

بررسی نفوذپذیری خاک‌های سنگریزه‌ای در زیر و بین درختان پرتقال و زیتون شهرستان فسا

علی شعبانی^{۱*}، ایوب جهانبازی^۱، سید حمید احمدی^{۲،۳}، محمد مهدی مقیمی^۱ و مهدی بهرامی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۲/۱۷)

چکیده

در این مطالعه، پنج معادله نفوذ شامل کوستیاکوف، کوستیاکوف-لوئیس، فیلیپ، معادله سرویس حفاظت خاک آمریکا و هورتن بر داده‌های اندازه‌گیری شده به وسیله حلقه‌های مضاعف برازش داده شد و ضرایب تجربی این معادلات تعیین گردید. آزمایشات نفوذ در زیر و بین درختان پرتقال و زیتون در شهرستان فسا، استان فارس انجام شد. بافت خاک منطقه، لوم‌شنی سنگریزه‌دار بوده است. نتایج نشان داد همه معادلات با دقت قابل قبولی بر داده‌ها برازش پیدا کردند. مقدار نفوذ در زیر تاج درخت بیشتر از نفوذ در فاصله بین درختان بوده است. نفوذ بیشتر در زیر تاج درخت می‌تواند ناشی از ایجاد منافذ و سوراخ در خاک به وسیله ریشه درختان، مقدار ماده آلی بیشتر و چگالی ظاهری کمتر در زیر درختان باشد. برخلاف تأثیر مثبت ذرات شن بر روی نفوذپذیری خاک، سنگریزه‌های درشت نه تنها موجب افزایش نفوذپذیری خاک نمی‌شوند، بلکه مانند یک مانع در مسیر جریان نفوذ آب در خاک عمل نموده و موجب کاهش سطح نفوذ می‌گردند. بنابراین تغییر کاربری اراضی و کاشت درختان پرتقال و زیتون موجب افزایش نفوذپذیری و کاهش رواناب و فرسایش در خاک‌های سنگریزه‌ای می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پرتقال، زیتون، نفوذپذیری، خاک‌های سنگریزه‌ای

۱. گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا

۲. گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۳. محقق مرکز مطالعات خشکسالی، دانشگاه شیراز

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: shabani8ali@gmail.com

مقدمه

نفوذپذیری خاک یکی از پارامترهای فیزیکی مهم خاک در زمینه آبیاری و زهکشی، مطالعات هیدرولوژیکی، استحصال رواناب با استفاده از ریز حوضه‌ها، مطالعات زیست محیطی و آبخیزداری است که تابع مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌باشد. عوامل زیادی بر میزان نفوذپذیری خاک مؤثر می‌باشند. ریشه گیاهان علاوه بر پایداری خاک باعث افزایش خلل و فرج خاک می‌شود و از طرفی چون در خاک با جذب آب رطوبت خاک کاهش می‌یابد در نهایت باعث افزایش نفوذ آب در خاک می‌شود (۱۰، ۲۰ و ۲۱). طباطبایی و همکاران (۲) میزان نفوذپذیری نهائی خاک در ابتدا، وسط و انتهای دوره کشت ذرت در جویچه‌ها را با دو روش جویچه مسدود و روش جریان ورودی - خروجی اندازه‌گیری کردند. براساس نتایج این تحقیق بین تیمارها در ابتدا و انتهای دوره تفاوت معنی‌دار وجود نداشتند، لیکن در اواسط دوره رشد این تفاوت کاملاً معنی‌دار بود. تنها عامل این پدیده حضور ریشه گیاه در خاک بود که وجود ریشه در طول دوره کشت باعث افزایش نفوذپذیری خاک گردیده بود. کاظمی‌زاده و سپاس‌خواه نفوذ را در سه ناحیه درختکاری شده با بافت‌های مختلف خاک (لومرسی در باغ گلابی، لوم‌شنی در باغ انگور و شن‌لومی در جنگل کاج) اندازه‌گیری نموده‌اند (۱۳). نتایج تحقیق این محققین نشان داد که به دلیل وجود ریشه و کانال‌های آن، در زیر تاج درخت نسبت به بین درختان سرعت نفوذ آب به خاک بیشتر شده بود. کاوسی و همکاران (۵) برای حوزه آبخیز کجور، آزمایش نفوذ را با استفاده از استوانه مضاعف برای چهار کاربری جنگل، ساحلی، باغ و کشاورزی انجام داد. نتایج این محققین نشان داد که مدل کوستیاکف با بیشترین ضریب همبستگی و کمترین RMSE و مدل SCS با کمترین ضریب همبستگی و بیشترین RMSE به‌عنوان بهترین و بدترین معادلات برآزش داده شده، تعیین شد.

به دلیل دشواری و هزینه‌بر بودن برآورد برخی پارامترهای هیدرولوژیکی همیشه سعی بر آن بوده که این پارامترها

به‌صورت غیرمستقیم برآورد شوند. یکی از روش‌های برآورد نفوذپذیری خاک استفاده از روابط بین پارامترهای زودیافت مانند توزیع ذرات خاک، ماده آلی، جرم مخصوص ظاهری و پارامترهای نفوذ می‌باشد. (۴). مطالعه نفوذپذیری خاک‌های کشور مغرب نشان داد که همبستگی مثبتی بین مقادیر ماده آلی و رس خاک با نفوذپذیری وجود دارد و بین چگالی ظاهری خاک و نفوذ رابطه عکس وجود داشت (۷). با افزایش میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه‌ها و با کاهش چگالی ظاهری خاک، هدایت آبی اشباع افزایش می‌یابد (۲۴).

عمدتاً در اراضی با شیب زیاد مانند دامنه کوه‌ها به دلیل عدم امکان کشت گیاهان زراعی بیشتر اقدام به کاشت درختان می‌شود. در بسیاری از این اراضی به دلیل نزدیکی به کوه، خاک‌ها دارای سنگریزه می‌باشند. وجود سنگریزه در خاک عوامل فیزیکی خاک را تغییر می‌دهد. محمدی و رفاهی (۶) عنوان کردند که به‌کارگیری عامل 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. مهم‌ترین عامل توزیع اندازه ذرات بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر و توزیع فضای منافذ حاصل از آن است. اگر سنگریزه به‌صورت آزاد روی سطح زمین باشد از ایجاد سله جلوگیری کرده و باعث افزایش نفوذپذیری می‌شود. اگر در سطح خاک جاسازی شده باشد در ایجاد یک سطح پیوسته از نفوذ آب در خاک جلوگیری کرده و رواناب را افزایش می‌دهد (۱۹).

با توجه به فراوانی کشت درختان پرتقال (۵۶۵۰۴ هکتار در سال ۱۳۹۴) و زیتون (۱۴۰۶۳ هکتار در سال ۱۳۹۴) در استان فارس (۱)، در این تحقیق سعی گردید اثر تغییر کاربری اراضی از مرتع به باغ پرتقال و زیتون بر روی نفوذپذیری و معادلات نفوذ در خاک‌های سنگریزه‌ای مورد بررسی قرار گیرد. همچنین مقایسه‌ای بین اثر دو درخت زیتون و پرتقال بر نفوذپذیری انجام گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌های مزرعه‌ای

به منظور بررسی نفوذپذیری خاک‌های گراولی، آزمایشات نفوذ در باغات پرتقال و زیتون شرکت پیشگامان فسا در ۴ کیلومتری شمال شرقی شهر فسا از توابع استان فارس با موقعیت جغرافیایی " ۱۹° ۳۹' ۵۳" شرقی و " ۲۸° ۵۹' ۱۷" شمالی و ارتفاع ۱۴۵۰ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی سالانه ۲۵۰ میلی‌متر (مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور) انجام گردید. آزمایش‌ها برای ۳۰ درخت شامل ۱۵ درخت زیتون و ۱۵ درخت پرتقال در سطح تقریباً ۵۰ هکتار انجام شد. درختان به گونه‌ای انتخاب شدند که تمام باغ تحت پوشش قرار گیرد. سپس برای هر درخت دو نقطه یکی در فاصله ۵۰ سانتی‌متری از ساقه و دیگری در وسط دو درخت انتخاب شد. فاصله بین درختان ۱۰ متر و متوسط طول عمر آنها ۱۵ سال بوده است.

آزمایش نفوذ با حلقه‌های مضاعف انجام شد. با توجه به بارندگی‌های کوتاه‌مدت در این منطقه و به منظور بررسی نفوذ در زمان‌های اولیه بارش، آزمایش نفوذ برای زمان‌های کوتاه انجام شد. جهت تعیین چگالی ظاهری خاک، درصد حجمی سنگریزه، تعیین دانه‌بندی سنگریزه، درصد رطوبت اولیه، ماده آلی، ذرات تشکیل دهنده خاک و تراکم طولی ریشه تا عمق ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌گیری شد. جهت تعیین تراکم طولی ریشه در آزمایشگاه، ریشه درخت از خاک جدا شد و با روش تنانت طول ریشه اندازه‌گیری گردید (۲۲). با توجه به تأثیر سنگریزه بر نفوذپذیری خاک، به منظور دانه‌بندی سنگریزه نمونه خاک برداشته شده از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد تا خاک از سنگریزه کاملاً جدا شود. بعد از خشک شدن نمونه، دانه‌بندی سنگریزه با الک‌های با اندازه چشمه ۲۵/۴، ۱۹/۰۵، ۱۲/۷، ۹/۵، ۴/۷۵، ۲/۳۶ و ۲۲ میلی‌متر تعیین شد. بافت خاک به روش هیدرومتری تعیین گردید. جهت مقایسه میانگین پارامترهای اندازه‌گیری طرح آزمایشی به صورت کاملاً تصادفی با ۴ تیمار شامل زیر درختان زیتون، بین درختان زیتون، زیر درختان پرتقال و بین درختان پرتقال با ۱۵ تکرار در نظر گرفته شد.

مقایسه میانگین با معیار آماری دانکن در سطح آماری ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. به منظور ارزیابی دقت روابط به دست آمده از معیار آماری ریشه میانگین مربعات خطا استاندارد شده (NRMSE) و شاخص توافق (d) (۲۳) استفاده گردید. NRMSE برای ارزیابی دقت معادلات در زمینه‌های هیدرولوژی، آب‌های زیرزمینی و ارزیابی مدل‌های ریاضی کاربرد فراوانی دارد و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$NRMSE = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (m_i - p_i)^2}}{X} \quad [1]$$

که در آن m_i مقادیر سرعت نفوذ اندازه‌گیری شده، p_i سرعت نفوذ محاسبه شده با استفاده از توابع انتقالی و X میانگین مقادیر اندازه‌گیری می‌باشد. جهت بررسی میزان شباهت داده‌های برآورد با داده اصلی از نمایه توافق استفاده شد:

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (p_i - m_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|p_i^*| + |m_i^*|)^2}, \quad p_i^* = p_i - x, \quad m_i^* = m_i - x \quad [2]$$

معادلات نفوذ

معادلات نفوذ مورد استفاده در این تحقیق به شرح ذیل می‌باشد:

$$I = at^b \quad [3] \text{ کوستیانف (۱۴)}$$

$$I = at^b + ct \quad [4] \text{ کوستیانف-لوئیس (۱۵)}$$

$$I = f_c t + \frac{(f_0 - f_c)}{k} (1 - e^{-kt}) \quad [5] \text{ هورتن (۱۱)}$$

$$I = St^{0.5} + At \quad [6] \text{ فیلیپ (۱۸)}$$

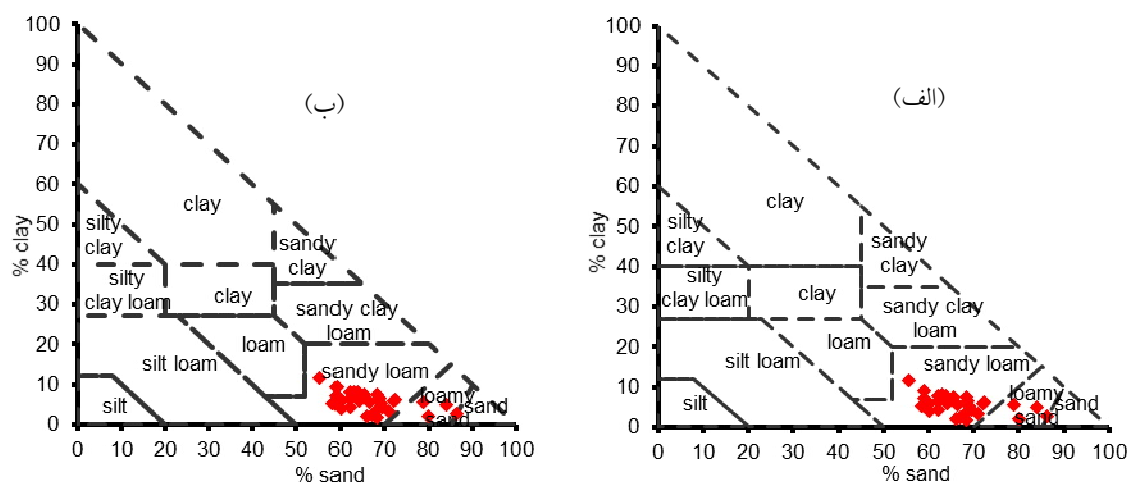
$$I = at^b + 0.6985 \text{ SCS}(3) \quad [7]$$

که در آنها I نفوذ تجمعی (cm)، t زمان (min)، c و f_c سرعت نفوذ نهایی خاک (cm/min)، f_0 سرعت نفوذ اولیه (cm/min)، S ضریب جذب آب $(\frac{cm}{min^{0.5}})$ و A ضریب آبگذری $(\frac{cm}{min})$ و k و a ضرایب ثابت معادله می‌باشند. ضرایب معادلات نفوذ تجمعی کوستیاکف معادله (۳)، کوستیاکف-لوئیس معادله (۴)، فیلیپ معادله (۶)، هورتن معادله (۵) و SCS معادله (۷) برای داده‌های اندازه‌گیری با استفاده از ابزار Solver در نرم‌افزار Excel تعیین گردید.

جدول ۱. متوسط پارامترهای فیزیکی خاک در باغ پرتقال و زیتون

محل آزمایش	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	ماده آلی (%)	تراکم طولی ریشه (cm/cm ³)	رطوبت وزنی اولیه خاک (%)	چگالی ظاهری خاک (g/cm ³)	سنگریزه (%)
زیر درختان پرتقال	۷۳ (۸/۵)	۲۲ (۵/۱)	۵ (۵/۲)	۲/۹ (۱/۵)	۳/۸ (۱/۴)	۶/۹ (۴/۰)	۱/۲۸ (۰/۰۹)	۳۹/۹ (۱۰/۹)
بین درختان پرتقال	۶۸ (۱۰/۶)	۲۶ (۸/۴)	۶ (۳/۱)	۱/۴ (۰/۷)	۰/۰ (۰/۰)	۱/۱ (۰/۶)	۱/۴۱ (۰/۱۱)	۵۲/۱ (۱۲/۳)
زیر درختان زیتون	۶۹ (۸/۳)	۲۶ (۷/۷)	۵ (۲/۲)	۲/۲ (۰/۵)	۴/۱ (۱/۷)	۴/۱ (۱/۲)	۱/۲۹ (۰/۱۳)	۴۶/۰ (۹/۳)
بین درختان زیتون	۶۵ (۶/۳)	۲۸ (۵/۴)	۷ (۲/۴)	۱/۳ (۰/۵)	۰/۰ (۰/۰)	۱/۹ (۰/۹)	۱/۵۱ (۰/۰۷)	۵۵/۲ (۷/۲)

اعداد داخل پرانتز انحراف معیار داده‌ها می‌باشند.



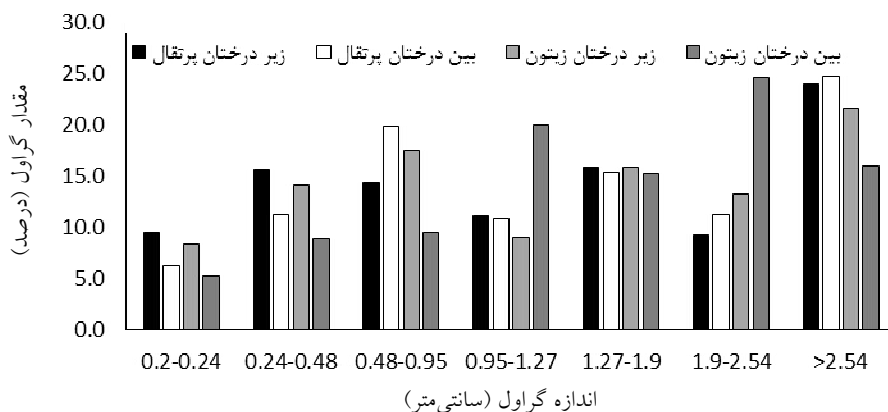
شکل ۱. تغییرات بافت خاک: الف) در باغ پرتقال و ب) در باغ زیتون

نتایج و بحث

مشخصات فیزیکی خاک

متوسط پارامترهای فیزیکی خاک برای زیر و بین درختان پرتقال و زیتون در جدول (۱) ارائه شده است. نتایج آزمایش بافت خاک نشان می‌دهد که عمده بافت خاک باغ پرتقال و خاک باغ زیتون Sandy loam می‌باشد (شکل ۱). میانگین ماده آلی برای زیر درختان ۲/۵ درصد و برای وسط درختان ۱/۳ درصد می‌باشد که ناشی از ریزش برگ‌های درخت و کودهای آلی اضافه شده به خاک است. ماده آلی سبب بهبود ساختمان خاک و افزایش ثبات خاک می‌گردد. براساس داده‌های اندازه‌گیری چگالی ظاهری خاک در زیر درختان کمتر از بین درختان می‌باشد (جدول ۱). مقادیر اندازه‌گیری نشان می‌دهد که مقدار سنگریزه خاک نسبتاً بالا می‌باشد (بیش از ۴۰٪). مقدار حجمی

سنگریزه در بین درختان پرتقال ۱/۳ و بین درختان زیتون ۱/۲ برابر بیشتر از مقدار سنگریزه در زیر این درختان می‌باشد که احتمالاً ناشی از جدا کردن سنگریزه‌های زیر درخت در زمان کاشت و یا اجرای سیستم آبیاری قطره‌ای می‌باشد. مقدار سنگریزه موجود در خاک باغ زیتون بیشتر از باغ پرتقال می‌باشد. به دلیل انجام آبیاری در زیر درختان مقدار رطوبت اولیه خاک در زیر درختان بیشتر از بین درختان بوده است. همچنین میزان رطوبت خاک در زیر درخت پرتقال بیشتر از درخت زیتون (۱/۷ برابر) است که می‌تواند به دلیل آبیاری بیشتر ناشی از نیاز آبی بیشتر درخت پرتقال باشد. به استثناء نقاط زیر درختان زیتون، در بقیه نقاط سنگریزه‌های با قطر بزرگ‌تر از ۲/۵۴ سانتی‌متر بیشترین درصد وزنی سنگریزه‌های خاک را تشکیل داده‌اند (شکل ۲). بنابراین نه تنها مقدار کل



شکل ۲. توزیع اندازه سنگریزه‌های موجود در خاک منطقه مورد مطالعه

جدول ۲. ضرایب NRMSE و شاخص توافق بین مقادیر نفوذ اندازه‌گیری شده و برآورد شده

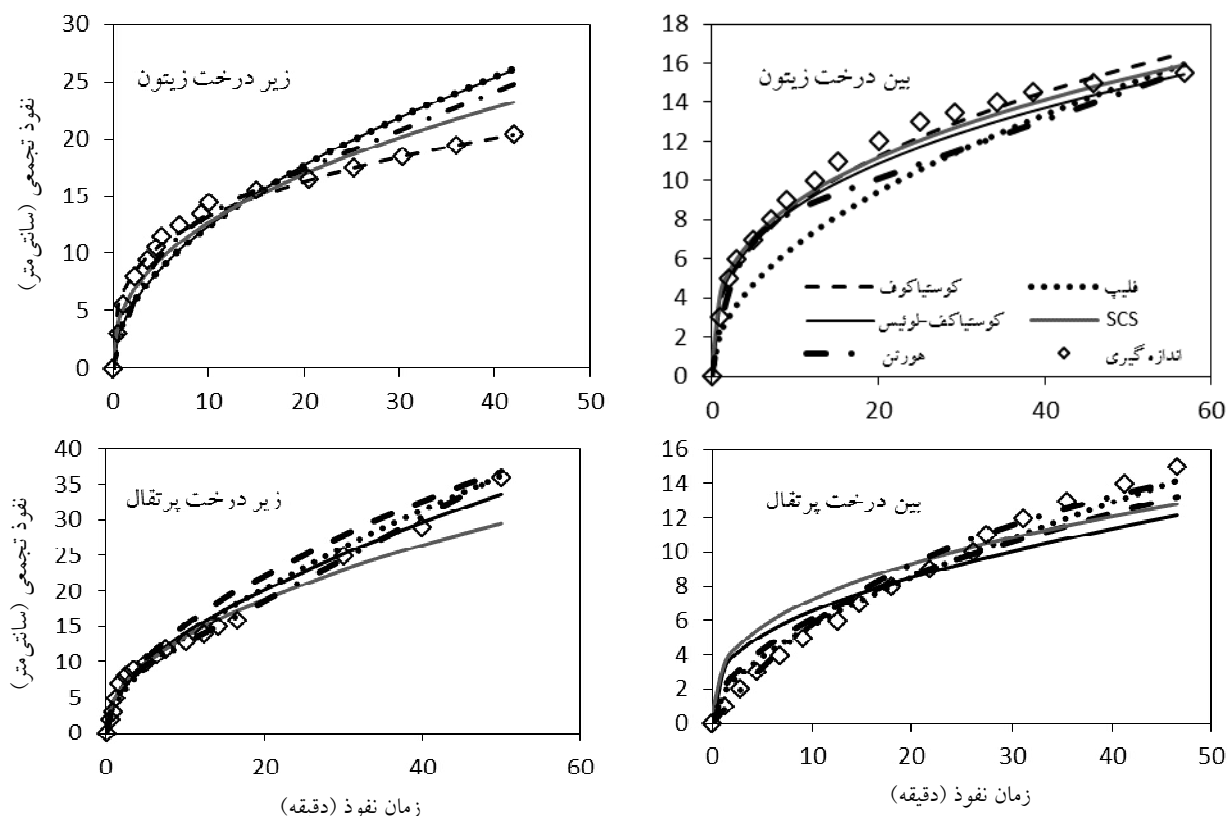
پرتقال		زیتون		شاخص	معادلات
وسط	زیر	وسط	زیر		
۰/۱۳۴	۰/۱۶۲	۰/۱۷۶	۰/۱۶۲	NRMSE	کوستیاکف
۰/۹۹۲	۰/۹۸۷	۰/۹۸۳	۰/۹۸۴	d	
۰/۱۴۲	۰/۱۶۳	۰/۱۰۷	۰/۱۹۵	NRMSE	فیلیپ
۰/۹۹۱	۰/۹۸۵	۰/۹۹۴	۰/۹۹۷	d	
۰/۱۶۸	۰/۱۷۴	۰/۰۸۷	۰/۱۷۶	NRMSE	کوستیاکف-لوئیس
۰/۹۸۷	۰/۹۸۳	۰/۹۹۶	۰/۹۸	d	
۰/۲۱۸	۰/۱۷۶	۰/۱۶۵	۰/۱۷۶	NRMSE	SCS
۰/۹۷۷	۰/۹۸۳	۰/۹۸۵	۰/۹۷۸	d	
۰/۱۱۹	۰/۱۱	۰/۱۲۳	۰/۱۷۳	NRMSE	هورتن
۰/۹۴۴	۰/۹۹۳	۰/۹۹۳	۰/۹۸۳	d	

شکل (۳) ارائه گردید. (۱۷) نشاط و پاره‌کار عملکرد مدل‌های نفوذ کوستیاکوف، گرین و امپت، فیلیپ، هورتون و سازمان حفاظت خاک آمریکا در برآورد نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ اندازه‌گیری شده به روش استوانه‌های مضاعف را مورد مقایسه و ارزیابی قرار دادند. نتایج پژوهش این محققین حاکی از آن بود که مدل کوستیاکوف مناسب‌ترین مدل برای برآورد نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ می‌باشد. براساس گزارش این محققین، پژوهشگران مختلف در مقایسه و ارزیابی عملکرد مدل‌های نفوذ به نتایج متفاوت و گاهی ضد و نقیض دست یافته‌اند، یکی از دلایل این امر طبیعت تغییرپذیری فرایند نفوذ آب به خاک است به گونه‌ای که این عامل باعث می‌شود تا حتی یک مدل نفوذ در دو خاک که به لحاظ ویژگی‌های فیزیکی

سنگریزه‌های خاک منطقه زیاد است، بلکه اندازه سنگریزه‌های خاک هم بزرگ می‌باشد.

نتایج اندازه‌گیری نفوذ

ضریب تعیین (R^2) برای معادلات برازش داده شده بالا و بسیار نزدیک به هم بوده است. به همین دلیل شاخص توافق (d) و NRMSE بین مقادیر اندازه‌گیری شده و تخمین زده شده با معادلات نفوذ برای تعیین بهترین معادله محاسبه شد (جدول ۲). معادلات کوستیاکف-لوئیس و کوستیاکوف به ترتیب بهترین معادلات برای نقاط بین و زیر درختان زیتون، و معادله هورتن بهترین معادله برای نقاط بین و زیر درختان پرتقال است. نمونه‌های منحنی‌های برازش داده شده بر داده‌های اندازه‌گیری نفوذ در



شکل ۳. نمونه‌ای از معادلات نفوذ برازش داده شده بر داده‌های اندازه‌گیری در باغ‌های زیتون و پرتقال

درختان زیتون بوده است اما اختلاف معنی‌داری بین آنها مشاهده نگردید. نتایج مقایسه آماری نشان می‌دهند که درصد ذرات خاک، تراکم طولی ریشه، چگالی ظاهری و درصد سنگریزه در زیر درختان زیتون و پرتقال اختلاف معنی‌داری با هم نداشته‌اند اما رطوبت اولیه و ماده آلی خاک باغ پرتقال به ترتیب ۳۲ و ۶۸ درصد بیشتر از باغ زیتون بوده است. هرچه رطوبت اولیه خاک کمتر باشد، موجب افزایش سرعت نفوذ اولیه در خاک می‌شود که ناشی از افزایش مکش آب خاک می‌باشد. اما در تحقیق حاضر نتایج برخلاف آن به دست آمده است که به نظر می‌رسد ناشی از بیشتر بودن ماده آلی خاک در زیر درختان پرتقال بوده که تأثیر این پارامتر بیشتر از تأثیر پارامتر رطوبت اولیه بوده است. هرچند اختلاف معنی‌داری بین درصد سنگریزه و درصد ذرات خاک زیر دو درخت وجود ندارد، اما مقدار شن در خاک زیر درختان پرتقال بیشتر از خاک زیر درختان زیتون است که موجب افزایش سرعت نفوذ اولیه

بسیار مشابه با یکدیگر هستند، دارای عملکردی متفاوت باشد. با توجه به شاخص توافق و NRMSE، معادله هورتن بهترین معادله نفوذ برای خاک‌های منطقه است. شاخص NRMSE بین ۰/۲-۰/۱ می‌باشد که نشان‌دهنده دقت خوب برازش معادلات است (۱۲).

میانگین ضرایب تعیین و محدوده تغییرات ضرایب معادلات نفوذ به دست آمده مشابه مطالعه دیگر محققین بوده است (۵).

بیشترین سرعت نفوذ اولیه زیر درختان پرتقال و کمترین آن در بین درختان زیتون مشاهده گردید (جدول ۳). به منظور بررسی تأثیر پارامترهای فیزیکی خاک بر نفوذ آب در خاک، میانگین پارامترهای سرعت نفوذ اولیه، مقدار نفوذ تجمعی تا دقیقه ۱۲۰م، درصد ماده آلی، تراکم طولی ریشه، درصد ذرات خاک، درصد سنگریزه و رطوبت اولیه خاک برای باغ پرتقال و زیتون از لحاظ آماری بررسی شد (جدول ۳). در زیر درختان پرتقال مقدار نفوذ تجمعی تا دقیقه ۱۲۰م، ۱۳ درصد بیشتر از زیر

جدول ۳. مقایسه میانگین پارامترهای فیزیکی خاک در زیر و بین درختان پرتقال و زیتون

سنگریزه ٪	چگالی ظاهری (g/cm ³) خاک	رس ٪	سیلت ٪	شن ٪	رطوبت وزنی ٪ اولیه	ماده آلی ٪	تراکم طولی ریشه (cm/cm ³)	نفوذ تجمعی تا ۲۰ دقیقه (cm)	سرعت نفوذ اولیه (cm/min)	زیر درختان پرتقال	زیر درختان زیتون	بین درختان پرتقال	بین درختان زیتون
۳۹/۹ ^a	۱/۲۸ ^a	۵ ^a	۲۲ ^a	۷۳ ^a	۶/۹ ^a	۲/۹ ^a	۳/۸ ^a	۱۷/۴ ^a	۴/۲۲ ^a	زیر درختان پرتقال	زیر درختان زیتون	بین درختان پرتقال	بین درختان زیتون
۴۶/۰ ^{ab}	۱/۲۹ ^a	۵ ^a	۲۶ ^{ab}	۶۹ ^{ab}	۴/۱ ^b	۲/۲ ^b	۴/۱ ^a	۱۵/۴ ^a	۳/۳۶ ^b	زیر درختان پرتقال	زیر درختان زیتون	بین درختان پرتقال	بین درختان زیتون
۵۲/۱ ^{bc}	۱/۴ ^b	۶ ^a	۲۶ ^{ab}	۶۸ ^{ab}	۱/۱ ^c	۱/۴ ^c	۰/۰ ^b	۶/۸ ^b	۰/۷ ^{۱c}	زیر درختان پرتقال	زیر درختان زیتون	بین درختان پرتقال	بین درختان زیتون
۵۵/۲ ^c	۱/۵ ^c	۷ ^a	۲۸ ^b	۶۵ ^b	۱/۹ ^c	۱/۳ ^c	۰/۰ ^b	۷/۵ ^{۱b}	۰/۵ ^{۱c}	زیر درختان پرتقال	زیر درختان زیتون	بین درختان پرتقال	بین درختان زیتون

در هر ستون اعداد دارای حروف مشابه در سطح ۵٪ با هم اختلاف آماری ندارند

در زیر درختان پرتقال شد.

اختلاف معنی داری بین سرعت نفوذ اولیه و مقدار نفوذ تجمعی خاک تا دقیقه ۲۰م در فاصله بین درختان پرتقال و زیتون وجود ندارد. مقایسه میانگین پارامترهای فیزیکی خاک نشان می‌دهد که به‌جز چگالی ظاهری خاک، بقیه پارامترهای خاک بین درختان پرتقال و زیتون تفاوت معنی داری با هم ندارند که می‌تواند ناشی از عدم تغییر شرایط خاک به‌واسطه عدم وجود درخت، ریشه، عدم انجام عملیات شخم باشد. لازم به ذکر است که با وجود درصد رس بیشتر و شن کمتر در بین درختان زیتون مقدار چگالی ظاهری در خاک بین این درختان نسبت به خاک بین درختان پرتقال بیشتر می‌باشد (۱/۱ برابر) که می‌تواند نشانه تراکم شدن خاک و کاهش اندازه منافذ خاک باشد. به نظر می‌رسد که یکی از عوامل کاهش سرعت نفوذ اولیه خاک بین درختان زیتون نسبت به درختان پرتقال ناشی از تفاوت چگالی ظاهری خاک دو منطقه می‌باشد.

به‌طور کلی، سرعت نفوذ اولیه و مقدار نفوذ تجمعی تا دقیقه ۲۰م در زیر درختان بیشتر از بین درختان بوده است (به ترتیب ۵/۹ و ۲/۶ برابر برای درخت پرتقال و ۶/۶ و ۲/۰۵ برابر برای درخت زیتون). نتایج مقایسه آماری نشان می‌دهد در زیر درختان پرتقال و زیتون مقدار ماده آلی (به ترتیب ۲/۱ و ۱/۷ برابر)، تراکم طولی ریشه، رطوبت اولیه (به ترتیب ۶/۳ و ۲/۲ برابر) و درصد ذرات شن (به ترتیب ۱/۰۷ و ۱/۰۶ برابر) بیشتر از فاصله بین درختان می‌باشد. برای باغ پرتقال و زیتون چگالی ظاهری (به ترتیب ۱/۱ و ۱/۱۶ برابر)، درصد سنگریزه (به ترتیب ۱/۲ و ۱/۳ برابر) و درصد ذرات رس (به ترتیب ۱/۲ و ۱/۴ برابر) در بین درختان بیشتر است. ماده آلی باعث بهبود ساختمان خاک و تأثیر مثبت بر نفوذپذیری خاک دارد. رشد ریشه درختان در خاک موجب افزایش منافذ و خلل و فرج درشت خاک می‌شود که باعث افزایش نفوذپذیری خاک می‌گردد.

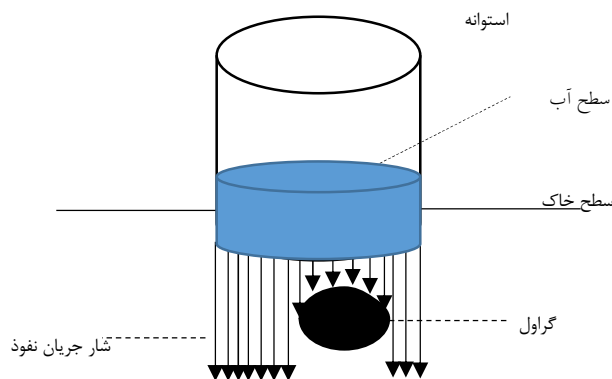
در خاک هرچه شن بیشتر و رس کمتر باشد بافت خاک سبک‌تر، منافذ خاک درشت‌تر و نفوذپذیری خاک بیشتر است. بنابراین درصد شن بیشتر و رس کمتر، تأثیر مثبت بر روی

نفوذپذیری خاک زیر درختان نسبت به بین درختان دارد. هرچند تنها بین درصد شن و سیلت خاک بین درختان زیتون نسبت به سایر نقاط اختلاف معنی دار بوده است. در کل اختلاف زیادی بین بافت خاک در منطقه وجود ندارد و عمدتاً لوم شنی می‌باشد (شکل ۱). بیشتر بودن چگالی ظاهری خاک در بین درختان نسبت به زیر درختان با توجه به مشابهت بافت خاک می‌تواند ناشی از تردد باغداران و ماشین آلات در فاصله بین درختان موجب تراکم و فشرده شدن خاک می‌شود که سبب افزایش چگالی ظاهری و کاهش منافذ درشت و تخلخل خاک می‌گردد. همان‌طور که قبلاً گفته شد سنگریزه موجود در منطقه نه تنها زیاد است، بلکه از نظر اندازه هم درشت می‌باشد (شکل ۲).

برخلاف تأثیر مثبت ذرات شن بر روی نفوذپذیری خاک، سنگریزه‌های درشت نه تنها موجب افزایش نفوذپذیری خاک نمی‌شوند بلکه مانند یک مانع در مسیر جریان نفوذ آب در خاک عمل نموده و موجب کاهش سطح نفوذ می‌گردند (شکل ۴) (۸). کازین و همکاران بیان نمودند که وجود سنگریزه در خاک به دلیل کاهش سطح مقطع نفوذ منجر به برآورد کمتر نفوذپذیری خاک می‌گردد (۹). اما ما و همکاران بیان نمودند که وجود سنگریزه به مقدار ۸ درصد حجمی موجب افزایش ضریب هدایت هیدرولیکی خاک می‌گردد اما مقادیر سنگریزه بیشتر از آن موجب کاهش هدایت هیدرولیکی خاک می‌گردد (۱۶).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که تغییر کاربری اراضی و کاشت درختان پرتقال و زیتون موجب افزایش نفوذپذیری خاک‌های سنگریزه‌ای می‌شود. با توجه به شیب‌دار بودن منطقه و وجود بارش‌های کوتاه‌مدت با شدت زیاد و احتمال بروز سیلاب در منطقه، می‌توان رواناب حاصل را به زیر درختان خصوصاً درخت پرتقال هدایت نموده تا علاوه بر کاهش فرسایش خاک امکان ذخیره آب در پروفیل خاک و تغذیه آب‌های زیرزمینی فراهم گردد. نتایج این پژوهش نشان داد که تمامی معادلات نفوذ برازش داده شده بر داده‌های نفوذ در زیر و بین درختان



شکل ۴. اثر سنگریزه بر جریان نفوذ آب در خاک

که سنگریزه نقش زیادی در کاهش و یا افزایش نفوذپذیری خاک دارد. به طوری که اندازه‌های بزرگ سنگریزه مانند مانع عمل کرده و باعث کاهش نفوذپذیری خاک می‌شوند. این در حالی است که سنگریزه‌های با اندازه‌های ریز، اثر مثبت بر افزایش نفوذپذیری خاک دارند. تعیین حد اندازه‌ای از سنگریزه که مرز تمایز این دو می‌باشد و باعث تأثیر متفاوت سنگریزه بر نفوذپذیری خاک می‌شود نیاز به تحقیق بیشتر دارد.

پرتقال و زیتون دارای دقت بسیار مناسب و دارای ضریب تعیین بالا بودند. با این حال از بین معادلات مورد مطالعه، معادله کوستیاکف-لویس بهترین برازش را بر داده‌های نفوذ نقاط بین درختان زیتون و برای نقاط بین درختان پرتقال، معادله هورتن بهترین معادله بوده است. برای نقاط زیر درختان پرتقال و برای زیر درختان زیتون به ترتیب معادلات هورتن و کوستیاکف بهترین برازش را داشته‌اند.

بررسی نتایج توزیع اندازه سنگریزه‌های خاک نشان می‌دهد

منابع مورد استفاده

۱. احمدی، ک.، ح. قلیزاده، ح. ر. عبادزاده، ف. حاتمی، ر. حسین پور، ر. کاظمی فرد و ه. عبدشاه. ۱۳۹۵. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۴ جلد سوم: محصولات باغبانی. وزارت جهاد کشاورزی. تهران.
۲. طباطبایی، ح.، ح. فرداد، م. ر. نیشابوری و ع. لیاقت. ۱۳۸۲. تأثیر مدیریت زراعی بر مقدار نفوذ نهائی خاک در آبیاری جویچه‌ای، یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۳۲.
۳. عزیززاده، ا. ۱۳۹۰. طراحی سیستم های آبیاری. چاپ پنجم. انتشارات آستان قدس رضوی. مشهد.
۴. فکوری، ت.، ح. امامی، ب. قهرمان و م. مهاجرپور. ۱۳۹۱. برآورد نفوذ تجمعی آب به خاک با استفاده از توزیع اندازه ذرات در کاربری‌های مختلف کشاورزی، مجله پژوهش آب در کشاورزی ۲۶(۴): ۳۷۹-۳۹۰.
۵. کاوسی، م.، م. وفاخواه و م. مهدیان. ۱۳۹۱. ارزیابی برخی معادلات نفوذ آب در خاک در کاربری‌های مختلف در حوزه کجور، فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ۱۳: ۱-۱۳.
۶. محمدی، م. و ح. رفاهی. ۱۳۸۹. تخمین پارامترهای معادلات نفوذ توسط خصوصیات فیزیکی خاک، مجله علوم کشاورزی ایران ۳۶(۶): ۱۳۹۱-۱۳۹۸.

7. Bergiund, E. R., A. Ahyoud and M. Tayaa. 2003. Comparison of soil and infiltration properties of range and afforested sites in northern Morocco, Forest Ecol. Manag. 3: 295-306.
8. Coppola, A., G. Dragonetti, A. Comegna, N. Lamaddalena, B. Caushi, M. A., Haikal and A. Basile. 2013.

- Measuring and modeling water content in stony soils, *Soil and Tillage Res.* 128: 9–22.
9. Cousin, I., B. Nicoullaud and C. Coutadeur. 2003. Influence of rock fragments on the water retention and water percolation in a calcareous soil, *CATENA*. 5(32): 97–114.
 10. Fogle, M. M. 1976. Vegetation management guidelines for increasing water yield in a semi-arid region. An Arizona case study, *Ecol.* 25-37.
 11. Horton, R. E. 1940. An approach toward to physical interpretation of infiltration capacity, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 5: 399-417.
 12. Jamieson, P. D., J. R. Porter and D. R. Wilson. 1991. A test of computer simulation model ARC-WHEAT1 on wheat crops grown in New Zealand, *Field Crops Res.* 27: 337–350.
 13. Kazemizadeh, M. and A. R. Sepaskhah. 2016. Effect of tree roots on water infiltration rate into the soil. *Iran Agric. Res.* 35(1): 13-20
 14. Kostiaikov, A. N. 1932. On the Dynamic of coefficient of water –percolation in soils and on the necessity for studying it from a dynamic point of view for purposes of amelioration. *Trans sixth comm. Intern. Soil .Sci. Soc. Russia.* 17-21.
 15. Kostiaikov, A. N., M. R. Lewis. 1937. The rate of infiltration of water in irrigation practice. *EOS Trans., Am. Geophys. Union* 18: 361-368.
 16. Ma, D., M. Shao, J. Zhang and Q. Wang. 2010. Validation of an analytical method for determining soil hydraulic properties of stony soils using experimental data, *Geoderma* 159(3-4): 262–269.
 17. Neshat, A. and M. Pehkar. 2007. The comparison of methods for determining the vertical infiltration rate, *J. Agric. Sci. Natur. Resour.* 14(3): 186-195.
 18. Phillip, J. R. 1957. The theory of infiltration. Infiltration equation and its solution, *Soil Sci.* 83: 345-357.
 19. Poesen, J. and H. Lavee. 1994. Rock fragments in top soils: significance and processes, *CATENA*. 23: 1– 28.
 20. Sheng, L. and W. L. Liang. 2014. Effect of Roots on Infiltration Process around a Tree an Application of Tension-TDR Probes. *EGU General Assembly*, 27 April – 2 May Austria.
 21. Tabatabaei, S. j., M. R. Nayshabari and H. Fardad. 2005. Agricultural management effect on soil basic infiltration rate in furrow irrigation of corn, *Iran. J. Soil Waters Sci.* 19: 225-262.
 22. Tennant, D. 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length, *J. Ecol.* 63: 995-1001.
 23. Willmott, C. J., C. M. Rowe and Y. Mintz. 1985. Climatology of terrestrial seasonal water cycle, *J. Climatol.* 5: 589–606.
 24. Wosten, J. H. M., Y. A. Pachepsky and H. T. Rawls. 2001. Pedotransfer functions: bridging the gap between available basic soil data and missing soil hydraulic characteristics, *J. Hydrol.* 251: 123-150.

Assessing the Infiltrability of Gravelly Soils Under and Between the Orange and Olive Trees in Fasa City

A. Shabani^{1*}, A. Jahanbazi¹, S. H. Ahmadi^{2,3}, M. M. Moghimi¹ and M. Bahrami¹

(Received: Jan. 11-2017; Accepted: May 07-2017)

Abstract

In this study, five infiltration models including Kostiakov, Kostiakov-Lewis, Philip, Soil Conservation Service (SCS) and Horton were fitted to the experimental data using the double rings, and the empirical coefficients of these models were determined. Infiltration experiments were conducted in the gravelly sandy loam soil under and between the olive and orange trees in Fasa city, Fars Province, Iran. The results showed that all five models were fitted accurately to the measured data. The accumulated infiltration under the trees was higher than those measured between two trees. Higher infiltration under the tree canopies was probably due to the higher soil organic matter, the lower soil bulk density, and the tree root channeling, which were more pronounced when compared to the small pores in these soils. Despite the positive effect of sand particles on soil infiltration, the big gravel occurrence in soil would decrease the cross section area of water flow path, thereby reducing the infiltration. Therefore, changing the land use and planting olive and orange trees in the gravel soils would increase the infiltration rate and consequently, decrease runoff and erosion rates in such soils.

Keywords: Olive, Orange, Infiltration, Gravelly soils.

1. Water Engineering Dept., Fasa Univ., Shiraz, Iran.

2. Water Engineering Dept., Shiraz Univ., Shiraz, Iran.

3. Drought Research Center, Shiraz Univ., Shiraz, Iran.

*: Corresponding Author, Email: shabani8ali@gmail.com