نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۶، بهمن - اسفند ۱۳۹۰، ص. ۱۴۷۹-۱۴۶۸

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No. 6, Jan-Feb 2012, p. 1468-1479

بررسی اثر تراکم بر مسیرهای نفوذ آب در خاک با استفاده از محلول ردیاب رنگی و پردازش تصویر

نوشین رمضانی[1*]- غلامعباس صیاد[2]- عبدالرحمن برزگر[3]- یعقوب منصوری[4]- غلامحسین حق‌نیا[5]- سلمان طاهری‌زاده[6]

تاریخ دریافت: ۹۰/۴/۱۳
تاریخ پذیرش: ۹۰/۷/۱۰

چکیده

تراکم حاصل از عملیات کشاورزی می‌تواند باعث تغییر منافذ هدایت کننده آب در خاک شود. فشردگی منافذ خاک باعث تخریب ساختمان خاک، کاهش ارتباط روزنه‌ها به یکدیگر و در نتیجه کاهش کیفیت خاک و جمعیت‌های گیاهی و ریز جانداران می‌گردد. مطالعه‌ای به منظور بررسی مسیرهای نفوذ آب در خاک و کمی کردن میزان نفوذ آب بر اساس مساحت رنگی در سطوح مختلف فشردگی در یک خاک لومی در اهواز در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با پنج تیمار (شاهد (بدون عبور)، یک بار، دو بار، چهار بار و هشت بار عبور تراکتور) و در سه تکرار انجام شد. در مزرعه، محلول ردیاب رنگی بریلیانت بلوسی‌اف‌سی به‌طور یکنواخت توسط باران‌ساز با سرعت پنج میلی‌متر در ساعت و به مدت هشت ساعت به هر تیمار اضافه گردید. مسیرهای جریان رنگی با استفاده از دوربین‌های دیجیتال عکس‌برداری شدند. تصاویر دیجیتالی توسط تکنیک پردازش تصویر تجزیه و تحلیل شده و توزیع مکانی ماده ردیاب رنگی به صورت کمی در هر تیمار مشخص گردید. نتایج این مطالعه نشان داد ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولیکی خاک در اثر تراکم ایجاد شده به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفتند. بیشترین اثر تراکم در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر بود و از این عمق به بعد تغییراتی در خصوصیات فیزیکی خاک در اثر تراکم ایجاد شده مشاهده نگردید. همچنین نتایج حاصل از پردازش تصاویر نشان دادند که میزان نفوذ ماده ردیاب رنگی (به عنوان شاخص نفوذ آب در خاک) در بیشترین سطح فشردگی خاک (تیمار هشت بار عبور تراکتور) نسبت به تیمار شاهد ۷۷/۵ درصد کاهش داشت. در تیمار شاهد نفوذ ماده ردیاب رنگی یکنواخت بوده در صورتی که در تیمارهای چهار و هشت بار عبور تراکتور میزان نفوذ سطحی بسیار کم ولی در عمق‌های پایین‌تر به علت جریان ترجیحی نفوذ ماده ردیاب رنگی دیده شد. تراکم تعیین شده با اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی هم‌خوانی خوبی با نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های نفوذ ماده ردیاب رنگی داشت. الگوهای جریان نه تنها اطلاعاتی در مورد اثرات تراکم ارائه می‌دهد بلکه نشان می‌دهد که تراکم چگونه جریان آب در خاک را تغییر می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: الگوهای جریان، باران ساز، بریلیانت بلو سی اف سی

مقدمه

تراکم خاک که به وسیله رفت و آمد ماشین‌ها و ادوات کشاورزی صورت می‌گیرد، گاهی اوقات تا زیر عمق لایه شخم نیز ادامه می‌یابد و کاهش حاصلخیزی خاک را در پی دارد. تراکم خاک با ایجاد مشکلات مختلف تهویه و نفوذ آب در خاک باعث کاهش عملکرد و در برخی مواقع مرگ گیاهان می‌گردد. تراکم بیش از حد خاک بر اثر عبور و مرور حاصل از کار کردن ماشین آلات کشاورزی عامل مهمی در تخریب خاک می‌باشد. امروزه با مکانیزه شدن کشاورزی و افزایش تعداد و وزن ماشین‌ها، تراکم خاک‌ها افزایش یافته است (۱). تراکم علاوه بر سطح خاک لایه‌های عمیق‌تر را نیز تحت تأثیر قرار می دهد (۹). لازم به ذکر است اگرچه فرایندهای اصلاح زیستی و غیرزیستی می‌توانند اثرات تراکم سطحی را کاهش دهند، اما تراکم خاک‌های زیرین می‌تواند ده‌ها سال و حتی قرن‌ها باقی بماند (۱۸).

تراکم خاک را می‌توان با استفاده از پارامترهایی مانند جرم مخصوص ظاهری و تخلخل و... مورد سنجش قرار داد. این روش‌ها تراکم را به آسانی ارزیابی می‌کنند ولی تغییرات ساختمانی ایجاد شده

۱،۲و۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
(*- نویسنده مسئول: Email: Ramezani_nooshin@yahoo.com)
۴- استادیار گروه ماشین آلات کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
۵- استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۶- مربی کامپیوتر دانشگاه علمی کاربردی اصفهان

را نشان نمی‌دهند. بنابراین روش‌های مستقیم و غیرمستقیمی برای اندازه‌گیری حجم منافذ و تغییرات ایجاد شده در ساختمان خاک در اثر تراکم توسعه یافته‌اند (۱۵). با این وجود در عمل بسیار مشکل است که اثر تراکم خاک بر حرکت آب و رشد گیاه تنها بر اساس اندازه‌گیری شاخص‌های مذکور پیش‌بینی گردد. استفاده از آزمایش‌های نفوذ ردیاب یکی از روش‌هایی است که با استفاده از آن می‌توان اثرات تراکم خاک بر انتقال آب را مشاهده نمود.

آزمایش نفوذ ماده رنگی به عنوان روش مناسبی برای ارزیابی الگوهای جریان در خاک می‌باشد و در چند دهه اخیر توسط دانشمندان علوم خاک استفاده شده است. نقش ساختمان خاک در نفوذ آب را می‌توان با استفاده از مسیرهای نفوذ ماده رنگی در خاک متراکم و خاک غیرمتراکم بررسی کرد. تعیین الگوی مسیر حرکت آب می‌تواند شاخص خوبی برای توصیف نفوذ آب در خاک باشد. توزیع مکانی یک ردیاب رنگی در پروفیل خاک می‌تواند به عنوان یک روش مؤثر در ارزیابی ساختمان‌های متراکم شده استفاده گردد. الگوهای جریان هر تیمار اثرات تراکم با عبور تراکتور را بر میزان نفوذ ماده ردیاب رنگی به خوبی نشان می‌دهند. با مقایسه الگوهای جریان تیمارها به‌طور آشکاری می‌توان به اثر تراکم بر میزان نفوذ آب در خاک پی برد. برلی و همکاران (۵) از روش نفوذ ماده رنگی برای نشان دادن اثرات تراکم خاک استفاده کردند. آنان الگوهای جریان قسمت‌های رنگی شده خاک کرت‌های مشابه قبل از تراکم و بعد از تراکم را مطالعه کردند و پس از ارزیابی الگوهای جریان گزارش کردند که عبور و مرور وسایل نقلیه سنگین (تراکم) به صورت معنی‌داری الگوهای نفوذ را تغییر می‌دهند (۵).

امروزه پردازش تصاویر روشی مناسب برای نشان دادن مسیرهای رنگی و توصیف کمی الگوهای جریان با تعیین غلظت ماده ردیاب در خاک می‌باشد (۱۲). پردازش تصویر برای استخراج نقاط رنگ گرفته روی تصویر به‌دست آمده از دوربین‌های دیجیتال یا از بخش‌های عکس‌برداری شده به‌کار می‌رود. روش‌های نفوذ ردیاب رنگی و پردازش تصاویر با یکدیگر برای ارزیابی ساختمان خاک و مشاهده فرآیندهای جریان ترجیحی به‌کار می‌روند (۶ و ۸). ردیاب‌های متعددی در آزمایشات گوناگون برای نشان دادن حرکت آب وجود دارند که از متداول‌ترین آن‌ها بریلیانت بلوسی‌اف‌سی[1] می‌باشد (۱۷)، زیرا سمیت آن پایین است، به خوبی در خاک دیده می‌شود و توسط ذرات خاک جذب سطحی نمی‌شود (۱۶). دانشمندان متعددی از قبیل جرمان هینز و همکاران (۷) و تورپین و همکاران (۱۹)، سمیت، جذب و حرکت بریلیانت بلوسی‌اف‌سی را بررسی کردند و گزارش کردند که این ماده ردیاب یکی از بهترین انواع مواد ردیاب برای مطالعه فرآیند حرکت آب در خاک می‌باشد.

بررسی‌های اندکی روی تأثیر تراکم خاک بر جریان آب خاک به صورت کمّی شده وجود دارد. در چند سال اخیر پردازش تصویر به منظور بررسی تفاوت در جریان آب خاک متأثر از فشردگی ماشین‌های کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است (۱۱).

هدف از انجام این مطالعه، کمّی کردن تأثیر فشردگی (تراکم) بر جریان آب در خاک، به ویژه ایجاد جریان ترجیحی، با استفاده از ردیاب رنگی و مقایسه این روش با اندازه‌گیری شاخص‌های رایج (جرم مخصوص ظاهری، تخلخل، ...) در بررسی تراکم خاک و همین‌طور بررسی رابطه احتمالی بین این روش‌ها در خاک می‌باشد. روش استفاده از ماده رنگی برای ارزیابی تراکم خاک، می‌تواند به بسیاری از سؤالات در مورد توزیع تراکم در خاک، اثر آن بر حرکت آب در خاک و بهبود رشد گیاه پاسخ دهد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در یکی از مزرعه‌های تحقیقاتی دانشگاه شهید چمران اهواز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۰ متر از سطح دریا انجام شد. تحقیق با استفاده از طرح آماری فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار و در سه تکرار انجام شد. بافت خاک منطقه لوم بوده و ویژگی‌های خاک مورد مطالعه قبل از اجرای تیمارها در جدول ۱ ارائه شده است.

قبل از اجرای تیمارها، کرت‌ها پس از شخم سطحی و دیسک در یک زمان در معرض آبیاری سطحی قرار گرفتند، به گونه‌ای که در هنگام آزمایش تراکم (عبور تراکتور) رطوبت سطح خاک نزدیک به رطوبت ظرفیت مزرعه بود. میزان رطوبت خاک به روش وزنی در عمق‌های ۱۰،۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و۶۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. بعد از آبیاری، تیمارهای مورد نظر توسط تراکتور مدل MF399 اعمال شدند (جدول ۲). تیمارها شامل ۱) شاهد (بدون عبور تراکتور)، ۲) یک بار عبور، ۳) دو بار عبور، ۴) چهار بار عبور و ۵) هشت بار عبور تراکتور بودند. نحوه اجرای تیمارها و مشخصات طرح در شکل ۱ نشان داده شده است.

یک روز پس از عبور تراکتور، محلول ماده رنگی بریلیانت بلو CFC با غلظت ۴ گرم در لیتر با استفاده از باران‌ساز با شدت ۵ میلی‌متر در ساعت و به مدت هشت ساعت و به میزان ۱۲۰ لیتر به هر تیمار اضافه گردید (۶). مشخصات کلی باران‌ساز که به منظور انجام این مطالعه ساخته شد، به شرح زیر می‌باشد (شکل ۲):

۱- شدت بارش: ۵ میلی‌متر بر ساعت و به صورت کاملاً یکنواخت.
۲- دبی خروجی: ۳۳۰ میلی‌لیتر بر ساعت.
۳- حجم مخزن: ۲۰۰ لیتر.
٤- سطح تحت پوشش: دایره‌ای به قطر ۱۶۰ سانتی‌متر.

1- Brilliant Blue CFC

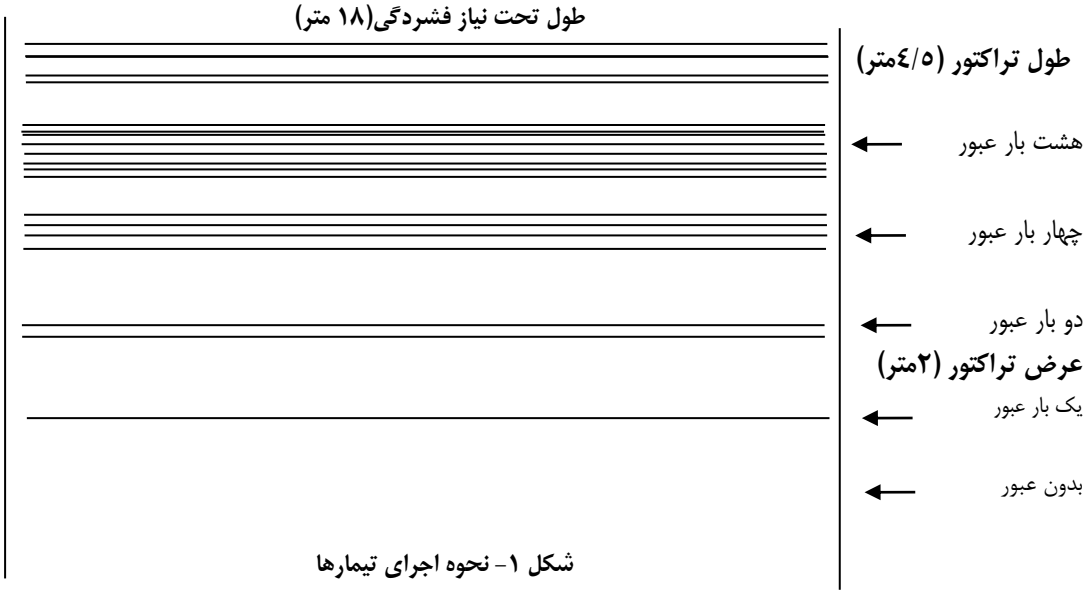
با توجه به این که قطراتی که این باران‌ساز تولید می‌کند بسیار ریز می‌باشند، به منظور به حداقل رساندن اثرات باد و سایر عوامل خارجی در فرآیند بارش، دور تا دور دستگاه توسط یک پوشش برزنت پوشانده شد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های خاک مورد مطالعه قبل از اجرای تیمارها

عمق(cm)	شن	سیلت	رس	بافت خاک	جرم‌مخصوص ظاهری (g/cm^3)	تخلخل	موادآلی
	----------٪----------					٪-------	
۱۰-۰	۴۰/۵	۳۰/۵	۲۹	لوم	۱/۳	۵۰/۱	۰/۶۷
۲۰-۱۰	۴۷/۵	۳۴	۱۸/۵	لوم	۱/۳	۴۹/۴	۰/۳۷
۳۰-۲۰	۴۳/۵	۳۴	۲۲/۵	لوم	۱/۳	۴۹/۴	۰/۳۰
۴۰-۳۰	۴۵/۰	۲۸	۲۷	لوم	۱/۴	۴۹/۰	۰/۲۲
۵۰-۴۰	۵۱/۰	۲۰	۲۹	لومی رسی شنی	۱/۳	۴۹/۴	۰/۱۷
۶۰-۵۰	۶۵/۰	۲۰	۱۵	لومی شنی	۱/۴	۴۸/۶	۰/۱۳

جدول ۲- مشخصات تراکتور مورد استفاده جهت اعمال تیمارها

مشخصه	واحد
نوع تراکتور	MF399
عرض تراکتور	۲متر
طول تراکتور	۴/۳ متر
باد لاستیک عقب	۱/۱ بار
باد لاستیک جلو	۱/۴ بار
وزن تراکتور(باک پر)	۳۶۷۷ کیلوگرم
حداکثر بار استاتیکی اکسل جلو	۴۹۰۴ کیلوگرم
سرعت پیشروی	۵/۷ کیلومتر بر ساعت



شکل ۱- نحوه اجرای تیمارها

شکل ۲- نمایی از دستگاه باران‌ساز در مرحله آزمایش یکنواختی بارش

روز بعد از افزودن ماده رنگی در هر تیمار، در کنار تیمار مورد آزمایش، ۳ پروفیل به فاصله ۵ متر حفر شده و مسیرهای جریان محلول رنگی در هر پروفیل عکس‌برداری گردید که تا سه روز بعد از حفر پروفیل ادامه داشت. عکس‌ها با دوربین دیجیتال دارای درجه وضوح بالا (Canon IXUS 310 HS (IXY 31 HS)) تهیه شدند. تصاویر تهیه شده با استفاده از تکنیک پردازش تصویر تجزیه و تحلیل شده و مساحت مسیرهای حرکت آب در خاک تعیین شدند. از اندازه‌گیری و مقایسه مساحت مسیرهای حرکت محلول رنگی در خاک برای درک اختلاف تیمارهای مختلف تراکم استفاده گردید.

پردازش تصاویر با استفاده از نرم افزار Matlab، (نسخه هفتم) انجام شد. با استفاده از پردازش تصاویر مسیرهای جریان ماده ردیاب رنگی به الگوهای جریان تبدیل شدند و مساحت رنگی سطح مورد نظر به سطح کل، مساحت رنگی هر لایه به سطح کل و همچنین مساحت رنگی هر لایه به سطح لایه در هر پروفیل مربوط به هر تیمار و در عمق‌های مختلف به صورت کمی (درصد) محاسبه گردید.

مراحل انجام پردازش تصویر با استفاده از این نرم افزار به شرح زیر می‌باشد:

۱- انتخاب یک ناحیه از تصویر بر اساس عمق مورد نظر.
۲- تبدیل سیستم رنگ از RGB (آبی، سبز، قرمز) به HSV (شدت، غلظت، رنگ) و انتخاب کانال H (رنگ) برای پردازش.
۳- محاسبه هیستوگرام بر روی کانال H.
۴- محاسبه یک حد آستانه وفقی با استفاده از هیستوگرام محاسبه شده در مرحله قبل.
۵- تبدیل تصویر مربوط به کانال H به یک تصویر سیاه و سفید با استفاده از حد آستانه فوق به گونه‌ای که نقاط سیاه متناظر با نقاط رنگی در تصویر اصلی باشد.
۶- محاسبه نسبت مساحت نقاط رنگی.

به منظور مقایسه روش آزمایش نفوذ ماده ردیاب رنگی با دیگر روش‌های اندازه‌گیری تراکم خاک، یک روز بعد از اعمال تیمارها پارامترهای فیزیکی و هیدرولیکی خاک از قبیل جرم مخصوص ظاهری، توسط استوانه‌های فولادی، تخلخل کل، با استفاده از جرم مخصوص ظاهری (۲)، تعداد منافذ و تخلخل مؤثر (که به عنوان بخشی از منافذ درشت هدایت کننده آب در خاک تعریف می‌شود) با استفاده از روش واتسن و لوکسمور (۲۰) و هدایت هیدرولیکی و درصد جریان عبوری از منافذ به روش تحلیلی آنکنی و وودینگ (۴) در همه تیمارها اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و سطوح معنی‌داری داده‌ها با استفاده از آزمون LSD و در سطح ۰/۰۵ تعیین گردید.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولیکی خاک

میزان رطوبت اولیه قبل از اعمال تیمارها ۱± ۱۸/۵ درصد وزنی بود. بافت خاک در هر ۵ تیمار شبیه هم بود. در عمق ۴۰-۰ سانتی‌متری لوم، در عمق ۵۰-۴۰ سانتی‌متری لومی رسی شنی و در عمق ۶۰-۵۰ سانتی‌متری لومی شنی گزارش شد.

با ایجاد تراکم، ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولیکی خاک به‌طور مشخصی تغییر یافتند. با افزایش تراکم جرم مخصوص ظاهری و درصد تخلخل کل به‌طور معنی‌داری به ترتیب افزایش و کاهش یافتند ($P<0.01$).

میزان جرم مخصوص ظاهری و درصد تخلخل کل تا عمق ۲۰ سانتی‌متری تغییر یافتند و عمده اثر تراکم در این عمق بود. بیشترین مقدار جرم مخصوص ظاهری و به دنبال آن کمترین مقدار تخلخل کل مربوط به عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر بود. کوحت و رینتام (۱۰)

نشان دادند که تراکم خصوصیات خاک سطحی و خاک زیرسطحی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و بیان کردند که فشار ایجاد شده توسط تراکتور و ماشین‌آلات سنگین ویژگی‌های فیزیکی خاک از قبیل جرم مخصوص ظاهری، تخلخل کل، مقاومت و پایداری خاک را تغییر می‌دهد.

تعداد منافذ خاک با افزایش فشردگی کاهش یافت. بیشترین تعداد منافذ (در دو دسته منافذ درشت (شعاع منافذ > ۰/۵ میلی‌متر) و متوسط (۰/۱< شعاع منافذ < ۰/۵ میلی‌متر) در تیمار شاهد و کمترین تعداد در تیمار هشت بار عبور تراکتور مشاهده گردید. در همه تیمارها تعداد منافذ متوسط چندین برابر منافذ درشت بود که با ایجاد تراکم تعداد منافذ هر دو دسته کاهش یافتند. با یک بار عبور تراکتور، تعداد منافذ درشت و متوسط به ترتیب ۱۶/۵ و ۱۳ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافتند. همچنین کاهش منافذ درشت و متوسط در تیمار هشت بار عبور تراکتور که دارای بیشترین سطح فشردگی بودند به ۸۵ و ۶۲/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد رسید. با توجه به این نتایج می‌توان گفت که با ایجاد تراکم، منافذ درشت با وجود کمتر بودن تعداد منافذ در خاک بیشتر از منافذ متوسط تحت تأثیر قرار گرفتند.

با افزایش تراکم درصد تخلخل مؤثر در هر دو کلاس اندازه منافذ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در همه تیمارها اختلاف درصد تخلخل مؤثر بین منافذ درشت و متوسط معنی‌دار بود و بیشترین مقدار مربوط به‌دسته منافذ متوسط بود. بیشترین درصد جریان عبوری از هر دو دسته منافذ مربوط به تیمار شاهد و کمترین مقدار آن در تیمار هشت بار عبور تراکتور بود. به‌طور میانگین اختلاف درصد جریان عبوری از منافذ (درشت و متوسط) بین این دو تیمار ۴۷ درصد بود. در همه تیمارها بیشترین درصد جریان عبوری از منافذ درشت و کمترین درصد جریان عبوری از منافذ متوسط صورت گرفت. منافذ درشت با این که کمترین تعداد منافذ خاک بوده و درصد بسیار کمی از تخلخل کل خاک را تشکیل دادند ولی اصلی‌ترین منافذ در حرکت آب در خاک بوده و بیشترین درصد جریان عبوری به خاک از این منافذ صورت گرفت.

هدایت هیدرولیکی نیز با افزایش تراکم کاهش یافت ($P<0.01$). به‌طور میانگین بیشترین میزان هدایت هیدرولیکی اشباع (پتانسیل صفر) مربوط به تیمار شاهد و کمترین میزان آن در تیمار هشت بار عبور تراکتور مشاهده شد. در تیمار یک بار عبور تراکتور میزان هدایت هیدرولیکی اشباع نسبت به تیمار شاهد ۱۷/۳ درصد کمتر شد که در تیمار هشت بار عبور تراکتور این اختلاف به ۷۱ درصد رسید. میانگین کمترین مقدار هدایت هیدرولیکی غیراشباع نیز مربوط به تیمار هشت بار عبور تراکتور بود. اختلاف مقادیر میانگین هدایت هیدرولیکی غیر–اشباع بین تیمار شاهد و تیمار یک بار عبور تراکتور ۱۷/۵ درصد بود که این اختلاف در تیمار هشت بار عبور تراکتور به ۶۶/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد رسید. با توجه به این که در هر مقدار از پتانسیل آب خاک (ψ) (بر حسب متر) فقط خلل و فرج کوچکتر از $\frac{15}{\psi m}$ (بر حسب میکرون) (۲) دارای آب بوده و در حرکت آب دخالت دارند و از آن جایی که قطر خلل و فرجی که در این مطالعه در حرکت آب در خاک شرکت دارند در محدوده (۱۰۰–۰) میکرون قرار می‌گیرد (۱۳)، این دامنه اندازه منافذ در دسته منافذ درشت (ماکروپورها) قرار می‌گیرد (۳). با توجه به این که عمده اثر تراکم بر منافذ درشت خاک می‌باشد و با ایجاد تراکم شعاع منافذ درشت کاهش یافته، در نتیجه کاهش هدایت هیدرولیکی غیراشباع با افزایش تراکم ایجاد شده در پتانسیل‌های مذکور منطقی می‌باشد.

الگوهای جریان

با افزایش تراکم میزان نفوذ ماده رنگی کاهش یافت (جدول ۳). بیشترین و کمترین درصد مساحت رنگی به ترتیب در تیمار شاهد و تیمار هشت بار عبور تراکتور مشاهده گردید.

درصد مساحت مناطق رنگی در تیمار هشت بار عبور تراکتور ۷۷/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. با افزایش عمق، میزان نفوذ (درصد مساحت رنگی) کاهش یافت، به‌طوری که اختلاف بین عمق ۱۰–۰ سانتی‌متر و ۶۰–۵۰ سانتی‌متر ۹۷ درصد بود.

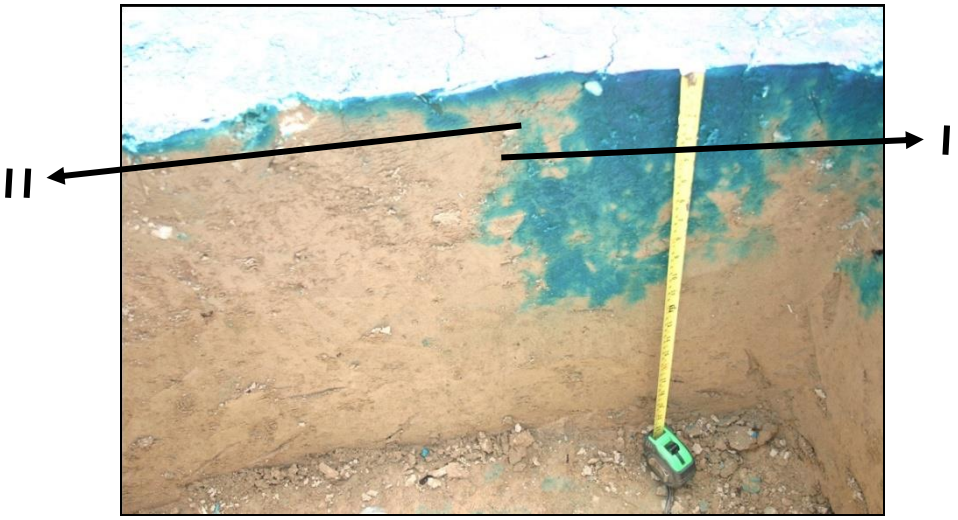
جدول ۳- نتایج تجزیه آماری تأثیر تراکم بر مساحت قسمت رنگی

منبع تغییرات	درجه آزادی	F-value
تراکم	۴	۴۱۲۳/۰۷۱۱**
عمق	۵	۱۰۱۶۶/۹۴۳۱**
تراکم×عمق	۲۰	۶۳۹/۷۶۰۹**

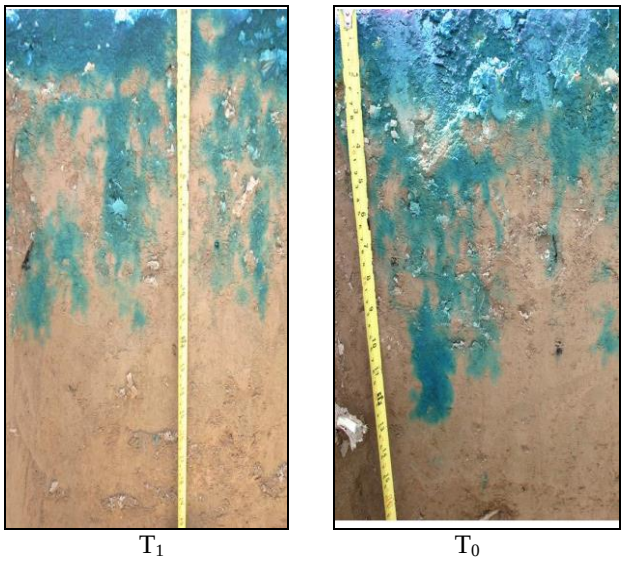
**: معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ .

زمانی که ماده ردیاب رنگی به خاک اضافه می‌شد، در تیمار شاهد محلول رنگی مستقیماً، به خاک نفوذ کرد ولی در تیمارهای متراکم (به ویژه تیمار چهار بار و هشت بار عبور تراکتور) یک حالت ماندابی در خاک ایجاد شد. جمع شدن ماده ردیاب رنگی در سطح خاک تیمارهای متراکم نشان داد که تراکم به‌طور واضحی باعث کاهش نفوذ آب به خاک می‌شود. اثرات تراکم خاک بر الگوهای جریان نه تنها بستگی به نوع خاک و درجه تراکم دارد، بلکه به شدت بارش و سرعت نفوذ آب به خاک بستگی دارد. مطالعات متعددی نشان دادند که جریان ترجیحی در میزان بالای آبیاری به ویژه تحت شرایط سیلابی نسبت به آبیاری‌های با میزان کمتر، بیشتر و مشخص‌تر می‌باشد (۶).

در تیمارهای متراکم تعداد خیلی کمی مسیرهای جریان در سطح خاک درست زیر منطقه چرخ بود. در قسمت چپ و راست پروفیل (زیر منطقه عبور چرخ‌های تراکتور) الگوی جریان تیمارهای متراکم شبیه الگوهای جریان تیمار شاهد بود (شکل۳). کولی و همکاران (۱۱) بیان کردند که اختلاف بین الگوی جریان درست زیر چرخ و کنار چرخ تیمارهای متراکم نتیجه تراکم و کاهش قابلیت نفوذپذیری می‌باشد (۱۱).



شکل ۳- مقایسه میزان نفوذ منطقه زیر چرخ و کنار چرخ در تیمار هشت بار عبور تراکتور
I - منطقه کنار چرخ II- منطقه زیر چرخ تراکتور



T_1 T_0

T_8 T_4 T_2

شکل٤- تصاویر نفوذ ماده ردیاب رنگی (T) تیمارهای مختلف (اندیس‌ها بیان کننده تعداد عبور تراکتور می‌باشند)

در تیمار شاهد نفوذ آب در شرایط غیراشباع صورت گرفت ولی در تیمارهای متراکم در هنگام پاشش ماده رنگی شرایط نزدیک اشباع و یا حتی اشباع نیز مشهود بود. ویلر و ناف (۲۱) بیان کردند که جریان ترجیحی در سطح خاک، در لایه‌های اشباع و نزدیک اشباع آغاز می‌شود.

شکل ۴، T_0 و شکل ۵، P_0 تصویر نفوذ ماده ردیاب رنگی و الگوی جریان تیمار شاهد را نشان می‌دهند. همان‌طور که در شکل‌ها مشخص است تیمار شاهد دارای بالاترین درصد مساحت رنگی نسبت به تیمارهای دیگر می‌باشد.

شبکه‌های خلل و فرج قابل دسترس برای نفوذ محلول، در لایه سطحی خاک تیمار شاهد بسیار خوب و توزیع آن یکنواخت‌تر از تیمارهای دیگر بود. بیشترین تعداد منافذ و درصد جریان عبوری از این منافذ توجیه کننده توزیع ماده ردیاب رنگی در سطح خاک تیمار شاهد می‌باشد. در تیمار شاهد بیشترین درصد مساحت رنگی در سطح خاک (۱۰-۰ سانتی متر) بود، به گونه‌ای که ۹۳ درصد این لایه با نفوذ محلول ردیاب، رنگی شد. به عبارت دیگر ۳۷ درصد از کل نفوذ ماده ردیاب رنگی مربوط به این لایه بود (جدول ۴). در این تیمار با افزایش عمق درصد نفوذ ماده رنگی کاهش یافت. میزان نفوذ محلول رنگی به خاک تا عمق ۴۰ سانتی‌متر بود و از این عمق به بعد هیچ نفوذی در این تیمار دیده نشد. در جدول ۴ مقدار میانگین درصد مساحت رنگی تیمار شاهد تا عمق ۶۰ سانتی‌متری گزارش شده است.

در تیمار یک بار عبور تراکتور یکنواختی شبکه خلل و فرج و درصد مساحت رنگی نسبت به تیمار شاهد کمتر شد (شکل۴، T_1 و شکل ۵، P_1). با یک بار عبور تراکتور درصد مساحت رنگی نسبت به تیمار شاهد ۳۶/۸۰ درصد کاهش یافت. کاهش تخلخل و افزایش جرم مخصوص ظاهری شرایط کاهش میزان نفوذ ماده ردیاب رنگی در تیمار یک بار عبور تراکتور نسبت به تیمار شاهد را فراهم کرد. در این تیمار نیز همانند تیمار شاهد با افزایش عمق درصد نفوذ ماده محلول رنگی بسیار افت داشت. بیشترین نفوذ ماده ردیاب رنگی در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متر این تیمار بود، به نحوی که ۸۰ درصد از این لایه رنگی شده بود و ۵۱ درصد از کل نفوذ مربوط به این لایه بود. در این تیمار عمق نهایی نفوذ تا ۳۰ سانتی‌متر بوده و در عمق‌های پایین‌تر عملاً هیچ نفوذی دیده نشد (جدول ۴).

در تیمار دو بار عبور تراکتور اختلاف مقدار نفوذ ماده رنگی بین این تیمار و تیمار شاهد ۵۶/۵ درصد گزارش شد (شکل۴، T_2 و شکل ۵، P_2). به عبارت دیگر با دو بار عبور تراکتور درصد مساحت رنگی نسبت به تیمار شاهد به بیشتر از نصف کاهش یافت. همچنین با دو بار عبور تراکتور درصد نفوذ ماده ردیاب رنگی نسبت به یک بار عبور تراکتور ۳۱ درصد کمتر شد. با کاهش هدایت هیدرولیکی به دنبال کاهش تعداد منافذ و افزایش جرم مخصوص ظاهری در این تیمار نسبت به تیمار شاهد و تیمار یک بار عبور تراکتور بدیهی است که میزان نفوذ ماده ردیاب رنگی در این تیمار کاهش یابد. در این تیمار نیز بیشترین درصد نفوذ ماده رنگی در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری (۸۲ درصد از کل نفوذ) بود. همچنین حداکثر نفوذ تا عمق ۲۰ سانتی‌متر بود و از این عمق به بعد هیچ نفوذی مشاهده نگردید (جدول ۴).

میزان نفوذ ماده ردیاب رنگی در تیمار چهار بار عبور تراکتور نیز کاهش یافت. با توجه به جدول ۴ در تیمار چهار بار عبور تراکتور تفاوت درصد مساحت رنگی بین این تیمار و تیمار شاهد ۷۰ درصد گزارش شد. با چهار بار عبور تراکتور درصد مساحت رنگی نسبت به دو بار عبور تراکتور ۳۲ درصد کمتر شد.

جدول ٤- درصد مساحت رنگی در عمق‌های مختلف تیمارهای مورد مطالعه

نسبت مساحت رنگی	عمق (cm) تیمار	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۳۰-۲۰	٤٠-۳۰	٥٠-٤٠	٦٠-٥٠
A_1	T_0	۹۳	۷۸/۱	۴۲/۵	۲۴/۹	۰	۰
A_2		۳۶/۵۹	۳۱/۰۹	۱۷/۸۹	۱۴/۱۱	۰	۰
A_1	T_1	۸۰	۴۷/۱	۲۹/۷	۰	۰	۰
A_2		۵۱	۲۹/۵	۱۹/۳	۰	۰	۰
A_1	T_2	۷۵/۲۴	۱۴/۸۳	۰	۰	۰	۰
A_2		۸۲/۶۸	۱۶/۳۰	۰	۰	۰	۰
A_1	T_4	۴۲	۲۱/۸	۱۳/۹	۲/۸	۰	۰
A_2		۵۲	۲۷/۶	۱۷/۲۷	۳/۴۹	۰	۰
A_1	T_8	۳۰	۲/۴	۷/۸	۱۶	۴/۶	۰/۲
A_2		۴۹/۵	۳/۳۸	۱۲/۷۹	۲۶/۳۶	۳/۷۹	۰/۳۷

اندیس‌های T بیان‌کننده تعداد عبور تراکتور، A_1، نسبت مساحت رنگی به سطح هر لایه (٪)، A_2، نسبت مساحت رنگی به سطح کل (٪).

همان‌گونه که در شکل۴، T_4 و شکل ۵، P_4 مشخص است در این تیمار در عمق ۲۰-۱۰ سانتی‌متری نفوذ به صورت رگه‌هایی بدون عبور از سطح خاک و به‌صورت ترجیحی می‌باشد. کولی و همکاران (۱۱) بیان کردند که در نتیجه ماندن آب در سطح خاک تیمارهای متراکم آب به صورت قیفی شکل (دودکشی) به‌صورت جریان ترجیحی حرکت می‌کنند. مونی و همکاران (۱۴) بیان کردند که در خاک لومی شنی تراکم خاک میزان جریان ترجیحی در خاک را افزایش داد، حال آنکه حرکت یکنواخت آب خاک در درجات پایین تراکم خاک صورت می‌گیرد. از طرفی مسیرهای جریان ترجیحی در خاک لومی رسی به استثنای بالاترین درجات تراکم به نسبت خاک‌های لومی شنی بسیار اندک بود. عمق نفوذ در این تیمار نسبت به تیمار دو بار عبور تراکتور بیشتر بود که دلیل آن حرکت ترجیحی ماده ردیاب رنگی در اثر تراکم به وجود آمده و ایجاد حالت ماندابی در سطح خاک می‌باشد.

در تیمار هشت بار عبور تراکتور کاهش شدید نفوذ ماده رنگی مشاهده گردید (شکل۴، T_8 و شکل ۵، P_8). با هشت بار عبور تراکتور درصد مساحت رنگی نسبت به تیمار شاهد ۸۰ درصد کمتر شد (جدول ۴). با توجه به کمترین تعداد منافذ و تخلخل کل خاک و به دنبال آن بیشترین میزان جرم مخصوص ظاهری، همچنین کمترین درصد جریان عبوری از منافذ، هدایت هیدرولیکی در تیمار هشت بار عبور تراکتور، کاهش میزان نفوذ و درصد مساحت رنگی در این تیمار بسیار واضح می‌باشد. اختلاف نفوذ ماده محلول رنگی بین تیمار هشت بار عبور و چهار بار عبور تراکتور ۲۵ درصد بود. در این تیمار بر خلاف تیمارهای دیگر تا عمق ۶۰ سانتی‌متری نفوذ صورت گرفت. وجود مسیرهای ترجیحی ایجاد شده در اثر تراکم این مقدار نفوذ را توجیه می‌کند. تراکم در اثر تردد ادوات باعث افزایش جریان‌های ترجیحی شده و در کرت‌های پرتردد مسیرهای جریان آب باریک‌تر بوده و آب در سطح خاک تجمع می‌یابد. همچنین رطوبت منطقه ریشه به دلیل افزایش جریان‌های ترجیحی در ماتریکس خاک، کاهش می‌یابد (۱۱). میزان نفوذ در لایه‌های مختلف تیمار هشت بار عبور در جدول ۴ ارائه شده است.

بررسی و مقایسه میزان نفوذ ماده ردیاب رنگی در عمق‌های مختلف

درصد مساحت رنگی عمق‌های مختلف تیمارهای مورد آزمایش در شکل ۶ ارائه شده است. بیشترین درصد مساحت رنگی در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متر تیمار شاهد بود. در این عمق با یک بار عبور تراکتور مقدار نفوذ ماده ردیاب رنگی ۱۴ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت، در صورتی که با هشت بار عبور تراکتور میزان نفوذ در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری حدود ۷۰ درصد نسبت به تیمار شاهد کمتر شد.

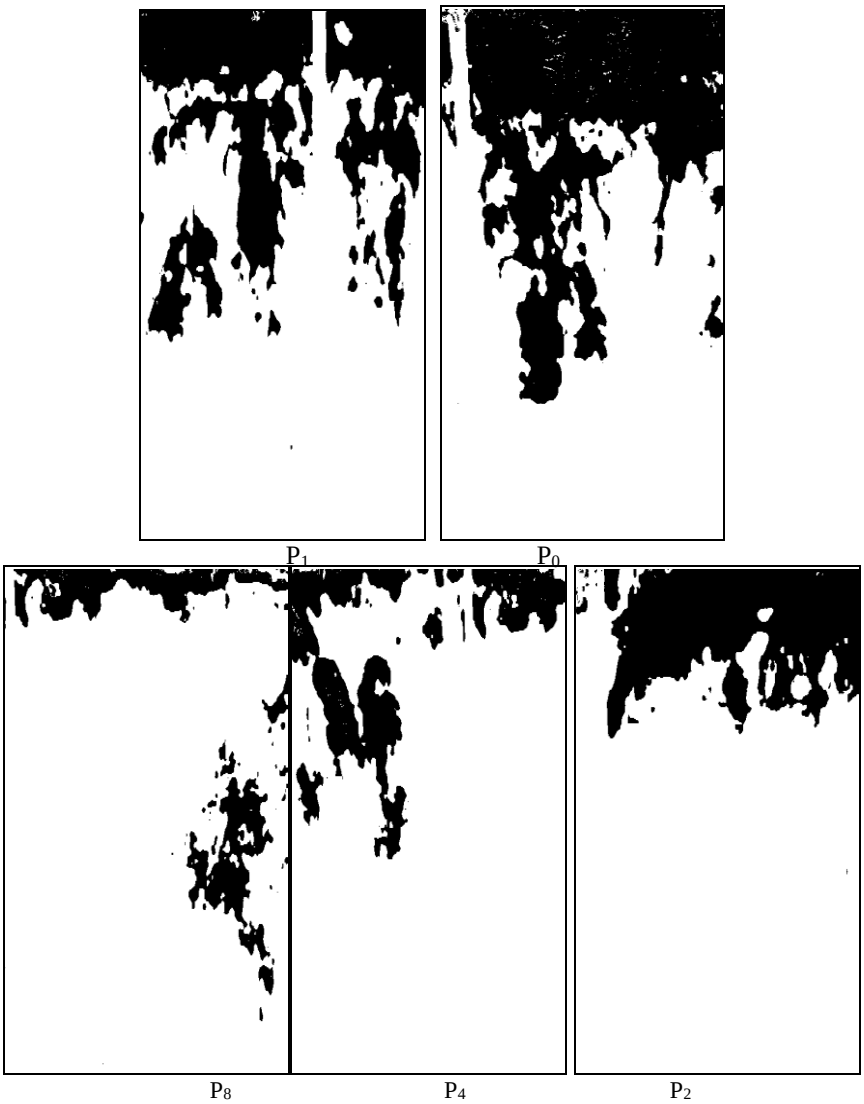
در عمق ۲۰-۱۰ سانتی‌متری با افزایش سطح فشردگی کاهش معنی‌دار میزان نفوذ ماده ردیاب رنگی مشاهده گردید. اختلاف درصد مساحت رنگی تیمار یک بار و هشت بار عبور تراکتور با تیمار شاهد در این عمق به ترتیب ۳۹/۵ و ۹۶/۵ درصد گزارش شد. افزایش اختلاف نفوذ بین تیمار شاهد و تیمار یک بار و هشت بار عبور تراکتور در این عمق، نشان دهنده اثر بیشتر تراکم نسبت به عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری می‌باشد. همان‌گونه که گفته شد اثر عمده تراکم بر جرم مخصوص ظاهری، تخلخل کل در عمق ۲۰-۱۰ سانتی‌متری بود. در عمق ۲۰-۱۰ سانتی‌متری میزان نفوذ در تیمار چهار بار عبور تراکتور ۳۲ درصد بیشتر از تیمار دو بار عبور تراکتور بود. تراکم ایجاد شده در تیمار چهار بار عبور باعث ایجاد مسیرهای ترجیحی شده و افزایش نفوذ را در این تیمار نسبت به تیمار دو بار عبور تراکتور به دنبال داشت.

در عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متری اختلاف درصد مساحت رنگی تیمار یک بار و هشت بار عبور تراکتور نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۳۰ و ۸۱/۵ درصد گزارش شد. لازم به ذکر است که در عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متری تیمار دو بار عبور تراکتور هیچ نفوذی صورت نگرفت.

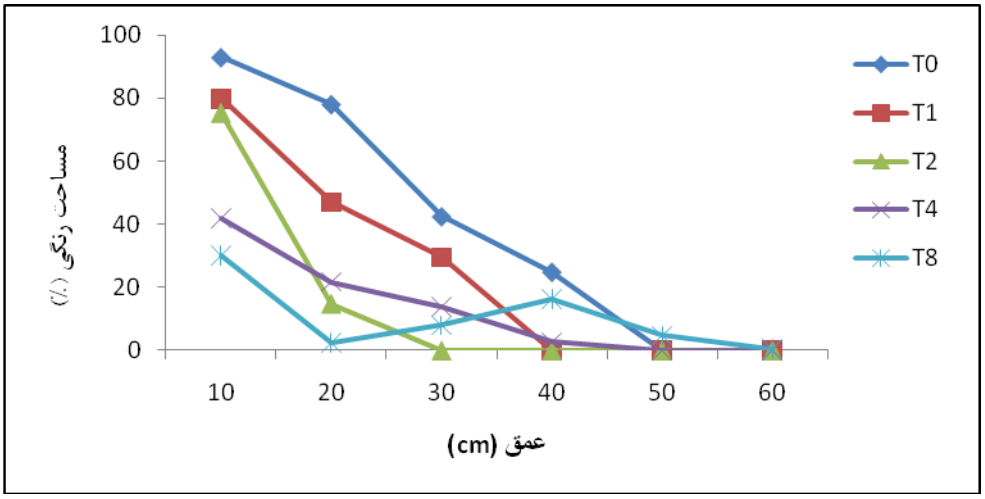
در عمق ۴۰-۳۰ سانتی‌متری نیز بیشترین درصد مساحت رنگی مربوط به تیمار شاهد بود. در این عمق بعد از تیمار شاهد بیشترین میزان نفوذ در تیمار هشت بار عبور تراکتور (به‌علت وجود جریان ترجیحی) صورت گرفت. در تیمار یک بار و دو بار عبور تراکتور نفوذی مشاهده نشد.

در عمق‌های ۵۰-۴۰ و ۶۰-۵۰ سانتی‌متر فقط در تیمار هشت بار عبور تراکتور (به ترتیب ۳/۸ و ۰/۳۷ درصد از کل نفوذ در این تیمار) نفوذ صورت گرفت و در تیمارهای دیگر هیچ نفوذی دیده نشد.

جمع شدن ماده ردیاب رنگی در سطح تیمارهای چهار و هشت بار عبور تراکتور در اثر تراکم ایجاد شده از یک سو و از سوی دیگر به هم پیوستگی منافذ به دنبال نیروی وارده فرآیند جریان ترجیحی و افزایش عمق نفوذ را در این تیمارها توجیه می‌کند.



شکل ۵- الگوهای جریان (P) تیمارهای مختلف (اندیس‌ها بیان کننده تعداد عبور تراکتور می‌باشند). تصاویر میزان نفوذ را تا عمق ۶۰ سانتی‌متر نشان می‌دهند و عمق نفوذ هر تیمار در جدول ۴ ارائه شده است.



شکل٦- درصد مساحت رنگی عمق‌های مختلف تیمارهای مورد آزمایش (اندیس‌ها بیان کننده تعداد عبور تراکتور می‌باشند)

نتیجه‌گیری

تراکم باعث تغییر پیوستگی و توزیع اندازه منافذ شده که منجر به کاهش میزان نفوذ، هدایت هیدرولیکی (اشباع و غیراشباع)، تخلخل مؤثر و درصد جریان عبوری از منافذ، درصد تخلخل کل خاک و به‌علاوه افزایش جرم مخصوص ظاهری و تغییر برخی دیگر از خصوصیات فیزیکی خاک گردید.

نتایج این مطالعه نشان داد که با ایجاد تراکم میزان نفوذ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. تراکم تعیین شده با اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی با نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های نفوذ ماده ردیاب رنگی مطابقت داشت. تغییرپذیری درون تیمارها به‌طور مشخصی کمتر از بین تیمارها بود، که این می‌تواند بیان کننده سنجش تغییرپذیری مقیاس بزرگتر معین به‌ویژه در سطح مزرعه می‌باشد که در این مطالعه اثر تراکم بود. مشاهده اختلاف بین الگوی جریان درست زیر چرخ تراکتور در تیمارهای متراکم نتیجه تراکم می‌باشد. در این مطالعه مشخص شد که اثر تراکم خاک توسط تراکتور سطحی است و به عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری محدود می‌شود. کاهش منافذ درشت در سطح خاک، با کاهش یکنواختی شبکه توزیع مسیرهای نفوذ در الگوهای جریان نشان داده شد. همچنین آب جمع شده در سطح تیمارهای متراکم گواهی برکاهش قابلیت نفوذ در تیمارهای متراکم بود. تراکم به‌طور بسیار مشخصی میزان نفوذ ماده رنگی را کاهش داد. در این مطالعه با وجود نفوذ سطحی ناچیز در تیمار چهار بار و هشت بار عبور تراکتور ماده رنگی در عمق‌های پایین‌تر دیده شد که نشان دهنده وجود جریان ترجیحی در اثر تراکم می‌باشد. کاهش نفوذپذیری به دلیل عبور و مرور ماشین آلات منجر به ایجاد شرایط ماندابی موضعی شده که افزایش جریان ترجیحی را در تیمارهای متراکم در پی داشت.

به‌طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی اطلاعاتی در مورد تراکم در عمق‌های مختلف فراهم می‌کنند، اطلاعاتی که از الگوی جریان حاصل نمی‌شوند. از طرف دیگر الگوهای جریان نه تنها اطلاعاتی در مورد اثرات تراکم ارائه می‌دهد بلکه نشان می‌دهد که تراکم چگونه جریان آب در خاک را تغییر می‌دهد. آزمایش نفوذ ماده ردیاب رنگی برای ارزیابی اثر تراکم بر روی نفوذ و انتقال آب از روش‌های قدیمی دیگر سودمندتر است، زیرا بر خلاف روش‌های دیگر قسمت‌هایی از خاک که در جریان آب و املاح درگیر و فعال هستند، قابل تشخیص می‌باشند.

منابع

۱- برزگر ع.ا. ۱۳۸۳. فیزیک خاک پیشرفته. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه چمران اهواز.

۲- برزگر ع.ا. ۱۳۸۹. مبانی فیزیک خاک. ویرایش دوم. چاپ اول. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.

۳- حاج عباسی م. ۱۳۸۶. خصوصیات فیزیکی خاک. چاپ اول. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

4- Ankeny M.D., Ahmed M., Kasper T.C., and Horton R. 1991. Simple field method for determining unsaturated hydraulic conductivity, Soil Science Soceity American Journal, 55: 476–470.

5- Berli M., Kulli M., Attinger W., Keller M., Leuenberger J., Flühler H., Springman SM., and Schulin R. 2004. Compaction of agricultural and forest subsoils by tracked heavy construction machinery, Soil and Tillage

Research, 75: 37–52.
6- Flury M., and Flühler H. 1994. Brillant blue as a dye tracer for solute transport studies - A toxicological overview, Journal of Environmental Quality, 23: 1108–1112.
7- Germa´n-Heins J., and Flury M. 2000. Sorption of Brilliant Blue FCF in soils as affected by pH and ionic strength, Geoderma, 97: 87–101.
8- Ghodrati M., and Jury W.A. 1990. A field study using dyes to characterize preferential flow of water, Soil Science Society of American Journal, 54: 1558–1563.
9- Hakansson I., and Reeder G.W. 1994. Subsoil Compaction by vehicles with high axle load-extent persistence and crop response, Soil and Tillage Research, 29: 277–304.
10- Kuht J., and Reintame E. 2004. Soil compaction effect on soil physical properties and the content of nutrients in spring barley and spring wheat, Agronomy Research, 2: 187–194.
11- Kulli B., Gysi M., and Fluhler H. 2003. Visuallizing soil compaction based on flow pattern analysis, Soil and Tillage Research, 10: 20–40.
12- Markus W., and Flu¨hler H. 2004. Inferring flow types from dye patterns in macroporous soils, Geoderma, 120: 137–153.
13- Marshall T.J., Holmes J.W., and Rose C.W. 1996. Soil Physics. 2nd edition. Cambridge University.
14- Mooney S.J., and Nipattasuk W. 2003. Quantification of the effects of soil compaction on water flow using dye tracers and image analysis, Soil Use and Management, 19: 356–363.
15- Murphy C.P., Bullock P., and Biswell K.J. 1977. The measurement and characterisation of voids in soil thin sections by image analysis. Part II. Applications, Soil Science Soceity Journal, 28: 509–518.
16- Ohrstrom P., Persson M., Albergel J., Zante P., Nasri S., Berndtsson R., and Olsson J. 2002. Field-scale variation of preferential flow as indicated from dye coverage, Hydrological Journal, 257: 164–173.
17- Sander T., and Gerke H.H. 2007. Preferential flow patterns in paddy fields using a dye tracer, Vadose Zone Journal, 6: 105–115.
18- Sharratt B., Voorhees W., McIntosh G., and Lemme G. 1998. Persistence of soil structural modifications along a historic wagon trail, Soil Science Society of American Journal, 62: 774–777.
19- Turpin K.M., Lapen D.R., Topp E., Robin M.J.L., Edward M., Curnoe W.E., Ball Coelho B., Mclaughlin N.B., and Payne M. 2007. Tine-influenced infiltration patterns and informing timing of liquid amendment applications using brilliant blue dye tracers, Biosystems Engineering, 98: 235–247.
20- Watson K.W., and Luxmoore R.J. 1986. Estimating macroporosity in a forest watershed by use of a tension infiltrometer, Soil Science Society of American Journal, 50: 578–582.
21- Weiler M., and Naef F. 2003. An experimental tracer study of the role of macropores in infiltration in grassland soils, Hydrological Process, 17: 477– 493.

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No. 6, Jan-Feb 2012, p. 1468-1479

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۶، بهمن - اسفند ۱۳۹۰، ص. ۱۴۷۹-۱۴۶۸

Effects of Soil Compaction on Water flow in Soil Using dye Tracers and Image Processing

N. Ramezani[1*]-Gh.A. Sayyad[2]-A.R. Barzegar[3]-Y. Mansuri[4]- Gh. Haghnia[5]- S. Taherizadeh[6]

Received:4-7-2011
Accepted:2-10-2011

Abstract

Compaction developed by agricultural practices may change water conducting soil pores. Compacted soil pores results in destruction of soil structure, reduces pore connection and hence reduction of soil quality which in turn affects the population of microorganisms in soils. A research was performed to study the pathways of water through the soil and quantify infiltration based on colored area at different levels of compaction in a loamy soil at Ahwaz University Compus in southern Iran. A completely randomized block design was used with five treatments: (blank with no passing, once, twice, three times, four times and eight times of tractor passings) with three replications. In the field, Brilliant blue CFC solution was used as a dye tracer and added uniformally to each treatment with a rate of 5 mm h^{-1} for a period of 8 hours using a custom designed rain simulator. Colored flow paths were photographed by a digital camera. Digital pictures were analyzed with image processing techniques and surface distribution of dye tracer was quantitatively determined for each treatment. Our results showed that physical and hydraulic characteristics of soil was significantly affected by compaction. The highest impaction was observed at 0-20 cm. From this depth downward, no change was seen in soil physical characteristics due to compaction. The results of image processing also revealed that dye infiltration (as an index of water infiltration) had a 77.5 percent reduction at the highest compaction level (8 times tractor passing) when compared to blank. Dye tracer pattern was uniform in blank while in 4 and 8 times teraffic surface infiltration was little where as in lower depths dye transter was observed due to preferential flow. Although laboratory measurements indicated the compaction levels at different depths, it was not detected by dye tracer results. On the other hand, flow patterns show compaction effects and informations regarding changes developed in soil water infiltration.

Keywords: Brilliant blue CFC, Flow patterns, Rain simulator

1,2,3- MSc Student, Assistant Professor and Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Respectively
(*- Corresponding Author Email: Ramezani_nooshin@yahoo.com)
4- Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz
5- Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
6- Scientific and Applied University Esfahan