نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) / الف / جلد ۳۰ / شماره ۱ / ۱۳۹۵

Archive of SID

تأثیر عمق و سرعت خاکورزی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولیکی خاک سطحی

شهین احمی‌زاده، کامران زینال‌زاده[1] و حجت احمدی

دانشجوی کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه ارومیه؛ sh_ahmizadeh@yahoo.com

استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه؛ k.zeinalzadeh@urmia.ac.ir

استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه؛ hojjat.a@gmail.com

دریافت: ۹۴/۶/۱۴ و پذیرش: ۹۴/۱۲/۲۴

چکیده

به منظور بررسی تأثیر عمق و سرعت خاکورزی بر خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک، تحقیقی در قالب طرح کرت-های خرد شده نواری (طرح پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی) با لحاظ دو سطح عمق و سرعت خاکورزی انجام گردید. تیمارها با گاوآهن برگردان در سه تکرار اجرا شدند. آزمایش‌های سرعت نفوذپذیری با نفوذسنج دیسک در مکش‌های ۱۵- ۶- ۳- و صفر سانتی‌متر و جرم مخصوص ظاهری با نمونه‌های دست‌نخورده اندازه‌گیری شد و بافت خاک لوم رسی طبقه‌بندی شد. نتایج نشان داد که Ks (سطح ۵٪) و K3 (سطح ۱٪) به طور معنی‌داری تحت تاثیر سرعت خاکورزی قرار گرفتند، درحالیکه تأثیر عمق خاکورزی و اثر متقابل فاکتورها بر آنها غیرمعنی‌دار بود. تأثیر دو فاکتور عمق و سرعت خاکورزی و اثر متقابل آنها بر K6 و ضریب α گاردنر غیرمعنی‌دار و بر جرم مخصوص ظاهری خاک سطحی (سطح ۵٪) معنی‌دار بود. مقادیر K15 تحت تأثیر عمق خاکورزی (سطح ۵٪) اختلاف معنی‌دار داشت ولی سرعت خاکورزی بر روی جرم مخصوص ظاهری خاک زیرسطحی تأثیری نداشت.

واژه‌های کلیدی: هدایت هیدرولیکی خاک، نفوذسنج دیسک

[1] نویسنده مسئول، آدرس: ارومیه، دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی آب

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

خصوصیات فیزیکی خاک شامل جرم مخصوص ظاهری، تخلخل کل، هندسه منافذ (اندازه، شکل، اتصال و پیچاپیچی)، مقاومت نفوذی و پایداری خاکدانه‌ها با تغییر ساختمان خاک تغییر می‌یابند و موجب تغییر خصوصیات هیدرولیکی خاک از جمله منحنی مشخصه رطوبتی خاک، ظرفیت آب قابل استفاده گیاهان، ظرفیت نفوذ و هدایت هیدرولیکی اشباع و غیراشباع خاک می‌شوند. خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک از مهمترین پارامترهای مورد نیاز در شبیه‌سازی حرکت آب، املاح و آلاینده‌ها در خاک و درک و توصیف چرخه هیدرولوژیکی می‌باشند. این خصوصیات به شرایط اقلیمی، عملیات‌های مدیریتی (از جمله خاکورزی)، رشد گیاهان و فعالیت‌های بیولوژیکی وابسته‌اند (رینولدز و همکاران، ۲۰۰۷).

خاکورزی یک عملیات ضروری در تولید محصول می‌باشد و خاک، رشد گیاهان و محصول‌دهی را به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار می‌دهد. این عملیات تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر تغییرات خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک در زمان و مکان دارد. مطالعات متعددی در ارتباط با تأثیر خاکورزی روی خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک به منظور فهم بهتر منابع تغییرپذیری و اثرات متقابل آنها نسبت به مکان و زمان انجام شده است. این تغییرات به ویژه در توزیع اندازه منافذ و در نتیجه در ظرفیت نگهداشت آب و سایر مشخصه‌های انتقال آب مشاهده شده است (گرین و همکاران، ۲۰۰۳). خاکورزی می‌تواند منافذ بزرگتری را در سطح خاک ایجاد نماید. ولی ممکن است پیوستگی شبکه منافذ، بخصوص برای جریان زیرسطحی را تخریب نماید (بوما، ۱۹۹۱؛ بوسزکو و همکاران، ۲۰۰۶).

آنگر و کاسل(۱۹۹۱) تغییرات ناشی از تأثیرات خاکورزی بر خصوصیات مکانیکی و هیدرولیکی خاک را مورد بررسی قرار دادند. آنها در تحقیق خود بر کنترل و گزارش بهتر فاکتورهایی مانند عمق و سرعت خاکورزی و وجود بقایای گیاهی تأکید کردند. گوپتا و همکاران (۱۹۹۱) مدل‌های پیش‌بینی تأثیرات خاکورزی بر جرم مخصوص ظاهری، هدایت هیدرولیکی و گرمایی، و مشخصه‌های نگهداشت آب در خاک را بررسی کردند. روش آزمایشگاهی و مزرعه‌ای این محققین تا دهه بعد نیز مورد استفاده بسیاری از محققین دیگر بود. آهوجا و همکاران (۲۰۰۶) نیز مروری بر تحقیقات فیزیک خاک و سیستم‌های کشاورزی شامل میزان تأثیر خاکورزی بر خصوصیات خاک و زنجیره خاک-گیاه-اتمسفر ارئه نموده‌اند.

استرودلی و همکاران(۲۰۰۸) مرور کاملی از تأثیر خاکورزی بر تغییرات زمانی و مکانی خصوصیات هیدرولیکی خاک انجام دادند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که هدایت هیدرولیکی اشباع و نزدیک اشباع، جرم مخصوص ظاهری و تخلخل کل برای خاک‌های تحت عملیات خاکورزی رایج (Conventional Tillage) در مقایسه با شرایط بدون خاکورزی (No-Tillage) مقادیر بیشتری داشت. همچنین، آنها گزارش نمودند که در شرایط بدون خاکورزی، پیوستگی ماکروپورها بیشتر از سایر تیمارهای خاکورزی بودند.

شوون و همکاران(۲۰۱۱) تأثیر روش‌های مختلف خاکورزی بر خصوصیات هیدرولیکی خاک را مورد بررسی قرار دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که هدایت هیدرولیکی نزدیک به اشباع در CT بیشتر از خاکورزی کاهشی(Reduced tillage) و آن هم بیشتر از حالت NT می‌باشد. همچنین آنها گزارش کردند که مقدار پارامتر α در مدل ون گنوختن-معلم روند معکوس با حالت مذکور ($\alpha CT<\alpha RT<\alpha NT$) را داشت. رشیدی و کشاورزپور(۲۰۰۸) در تحقیقی تأثیر چهار روش خاکورزی مختلف را روی خصوصیات فیزیکی خاک بررسی نموده و مشاهده کردند که CT بیشترین رطوبت و کمترین جرم مخصوص ظاهری و مقاومت نفوذی را نسبت به تیمار NT داشت. آنها همچنین به این نتیجه رسیدند که شخم برگردان با دو عمل دیسک، مفیدترین روش خاکورزی در بهبود خصوصیات فیزیکی خاک می‌باشد. تفاوت آشکار جرم مخصوص ظاهری در بین سیستم‌های CT، NT و RT (خاکورزی‌هایی با حداقل شخم و افزایش بقایای گیاهی در سطح خاک) در بسیاری از مطالعات گزارش شده است. نتایج نشان داد که در RT یا NT ، جرم مخصوص ظاهری در عمق بین صفر تا ۳۰ سانتی‌متری بیشتر از CT بود و در اعماق بیشتر تفاوت معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد (الدر و لال، ۲۰۰۸؛ دهائن و همکاران، ۲۰۰۸؛ سینگ و مالهی، ۲۰۰۶؛ مک وی و همکاران، ۲۰۰۶؛ کای و واندن بیگارت، ۲۰۰۲).

بوی‌داش و تورگوت (۲۰۰۷) تأثیر معنی‌دار روش و سرعت خاکورزی را روی خصوصیات فیزیکی خاک گزارش کردند. همچنین، مقصودگیل (۲۰۱۲) در مطالعه خود در مورد روش‌های خاکورزی، به این نتیجه رسید که تأثیر این روش‌ها بر خصوصیات خاک به عمق خاکورزی بستگی دارد. اگبودو (۲۰۰۵) تأثیر عمق‌های مختلف خاکورزی بر خصوصیات فیزیکی خاک را بررسی کرد. وی مشاهده

www.SID.ir

Archive of SID

کرد که با افزایش عمق خاکورزی جرم مخصوص ظاهری، مقاومت و رطوبت خاک کاهش می‌یابد.

با وجود مطالعات زیاد در ارتباط با تأثیر نوع روش خاکورزی بر روی خصوصیات خاک، مطالعات محدودی روی تأثیر مشخصات خاکورزی شامل عمق و سرعت آن بر خصوصیات آبگذری خاک وجود دارد (استرودلی و همکاران، ۲۰۰۸). این تحقیق تأثیر مشخصات این عملیات زراعی را بر روی خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی سطح خاک با مطالعه صحرایی و با استفاده از دستگاه نفوذسنج دیسک بررسی می‌نماید.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر به منظور بررسی تأثیر مشخصه‌های خاکورزی (عمق و سرعت) روی خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک در اراضی کشاورزی دانشگاه ارومیه با طول شرقی ′۵۸ °۴۴ تا ′۵۹/۵ °۴۴ و عرض شمالی ′۳۸.۵ °۳۷ تا ′۴۰ °۳۷ در تابستان ۱۳۹۲ اجرا شد. اقلیم منطقه مورد مطالعه با بارش متوسط سالیانه ۳۲۷ میلیمتر، تبخیر و تعرق پتانسیل متوسط سالیانه ۱۵۰۴ میلیمتر و درجه حرارت متوسط سالیانه ۱۱ درجه سانتی‌گراد بصورت نیمه خشک سرد طبقه‌بندی می‌شود.

این تحقیق به صورت کرت‌های خرد شده نواری با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. عمق‌های خاکورزی به عنوان کرت‌های اصلی در دو سطح شامل عمق ۱۵ سانتی‌متر (خاک ورزی سطحی) و عمق ۳۰ سانتی‌متر (خاک ورزی عمیق)، و سرعت‌های خاکورزی به عنوان کرت‌های فرعی در دو سطح شامل سرعت های ۰/۳ و ۰/٦ متر بر ثانیه بودند.

در طول بیش از ۱۰ سال گذشته، مزرعه مورد مطالعه تحت کشت غلات (به خصوص جو) با عملیات خاکورزی CT (شامل شخم با گاو آهن برگردان و دیسک) بود. در زمان اجرای تحقیق، ابتدا بقایای باقیمانده گیاه (حاصل از کشت سال گذشته) به وسیله تراکتور از سطح مزرعه جمع‌آوری گردید. سپس در مزرعه مورد نظر سه بلوک و در هر بلوک چهار کرت با ابعاد یکسان ۳۰ × ٤ متر بطور تصادفی انتخاب گردید. با استفاده از گاو آهن برگردان چهار تیمار طرح ترکیبی از دو عمق سطحی و عمیق با دو سرعت ۰/۳ و ۰/٦ متر در ثانیه بطور تصادفی در کرت‌های انتخابی اجرا شد. تلاش گردید تا سرعت و عمق خاک ورزی در طول کرت‌های مورد مطالعه یکنواخت اجرا گردد. در نهایت، عملیات دیسک برای مسطح کردن سطح خاک صورت گرفت. یک کرت شاهد نیز با ابعاد مشابه با سایر تیمارها و بدون هیچگونه عملیات خاکورزی در هر بلوک لحاظ گردید. تیمارهای تحقیق در Error! Unknown switch argument. جدول **۱** ارائه می شوند.

جدول ۱- تیمارهای مورد مطالعه

عمق خاکورزی	سرعت خاکورزی (m/s)	تیمار
سطحی	۰/۳	D1V1
سطحی	۰/۶	D1V2
عمیق	۰/۳	D2V1
عمیق	۰/۶	D2V2

در تمام کرت‌ها و موقعیت‌های آزمایش (۱۵ موقعیت آزمایشی)، نمونه‌های دست خورده از دو عمق ۱۵ – ۰ سانتی‌متر و ۳۰ – ۱۵ سانتی‌متر جهت تعیین بافت خاک تهیه گردید. اجزای خاک در تمام موقعیت‌ها مشابه هم با مقادیر شن (۲۱٪ الی ۲۷٪)، سیلت (۳۵٪ الی ٤۳) و رس (۳۰٪ الی ٤۳٪) و بصورت لوم رسی طبقه‌بندی گردید. درصد مواد آلی در مزرعه مورد نظر بسیار کم و حدود ٤/۱ ٪ بود.

برای هر تیمار، اندازه‌گیری‌های خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک با سه تکرار انجام گرفت. برای اجتناب از تغییرپذیری زمانی خصوصیات خاک، اندازه‌گیری‌های صحرایی برای هر تیمار در دو روز انجام شد. جرم مخصوص ظاهری با استفاده از استوانه‌های نمونه‌بردار برای دو عمق سطحی (۱۵-۰ سانتی‌متر) و عمیق (۳۰- ۱۵ سانتی‌متر) تعیین گردید.

هدایت هیدرولیکی نزدیک اشباع و اشباع خاک با استفاده از نفوذسنج دیسک با قطر ۲۰ سانتی‌متر (مدل ۲۸۲٦D۲۰) در چهار مکش ۱۵- و ٦-، ۳-، ۰ سانتی‌متر (با شروع از بیشترین مکش) اندازه‌گیری گردید. با استفاده از مقادیر سرعت‌های نفوذپذیری پایدار سه بعدی حاصل از مکش‌های مختلف، مقادیر هدایت هیدرولیکی غیراشباع و اشباع خاک محاسبه گردید (لگسدون و جینز، ۱۹۹۳). در این روش، براساس حل تقریبی معادله وودینگ (۱۹٦۸)، سرعت نفوذپذیری پایدار نامحدود، ((Q(h)) از

www.SID.ir

Archive of SID

یک منبع آب مدور کم عمق به صورت زیر می‌باشد:
(۱)

$$\frac{Q(h)}{\pi R^2} = K(h) + \frac{4K(h)}{\pi R\alpha}$$

که در آن Q(h) میزان نفوذپذیری پایدار (L3T-1) تحت مکش h، R شعاع نفوذسنج دیسک (L)، α شاخص توزیع اندازه خلل خاک گاردنر (L-1) و K(h) هدایت هیدرولیکی در مکش h(LT-1) می‌باشند. طبق روش لگسدون و جینز (۱۹۹۳)، با رگرسیون غیرخطی از سرعت‌های نفوذپذیری در مقابل مکش‌های اعمال شده، پارامترهای برازش α و Ks بدست آمدند. سپس مقادیر K برای سایر پتانسیل‌های ماتریک با استفاده از تابع نمایی هدایت هیدرولیکی گاردنر (۱۹۵۸) تعیین گردیدند. این تابع را می‌توان به صورت زیر ارائه نمود:
(۲)

$$K(h) = K_s \exp(\alpha h)$$

که در آن، Ks هدایت هیدرولیکی اشباع (LT-1)

می‌باشد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS ۹/۱ تجزیه و میانگین‌ها با آزمون دانکن مقایسه شدند (جدول ۲).

نتایج و بحث

اثر عمق و سرعت خاکورزی بر جرم مخصوص ظاهری خاک

Error! Unknown switch argument. و ۲ تغییرات جرم مخصوص ظاهری (ρb) خاک سطحی و زیرسطحی را برای تیمارهای مختلف خاکورزی و شرایط بدون خاکورزی نشان می‌دهد. بررسی نتایج بیانگر کاهش جرم مخصوص ظاهری لایه سطحی در اثر اعمال خاکورزی می‌باشد. بررسی جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می‌دهد که عمق و سرعت خاکورزی و اثر متقابل دو فاکتور تأثیر معنی‌داری برجرم مخصوص ظاهری خاک داشته است (سطح ۵٪)، ولی تأثیر سرعت خاکورزی بر جرم مخصوص ظاهری زیرسطحی خاک غیر معنی‌دار بوده است.

جدول ۲- جدول تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در سطوح مختلف عمق و سرعت خاکورزی

منابع تغییرات	درجه آزادی	هدایت هیدرولیکی (cm/min)				ضریب اردنر (1/m)	چرم مخصوص ظاهری (gr/cm3)	
		Ks	K3	K6	K15	α	(سطحی) ρb	(زیرسطحی) ρb
بلوک	۲	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱۴	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۴۴	۰/۰۰۰۱۶	۰/۰۰۰۴
عمق خاکورزی	۱	۰/۰۰۱۱n	۰/۰۰۰۶n	۰/۰۰۰۲ns	۰/۰۰۰۰۰۳*	۰/۰۰۷۵ ns	۰/۰۰۳۰*	۰/۰۰۹۶*
اشتباه (الف)	۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۱۶	۰/۰۰۰۲۳
سرعت	۱	۰/۰۰۸*	۰/۰۰۱۵*	۰/۰۰۰۳ns	۰/۰۰۰۰۰۲ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۳۵۲ *	۰/۰۰۱۲ns
اشتباه (ب)	۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۵۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱۳
عمق×سرعت	۱	۰/۰۰۸ns	۰/۰۰۰۳n	۰/۰۰۰۰۴ns	۰/۰۰۰۰۰۰۳n	۰/۰۰۱۲ ns	۰/۰۰۸ *	۰/۰۱۸*
اشتباه (ج)	۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۲	/۰۰۰۰۰۰۶۰	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۰۵
٪ضریب		۲۲/۴	۱۹/۷	۱۸/۴	۴۲/۱	۱۳/۳	۱/۰۴	۱/۹

ns: غیرمعنی‌دار، *: معنی‌دار در سطح ۵٪, **: معنی‌دار در سطح ۱٪

مقدار جرم مخصوص ظاهری سطحی در دو عمق خاکورزی با افزایش سرعت خاکورزی افزایش یافت. مقادیر جرم مخصوص ظاهری سطحی در شرایط بدون خاکورزی نسبت به تیمارهای خاکورزی اعمالی بیشتر بود (مشابه گزارش رینالدو و همکاران، ۱۹۹٤). به نظر می‌رسد که علت آن تحکیم ساختمان خاک در طول زمان باشد. درحالی که، مقادیر جرم مخصوص ظاهری لایه زیرین در تیمار D1V2 بیشترین مقدار را نسبت به تیمارهای دیگر داشت. دلیل این امر می‌تواند تحکیم بیشتر لایه زیرین در اثر فشار ناشی از افزایش سرعت خاکورزی باشد.

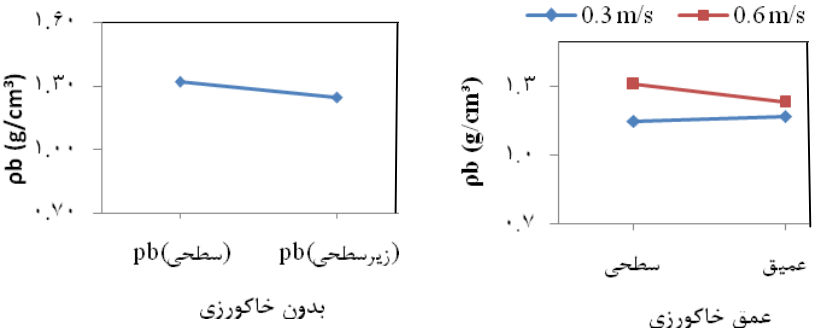
جرم مخصوص ظاهری سطحی نسبت به عمق و سرعت خاکورزی و اثر متقابل دو فاکتور در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری نشان داده است. جرم مخصوص ظاهری عمیق نسبت به کم عمق (رینالدو و همکاران، ۱۹۹٤) و اثر متقابل دو عامل در سطح ۵٪ تفاوت

www.SID.ir

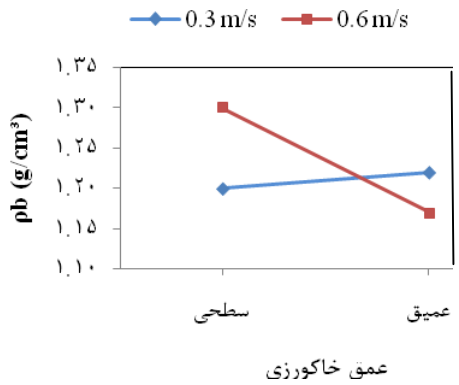
Archive of SID

معنی‌داری نشان داد اما نسبت به فاکتور سرعت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشده است (حاماد و داول‌بیت، ۲۰۰۱؛ حامل، ۱۹۸۹).

مقدار جرم مخصوص ظاهری زیرسطحی در تیمار بدون خاکورزی کمتر از مقدار سطحی آن مشاهده شد. در حالیکه در اکثر مطالعات مقدار جرم مخصوص ظاهری لایه زیرین بیشتر از لایه سطحی مشاهده شده است. واگر و دنتون (۱۹۸۹) در این زمینه دریافتند که جرم مخصوص ظاهری در حالت بدون خاکورزی به گونه‌ای معنی‌دار تحت تاثیر محل نمونه‌برداری است.



شکل ۱- مقادیر جرم مخصوص ظاهری خاک سطحی برای تیمارهای مختلف



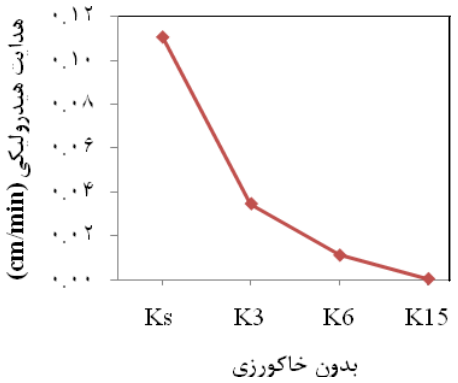
شکل ۲- مقادیر جرم مخصوص ظاهری خاک زیرسطحی برای تیمارهای مختلف

اثر عمق و سرعت خاکورزی بر خصوصیات هیدرولیکی خاک

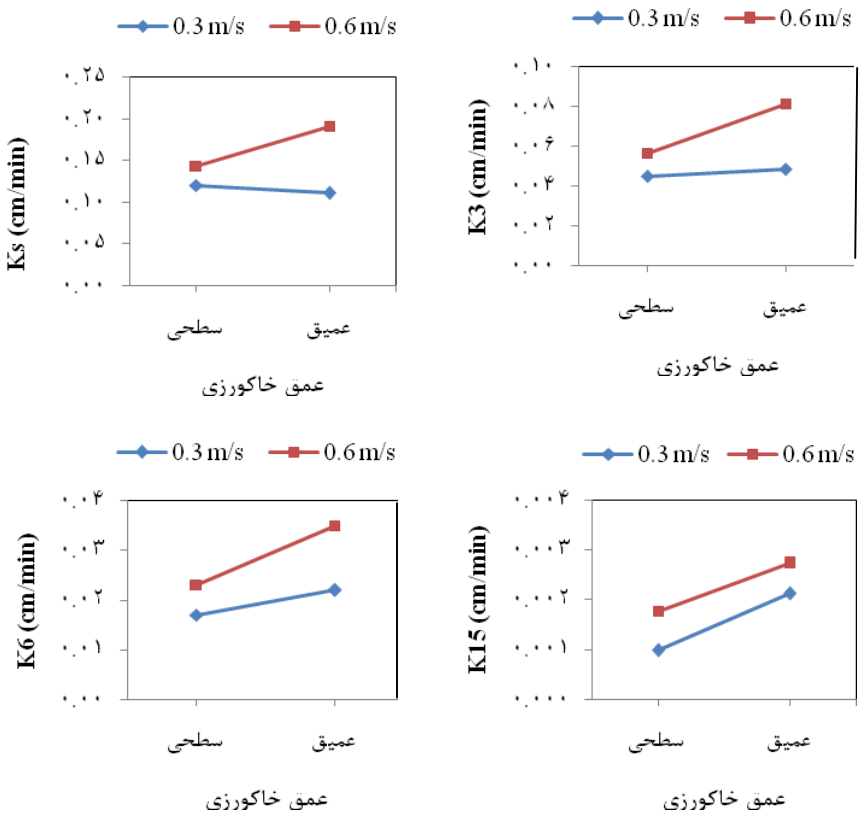
شکل ۳ و ٤ مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع و نزدیک اشباع در شرایط بدون خاکورزی و تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. بررسی این شکل نشان می‌دهد که مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع و نزدیک اشباع در شرایط بدون خاکورزی نسبت به سایر تیمارهای خاکورزی کمتر است، در تحقیق شوون و همکاران (۲۰۱۱)، خاکیورال و همکاران (۱۹۹۲) و سوئر و همکاران (۱۹۹۰) نتایج مشابهی به دست آمد. علت این اختلاف می‌تواند استحکام ساختمان خاک در طول زمان باشد که باعث کاهش تخلخل خاک و در نتیجه کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع و نزدیک به اشباع شده است. با توجه به شکل مشاهده می‌شود که مقدار هدایت هیدرولیکی مکش‌های مختلف برای هر چهار تیمار در هر عمق با افزایش سرعت خاکورزی، افزایش یافت. به نظر می‌رسد که این افزایش به دلیل تغییرات زیاد در ساختمان خاک، شکل‌گیری منافذ بزرگتر و بهبود اتصال منافذ می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- هدایت هیدرولیکی تیمار بدون خاکورزی در مکش‌های اعمالی

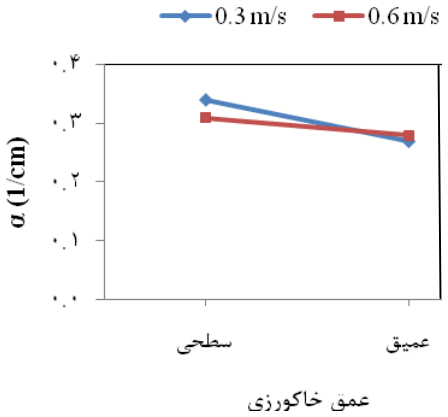


شکل ۴- تغییرات هدایت هیدرولیکی تیمارهای مختلف

مقادیر α Error! Unknown switch argument. گاردنر را در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. همچنین، مقدار آن برای تیمار بدون خاکورزی ۰/۳۹ $1/cm$ بدست آمد. براساس مشاهدات، مقدار α در شرایط بدون خاکورزی بیشتر از تیمارهای خاکورزی و در خاکورزی سطحی بیشتر از خاکورزی عمیق بوده است. در هر سرعت خاکورزی نیز با افزایش عمق خاکورزی مقدار آن کاهش یافته است. همچنین، مقدار α در خاکورزی سطحی با افزایش سرعت خاکورزی کاهش و در خاکورزی عمیق عکس این حالت حاصل شده است. شوون و همکاران (۲۰۱۱) نیز در تحقیق خود نتایج مشابه گزارش نمودند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- مقادیر α گاردنر در تیمارهای مختلف خاکورزی مورد مطالعه

نتایج تجزیه واریانس خصوصیات هیدرولیکی (جدول ۲) نشان می‌دهد که افزایش عمق خاکورزی موجب افزایش هدایت هیدرولیکی سطح خاک شده است که این افزایش بطورمعنی‌داری در سطح ۵٪ در K15 دیده می‌شود. این امر می‌تواند به دلیل ایجاد ترک و شکاف عمیق‌تر و تسهیل جریان آب در لایه سطحی باشد. افزایش سرعت خاکورزی موجب افزایش هدایت هیدرولیکی بخصوص هدایت‌های هیدرولیکی در مکش‌های کم شده است. بنظر می‌رسد که دلیل این امر شکل‌گیری منافذ بزرگتر و بهبود اتصال منافذ خاک در سرعت بالای خاکورزی باشد. سرعت خاکورزی بر روی هدایت هیدرولیکی اشباع و هدایت هیدرولیکی در مکش ۳- سانتی‌متر تاثیر معنی‌دار داشت و در سایر مکش‌ها تاثیر آن غیرمعنی‌دار است.

جدول ۳ مقایسه میانگین اثرات ساده سطوح مختلف عمق و سرعت خاکورزی بر صفات اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد. بررسی این جدول نشان می‌دهد که، عمق خاکورزی بر Ks و K3 و α از نظر مقدار میانگین تاثیری نداشت و میانگین‌ها از نظر آماری برابر بودند، در حالیکه K15 و K6 در خاکورزی عمیق، جرم مخصوص ظاهری سطحی و جرم مخصوص ظاهری عمیق در خاکورزی سطحی میانگین بالاتری داشتند. سرعت خاکورزی نیز فقط جرم مخصوص ظاهری سطحی را تحت تأثیر قرار داد و در سرعت ۰/٦ متر بر ثانیه میانگین بیشتری به دست داد. مقایسه میانگین صفات تحت تاثیر اثر متقابل دو فاکتور نیز در جدول ٤ ارائه شده است.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده سطوح مختلف عمق و سرعت خاکورزی برصفات اندازه‌گیری شده

میانگین صفات اندازه‌گیری شده							
تیمار	هدایت هیدرولیکی (cm/min)				ضریب اردنر (1/m)	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm3)	
عمق خاکورزی(cm)	Ks	K3	K6	K15	α	ρb (سطحی)	ρb (عمیق)
۰-۱۵	۰/۱۳	۰/۰۵۱	۰/۰۲	۰/۰۰۱۳b	۰/۳۳	۱/۲۳a	۱/۲۵a
۱۵-۳۰	۰/۱۵	۰/۰۶۵	۰/۰۲۸	۰/۰۰۲۴a	۰/۲۸	۱/۲b	۱/۲b
سرعت خاکورزی (m/s)							
۰/۳	۰/۱۲b	۰/۰۵b	۰/۰۲	۰/۰۰۲	۰/۳	۱/۲ b	۱/۲۱
۰/۶	۰/۱۷a	۰/۰۷a	۰/۰۳	۰/۰۰۲	۰/۳	۱/۳ a	۱/۲۳

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابهی هستند؛ بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ۵٪ از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل صفات اندازه‌گیری شده در سطوح مختلف عمق و سرعت خاکورزی

میانگین صفات اندازه‌گیری شده								
تیمارها		هدایت هیدرولیکی (cm/min)				ضریب گاردنر (1/cm)	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm3)	
عمق خاکورزی	سرعت خاکورزی	Ks	K3	K6	K15	α	ρb(سطحی)	ρb(عمیق)
۰-۱۵	۰/۳	۰/۱۲	۰/۰۴۵	۰/۰۱۷	۰/۰۰۱	۰/۳۴	۱/۱۵c	۱/۲bc
	۰/۶	۰/۱۵	۰/۰۵۶	۰/۰۲۳	۰/۰۰۲	۰/۳۲	۱/۳a	۱/۳a
۱۵-۳۰	۰/۳	۰/۱۱	۰/۰۸	۰/۰۲۲	۰/۰۰۲	۰/۲۷	۱/۱۷c	۱/۲۲b
	۰/۶	۰/۱۹	۰/۰۸	۰/۰۳۵	۰/۰۰۲۷	۰/۲۸	۱/۲۳b	۱/۱۷c

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابهی هستند؛ بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ۵٪ از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

نتیجه‌گیری کلی

مشخصه‌های هیدرولیکی خاک مهمترین پارامترها برای درک برخی از جنبه‌های جریان رطوبت در خاک غیراشباع می‌باشند. خصوصیات فیزیکی خاک با تغییر ساختمان خاک تغییر می‌یابند و موجب تغییر خصوصیات هیدرولیکی خاک از جمله هدایت هیدرولیکی اشباع و غیراشباع خاک می‌شوند. خاکورزی به دلیل بهم‌خوردگی زیادی که در ساختمان خاک ایجاد می‌کند به مقدار زیادی بر این مشخصه‌ها تأثیر می‌گذارد.

در این تحقیق تأثیر خاکورزی و مشخصات آن از جمله عمق و سرعت خاکورزی بر مشخصه‌های هیدرولیکی خاک بررسی شد. نتایج نشان داد خاکورزی باعث افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع و نزدیک به اشباع خاک نسبت به حالت بدون خاکورزی شده است، در حالیکه ضریب α گاردنر عکس این حالت را دارد. جرم مخصوص ظاهری لایه سطحی و زیرین خاک نیز به مقدار زیادی تحت تأثیر عمق و سرعت خاکورزی قرار گرفته است.

فهرست منابع:

1. Ahuja, L. R., L.Ma. and D. J.Timlin. 2006. Trans-disciplinary soil physics research critical to synthesis and modeling of agricultural systems. Soil Science Society of America Journal. 70 (2): 311-326.
2. Bouma, J. 1991. Influence of soil macroporosity on environmental quality. Advance Agron. 46: 1-37.
3. Boydaş, M. G. and N. Turgut. 2007. Effect of tillage implements and operating speeds on soil physical properties and wheat emergence. Turk Journal of Agriculture.31: 399-412.
4. Buczko, U.,O. Bens. and R. F. Huttl. 2006. Tillage effects on hydraulic properties and macroporosity in silty and sandy soils. Soil Science Society of America Journal. 70: 1998-2007.
5. D'Haene; J. V. K., W. M.Cornelis., B. L. M.Leroy., W.Schiettecatte., S. D.Neve., D.Gabriels. and G.Hofman. 2008. Reduced tillage effects on physical properties of silt loam soils growing root crops. Soil and Tillage Research. 99: 279-290.
6. Elder, J. W. and R.lal. 2008. Tillage effects on physical properties of agricultural organic soils of north central Ohio. Soil and Tillage Research. 98: 208-210.
7. Gardner, W. R. 1958. Some steady-state solutions of unsaturated moisture flow equations with application to evaporation from a water table. Soil Science Society of America Journal. 85: 228–232.
8. Green, T. R., L. R.Ahuja and. and J. G.Benjaminb. 2003. Advances and challenges in predicting agricultural management effects on soil hydraulic properties.

www.SID.ir

Archive of SID
Geoderma. 116: 3-27.
9. Gupta, S. C., B.Lowery., J. F.Moncrief. and W. E.Larson.1991. Modeling tillage effects on soil physical properties. Soil and Tillage Research. 20 (2-4): 293-318.
10. Hammad, E. and M. Dawelbeit. 2001. Effect of tillage and field condition on soil physical properties, cane and sugar yields in Vertisols of Kenana Sugar Estate, Sudan. Soil and Tillage Research. 62(3): 101-109.
11. Hammel, J. E. 1989. Long-term tillage and crop rotation effects on bulk density and soil impedance in northern Idaho. Soil Science Society of America Journal. 53 (5): 1515-1519.
12. Kay, B. D. and A. J. Vanden Bygaart. 2002. Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter. Soil and Tillage Research. 66: 107-118.
13. Khakural, B. R., G. D. Lemme., T. E. Schumacher., and M. J. Lindstrom. 1992. Effects of tillage systems and landscape on soil. Soil and Tillage Research. 25: 43-52.
14. Logsdon, S. D. and D. B. Jaynes. 1993. Methodology for determining hydraulic conductivity with tension infiltrometers. Soil Science Society of America Journal. 57: 1426-1431.
15. Maqsood Gill, S. 2012. Temporal variability of soil hydraulic properties under different Soil management practices, Ph. D. dissertation. University of Guelph.
16. McVay, K. A., J. A.Budde., K.Fabrizzi., M.Mikha., C. W.Rice., A. J.Schlegel., D. E.Peterson., D. W.Sweeney. and C.Thompson. 2006. Management effects on soil physical properties in long term tillage studies in Kansas. Soil Science Society of America Journal. 70: 434-438.
17. Ogbodo, E. N. 2005. Effect of depth of tillage on soil physical conditions, growth and yield of sweet potato in an ultisol at Abakaliki, Southeastern Nigeria. Journal of Agriculture and Social Research (JASR). Vol. 5, No.1.
18. Rashidi, M. and F. Keshavarzpour. 2008. Effect of different tillage methods on soil physical properties and crop yield of Melon (Cucumis melo). ARPN Journal of Agricultural and Biological Science, 3: 41-46.
19. Reynaldo, C. A., et al. 1994. Soil and crop responses to different tillage systems. Soil and Tillage Research. 29: 335-355.
20. Reynolds, W. D., C. F.Drury., X. M.Yang., C. A.Fox., C. S.Tan. and T. Q.Zhang.2007. Land management effects on the near-surface physical quality of a clay loam soil. Soil and Tillage Research. 96: 316-330.
21. Sauer, T. J., B.E. Clothier and T.C. Daniel. 1990. Surface measurements of the hydraulic properties of a tilled and untilled soil. Soil and Tillage Research. 15: 359-369.
22. Schwen, A., Bodner, G., Scholl, P., Buchan, G. D. and Loiskandl, W.2011. Temporal dynamics of soil hydraulic properties and the water-conducting porosity under different tillage. Soil and Tillage Research. 113: 89-98.
23. Singh, B. and S. S. Malhi. 2006. Response of soil physical properties to tillage and residue management on two soils in a cool temperature environment. Soil and Tillage Research. 85: 143-153.
24. Strudley, M. W., T. R. Green. and J. C.Ascough II. 2008. Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: State of the science. Soil and Tillage Research. 99: 8-48.
25. Unger, P. W. and D. K. Cassel. 1991. Tillage implement disturbance effects on soil properties related to soil and water conservation a literature review. Soil and Tillage Research. 19 (4): 363-382.
26. Wagger, M. G. and H. P. Denton. 1989. Influence of cover crop and wheel traffic on soil physical properties in continuous no till corn. Soil Science Society of America Journal. 53: 1206-1210.
27. Wooding, R. 1968. Steady infiltration from a shallow circular pond. Water Resources Research. 4: 1259-1273.
www.SID.ir