اثر کود دامی و ورمی کمپوست حاصل از آن بر ضرایب برخی معادلات نفوذ آب به خاک

زهره زارعی نژاد [۱]،سید علی اکبر موسوی [۲] ، یلدا منصورپور [۱] و محمد نظری میجی [۱]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز ، ۲- استادیار بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

چکیده
کمبود آب یکی از مشکلات اصلی در مناطق خشك و نیمه خشك می‌باشد. بنابراین یافتن روش‌های افزایش بازده آب‌های آبیاری از ضروریات است. انواع کودها می‌تواند سبب افزایش تخلخل خاک و در نتیجه افزایش نفوذپذیری در خاک شوند. در این تحقیق تاثیر سطوح مختلف کود دامی و ورمی‌کمپوست حاصل از آن بر میزان نفوذ آب در خاک و ضرایب معادله‌های نفوذ بررسی شد. معادلات نفوذ تجمعی، متوسط سرعت نفوذ و همچنین ضرایب مدل‌های نفوذ آب به خاك (کوستیاکف، فیلیپ و گرین امپ)، برای خاک مورد مطالعه تعیین شد. نتایج نشان داد در تمام تیمارهای مورد مطالعه معادله کوستیاکوف با داشتن بیشترین ضریب تبیین بهترین مدل برازش داده شده به مقادیر نفوذ اندازه‌گیری شده بود.
واژه‌های کلیدی: معادله نفوذ ، فیلیپ ،کوستیاکوف، گرین امپ ، کود گاوی

مقدمه
دشواری‌های نفوذ آب به خاک موضوعی است که معمولاً در اغلب خاک ها با درجات مختلف وجود دارد و به روش‌های گوناگون، هر ساله به کشاورزان و باغداران زیان وارد می‌سازد. از این رو بررسی پدیده یاد شده در صنعت گسترده کشاورزی اهمیت فراوانی دارد. نفوذ در خاک اهمیت زیادی دارد زیرا پدیده هایی نظیر آبدوی سطحی هرزآب و فرسایش به آن بستگی دارد. سرعت نفوذ که یکی از شاخصه های نفوذ است با افزایش رطوبت خاک کاهش یافته و در انتهای فرایند نفوذ به مقدار تقریبا ثابتی می‌رسد. اما نفوذ تجمعی خاک با گذشت زمان افزایش می‌یابد. درك فرآیند نفوذ برای برنامه ریزی و مدیریت سیستم آبیاری بسیار ضروری است (ردکلیف وراسموسن، ۲۰۰۰ ؛ والکر و اسکوگرب، ۱۹۸۳). برای بررسی نفوذ معمولا به دو شیوه عمل می‌شود. نخست استفاده از قوانین و روابط اثبات شده مانند قانون بقای جرم (معادله ریچاردز در شکل پخشیدگی) و قانون بقای انرژی (قانون دارسی) و تلفیق آنها و دستیابی به یکسری معادلات ریاضی مانند معادله فیلیپ (فیلیپ،۱۹۵۷) و گرین امپت (گرین، ۱۹۱۱) می‌باشد. مهم‌ترین حسن این معادلات این است که بر اساس قوانین فیزیکی وضع شده‌اند و با دانستن برخی خصوصیات فیزیکی خاك معادله نفوذ قابل تعیین است. ولی عدم دقت کافی دراین معادلات مهمترین نقص آن ها می‌باشد که حاصل ساده سازی شرایط فیزیکی و ایده آل و یکنواخت فرض کردن محیط خاک می‌باشد (اسمیت، ۱۹۵۷). شیوه دوم استفاده از روابط تجربی از قبیل هورتون (هورتون، ۱۹۴۰) و کوستیاکوف (کوستیاکوف، ۱۹۴۷) است. مهمترین حسن این معادلات دقت زیاد به دلیل منعکس و ملحوظ کردن تقریبًا تمام شرایط و عوامل مؤثر در فرآیند نفوذ می‌باشد. تاثیر گرفتن از شرایط مکانی و زمانی و نارسایی پارامترهای معادلات در تبیین مفاهیم فیزیکی از نقص های عمده اینگونه معادلات می‌باشد (هنکس، ۱۹۹۲؛ هیل، ۱۹۹۸). ورمی‌کمپوست یکی از مهمترین کودهای زیستی است که از طریق فرآوری ضایعات آلی نظیر کود دامی و بقایای گیاهی توسط کرم خاکی ساخته می‌شود. این کود دارای تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری زیاد برای عناصر معدنی، تهویه و زهکشی مناسب، ظرفیت زیاد نگهداری آب و بدون بوی نامطبوع و عوامل بیماریزا می‌باشد و امروزه استفاده از آن در کشاورزی پایدار، جهت بهبود رشد و کیفیت محصولات زراعی و باغی متداول می‌باشد (درزی و همکاران، ۱۳۸۵؛ میرزایی تالار پشتی و همکاران، ۱۳۸۸؛ ادواردز و باروز، ۱۹۸۸) از دیگر اثرات مفید ورمی‌کمپوست ها می‌توان به بهتر شدن پایداری خاکدانه‌های خاک و کاهش خطر فرسایش اشاره کرد. کاربرد ورمی‌کمپوست سبب افزایش تخلخل و ظرفیت نگهداری آب خاک می‌شود (میرزایی تالارپشتی و همکاران، ۱۳۸۸). با توجه به اینکه مطالعات اندکی در ارتباط با اثر کودهای دامی و ورمی کمپوست حاصل از آنها بر نفوذ و ضرایب معادلات نفوذ آب به خاک و به ویژه در خاک‌های آهکی وجود دارد بنابراین این تحقیق با هدف بررسی اثر سطوح مختلف کود گاوی و ورمی‌کمپوست حاصل از آن بر ضرایب برخی معادلات نفوذ آب به خاک در یک خاک آهکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

خاک مورد نظر از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری خاک سری دانشکده در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در منطقه باجگاه برداشته شد. پس از هوا خشک شدن خاک‌ها از الک ۷۵/۴ میلی‌متری عبور داده شد. بخشی از نمونه‌ها نیز از الک دو میلی‌متری عبور داده شد و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با روش‌های معمول استاندارد اندازه‌گیری شد (جدول ۱). کود گاوی و ورمی‌کمپوست مورد نیاز نیز به ترتیب از ایستگاه دامپروری و سایت تولید ورمی‌کمپوست بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی تهیه شد و برخی ویژگی‌های آنها با استفاده از روش‌های معمول استاندارد اندازه‌گیری شد (جدول ۱). تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: کود گاوی و ورمی‌کمپوست حاصل از کود گاوی هر یک در چهار سطح صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۳۰۰ گرم در کیلوگرم خاک با سه تکرار. پانزده کیلوگرم از خاک مورد نظر با سطوح ذکر شده از تیمارهای مورد مطالعه به طور کامل مخلوط و به گلدان‌های استوانه ای شکل ۱۵ کیلوگرمی منتقل شد و گلدان‌ها در شرایط آزمایشگاه در محدوده دمایی ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی گراد و رطوبت ظرفیت مزرعه (با توزین هفتگی و افزودن آب به خاک) نگهداری شد. پس از گذشت حدود ۲ ماه از خوابانیدن تیمارها، میزان نفوذ آب در خاک موجود در گلدان‌ها با روش تک استوانه با استفاده از استوانه‌ای با قطر حدود ۱۵ سانتی‌متر در بازه‌های زمانی مختلف تا رسیدن با حالت ماندگار اندازه‌گیری شد. پس از جمع‌آوری داده‌ها، معادله‌های نفوذ تجمعی و سرعت لحظه‌ای و ضرایب معادله‌های کوستیاکوف، گرین امپ و فیلیپ با استفاده از نرم افزار اکسل محاسبه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS انجام شد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های خاک، کود گاوی و ورمی‌کمپوست مورد استفاده

خصوصیات شیمیایی	خاک	ورمی کمپوست	کودگاوی
پ هاش	۷/۶	۵/۵	۵
رطوبت ظرفیت مزرعه	۲۵/۰	-	-
ماده آلی(درصد)	۳۹/۲	۹۳/۳۱	۹۰/۲۹
بافت خاک	رسی	-	-

نتایج و بحث

خلاصه ای از مدلهای مورد بررسی به همراه پارامترهای مربوطه درجدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- شرح مدلهای نفوذ مورد بررسی و ضرایب آنها

مدل	ضرایب معادله ها *	معادله **
فیلیپ	A ,S	$I = St^{1/2} + At$
کوستیاکوف	K , a	$I = Kt^{a}$
گرین امپ	b , a	$i = \frac{b}{I_{a+}}$

* I نفوذ تجمعی (سانتی متر) و t زمان (دقیقه) می باشد. ** A و S به ترتیب عبارتند از معیاری از هدایت هیدرولیکی اشباع (cm/ min) و ضریب جذب آب خاک (cm/ min) در معادله فیلیپ. K ضریب تجربی معادله کوستیاکوف ($cm/(min)^b$), سایر روابط تجربی می باشند. سایر ضرایب روابط تجربی می باشند.

از آنجا که فرضیات و ضرایب در مدلهای نفوذ با هم متفاوت است انتظار می‌رود در یک شرایط معین، مدلی خاص دارای عملکرد بهتری در مقایسه با سایرین باشد. از این رو پژوهش‌های متعددی در زمینه ارزیابی و مقایسه عملکرد مدلهای نفوذ انجام شده است (قربانی دشتکی و همکاران ۲۰۰۹ ؛ میشرا و همکاران ۲۰۰۳؛ رشیدی و سیفی ۲۰۰۷). در این پژوهش، نتایج نشان داد معادله کوستیاکوف در تمامی تیمارها و سطوح در مقایسه با معادله گرین-امپت از ضریب تبیین بیشتری برخوردار بوده و بنابراین به داده‌های نفوذ اندازه‌گیری شده برازش بهتری دارد (جدول ۳). گودرزی و همکاران (۱۳۹۱) نیز مدل کوستیاکوف را با خطای نسبی هشت درصد در مقایسه با مدل‌های فیلیپ، سازمان حفاظت خاك آمریکا و کوستیاکوف -لوئیز برای مدلسازی نفوذ اندازه‌گیری شده با استوانه‌های مضاعف در سه نقطه از خاك‌های رسی دشت اشترینان (لرستان) مناسب‌تر معرفی کردند.

جدول ۳- ضریب تبیین معادله کوستیاکوف و معادله گرین امپ برازش داده شده به مقادیر نفوذ اندازه گیری شده در خاک در تیمارهای مختلف

تیمار

معادله نفوذ	شاهد	ورمی کمپوست (گرم در کیلوگرم خاک)			کود گاوی (گرم در کیلوگرم خاک)		
		۷۵	۱۵۰	۳۰۰	۷۵	۱۵۰	۳۰۰
کوستیاکوف	/۹۶ ۰	۹۶/ ۰	۰ /۹۷	۰ /۹۶	۹۵/ ۰	۰ /۹۵	۹۵/ ۰
گر ین -امپ	۵۰/۰	۵۰/۰	۵۷/۰	۶۴/۰	۵۵/ ۰	۵۱/۰	۷۰/ ۰

نشاط و پاره‌کار (۱۳۸۵) عملکرد مدل‌های نفوذ کوستیاکف، گرین-امپت، فیلیپ، هورتون و سازمان حفاظت خاك آمریکا را برای برآورد نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ اندازه‌گیری شده به روش استوانه مضاعف با در نظر گرفتن آمار ضریب تبیین مقایسه و گزارش کردند که مدل کوستیاکف در همه خاك‌های مورد مطالعه (بافت‌های رس- لومی، رسی و لومی) مناسب‌ترین مدل در کوتاه مدت بود درحالی‌که مدل‌های فیلیپ و سازمان حفاظت خاك آمریکا در طولانی مدت مناسب‌ترین مدلها تشخیص داده شدند. آنان همچنین گزارش کردند ضرایب مدل کوستیاکوف بسته به طول مدت اندازه‌گیری متغیر بود و چون این مدل برمبنای داده‌های تجربی در کوتاه مدت برآورده شده برای پیش بینی در بلند مدت، با خطای قابل ملاحظه‌ای همراه خواهد بود.

جدول ۴ - ضرایب معادلات کوستیاکوف و گرین امپت برازش داده شده به داده های نفوذ اندازه گیری شده در تیمارهای مورد مطالعه

سطوح (گرم در کیلوگرم خاک)	معادله کوستیاکوف		معادله گرین - امپ	
	میانگین ضریب k	میانگین ضریب a	میانگین ضریب a	میانگین ضریب b
شاهد	۰۸۱۴/۰b	a ۷۶۷۹/۰	۰۰۱۴/۰ a	b۰۰۰۵/۰
۷۵کود دامی	۰۶۴۷/۰ b	۷۲۷۵/۰ a	a ۰۰۱۴/۰	b ۰۰۶۲/۰
۱۵۰کود دامی	۰۷۲۹/۰ b	۷۴۰۰/۰ a	۰۰۰۶/۰b	b ۰۰۰۶/۰
۳۰۰کود دامی	۲۳۰۶/۰ a	a ۷۸۴۰/۰	a ۱۳۰۰/۰	b ۰۰۲۰/۰
میانگین	**۱۱۲۴/۰A**	**۷۳۳۱/۰A**	**۰۰۱۲/۰ A**	**۰۰۲۳/۰ A**
شاهد	۰۸۱۴/۰ ab	۷۶۷۹/۰ a	a ۰۰۱۴/۰	۰۰۰۶/۰ a
۷۵ورمی‌کمپوست	۱۷۱۹/۰ a	۷۲۷۵/۰ a	۰۰۰۳/۰ b	۰۰۱۶/۰ a
۱۵۰ورمی‌کمپوست	۰۵۰۹/۰ b	a۷۴۴۷/۰	۰۰۱۸/۰a	۰۰۰۳/۰ a
۳۰۰ورمی‌کمپوست	۱۶۲۷/۰ a	۷۸۴۰/۰a	۰۰۰۷/۰ b	۰۰۰۵/۰ a
میانگین	**۱۱۶۷/۰ A**	**۷۳۲۸/۰ A**	**۰۰۱۱/۰ A**	**۰۰۱۰/۰A**

نتایج نشان داد کاربرد کود دامی و ورمی‌کمپوست در مقایسه با شاهد اثر معنی‌داری بر ضرایب معادلات نفوذ مورد مطالعه نداشت. البته از تاثیرات کمی که در برخی تیمارها مشاهده شده هم نمی‌توان چشم پوشی کرد. کاربرد تیمار ورمی‌کمپوست در سطوح ۷۵ و ۳۰۰ گرم ورمی‌کمپوست و ۱۵۰ گرم کود دامی در کیلوگرم خاک سبب ایجاد تفاوت معنی‌دار در ضریب a (معادله نفوذ گرین- امپت) درمقایسه با سایر سطوح شد. ضریب a مذکور مربوط به نفوذ ثقلی است و مرتبط با هدایت هیدرولیکی اشباع خاک می‌باشد. بنابراین در نفوذ عمودی آب به خاک نقش دارد. می‌توان گفت کاربرد مقدار معینی از کود ورمی‌کمپوست و کود دامی با تاثیر بر میزان تخلخل سبب افزایش نفوذ عمودی آب به خاک مورد مطالعه شده است. .با توجه به داده‌های بدست آمده، معادله فیلیپ (جدول ۵) در رده پایین‌تری نسبت به معادله گرین - امپ و کوستایکوف در برازش داده‌های نفوذ قرار گرفته است. در بسیاری از تحقیقات مدل نظری فیلیپ در رتبه‌های میانی قرار گرفته است. (مظلوم و فولادمند ، ۲۰۱۳) نیز پس از ارزیابی مدل‌های کوستیاکوف و فیلیپ برای نفوذ آب معمولی به یک خاك لوم رسی در مقادیر رطوبت اولیه متفاوت در شهرستان مرودشت (استان فارس) گزارش کردند. مدل کوستیاکوف در مقایسه با مدل فیلیپ برای برآورد نفوذ تجمعی اندازه‌گیری شده با استوانه‌های مضاعف مناسب‌تر است که با نتایج این تحقیق به طور نسبی تطابق دارد. از دلایل مناسب نبودن معادله فیلیپ درپژوهش انجام شده می‌توان گفت که این مدل ازجمله

مدل‌های نظری بوده و در بنیان این مدل برخی ساده سازی‌ها در شرایط مرزی و اولیه برای حل رابطه ریچاردز در نظر گرفته شده و خاك همگن فرض شده که ممکن است با شرایط طبیعی سازگاری کافی نداشته باشد. لیکن در بنیان مدل‌های تجربی این گونه محدودیت‌ها اعمال نمی‌شود و هدف از استخراج مدل‌های تجربی آن بوده که این مدل‌ها به بهترین شکل بر داده‌های آزمایش نفوذپذیری برازش یابند (قربانی دشتکی و همکاران، ۲۰۰۹). پژوهش‌های انجام شده حاکی از آن است که پژوهشگران در مقایسه و ارزیابی عملکرد مدل‌های نفوذ به نتایج متفاوت و برخی موارد ضد و نقیضی دست یافته‌اند. یکی از دلایل آن طبیعت تغییرپذیر فرایند نفوذآب به خاك است به گونه‌ای که حتی عملکرد یک مدل می‌تواند در دو خاك مشابه متفاوت باشد (سی ؛ ۲۰۰۶). همچنین بسته به روش اندازه‌گیری نفوذ و شرایط اولیه و مرزی فرایند نفوذ مانند ارتفاع آب روی سطح خاك، رطوبت خاك قبل از نفوذ و جریان آب در خاك متفاوت خواهد بود و سبب ایجاد تفاوت در نتایج می‌شود (بردواج و سینگ، ۱۹۹۲)

منابع

درزی، م. ت.، الف. قلاوند، ف. رجالی و ف. سفید کن. ۱۳۸۵. بررسی کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare Mill*.). فصلنامهٔ علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۲۲ ، شمارهٔ ۴ ، صفحات: ۲۹۲-۲۷۶.

گودرزی، ل.، ع. م. آخوندعلی و ح. زارعی. ۱۳۹۱ . ارزیابی و تعیین ضرایب مدل ها ی نفوذ آب به خاك در دشت اشترینان . نشریه حفاظت منابع آب و خاك، سال اول، شماره سوم، بهار، صفحات ۴۴-۳۹.

محمد ورزی، ر.، د. حبیبی، س. وزان و ع. ر. پازکی. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر باکتری های محرک رشد و کود نیتروژن بر کیفیت دانه آفتابگردان (*Helianthus annus L*.)فصلنامه علمی-پژوهشی اکو فیزیولوژی گیاهان زراعی. دوره ۲، شماره ۳، صفحات: ۱۶۷تا ۱۵۶.

میرزایی تالارپشتی، ر.، ج. کامبوزیا، ح. صباحی و ع. م. مهدوی دامغانی. ۱۳۸۸. اثر کاربرد کود های آلی بر خصوصیات فیزیک و شیمیایی خاک و تولید محصول و ماده خشک گوجه فرنگی. مجله پژوهش های زراعی ایران، جلد ۷، شماره ۱، صفحات: ۲۶۸تا ۲۵۷.

Bhardwaj, A. and Singh, R. ۱۹۹۲. Development of a portable simulator infiltrometer for infiltration, runoff and erosion studies. Agricultural Water Management, ۲۲:۲۳۵-۲۴۸.

Edwards, C. A. and I. Burrows. ۱۹۸۸. The potential of earthworm composts as plant growth media. In: Edwards, C. A. and E. Neuhauser, (Ed.). Earthworms in Waste and Environmental Management. SPB Academic Press, The Hague, Netherlands, pp. ۲۱-۳۲.

Green, W. H. & G. A. Ampt.۱۹۱۱.Studies in soil physics :I. The flow of air and water through soils. J. Agric Science .۴:۱-۲۴[۳] Horton, R. E. ۱۹۴۰. An approach toward to physical interpretation of infiltration capacity .Soil Science Society of America Journal, ۵:۳۹۹-۴۱۷

Ghorbani Dashtaki, S., Homaee, M. Mahdian, M. H. and Kouchakzadeh, M. ۲۰۰۹. Site-dependence performance of infiltration models. Water Resource Management, ۲۳:۱۵۷۳-۱۶۵۰.

Hanks, R. J. ۱۹۹۲. Applied Soil Physics. ۲nd Ed., Springer Verlag, New York, NY.

Hillel, D. ۱۹۹۸. Environmental Soil Physics. Academic Press. Sand Diego, C.

Kostiakov, A. N. ۱۹۳۲. On the Dynamic of coefficient of water -percolation in soils and on the necessity for studing it from a dynamic point of view for purposes of amelioration. Trans ۶th comm.Intern.Soil.Sci.Soc.Russia.Part App ۱۷.

Mazloom, H. and Fooladmand, H. ۲۰۱۳. Evaluation and determination of the coefficients of infiltration models in Marvdasht region, Fars province. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research, ۱(۸): ۸۲۲-۸۲۹.

Mishra, S. K., Tyagi, J. V. and Singh, V. P. ۲۰۰۳. Comparison of infiltration models. Hydrogical Processes, ۱۷:۲۶۲۹-۲۶۵۲.

Phillip,J.R.۱۹۵۷.The theory of infiltration.۱.Infiltration equation and its solution . Soil Science,۸۳:۳۴۵-۳۵۷.

Radcliffe, D. E. & T. C. Rasmussen. ۲۰۰۰. Soil water movement. In, Hand Book of Soil Science. M. E.,Sumner. C.R.C. Press.

Rashidi, M. and Seyfi, K . ۲۰۰۷. Field comparison of different infiltration models to determine the soil infiltration for border irrigation method. Journal of Agricultural & Environmental Science, ۲:۶۲۸-۶۳۲.
Smith, E. R. ۱۹۷۶. Approximation for vertical infiltration rate patterns. ASAE. Annual international meeting. Paper No. ۷۵-۲۰۱۰.
Sy, N. L. ۲۰۰۶. Modelling the infiltration process with a multi-layer perceptron artificial neural network. Hydrological Science Journal, ۵۱:۳-۲۰.
Walker, R. W., & Skogerboe. ۱۹۸۳. Surface irrigation. Theory and Applications.

Abstract

Water shortage is one of the major problems in arid and semi-arid regions. Therefore, finding approaches to increase the irrigation water efficiency is necessary. Fertilizer can increase soil porosity and thereby increase the permeability of the soil. In the present study, the effect of different levels of cattle manure and its vermicompost on soil water infiltration and coefficients of infiltration equations were studied. The cumulative infiltration equations, the rate of water infiltration into the soil and also the coefficients of infiltration equations (Kostiakov, Philip and Green Amp) were determined in the studied soil. Results indicated that in all of applied treatments Kostiakov was the best fitted model (of the highest determination coefficient) to the measured infiltration data.