اثر بیست و هشت سال شخم برروی دونوع خاک در اهایو

علی اکبر محبوبی* - راتان لال **- نومن فوزی ***

بمنظور بررسی پاره‌ای از ویژگیهای فیزیکی خاک در سال ۱۹۹۰از آزمایشات طویل المدت شخم نمونه برداری شد. این آزمایشات در سال ۱۹۶۲ برروی خاک لوم سیلتی در وستر و چارلستن جنوبی اهایو بنیاد گردیده است. تیمارهای شخم عبارتند از : شخم برگردان (MP)، شخم با چیزل (CP) و بدون شخم (NT). ویژگیهای مورد مطالعه خاک عبارت بودند از :

کربن آلی ، ظرفیت تبادل یونی ، وزن مخصوص ظاهری ، وزن مخصوص حقیقی ، تخلخل ، میزان سفتی ، ضریب آبگذری ، ثبات خاکدانه‌ها و مشخصات رطوبتی خاک . میزان کربن آلی و CEC در تیمارهای بدون شخم بصورت معنی داری ($P=0.015$)نسبت به تیمارهای دیگر فزونی داشت ، در تیمارهای بدون شخم میزان وزن مخصوص ظاهری و سفتی خاک در منطقه چرخ خورده در ۱۵ سانتیمتر اول خاک بالا بود. در وستر میانگین وزن مخصوص ظاهری تیمار بدون شخم در منطقه چرخ خورده ۷% بیش از منطقه چرخ نخورده بود. این رقم در محل چارلستن ۸% مشاهده شد. سفتی خاک (میانگین دو محل) در منطقه چرخ خورده نسبت به منطقه چرخ نخورده ۷۶،۵۷و ۹۳% بترتیب در هر یک از تیمارهای بدون شخم . چیزل و برگردان دار افزایش نشان داد. در هر دو محل ضریب آبگذری به ترتیب NT>CP>MP مشاهده شد.

---

* دانشیار دانشگاه بوعلی سینا همدان

** استاد دپارتمان زراعت دانشگاه ایالتی اهایو

*** استاد دپارتمان مهندسی کشاورزی دانشگاه ایالتی اهایو

میانگین ضریب آبگذری محل چرخ خورده (میانگین دو محل) در تیماربدون شخم ۱۲% بیشتر از تیمارهای MP,CP بود. این مقدار در محل چرخ نخورده ۱۵%مشاهده شد. در تیمار بدون شخم درصد خاکدانه شدن و شاخص Yoder (MWD) بطور معنی داری (P=0.05) نسبت به دیگر تیمارها در هر دو محل برتری داشت . شاخص Deleenherr- De Boodt (DDI) به همانندی % خاکدانه شدن و MWD تمایل نشان داد. شاخص Henin در هریک از دو محل و منطقه به ترتیب MP>CP>NT مشاهده شد.

مقدمه :

در خلال سالهای ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ مفهوم خاک ورزی مورد نیاز تولید فراورده‌های گیاهی تغییرات قابل توجهی نموده است. نگرانیها در رابطه با حفظ انرژی و منابع طبیعی ضرورت استفاده از بعضی روشهای حداقل خاک ورزی و یاحتی روشهای تهیه بستر بذر بدون خاک ورزی را مورد تاکید قرار داده است.

اگرچه مطالعاتی چند، اثرات دراز مدت خاک ورزی مدام وتردد چرخ برروی ویژگیهای فیزیکی خاک را بررسی نموده است، لیکن نتایج حاصل از این مطالعات بعلت شرائط پیشین، ویژگیهای خاک ، آب و هوای غالب منطقه و طول مدت مطالعه ، اغلب ضدونقیض و گمراه کننده است. اثر قطعی روشهای خاک ورزی برروی ویژگیهای خاک تنها از طریق تجزیه‌های جامع و مستمر خاک تحت آزمایشات دراز مدت قابل مشاهده است.

بعضی از محققین از آزمایشات خود برروی خاکهای بابافت سنگین در خاک بدون خاک ورزی وزن مخصوص ظاهری بیشتری در قیاس با خاک تحت روشهای خاک ورزی مرسوم مشاهده کرده‌اند. (گروورزو با جک ۱۹۸۶، روس و همکاران ۱۹۸۸، لال و همکاران ۱۹۸۹، هرد و همکاران ،۱۹۸۸). در عین حال بعضی از محققین هم اختلاف ناشی از روشهای مختلف خاک ورزی را مشاهده کرده‌اند(بله دین و همکاران ، ۱۹۸۳، بادر و بلک ۱۹۸۱). در اهایو، ادوارد ۱۹۸۲، لال وون دورن ۱۹۹۰، شدت نفوذ پذیری بالاتری در تیمار بدون خاک ورزی در قیاس با تیمارهای تحت خاک ورزی مشاهده نمودند. بطور

مشابه داگلاس و همکاران ۱۹۸۰، در پلاتهای بدون خاک ورزی ضریب آبگذری بالاتری را در قیاس با پلاتهای تحت خاک ورزی مشاهده کردند. از سوی دیگر ، در مینوزتا ، لیندستروم و همکاران ۱۹۸۱، تفاوتی بین میانگین شدت نفوذپذیری در خاک تحت خاک ورزی و بدون آن مشاهده نکردند. برعکس کانت زر و بلک ۱۹۷۸ در پلاتهای بدون خاک ورزی ضریب آبگذری بالاتری در قیاس با پلاتهای با خاک ورزی گزارش نموده اند.

از مرور نتایج چنین استنباط میشود که اثر خاک ورزی برروی ویژگیهای فیزیکی خاک به عوامل چندی منجمله تفاوتهای پیشین ویژگیهای خاک وشرائط آب وهوائی ، تاریخچه مدیریت زراعی، نوع و میزان شخم بستگی دارد. علاوه براین عوامل فشردگی ناشی از تردد چرخ میتواند بطور معنی داری ویژگیهای ساختمان را تحت تاثیر قرار دهد(وورهیز و همکاران ۱۹۷۸، تاثیراتی که ممکن است علی الرغم خاک ورزی سالانه و یخ زدن و آب شدن باقی بماند وورهیز۱۹۸۳، وورهیز و لیندستروم ۱۹۸۴، نشان دادند که تردد چرخ ممکن است موجب محو هرگونه تغییرات بین تیمارهای خاک ورزی گردد. بنابراین اهمیت دادن به تاثیرات فشردگی ناشی از تردد چرخ در تبیین هرگونه علت و اثر روابط بین روشهای خاک ورزی و ساختمان خاک با قابلیت خاک برای رشد گیاه ممکن است ضروری باشد. بعضی از پژوهشگران اثر معنی دار تردد چرخ برروی فشردگی خاک و ویژگیهای فیزیکی خاک را نشان داده اند(لال و همکاران ۱۹۸۹، وورهیز،۱۹۸۳).

این مطالعه اثرات ۲۸ سال متوالی سه روش خاک ورزی که برای کشت مداوم ذرت انجام میشده است را برروی ویژگیهای فیزیکی دو خاک لوم سیلتی در مرکز اهایو بررسی نموده است ، اندازه‌گیریهای خاک طوری انجام گرفته است که اثرات تخریبی خاک ورزی بر ویژگیهای خاک در دو منطقه تردد چرخ و ردیف (چرخ نخورده) تعیین گردد.

مواد و روشها :

تجزیه ویژگیهای فیزیکی خاک برروی نمونه برداریهای انجام شده در سال۱۹۹۰-۹۱صورت گرفت. این نمونه‌ها از آزمایشات دراز مدت خاک ورزی

که در سال ۱۹۶۲ در ووستر و چارلستون جنوبی در اهایو آغاز شده بدست آمد. شرح مختصری از مشخصات هر دو محل که شامل کاربری پیشین میباشد در جدول شماره ۱ آمده است. خاک در ایستگاه ووستر بعنوان لوم سیلتی ووستر طبقه بندی شده است که عبارت از Fine mixed mesic family of Typic Fragiudalfs میباشد. این خاک دارای نیمرخ عمیق و زهکشی خوب و عمدتا" از رسوبات یخچالی تشکیل شده است.

لایه سطحی ۰-۱۵ سانتیمتری ، یک خاک لوم سیلتی کم و بیش نرم با ساختمان دانه دانه میباشد. لایه ۲۵-۱۵ سانتیمتری ، یک خاک لوم سیلتی برنگ روشن قهوه‌ای مایل به زرد و دارای ساختمان صفحه‌ای کم و بیش نازک است. قبل از آغاز آزمایش دراز مدت خاک ورزی در سال ۱۹۶۲ در ایستگاه ووستر علف چمنی بمدت ۶ سال کاشته شد(شیب ۲/۵ تا ۴ درصد). میزان مواد آلی اولیه این ایستگاه در لایه ۲۲/۵-۰ سانتیمتری ۱/۴ درصد بود.

آزمایش دراز مدت خاک ورزی در چارلستون جنوبی برروی خاکهای سری کرازبی (crosby) صورت گرفت که بعنوان Fine mixed mesic family of Arick Ochraqualfs طبقه بندی شده است. لایه سطحی ۲۲-۰ سانتیمتری لوم سیلتی قهوه‌ای مایل به خاکستری دارای ساختمان توده‌ای که به خاکدانه‌های درشت و شکننده شکسته میشود. لایه ۲۸-۲۲ سانتیمتری دارای رگه‌های مشخص‌هستند و دارای ساختمان نرم شبه کروی (sub-angular blocky) میباشد. قبل از آغاز آزمایش دراز مدت خاک ورزی در سال ۱۹۶۲، تناوب ذرت - سویا بمدت ۶ سال برپایه روش شخم و هرس دیسک اجرا شد. میزان مواد آلی اولیه در لایه ۲۲-۰ سانتیمتری ۱٪ بود(دیک و همکاران ۱۹۹۱) در هر دو ایستگاه سه تیمار خاک ورزی بشرح زیر اجرا شد :

۱- شخم با گاو آهن برگردان دار (MP) : این تیمار که بهار در ووستر و پائیز در چارلستون جنوبی اجرا شده عبارت از برگرداندن کامل بقایای گیاهی تا عمق ۲۵-۲۰ سانتیمتری میباشد. علاوه براین حداقل دو خاک ورزی ثانوی در بهار به عمق ۱۰سانتیمتر با استفاده از دیسک بمنظور تهیه بستر بذرقبل از کاشت صورت گرفت .

۲- شخم با گاو آهن چیزل (CP): این تیمارشخم با گاو آهن چیزل تا عمق ۳۰ سانتیمتر در پائیز میباشد. قبل از کشت همچگونه خاک ورزی

ثانویه در زمین انجام نگرفته و بذر ذرت مستقیما" در زمین چیزل خورده کشت میشود. این تیمار بطور پیوسته از ۱۹۶۲تا ۱۹۸۱ ادامه داشت. از سال ۱۹۸۲ تا ۱۹۸۴ کرتهای CPدر ووستر تا عمق ۳۵ سانتیمتری شخم پارا (Para Plow) زده شد. از سال ۱۹۸۵ در هر دو محل با استفاده از گاوآهن چیزل بازو پیچیده تا عمق ۲۵-۲۰ سانتیمتری همزمان با تیمار MP شخم زده شد.

۳- بدون شخم (NT): کشت مستقیما" در خاک دست نخورده بدون هیچگونه خاک ورزی صورت گرفت. از یک بذرکار بدون شخم برای کشت در تمام تیمارها استفاده شد. تمام تیمارها چهار بار در یک طرح آزمایشی بلوکهای کامل تصادفی تکرار شد. جمعا"۱۲ کرت وجود داشت. کرتهادر ووستر با ابعاد ۳۷×۸/۴ متر(با شیب ۴/۵-۲/۵%) و در چارلستون جنوبی با ابعاد ۵×۶۱ (با شیب ۱%) بود. سایر جزئیات دو محل و وستر و چارلستون جنوبی به ترتیب توسط ون دورن و همکاران (۱۹۷۷)و دیک و همکاران (۱۹۸۶) شرح داده شده است.

نمونه‌های خاک از عمق ۱۵-۰ سانتیمتری پس از برداشت محصول و قبل از شخم پائیزه تیمار برداشته شد. نمونه‌های دست نخورده از سه محل در هر کرت گرفته شده و باهم ترکیب شد. برای تجزیه و تحلیل مشخصات فیزیکی خاک نمونه‌های جداگانه از دو منطقه تردد چرخ (TZ) و ردیف (RZ) گرفته شد.

برای تجزیه و تحلیل ویژگیهای کربن آلی (OC) و ظرفیت تبادل یونی (CEC) نمونه‌های گرفته شده از RZ وTZ ترکیب شد. وزن مخصوص ظاهری خاک (ρ_b) با روش نمونه استوانه‌ای از طریق گرفتن نمونه‌هائی بقطر و عمق ۷/۵سانتیمتر از لایه ۱۵-۱۰ سانتیمتری در هر دو منطقه (اندازه گیری شد(بلک ،۱۹۶۵). از هر کرت دو نمونه از RZ وTZ به فاصله نزدیک از هم گرفته شد. وزن مخصوص حقیقی(ρ_s) با استفاده از یک پیکنومتر اتوماتیک چند حجمی مدل ۱۳۰۵ مارک Micro merites تعیین شد. با این حال برای تعیین ρ_s نمونه‌های گرفته شده از TZ و RZ ترکیب شد. رطوبت مشخصه خاک از نمونه‌های استوانه‌ای دست نخورده خاک با استفاده از ترکیب صفحه فشار (کلمنت،۱۹۶۶) و دستگاه استخراج کننده میزمکش (ASA ،۱۹۸۶) بدست آمد. نگهداری رطوبت در مکش ۱/۵MPa برروی نمونه خاک

نرم (گروه ذرات کوچکتر از ۲ میلی متر) تعیین شد.سفتی خاک (PR) در سطح خاک مناطق TZ و RZ با استفاده از نفوذ سنج (Penetrometer)معین شد. نفوذ سنج دارای مخروط 30° بطول ۵۴ میلی متر و قطر قاعده بزرگ ۲۸/۵میلی متر بود. بافت خاک با هیدرومتر بایکاس (بایکاس ،۱۹۵۱)اندازه‌گیری شد.

ضریب آبگذری اشباع برروی نمونه‌های استوانه‌ای دست نخورده با استفاده از روش بارثابت آب (سامرفلت و همکاران ۱۹۸۴)تعیین شد. OC با روش احتراق مرطوب و CEC از طریق مجموع کاتیونهای قابل استخراج در محلول ۱ نرمال (NH4OAC) مشخص شد. ثبات ساختمان خاکدانه‌ها برروی نمونه‌های دارای اندازه ۸-۵ میلی متر به روشهای زیر معین شد:

الف - روش الک مرطوب یودر،۱۹۳۶: ۵۰ گرم از خاکدانه‌های ۸- ۵ میلی متری خشک شده در هوا بطور مکانیکی بمدت ۳۰ دقیقه تحت نوساناتی با شدت ۳۰ نوسان در دقیقه قرار گرفت. این شاخص که وزن قطر میانگین (MWD) نامیده میشود در معادله ۱ نشان داده شده است که در آن Xi قطر متوسط هر یک از n اندازه گروه ذرات و Wi وزن کل نمونه هر گروه از اندازه‌هاست .

معادله ۱

$$MWD=\sum_{i=1}^{n} xi\ Wi$$

ب - شاخص دولینهیر- دوبوت ،۱۵۹۸: ۵۰ گرم دیگر از خاکدانه‌ها را ابتدابا قطرات آب فرو ریخته از ارتفاع ۰/۵ متر خیس کرده سپس در مجاورت محلول یک نرمال H2SO4 در یک دسیکاتور بمدت ۲۴ ساعت جهت حصول تعادل قرار داده شد. خاکدانه‌های به تعادل رسیده طبق روش یودر (۱۹۳۶) الک تر شدند. این شاخص که DDI نامیده میشود نیز براساس معادله ۱ محاسبه شد.

ج - شاخص هنین و همکاران (۱۹۵۸): ۵۰ گرم دیگر از خاکدانه‌ها به ترتیب در آب ، اتانول و بنزن تحت الک تر قرار گرفت. این شاخص که HI نامیده میشود در معادله ۲ تعریف میشود.

$$HI=(A+L)max\ /[(Ws+Es+Bs)/3]-0.98\ *\ S.G.$$

که در آن :

(A+L)max=حداکثر گروه رس و سیلت (کوچکتر از ۰/۰۵ میلیمتر)

Ws+Es+Bs= مجموع درصد خاکدانه‌های باثبات بزرگتر از ۰/۲۵ میلی متر حاصل از الک تر در آب (Ws)، الکل (Es) و بنزن (Bs)

S.G= درصد شن درشت است.

نتایج از نظر آماری برای بدست آوردن Anova در چارچوب یک طرح بلوکهای کامل تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث :

نتایج تجزیه خاک ارائه شده در اینجا منعکس کننده اثرات یک دوره ۲۸ ساله است که در آن خاک ورزی های مختلف بطور پیوسته در همان محل ها با تغییراتی جزئی اجرا شده است. ویژگیهای پیشین خاک و موارد استفاده آن در جدول شماره (ارائه شده است . خاک لوم سیلت و وستر کربن آلی ، میزان شن ، ضریب آبگذری اشباع و ظرفیت آب قابل استفاده بالاتری در مقایسه با لوم سیلت کرازبی، داشته است. برعکس خاک لوم سیلت کرازبی ، دارای رس بیشتری از لوم سیلت و وستر است. این تفاوتهای قدیمی و ویژگیها ممکن است ناشی از تفاوتهای سوابق زراعت در آنها باشد بعنوان مثال ۶ سال علف مرتعی در محل ووستر در مقایسه با ۶ سال تناوب ذرت - سویا در محل چارلستون جنوبی.

کربن آلی (OC) و ظرفیت تبادل یونی (CEC):

روشهای خاک ورزی تاثیرات معنی داری برروی ویژگیهای شیمیائی خاک داشت (جداول ۲ و ۳). OC خاک بطور معنی داری تحت تاثیر روش خاک ورزی بود و همچنین اثر متقابلی بین روشهای خاک ورزی محل مشاهده شد. (جدول ۳). درک این نکته مهم است که سطوح قبلی کربن آلی در دو محل متفاوت بود یعنی ۱٪ در چارلستون جنوبی و ۱/۴٪ در ووستر. با

اینحال پس از ۲۸ سال تفاوت معنی دار از نظر محتوای کربن آلی خاک بین دو محل وجود نداشت. کربن آلی خاک در لایه ۱۵-۰ سانتیمتری دارای ترتیب NT>CP>MP بوده و در هر دو محل تفاوتهای معنی دار بین تیمارها وجودداشت. میانگین OC در دو محل در تیمار NT ۸۵٪ بیش از تیمار CP و ۱۶۳٪ بیش از تیمار MP بود. گرچه روندهای کلی مشابه بود، لیکن میزان اثرات خاک ورزی بر OC خاک در دو محل تفاوت داشت.

تیمارهای MP دارای اثرات مشابه و نشان دهنده کمترین سطح OC در دو ایستگاه بود. در مقابل تفاوتهای معنی داری از نظر محتوای OC در دو محل در تیمارهای CP و NT مشاهده شد. تیمارNT دارای OC خاک بالاتر در چارلستون جنوبی در قیاس با ووستر و تیمار CP دارای OC خاک بالاتر در ووستر در قیاس با چارلستون جنوبی بود.

ارقام مربوط به CEC نیز روند مشابهی با OC خاک نشان داد. CEC بطرز معنی داری تحت تاثیر روشهای خاک ورزی و محل قرار گرفته و همچنین اثر متقابل خاک ورزی و محل مشاهده شد(جدول ۳). در هر دو محل در تیمارهای بدون شخم CEC بطرز معنی داری بیشتر از CEC در تیمارهای CP وMP بود(جدول ۳). میانگین CEC در دو محل در کرتهای NT ۲۶٪ بیش از تیمارCP و ۲۵٪ بیش از تیمار MP بود. این نتایج مشابه نتایج حاصل از خاکهای دارای بافت درشت مناطق استوائی است که در آنها تیمار بدون شخم سبب افزایش CEC افق سطحی خاک شد(لال ۱۹۸۲). در محل ووستر CEC نیز بطرز معنی داری در تیمار CP بیش از تیمار MP بود. میانگین CEC در لایه ۱۵-۰ سانتیمتری در تیمار CP۱۵٪ بیش از تیمار MP بود. در مقابل در محل چارلستون جنوبی میانگین CEC در تیمار CP۱۲٪ کمتر از تیمار MP بود. بدون توجه به تفاوت معنی دار آماری میزان تغییرات حاصله از شخم در CEC زیاد بود. شخم مداوم در طول ۲۸ سال بطور وضوح CEC لایه ۱۵-۰ سانتیمتر را کاهش داد. تفاوتهای معنی داری نیز از نظر CEC بین دو محل مشاهده شد. بدون درنظر گرفتن تیمارهای خاک ورزی CEC در محل ووستر بنحو معنی داری پائین تر از CEC در محل چارلستون جنوبی بود. با اینحال تفاوتهای موجود از نظر CEC در بین دو محل در تیمارهای NT وMP بارزتر از تیمار CP بود.

وزن مخصوص ظاهری :

Anova برای ویژگیهای فیزیکی خاک در جدول شماره ۴ نشان داده شده است . وزن مخصوص ظاهری خاک بطرز معنی داری تحت تاثیر تیمار خاک ورزی منطقه تردد چرخ قرار داشت (جداول ۴ و ۵). وزن مخصوص ظاهری خاک در TZ در هیچیک از دو محل تاثیر زیادی از روش خاک ورزی نسپذیرفت. فشردگی حاصل از حرکت چرخ عامل اصلی در به حداقل رساندن اثر روشهای خاک ورزی بروزن مخصوص ظاهری بود. با این وجود کمترین وزن مخصوص ظاهری درTZ در هر دو محل در تیمارCP مشاهده شد.

در قیاس با TZ، روشهای خاک ورزی اثر عمده‌ای بروزن مخصوص ظاهری در RZ داشت. کمترین وزن مخصوص ظاهری در RZ در هر دو محل در مورد تیمار MP و بیشترین وزن مخصوص ظاهری در مورد تیمار NT مشاهده شد. در هر دو محل میانگین وزن مخصوص ظاهری (متوسط سه تیمار)درTZ۱% بیش از RZ (۱/۴ در مقابل $1/3 mg\ m^{-3}$) اندازه گیری شد. این نتایج مربوط به اثر شخم و تردد چرخ بر وزن مخصوص ظاهری شبیه نتایجگزارش شده توسط وورهیز و لیندستروم (1984) گرورز، بامک (1984) لال و دیکران (1984) میباشد. علیرغم تاثیر بسیار معنی دار منطقه تردد چرخ بر وزن مخصوص ظاهری ، اثر متقابل خاک ورزی و منطقه تردد چرخ معنی دار نبود.

وزن مخصوص حقیقی :

وزن مخصوص حقیقی از نمونه‌های ترکیبی بدست آمده از دو منطقه تردد چرخ و ردیف حاصل شد. Anova اثر معنی داری را برای روش خاک ورزی نشان داد. همچنین اثر متقابل بین محل و روش خاک ورزی مشاهده شد (جدول ۴).

آمار جدول ۵ نشان میدهد که در هر دو محل وزن مخصوص حقیقی (ρ_s) بطرز معنی داری (P =۰/۰۵) در تیمار MP در مقایسه با سایر تیمارها بالاتراست . وزن مخصوص حقیقی نسبتا "پائین در تیمار بدون شخم در

مقایسه با سایر تیمارهای خاک ورزی را میتوان به میزان بالای کربن آلی در این تیمار ارتباط داد. در ووستر تفاوتی بین میانگین وزن مخصوص حقیقی تیمارهای خاک ورزی مشاهده نشد. در چارلستون جنوبی میانگین وزن مخصوص حقیقی لایه ۱۵-۰ سانتیمتر در تیمارهای MP و CP ۴% بیش از تیمار بدون شخم بود. (۲/۶ در مقابل $Mg\ m^{-3}$ ۲/۵)، در کرتهای MP وزن مخصوص حقیقی در چارلستون جنوبی اندکی بیش از ρ_s در ووستر بود.

تخلخل :

Anova در مورد تخلخل بنحو قابل پیش بینی شبیه به Anova در مورد وزن مخصوص ظاهری بود (جدول ۴). اثر روشهای خاک ورزی بر تخلخل خاک در لایه ۱۵-۰ سانتیمتری نیز در ارقام جدول ۵ نشان داده شده است. در TZ در هر دو محل تخلخل دارای ترتیب CP>MP>NT بود. در دو محل تفاوت معنی دار از نظر تخلخل بین تیمارهای MP و NT وجود داشت.

در دو محل تخلخل در RZ بطرز معنی داری در MP بیش از سایر تیمارهای خاک ورزی بود. میانگین تخلخل (متوسط دو محل) در مورد TZ در کرتهای NT ۸% کمتر از CP و ۴% کمتر از MP بوده و در مورد RZ میانگین تخلخل NT ۷% کمتر از تیمارهای CP و MP بود.

در مورد RZ این ارقام به ترتیب ۲% و ۷% بود. این نتایج با آنچه توسط روس و همکاران (۱۹۸۸) گزارش شده توافق دارد. علیرغم اثر بسیار معنی دار منطقه تردد چرخ بر تخلخل ، اثر متقابل خاک ورزی و منطقه (Z) معنی دار نبود.

مقاومت در مقابل نفوذ (PR) یا سفتی خاک :

PR بطرز معنی داری تحت تاثیر چهار عامل قرار داشت : روشهای خاک ورزی ، منطقه تردد، تخلخل و اثر متقابل خاک ورزی و محل (جدول ۴). در کرتهای NT در ووستر، PR بطرز معنی داری در TZ بالاتر از RZ بود.

(جدول ۵). CP در مقایسه با NT سبب کاهش PR بمیزان ۴۱٪ در TZ و ۷۱٪ در RZ شد. ارقام مشابه مربوط به MP بترتیب ۳۲٪ و ۶۱٪ در TZ و PR بود. در کرتهای NT در چارلستون جنوبی PR بطرز معنی داری بیش از سایر تیمارهای خاک ورزی در دو منطقه بود. در قیاس تیمارهای NT و CP در چارلستون جنوبی CP بترتیب سبب کاهش PR بمیزان ۴۶٪ و ۵۰٪ در TZ و RZ شد. ارقام مشابه در مورد MP بترتیب ۵۰٪ و ۸۰٪ در TZ و RZ بود. در RZ میانگین PR(میانگین دو محل) در کرتهای NT۴۴٪ بیش از PR در تیمارهای CP و MP بود. ارقام مشابه در RZ بترتیب ۵۹٪ و ۷۴٪ بیش از PR در تیمارهای CP و MP بود. بدون در نظر گرفتن تیمار خاک ورزی در TZ بطرز معنی داری (P=۰/۱) بیش از RZ بود. افزایش PR (میانگین دو محل) در مورد TZ در قیاس با RZ بترتیب بمیزان ۵۶٪ ،۷۳٪ و ۸۸٪ در تیمارهای MP,CP,NT مشاهده شد. تفاوت معنی دار در PR دو منطقه مربوط به اثر حرکت چرخهاست. این نتایج شبیه گزارشات سوان و پی جن (۱۹۷۵)، پی جن و سوان (۱۹۷۷) ، لال و همکاران (۱۹۸۹)، لینکرو فولتم (۱۹۹۰)، لیندستروم و وورهیز (۱۹۸۴) میباشد.

دانه‌بندی و ثبات خاکدانه‌ها:

Anova برای WSA ، MWD و DDI در جدول ۴ نشان دهنده اثرات معنی دار روشهای خاک ورزی برمشخصات ساختمانی است. در دو محل و دو منطقه درصد دانه‌بندی ، وزن قطر میانگین (MWD) و شاخص (DDI) برای لایه سطحی ۱۵-۰ سانتیمتر (جدول ۶) بطرز معنی داری (P =۰/۰۵) در NT بالاتراز CP و MP بود. تفاوت معنی داری بین تیمارها در دو محل مشاهده نشد. درصد دانه‌بندی در TZ نشان دهنده دانه بندی بیشتر (متوسط دو محل) در تیمار NT (۴۷/۷) در قیاس با تیمارهای MP و CP بود(۲۷/۵). ارقام مشابه برای RZ ۵۲/۸ در مقابل ۲۶/۷ درصد بود. بهمین ترتیب متوسط MWD در TZ در دو محل در تیمار NT ۱۱۴٪ بیش از تیمارهای MP و CP بود(۱/۳۴ در مقابل ۰/۶۳ میلیمتر). رقم مشابه در مورد RZ ۱۳۸٪ بود(۱/۵ در مقابل ۰/۶۳ میلیمتر). داده‌های مربوط به DDI نیز روندهای مشابه با درصد دانه‌بندی و MWD نشان

داد. میانگین DDI در TZ در دو محل در تیمار NT٪۷۲ بیش از تیمارهای MP و CP بود. (۲/۴۵ در مقابل ۱/۶۰). ارقام مشابه در مورد RZ ۵۳٪ بود (۲/۳ در مقابل ۱/۵). این نتایج گزارشهای قبلی توسط لال و همکاران (۱۹۸۹) را تائید میکند. ارقام جدول ۳ موید این نکته است که شاخص HI در ووستر در هر دو منطقه در تیمار MP بطرز معنی داری (P=۰/۰۵) بالاتر از تیمار NT بود. در چارلستون جنوبی این موضوع فقط در منطقه RZ صادق بود. ترتیب شاخص HI در دو محل و دو منطقه MP>CP>NT بود در حالیکه در دو محل تفاوتهای معنی دار بین تیمارهامشاهده شد. میانگین HI(متوسط دو محل) در TZ مربوط به تیمارهای MP و CP ۲۶۲٪ بیش از این میانگین در تیمارهای NT بود. (۱۸/۴۵ در مقابل ۵/۱). ارقام مشابه برای RZ٪۲۳۲ بود (۱۵/۴۵ در مقابل ۴/۶۵). محتوای بالاترOC و بهم نخوردن خاک در تیمار NT ممکن است مسئول درصد دانه‌بندی بالاتر، MWD و DDI بیشتر و HI کمتر در قیاس با تیمار MP باشد.

ضریب آبگذری (Ks):

تاثیرات تیمارهای خاک ورزی بر ضریب آبگذری اشباع (Ks) لایه ۱۵-۰ سانتیمتری خاک در جدول ۷ آمده است. همانطور که انتظار میرفت تیمارهای خاک ورزی MP و CP سبب کاهش Ks در هر دو محل شد. میانگین Ks (متوسط TZ و RZ) برای ووستر و چارلستون جنوبی بترتیب ۳/۳۶ و md^{-1} ۳/۰۶ بود. Ks قبلی در این دو محل بترتیب ۱۴/۴ و md^{-1} ۴/۸ بود. بنابراین کشت مداوم باعث کاهش Ks حتی در منطقه ردیف شد. Ks اشباع دارای ترتیب NT>CP>MP بوده هیچگونه تفاوت معنی دار بین تیمارها در دو محل مشاهده نشد. در دو محل در کرتهای NT در منطقه RZ و در چارلستون جنوبی در منطقه TZ میزان Ks بطور معنی دار بالاتر از ضریب آبگذری اشباع در تیمارهای CP,MP بوده در TZ میانگین Ks(متوسط دو محل) در کرتهای NT حدود ۱۲ برابر این عامل در MP و CP اندازه گیری شد. ارقام مشابه در RZ حدود ۱۵ برابر بود. میانگین Ks(متوسط دو محل) در TZ مربوط به کرتهای بدون شخم ۱۲۰٪ کمتر ازاین میانگین در RZ مشاهده شد. ارقام

(جدول ۵). CP در مقایسه با NT سبب کاهش PR بمیزان ۴۱٪ در TZ و ۷۱٪ در RZ شد. ارقام مشابه مربوط به MP بترتیب ۳۲٪ و ۶۱٪ در TZ و PR بود. در کرتهای NT در چارلستون جنوبی PR بطرز معنی داری بیش از سایر تیمارهای خاک ورزی در دو منطقه بود. در قیاس تیمارهای NT و CP در چارلستون جنوبی CP بترتیب سبب کاهش PR بمیزان ۴۶٪ و ۵۰٪ در TZ و RZ شد. ارقام مشابه در مورد MP بترتیب ۵۰٪ و ۸۰٪ در TZ و RZ بود. در RZ میانگین PR(میانگین دو محل) در کرتهای NT ۴۴٪ بیش از PR در تیمارهای CP و MP بود. ارقام مشابه در RZ بترتیب ۵۹٪ و ۷۴٪ بیش از PR در تیمارهای CP و MP بود. بدون در نظر گرفتن تیمار خاک ورزی در TZ بطرز معنی داری ($P=0/1$) بیش از RZ بود. افزایش PR (میانگین دو محل) در مورد TZ در قیاس با RZ بترتیب بمیزان ۵۶٪ ،۷۳٪ و ۸۸٪ در تیمارهای MP,CP,NT مشاهده شد. تفاوت معنی دار در PR دو منطقه مربوط به اثر حرکت چرخهاست. این نتایج شبیه گزارشات سوان و پی جن (۱۹۷۵)، پی جن و سوان (۱۹۷۷) ، لال و همکاران (۱۹۸۹)، لینگرو فولتم (۱۹۹۰)، لیندستروم و وورهیز (۱۹۸۴) میباشد.

دانه‌بندی و ثبات خاکدانه‌ها :

Anova برای WSA ، MWD و DDI در جدول ۴ نشان دهنده اثرات معنی دار روشهای خاک ورزی برمشخصات ساختمانی است. در دو محل و دو منطقه درصد دانه‌بندی ، وزن قطر میانگین (MWD) و شاخص (DDI) برای لایه سطحی ۱۵-۰ سانتیمتر (جدول ۶) بطرز معنی داری ($P=0/05$) در NT بالاتراز CP و MP بود. تفاوت معنی داری بین تیمارها در دو محل مشاهده نشد. درصد دانه‌بندی در TZ نشان دهنده دانه بندی بیشتر (متوسط دو محل) در تیمار NT (۴۲/۷) در قیاس با تیمارهای MP و CP بود (۲۷/۵). ارقام مشابه برای RZ ۵۲/۸ در مقابل ۲۶/۷ درصد بود. بهمین ترتیب متوسط MWD در TZ در دو محل در تیمار NT ۱۱۴٪ بیش از تیمارهای MP و CP بود (۱/۳۴ در مقابل ۰/۶۳ میلیمتر). رقم مشابه در مورد RZ ۱۳۸٪ بود (۱/۵ در مقابل ۰/۶۳ میلیمتر). داده‌های مربوط به DDI نیز روندهای مشابه با درصد دانه‌بندی و MWD نشان

داد. میانگین DDI در TZ در دو محل در تیمار NT۲۲% بیش از تیمارهای MP و CP بود. (۲/۴۵ در مقابل ۱/۶۰). ارقام مشابه در مورد RZ ۵۳% بود (۲/۳ در مقابل ۱/۵). این نتایج گزارشهای قبلی توسط لال و همکاران (۱۹۸۹) را تائید میکند. ارقام جدول ۳ موید این نکته است که شاخص HI در ووستبر در هر دو منطقه در تیمار MP بطرز معنی داری (P=۰/۰۵) بالاتر از تیمار NT بود. در چارلستون جنوبی این موضوع فقط در منطقه RZ صادق بود. ترتیب شاخص HI در دو محل و دو منطقه MP>CP>NT بود در حالیکه در دو محل تفاوتهای معنی دار بین تیمارها مشاهده شد. میانگین HI(متوسط دو محل) در TZ مربوط به تیمارهای MP و CP ۲۶۲% بیش از این میانگین در تیمارهای NT بود. (۱۸/۴۵ در مقابل ۵/۱). ارقام مشابه برای RZ۲۳۲% بود (۱۵/۴۵ در مقابل ۴/۶۵). محتوای بالاتر OC و بهم نخوردن خاک در تیمار NT ممکن است مسئول درصد دانه‌بندی بالاتر، MWD و DDI بیشتر و HI کمتر در قیاس با تیمار MP باشد.

ضریب آبگذری (Ks):

تاثیرات تیمارهای خاک ورزی بر ضریب آبگذری اشباع (Ks) لایه ۱۵-۰ سانتیمتری خاک در جدول ۷ آمده است. همانطور که انتظار میرفت تیمارهای خاک ورزی MP و CP سبب کاهش Ks در هر دو محل شد. میانگین Ks (متوسط TZ و RZ) برای ووستر و چارلستون جنوبی بترتیب ۳/۳۶ و md^{-1} ۳/۰۶ بود. Ks قبلی در این دو محل بترتیب ۱۴/۴ و md^{-1} ۴/۸ بود. بنابراین کشت مداوم باعث کاهش Ks حتی در منطقه ردیف شد. Ks اشباع دارای ترتیب NT>CP>MP بوده هیچگونه تفاوت معنی دار بین تیمارها در دو محل مشاهده نشد. در دو محل در کرتهای NT در منطقه RZ و در چارلستون جنوبی در منطقه TZ میزان Ks بطور معنی دار بالاتر از ضریب آبگذری اشباع در تیمارهای CP,MP بوده در TZ میانگین Ks(متوسط دو محل) در کرتهای NT حدود ۱۲ برابر این عامل در MP و CP اندازه گیری شد. ارقام مشابه در RZ حدود ۱۵ برابر بود. میانگین Ks(متوسط دو محل) در TZ مربوط به کرتهای بدون شخم ۱۲۰% کمتر از این میانگین در RZ مشاهده شد. ارقام

مشابه در کرتهایMP و CP ۷۶% بود. Ks بالاتر در تیمار NT در مقایسه با تیمارهای MP وCP را میتوان بسبب سوراخهای کرم خاکی و نقبهای پایدار از منشاء بیولوژیکی دانست. سوراخهای نسبتا" بزرگ و فعالیت کرم خاکی بوضوح در کرتهای بدون شخم قابل مشاهده بود.

رطوبت مشخصه خاک :

Anova مربوط به رطوبت مشخصه خاک در جدول ۸ آمده است. نگهداری رطوبت تحت مکشهای مختلف وAWC بطرز معنی دار متاثر از تیمارهای خاک ورزی بود. همچنین اثر متقابل معنی داری بین تیمار خاک ورزی و منطقه تردد چرخ وجود داشت. آثار روشهای خاک ورزی بر رطوبت مشخصه خاک لایه ۱۵-۰ سانتیمتر در جدولهای ۹ و ۱۰ نشان داده شده است. در TZ در هیچیک از دو محل روشهای خاک ورزی اثری بر نگهداری رطوبت نداشت. در RZ خاک کرتهای NT تحت همه فشارهای مکش رطوبتی بیش از سایر تیمارها رطوبت حفظ کرد. در RZ میانگین (متوسط دو محل) رطوبت نگهداری شده در تیمار NT در قیاس با رطوبت نگهداری شده در سایر تیمارها بترتیب ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۹، ۲۱ و ۲۰٪برای اشباع، ۰/۰۰۱MPa، ۰/۰۰۳ MPa، ۰/۰۰۶MPa، ۰/۰۱MPa، ۱/۵ MPa، AWC بود. تفاوتهای نگهداری رطوبت در مکشهای بالا اندکی واضح تر از مکشهای پائین بود.

کشت مداوم سبب تغییر ظرفیت آب قابل جذب (AWC) در دو محل میشود. رقم قبلی AWC در خاک و وستر بالاتر از خاک چارلستون جنوبی بود (جدول۱).

میانگین (متوسط همه تیمارهای خاک ورزی و مناطق) در چارلستون جنوبی اندکی بیش از ووستر بود یعنی ۲۲/۸% در مقابل ۲۱/۵%. بعلاوه، AWC تحت تاثیر روشهای خاک ورزی با ترتیب NT>CP>MP قرار گرفتند و تفاوتهای معنی دار (P=۰/۰۵) بین تیمارها مشاهده شد. در RZ میانگین AWC (متوسط دو محل) در کرتهای NT بمیزان ۱۹% بیش از تیمار CP و ۲۱% بیش از تیمار MP بود. ارقام مشابه در TZ بترتیب ۸% و ۱۱% بود.

نتایج حاصل در TZ نشان میدهد که تردد چرخ آثار روشهای خاک ورزی

بر رطوبت مشخصه خاک را تعدیل میکند. نتایج بدست آمده در RZ با آنچه لال (۱۹۷۶) و لال و همکاران (۱۹۸۹) گزارش کرده‌اند مطابقت دارد. واکنش نگهداری آب به روش خاک ورزی در RZ ممکن است به تفاوتهای موجود در ماده آلی خاک مربوط باشد. در لایه‌های سطحی خاک کرتهای NT محتوای OC خاک بیش از خاکهای تحت تیمارهای MP یا CP بود. تفاوتهای حجم واندازه فضاهای بین خاکدانه‌ای ناشی از روش خاک ورزی، نقب‌های دارای منشاء بیولوژیک و مشخصات ساختمانی تاحدی مسئول تفاوتهای رطوبت مشخصه خاک است.

نتایج :

ارقام ارائه شده موید نتایج زیر است :

۱- در تیمارهای NT میزان OC و CEC در لایه ۱۵-۰ سانتیمتری خاک بطرز معنی داری ($P=0/05$) بالاتر از تیمارهای Cp و Mp بود.

۲- بدون درنظر گرفتن روش خاک ورزی، در TZ میزان تخلخل و Ks خاک کمتر و وزن مخصوص ظاهری و سفتی و ثبات ساختمانی خاکدانه‌ها بیشتر از RZ بود. بعلاوه میزان Ks در تیمارهای NT بطرز معنی داری بیشتر از تیمارهای MP و CP بود.

۳- روشهای خاک ورزی هیچگونه اثری بررطوبت مشخصه خاک در RZ نداشت.

۴- کاهش قابل توجهی در وزن مخصوص حقیقی تیمار NT نسبت به تیمارهای MP و CP مشاهده شد.

۵- در تیمار NT درصد دانه بندی و MWD بالاتر از تیمارهای MP و CP مشاهده شد.

۶- بین شاخص های MWD, DDI و HI هماهنگی خوبی مشاهده شد.

جدول ۱ - ویژگیهای محل و خاک و سابقه کاربری هردومحل آزمایش
(اقتباس از دیک و همکاران ۱۹۹۱)

چارلستون جنوبی	ووستر	پارامتر
کرازبی	لوم سیلتی ووستر	نام خاک
Fine, mixed mesic, Aeric Ochraqualf	Fine loamy, mixed mesic Typic Fragiudalf	طبقه بندی خاک
	۲/۵ - ۴/۵	شیب
		ویژگیهای پیشین خاک
۱	۱/۳	کربن آلی (%)
۱۵	۲۵	شن (%)
۲۰	۱۵	رس (%)
۲۰	۲۴	ظرفیت آب قابل استفاده منطقه ریشه (Cm)
۰/۲	۰/۶	ضریب آبگذری اشباع (cm/hr)
ذرت سویا بمدت ۶ سال	علف چمنی بمدت ۶ سال	زراعت پیشین
شخم و دیسک بمدت ۶ سال	بدون خاک ورزی بمدت ۶ سال	خاک ورزی پیشین

جدول ۲ ـ تجزیه واریانس نسبت F برای CEC و کربن آلی OC

منبع	df	نسبت F	
		CEC	OC
تکرار	3	0.58	0.12
خاک ورزی (T)	2	18.51***	84.42***
محل (L)	1	54.86***	0.004
T X L	2	8.83***	5.78**

، * به ترتیب در سطح ۵% و ۱% احتمال معنی دارانـد.

جدول ۳ ـ اثرات تیمارخاک ورزی برروی میزان ظرفیت تبادل یونی وکربن آلی خـــاک

روشهای خاک ورزی	CEC (m mol kg^{-1})		کربـــن آلـــی (%)	
	لوم سیلتی ووستر	لوم سیلتی کرازبی	لوم سیلتی ووستر	لوم سیلتی کرازبـــی
NT	104.9[a]	122.4	2.3	2.7
CP	87.2	92.8	1.5	1.2
MP	76.0	106.1	1.0	0.9

LSD (.05)

خاک ورزی (T)	10.7	0.3
محـــل (L)	5.4	0.2
T * L	9.4	0.3

جدول ۴ ـ تجزیه واریانس F برای ویژگیهای فیزیکی خاک

منبع	df	F							
		ρ_b	ρ_s	f	K_s	PR	MWD	DDI	WSA
تکرار	3	0.37	0.46	0.84	0.84	2.13	.05	4.12*	0.11
(T) خاک ورزی	2	3.65*	17.91***	24.2***	28.0***	89.65***	59.21***	87.33***	60.39***
(Z) منطقه	1	82.35***	0.99	83.85***	101.45***	84.83***	0.58	6.34**	0.25
(L) محـــل	1	2.73	2.57	0.39	0.1	6.68**	1.20	2.97	2.59
T X Z	2	1.89	1.00	1.71	75.01***	0.60	0.69	1.63	0.98
T X L	2	0.88	5.91**	0.05	0.51	3.29*	1.11	4.06**	1.34
L X Z	1	0.12	0.01	0.76	0.12	0.89	2.98*	0.04	3.48

*،**،*** به ترتیب در سطح ۵،۱۰ و ۱٪ احتمال معنی دارند.

جدول ۵ اثرات تیمارخاک ورزی و محل برروی ویژگیهای مکانیکی خاک: وزن مخصوص ظاهری (ρ_b) وزن مخصوص حقیقی (ρ_s) تخلخل(f) و مقاومت در برابر نفوذ (PPR)

	لوم سیلتی‌ووستر							کرازبی						
	ρ_b		ρ_s	f		PR		ρ_b		ρ_s	f		PR	
روشهای خاک ورزی	TZ	RZ		TZ	RZ	TZ	RZ	TZ	RZ		TZ	RZ	TZ	RZ
	----------Mg/m³----------			-----%-----		-----MPa----		----------Mg/m³----------			-----%-----		-----MPa----	
NT	1.44	1.34	2.47	41.8	45.6	4.1	2.9	1.43	1.36	2.45	41.9	44.6	5.1	3.0
CP	1.37	1.32	2.54	45.9	48.2	2.9	1.7	1.40	1.31	2.54	44.9	48.5	3.5	2.0
MP	1.42	1.31	2.53	43.7	48.3	3.0	1.8	1.46	1.33	2.58	43.7	48.4	3.4	1.6

LSD (0.05)				
خاک ورزی (T)	0.03	0.04	1.3	0.5
منطقه (Z)	0.02	0	0.09	0.3
محل (L)	0.01	0.01	0.8	0.4
T * Z	0.03	0	1.5	0.6
T * L	0.03	0.02	1.4	0.6
Z * L	0.02	0.02	1.2	0.5

TZ = تردد چرخ , RZ = منطقه ردیف , PR = مقاومت دوپرابر نفوذ , f = تخلخل , ρ_s = وزن مخصوص حقیقی , ρ_b = وزن مخصوص ظاهری

جدول ـ ۶ . اثر تیمار خاک ورزی و تردد چرخ برروی شاخص های ساختمان خاک لوم سیلتی ووستر و کرازبی : ثبات خاکدانه (WSA %) ، وزن قطر میانگین (MWD)، شاخص هنین (HI) و شاخص دولینهیر ـ دوبوت (DDI).

	لوم سیلتی ووستر								کرازبی							
	WSA (%)		MWD (mm)		HI		DDI		WSA (%)		MWD (mm)		HI		DDI	
روشهای خاک ورزی	TZ	RZ	TZ	RZ	TZ	RZ	TZ	RZ	TZ	RZ	TZ	RZ	TZ	RZ	TZ	RZ
NT	48.7	44.4	1.4	1.1	5.8	6.5	2.7	2.5	46.1	61.3	1.3	1.9	4.4	2.8	2.8	2.1
CP	35.0	28.4	0.8	0.7	14.9	9.5	1.7	1.6	29.9	29.8	0.7	0.7	7.8	7.6	1.7	1.7
MP	19.7	20.0	0.5	0.5	22.0	30.3	1.2	1.00	25.4	28.6	0.5	0.	15.8	14.4	1.8	1.7

	(0.05)			
خاک ورزی (T)	6.00	0.2	3.8	0.2
منطقه (Z)	6.00	0.2	4.0	0.3
محل (L)	5.50	0.2	4.8	0.2
T * Z	10.3	0.3	6.9	0.5
T * L	9.5	0.4	8.3	0.4
Z * L	7.8	0.3	6.8	0.3

خاک کرازبی = CB , لوم سیلتی ووستر = WSL منطقهٔ ردیف = RZ , منطقهٔ ترددچرخ = TZ

جدول ۳ ـ اثرات تیمارخاک ورزی برروی میزان ظرفیت تبادل یونی وکربن آلی خـــاک

روشهای خاک ورزی	CEC (m mol kg^{-1})		کربـــن آلـــی (%)	
	لوم سیلتی ووستر	لوم سیلتی کرازبی	لوم سیلتی ووستر	لوم سیلتی کرازبـــی
NT	104.9 a	122.4	2.3	2.7
CP	87.2	92.8	1.5	1.2
MP	76.0	106.1	1.0	0.9
LSD (.05)				
خاک ورزی (T)	10.7		0.3	
محـــل (L)	5.4		0.2	
T * L	9.4		0.3	

جدول ۴ ـ تجزیه واریانس F برای ویژگیهای فیزیکی خاک

منبع	df	F							
		ρ_b	ρ_s	f	K_s	PR	MWD	DDI	WSA
تکرار	3	0.37	0.46	0.84	0.84	2.13	.05	4.12*	0.11
(T) خاک ورزی	2	3.65*	17.91***	24.2***	28.0***	89.65***	59.21***	87.33***	60.39***
(Z) منطقه	1	82.35***	0.99	83.85***	101.45***	84.83***	0.58	6.34**	0.25
(L) محـــل	1	2.73	2.57	0.39	0.1	6.68**	1.20	2.97	2.59
T X Z	2	1.89	1.00	1.71	75.01***	0.60	0.69	1.63	0.98
T X L	2	0.88	5.91**	0.05	0.51	3.29*	1.11	4.06**	1.34
L X Z	1	0.12	0.01	0.76	0.12	0.89	2.98*	0.04	3.48

*،**،*** به ترتیب در سطح ۵،۱۰ و ۱٪ احتمال معنی دارند.

جدول ۹ ـ اثرات تردد چرخ تیمار خاک ورزی برروی مکشهای بالای رطوبت مشخصه ء خاک برای خاک لوم سیلتی ووستروکرازبی

روشهای خاک ورزی	لوم سیلتی ووستو								کـــرازبـــی							
	A		B		C		D		A		B		C		D	
	TZ	RZ	TZ	RZ	TZ	RZ	TZ	RZ	TZ	RZ	TZ	RZ	TZ	RZ	TZ	RZ
	%, V/V								%. V/V							
N	46.4	50.1	34.2	47.7	41.8	46.5	40.0	44.6	48.1	54.3	44.5	49.4	42.1	46.3	41.2	45.1
CP	45.1	44.0	42.1	41.0	40.5	39.6	38.0	37.6	46.4	45.6	42.1	41.0	40.1	38.7	39.2	37.0
MP	47.4	45.4	44.8	42.6	43.2	40.7	40.7	38.5	45.2	47.3	41.2	42.8	38.5	39.2	37.5	37.6

LSD (0.05)				
خاک ورزی (T)	2.8	1.9	2.0	1.8
منطقه (Z)	1.9	1.2	1.0	1.4
محـــل (L)	1.8	1.3	1.3	1.0
T * Z	3.4	2.1	1.8	2.4
T * L	3.0	2.2	2.2	1.8
Z * L	2.5	1.8	1.8	1.4

(مکشهای A = اشبـــاع, B = 0.001 MPa, C = 0.003 MPa, D = 0.006 MPa)

جدول ۱۰ـ اثرات تیمار خاک ورزی برروی مکش خاک (A) MP_a 0.03 (B) ,1.5 MP_a وظرفیت آب قابل جـــذب (AWC(C

روشهای خاک ورزی	لوم سیلتی ووستر						کرازبـــی					
	A		B		C		A		B		C	
	TZ	RZ	TZ	RZ	TZ	RZ	TZ	RZ	TZ	RZ	TZ	RZ
	---------- %. V/V ----------						---------- %. V/V ----------					
NT	36.6	41.8	15.5	16.3	21.0	25.5	39.8	42.7	15.7	16.8	24.1	26.3
CP	33.9	34.5	14.8	13.5	19.2	21.0	37.9	34.8	15.2	14.0	22.7	22.7
MP	36.4	35.0	15.8	13.5	20.6	21.5	35.5	35.7	15.6	14.5	19.9	21.2

LSD(0.05)

خاک ورزی (T)	1.8	0.9	1.5
منطقه (Z)	1.7	0.3	1.3
محـــل (L)	1.3	0.6	0.8
T * Z	3.0	0.6	2.3
T * L	2.2	1.0	1.5
Z * L	1.8	0.9	1.2

REFERENCES

ASA (American Society of Agronomy), 1986. Methods of soil analysis. No 9, part 1. Physical and Mineralogical Methods. Second Edition. Madison, WI, USA: 635-662.

Bauder, A., and A.L. Black, 1981. Soil carbon, nitrogen, and bulk density comparisons in two cropland tillage systems after 25 years and in virgin grassland. Soil Sci. Soc. Am. J. 45: 1166-1170.

Blake, G.R., 1965. Bulk density. pages 374-390 in G.A.Black, ed. Methods of Soil analysis. part 1. Agronomy No.9. Am. Soc. Agron., Madison, WI.

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 & Tillage Res. 3: 135 - 146.

Bouyoucos G.J., 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. Agron. J. 43: 434 - 438.

Clement, C.R., 1966. A simple and reliable tension table. J. Soil Sci., 17: 133 - 135.

DeLeenheer, L and M. DeBoodt, 1950. Determination of aggregate stability by the change in mean weight diameter. Meded. Landb. Gent 24: 290 - 351.

Dick, W.A. 1986. Organic carbon, nitrogen, and phosphorus concentrations in soil profiles as affected by tillage intensity. Soil Sci. Soc. Am. J. 47: 102 - 107.

Dick W.A., D.M. Van Doren, Jr., G.B. Triplett, Jr., and J.E. Henry, 1986. Influence of long-term tillage rotation combinations on crop yields and selected soil parameters. The results obtained for a Typic Fragiudalf soil. Research Bulletin No. 1180 of the Ohio State University and The Ohio Agricultural Research and Development Center, Wooster, Ohio.

Dick, W.A. E.L. McCoy, W.M. Edwards and R. Lal. 1991. Continuous application to no-tillage in Ohio soils. Agron. J. 83: 65 - 73.

Douglas, J.T., M.J. Goss and D. Hill, 1980. Measurements of pore characteristics in a clay soil under ploughing and direct drilling including use of a radioactive tracer (144 ce) technique. Soil & Tillage Res. 1: 11 - 18.

Edwards, W.M., 1982. Predicting tillage effects on infiltration. IN: P.W. Unger and D.M. Van doren (Editors), predicting tillage effects on soil physical properties and processes. ASA Special publication No. 44, Madison, WI, pp. 105 - 115.

Gantzer, C.J., and G.R. Blake, 1978. Physical characteristics a Le Sueur clay loam following no-tillage and conventional tillage. Agron. J., 70: 853 - 857.

Grevers, M.C.J. and A.A. Bomke, 1986. Tillage practices on a northern clay soil: Effects of sod breaking methods on crop production and soil physical properteis. Can. J. Soil Sci., 66: 385 - 395.

Heard, J.R., E. J. Kladivko, and J.V. Mannering, 1988. Soil macroporosity, hydraulic conductivity and air permeability of silty soil under long-term conservation tillage in Indiana. Soil & Tillage Res. 11: 1 - 18.

Henin, S., G. Monnier, and A. Combeau, 1958. Method pour l'etude de la stabilite' structurale des sals. Anales agronomiques, 7: 71 - 90.

Lal, R., 1976. No-tillage effects on soil properties under different crops in western Nigeria. Soil Sci. Am. J., 40: 762 - 768.

Lal, R., 1982. No-till farming. IITA Monograph No. 2, IITA, Ibadan, Nigeria, 66 pp.

Lal, R., T.J. Logan, N.R. Fausey, and D.J. Eckert, 1989. Long-term tillage and wheel traffic effects on a poorly drained Mollic Ochraqualf in Northwest Ohio: 1. Soil physical properties, root distribution and grain yield of corn and soybean. Soil and Tillage Res., 14: 341 - 358.

Lal,R. and D.M. Van doren Jr. 1990. Influence of 25 years of continuous corn production by three tillage methods on water infiltration for two soils in Ohio. Soil & Tillage Research 16: 71 - 84.

Lindstrom, M.J., W.B. Voorhees, and G.W. Randall, 1981. Long-term tillage effects on interrow runoff and infiltration. Soil Sci. Soc. Am. J., 45: 945 - 948.

Pidgeon, J.D., and B.D. Soan, 1977. Effects of tillage direct drilling on soil properties during the growing season in a long-term barely monoculture system. J. Agric. Sci., 88: 431 - 446.

Roth C.H., B. Meyer, H.G. Frede, and R. Derpsch, 1988. Effect of mulch rates and tillage systems on infiltrability and other soil physical properties of an orisol in parana, Brasil. Soil and Tillage Res., 11: 81 - 91.

Soane, B.D., and J.D. Pidgeon, 1975. Tillage requirements in relation to soil physical properties. Soil Sci., 119: 357 - 384.

Sommerfeldt, T.G., G.B. Schaulje, and W. Hulstein, 1984. Use of tempe cell, modified to restrain swelling, for determination of hydraulic conductivity and soil water content. Can. J. Soil Sci. 64: 256 - 272.

Unger, P.W., and L.J. Fulton, 1990. Conventional and no-tillage effects on upper root zone soil conditions. Soil and Tillage Res., 16: 337 - 334.

VanDoren, D.M., Jr., G.B. Triplett, Jr. and J.E. Henry. 1976. Influence of long-term tillage, crop rotation and soil type combinations on crop yield. Soil Sci. Soc. Am. J. 40:100 - 105.

Van Doren, D.M., Jr., G.B. Triplett, Jr., and T.E. Henry, 1977. Influence of long-term tillage and crop rotation combinations on crop yields and selected soil parameters for an Aeric Ochraqualf soil. Ohio Agricultural Research and Development Center, Wooster, Ohio, Res. Bull. No. 1091, 27 pp.

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.

Voorhees, W.B., and M.J. Lindstrom, 1984. Long-term effects of tillage method on soil tilth independent of wheel traffic comparisons. Soil Sci. Soc. Am. J., 48: 152 - 156.

Voorhees, W.B., G.C. Senst, and W. Nelson, 1978. Compaction and soil structure modification by wheel traffic in the northern corn belt. Soil Sci. Soc. Am. J., 42: 344 - 349.

Yoder, R.E., 1936. A direct method of aggregate analysis and a study of a physical nature of erosion losses. J. Am. Soc. Agron., 28: 337 - 351.