تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی و کود آلی بر مقاومت فروروی خاک تحت کشت ذرت

حسین شیرانی[۱*]، محمدعلی حاج عباسی[۲]، مجید افیونی[۲] و عباس همت[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۰/۲۶)

چکیده

سیستم‌های خاک‌ورزی و کودهای آلی بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک مؤثر هستند. این پژوهش به‌منظور بررسی اثر دو سیستم خاک‌ورزی مرسوم با گاوآهن برگردان‌دار (عمق خاک‌ورزی ۳۰ سانتی‌متر) و کم‌خاک‌ورزی با دیسک (عمق خاک‌ورزی ۱۵ سانتی‌متر) و سه سطح کود گاوی (۰، ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار) تحت کشت ذرت بر مقاومت فروروی خاک در قالب طرح بلوک‌های خردشده با سه تکرار انجام گردید. با افزایش عمق خاک‌ورزی، شاخص مخروطی (CI) کاهش یافت. دلیل این امر، به‌هم‌خوردن و نرم‌شدن بیشتر خاک در عمق، تحت سیستم خاک‌ورزی مرسوم نسبت به کم‌خاک‌ورزی بود. البته این تأثیر تنها در مراحل اول (پس از کاربرد تیمارها و پیش از کشت) و دوم اندازه‌گیری (زمان حداکثر سرعت رشد رویشی گیاه) مشاهده گردید. در مرحله سوم اندازه‌گیری (پس از برداشت محصول)، تفاوت معنی‌داری بین مقادیر CI در دو سیستم خاک‌ورزی و عمق‌های مختلف خاک دیده نشد. علت آن برگشت خاک به حالت اولیه (پیش از خاک‌ورزی) و از بین رفتن تأثیر خاک‌ورزی در خاک پس از حدود ۷ ماه از انجام عملیات خاک‌ورزی است. در واقع با گذشت زمان، مقاومت مکانیکی خاک افزایش یافت که نشان‌دهنده تراکم مجدد خاک در طول فصل رشد است. افزودن کود دامی در لایه رویین پشته (۰ تا ۱۰ سانتی‌متر) موجب کاهش معنی‌دار مقاومت خاک در مقایسه با شاهد گردید. کاهش CI در تیمار ۳۰ تن در هکتار تا مرحله حداکثر سرعت رشد گیاه دیده شد و پس از برداشت محصول این تیمار تأثیری بر CI نداشت. ولی اثر تیمار ۶۰ تن در هکتار در کاهش CI پس از برداشت محصول نیز در خاک دیده شد. تأثیر کود دامی در عمق‌های پایین‌تر از ۱۰ سانتی‌متر از سطح پشته و در تمامی عمق‌ها از کف جوی معنی‌دار نبود. در کف جوی به‌علت تأثیر کم کود، کاهش معنی‌داری در مقاومت خاک دیده نشد.

واژه‌های کلیدی: خاک‌ورزی مرسوم، کم‌خاک‌ورزی، کود آلی، مقاومت فروروی خاک، ذرت

مقدمه

رفتار خاک‌ها در مقابل اعمال نیرو به‌صورت‌های مختلف می‌باشد و هر یک از این رفتارها رابطه تنش- کرنش متفاوتی دارند، بنابراین، بررسی تغییر مقاومت خاک در اثر نیروهای خارجی از نظر تئوری مشکل است. به‌همین دلیل، روش‌های تجربی و نیمه‌تجربی برای بررسی این رفتار به‌کار می‌رود. اکثر مهندسان کشاورزی از این روش‌ها برای بررسی تغییرات مقاومت خاک استفاده می‌کنند. در این روش‌ها، برای

۱. استادیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج)، رفسنجان
۲. به ترتیب دانشیار و استاد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۳. استاد ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: shirani379@yahoo.com

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.10.3]

اندازه‌گیری مقاومت خاک، شاخصی در نظر گرفته می‌شود که مجموعه‌ای از مقاومت‌های برشی، فشاری، کششی و اصطکاکی می‌باشد، ولی مزیت این روش‌ها سادگی و راحتی انجام کار است (۲۱ و ۲۲). یکی از روش‌های تجربی به‌منظور اندازه‌گیری مقاومت خاک و یا مقاومت مکانیکی ظاهری (Mechanical impedance) خاک، اندازه‌گیری فروروی خاک است. فروروی خاک عبارت است از آسانی حرکت یک جسم به‌داخل خاک که توسط دستگاهی به نام فروسنج (Penetrometer) اندازه‌گیری می‌شود. توجه و علاقه روز افزون به اثر تراکم خاک روی کیفیت خاک، منجر به ایجاد وسایل اندازه‌گیری فروروی خاک یا مقاومت فروسنجی شده است (۱۳). در کشاورزی و خاک‌شناسی به‌دلیل محدودیت‌های کاربردی فروسنج دینامیکی یا ضربه‌ای، معمولاً از نوع استاتیکی آن استفاده می‌شود. از فروسنج‌های نوع استاتیکی، فروسنج نقطه‌ای یا مخروطی به‌دلایل اقتصادی، سرعت بالا و آسانی کار، بیشتر کاربرد دارد و به مقاومت اندازه‌گیری شده توسط آن، مقاومت فروروی (Penetration rsistance) یا شاخص مخروطی (Cone index) گویند (۳ و ۲۲). عمومی‌ترین روش اندازه‌گیری تراکم، تعیین مقادیر شاخص مخروطی با استفاده از فروسنج‌های استاتیکی است، هر چند طبیعت تجربی اندازه‌گیری و اثر متقابل پیچیده بین مقاومت مخروطی و خصوصیات خاک، اغلب باعث مشکلات زیادی در تفسیر اطلاعات می‌گردد. علاوه بر این، مقاومت فروروی، یک اندازه‌گیری نقطه‌ای است و نسبت به مکان و زمان بسیار متغیر می‌باشد (۷). مقادیر شاخص مخروطی به خصوصیات مخروط (مثل قطر، ارتفاع و زاویه مخروط) و به‌مقدار زیادی به خصوصیات خاک (از قبیل جرم مخصوص ظاهری، مقاومت برشی، رطوبت خاک و بافت خاک) بستگی دارد (۱۳). بنابراین، با وجودی که شاخص مخروطی نشان‌دهنده مقاومت واقعی خاک نیست، ولی شاخص خوبی برای مقایسه بین خاک‌های مختلف و اثر تراکم بر خاک است. خاک‌ورزی و تردد مزرعه‌ای به‌دلیل تغییر در جرم مخصوص ظاهری خاک، ساختمان و رطوبت خاک سبب تغییر در مقاومت خاک می‌شود (۶). خاک‌ورزی هم می‌تواند باعث نرم شدن خاک و هم باعث فشردگی خاک گردد که بستگی به مقدار آب خاک، نوع خاک و نوع عملیات خاک‌ورزی دارد (۲۵). وارسا و همکاران (۲۴) گزارش کردند که با افزایش عمق خاک‌ورزی، مقاومت خاک کاهش می‌یابد. آنها چهار عمق شخم صفر، ۴۰، ۶۰ و ۹۰ سانتی‌متر را در خاک اعمال کردند و نتیجه گرفتند که مقدار مقاومت خاک در عمق شخم ۹۰ سانتی‌متر در تمام عمق پروفیل خاک، کمترین مقدار خود را نسبت به سایر خاک‌ورزی‌ها به‌همراه داشت. ورهیز (۲۵) گزارش کرد که خاک‌ورزی توسط گاو آهن برگرداندار باعث کاهش مقاومت خاک در خاک‌های تراکم یافته و غیر تراکم یافته گردید. این اثر اصلاح‌کنندگی گاو آهن برگرداندار بیشتر از گاوآهن قلمی بود که احتمالاً مربوط به حجم بیشتر به‌هم‌خوردگی خاک در خاک‌ورزی مرسوم بود. تحقیقات متعددی نیز نشان داده که سیستم‌های خاک‌ورزی، تأثیر قابل توجهی بر مقاومت خاک نداشته است (۸، ۹ و ۱۸). پس از خاک‌ورزی، خاک ممکن است نشست پیدا کرده و اثر کوتاه مدت خاک‌ورزی روی خواص فیزیکی خاک را محو کند (۱۲). هر چند خاک‌های شخم‌خورده اغلب مقاومت کمتری دارند، ولی پدیده تراکم مجدد (Recompation) ممکن است راحت‌تر در آنها به‌وجود آید (۱۶). در مقابل، افزایش عملیات خاک‌ورزی، می‌تواند باعث ایجاد سخت‌کفه در خاک و افزایش مقاومت مکانیکی خاک و در نتیجه کاهش رشد ریشه گردد (۱۸).

مواد آلی خاک به دو دلیل باعث کاهش تراکم‌پذیری خاک می‌شوند: اولاً باعث افزایش پایداری ساختمان خاک می‌گردند و ثانیاً با افزایش مواد آلی خاک، خاصیت الاستیسیته خاک افزایش یافته و خاک مانند یک بالشتک در مقابل نیروی وارده عمل می‌کند. هم‌چنین مواد آلی، دامنه رطوبتی مناسب برای تردد ماشین آلات را افزایش می‌دهند (۱۰). افزودن مواد آلی به خاک، می‌تواند مقاومت خاک را کاهش دهد (۱۱). اوهیو و همکاران (۱۷) گزارش کردند که کاربرد ماده آلی سبب کاهش جرم مخصوص ظاهری، مقاومت فروروی و مقاومت برشی خاک

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.10.3]

گردید و به‌طورکلی تراکم‌پذیری خاک با افزودن مواد آلی، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. این تأثیر به‌خصوص در خاک‌های سنگین (رسی) که عملیات کشاورزی در آنها در رطوبت‌های بالا و پایین مشکل است، باعث سهولت مدیریت خاک می‌گردد. سور و همکاران (۲۲) گزارش کردند که افزودن کود سبز به خاک، سبب کاهش مقاومت فروروی خاک به‌مقدار ۱۵ تا ۸۰۰ کیلوپاسکال گردید. هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثر دو سیستم کم‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم و مقادیر مختلف کود دامی بر مقاومت فروروی خاک بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در قریه جوزدان (لورک) نجف آباد، در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان، انجام گردید. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای طرح در جدول ۱ نشان داده شده است. این مطالعه در یک قطعه زمین که چهار سال (قبل از اجرای طرح) به صورت آیش بود و سال قبل از آیش کشت ذرت در آن صورت گرفته بود، در قالب طرح بلوک‌های خرد شده با سه تکرار انجام شد.

در این تحقیق از عامل خاک‌ورزی در دو سطح و عامل کود آلی (گاوی) در سه سطح استفاده شد. تیمارهای خاک‌ورزی شامل:۱- کم‌خاک‌ورزی شامل شخم سطحی توسط دیسک (عمق شخم ۱۵ سانتی‌متر) همراه با دو دیسک سطحی (سبک) پس از شخم به‌منظور تسطیح زمین و خرد کردن کلوخه‌های خاک (T_1).۲- خاک‌ورزی مرسوم شامل شخم عمیق توسط گاوآهن برگرداندار (عمق شخم ۳۰ سانتی‌متر) همراه با دو دیسک سبک به‌منظور تسطیح زمین و خرد کردن کلوخه‌های خاک (T_2). تیمارهای کودی شامل:۱- تیمار شاهد، بدون افزودن کود گاوی.۲- تیمار ۳۰ تن کود گاوی در هکتار. ۳- تیمار ۶۰ تن کود گاوی در هکتار. در این طرح از کود گاوی پوسیده، خرد و سرند شده استفاده گردید. این کود دارای دانسیته خشک ۰/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب، مواد آلی ۶۲/۳ درصد، EC ۱۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر و pH ۷/۵ بود. این تحقیق در دو سال متوالی در یک زمین معین و در قالب طرح بلوک‌های خرد شده با سه تکرار انجام گردید. در سال دوم نیز تیمارها همانند سال اول در همان بلوک‌ها و کرت‌ها به‌طور یکسان اعمال گردید. فواصل بین کرت‌ها در هر بلوک ۲ متر و فواصل بین بلوک‌ها ۳ متر در نظر گرفته شد. ابعاد کرت‌ها ۱۰ × ۵ متر و شامل ۵ ردیف کاشت به‌طول ۹ متر و فاصله بین ردیف‌ها ۷۰ سانتی‌متر بود. هر بلوک در امتداد طولی دارای دو نوع خاک‌ورزی (مرسوم وکم‌خاک‌ورزی) و در جهت عرضی شامل سه سطح (صفر ، ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار) کود گاوی بود. پس از اعمال تیمارها و تسطیح زمین، کرت‌ها به‌شکل جوی و پشته در آمده و کشت ذرت به‌صورت ردیفی انجام گرفت.

در تیمار گاوآهن برگرداندار که عمق شخم ۳۰ سانتی‌متر بود، پس از تبدیل خاک به جوی و پشته، عمق خاک نرم در کف جوی نسبت به عمق شخم (۳۰ سانتی‌متر) ۱۰ سانتی‌متر کاهش و ارتفاع خاک نرم پشته، حدود ۱۰ سانتی‌متر افزایش یافت. به‌طوری که در تیمار خاک‌ورزی مرسوم، عمق خاک نرم شخم‌خورده از کف جوی ۲۰ و در روی پشته ۴۰ سانتی‌متر بود. در تیمار کم‌خاک‌ورزی (عمق شخم ۱۵ سانتی‌متر) عمق خاک نرم پس از تبدیل زمین به جوی و پشته به‌ترتیب از کف جوی و از روی پشته، ۱۰ و ۲۵ سانتی‌متر بود. در این تحقیق از شاخص مخروطی (CI) برای بیان مقاومت فروروی خاک استفاده گردید. برای اندازه‌گیری شاخص مخروطی از دستگاه فروسنج مدل SP ۱۰۰۰ ساخت شرکت فیندلی ایروین (Findly Irvine) استفاده شد.

از فاکتورهای مهم و مؤثر بر مقاومت فروروی و برشی، رطوبت خاک می‌باشد (۱). بنابراین، برای جلوگیری از ناهمگن بودن نتایج، مقاومت فروروی در رطوبت بین ۱۵ تا ۱۸ درصد اندازه‌گیری شد. به‌دلیل تغییرپذیری قابل توجه این پارامتر، اندازه‌گیری در هر پلات ۱۰ بار تکرار شد که نیمی از اندازه‌گیری‌ها (۵ بار) روی پشته‌ها و نیم دیگر (۵ بار) از کف

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.10.3]

جدول ۱. مشخصات خاک قبل از اجرای طرح

عمق (cm)	بافت خاک	OM (%)	EC_e (dS/m)	pH
۰-۱۵	لوم رسی سیلتی	۰/۵۶	۳/۵	۷/۶
۱۵-۳۰	لوم رسی سیلتی	۰/۳۶	۲/۸	۷/۵
۳۰-۵۰	رسی سیلتی	۰/۲۰	۲/۵	۷/۵

جوی‌ها صورت گرفت. اندازه‌گیری در عمق با فواصل ۲ سانتی‌متر تا عمق ۵۰ سانتی‌متری انجام گرفت و متوسط اعداد در هر ۱۰ سانتی‌متر از عمق خاک، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. شاخص مخروطی در سال دوم در سه زمان مختلف، قبل از کشت (پس از اعمال تیمارها)، حداکثر سرعت رشد گیاه ذرت (مرحله بین ۷ تا ۹ برگی) و پس از برداشت محصول تعیین شد. مقدار متوسط شاخص مخروطی در عمق‌های ۰ تا ۱۰ ، ۱۰ تا ۲۰، ۲۰ تا ۳۰، ۳۰ تا ۴۰ و ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر از روی پشته و از کف جوی، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به‌طوری که هر مقدار داده شده برای هر یک از دامنه عمق‌ها در واقع میانگین ۷۵ داده اندازه‌گیری مربوط به شاخص مخروطی می‌باشد. شاخص مخروطی در هر پلات با ۵ تکرار برای هر کدام از مکان‌های پشته و کف جوی و به‌فواصل ۲ سانتی‌متری در عمق خاک اندازه‌گیری شد. بنابراین در هر ۱۰ سانتی‌متر از عمق خاک، ۵ داده اندازه گیری CI موجود است که اگر در ۵ تکرار در هر پلات (برای هر یک از مکان‌های پشته و کف جوی) ضرب شود ۲۵ داده بدست می آید. پس با توجه به این که طرح به‌صورت بلوک‌های خرد شده با ۳ تکرار اجرا شده است، هر یک از داده‌های مربوط به هر عمق مورد نظر، میانگین ۷۵ داده اندازه‌گیری است (۷۵= ۲۵×۳).

نتایج و بحث

تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی بر شاخص مخروطی قبل از کشت در ناحیه پشته در عمق‌های ۰ تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر، تفاوت معنی‌داری در CI بین دو تیمار دیسک سطحی و گاوآهن برگرداندار وجود نداشت (جدول ۲). ارتفاع پشته در کم‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم به ترتیب ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر بود و بنابراین از سطح پشته تا عمق ۲۰ سانتی‌متر در هر دو تیمار خاک نرم وجود داشت. در عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر، اگرچه در هر دو تیمار خاک‌ورزی خاک نرم وجود داشت، ولی خاک نرم در دیسک سطحی در این عمق کمتر بود (در عمق ۲۵ تا ۳۰ از سطح پشته، خاک دست‌نخورده بود). به‌طوری که مقدار شاخص مخروطی در این عمق در شخم با گاوآهن برگرداندار به‌طور معنی‌داری درسطح ۵ درصد (۱/۵ برابر) نسبت به دیسک سطحی کاهش یافت (جدول ۲).

آرویدسون (۴) گزارش کرد، اگرچه عمق خاک‌ورزی توسط گاوآهن قلمی و برگرداندار مساوی بود (۲۰ سانتی‌متر)، ولی شدت نرم‌شدگی خاک تحت گاوآهن برگرداندار در عمق ۱۰ تا ۱۲ سانتی‌متر بیشتر بود. به‌طوری که مقاومت خاک به‌طور معنی‌داری در گاوآهن برگرداندار در عمق مذکور نسبت به گاوآهن قلمی کاهش یافت. هم‌چنین، در قسمت مواد و روش‌ها ذکر شد که عمق خاک نرم شده از سطح پشته در تیمار کم‌خاک‌ورزی ۲۵ سانتی‌متر است و بنابراین در عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر، بخشی از میانگین شاخص مخروطی گزارش شده مربوط به خاک فشرده و دست‌نخورده (در عمق ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر) می‌باشد. در حالی که در تیمار خاک‌ورزی مرسوم در تمام عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر، خاک نرم وجود داشت و مقاومت کمتری از خود نشان داد.

با توجه به این که عمق خاک نرم در محیط پشته در اثر عملیات دیسک‌زنی و جابه‌جایی خاک در مرحله پشته‌سازی، بیش از ۳۰ سانتی‌متر نبوده است، بنابراین، مقاومت خاک از عمق ۳۰ سانتی‌متر پایین‌تر، همان مقاومت اولیه خاک می‌باشد.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.10.3]

جدول ۲. مقایسه میانگین CI (مگاپاسکال) در عمق‌های مختلف خاک از سطح پشته و تحت دو سیستم خاک‌ورزی در مرحله قبل از کشت ذرت*

سیستم خاک‌ورزی	عمق(cm)				
	۰–۱۰	۱۰–۲۰	۲۰–۳۰	۳۰–۴۰	۴۰–۵۰
T_1	a۰/۴۶	a۰/۷۷	a۱/۹۱	b۲/۵۱	a۲/۷۴
T_2	a۰/۴۵	a۰/۸۱	b۱/۲۹	a۱/۶۸	a۲/۸۰

*: در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

در مقابل در گاوآهن برگرداندار، عمق خاک نرم از سطح پشته ۴۰ سانتی‌متر بود و مقدار CI در لایه ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر، به‌طور چشمگیری (۱/۵ برابر) در مقایسه با دیسک سطحی کمتر و در سطح ۵ درصد آماری، معنی‌دار بود. مطالعه انجام شده در آمریکا نشان داد که با افزایش عمق خاک‌ورزی، عمق نرم‌شدگی خاک افزایش یافته و در نتیجه مقاومت فروروی خاک در لایه‌های زیرین خاک نسبت به خاک‌ورزی کم‌عمق‌تر کاهش یافت (۲۴). مطالعات متعددی نشان داده است که با افزایش عمق خاک‌ورزی، مقاومت خاک در لایه‌های زیرین کاهش می‌یابد (۴، ۱۵ و ۲۴). مورنو و همکاران (۱۵) در یک مطالعه نشان دادند که مقاومت فروروی خاک در سیستم کم‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم، به‌طور معنی‌داری به‌ویژه در عمق‌های پایین بیشتر بود.

در عمق ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر، حداکثر مقاومت خاک مشاهده شد که در هر دو سیستم خاک‌ورزی به‌کار رفته تقریباً یکسان بود. در این لایه، حتی گاوآهن برگرداندار نیز قادر به نرم کردن و به‌هم‌زدن خاک نبود و خاک دارای مقاومت بالایی است. نکته‌ای که در تمامی تیمارها دیده می‌شود، افزایش مقاومت خاک، همراه با افزایش عمق خاک است. دلیل این امر اولاً به خاطر این است که با افزایش عمق، تراکم و دانسیته خاک افزایش یافته و بافت خاک نیز ریزتر می‌شود و ثانیاً تأثیر خاک‌ورزی در نرم کردن خاک با افزایش عمق کاهش می‌یابد (جدول ۲).

طبق جدول ۲ در عمق ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر از سطح پشته، مقاومت خاک در دیسک سطحی ۲/۵۱ مگاپاسکال است که می‌تواند یک لایه محدودکننده رشد و نفوذ ریشه محسوب گردد. محققان گزارش کرده‌اند که خاک با مقاومت بیشتر از ۲ یا ۲/۵ مگاپاسکال، می‌تواند به‌طور جدی مانع رشد ریشه گردد (۱۴ و ۲۴). در همین لایه مقدار شاخص مخروطی در گاوآهن برگرداندار ۱/۶۸ مگاپاسکال بود که محدودیتی در رشد و نفوذ ریشه در این لایه ایجاد نمی‌نماید.

جدول ۳ مقایسه میانگین مقادیر CI را در عمق‌های مورد نظر در کف جوی در دو سیستم خاک‌ورزی نشان می‌دهد. در عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متر از کف جوی بین دو تیمار خاک‌ورزی از نظر مقدار CI اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. بدین معنی که در این عمق، دیسک و گاوآهن برگرداندار هر دو تقریباً به یک اندازه باعث نرم شدن خاک شده‌اند. در مقابل در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر، تیمار دیسک سطحی هیچ‌گونه تأثیری در به‌هم‌زدن خاک نداشته است و مقاومت خاک در این تیمار ۲/۱ برابر نسبت به خاک‌ورزی مرسوم افزایش یافته است. در حالی که شخم با گاوآهن برگرداندار خاک را در لایه ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر به‌خوبی نرم کرده و مقاومت خاک در مقایسه با کم‌خاک‌ورزی کاهش یافته است. در عمق‌های ۲۰ تا ۳۰، ۳۰ تا ۴۰ و ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر از کف جوی، حتی خاک‌ورزی مرسوم نیز تأثیری در نرم کردن خاک نداشته و مقاومت خاک به بیش از ۲/۵ مگاپاسکال در این لایه‌ها رسید که مربوط به مقاومت خاک دست‌نخورده می‌باشد. این مشاهدات سازگار با عمق شخم از کف جوی در دو تیمار خاک‌ورزی است که در تیمار

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.10.3]

جدول ۳. مقایسه میانگین CI (مگاپاسکال) در عمق‌های مختلف خاک از کف جوی و تحت دو سیستم خاک‌ورزی در مرحله قبل از کشت ذرت*

سیستم خاک ورزی	عمق(cm)				
	۰–۱۰	۱۰–۲۰	۲۰–۳۰	۳۰–۴۰	۴۰–۵۰
T_1	۰/۹[a]	۲/۴۲[b]	۲/۷۴[a]	۲/۹۳[a]	۲/۹۵[a]
T_2	۰/۹۴[a]	۱/۱۶[a]	۲/۶۷[a]	۲/۸۶[a]	۲/۹۱[a]

* : در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

کم‌خاک‌ورزی ۱۰ سانتی‌متر و تحت خاک‌ورزی مرسوم ۲۰ سانتی‌متر بود.

تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی بر شاخص مخروطی در مرحله حداکثر سرعت رشد گیاه

جدول ۴ اختلافات دو سیستم خاک‌ورزی به‌کار رفته را از نظر مقدار مقاومت خاک در عمق‌های مختلف از سطح پشته نشان می‌دهد. تفاوت بین دو تیمار خاک‌ورزی در این مرحله، تقریباً شبیه مرحله قبل از کشت می‌باشد. به‌طوری که در عمق‌های صفر تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر از روی پشته، تفاوت معنی‌داری از نظر CI بین دیسک سطحی و گاوآهن برگرداندار وجود نداشت. در عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر، مقدار شاخص مخروطی در شخم با دیسک سطحی، به‌طور معنی‌داری بیشتر (۱/۳۳ برابر) از گاوآهن بود. این اختلاف در عمق ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر قابل ملاحظه‌تر بود، به‌طوری که مقدار CI تحت کم‌خاک‌ورزی، ۱/۴۴ برابر مقدار آن تحت گاوآهن برگرداندار بود. در عمق ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر، هیچ یک از تیمارهای خاک‌ورزی، تأثیری بر نرم‌کردن و اختلاط خاک نداشت.

در تیمار کم‌خاک‌ورزی، عمق ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر از روی پشته را می‌توان به‌عنوان لایه محدودکننده رشد ریشه در نظر گرفت، زیرا مقاومت مکانیکی خاک در این لایه ۲/۶ مگاپاسکال می‌باشد. البته عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر دارای مقدار CI ۲/۱ مگاپاسکال بود که می‌تواند تا حدودی مانع نفوذ ریشه شود. در خاک‌ورزی مرسوم، فقط لایه ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر با مقاومت ۲/۸۱ مگاپاسکال می‌تواند مانع نفوذ ریشه شود. در ناحیه کف جوی نیز شبیه مرحله قبل از کشت در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ بین دو سیستم خاک‌ورزی از نظر مقدار CI مشاهده می‌گردد. به‌طوری که گاوآهن برگرداندار باعث کاهش شاخص مخروطی به میزان ۶۴ درصد نسبت به دیسک سطحی گردید. در سایر عمق‌ها، اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار خاک‌ورزی وجود نداشت (جدول ۵). بدین معنی که در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متر، هر دو نوع خاک‌ورزی به‌طور تقریباً مشابه خاک را نرم کرده‌اند و در عمق‌های پایین‌تر از ۲۰ سانتی‌متر، هیچ یک از دو نوع شخم قادر به سست کردن خاک نبوده‌اند.

تأثیر تیمارهای خاک‌ورزی بر شاخص مخروطی پس از برداشت محصول

اندازه‌گیری CI در این مرحله، حدود ۷ ماه پس از اعمال تیمارهای خاک‌ورزی صورت گرفت. جدول ۶ مقادیر شاخص مخروطی را در این مرحله نشان می‌دهد. با توجه به جدول، دیده می‌شود که در تمام عمق‌ها از سطح پشته، هیچ اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار خاک‌ورزی وجود ندارد. این روند نشان‌دهنده برگشت خاک به سمت شرایط اولیه می‌باشد، به‌طوری که پدیده تراکم مجدد با گذشت زمان در خاک ایجاد شده است. بدین معنی که خاک پس از عملیات خاک‌ورزی به مرور زمان مجددا متراکم شده و مقاومت آن افزایش یافته و به مقاومت اولیه خاک (قبل از خاک‌ورزی) نزدیک شده است.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.10.3]

جدول ۴. مقایسه میانگین CI (مگاپاسکال) در عمق‌های مختلف خاک از سطح پشته و تحت دو سیستم خاک‌ورزی در مرحله حداکثر سرعت رشد گیاه*

سیستم خاک‌ورزی	عمق(cm)				
	۰–۱۰	۱۰–۲۰	۲۰–۳۰	۳۰–۴۰	۴۰–۵۰
T_1	۰/۳۸^{a}	۰/۸۲^{a}	۲/۰^{b}	۲/۶^{b}	۲/۷۶^{a}
T_2	۰/۴۳^{a}	۰/۸۵^{a}	۱/۴۸^{a}	۱/۸^{a}	۲/۸۱^{a}

جدول۵. مقایسه میانگین CI (مگاپاسکال) در عمق‌های مختلف خاک از کف جوی و تحت دو سیستم خاک‌ورزی در مرحله حداکثر سرعت رشد گیاه*

سیستم خاک‌ورزی	عمق(cm)				
	۰–۱۰	۱۰–۲۰	۲۰–۳۰	۳۰–۴۰	۴۰–۵۰
T_1	۱/۰^{a}	۲/۵۵^{b}	۲/۷۷^{a}	۲/۹۴^{a}	۲/۹۷^{a}
T_2	۰/۹۸^{a}	۱/۶۴^{a}	۲/۷^{a}	۲/۸۹a	۲/۹۱^{a}

* : در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

جدول۶. مقایسه میانگین CI (مگاپاسکال) در عمق‌های مختلف خاک از سطح پشته و تحت دو سیستم خاک‌ورزی در مرحله پس از برداشت محصول*

سیستم خاک‌ورزی	عمق(cm)				
	۰–۱۰	۱۰–۲۰	۲۰–۳۰	۳۰–۴۰	۴۰–۵۰
T_1	۰/۸۲^{a}	۱/۱۵^{a}	۲/۳۴^{a}	۲/۷۰^{a}	۲/۸۵^{a}
T_2	۰/۷۵^{a}	۱/۲۵^{a}	۲/۲۵^{a}	۲/۷۴^{a}	۲/۸۱^{a}

* : در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

مصدقی و همکاران (۲) گزارش کردند که خاک منطقه لورک در صورت عدم عملیات خاک‌ورزی، متراکم می‌شود و حساس به تشکیل سله می‌باشد. بنابراین، با گذشت زمان و از بین رفتن تأثیر خاک‌ورزی، این خاک دوباره متراکم شده و مقاومت آن افزایش یافته است.

در این تحقیق نیز عدم تفاوت معنی‌دار بین دو سیستم خاک‌ورزی از نظر مقدار CI در مرحله بعد از برداشت محصول را می‌توان چنین توصیف کرد که پس از گذشت ۷ ماه تأثیر هر دو نوع خاک‌ورزی بر خاک از بین رفته و مقاومت خاک افزایش یافته است. برخی پژوهشگران گزارش کردند که فقدان عملیات خاک‌ورزی بهاره باعث افزایش مقاومت خاک شد، در حالی که خاک در پاییز شخم خورده بود و با گذشت زمان تأثیر خاک‌ورزی پاییزه از بین رفته و مقاومت خاک افزایش یافته است (۱۴). هائو و همکاران (۱۲) نشان دادند که بین دو نوع شخم با گاوآهن برگرداندار و گاوآهن قلمی، تفاوت معنی‌داری از نظر مقدار شاخص مخروطی وجود نداشت. این در حالی بود که شاخص مخروطی ۵ تا ۱۲ ماه پس از انجام عملیات خاک‌ورزی اندازه‌گیری شد. مقایسه میانگین CI در عمق‌های صفر تا ۵۰ سانتی‌متر از کف جوی در دو تیمار خاک‌ورزی پس از برداشت محصول در جدول ۷ نشان داده شده است. در هر

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.10.3]

جدول۷. مقایسه میانگین CI (مگاپاسکال) در عمق‌های مختلف خاک از کف جوی و تحت دو سیستم خاک‌ورزی در مرحله پس از برداشت محصول*

سیستم خاک ورزی	عمق(cm)				
	۰–۱۰	۱۰–۲۰	۲۰–۳۰	۳۰–۴۰	۴۰–۵۰
T_1	۱/۲۸$_a$	۲/۵۴$_a$	۲/۶۹^a	۲/۹۰^a	۲/۸۹^a
T_2	۱/۳۲$_a$	۲/۶۰^a	۲/۷۳^a	۲/۸۸^a	۲/۹۱^a

* : در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

عمق از نظر مقاومت خاک، اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار دیسک سطحی و گاوآهن برگرداندار مشاهده نمی‌شود که علت آن همان‌طور که قبلاً توضیح داده شد، افزایش مقاومت خاک با گذشت زمان و از بین رفتن تأثیر خاک‌ورزی در خاک می‌باشد. در اینجا نیز با مقایسه دو جدول ۶ و ۷ مشاهده می‌شود که در یک عمق مشخص، مقدار شاخص مخروطی در کف جوی بیشتر از روی پشته است.

تأثیر کود دامی بر مقاومت خاک

کود دامی تأثیر معنی‌داری بر شاخص مخروطی در سطح آماری ۵ درصد در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متر از سطح پشته داشت، ولی تأثیر معنی‌داری بر CI در سایر عمق‌ها از سطح پشته نداشت. خاک مورد مطالعه دارای ساختمان بسیار ناپایدار بوده که در اثر تنش رطوبتی تخریب شده و خاک نشست می‌کند و متراکم می‌شود. لایه سطحی پشته، تحت تأثیر تنش ناشی از خیس شدن ناگهانی نبود و دریافت رطوبت در این لایه از پایین و بآرامی صورت می‌گیرد، ولی لایه‌های پایین‌تر به‌علت بالا بودن سطح آب از کف جوی، به‌طور ناگهانی مرطوب و اشباع شده و ساختمان آنها تخریب می‌شود. این عمل می‌تواند مانع ظهور تأثیر کود بر مقاومت خاک در لایه‌های زیرین از سطح پشته گردد.

در جدول ۸ مقایسه‌های میانگین CI در لایه صفر تا ۱۰ سانتی‌متری از سطح پشته در سطوح مختلف کود و در سه مرحله اندازه‌گیری مقاومت خاک آورده شده است. مشاهده می‌شود که تیمارهای ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار کود دامی در مرحله قبل از کشت، باعث کاهش معنی‌دار شاخص مخروطی در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کود) شدند. در این مرحله، اندازه‌گیری مقاومت خاک پس از اعمال تیمارها صورت گرفت و بنابراین کاهش مقاومت خاک در اثر افزودن کود مربوط به اثر کوتاه‌مدت کود آلی مثل پوک و سبک کردن خاک می‌باشد. مواد آلی تجزیه نشده می‌توانند باعث کاهش تراکم‌پذیری و مقاومت خاک گردند. این تأثیر ممکن است با اثر درازمدت مواد آلی تفاوت داشته باشد که علت آن تغییر این مواد حتی پس از تجزیه جزیی می‌باشد (۲۰).

در مرحله حداکثر سرعت رشد گیاه (مرحله دوم اندازه‌گیری) نیز تأثیر تیمار ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار کود دامی در کاهش شاخص مخروطی قابل توجه بود، به‌طوری که در این مرحله اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین تیمار شاهد و تیمارهای مذکور وجود داشت. بنابراین، اثر پوک‌کنندگی کود دامی تا این مرحله نیز در خاک مشهود است.

در مرحله سوم اندازه‌گیری CI فقط تیمار ۶۰ تن در هکتار کود دامی موجب کاهش معنی‌دار شاخص مخروطی گردید. می‌توان چنین توجیه کرد که تیمار کودی ۳۰ تن در هکتار تأثیری بر بهبود ساختمان خاک (اثر دراز مدت کود) نداشته و اثر کوتاه‌مدت آن در کاهش مقاومت خاک پس از گذشت حدود ۷ ماه از بین رفته است. در مقابل تیمار کودی ۶۰ تن در هکتار در این مرحله نیز مقدار شاخص مخروطی را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش داد. این امر نشان‌دهنده تأثیر

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.10.3]

جدول ۸. مقایسه میانگین CI (مگاپاسکال) در لایه ۱۰-۰ سانتی‌متر از سطح پشته تحت سطوح مختلف کود دامی و در سه زمان اندازه‌گیری*

سطح کود	زمان اندازه‌گیری شاخص مخروطی		
(تن در هکتار)	قبل از کشت	حداکثر سرعت رشد گیاه	پس از برداشت
۰	۰/۷۱[b]	۰/۶۲[b]	۰/۹۵[b]
۳۰	۰/۳۶[a]	۰/۳۳[a]	۰/۸۹[b]
۶۰	۰/۲۹[a]	۰/۲۷[a]	۰/۵۱[a]

* : در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

مطلوب کود بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک مثل ساختمان خاک (اثر درازمدت کود) است. این تأثیر باعث شده که مقاومت خاک در مرحله سوم اندازه‌گیری (پس از برداشت) در تیمار کودی ۶۰ تن در هکتار، به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمارهای کودی دیگر کمتر باشد. تیمار کودی ۶۰ تن در هکتار، به‌طور معنی‌داری باعث افزایش پایداری خاکدانه‌ها (میانگین وزن قطر خاکدانه یا MWD) نسبت به تیمار شاهد شد، در حالی که تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی تأثیر معنی‌داری (در سطح ۵٪) بر ساختمان خاک نداشت (۱۹).

گوپتا و همکاران (۱۱) نشان دادند که افزودن مقادیر کم مواد آلی (حدود ۱۰ تن در هکتار) به خاک، تأثیر معنی‌داری بر تراکم‌پذیری خاک و کاهش مقاومت خاک تحت تراکم توسط عبور تراکتور نداشت. بنابراین، به‌نظر می‌رسد که مقادیر نسبتاً زیاد کود برای کاهش مقاومت و تراکم خاک مفید است (۱). به‌طوری که برخی محققان، مقادیر نسبتاً زیاد کود گاوی (۸۰ تا ۱۲۰ تن در هکتار) را برای کاهش تراکم‌پذیری و مقاومت خاک تحت تراکم توصیه نمودند (۲۲). برزگر و همکاران (۵) نیز تأثیر بقایای آلی به‌مقدار ۰، ۲۷ و ۶۰ تن در هکتار را بر تراکم‌پذیری خاک مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که بیشترین تأثیر در کاهش تراکم‌پذیری خاک را تیمار کودی ۶۰ تن در هکتار داشت. تحقیقات متعدد دیگری نیز کاهش مقاومت خاک را تحت تأثیر افزودن کود آلی گزارش کرده‌اند (۱ و ۲۳).

در کف جوی هیچ یک از تیمارهای کودی، تأثیر معنی‌داری بر شاخص مخروطی نداشتند. همان‌طور که قبلاً گفته شد، هنگام تبدیل کرت‌ها به جوی و پشته، قسمت عمده کود در محل پشته تجمع یافت، به‌طوری که تیمارهای کودی به‌کار رفته، تأثیر معنی‌داری بر مقاومت فروروی خاک در کف جوی نداشتند. بنابراین، نحوه توزیع کود در خاک از نظر تأثیر بر خواص فیزیکی و تراکم‌پذیری خاک اهمیت بسزایی دارد (۲۰).

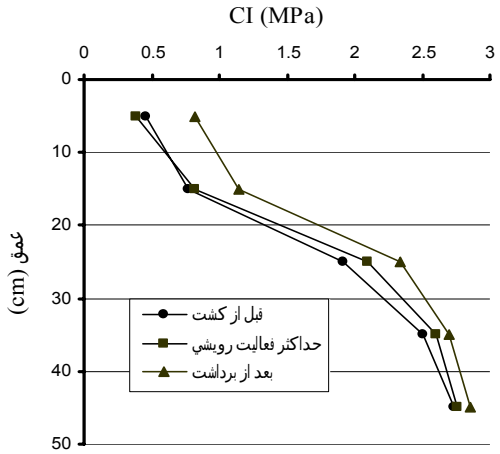
تغییرات شاخص مخروطی با گذشت زمان

شکل ۱ تغییرات مقاومت خاک را نسبت به زمان (در سه مرحله اندازه‌گیری قبل از کشت یا حدود ۲۰ روز پس از اعمال تیمارها، مرحله حداکثر سرعت رشد یا حدود ۷۵ روز پس از اعمال تیمارها و پس از برداشت محصول یا حدود ۷ ماه پس از اعمال تیمارها، با افزایش عمق از سطح پشته، در تیمار کم‌خاک‌ورزی نشان می‌دهد. بین دو مرحله اول (قبل از کشت) و دوم (حداکثر سرعت رشد) در هیچ یک از عمق‌های مورد نظر از سطح پشته تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

بنابراین، نتیجه می‌گیریم تأثیر عملیات خاک‌ورزی بر خاک تا مرحله دوم مشهود بوده و خاک، تراکم چندانی پیدا نکرده است. در عمق‌های ۰ تا ۱۰، ۱۰ تا ۲۰ و ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر از سطح پشته، تفاوت معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) بین مراحل اول و دوم و مرحله سوم اندازه‌گیری (پس از برداشت محصول) از نظر مقدار CI وجود داشت. به‌عبارت دیگر خاک پس از گذشت حدود ۷ ماه تراکم یافته و در مرحله سوم اندازه‌گیری، مقاومت آن افزایش یافته است. در عمق‌های ۳۰ تا ۴۰ و ۴۰ تا

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.10.3]



شکل ۱. تغییرات شاخص مخروطی نسبت به زمان از سطح پشته در سیستم کم‌خاک‌ورزی

۵۰ سانتی‌متر که تیمار دیسک سطحی قادر به نرم‌کردن و به‌هم‌زدن خاک نبوده، تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ بین سه مرحله اندازه‌گیری شاخص مخروطی وجود نداشت، زیرا مقاومت خاک در عمق‌های مذکور در سیستم کم‌خاک‌ورزی، همان مقاومت اولیه خاک می‌باشد.

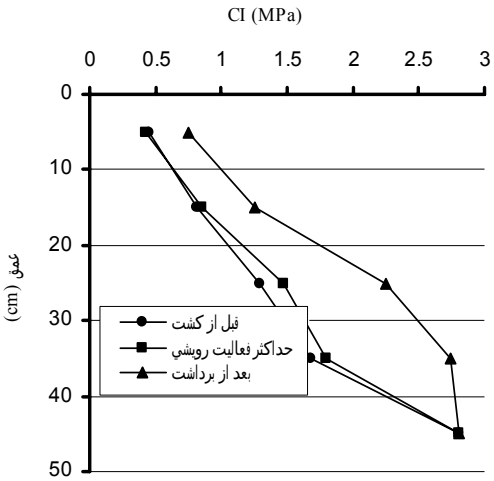
با توجه به شکل ۱ مشاهده می‌شود که تفاوت بین مراحل اول و دوم با مرحله سوم از نظر مقدار CI، در لایه‌های سطحی چشمگیرتر است. علت این امر مربوط به عمق کم به‌هم‌خوردگی خاک در شخم با دیسک سطحی است. به‌طوری که در لایه صفر تا ۱۰ سانتی‌متر از مرحله اول تا سوم، مقاومت خاک حدود ۲ برابر و در لایه ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر حدود ۱/۵ برابر افزایش یافته است. این افزایش برای لایه ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر فقط ۱/۲ برابر می‌باشد. مورنو و همکاران (۱۵) گزارش کردند که مقاومت فروسنجی خاک تحت کشت آفتاب گردان از مرحله کاشت تا مرحله گل‌دهی در دو نوع سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم افزایش یافت. تحقیقات مشابه دیگری نیز افزایش مقاومت خاک با گذشت زمان پس از عملیات خاک‌ورزی را نشان می‌دهند (۲). شکل ۲ تغییرات CI نسبت به زمان با افزایش عمق از سطح پشته را در سیستم خاک‌ورزی مرسوم نشان می‌دهد.

در عمق‌های ۲۰ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر از سطح پشته، مقدار افزایش شاخص مخروطی در مرحله سوم در مقایسه با لایه‌های سطحی صفر تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر بیشتر است. در صورتی که در تیمار دیسک سطحی این روند برعکس بود و همان‌طور که گفته شد اختلاف در لایه‌های سطحی بیشتر بود. مقدار به‌هم‌خوردگی خاک توسط گاوآهن برگرداندار در عمق‌های پایین، خیلی بیشتر از دیسک سطحی بود. بنابراین، شدت کاهش مقاومت خاک در عمق‌های پایین در تیمار گاوآهن برگرداندار نسبت به خاک اولیه بیشتر است. از طرفی مقاومت اولیه خاک در لایه‌های زیرین نسبت به لایه‌های سطحی بیشتر بود. علت آن ممکن است مربوط به بافت سنگین‌تر لایه‌های زیرین (رسی سیلتی) نسبت به لایه‌های سطحی (لوم رسی سیلتی) و هم‌چنین مواد آلی خیلی کمتر در افق‌های پایین خاک باشد. بنابراین، وقتی که مقاومت خاک در لایه‌های زیرین شخم از مقدار کم پس از انجام خاک‌ورزی به مقدار زیاد اولیه پس از برداشت محصول پیش می‌رود، اختلاف شدیدتر است. در حالی که در لایه‌های سطحی شخم، پدیده تراکم دوباره با توجه با بافت سبک‌تر و مواد آلی بیشتر با شدت کمتری دیده می‌شود و بنابراین اختلاف بین مرحله اول و دوم با مرحله سوم در این لایه‌ها از نظر مقدار شاخص مخروطی در مقایسه با لایه‌های زیرین شخم کمتر است.

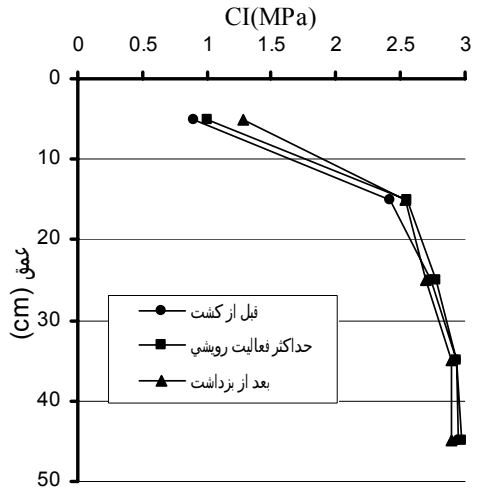
میزان کاهش مقاومت خاک در لایه‌های ۲۰ تا ۳۰ و ۳۰ تا

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.10.3]



شکل ۲. تغییرات شاخص مخروطی نسبت به زمان از سطح پشته در سیستم خاک‌ورزی مرسوم



شکل ۳. تغییرات شاخص مخروطی نسبت به زمان از کف جوی در سیستم کم‌خاک‌ورزی

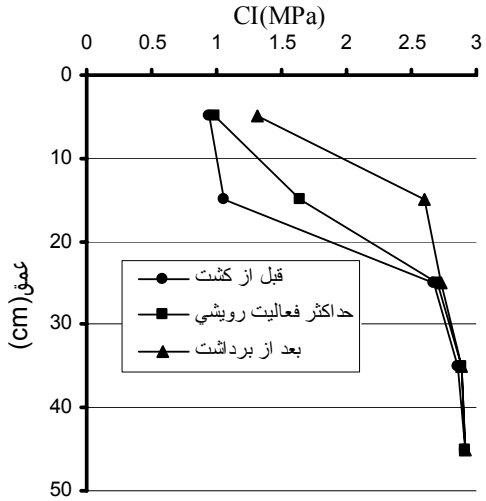
۴۰ سانتی‌متر در تیمار گاوآهن برگرداندار به‌طور قابل توجهی نسبت به دیسک سطحی بیشتر است. در صورتی که این کاهش در لایه‌های ۰ تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر برای هر دو تیمار خاک‌ورزی یکسان می‌باشد. بنابراین، در تیمار دیسک سطحی، مقاومت خاک در لایه‌های زیرین شخم به مقدار اولیه آن قبل از انجام خاک‌ورزی نزدیک‌تر بوده و وقتی که با گذشت زمان مقاومت خاک در این لایه‌ها افزایش می‌یابد و به مقدار اولیه نزدیک می‌شود، اختلاف کمتری بین مراحل اول و دوم با مرحله سوم اندازه‌گیری در مقایسه با لایه‌های سطحی شخم دیده می‌شود.

شکل ۳ تغییرات مقاومت خاک نسبت به زمان را با افزایش عمق در کف جوی در سیستم کم‌خاک‌ورزی نشان می‌دهد. فقط در عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متر از کف جوی، تفاوت معنی‌داری بین مراحل اول و دوم با مرحله سوم اندازه‌گیری در سطح آماری ۵ ٪ وجود دارد. در عمق‌های پایین‌تر نسبت به کف جوی، دیسک سطحی نقشی در به‌هم زدن خاک نداشته و مقدار CI در این لایه‌ها مربوط به مقاومت اولیه خاک است.

شکل ۴ تغییرات CI را در سه مرحله اندازه‌گیری نسبت به

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.10.3]



شکل ۴. تغییرات شاخص مخروطی نسبت به زمان از کف جوی در سیستم خاک‌ورزی مرسوم

عمق در سیستم خاک‌ورزی مرسوم نشان می‌دهد. در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متر مقدار شاخص مخروطی در مرحله سوم اندازه‌گیری، به‌طور معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) بیشتر از مراحل اول و دوم است و بین مراحل اول و دوم تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر، هر سه مرحله اندازه‌گیری از نظر مقدار CI با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند. مقدار خاک نرم و کود، تجمع خیلی کمتری در کف جوی به‌ویژه در عمق‌های زیرین داشت و هم‌چنین خاک کف جوی در اثر آبیاری مداوم، سریع‌تر نشست کرده و بنابراین می‌توان چنین فرض کرد که پدیده تراکم مجدد در این ناحیه شدیدتر بوده است. بنابراین، در فاصله زمانی بین مرحله اول و دوم اندازه‌گیری مقاومت خاک افزایش یافته و اختلاف معنی‌داری بین این دو مرحله دیده می‌شود. در مرحله پس از برداشت محصول در همین عمق (۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر) باز هم شاخص مخروطی افزایش یافته و به ۲/۶ مگاپاسکال رسیده است. در لایه‌های پایین‌تر از ۲۰ سانتی‌متر از کف جوی، گاوآهن برگرداندار نقشی در به‌هم‌زدن و سست کردن خاک نداشت و بنابراین در هر سه مرحله اندازه‌گیری، مقاومت خاک همان مقاومت اولیه خاک می‌باشد.

نتیجه‌گیری

سیستم خاک‌ورزی مرسوم، مقاومت خاک را در عمق بیشتری (از روی پشته و کف جوی) نسبت به سیستم کم‌خاک‌ورزی در مراحل اول و دوم اندازه‌گیری (قبل از کشت و زمان حداکثر سرعت رشد) کاهش داد. علت این امر عمق بیشتر خاک نرم در تیمار گاوآهن برگرداندار در مقایسه با دیسک سطحی می‌باشد. افزودن کود دامی در لایه سطحی پشته (۰ تا ۱۰ سانتی‌متر) موجب کاهش معنی‌دار مقاومت خاک در مقایسه با شاهد گردید. کاهش شاخص مخروطی در تیمار ۳۰ تن در هکتار تا مرحله حداکثر سرعت رشد دیده شد و پس از برداشت محصول این تیمار تأثیری بر CI نداشت. در مقابل، اثر تیمار ۶۰ تن در هکتار در کاهش CI پس از برداشت محصول نیز در خاک مشاهده شد. تأثیر کود دامی در عمق‌های پایین‌تر از ۱۰ سانتی‌متر از سطح پشته و در تمامی عمق‌ها از کف جوی معنی‌دار نبود. در کف جوی به‌علت تأثیر کم کود، کاهش معنی‌داری در مقاومت خاک مشاهده نگردید. پس از برداشت محصول، تفاوت معنی‌داری از نظر شاخص مخروطی بین دو سیستم خاک‌ورزی در عمق‌های مختلف خاک دیده نشد. علت آن برگشت خاک به حالت اولیه (قبل از خاک‌ورزی) و از بین رفتن تأثیر خاک‌ورزی در خاک پس از حدود ۷ ماه از انجام

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.10.3]

عملیات خاک‌ورزی می‌باشد. در واقع با گذشت زمان مقاومت خاک افزایش یافت که نشان دهنده تراکم مجدد در خاک به مرور زمان است.

سپاسگزاری

در پایان از زحمات بیدریغ کارشناسان آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشگاه صنعتی اصفهان، آقایان مهندس صدر ارحامی و مهندس عرب‌زادگان و آقای یدالله مرادی در انجام این تحقیق تشکر می‌نمائیم. هم‌چنین، از کمک‌های ارزنده سرکار خانم الهام دهقان کارشناس اداره آموزش دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان در تدوین و ویرایش این مقاله صمیمانه قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. مصدقی، م. ر. ۱۳۷۶. بررسی تأثیر رطوبت خاک و کود دامی بر تراکم پذیری خاک مزرعه لورک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. مصدقی، م. ر.، ع. همت و م. ع. حاج عباسی. ۱۳۸۲. مطالعه تغییرات فیزیکی- مکانیکی خاک‌های دارای ساختمان ناپایدار پس از آبیاری غرقابی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۷(۱): ۹۱ - ۱۰۶.

3. Al- Adawi, S. S. and R. C. Reeder. 1996. Compaction and subsoiling effects on corn and soybean yields and soil physical properties. Trans. ASAE 39: 1641-1649.
4. Arvidsson, J. 1998. Effects of cultivation depth in reduced tillage on soil physical properties, crop yield and plant pathogens. Eur. J. Agron. 9: 79-85.
5. Barzegar, A. R., M. A. Assodar and M. Ansari. 2000. Effectiveness of sugarcane residue incorporation at different water contents and the proctor compaction loads in reducing soil compactilibility. Soil & Till. Res. 57: 167-172.
6. Cassel, D.K. 1982. Tillage effects on soil bulk density and mechanical impedance. *In*: Predicting tillage effect on soil physical properties and processes. American Society of Agronomy, Madison, WI.
7. Castrignano, A., M. Maiorana, F. Fornaro and N. Lopez. 2002. 3D spatial variability of soil strength and its change over time in a durum wheat field in Southern Italy. Soil & Till. Res. 65: 95-108.
8. Dawelbeit, M.I. and E.A. Babiker. 1997. Effect of tillage and method of sowing on wheat yield in irrigated Vertisols of Rahad, Sudan. Soil & Till. Res. 42: 127-132.
9. Dawelbeit, M.I. and A.A. Salih. 2000. Effect of depth of disc harrowing on wheat yield and water use in vertisols of Gezira, Sudan. *In*: Proceedings of the 15th International Conference of Soil and Tillage Research Organization (ISTRO).
10. Ekwue, E. I. and R. J. Stone. 1994. Effect of peat on the compactibility of some Trinidadian soils. J. Agric. Eng. Res. 57: 129-136.
11. Gupta, S. C., E. C. Schneider, W. E. Larson and A. Hadas. 1987. Influence of corn residue on compression and compaction behavior of soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 51: 207-212.
12. Hao, X., C. Chang, F. J. Larney, J. Nitschelm and P. Regitnig. 2000. Effect of minimum tillage and crop sequence on physical properties of irrigated soil in southern Alberta. Soil & Till. Res. 57: 53-60.
13. Herrick, J. E. and T. L. Jones. 2002. A dynamic cone penetrometer for measuring soil penetration resistance. Soil Sci. Soc. Am. J. 66: 1320-1324.
14. Krzic, M., M. C. Fortin and A. A. Bomke. 2000. Short-term responses of soil physical properties to corn tillage-planting systems in a humid maritime climate. Soil & Till. Res. 54: 171-178.
15. Moreno, F., F. Pelegrin, J. E. Fernandez and J. M. Murillo. 1997. Soil physical properties, water depletion and crop development under traditional and conservation tillage in southern Spain. Soil & Till. Res. 41: 25-42.
16. Munkholm, L. J., P. Schjønning and K. J. Rasmussen. 2001. Non-inversion tillage effects on soil mechanical properties of a humid sandy loam. Soil & Till. Res. 62: 1-14.
17. Ohu, J. O., E. I. Ekwue and O.A. Folorunso. 1994. The effect of addition of organic matter on the compaction of a vertisol from Northern Nigeria. Soil Technol. 7: 155-162.
18. Salih, A.A., H.M. Babiker and S.A.M. Ali. 1998. Preliminary observations on effects of tillage systems on soil physical properties, cotton root growth and yield in Gezira Sheme, Sudan. Soil &Till. Res. 46: 187-191.
19. Shirani, H., M.A. Hajabbasi, M. Afyuni and A. Hemmat. 2002. Effect of farmyard manure and tillage systems on soil physical properties and corn yield in central Iran. Soil & Till. Res. 68: 101-108. (ISI)

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.10.3]

20. Soane, B.D. 1990. The role of organic matter in soil compactibility: A review of some practical aspects. Soil & Till. Res. 16: 179-201.
21. Soane, B.D., P.S. Blackwell, J.W. Dickson and D.J. Painter. 1981. Compaction by agricultural vehicles: A review, compaction under tyres and other running gear. Soil & Till. Res. 1: 373-400.
22. Soane. B.D. and C. Van Ouwerkerk. 1994. Soil Compaction in Crop Production. Elsevier Sci. Pub., USA.
23. Sur, H.S., A.S. Sidhu, S. Rachhpal, G.C. Agarwal and K.S. Sandh. 1993. Long-term effect of green manure on soil physical properties and production potential in green manure-maize-wheat sequence. Ann. Agric. Res. 14: 125-131.
24. Varsa, E. C., S. K. Chong, J. O. Abolaji, D. A. Farquhar and F. J. Olsen. 1997. Effect of deep tillage on soil physical characteristics and corn (*Zea mays* L.) root growth and production. Soil & Till. Res. 43: 219-228.
25. Voorhees, W. B. 1983. Relative effectiveness of tillage and natural forces in alleviating wheel-induced soil compaction. Soil Sci. Soc. Am. J. 47: 129-133.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.10.3]