکی مهم هر خاک محسوب می‌شود که هوانگ و همکاران (۲۰۰۲) از آن به عنوان خصوصیت بنیادی خاک یاد کرده که به‌طور گسترده‌ای برای تخمین هدایت آبی، منحنی‌های رطوبتی و نفوذ بکار می‌رود. لادو و همکاران (۲۰۰۴) ابراز داشتند که نفوذپذیری خاک با افزایش میزان رس، کاهش می‌یابد. همچنین این محققان به این نتیجه دست یافتند که افزایش در تورم در اثر عواملی نظیر آماس ناشی از حضور سدیم نیز می‌تواند موجب کاهش شدت نفوذ آب در خاک شود. از سوی دیگر حضور ذرات درشت‌تر نظیر شن باعث افزایش شدت نفوذ می‌شود. محمدی و رفاهی (۱۳۸۴) عنوان کردند که به کارگیری پارامتر توزیع اندازه ذرات اولیه و وارد کردن ذرات بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر می‌تواند برآورد بهتری از پارامترهای هیدرولیکی و تخمین ضرائب معادلات آن‌ها نسبت به بافت خاک ایجاد کند.

پایداری خاکدانه و ساختمان خاک نیز تأثیر قابل توجهی بر میزان نفوذپذیری خاک دارند. در این زمینه، مهمترین عامل توزیع اندازه ذرات ثانویه و توزیع فضای منافذ حاصل از آن است. از همین روست که لین و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که ۱۵ درصد از خلل و

فرج‌های بزرگ (بزرگتر از ۰/۵ میلی‌متر) و متوسط (۰/۵-۰/۶ میلی‌متر) در حدود ۸۹ درصد جریان آب در خاک را کنترل می‌کنند. البته نفوذ آب و هدایت آبی نه تنها به خلل و فرج بستگی دارد، بلکه به شکل و پیوستگی آن‌ها نیز وابسته است. لادو و همکاران (۲۰۰۴) ابراز داشتند که وجود خاکدانه‌های درشت و پایدار، باعث افزایش ضریب آب‌گذری و شدت نفوذ آب در خاک می‌شود. آن‌ها همچنین بیان کردند که این اثر در شرایطی که ماده آلی و خاکدانه‌ها به دلیل سدیمی شدن پراکنده گردند، کاهش می‌یابد. در این ارتباط وزن مخصوص ظاهری که بستگی به عواملی نظیر نوع عملیات خاکورزی، میزان ماده آلی، توزیع اندازه ذرات و تراکم‌پذیری خاک دارد، نیز بر نفوذپذیری تأثیرگذار است. گومنز و همکاران (۱۹۹۹) دریافتند که با کاهش وزن مخصوص ظاهری ناشی از عملیات خاکورزی مناسب، نفوذپذیری افزایش یافته ولی در صورت تکرار بی‌رویه شخم و در نتیجه افزایش وزن مخصوص، کاهش خلل و فرج و فشردگی خاک، میزان نفوذپذیری کاهش می‌یابد. آسولاین (۲۰۰۶) اظهار داشتند که افزایش هر چند اندک در جرم مخصوص ظاهری از طریق مسدود شدن منافذ خاک باعث کاهش قابل توجهی در نفوذپذیری می‌شود.

برخی محققان نقش ویژگی‌های شیمیایی را بر فرآیند نفوذ آب در خاک مورد بررسی قرار داده‌اند. اوستر و شینبرگ (۲۰۰۱) و همچنین هالیول و همکاران (۲۰۰۱) بیان نمودند که مقادیر بالای سدیم محلول، از طریق کاهش پایداری خاکدانه، پراکنده شدن ذرات و تورم رس‌های انبساط‌پذیر، موجب کاهش شدت نفوذ آب در خاک می‌شود. آن‌ها همچنین معتقدند که این اثر مخرب، در حضور آهک و گچ کاهش می‌یابد. سدیم اثرات مخربی بر نفوذپذیری خاک داشته به نحوی که با ایجاد و توسعه سله سطحی و پراکندگی ذرات، سبب کاهش نفوذ آب در خاک می‌گردد (مندال و همکاران، ۲۰۰۷). در مقابل، عوامل هم‌اورکننده نظیر کلسیم اثر مطلوبی بر نفوذپذیری داشته از این رو، برخی محققان وجود آهک و گچ را دلیلی بر افزایش نفوذپذیری دانسته‌اند (آجوا و تروت، ۲۰۰۶).

به‌طور معمول، نفوذپذیری خاک در شرایط مزرعه‌ای و یا آزمایشگاهی اندازه‌گیری می‌شود و یا اینکه با استفاده از مدل‌های فیزیکی و یا تجربی برآورد می‌گردد (دامودارا و همکاران، ۲۰۰۶). اندازه‌گیری مستقیم نفوذپذیری خاک

توزیع اندازه ذرات ثانویه به روش الک تر، وزن مخصوص ظاهری به روشه کلوخه و رطوبت اولیه و اشباع پس از خشک نمودن در آن اندازه گیری شد. مقدار ماده آلی به روش اکسایش تر، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی، pH گل اشباع با دستگاه pH متر، هدایت الکتریکی عصاره اشباع توسط هدایت سنج الکتریکی، مقدار پتاسیم، سدیم، کلسیم، منیزیم محلول با دستگاه جذب اتمی و گچ به روش ترسیب با استون اندازه گیری شد (پانسو و گاتیرو، ۲۰۰۶). داده‌های بدست آمده توسط نرم‌افزار SPSS 10 مورد پردازش قرار گرفتند. این مرحله شامل آزمون نرمالیتی، تعیین همبستگی ساده و رگرسیونی چندگانه بین ویژگی‌های خاک به عنوان متغیر مستقل و شدت نفوذ نهایی به عنوان متغیر وابسته بود.

## نتایج و بحث

### ویژگی خاک‌ها

جداول ۱ و ۲ نتایج آنالیز برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در تحقیق حاضر انتخاب خاک‌ها بر اساس تفاوت در توزیع اندازه ذرات صورت گرفته است. همانطور که از مقادیر درصد ضریب تغییرات (CV) قابل استنباط است، خاک‌ها از نظر توزیع اندازه ذرات اولیه (بافت) متنوع بوده بطوری‌که درصد شن، سیلت و رس به ترتیب در دامنه‌ای برابر با ۷۵/۲، ۶۳/۱ و ۳۰/۲ درصد متغیر بوده که نشان از کلاس‌های مختلف بافت دارد. همچنین نتایج توزیع اندازه ذرات ثانویه حاکی از آن است که میانگین وزنی قطر ذرات با میانگین ۰/۸۷ میلی‌متر در محدوده ۰/۱۶ تا ۲/۰۵ میلی‌متر قرار دارد. از سوی دیگر میزان ماده آلی در خاک‌های مورد مطالعه، نوسان وسیعی تا حدود ۴۰ برابر تفاوت بین حداقل و حداکثر مقدار دارد. البته لازم به ذکر است که آزمون نرمالیتی داده‌ها، نشان از نرمال بودن داده‌ها داشت که بر این اساس، در ادامه همبستگی و رگرسیون چندگانه انجام شد. مطابق جدول (۱) مشاهده می‌شود که ماده آلی به عنوان عامل تأثیرگذار بر خاکدانه سازی و توزیع اندازه ذرات و نیز MWD بیشترین درصد ضریب تغییرات را دارند. از طرفی، تنوع شوری (EC) و اثر سدیم محلول (SAR) در نقاط مورد مطالعه زیاد بوده و شرایط متنوعی را در بر می‌گیرد. به رغم اینکه مقدار گچ

دشواری و وقت‌گیر بوده، بنابراین استفاده از یک روش سریع، ساده و کم‌هزینه برای برآورد نفوذپذیری راهگشاست. با توجه به اینکه نفوذپذیری، تابع خصوصیات خاک است، تحقیق حاضر به بررسی شدت نفوذ آب در چند خاک با ویژگی‌های مختلف و مطالعه تأثیر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بر نفوذپذیری در شرایط مزرعه‌ای می‌پردازد.

## مواد و روش‌ها

به منظور اندازه‌گیری شدت نفوذ آب و بررسی نقش ویژگی‌های خاک بر آن، مطالعه بر روی خاک‌های با ویژگی‌های متفاوت از نظر توزیع اندازه ذرات انجام شد. آزمایش‌ها بصورت طرح کاملاً تصادفی در ۱۵ سایت و سه تکرار در هر سایت (جمعاً ۴۵ نقطه) انجام گردید. میانگین بلند مدت درجه حرارت سالانه منطقه بین ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتیگراد و متوسط بارندگی سالانه بین ۱۴۰ تا ۱۸۰ میلی‌متر در سال متغیر است. رژیم رطوبتی و حرارتی غالب خاک‌های مورد مطالعه به ترتیب اریدیک و ترمیک بوده به طوری که خاک‌ها در دو رده اریدی سول و انتی سول طبقه‌بندی می‌شوند. در نقاط مورد آزمایش، شدت نفوذ آب در خاک به روش استوانه مضاعف اندازه‌گیری شد. با توجه به اینکه کاهش عمق آب همزمان با فرآیند نفوذ، بر نتایج نفوذپذیری تأثیر می‌گذارد، عمق آب ثابت و به میزان ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (بوده‌نیایک و همکاران، ۲۰۰۴). همچنین برای اطمینان از رسیدن به شرایط پایدار نفوذ، مدت هر آزمایش ۲ ساعت تنظیم گردید. پس از نصب استوانه‌ها، میزان حجم آب مصرفی جهت ایجاد عمق ثابت و در نتیجه عمق آب نفوذی در فواصل زمانی مشخص اندازه‌گیری می‌شد. این زمان‌ها برای ۱۰ دقیقه ابتدایی هر یک دقیقه یکبار، از ۱۰ تا ۳۰ هر دو دقیقه یکبار، از دقیقه ۳۰ تا ۶۰ هر ۵ دقیقه یکبار و از دقیقه ۶۰ تا ۱۲۰ هر ۱۰ دقیقه یک قرائت انجام شد. بر اساس داده‌های ثبت شده، میزان نفوذ تجمعی و شدت نفوذ لحظه‌ای و نهایی برای هر نقطه و سایت تعیین گردید.

به منظور تعیین خصوصیات خاک از مجاور هر نقطه، نمونه‌هایی از لایه سطحی (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) تهیه و به آزمایشگاه منتقل گردید. نمونه‌ها هواخشک و از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شد و سپس تجزیه فیزیکی و شیمیایی روی آن‌ها انجام گردید. بافت خاک به روش هیدرومتری،

(شکل ۱). چنین روندی در آزمایش‌های نفوذ توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (ویلیام و هورتن، ۲۰۰۴؛ علیزاده، ۱۳۸۶). در ابتدای آزمایش رطوبت خاک سطحی به نسبت کم بوده و با گذشت زمان به دلیل ورود آب به لایه‌های زیرسطحی و پرشدن منافذ، به میزان تقریباً ثابتی خواهد رسید (ویلیام و هورتن، ۲۰۰۴). از طرفی، علت زیاد بودن شدت نفوذ ابتدایی آزمایش شیب پتانسیلی ماتریک قوی یا مکش بسیار قوی ذرات خاک در رطوبت‌های پایین و همچنین ایجاد جریان‌های جانبی می‌باشد (علیزاده، ۱۳۸۶).

تغییرات شدت نفوذ در طول مدت آزمایش جالب توجه بود. شکل (۱) تغییرات نفوذ لحظه‌ای آب در خاک را برای کمترین (الف) و بیشترین (ب) مقادیر نفوذ نهایی در بین نقاط مورد مطالعه نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که میزان نوسانات نفوذ و همچنین زمان رسیدن به شدت نفوذ نهایی در خاک‌های مورد مطالعه متفاوت است. زمان لازم برای رسیدن به شرایط پایدار نفوذ بین ۲۰ تا ۸۰ دقیقه بسته به خصوصیات خاک متغیر بود. بررسی خاک مربوط به نقاطی که تغییرات نفوذ شدید بود، حاکی از آن بود که بافت و توزیع اندازه ذرات ثانویه با عمق تغییرات زیادی داشته به نحوی که توزیع ناهمگنی از اندازه خلل و فرج را ایجاد نموده است. در نتیجه تغییر در دانه‌بندی پروفیل خاک، موجب تغییرات لحظه‌ای زیاد در شدت نفوذ و به تأخیر انداختن شرایط پایدار شده است. ولنتاین (۱۹۸۹) نیز به‌طور مشابهی نوسانات شدید نفوذپذیری را به میزان یکنواختی خاک از لحاظ وجود و مقدار سنگریزه و تغییرات بافت اعماق سطحی و دالان‌های ناشی از فعالیت موجودات خاکزی مربوط دانستند. بگالرو و آیوونو (۲۰۰۲) نیز بیان نمودند که شدت نفوذ نهایی در طول زمان متغیر بوده و در خاک‌های همگن نوسانات آن کمتر است.

در بسیار ناچیز بوده ولی مقدار کربنات کلسیم معادل، قابل توجه است.

جدول (۱): برخی خصوصیات فیزیکی خاک‌های مورد مطالعه

ویژگی	حداقل	حداکثر	متوسط	CV (%)
شن (%)	۱۰/۸	۸۶/۰	۵۲/۹	۵۰/۳
سیلت (%)	۴/۷	۶۷/۸	۳۲/۰	۶۴/۶
رس (%)	۶/۰	۳۶/۲	۱۵/۱	۵۳/۰
<sup>۱</sup> MWD	۰/۱۶	۲/۰۶	۰/۸۷	۶۴/۲
وزن مخصوص (g cm <sup>-3</sup> )	۱/۱	۱/۷	۱/۴	۱۲/۸
رطوبت اولیه (%)	۱/۶	۲/۱۰	۷/۹	۶۳/۲
رطوبت اشباع (%)	۲۵/۴	۵۷/۸	۳۷/۱	۲۷/۵
ماده آلی <sup>۲</sup> (%)	۰/۱۰	۴/۰۳	۱/۳	۸۵/۷

۱ میانگین وزنی قطر ذرات است که با استفاده از الک تر تعیین شد.  
۲ مقدار ماده آلی از حاصل ضرب کربن آلی در ۱/۷۲۴ بدست آمد.

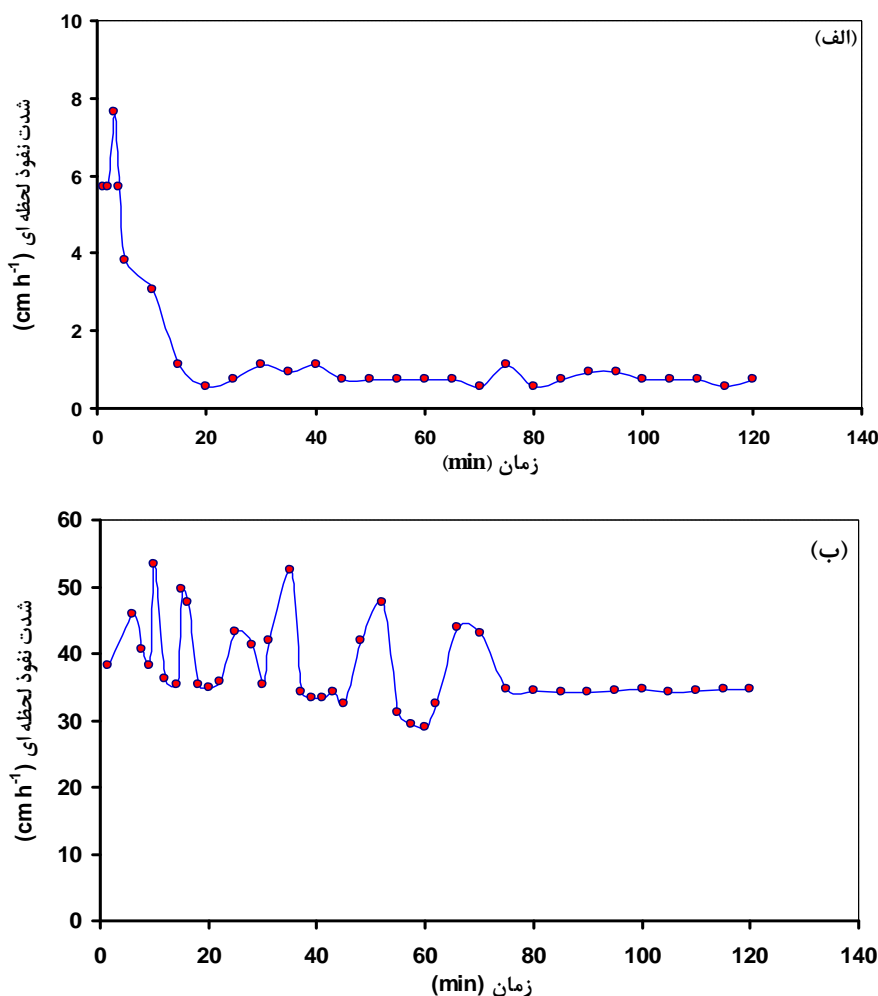
جدول (۲): برخی خصوصیات شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

ویژگی	حداقل	حداکثر	متوسط	CV (%)
EC (dS/m)	۰/۴۵	۳۹/۹۰	۷/۲	۱۴۴/۵
pH	۷/۱۵	۸/۱۳	۷/۷	۳/۲
کلسیم (meq/L)	۲/۴	۸۹/۶	۲۰/۰	۸۶/۷
منیزیم (meq/L)	۰/۴	۱۴۵/۶	۱۸/۸	۱۷۵/۳
سدیم (meq/L)	۲/۹	۲۱۳/۸	۲۸/۳	۱۶۹/۸
پتاسیم (meq/L)	۰/۱۵	۸/۹۷	۱/۹۵	۱۲۴/۱
SAR ([meq/L] <sup>0.5</sup> )	۰/۹۹	۱۶/۶	۳/۸	۸۹/۶
کربنات کلسیم (%)	۶/۸	۲۴/۳	۱۵/۹	۲۴/۵
گچ (%)		ناچیز		

نتایج آزمایش‌های نفوذپذیری خاک در شرایط مزرعه نشان داد که دامنه تغییرات شدت نفوذ در کلیه تکرارهای سایت‌های مورد مطالعه با متوسط ۹/۸ در دامنه ۰/۸ تا ۳۴/۶ سانتیمتر در ساعت با ضریب تغییرات ۱۰۰/۲ درصد قرار می‌گیرد. علت این میزان ضریب تغییرات، مقادیر بالای ضریب تغییرات خصوصیات خاک‌های مورد مطالعه است (جدول ۱ و ۲). عوامل متعددی بر تغییرات شدت نفوذ تأثیر می‌گذارد که در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرد.

### تغییرات زمانی شدت نفوذ

به طور کلی برای تمامی آزمایش‌ها، در ابتدای آزمایش شدت نفوذ آب در خاک حداکثر بوده و به تدریج با اشباع خاک تا رسیدن به مقدار کم و بیش ثابتی کاهش می‌یابد

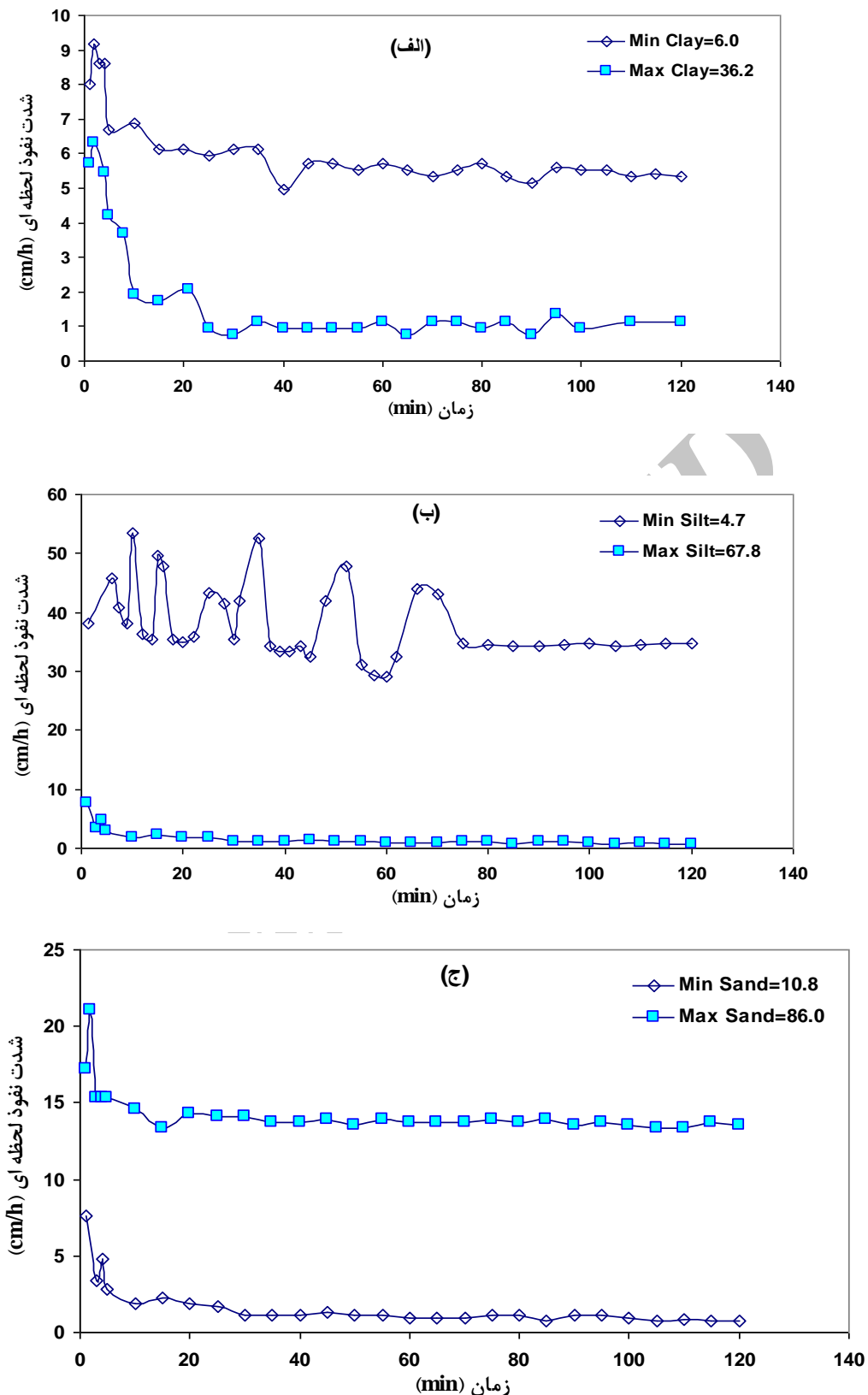


شکل (۱): تغییرات زمانی مربوط به کمترین (الف) و بیشترین (ب) شدت نفوذ آب در خاک‌های مورد مطالعه

دریافتند که رس و سیلت رفتار متفاوتی نسبت به شن در نفوذ آب در خاک و تولید رواناب داشته به نحوی که باعث کاهش نفوذپذیری می‌شوند در حالی که شن افزایش نفوذ را به دنبال دارد. دیویس و همکاران (۲۰۰۵) دریافتند که نفوذ آب معمولاً در خاک‌های سدیمی به خصوص آن‌هایی که pH و مقادیر سیلت و رس بالایی دارند، ضعیف است. ذرات شن برخلاف سایر اجزای بافت، به دلیل اندازه درشت‌تر باعث ایجاد ایجاد خلل و فرج بزرگتر شده و در نتیجه افزایش در میزان نفوذپذیری نهایی خاک را به دنبال دارند. یافته‌های بالا با نتایج بدست آمده توسط وان‌اس و همکاران (۱۹۹۱)، رومکنز و همکاران (۱۹۹۵) و همچنین هوانگ و همکاران (۲۰۰۲) همخوانی دارد. این محققان به اثر مثبت شن در افزایش نفوذپذیری اشاره نموده‌اند.

### نقش ویژگی‌های خاک بر نفوذپذیری

جدول (۳) نتایج همبستگی ساده بین شدت نفوذ نهایی و آن دسته از ویژگی‌های خاک‌های مورد مطالعه را که دارای ارتباط معنی‌دار بودند، نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که بافت خاک (توزیع اندازه ذرات اولیه) تأثیر معنی‌داری (در سطح ۰/۰۱) بر نفوذپذیری دارد. ذرات اولیه اثرات متفاوتی بر شدت نهایی داشته است، بطوری که با افزایش درصد رس و سیلت، شدت نفوذ نهایی کاهش معنی‌داری یافته است. در مقابل، ذرات شن ارتباط مثبت و معنی‌داری با نفوذپذیری نشان می‌دهند. ذرات رس به دلیل اندازه ریزتر، باعث کاهش اندازه خلل و فرج‌ها و در نتیجه نفوذ نهایی شده است. ذرات سیلت هر چند از نظر اندازه، حد واسط ذرات رس و شن محسوب می‌شوند، ولی در این تحقیق رفتاری نزدیک‌تر به رس را نشان داده‌اند. به‌طور مشابهی محمودآبادی و همکاران (۱۳۸۶)



شکل (۲): تغییرات زمانی شدت نفوذ لحظه‌ای

برای کمترین و بیشترین مقادیر (الف) رس (ب) سیلت و (ج) شن در خاک‌های مورد مطالعه

جدول (۳): نتایج همبستگی ساده و سطح معنی‌داری بین شدت نفوذ نهایی با برخی ویژگی‌های خاک‌های مورد مطالعه

ویژگی	ضریب همبستگی	سطح معنی‌داری
شن	۰/۷۰۶	۰/۰۰۱
سیلت	-۰/۷۰۵	۰/۰۰۱
رس	-۰/۵۵۱	۰/۰۰۱
رطوبت اشباع	-۰/۶۱۰	۰/۰۰۱
ماده آلی	-۰/۲۶۵	۰/۰۷۸
آهک	-۰/۶۱۰	۰/۰۰۱

(۲۰۰۴) ارتباط منفی بین میزان ماده آلی و شدت نفوذ را به دست آوردند. آن‌ها دلیل این یافته را ناشی از پراکنده شدن ذرات چه در مقادیر کم و یا زیاد ماده آلی در حضور سدیم بیان نموده‌اند. با توجه به دامنه نسبتاً وسیع مقادیر SAR خاک‌های مورد مطالعه (جدول (۲))، چنین احتمالی دور از انتظار نیست. بطور کلی، خاک‌های سدیمی دارای چگالی بالا و نفوذپذیری اندکی هستند (مزروا و همکاران، ۲۰۰۳). اثرات زیان‌بار سدیم سبب پراکنده شدن ذرات رس به‌ویژه در خاک‌های سنگین بافت، کاهش در تخلخل خاک، کاهش نفوذپذیری خاک به دنبال بسته شدن منافذ خاک و هدایت آبی می‌شود (آمزکتا، ۱۹۹۹). این موضوع از آن جهت اهمیت دارد که شدت نفوذ بوسیله توزیع اندازه خلل و فرج و به هم پیوستگی آن‌ها در پروفیل خاک کنترل می‌گردد (کوتیلک، ۲۰۰۴).

جدول (۴): نتایج همبستگی ساده بین ذرات شن، سیلت و رس و میزان رطوبت اولیه و آهک در خاک‌های مورد مطالعه

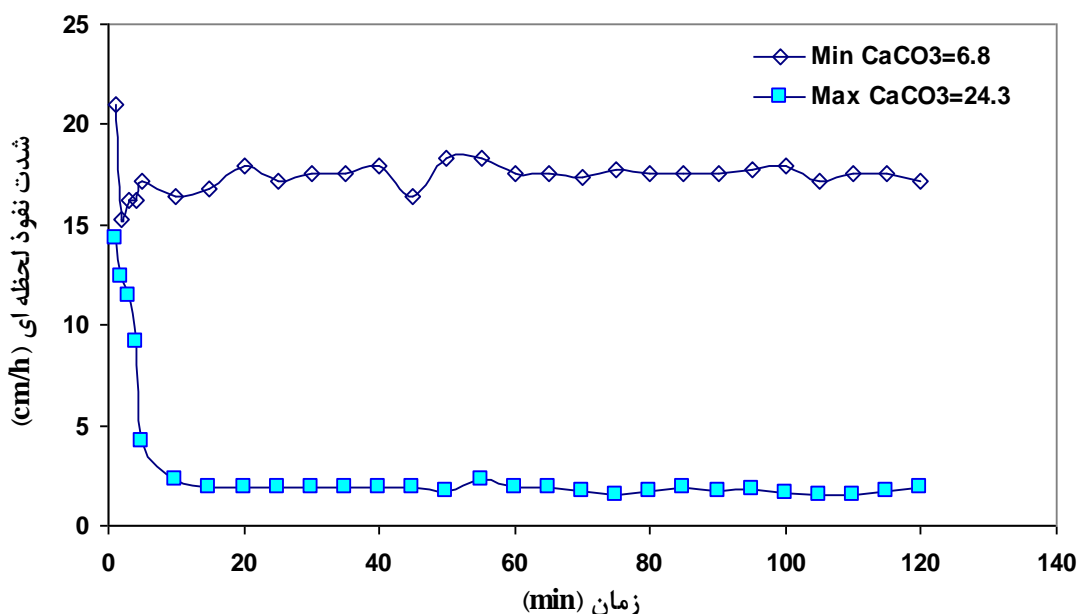
ویژگی	رس	سیلت	شن
ضریب همبستگی رطوبت اشباع	۰/۷۶۶	۰/۸۴۸	-۰/۹۰۷
سطح معنی‌داری	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
ضریب همبستگی آهک	۰/۳۶۳	۰/۲۴۸	-۰/۳۱۳
سطح معنی‌داری	۰/۰۱۷	۰/۱۰۸	۰/۰۵

نتایج ایجاد همبستگی بین شدت نفوذ نهایی و خصوصیات شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه مبین نقش آهک بر نفوذپذیری خاک‌های مورد مطالعه بود به طوری که، افزایش آهک باعث کاهش معنی‌داری در نفوذپذیری در سطح ۰/۰۰۱ شد. شکل (۳) نفوذپذیری خاک را برای کمترین و بیشترین مقادیر آهک خاک‌های مورد مطالعه (۶/۸ در برابر ۲۴/۳ درصد) نشان می‌دهد. مطابق این شکل میزان کربنات کلسیم اثر ژرفی بر میزان نفوذپذیری خاک‌های مورد مطالعه دارد به نحوی که با افزایش ۳/۶ برابری درصد کربنات کلسیم، شدت نفوذ نهایی به میزان ۱۰/۲ برابر کاهش یافته است.

نقش توزیع اندازه ذرات اولیه در نفوذپذیری خاک برای کمترین و بیشترین مقادیر رس، سیلت و شن در خاک‌های مورد مطالعه در شکل (۲) نشان داده شده است. مقایسه مقادیر نفوذپذیری نشان از تأثیر قابل توجه اندازه ذرات در رفتار هیدرولیکی خاک دارد به این صورت که با ۶ و ۱۴/۴ برابر شدن رس و سیلت، نفوذپذیری نهایی به ترتیب ۵/۱ و ۳۸/۷ برابر کاهش یافته است. این در حالی است که با افزایش شن به میزان ۸ برابر، نفوذپذیری نهایی افزایش ۱۴/۸ برابری نشان می‌دهد.

مطابق جدول (۳) مشخص می‌شود که افزایش رطوبت خاک در حالت اشباع، موجب کاهش شدت نفوذ نهایی شده است. لیو و همکاران (۱۹۹۴) و همچنین لین و همکاران (۱۹۹۸) بیان نمودند که افزایش رطوبت اشباع می‌تواند باعث کاهش نفوذ آب در خاک گردد. این محققان دلیل این موضوع را تأثیر رس در افزایش رطوبت اشباع از یک طرف و نقش آن در کاهش نفوذپذیری دانسته‌اند. جدول (۴) همبستگی ساده بین درصد رطوبت اشباع و فراوانی ذرات اولیه رس، سیلت و شن را نشان می‌دهد. نتایج دلالت بر این دارد که با افزایش درصد رس و سیلت، میزان رطوبت اشباع بطور معنی‌داری (در سطح ۰/۰۰۱) افزایش می‌یابد در حالی که این همبستگی با شن منفی بوده است. به عبارتی، دلیل کاهش نفوذپذیری خاک با افزایش درصد رطوبت اشباع به نقش منفی ذرات ریز رس و شن در کنترل نفوذ می‌باشد.

جدول (۳) همچنین نشان می‌دهد که ماده آلی باعث کاهش نفوذپذیری خاک شده است. این یافته با نتایج برخی محققان نظیر فرانزولوبرز (۲۰۰۱) و همچنین نمس و همکاران (۲۰۰۵) تناقض دارد. در مقابل لادو و همکاران



شکل (۳): تغییرات زمانی شدت نفوذ لحظه‌ای برای کمترین و بیشترین مقادیر کربنات کلسیم در خاک‌های مورد مطالعه

داد که ارتباط آهک با ذرات رس و سیلت برخلاف ذرات شن مثبت بوده که این مطلب نیز بر اهمیت بیشتر نقش فیزیکی آهک تأکید می‌کند. به‌طور مشابهی، مرزوک و بلک (۱۹۹۱) عنوان داشتند که خاک‌های آهکی با میزان آهک عمدتاً در اندازه رس و سیلت نسبت به خاک‌های فاقد آهک نفوذپذیری کمتری دارند. این موضوع به حضور آهک در اندازه رس و سیلت و همچنین عدم پایداری خاکدانه‌های بزرگ که منجر به تشکیل سله و پر شدن منافذ خاک می‌شود، ارتباط داده شد. بن‌هور و همکاران (۱۹۸۵) و همچنین پویان‌نژاد و همکاران (۱۳۷۹) ارتباط عکس بین درصد آهک و نفوذپذیری خاک را به مقدار، شکل‌ها، زمان حضور و عوامل پراکنده کننده کربنات‌های ثانویه معادل وابسته می‌دانند. سایر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در این تحقیق، تأثیر معنی‌داری بر شدت نفوذ نهایی خاک‌های مورد مطالعه نداشتند.

شیمیایی خاک‌ها به عنوان متغیرهای مستقل وارد مدل شدند. مدل حاصل بصورت زیر است:

در برخی پژوهش‌ها، به تأثیر مثبت آهک در افزایش نفوذپذیری اشاره گردیده (هیل ول و همکاران، ۲۰۰۱؛ آجوا و تروت، ۲۰۰۶) که دلیل آن به نقش کلسیم موجود در آهک در همآوری ذرات و در نتیجه افزایش نفوذپذیری خاک ارتباط داده شده است. در مقابل در برخی تحقیقات (مرزوک و بلک، ۱۹۹۱؛ محمودآبادی و همکاران، ۱۳۸۶) تأثیر منفی آهک در نفوذ آب در خاک گزارش شده است. به نظر می‌رسد در تحقیق حاضر، برخی عوامل به‌طور غیرمستقیم بر نقش آهک تأثیر گذاشته که در این بین می‌توان به نقش بافت خاک اشاره کرد. آهک موجود در خاک‌های مورد مطالعه بیشتر در اندازه رس و یا سیلت قرار داشته که به دلیل نفوذپذیری کمتر رس و سیلت، افزایش آهک نفوذپذیری کاهش یافته است. به عبارتی، آهک، نه به دلیل تأثیر شیمیایی ناشی از وجود کلسیم، بلکه به علت نقش اندازه (خصوصیت فیزیکی آن) اثر منفی بر نفوذپذیری خاک داشته است. مطابق جدول (۴) نتایج همبستگی ساده میان درصد آهک و اجزای بافت نیز نشان

**نتایج رگرسیون چندگانه**

به منظور تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر نفوذپذیری خاک‌های مورد مطالعه، از رگرسیون چندگانه خطی به روش گام به گام استفاده گردید. در این راستا، شدت نفوذ نهایی به عنوان متغیر وابسته و ویژگی‌های فیزیکی و



منفی با شدت نهایی نفوذ داشته هر چند، این ارتباط معنی‌دار نبود. نتایج محمودآبادی و همکاران (۱۳۸۶) و همچنین ابراهیمی و نایب لویی (۱۳۸۸) نشان از اثر مثبت pH بر نفوذپذیری خاک داشته است. عامل pH متأثر از سایر خصوصیات شیمیایی خاک نظیر کاتیون‌ها و آنیون‌های انحلال پذیر بوده که در تشکیل و پایداری خاکدانه، انسداد منافذ و نفوذ آب در خاک نقش دارد. در مجموع، نتایج تحقیق حاضر حاکی از اهمیت بیشتر ویژگی‌های فیزیکی بخصوص توزیع اندازه ذرات بر نفوذپذیری خاک در مقایسه با خواص شیمیایی دارد.

نتایج همچنین مبین نقش آهک بر نفوذپذیری خاک‌های مورد مطالعه بود به طوری که، افزایش آن باعث کاهش معنی‌داری در نفوذپذیری گردید. به نظر می‌رسد که آهک موجود در خاک‌های مورد مطالعه بیشتر در اندازه رس و یا سیلت قرار داشته که به دلیل نفوذپذیری کمتر رس و سیلت، با افزایش آهک نفوذپذیری کاهش یافته است. همچنین pH اثر منفی بر نفوذ نهایی خاک‌ها داشت. یافته‌های این تحقیق روشن ساخت که هر دو دسته خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، بر شدت نفوذ آب در خاک تأثیر داشته هرچند نقش خصوصیات فیزیکی بویژه توزیع اندازه ذرات در این بین مشهودتر است.

(۱)

$$I = 5.466 - (1.91 \times 10^{-2}) \text{Silt} - (0.528) \text{pH} \quad (R^2 = 0.647)$$

که در آن: I شدت نهایی نفوذ به عنوان تابعی از درصد سیلت و pH کمی شده است. بر مبنای مدل رگرسیونی و اثرات متقابل عوامل، هر دو عامل درصد سیلت و pH اثر منفی بر نفوذپذیری داشتند. تأثیر منفی سیلت بر نفوذ قبلاً در روابط همبستگی ساده نیز به دست آمده بود. البته نتایج همبستگی ساده حاکی از آن بود که pH ارتباط

### نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، گستره نسبتاً وسیعی از خاک‌ها با خواص متفاوت از نظر توزیع اندازه ذرات، ماده آلی، هدایت الکتریکی و SAR مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش‌های نفوذپذیری خاک در شرایط مزرعه نشان داد که دامنه تغییرات شدت نفوذ در کلیه تکرارهای سایت‌های مورد مطالعه بامتوسط ۹/۸ در دامنه ۰/۸ تا ۳۴/۶ سانتیمتر در ساعت قرار می‌گیرد. زمان لازم برای رسیدن به شرایط پایدار نفوذ بین ۲۰ تا ۸۰ دقیقه بسته به خصوصیات خاک متغیر بود. همچنین تغییر در توزیع اندازه ذرات با عمق، باعث نوسانات زیادی در نفوذ لحظه‌ای آب در خاک گردید. بر اساس یافته‌ها چنین می‌توان نتیجه گرفت که توزیع اندازه ذرات اولیه، اثرات متفاوتی بر شدت نهایی داشته به طوری که رس و سیلت، اثر منفی و شن اثر مثبت بر شدت نفوذ نهایی گذاشته‌اند.

## منابع

۱. ابراهیمی، ک. و ف. نایب‌لوئی. ۱۳۸۸. تخمین نفوذپذیری نهایی خاک‌ها با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: مزرعه پردیس ابوریحان). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک گرگان. جلد ۱۶، شماره ۱، صص. ۳۷-۵۷.
۲. پویان‌نژاد هاشمی، ا. ش. محمودی و ح. رحیمی. ۱۳۷۹. بررسی نفوذپذیری خاک‌های گچی طی فرآیند آبشویی. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۱، شماره ۲، صص. ۲۴۱-۲۵۳.
۳. شکوهی، ع. و پ. دانش کارآراسته. ۱۳۸۲. اصول، روش‌ها و طراحی سیستم‌های آبیاری. تهران، انتشارات دیباگران. ۵۰۳ص.
۴. علیزاده، ا. ۱۳۸۶. فیزیک خاک. انتشارات آستان قدس رضوی، دانشگاه امام رضا (ع)، چاپ دوم، ۴۴۰ ص.
۵. محمدی، م. ح. و ج. رفاهی. ۱۳۸۴. تخمین پارامترهای معادلات نفوذ توسط خصوصیات فیزیکی خاک. مجله علوم و فنون کشاورزی. جلد ۳۶، شماره ۶، صص. ۱۳۹۱-۱۳۹۸.
۶. محمودآبادی، م. ا. ح. چرخابی و ح. رفاهی. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بر تولید رواناب و رسوب با استفاده از شبیه‌ساز باران. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. جلد ۸، شماره ۲، صص ۱۶-۱.
7. Ajwa, H.A. and T.J. Trout. 2006. Polyacrylamide and water quality effects on infiltration in sandy loam soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 70: 643-650.
8. Amezketa, E. 1999. Soil aggregate stability: a review. *J. Sustain. Agr.*, 14: 83-151.
9. Assouline, S. 2006. Modeling the relationship between soil bulk density and the hydraulic conductivity function. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 5: 697-705.
10. Bagarello, V. and M. Iovino. 2002. Field testing parameter sensitivity of the two-term infiltration equation using differentiated linearization. *Vadose Zone J.*, 2: 358-367.
11. Ben-Hur, M., I. Shainberg, D. Bakker and R. Keren. 1985. Effect of soil texture and CaCO<sub>3</sub> content on water infiltration in crusted soils as related to water salinity. *Irrig. Sci.*, 6: 281-284.
12. Bodhinayake, W., B.C. Si and K. Noborio. 2004. Determination of hydraulic properties in sloping landscapes from tension and double-ring infiltrometers. *Vadose Zone J.*, 3: 964-970.
13. Damodhara, R.M., N.S. Raghuvanshi and R. Singh. 2006. Development of a physically based 1D-infiltration model for irrigated soils. *Agri. Water Manag.*, 85: 165-174.
14. Davis, J.G., R.M. Waskom, T.A. Bauder and G.E. Cardon. 2005. *Managing Sodic Soils*. Colorado State University, Cooperative Extension.
15. Franzluebbers, A.J. 2001. Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. *Soil Till. Res.*, 197-205.
16. Goamez, J.A., J.V. Giraldez, M. Pastor and E. Fereres. 1999. Effects of tillage method on soil physical properties, infiltration and yield in an olive orchard. *Soil Till. Res.*, 52: 167-175.
17. Halliwell, D.J., K.M. Barlow and D.M. Nash. 2001. A review of the effects of wastewater sodium on soil physical properties and their implications for irrigation systems. *Aust. J. Soil Res.*, 39: 1259-1267.
18. Hwang, S., K.P. Lee, D.S. Lee and S.E. Powers. 2002. Models for estimating soil particle-size distributions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 166: 1143-1150.
19. Kutylek, M. 2004. Soil hydraulic properties as related to soil structure. *Soil Till. Res.*, 79: 175-184.
20. Lado, M., A. Paz and M. Ben-Hur. 2004. Organic matter and aggregate size interactions in infiltration, seal formation, and soil loss. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 68: 935-942.
21. Lin H.S., K.J. McInnes, L.P. Wilding and C.T. Hallmark. 1998. Macroporosity and initial moisture effects on infiltration rates in vertisols and vertic intergrades. *Soil Sci.*, 163 (1): 2-8.
22. Liu, Y., T.S. Steenhuis and Y. Parlange. 1994. Closed-form solution for finger width in sandy soils at different water contents. *Water Reso. Res.*, (4): 949-952.
23. Mandal, U.K., A.K. Bhardwaj, D.N. Warrington, D. Goldstein, A. Bartal and Levy. G. J. 2007. Changes in soil hydraulic conductivity, runoff, and soil loss due to irrigation with different types of saline-sodic water. *Geoderma*, 144. 509-516.
24. Merzouk, A. and G.R. Blake. 1991. Indices for the estimation of interrill erodibility of Moroccan soils. *Catena*, 18, 537-550.

25. Mzezewa, J., J. Gotosa and B. Nyamwanza. 2003. Characterization of a sodic soil catena for reclamation and improvement strategies. *Geoderma*, 113: 161-175.
26. Nemes, A., J.W. Rawls and Y.A. Pachepsky. 2005. Influence of organic matter on the estimation of saturated hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 69: 1330-1337.
27. Oster, J.D. and I. Shainberg 2001. Soil responses to sodicity and salinity: challenges and opportunities. *Aust. J. Soil Res.*, 39: 1219-1224.
28. Pansu, M. and J. Gautheyrou. 2006. *Handbook of Soil Analysis, Mineralogical, Organic and Inorganic Methods*. Springer, 993 p.
29. Romkens, M.J., M. S.H. Luk, J.W.A. Poesen and A.R. Mermut. 1995. Rainfall infiltration into loess soils from different geographic regions. *Catena*, 25: 21-32.
30. Valentin, C.H. 1989. Surface crusting, run off and erosion on steeplands and coarse material. *Soil Manag. J.*, (3): 285-312.
31. Van Es, H.M., D.K. Cassel and R.B. Daniels. 1991. Infiltration variability and correlations with surface soil properties for an eroded hapludult. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 55: 486-492.
32. William, J. and R. Horton. 2004. *Soil Physics*. 6<sup>th</sup> Ed., Canada, 335 p.

Archive of SID

## Effect of some soil physical and chemical properties on permeability in field conditions

M. Mahmoodabadi<sup>1</sup> M. R. Mazaheri<sup>2</sup>

### Abstract

Soils due to different properties have a range of infiltration rates (IR). This study investigates the influence of soil properties on infiltration rate at the field conditions. Infiltration studies were conducted using double ring method (constant head of 5 cm) at 15 sites with 3 replications. The results showed that final IR ranged between 0.8 – 34.6 cm/h and the time required to achieve steady state IR varied from 20-80 min. The texture of soils had significant effect on IR. Increasing clay and silt percentages by 6 and 14.4 times, final IR decreased 5.1 and 38.7 folds, respectively. Reversely, increasing 8 times in sand fraction, final IR increased 14.8 times. Also, among soil chemical properties, lime had the most effect, which increasing 3.6 times in lime, final IR decreased 10.2 times. This result was attributed to lime particles size which is placed in clay and silt fractions. The results indicated the higher important role of physical characteristics, especially particle size distribution than the chemical properties in soil permeability. The findings of his study reveal the important role of lime in arid and semi arid regions.

**Keywords:** Infiltration rate, Soil properties, Double ring, Particle size distribution.

<sup>1</sup> Assistant Professor of Soil Sci., Agri. Faculty, Shahid Bahonar University of Kerman.

mahmoodabadi@mail.uk.ac.ir

<sup>2</sup> MSc. Student, Dep. of Soil Sci., Agri. Faculty, Shahid Bahonar University of Kerman.