اثر سیستم‌های خاک‌ورزی و انواع ماشین‌های کشاورزی بر جرم مخصوص ظاهری، شاخص مخروطی و پایداری ساختمان یک خاک لوم شنی

حسین بیات[۱*]، علی اکبر محبوبی[۲]، محمدعلی حاج‌عباسی[۳] و محمدرضا مصدقی[۲]

(تاریخ دریافت: ۸۵/۷/۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۵/۱۱/۲۴)

چکیده

خاک‌ورزی از جمله عوامل مدیریتی مهمی است که می‌تواند موجب تخریب یا بهبود ساختمان خاک شود. نوع ادوات خاک‌ورزی و شکل چرخ‌های ماشین‌های کشاورزی موجب تغییر ساختمان خاک می‌شود، لذا یک آزمایش مزرعه‌ای درمرکز تحقیقات کشاورزی همدان روی یک خاک Coarse Loamy Mixed Mesic Calcixerolic Xerocrepts جهت اندازه‌گیری و بررسی اثرات خاک‌ورزی و تراکم ناشی از تردد چرخ‌ها بر برخی از خصوصیات فیزیکی خاک انجام شد. تیمارها شامل دو روش خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار و خاک‌ورزی حفاظتی (CP, MP) بود که با استفاده از سه تراکتور رایج در ایران [John Deer (J), Romany (R) and Massey Ferguson(MF)] اجرا شدند. محل تردد و بدون تردد از دیگر تیمارهای مورد بررسی در این تحقیق بودند. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. نمونه‌های خاک در آخر فصل رشد گندم از محل تردد چرخ و محل بدون تردد از چهار لایه برداشت شد و از نظر چگالی ظاهری (BD)، شاخص مخروطی (CI) و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) مقایسه شدند. اثر هر دو روش خاک‌ورزی در روی BD در هیچ‌کدام از لایه‌ها معنی‌دار نبود، در حالی‌که، با افزایش عمق BD افزایش پیدا کرد. تردد چرخ‌ها موجب افزایش معنی‌دار BD نگردید، ولی با افزایش عمق اثر تراکم کاهش پیدا کرد. خاک‌ورزی حفاظتی به‌طور معمول، پایداری خاکدانه‌ها را افزایش داد که توسط MWD مورد ارزیابی قرار گرفت. شاخص مخروطی روندی مشابه BD داشت، با این تفاوت که به دلیل حساسیت بیشتر CI در محل تردد در تیمار CP بیشتر از MP بود. ولی چنین تفاوتی در محل بدون تردد مشاهده نگردید. هم‌چنین CI در محل تردد نسبت به بدون تردد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. تراکتور جان دیر در دو لایه اول و دوم موجب افزایش معنی‌دار CI نسبت به MF گردید، ولی بین تراکتور R و J تفاوتی مشاهده نگردید. شخم با گاوآهن قلمی MWD را در محل بدون تردد افزایش داد که در لایه چهارم معنی‌دار شد. تردد چرخ‌ها موجب افزایش معنی‌دار MWD در لایه دوم گردید و در دیگر لایه‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در لایه سوم تراکتور رومانی موجب بهبود ساختمان خاک گردیده و MWD را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. به‌طور کلی تراکتور رومانی موجب تخریب کمتر ساختمان خاک شده و روش‌های خاک‌ورزی بعضی از ویژگی‌های فیزیکی خاک را تغییر دادند.

واژه‌های کلیدی: خاک‌ورزی، تردد، چگالی ظاهری، شاخص مخروطی، میانگین وزنی قطر خاک دانه‌ها

۱. دانشجوی سابق دکتری خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲. به ترتیب دانشیار و استادیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان

۳. دانشیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hbayat2001@gmail.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-12-21]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.38.7]

مقدمه

خاک از جمله منابع طبیعی دیر تجدید شونده است که حفاظت و یا تخریب آن بستگی به نحوه استفاده و مدیریت کشاورزی دارد. تخریب و فرسایش خاک سطحی باعث کاهش حاصلخیزی خاک و رشد گیاهان می‌شود. خاک‌ورزی از جمله عوامل مدیریتی مهمی است که می‌تواند موجب تخریب یا بهبود ساختمان خاک شود (۲). در کل خاک‌ورزی عبارت است از به هم خوردگی فیزیکی خاک که به منظور تهیه بستر کشت، حفاظت آب و خاک، از بین بردن فشردگی خاک و کنترل علف‌های هرز صورت می‌گیرد (۵). هم‌چنین عملیات خاک‌ورزی برای دفن بقایای گیاهی، اختلاط کود و اصلاح‌کننده‌ها با خاک و تسهیل نفوذ ریشه در خاک انجام می‌گیرد (۱۵). سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی از راه‌های مختلف بر کمیت و کیفیت محصول تأثیرگذار است. روش معمول خاک‌ورزی با حداکثر استفاده از ادوات خاک‌ورزی مانند گاو آهن برگردان دار و دیسک طی چند مرحله باعث به هم خوردن ساختمان طبیعی خاک سطحی می‌گردد (۲). روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی اغلب باعث کاهش فرسایش و افزایش مقدار آب قابل استفاده گیاه شده ولی کاربرد دراز مدت این روش‌ها، به ویژه روش بدون خاک‌ورزی ممکن است آثار نامطلوبی مانند تراکم بر خاک داشته باشد (۲۵). اثرات خاک‌ورزی بر گیاهان در نواحی اکولوژیکی مختلف نیز متفاوت است، بنابراین انتخاب یک سیستم خاک‌ورزی بستگی به عوامل متعددی همچون خاک، اقلیم، گیاه و شرایط اقتصادی و اجتماعی دارد (۵).

نوع ادوات خاک‌ورزی و شکل چرخ‌های ماشین‌های کشاورزی با تأثیر بر پایداری خاک‌دانه‌ها و توزیع اندازه منافذ موجب تغییر ساختمان خاک می‌شود. تغییر ساختمان خاک متأثر از تیمارهای متفاوت خاک‌ورزی، به فاکتورهای دیگری از جمله ساختمان اولیه، چگالی ظاهری و میزان رطوبت خاک نیز بستگی دارد (۷). محققین زیادی نحوه تأثیر خاک‌ورزی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک را مورد مطالعه قرار داده‌اند (۱۱، ۱۲ و ۲۸).

عملیات خاک‌ورزی به دلیل تغییر در چگالی ظاهری (Bulk density, BD)، ساختمان و رطوبت خاک، سبب تغییر در مقاومت خاک می‌شود (۳ و ۱۱). حاج عباسی و همکاران (۲) با بررسی تأثیر دو روش بی خاک‌ورزی (No-tillage ,NT) و خاک‌ورزی مرسوم (Conventional tillage, CT) بر ویژگی‌های فیزیکی یک خاک رسی سیلتی در اصفهان، طی دو سال نشان دادند که NT باعث افزایش ماده آلی خاک تا دو برابر نسبت به CT شد. هم‌چنین BD و شاخص مخروطی (Cone index, CI) خاک تحت هر دو روش یکسان بود. پژوهشگران بسیاری در بررسی خاک‌های ریزبافت به این نتیجه رسیدند که BD معمولاً در روش NT بیش ازCT است (۱۶ و ۱۷). ولی برخی دیگر تفاوتی میان روش‌های خاک‌ورزی در این رابطه مشاهده نکردند (۱۰). هیل و همکاران (۱۹) تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی شامل سیستم بی خاک‌ورزی، کم‌خاک‌ورزی (Reduced tillage) و خاک‌ورزی مرسوم را بر BD بررسی نموده و گزارش کردند که این تیمارها تأثیر معنی‌داری بر BD خاک نداشته، ولی با افزایش عمق، BD خاک افزایش یافته است.

محبوبی و همکاران در یک مطالعه بلند مدت گزارش کردند که CI به طور معنی‌داری تحت تأثیر روش‌های خاک‌ورزی، تردد چرخ، محل آزمایش و برهم‌کنش شخم و محل آزمایش قرار می‌گیرد، آنها گزارش نمودند که خاک‌ورزی با گاوآهن قلمی (CP) در مقایسه با NT شاخص مخروطی را کاهش بیشتری می‌دهد (۲۴).

سیستم‌های خاک‌ورزی به دلیل به هم ریختن خاک و تأثیر بر مقدار ماده آلی و توزیع آن در نیمرخ خاک می‌تواند بر پایداری خاک‌دانه‌ها و نهایتاً بر میانگین وزنی قطر خاک دانه‌ها (Mean weight diameter, MWD) مؤثر باشد (۱). پاگلیانی و همکاران (۲۵) مشاهده کردند که کمینه خاک‌ورزی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش شاخص پایداری خاکدانه‌ها (Water stability index) در آب در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم گردید.

ری‌نالدو و همکاران (۲۷) گزارش کردند که عبور تراکتور

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-12-21]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.38.7]

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق (سانتی‌متر)	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	بافت خاک	pH	کربن آلی (درصد)	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی‌مول بار بر کیلوگرم)
۰–۷/۵	۶۵	۲۴	۱۱	لوم شنی	۷/۶	۰/۳۹	۱۱/۳
۷/۵–۱۵	۶۵	۲۴	۱۱	لوم شنی	۷/۷	۰/۲۳	۱۱/۳
۱۵–۲۲/۵	۶۳	۲۵	۱۳	لوم شنی	۷/۶	۰/۳۵	۱۱/۳
۲۲/۵–۳۰	۶۵	۲۳	۱۲	لوم شنی	۷/۳	۰/۲۷	۱۱/۳

باعث افزایش BD و CI گردید و خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار (Moldboard plow, MP) تأثیر عبور تراکتور بر CI را کاهش داد. پاور و اسکیدمور (۲۶) نشان دادند که پایداری خاک‌دانه‌های خشک یک خاک لوم سیلتی با افزایش تراکم در هر دو خاک شخم خورده و شخم نخورده افزایش یافت. هم‌چنین تفاوت در مقدار رطوبت خاک در زمان تراکم تأثیر کمی بر پایداری خاک‌دانه‌های خشک داشت، آنان افزایش پایداری خاک‌دانه‌های خشک در خاک‌های متراکم شده را به افزایش پیوند بین ذرات نسبت دادند زیرا ذرات در اثر تراکم به هم نزدیک می‌شوند. ولی آنها مشاهده کردند که پایداری خاک‌دانه‌های مرطوب خاک لوم سیلتی در اثر تراکم کمی کاهش یافته و یا بدون تغییر باقی ماند. این موضوع نشان می‌دهد که پیوند ایجاد شده (الکتروستاتیک) بین ذرات در اثر تراکم در مقابل الک کردن تر مقاوم نبوده است. تاکنون تحقیقات اندکی اثر تراکتور با وزن‌های مختلف و نیروی کششی متفاوت در ترکیب با روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک را مطالعه نموده‌اند. اهداف این تحقیق عبارت است از:

۱- مقایسه تغییرات فیزیکی خاک بر اثر کاربرد دو سیستم خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار و گاو آهن قلمی

۲- اندازه‌گیری و مقایسه ویژگی‌های فیزیکی خاک در اثر عبور سه تراکتور رومانی، مسی‌فرگوسن و جان‌دیر

۳- بررسی اثرات ترکیبی تراکتورهای متفاوت (با وزن و نیروی کششی متفاوت) با خاک‌ورزی‌های مختلف بر ویژگی‌های فیزیکی خاک

مواد و روش‌ها

این مطالعه در ایستگاه تحقیقاتی اکباتان وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان همدان واقع در کیلومتر پنج جاده همدان- تهران روی خاک با فامیل Coarse Loamy, Mixed, Mesic Calcixerollic Xerochrepts انجام شد. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از آزمایش در جدول۱ آورده شده است. طرح آزمایشی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در زمینی به ابعاد تقریبی ۷۸×۴۴ متر اجرا گردید. هر بلوک متشکل از ۶ کرت به ابعاد ۱۶×۵/۴ متر بود که تیمارهای اعمال شده در این بلوک‌ها عبارت بودند از روش خاک‌ورزی شامل: خاک‌ورزی با گاو آهن برگردان‌دار(MP) و خاک‌ورزی با گاو آهن قلمی (CP) و سه نوع تراکتور: جان دیر (John Deere, J) به وزن ۳۷۰۸ کیلوگرم، رومانی (Romania, R) به وزن ۳۴۵۰ کیلوگرم و مسی فرگوسن (Massey Fergossen, MF) به وزن ۲۸۰۰ کیلوگرم. نمونه‌برداری در داخل هر کرت از محل تردد چرخ‌ها (Traffic zone, TZ) و محل بدون تردد (Non-traffic zone, NT) انجام شد.

ترکیب سیستم‌های خاک‌ورزی با نوع تراکتور با وزن‌های مختلف در پلات اصلی (Main plot) و موقعیت مکانی نسبت به محل تردد و بدون تردد در پلات فرعی(Sub-plot) قرار گرفت. در هر محل نمونه‌برداری از چهار عمق ۰- ۷/۵، ۱۵- ۷/۵، ۲۲/۵- ۱۵، ۳۰- ۲۲/۵ سانتی‌متری جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌برداری انجام شد. عمق

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-12-21]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.38.7]

خاک‌ورزی ۲۲/۵ و۱۲ سانتی‌متر برای گاوآهن‌های برگردان‌دار و قلمی انتخاب شد. گندم رقم الوند در ابتدای فصل پاییز بر اساس ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار که فاصله ردیف‌ها ۱۰ سانتی‌متر بود، کشت گردید. مصرف کود ازته اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در پاییز هنگام کشت و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در بهار به‌صورت سرک در دو نوبت و کود سوپرفسفات تریپل به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم، هر سه بر اساس آزمون خاک انجام شد.

عملیات خاک‌ورزی شامل شخم پاییزه با دو نوع گاو آهن و سه نوع تراکتور طبق نقشه طرح انجام شده و سپس خرد کردن کلوخه‌های سطحی و صاف کردن سطح خاک با استفاده از صاف کن انجام شد. در حین انجام عملیات خاک‌ورزی و استفاده از صاف‌کن و کشت بذر با بذرکار، محل تردد چرخ‌ها کنترل گردید. بدین ترتیب که در طی سه مرحله‌ای که تراکتورها وارد کرت‌ها شدند عبور چرخ تنها از یک محل صورت گرفت. بنابراین در داخل هر کرت دو محل به وجود آمد: الف ـ محلی که چرخ‌ها به تعداد۳ بار عبورکردند (TZ) و ب ـ محلی که چرخ از آن عبور نکرده بود (NT). نمونه‌برداری خاک در پایان فصل رشد (اوایل تیر ماه) سه روز پس از آخرین آبیاری انجام گردید. جهت برداشت نمونه‌های دست نخورده از سیلندرهایی به قطر داخلی ۵۱ mm و ارتفاع ۷۵ mm برای نمونه برداری (Core sampling method) استفاده شد و از این نمونه‌ها برای اندازه‌گیری چگالی ظاهری استفاده شد. برای اندازه‌گیری شاخص مخروطی (CI) و یا مقاومت فروپذیری خاک از دستگاه فروسنج مدل ریمیک (Cone penetrometer model Rimik CP20, CP) استفاده گردید. این دستگاه دارای میله‌ای به طول ۹۰cm است که مخروط ویژه این دستگاه که زاویه نوک مخروط ۳۰ درجه بود، به نوک این میله متصل شده و میله نیز بر روی خود دستگاه سوار می‌شود. این دستگاه قادر است در حین فرورفتن میله در خاک با فواصل ۲/۵ cm مقاومت فروپذیری خاک را قرائت و عدد مربوطه را در حافظه خود نگه‌داری کند. عمق حداکثر اندازه‌گیری مقاومت فروپذیری ۳۰ سانتی‌متر و درصد رطوبت حجمی خاک در موقع اندازه‌گیری در لایه اول۲۵/۶۱ ، لایه دوم۲۴/۱۵ ، لایه سوم ۲۰/۴۴ و در لایه چهارم ۲۰/۷۱ و زمان قرائت دو روز پس از آبیاری بود. سپس داده‌ها از دستگاه مربوطه به کامپیوتر منتقل گردید و از داده‌های مربوط به هر لایه ۷/۵ سانتی‌متری متوسط‌گیری شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای به‌دست آوردن میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها (MWD) از روش کمپر و روزنو (۲۰) استفاده گردید.

تجزیه آماری توسط نرم‌افزار SAS و MSTATC انجام شد بدین ترتیب که پس از وارد کردن داده‌ها به کامپیوتر ابتدا از لحاظ نرمال بودن مورد بررسی قرار گرفتند. در مرحله بعدی عملیات تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و MSTATC صورت گرفت. و نهایتا مقایسه میانگین‌ها توسط نرم‌افزار MSTATC انجام شد. رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

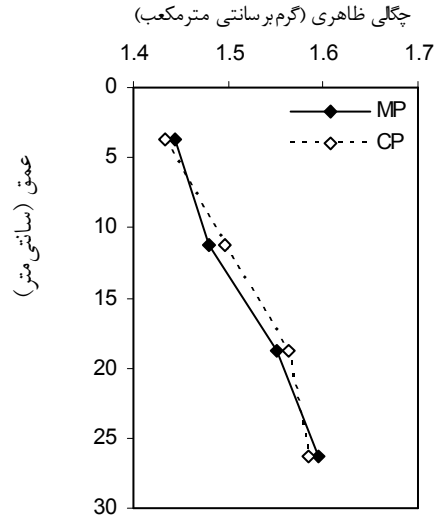
تأثیر انواع خاک‌ورزی در ترکیب با سه نوع تراکتور بر برخی خصوصیات فیزیکی اندازه‌گیری شده در سطوح مختلف احتمالات معنی‌دار گردیده که به ترتیب توضیح داده خواهد شد.

چگالی ظاهری

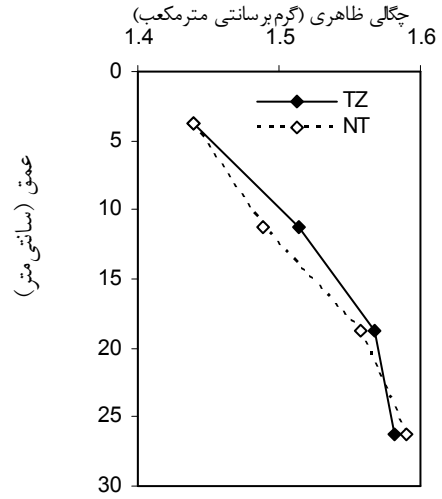
شکل ۱ چگالی ظاهری خاک (BD) را در چهار لایه برای دو سیستم خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان دار (MP) و خاک‌ورزی با گاوآهن قلمی (CP) نشان می‌دهد. تفاوت BD بین دو سیستم در هیچ‌کدام از لایه‌ها معنی‌دار نبود، در مورد چگونگی تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی بر BD گزارش‌های متعددی توسط محققین صورت گرفته است (۱۴ ، ۱۹ و ۲۷). در گزارش هیل و همکاران (۱۹) اثر سیستم خاک‌ورزی بر BD معنی‌دار نبوده است. الیس و همکاران (۱۴) نیز گزارش کردند که BD در سیستم‌های متفاوت خاک‌ورزی به ترتیب بی خاک‌ورزی > خاک‌ورزی با گاوآهن قلمی> خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار بوده است، که نتایج به‌دست آمده از این

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-12-21]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.38.7]



شکل ۱. اثرات سیستم‌های خاک‌ورزی برگردان‌دار (MP) و قلمی (CP) بر تغییرات چگالی ظاهری (BD) با عمق خاک در محل بدون تردد



شکل ۲. تغییرات چگالی ظاهری (BD) با عمق خاک در محل تردد (TZ) و عدم تردد (NT)

تحقیق نیز چنین روندی را نشان می‌دهد. چرا که در لایه‌های دوم و سوم BD به ترتیب CP > MP بوده است. لال و همکاران (۲۱) نیز نتیجه مشابهی را گزارش نموده‌اند. با افزایش عمق خاک BD افزایش یافت و این روند در سیستم‌های متفاوت خاک‌ورزی مشابه بود. شاید به دلیل ترکیب بیشتر بقایای گیاهی در سطح خاک و تجمع بیشتر ریشه گیاه در لایه‌های بالایی خاک باشد که برخی محققین (۱۹) با این‌که تفاوت معنی‌داری در BD سیستم‌های متفاوت خاک‌ورزی گزارش نکرده‌اند، ولی افزایش BD با افزایش عمق خاک را مورد توجه قرار داده‌اند.

شکل۲، BD را در محل تردد و بدون تردد چرخ نشان می‌دهد. اثر تردد چرخ در هیچ‌کدام از لایه‌ها معنی‌دار نگردید. وورهیز و همکاران (۳۰) نیز چنین نتیجه‌ای را گزارش کردند.

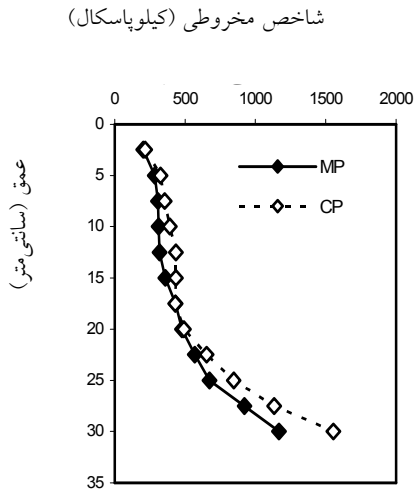
شاخص مخروطی

شکل ۳ مقادیر شاخص مخروطی (CI) را در محل عدم تردد چرخ برای دو نوع خاک‌ورزی MP و CP نشان می‌دهد. مقدار CI در CP و MP تفاوت معنی‌داری نداشتند. بسیاری از محققین (۲۹) اثر خاک‌ورزی بر CI را معنی‌دار گزارش کرده‌اند. علت عدم معنی‌دار بودن نتایج محققین حاضر شاید یک ساله بودن مدت زمان انجام تحقیق باشد. در دو لایه اول CI در تراکتور جان دیر (J) فقط از تراکتور مسی فرگوسن (MF) به‌طور معنی‌داری بیشتر بود و بین تراکتور R و J و نیز R و MF تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و تفاوت اندکی در اثرات متقابل وجود داشت. در لایه‌های سوم و چهارم تفاوت معنی‌دار بین تراکتورها مشاهده نشد (جدول ۲) .

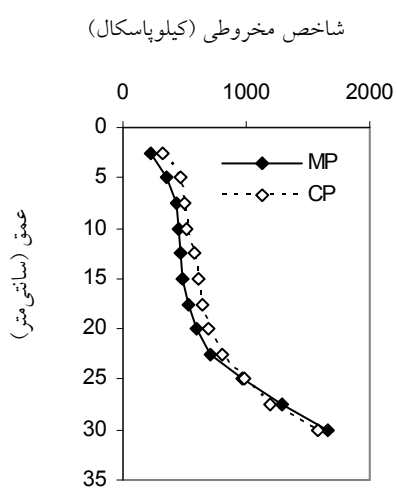
تفاوت در CI بین سیستم‌های خاک‌ورزی CP و MP در محل تردد به خوبی مشاهده شد (شکل ۴). در سه لایه سطحی (۰-۲۲/۵ سانتی‌متری) خاک‌ورزی قلمی CI بیشتری را نسبت به MP نشان داد که در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. می‌توان دلیل آن را فروپاشی کمتر خاک در تیمار CP دانست که وقتی چرخ نیز از روی آن عبور می‌کند، موجب تراکم بیشتر می‌گردد. برخی محققین (۲۷) کاهش CI در محل تردد چرخ در خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان دار در مقایسه با گاوآهن قلمی را گزارش کرده‌اند. در لایه چهارم (۳۰-۲۲/۵ سانتی‌متری) که توسط هیچ یک از گاوآهن‌ها شخم نشده بود، تفاوت معنی‌داری بین دو سیستم مشاهده نشد که نشان دهنده اثر یکسان چرخ در این عمق در هر دو سیستم خاک‌ورزی است. شاید دلیل دیگر

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-12-21]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.38.7]



شکل ۳. اثرات سیستم‌های خاک‌ورزی برگردان‌دار (MP) و قلمی (CP) برتغییرات شاخص مخروطی (CI) با عمق خاک در محل عدم تردد



شکل ۴. اثرات سیستم‌های خاک‌ورزی برگردان‌دار (MP) و چیزل (CP) بر تغییرات شاخص مخروطی (CI) در محل تردد

بر معنی‌دار نبودن CI در لایه چهارم کم بودن وزن تراکتورهای استفاده شده باشد. زیرا وورهیز و همکاران (۳۱) نیز حتی با استفاده از تراکتورهایی با وزن‌های بالاتر باز عدم تغییر CI در عمق ۳۰ سانتی‌متری را گزارش کرده‌اند.

تردد چرخ در لایه‌های اول، دوم و سوم به ترتیب در سطح ۵، ۱و ۱ درصد موجب افزایش معنی‌دار CI نسبت به عدم تردد چرخ گردید. با این‌که تردد چرخ تفاوت معنی‌داری را در BD ایجاد نکرد اما به دلیل حساسیت بیشتر، CI تغییرات تراکم را با وضوح بیشتری نشان می‌دهد (۶). بنابراین ملاحظه می‌شود که تردد چرخ‌ها به‌طور معنی‌داری CI را افزایش داده است. شاید به همین علت است که در برخی از منابع (۳۰)، CI را شاخص مناسب‌تری برای نشان دادن تراکم خاک معرفی کرده‌اند. در لایه چهارم CI در محل تردد و بدون تردد چرخ تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول۲ و شکل ۵). دلیل آن شاید رشد ریشه گیاهان و فعالیت ریزجانداران باشد که هکنسون و همکاران (۱۸) نیز دلایل مشابهی را گزارش کردند. میزان CI در محل تردد چرخ تراکتورهای متفاوت (شکل ۶) در لایه دوم به ترتیب J > R > MF بود که تفاوت J با R و MF در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود، ولی تفاوت معنی‌داری بین MF و R مشاهده نگردید. این روند نشان می‌دهد که هر چه وزن تراکتور استفاده شده افزایش یابد تأثیر آن بر تراکم خاک بیشتر است. تراکتور MF که کمترین وزن را داشت کمترین مقدار CI را ایجاد کرده است. در لایه‌های دیگر تفاوت معنی‌داری بین تراکتورهای مختلف مشاهده نگردید (جدول ۲).

میانگین وزنی قطر خاک دانه‌ها

بررسی تغییرات میانگین وزنی قطر خاک دانه‌ها (MWD) در محل بدون تردد چرخ برای سیستم‌های متفاوت خاک‌ورزی (شکل۷) نشان داد که MWD در لایه اول در دو سیستم CP و MP با هم تفاوتی نداشتند. دلیل آن را می‌توان به اثرات یخ‌زدگی زمستانه نسبت داد که باعث از بین رفتن تفاوت MWD در دو سیستم شده است. در لایه‌های دوم و سوم (۲۲/۵-۷/۵ سانتی‌متری) MWD در CP بیشتر از MP بود. پایداری خاکدانه‌ها تابعی از پیوندهای بین ذرات اولیه است که خاکدانه را تشکیل داده‌اند (۱۳). ممکن است این پیوندها در اثر برخورد گاوآهن شکسته شوند، لذا کاهش اندازه MWD را می‌توان به شکسته شدن این پیوندها نسبت داد. از آنجا که در سیستم CP به هم ریختگی کمتری در خاک ایجاد می‌شود،

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-12-21]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.38.7]

جدول۲. مقایسه میانگین‌های اثرات ساده و متقابل تیمارهای تراکتور، خاک‌ورزی و موقعیت نمونه‌برداری بر شاخص مخروطی خاک *(kPa)

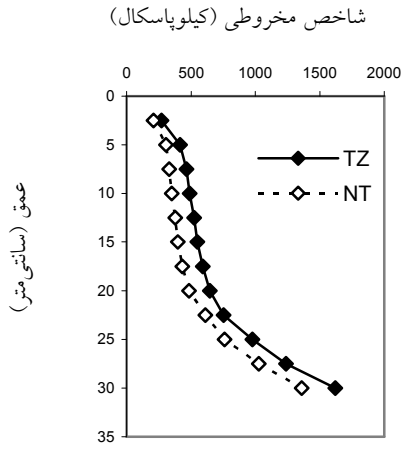
تیمارها و اثرات متقابل	شاخص مخروطی (کیلوپاسکال)			
	لایه اول	لایه دوم	لایه سوم	لایه چهارم
**J	۴۰۰ a	۵۰۸ a	۶۶۶ a	۱۲۱۳ a
R	۳۲۵ ab	۴۴۴ ab	۵۶۴ b	۱۲۹۹ a
MF	۲۹۹ b	۴۲۱ b	۵۶۷ b	۱۰۶۹ a
J×MP	۳۷۶ ab	۴۷۷ ab	۶۹۷ a	۱۲۳۲ ab
J×CP	۴۲۴ a	۵۳۹ a	۶۳۵ ab	۱۱۹۵ ab
R×MP	۳۲۵ ab	۴۰۳ b	۵۳۹ bc	۱۳۶۴ a
R×CP	۳۲۵ ab	۴۸۶ ab	۵۸۸ abc	۱۲۳۳ ab
MF×MP	۲۵۹ b	۳۸۵ b	۵۰۸ c	۹۱۹ b
MF×CP	۳۴۰ ab	۴۵۷ ab	۶۲۷ abc	۱۲۱۸ ab
J×TZ	۴۳۶ a	۶۰۴ a	۷۱۷ a	۱۳۳۳ a
J×NT	۳۶۴ ab	۴۱۲ bc	۶۱۴ ab	۱۰۹۴ ab
R×TZ	۳۵۴ abc	۴۹۲ b	۶۲۴ a	۱۲۵۵ ab
R×NT	۲۹۵ bc	۳۹۶ bc	۵۰۴ bc	۱۳۴۲ a
MF×TZ	۳۵۷ abc	۴۶۴ bc	۶۴۶ a	۱۲۴۷ ab
MF×NT	۲۴۲ c	۳۷۹ c	۴۸۸ c	۸۹۱ b
MP×TZ	۳۳۷ b	۴۷۱ b	۶۱۵ b	۱۳۰۳ a
MP×NT	۳۰۳ b	۳۷۲ c	۵۴۷ b	۱۰۴۰ a
CP×TZ	۴۲۸ a	۵۶۹ a	۷۱۰ a	۱۲۵۴ a
CP×NT	۲۹۸ b	۴۱۹ bc	۵۲۳ b	۱۱۷۷ a

* : در هر ستون و در هر گروه میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشابه می‌باشند، اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

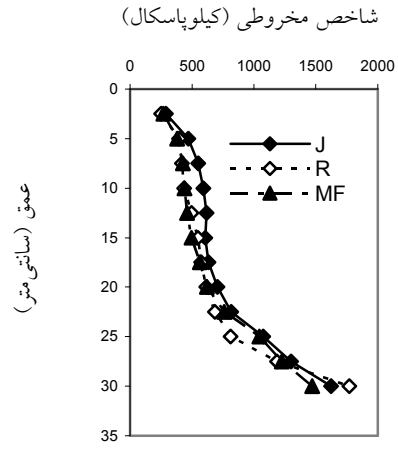
** : تراکتور جان دیر =J، تراکتور رومانی= R ، تراکتور مسی فرگوسن = MF ، خاک‌ورزی برگردان دار= MP ، خاک‌ورزی چیزل = CP ، محل تردد=TZ و محل بدون تردد= NT

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-12-21]

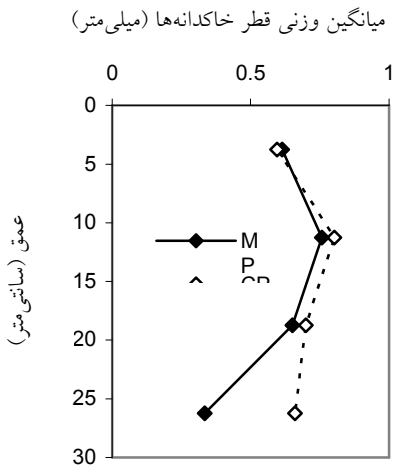
[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.38.7]



شکل ۵ . تغییرات شاخص مخروطی (CI) با عمق خاک در محل تردد (TZ) و عدم تردد (NT)



شکل ۶ . اثر سه نوع تراکتور جان‌دیر (J)، رومانی (R) و مسی‌فرگوسن (MF) برتغییرات شاخص مخروطی (CI) با عمق خاک در محل تردد



شکل ۷ . اثر سیستم‌های خاک‌ورزی برگردان‌دار (MP) و چیزل (CP) بر تغییرات میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها با عمق خاک در محل عدم تردد

پیوندهای بین ذرات کمتر شکسته می‌شود. برخی محققان (۲۳) دلیل بالا بودن MWD در سیستم CP را به بالا بودن ماده آلی در لایه سطحی در مقایسه با خاک‌ورزی MP نسبت داده‌اند. در لایه چهارم CP موجب افزایش معنی‌دار MWD نسبت به تیمار MP گردید (جدول ۳). با توجه به این‌که این لایه (۳۰-۲۲/۵ سانتی‌متری) در هیچ‌کدام از تیمارهای خاک‌ورزی به هم نخورده است، می‌توان دلیل کاهش MWD در این لایه مربوط به تیمار MP را به اثر تراکمی چرخ در شیار شخم نسبت داد. بدین ترتیب که تراکم موجب گردید که در این لایه فعالیت بیولوژیکی و نفوذ ریشه گیاهان کاهش یافته و در نتیجه پایداری خاکدانه‌ها در مقایسه با تیمار CP که در آن فعالیت بیولوژیکی و نفوذ ریشه گیاهان بیشتر است، کاهش یابد. اثر تراکتور بر MWD در لایه اول معنی‌دار نبود. اگر چه در لایه دوم هم میانگین MWD تفاوت معنی‌داری نداشت ولی تفاوت میانگین‌ها به ترتیب R > J > MF چشم گیر بود. با در نظر داشتن اثر تراکتورهای مختلف بر سایر ویژگی‌های فیزیکی خاک (همچون

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-12-21]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.38.7]

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های اثرات ساده و متقابل عوامل تراکتور، خاک‌ورزی و موقعیت نمونه‌برداری بر میانگین‌وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) *

تیمارها و اثرات متقابل	میانگین‌ورزی قطر خاکدانه‌ها(میلی‌متر)			
	لایه اول	لایه دوم	لایه سوم	لایه چهارم
**J	۰/۵۸۹ a	۱/۰۱۹ a	۰/۵۹۸ a	۰/۴۱۸ a
R	۰/۵۱۵ a	۰/۹۵۳ a	۰/۷۴۷ a	۰/۴۲۹ a
MF	۰/۷۱۴ a	۰/۸۳۰ a	۰/۶۱۰ a	۰/۴۹۷ a
J×MP	۰/۵۷۳ a	۰/۵۵۰ b	۰/۴۱۳ c	۰/۲۷۵ b
J×CP	۰/۶۰۵ a	۱/۴۸۸a	۰/۷۸۳ ab	۰/۵۶۲ a
R×MP	۰/۶۱۰ a	۰/۹۹۷ ab	۰/۹۰۷ a	۰/۴۳۸ ab
R×CP	۰/۴۲۰ a	۰/۹۰۸ ab	۰/۵۸۷ bc	۰/۴۲۰ ab
MF×MP	۰/۸۷۷ a	۰/۹۲۲ ab	۰/۴۸۵ bc	۰/۴۳۳. ab
MF×CP	۰/۵۵۲ a	۰/۷۳۸ ab	۰/۷۳۵ ab	۰/۵۶۰ a
J×TZ	۰/۵۷۰ ab	۱/۴۴۵ a	۰/۶۱۵ ab	۰/۳۷۰ b
J×NT	۰/۶۰۹ ab	۰/۵۹۳ b	۰/۵۸۲ b	۰/۴۶۷ ab
R×TZ	۰/۴۷۳ ab	۰/۵۶۳ ab	۰/۶۶۵ ab	۰/۳۵۸ b
R×NT	۰/۵۵۷ b	۱/۰۴۲ ab	۰/۸۲۸ a	۰/۵۰۰ ab
MF×TZ	۰/۷۷۸ a	۱/۱۲۰ ab	۰/۶۰۲ b	۰/۴۲۷ ab
MF×NT	۰/۶۵۰ ab	۰/۵۴۰ b	۰/۶۱۸ ab	۰/۵۶۷ a
MP×TZ	۰/۷۵۸ a	۱/۰۰۰ ab	۰/۵۵۰ a	۰/۴۰۱ b
MP×NT	۰/۶۱۶ ab	۰/۶۴۶ b	۰/۶۵۳ a	۰/۳۶۳ b
CP×TZ	۰/۴۵۷ b	۱/۲۸۶ a	۰/۷۰۴. a	۰/۳۶۹ b
CP×NT	۰/۵۹۵ ab	۰/۸۰۴ ab	۰/۶۹۹ a	۰/۶۵۹ a

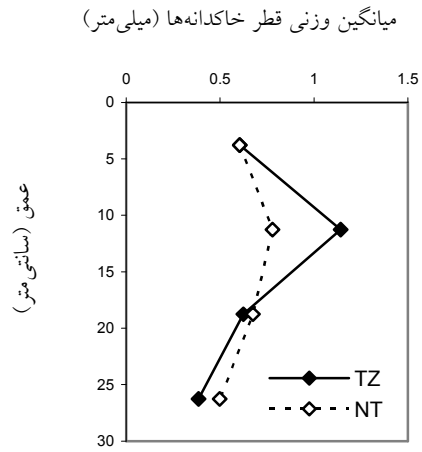
* : در هر ستون و در هر گروه میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشابه می‌باشند، اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪)

** : تراکتور جان دیر =J، تراکتور رومانی= R ، تراکتور مسی فرگوسن = MF ، خاک‌ورزی برگردان دار= MP ، خاک‌ورزی چیزل = CP ، محل تردد=TZ و محل بدون تردد= NT

K_s و تخلخل درشت) مشخص گردید که تراکتور R ساختمان بهتری نسبت به دو تراکتور J و MF ایجاد نمود زیرا که موجب افزایش شاخص پایداری ساختمان یعنی MWD نسبت به تراکتورهای دیگر شد. در لایه سوم تراکتور R افزایش معنی‌داری در MWD نسبت به دو تراکتور J و MF در سطح آماری ۵٪ ایجاد کرد. شاید دلیل دیگری که برای بالا بودن MWD در تراکتور R نسبت به J و MF مطرح کرد این است که تراکتور J به‌دلیل نیروی کششی بالا موجب تفکیک بیشتر ذرات و به‌دلیل وزن زیاد موجب تخریب پیوند خاک دانه‌ها در محل تردد چرخ شده و MWD را کاهش داده است. تراکتور MF به‌دلیل نیروی کششی پایین باعث لغزش چرخ‌ها در حین انجام عملیات خاک‌ورزی و از این طریق موجب تفکیک خاک دانه‌ها و کاهش MWD گردیده است. در مقابل تراکتور R با وزن کمتر از J و نداشتن لغزشی همانند MF موجب MWD بالاتری

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-12-21]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.38.7]



شکل۸. تغییرات میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها با عمق خاک در محل تردد (TZ) و عدم تردد (NT)

نسبت به دو تراکتور J و MF گردیده است (جدول ۳). در لایه چهارم با توجه به این‌که دست نخورده باقی‌مانده است، تفاوتی بین تراکتورها برای MWD مشاهده نگردید.

مقدار MWD در لایه اول در محل TZ و NT تقریباً یکسان بود که ممکن است ناشی از اثر تعدیل کنندگی یا کاهنده یخ‌زدگی بر تراکم خاک باشد (شکل ۸). آئورا (۸) نیز چنین نتیجه‌ای را گزارش کرده است. اثر تراکم در لایه دوم ذرات خاک را بیشتر به هم نزدیک کرد که شاید باعث خاکدانه‌سازی بیشتر در این عمق در محل تردد نسبت به محل عدم تردد گردیده است. اثر مشابهی توسط لیبیگ و همکاران (۲۲) گزارش شده است. این اثر در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. ولی در لایه‌های سوم و چهارم (۳۰-۱۵ سانتی‌متری) تفاوت معنی‌داری را نشان نداد.

نتیجه‌گیری

الف) سیستم‌های خاک‌ورزی اثرات معنی‌داری بر جرم مخصوص ظاهری و شاخص مخروطی خاک نداشتند و در لایه چهارم MWD در MP کمتر از CP بود.

ب) تردد چرخ‌ها موجب افزایش معنی‌دار شاخص مخروطی خاک در محل تردد چرخ نسبت به محل بدون تردد گردید. و هم‌چنین در محل تردد چرخ CP شاخص مخروطی خاک بیشتری نسبت به MP ایجاد کرد.

پ) تردد چرخ‌ها، در برخی از لایه‌ها موجب افزایش MWD گردید. در لایه اول اثرات یخ زدگی زمستانه موجب کم شدن تفاوت‌ها در محل تردد چرخ و عدم تردد چرخ گردید و هم‌چنین اثرات سیستم‌های خاک‌ورزی را نیز تحت تأثیر قرار داد.

ت) با بررسی اثر تراکتورهای مختلف بر ویژگی‌های فیزیکی خاک، تراکتور رومانی باعث تخریب کمتر ساختمان خاک نسبت به تراکتورهای جان دیر و مسی فرگوسن شد و افزایش عمق اثر تردد چرخ‌ها را کاهش داد. و به‌طور کلی روش‌های خاک‌ورزی موجب تغییر برخی از ویژگی‌های فیزیکی خاک گردید.

منابع مورد استفاده

۱. افیونی، م. و م. ر. مصدقی ۱۳۸۰. اثر روش‌های خاک‌ورزی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و حرکت برمید. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۵(۳): ۳۹-۵۳.

۲. حاج عباسی، م .ع.، آ. ف. میرلوحی و م. صدر ارحامی. ۱۳۷۸ . اثر شیوه‌های خاکورزی بر بعضی از ویژگی‌های فیزیکی خاک و عملکرد ذرت در مزرعه تحقیقاتی لورک. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۳(۳): ۱۳-۲۳.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-12-21]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.38.7]

۳. رفیع، م. ج. ۱۳۷۰. *فیزیک خاک* (ترجمه). چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران.

۴. محبوبی، ع. ا. و ع. ا. نادری. ۱۳۷۴. *فیزیک خاک کاربردی*. انتشارات دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان.

۵. مصدقی،م.ر.، م. افیونی و ع.همت .۱۳۸۰ . اثر دو شیوه خاک‌ورزی بربرخی ویژگی‌های فیزیکی خاک در کارولینای شمالی،آمریکا و مقایسه آن با شرایط ایران . هفتمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه شهرکرد.

6. Al-Adawi, S. S. and R. C. Reeder. 1996. Compaction and subsoiling effects on corn and soybean yields and soil physical properties. Trans. of the ASAE. 39(5): 1641-1649.
7. Alakukku, L. 1996. Persistence of soil compaction due to high axle load traffic. I. Short-term effects on the properties of clay and organic soils. Soil Till. Res. 37: 211-222.
8. Aura, E. 1983. Soil compaction by the tractor in spring and its effects on soil porosity. J. Sci. Agic. Soc. Finland 55: 91-107.
9. Blake, G. R. 1986. Bulk density. PP. 374-380. *In*: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 1, Physical and Mineralogical Methods. Agronomy Monogroph.
10. Blevins, R. L., G. W. Thomas, M. S. Smith, W. W. Frye and P. L. Cornelius. 1983. Changes in soil properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally tilled corn Soil and Till. Res. 3: 133-135.
11. Bradford, J. M. 1986. Penetrability. PP. 468-472. *In*: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 1, Physical and Mineralogical Methods. Agronomy Monograph.
12. Campbell, C. A. and W. Souster 1982. Loss of organic matter and potentially mineralizable nitrogen from Saskatchewan soils due to cropping. Can. J. Soil Sci. 62: 651-656.
13. Carter. M. R. 2000. Soil Sampling and Methods of Analysis. Canadian Society of Soil Science. 651-657.
14. Ellis, F. B., J. G. E. Elliot, B. T. Barnes and K. R. Howse. 1977. Comparison of driect drilling, reduced cultivation and ploughing on the growth of cereals. J. Agric. Sci. Camb. 89: 631-642.
15. Gajri, P. R., V. K. Arora, S. S. Prihar. 2002. Tillage for Sustainable Cropping. The Haworth Press Inc., New York.
16. Grevers, M. C. L. and A. A. Bomke. 1986. Tillage practices on a northern clay soil: Effect of sod breaking methods on crop production and soil physical properties. Can. J. Soil Sci. 66: 385-395.
17. Hajabbasi, M. A. and A. Hemmat. 2000. Tillage impacts on aggregate stability and crop productivity in a clay-loam soil in central Iran. Soil Till. Res. 56(3,4): 205-212.
18. Håkansson, I., W.B. Voorhees, P. Elonen, G.S.V. Raghavan , B. Lowery, A. L. M. Van Wijk, K. Rasmussen and H. Riley. 1987. Effect of high axle load traffic on subsoil compaction and crop yield in humid regions with annual freezing . Soil Till. Res. 10:259-268.
19. Hill, R. L. and R. M. Cruse. 1985. Tillage effect on bulk density and soil strength of two Mollisols. Soil Sci. Soc. Amer. J. 74: 1270-1273.
20. Kemper, W. D. and R. C. Rosenau. 1986. Aggregate stability and size distribution. PP: 425-442. *In*: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 1, 2nd ed., ASA, Madison, WI.
21. Lal, R., A.A. Mahboubi and N. R. Faussey. 1994. Long-term tillage and rotation effects on properties of a central Ohio Soil. Soil. Sci. Soc. Amer. J. 58: 517-522.
22. Leibig, M. A., A. J. Jones, L. N. Mielke and J. W. Doran. 1993. Controlled wheel traffic effects on soil properties in ridge till. Soil Sci. Soc. Amer. J. 57: 1061-1066.
23. Mahboubi, A. A. and R. Lal. 1998. Long-term tillage effects on changes in structural properties of two soils in Central Ohio. Soil Till. Res. 45: 107-118.
24. Mahboubi, A. A, R. Lal and N. R. Faussey. 1993. Twenty- eight years of tillage effects on two soils in Ohio. Soil. Sci. Soc. Amer. J. 57: 506-512.
25. Pagliai, M., M. Raglione, T. Panini, M. Maletta and M. Lamarca. 1995. The structure of two alluvial soils in Italy after 10 years of conventional and minimum tillage. Soil Till. Res. 34: 209-223.
26. Powers. D. H. and E. L. Skidmore. 1984. Soil structure as influenced by simulated tillage. Soil Sci. Soc. Amer. J. 48: 897-884.
27. Reynaldo, A. C. M. Stenbery, P. Nelson, T. Rydbery and I. Håkansson.1994. Soil and crop responses to different tillage systems. Soil Till. Res. 29: 335-355.
28. Slowinska, J. A. 1994. Changes in structure and physical properties of soil during spring tillage operations. Soil Till. Res. 29: 397-407.
29. Stelluti, M., M. Maiorana, D. de Giorgio. 1998. Multivariate approach to evaluate the penetrometer resistance in different tillage systems. Soil Till. Res. 46: 145-151.
30. Voorhees,W. B., C. G. Senst and W. W. Nielson. 1978. Compaction and soil structure modification by wheel traffic in the northern Corn Belt . Soil. Sci. Soc. Amer. J. 42: 344-349.
31. Voorhees, W. B., S. D. Evans and D. D. Warnes. 1985. Effect of preplant wheel traffic on soil compaction, water use, and growth of spring wheat . Soil Sci. Soc. Amer. J. 49: 215-220.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-12-21]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.38.7]