اثر روشهای خاک‌ورزی بر بعضی ویژگیهای فیزیکی خاک و عملکرد ذرت در مزرعه تحقیقاتی لورک

محمد علی حاج عباسی*، آقافخر میرلوحی** و محمد صدارحامی*

چکیده

تأثیر دو نوع خاک‌ورزی بر خصوصیات فیزیکی خاک در مزرعه تحقیقاتی آموزشی دانشگاه صنعتی اصفهان (لورک) و عملکرد ذرت (Zea mays) طی دو سال (۱۳۷۷-۱۳۷۶) مورد مطالعه قرار گرفته است. خاک (Fine loamy, Thermic, typic Haplargids) *از دو عمق ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتیمتری نمونه برداری و مواد آلی* (OM)*، جرم مخصوص ظاهری* (BD)*، شاخص فروسنجی* (PI) *میانگین وزنی قطر خاک‌دانه* (MWD) *و توزیع اندازه‌ای خاک‌دانه‌ها* (ASD) *و همچنین عملکرد محصول ذرت مورد مقایسه قرار گرفت.*

اعمال روش بدون خاک‌ورزی باعث افزایش مواد آلی خاک تا دو برابر، نسبت به سیستم خاک‌ورزی مرسوم شد. جرم مخصوص ظاهری و شاخص فرو سنجی در هر دو سیستم یکسان بود. در سیستم خاک‌ورزی مرسوم خاک‌دانه‌های کوچک‌تر از ۰/۲۵ میلیمتر در حدود ۲۰ درصد بیشتر از سیستم بدون خاک‌ورزی بوده است. به همین جهت میانگین وزنی قطر خاک‌دانه در خاک سطحی شخم خورده نیز حدود ۲۰ درصد کوچک‌تر از خاکهای شخم نخورده می‌باشد. ولی سیستم بدون خاک‌ورزی اثر معنی داری بر کاهش وزن خشک گیاه در تمام طول دوران رشد داشته است.در نتیجه بیشترین کاهش عملکرد در سال دوم و در سیستم بدون شخم صورت گرفته است. علت این موضوع را می‌توان درکم بودن اولیه مواد آلی خاک، ساختمان ضعیف آن و درنتیجه عدم رشد مناسب ریشه در خاک این مناطق دانست. با توجه به موارد مذکور سیستم خاک‌ورزی بدون شخم در مناطق یاد شده توصیه نمی گردد.

واژه‌های کلیدی - *خاک‌ورزی، خاک‌دانه، حفاظت خاک، مواد آلی، ذرت*

مقدمه

خاک از جمله منابع طبیعی دیر تجدید شونده است. حفاظت خاک بستگی به نحوه استفاده از آن دارد. تخریب و فرسایش خاک سطحی، باعث کاهش توانایی آن برای ذخیره آب و مواد غذایی و رشد ریشه گیاهان می‌شود. نوع خاک‌ورزی مورد استفاده از جمله عوامل مهمی است که می‌تواند باعث تخریب و یا بهبود ساختمان خاک شود. روش معمول خاک‌ورزی[1] با حداکثر استفاده از ادوات خاک‌ورزی مانند گاوآهن برگرداندار و دیسک، طی چند مرحله باعث بهم خوردن ساختمان طبیعی خاک سطحی می‌گردد. از طرفی، در روشهای بدون خاک‌ورزی[1]

*- به ترتیب استادیار و کارشناس خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
**- استادیار زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

1- Conventional tillage

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.3.1.6]

و یا حداقل خاک‌ورزی[2]، که به ترتیب هیچ و یا حداقل استفاده از ادوات خاک‌ورزی را در بر دارد، ساختمان خاک دست نخورده باقی می‌ماند و یا دست خوردگی کمی پیدا می‌کند. روشهای بدون خاک‌ورزی و حداقل خاک‌ورزی روشهای خاک‌ورزی حفاظتی[3] نامیده شده و به‌طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. تحقیقات زیادی نحوه تأثیر خاک‌ورزی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را مورد مطالعه قرار داده است (۸، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۳۲). اسلویسکا و همکاران (۲۶) تأثیر خاک‌ورزیهای مختلف را بر خصوصیات فیزیکی خاک مورد بحث قرار داده و نتیجه گرفته‌اند که استفاده از وسایل خاک‌ورزی باعث تغییر ساختمان خاک از طریق خرد کردن خاک دانه‌ها، تغییر در ساختار و یا اندازه خلل و فرج و نظم و ترتیب ذرات خاک می‌شود و همه این فرایندها تغییر در دیگر خصوصیات فیزیکی خاک را در پی دارد (۲۵).

بهم نخوردن ساختمان خاک در روش بدون خاک‌ورزی باعث حفظ بیشتر خصوصیات مهم خاک مانند خاک دانه‌ای ماندن و نفوذ بهتر آب شده، در نتیجه باعث جلوگیری از فرسایش خاک و نهایتاً حفاظت خاک می‌گردد (۲۲ و ۲۳). اسمایل و همکاران (۱۸) اجرای روش بدون خاک‌ورزی را باعث تغییرات مفید زیادی در خصوصیات خاک مانند اصلاح ساختمان خاک و افزایش مواد آلی آن دانسته و تأثیر آن را بر افزایش تولید محصول گزارش کرده‌اند. لال و همکاران (۲۱) تغییرات زیادی در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک، پس از ۲۸ سال اعمال روش بدون خاک‌ورزی، از جمله بهبود در وضعیت دانه بندی، مواد آلی و نفوذ آب در خاک گزارش کرده‌اند. افزایش ظرفیت نگهداری حجمی رطوبت خاک در روش بدون خاک‌ورزی توسط کاکس و همکاران (۱۳) گزارش شده است. پس از چهار سال مطالعه، فیلیپ و بلوینز (۲۴) تبخیر از سطح خاک را در روش بدون خاک‌ورزی ۴/۱ و از روش خاک‌ورزی مرسوم ۱۹/۱ سانتیمتر در طول یک فصل زراعی گزارش نموده‌اند. از طرفی، در همین مدت مقدار تعرق در این دو روش به ترتیب ۳۰/۷ و ۲۴/۲ سانتیمتر بوده است. برخی مطالعات دیگر کاهش سرعت نفوذ آب و افزایش خلل و فرج ریز را در روش بدون خاک‌ورزی، نسبت به خاک‌ورزی مرسوم گزارش کرده‌اند (۵). اگر چه چگالی ظاهری[4] (BD) خاک در هفته‌های اول پس از شخم مرسوم کمتر از روش بدون شخم بوده ولی بلوینز (۷) با ده سال مطالعه بر روی اثر یک ساله اعمال روشهای خاک‌ورزی مرسوم و بدون خاک‌ورزی اختلاف زیادی در چگالی ظاهری خاک مشاهده نکرده است. گرانت و لافوند (۱۶) گزارش کرده‌اند که در ۱۰ سانتیمتری از سطح خاک مقاومت به نفوذ[5] و چگالی ظاهری یک خاک رسی، در روش بدون خاک‌ورزی بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم بوده است. در همین عمق، درجه حرارت خاک در روش بدون خاک‌ورزی کمتر از روش با خاک‌ورزی مرسوم گزارش شده، که این امر باعث کاهش رشد برگ و تولید کمتر از مواد خالص فتوسنتز شده است (۱۲). مالهی و اوسولیوان (۲۳) نیز دریافتند که پس از ۵ سال اعمال تیمار بدون خاک‌ورزی مقاومت به نفوذ در خاک سطحی نسبت به تیمار با خاک‌ورزی مرسوم افزایش پیدا کرده ولی تأثیر زیادی بر اعماق پایین نگذاشته است. گزارشهایی مبتنی بر افزایش چشمگیر عناصری مانند کربن آلی در روش بدون خاک‌ورزی نیز موجود است (۱۱، ۱۵، ۲۲ و ۲۹)، که هر دو موضوع فوق تأثیر چشمگیری بر روند تغییر در خصوصیات فیزیکی خاک دارد.

از جمله راههای نشان دادن وضعیت استحکام و مقاومت خاک که بر رشد ریشه تأثیر می‌گذارد، تعیین شاخص مخروطی است. شاخص مخروطی ابزار مناسب و بهتری نسبت به دیگر شاخصهای نشان دهنده وضعیت تراکم خاک مانند وزن مخصوص ظاهری می‌باشد (۲۸ و ۳۲). از طرفی شاخص مخروطی می‌تواند نمایانگر وضعیت خاک در ارتباط با رشد ریشه نیز باشد (۳ و ۳۲). بهم خوردن ساختمان خاک از طریق خاک‌ورزی، می‌تواند تأثیر به‌سزایی در مقاومت خاک و در

1- No-tillage 2- Minimum tillage 3- Conservational tillage 4- Bulk density 5- Penetration resistance

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.3.1.6]

نتیجه تفاوت در شاخص مخروطی بگذارد (۸). کاسل و همکاران (۱۲) گزارش کرده‌اند که تیمارهای خاک‌ورزی تأثیر شایانی بر شاخص مخروطی، مخصوصاً تا عمق ۳۳ سانتیمتری گذاشته است. آنها نشان داده‌اند که تیمارهای خاک‌ورزی کم و یا بدون خاک‌ورزی دارای شاخص مخروطی بزرگ‌تری می‌باشند. البته این تأثیرات در خاکهای مختلف و برای تیمارهای گوناگون متفاوت اعلام شده است. بنابراین برخی دیگر از محققین عدم تأثیر خاک‌ورزی بر شاخص مخروطی و تأثیر آن را فقط بر چگالی ظاهری گزارش کرده‌اند (۷ و ۱۳).

خاک‌ورزی حفاظتی در ایران هنوز جایگاه ویژه خود را نیافته است. از آن جایی که توصیه و اجرای این‌گونه خاک‌ورزیها سالهاست در دیگر نقاط جهان انجام می‌گردد، مطالعه این روشها در مزارع ایران نیز باید انجام پذیرد. اگر چه غالباً مطالعه تأثیر طولانی مدت خاک‌ورزیهای مختلف بر خصوصیات فیزیکی خاک توصیه می‌شود ولی تأثیر کوتاه مدت نیز در مطالعات متعددی گزارش شده است (۲۲ و ۲۸). هدف از انجام این مطالعه بررسی اثر دو نوع خاک‌ورزی (مرسوم و بدون خاک‌ورزی) بر بعضی خصوصیات فیزیکی خاک مانند تأثیر بر مقدار مواد آلی و خاک‌دانه‌ای شدن خاک و نهایتاً تأثیر بر میزان عملکرد ذرت بوده است.

مواد و روشها

محل اجرای طرح مزرعه آموزشی-تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در منطقه نجف آباد، با میانگین بارندگی و دمای سالانه به ترتیب ۱۴۰ میلیمتر و ۱۴/۵ درجه سانتیگراد بوده است. این تحقیق به مدت دو سال (سالهای ۷۵ و ۷۶) در مساحتی معادل ۳ هکتار همراه با کشت ذرت اجرا گردیده است. آزمایش در غالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (که در آن روشهای خاک‌ورزی به صورت تصادفی در داخل هر بلوک پخش شد) و در چهار تکرار اجرا گردید.

در سال قبل از شروع آزمایش (سال ۷۴) زمین به صورت آیش و بدون اعمال شخم نگهداری شده و گیاه ذرت تنها جهت حصول اطمینان از سبز شدن کاشته شد و در سالهای بعد تیمارهای خاک‌ورزی در محل ثابتی اجرا گردید. خاک ورزیهای مورد استفاده شامل روش با خاک‌ورزی مرسوم (CT) و بدون خاک‌ورزی (NT) بود. در تیمار بدون خاک‌ورزی بقایای گیاهی روی زمین باقی مانده ولی در تیمار خاک‌ورزی مرسوم بقایای گیاهی با شعله افکن سوزانده شد. پس از تسطیح زمین، آبیاری اعمال گردیده و بعد از گاو رو شدن زمین خاک‌ورزی و آماده سازی بستر بذر به ترتیب ذیل انجام گرفت: استفاده از گاو آهن برگرداندار به عمق ۲۰ سانتیمتر، دیسک به عمق ۱۵ سانتیمتر، ایجاد جویچه به فاصله ۶۰ سانتیمتر (توسط دستگاه شیار زن)، کاشت بذر با دست (ایجاد سوراخ به عمق ۷ سانتیمتر و انداختن بذر درون آن) و سرانجام آبیاری.

در تیمار بدون خاک‌ورزی، ابتدا علفهای هرز توسط بیل از روی سطح خاک برداشته شده و بعد از آبیاری و گاو رو شدن زمین، بذر با دست (روش فوق) و بر روی پشته‌های بقایای محصول سال قبل (ذرت)، که به فاصله ۶۰ سانتیمتر از یکدیگر بودند، کاشته شد و سپس آبیاری انجام گرفت. کود دهی در هر دو روش همزمان با کاشت (۹۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم) و در مراحل بعدی (۱۷۰ کیلوگرم اوره، یک سوم در مرحله ۵ برگی و دو سوم در مرحله شروع گلدهی) انجام پذیرفت. در تیمار بدون خاک‌ورزی، کود دهی بدون بهم زدن خاک و با پخش کود روی زمین انجام گرفت. کنترل علفهای هرز در چندین مرحله در طول دوره رشد و با استفاده از کولتیواتور انجام گردید. برای مبارزه با آفات از سم اگامت در مرحله ۵ برگی و مرحله اتمام گرده افشانی استفاده شد.

در هر دو روش، اولین آبیاری یک روز پس از کاشت و آبیاریهای بعدی ۴ الی ۵ روز یک بار تا زمان استقرار گیاه و پس از آن بر اساس ۴ ± ۷۰ میلیمتر تبخیر از تشت تبخیر کلاس الف تنظیم گردید. میزان آب ورودی به هر کرت یکسان بوده و این مقدار توسط تنظیم زمان ورود آب به هر کرت انجام پذیرفت.

نمونه برداری جهت اندازه گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، در اوایل تابستان هر سال و در زمان ده برگی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.3.1.6]

جدول ۱- مقایسه چگالی ظاهری، بافت، ساختمان، اسیدیته (pH) و ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) خاک قبل از اعمال تیمارها

عمق (cm)	چگالی ظاهری (Mgm^{-3})	بافت	ساختمان*	pH	CEC (meq/100 g)
۰-۲۰	۱/۴۵	رس سیلتی	m	۷/۷	۱۳/۹
۲۰-۴۰	۱/۷۰	رس سیلتی	sbk	۷/۷	۱۵/۵

*- sbk = subangular blocky, m=massive

شدن گیاه ذرت (حدود سه ماه پس از اعمال خاک‌ورزی) انجام گرفت.

خاک مورد مطالعه (Fine loamy, Thermic typic Haplargids) بوده (۱ و ۳۱) که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن قبل از اعمال تیمارها در جدول ۱ آورده شده است. بافت خاک با استفاده از روش هیدرومتری تعیین گردید (۱۴). چگالی ظاهری توسط روش استوانه و با استفاده از سیلندرهای دارای قطر و ارتفاع تقریبی ۵ سانتیمتر اندازه گیری شد(۶). برای اندازه گیری مقاومت خاک از دستگاه نفوذ سنج[1] (۸) استفاده شد. برای محاسبه مقاومت نقطه‌ای[2] یا شاخص مخروطی[3] از فرمول زیر استفاده گردید:

$$CI=(F/A)x۰/۰۹۸$$

که در آن CI شاخص مخروطی خاک بر حسب مگاپاسکال (MPa)، F نیروی عمودی وارد به مخروط بر حسب کیلوگرم نیرو (kgf) و A سطح مقطع مخروط بر حسب سانتیمتر مربع می‌باشد. اندازه گیری مقاومت به نفوذ، یک ماه پس از اعمال خاک‌ورزی و در رطوبت نزدیک به ظرفیت زراعی و در یک روز برای هر دو تیمار انجام شد. درصد اشباع (SP) توسط فرمول $SP=(Ms-Md/Md)\times100$ به‌دست آمد، که در آن Ms جرم کل خاک اشباع بر حسب گرم و Md جرم خاک خشک می‌باشد.

برای اندازه‌گیری مواد آلی از روش والکلی و بلاک (۳۳) و نیتروژن کل از روش برمنر و همکاران (۹) استفاده شد. برای تعیین میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها از روش مرطوب کمپر و روزنبا(۱۹) استفاده گردید. کلیه نمونه‌برداریها از عمق خاک‌ورزی (۲۰-۰ سانتیمتر) و زیر سطح خاک‌ورزی (۴۰-۲۰ سانتیمتر) برداشته شد. نتایج با استفاده از نرم افزار SAS تجزیه و تحلیل گردید (۲۷) و میانگینهای اعداد با استفاده از روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد احتمالات مقایسه شدند (۲۷).

نتایج و بحث

نتایج حاصل از اندازه‌گیریهای دو ساله (بجز در مواردی که ذکر شده) از لحاظ آماری یکسان بود. به همین دلیل کلیه اعداد میانگین دو سال مطالعه می‌باشد. در جدول ۲ میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آورده شده است.

چگالی ظاهری و درصد اشباع

اعمال تیمارهای مختلف خاک‌ورزی طی دو سال، باعث تفاوت معنی داری بر چگالی ظاهری این خاک نگردید (جدول ۲). به هرحال در هر دو روش، چگالی ظاهری در عمق ۲۰-۰ کمتر از عمق ۴۰-۲۰ سانتیمتری بوده است. تحقیقات متعددی نشان

1- Penetrometer SP1000, Findly Irvin 2- Point resistance 3- Cone index

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.3.1.6]

جدول ۲- مقایسه میانگین دو ساله چگالی ظاهری، درصد اشباع آب (SP) و اسیدیته (pH) خاک پس از برداشت محصول در تیمارهای دو گانه

تیمار	عمق (cm)	چگالی ظاهری (Mgm^{-3})	SP (% حجمی)	pH
خاک‌ورزی مرسوم	۰-۲۰	۱/۴۵[a*]	۳۷[a]	۷/۷[a]
	۲۰-۴۰	۱/۶۸[b]	۴۲[b]	۷/۷[a]
بدون خاک‌ورزی	۰-۲۰	۱/۴۰[a]	۴۱[b]	۷/۶[a]
	۲۰-۴۰	۱/۷۰[b]	۴۲[b]	۷/۷[a]

*- در هر ستون تفاوت بین میانگینهایی که حداقل یک حرف مشترک داشته باشند از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی دار نیست.

داده که پس از اعمال خاک‌ورزی چگالی خاک کاهش می‌یابد ولی پس از گذشت مدت زمانی مقدار چگالی ظاهری به حالت اول باز گشته و یا بعضاً حتی بیشتر از اول نیز می‌شود، که علت آن خرد شدن خاک و جای گیر شدن ذرات ریز در خلل و فرج درشت می‌باشد (۲۶). اسلویسکا (۲۶) نشان داد که پس از اعمال خاک‌ورزی چگالی ظاهری یک خاک لوم رسی به ۱/۰۵، ولی پس از یک بارندگی این مقدار به ۱/۲۴ Mgm^{-3} رسید. گرانت و لافوند (۱۶) نیز گزارش کرده‌اند که در خاکهای رسی و لومی، پس از ۸ سال مطالعه چگالی ظاهری در روش بدون خاک‌ورزی نسبت به روش با خاک‌ورزی مرسوم تغییر زیادی مشاهده نشده است. از طرفی، برخی دیگر از محققین افزایش چگالی ظاهری خاک در روش بدون خاک‌ورزی را نسبت به خاک‌ورزی مرسوم گزارش نموده‌اند (۵). علت پایین ماندن چگالی ظاهری در روش خاک‌ورزی مرسوم در این خاکها، بالا بودن مواد آلی است که اثر تخریبی اعمال خاک‌ورزی را خنثی نموده است.

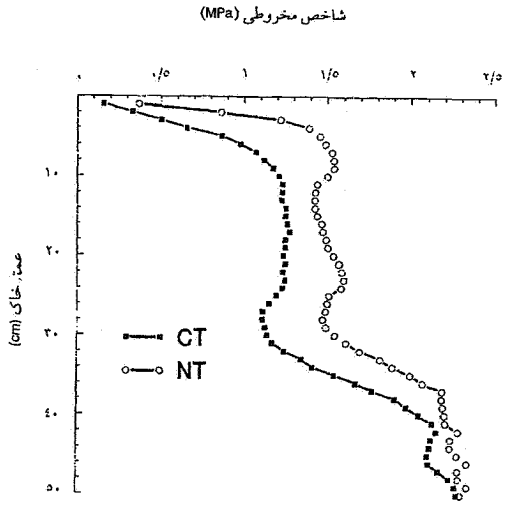
عدم به هم خوردن ساختمان طبیعی خاک سطحی و افزایش مواد آلی در روش بدون خاک‌ورزی، درصد اشباع آب در خاک در عمق ۲۰-۰ سانتیمتری را افزایش داد. همان طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، درصد اشباع آب در روش بدون خاک‌ورزی ۱۱ درصد بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم بوده است.

مقاومت به نفوذ

رابطه محسوسی میان چگالی ظاهری و مقاومت به نفوذ وجود دارد. وقتی خاک در معرض خاک‌ورزی قرار گیرد چگالی ظاهری آن حداقل در کوتاه مدت کاهش می‌یابد، در نتیجه مقاومت به نفوذ آن نیز کم می‌شود. ولی پس از گذشت مدت زمانی (که این مدت بستگی به کیفیت و کمیت خاک‌ورزی، نوع خاک، میزان مواد آلی و عوامل دیگر دارد) دوباره به حال اول برگشته، یا حتی متراکم‌تر از قبل می‌شود. علت آن را می‌توان متلاشی و ریز شدن ذرات درشت و انتقال آنها به درون خلل و فرج دانست. چنانچه در شکل ۱ مشاهده می‌شود، شاخص مخروطی با ازدیاد عمق افزایش یافته و همواره برای روش بدون خاک‌ورزی بیشتر از روش با خاک‌ورزی مرسوم بوده است. به‌طور کلی شاخص مخروطی، از سطح خاک تا عمق ۵۰ سانتیمتری در تیمار بدون خاک‌ورزی بیشتر از تیمار با خاک‌ورزی بوده است. روند تغییرات این منحنی را می‌توان به سه قسمت تقسیم کرد. اول عمق صفر تا ۱۰ سانتیمتری که با افزایش عمق مقدار CI نیز برای هر دو تیمار افزایش پیدا می‌کند. ولی این افزایش در تیمار با خاک‌ورزی با شیب کمتری انجام می‌پذیرد. علت آن نیز پوک تر بودن عمق صفر تا ۱۰ سانتیمتری تیمار با خاک‌ورزی می‌باشد. دوم عمق ۱۰ تا ۳۰ سانتیمتری است که با افزایش

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.3.1.6]

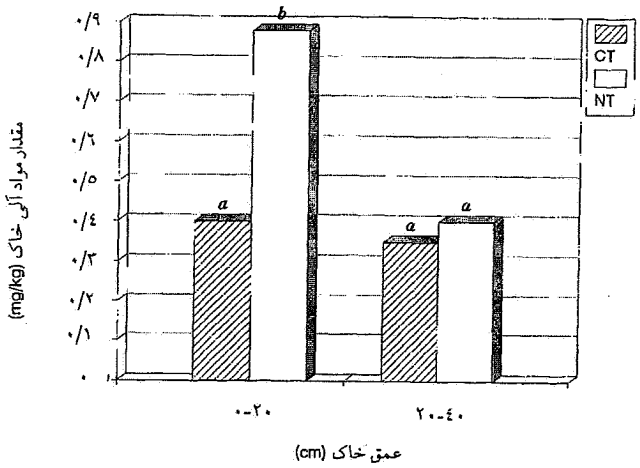


شکل ۱- منحنی شاخص مخروطی (CI) در نیمرخ خاک (۵۰-۰ cm) در دو روش خاک‌ورزی مرسوم (CT) و بدون خاک‌ورزی (NT)

عمق تغییری در CI برای هیچ‌کدام از تیمارها حاصل نمی‌شود و سوم عمق ۳۰ تا۴۵ سانتیمتری است که افزایش ناگهانی CI برای هر دو تیمار مشاهده می‌شود. علت آن نیز وجود یک لایه سخت در خاک مزبور می‌باشد (۱). نتایج مشابهی توسط لینستروم و همکاران (۲۲) و دیگر محققین گزارش شده است (۱۳ و ۱۶). همل (۱۷) گزارش داده است که عمق و اثر متقابل عمق و خاک‌ورزی بر هر دو پارامتر چگالی ظاهری و شاخص مخروطی اثر معنی داری گذاشته و تا عمق ۴۰ سانتیمتری تیمار بدون خاک‌ورزی حداقل دارای شاخصی بزرگتر از تیمار با خاک‌ورزی مرسوم بوده‌است، که علت آن عدم بهم خوردن خاک سنگین (رسی) مورد مطالعه می‌باشد.

مواد آلی و ازت کل

مقدار مواد آلی در روش بدون خاک‌ورزی در عمق ۲۰-۰ سانتیمتری حدود دو برابر مقدار آن در روش خاک‌ورزی مرسوم در همین عمق بوده است (شکل ۲). علت افزایش مواد آلی در روش بدون خاک‌ورزی، دست نخوردن خاک و عدم سوزاندن و بازگشت بقایای گیاهی به افقهای سطحی خاک بوده است. ولی در روش خاک‌ورزی مرسوم، به‌هم خوردن خاک باعث فساد



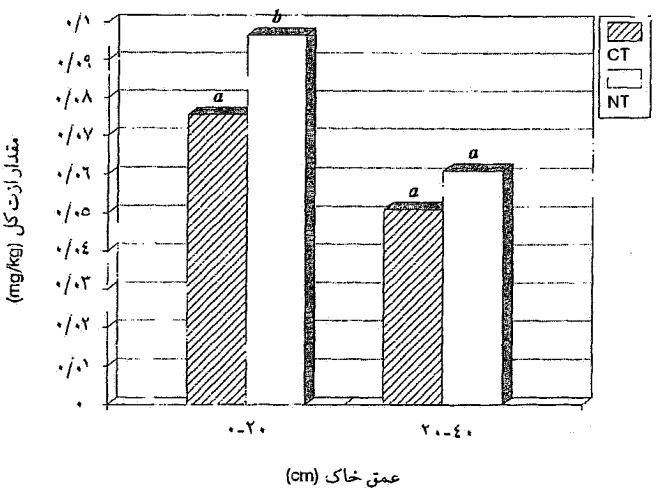
شکل ۲- مقدار مواد آلی (OM) خاک در دو روش خاک‌ورزی مرسوم (CT) و بدون خاک‌ورزی (NT) و دو عمق ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتیمتری. در هر عمق مقادیر مواد آلی برای تیمارهای مختلف با حروف یکسان، در سطح ۵ درصد احتمالات تفاوتی با یکدیگر ندارند.

بیشتر و زودتر بقایای گیاهی شده و کربن و ازت زودتر معدنی شدو، در نتیجه مواد آلی سریع‌تر از دست می‌رود (۴ و ۱۵). البته دلیل عمده بالا بودن مواد آلی در روش بدون خاک‌ورزی همانا نسوزاندن بقایای گیاهی می‌باشد. نتایج فوق توسط بسیاری دیگر از محققین گزارش شده است (۱۰ و ۱۲). در اعماق پایین‌تر (۴۰-۲۰ سانتیمتری) تفاوت زیادی در تیمارهای مختلف مشاهده نشد (شکل ۲).

میزان ازت خاک رابطه مستقیمی با مقدار مواد آلی آن دارد و از آن جایی که بقایای گیاهی در روش بدون خاک‌ورزی بر روی خاک نگهداری و انباشته شده است، افزایش مقدار ازت نیز در این نوع خاک‌ورزی و روی سطح خاک نسبت به دیگر تیمار امری بدیهی می‌باشد. مقدار ازت کل در عمق (۲۰-۰ سانتیمتری) در هر دو تیمار بیشتر از عمق دوم (۴۰-۲۰ سانتیمتری) بوده است (شکل ۳). روش بدون خاک‌ورزی در هر دو عمق مقدار بیشتری ازت خاک را در برداشته است . علت این امر را می‌توان مقدار زیادتر مواد آلی در این تیمار دانست. ولی از طرفی افزودن مواد حاصلخیزکننده به خاک و عدم مخلوط شدن آن باعث تجمع بیشتر این مواد در سطح خاک تیمار بدون خاک‌ورزی شده است. بایر و بلاک (۴) و کمپبل و ساتر (۱۰) گزارش کرده‌اند که باقی ماندن کربن و مواد آلی روی سطح خاک شدیداً تحت تأثیر نوع خاک‌ورزی بوده و روش بدون

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.3.1.6]

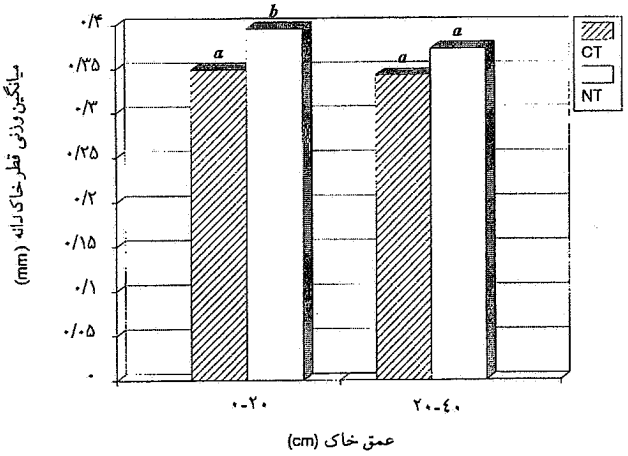


شکل ۳- مقدار ازت کل (TN) خاک در دو روش خاک‌ورزی مرسوم (CT) و بدون خاک‌ورزی (NT) و دو عمق ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتیمتری. در هر عمق مقادیر ازت آلی برای تیمارهای مختلف با حروف یکسان، در سطح ۵ درصد احتمالات تفاوتی با یکدیگر ندارند.

خاک‌ورزی و کم خاک‌ورزی باعث افزایش این مواد شده است. کندو و همکاران (۲۰) نیز گزارش داده‌اند نوع خاک‌ورزی تأثیر بسزایی بر توزیع ازت در خاک دارد و توصیه کرده‌اند که هر چه عمق خاک‌ورزی در برنجزارها بیشتر باشد ازت بیشتری جهت ریشه گیاه برنج تأمین می‌شود.

میانگین وزنی قطر و توزیع اندازه‌ای خاک‌دانه‌ها

راه‌های مختلفی جهت نشان دادن وضعیت پایداری خاک‌دانه‌ها وجود دارد، که از جمله تعیین میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها است . علاوه بر عوامل وراثتی خاک، مانند بافت که بر پایداری خاک‌دانه‌ها تأثیر می‌گذارد، نحوه خاک‌ورزی و میزان مواد آلی خاک نیز بر اندازه و پایداری خاک‌دانه‌ها مؤثر است. در این مطالعه نیز هر دو عامل یعنی ازدیاد مواد آلی و به هم نخوردن خاک در روش بدون خاک‌ورزی باعث پایداری بیشتر خاک‌دانه‌ها شده است. در دو عمق متوالی، مقدار MWD در خاکهای شخم خورده به ترتیب ۲۰ و ۱۰ درصد کوچک‌تر از خاکهای بدون خاک‌ورزی بوده است (شکل ۴). مطالعات

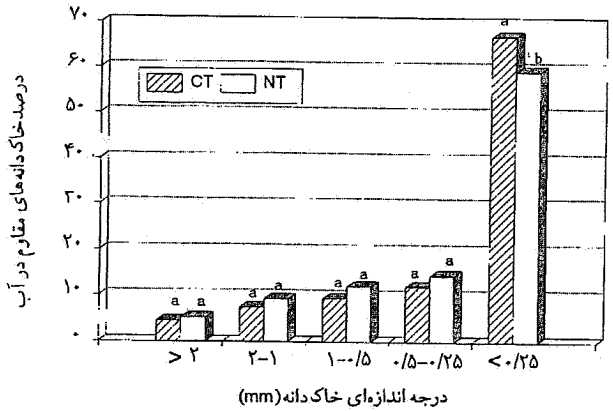


شکل ۴- متوسط دو ساله میانگین وزنی قطر خاک‌دانه (MWD) در دو روش خاک‌ورزی مرسوم (CT) و بدون خاک‌ورزی (NT) و دو عمق ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتیمتری. میانگینهای وزنی قطر خاک‌دانه در هر عمق برای تیمارهای مختلف با حروف یکسان، در سطح ۵ درصد احتمالات تفاوتی با یکدیگر ندارند.

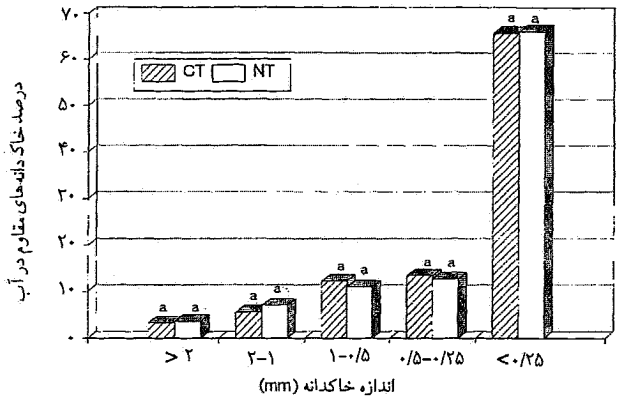
دیگران (۲۸، ۳۰، ۳۱ و ۳۲) نیز نشان داده است که مقدار خاک‌دانه‌های پایدار در آب در روش بدون خاک‌ورزی، حدود ۳۰ درصد بیشتر از روش خاک‌ورزی مرسوم بوده است. در شکل ۴ تأثیر هر دو عامل، یعنی مقدار مواد آلی و عدم خاک‌ورزی بر خاک‌دانه‌ای شدن خاک سطحی در روش بدون خاک‌ورزی،نشان داده شده است. میانگین وزنی قطر خاک‌دانه در روش بدون خاک‌ورزی و در عمق ۲۰-۰ سانتیمتری، حدود ۲۰ درصد بیشتر از آن در روش خاک‌ورزی مرسوم می‌باشد. در صورتی که در عمق بعدی تفاوتی از لحاظ آماری بین MWD در دو روش مشاهده نمی‌شود. اگر چه اندازه MWD در این خاک و دیگر خاکهای مناطق نیمه خشک کوچک‌تر از مناطق مرطوب می‌باشد، که علت عمده آن پایین بودن میزان مواد آلی خاک است، ولی با همین مقدار مواد آلی کم نیز مشاهده می‌شود که نوع خاک‌ورزی می‌تواند بر استحکام خاک تأثیر بگذارد. مطالعات زیادی نشان داده است که بر جای گذاشتن بقایای گیاهی در روش بدون خاک‌ورزی باعث بهبود وضعیت خاک‌دانه و کاهش از دست دادن مواد آلی خاک می‌شود (۵). علاوه بر این، برخی دیگر از مطالعات تغییر کمی را در وضعیت خاک‌دانه (۳۲) و تنها تغییر در توزیع عمقی مقدار مواد آلی را در دو روش

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.3.1.6]



شکل ۵-توزیع اندازه‌ای خاکدانه در دو روش خاکورزی مرسوم (CT) و بدون خاکورزی (NT) در عمق ۲۰-۰ سانتیمتری. درصد خاکدانه‌های مقاوم در آب در درجه‌های اندازه‌ای خاکدانه برای تیمارهای مختلف با حروف یکسان، در سطح ۵ درصد احتمالات با یکدیگر مساوی هستند.



شکل ۶-توزیع اندازه‌ای خاکدانه در دو روش خاکورزی مرسوم (CT) و بدون خاکورزی (NT) در عمق ۴۰-۲۰ سانتیمتری. درصد خاکدانه‌های مقاوم در آب در درجه‌های اندازه‌ای خاکدانه برای تیمارهای مختلف با حروف یکسان، در سطح ۵ درصد احتمالات با یکدیگر مساوی هستند.

با خاکورزی و بدون خاکورزی گزارش نموده‌اند (۲۸ و ۳۰).

در شکلهای ۵ و ۶ توزیع اندازه‌ای خاکدانه‌ها در دو روش خاکورزی و در دو عمق آورده شده است. توزیع اندازه‌ای خاکدانه‌های خاک سطحی (۲۰-۰ سانتیمتری) مقاوم در آب تحت تأثیر روشهای خاکورزی قرار گرفته و خاکدانه‌های کوچکتر از ۰/۲۵ میلیمتر در روش خاکورزی مرسوم بیشتر از بدون خاکورزی بوده است (شکل ۵). این موضوع بیانگر این است که خاکورزی باعث شکسته و متلاشی شدن بیشتر خاکدانه‌ها می‌شود و ذرات یا خاکدانه‌های ریزتری را به وجود می‌آورد. در عمق دوم (۴۰-۲۰ سانتیمتری) تفاوت عمده‌ای بین توزیع اندازه‌ای خاکدانه‌ها مشاهده نگردید (شکل ۶). حدود ۶۰ درصد از خاکدانه‌ها در هر دو روش خاکورزی کوچکتر از ۰/۲۵ میلیمتر می‌باشند. این مقدار در خاکهای مناطق خشک امری طبیعی است (۵). در صورتی که در خاکهای مناطق مرطوب، که خاک دارای مواد آلی اولیه بالایی است، حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد خاکدانه‌ها بزرگتر از ۰/۲۵ میلیمتر می‌باشند (۵).

تأثیر روشهای خاکورزی بر عملکرد ذرت

روشهای خاکورزی تأثیر عمده‌ای بر عملکرد دانه و دیگر شاخصهای فیزیولوژیک گیاه ذرت نهاده است. گزارش کامل این تأثیر در مقاله‌ای جداگانه توسط میرلوحی و همکاران (۲) آورده شده است. به‌طور کلی روش بدون خاکورزی باعث شده است که عملکرد گیاه ذرت کاهش چشمگیری داشته باشد (جدول ۳). وزن خشک گیاه، شاخص سطح برگ و عملکرد دانه در روش بدون خاکورزی به ترتیب ۲۵، ۲۰ و ۲۳ درصد کاهش نسبت به خاکورزی مرسوم نشان می‌دهد. میان مقادیر خصوصیات فیزیولوژیک اندازه گیری شده گیاه در بین سالهای اول و دوم تفاوت عمده‌ای مشاهده می‌شود (جدول ۴). این مقادیر در سال دوم کمتر از سال اول و در روش بدون خاکورزی نیز کمتر از تیمار دیگر بوده است، که علت آن را می‌توان در سخت شدن لایه سطحی خاک، به علت عدم خاکورزی و درنتیجه نامساعد بودن محیط جهت رشد و نمو ریشه دانست.

نتیجه گیری

۱- نتایج آزمایش دو ساله بررسی چگالی ظاهری، در صد اشباع، اندازه خاکدانه‌ها و مقدار مواد آلی خاک نشان داد که روشهای خاکورزی می‌تواند بر این خصوصیات تأثیر بگذارد.

۲- میزان مواد آلی، ازت کل، و اندازه خاکدانه‌ها در روش بدون

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.3.1.6]

جدول ۳- مقایسه میانگینهای وزن خشک گیاه در هفته دهم، شاخص سطح برگ و عملکرد دانه در خاک ورزیهای مختلف (میانگین ۵ هیبرید)

خاک‌ورزی	وزن خشک گیاه در هفته دهم (تن در هکتار)	شاخص سطح برگ	عملکرد دانه (تن در هکتار)
خاک‌ورزی مرسوم	۱۴/۴^{a*}	۴/۳۱^{a}	۷/۶^{a}
بدون خاک‌ورزی	۱۱/۶^{b}	۳/۶۱^{b}	۶/۲^{b}

*- در هر ستون تفاوت بین میانگینهایی که حداقل یک حرف مشترک داشته باشند از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی دار نیست.

جدول ۴- مقایسه میانگینهای شاخص سطح برگ و عملکرد دانه در دو روش خاک‌ورزی در سالهای متفاوت

سال آزمایش	روش خاک‌ورزی	شاخص سطح برگ	عملکرد دانه
اول	خاک‌ورزی مرسوم	۴/۴۴^{a*}	۷/۷^{a}
اول	بدون خاک‌ورزی	۳/۸۷^{b}	۷/۴^{b}
دوم	خاک‌ورزی مرسوم	۴/۱۹^{b}	۷/۵^{a}
دوم	بدون خاک‌ورزی	۳/۴۰^{b}	۴/۹^{b}

*- در هر ستون تفاوت بین میانگینهایی که حداقل یک حرف مشترک داشته باشند از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی دار نیست.

خاک‌ورزی افزایش قابل توجهی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم نشان داد.

۳- خاک‌ورزی باعث گردید تا درصد خاک‌دانه‌های ریز (کوچک‌تر از ۰/۲۵ میلیمتر) افزایش یابد.

۴- نتایج دو ساله آزمایش نشان داد که تولید ذرت با روش بدون خاک‌ورزی با کاهش عملکرد همراه و این کاهش در سال دوم چشمگیرتر بوده است.

۵- توصیه می‌گردد که در مطالعات بعدی روشهای حداقل خاک‌ورزی و همچنین نسوزاندن بقایای گیاهی و مخلوط نمودن آن با خاک همراه با خاک‌ورزی مرسوم مورد تحقیق قرار گیرد.

سپاسگزاری

از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان به خاطر تأمین هزینه‌های طرح سپاسگزاری می‌گردد. همچنین از ارائه نظرات مفید آقایان دکتر افیونی و دکتر کلباسی قدردانی می‌شود.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.3.1.6]

منابع مورد استفاده

۱- لکزیان، ا. ۱۳۶۹. ژنز و رده بندی خاک لورک. پایان نامه کارشناسی ارشد بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲- میرلوحی، آ.، م. حاج عباسی و ا. قناعتی. ۱۳۷۷. عکس‌العمل عملکرد هیبریدهای ذرت نسبت به دو نوع خاک‌ورزی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، (در دست بررسی).

3- Allan Jones, A. 1983. Effect of soil texture on critical bulk densities for root growth. Soil Sci. Soc. Am. J. 47:1208-1211.

4- Bauer, A. and A.L. Black. 1981. Soil carbon, nitrogen and bulk density comparison in two cropland tillage systems after 25 years and in virgin grassland. Soil Sci. Soc. Am. J. 45:1160-1170.

5- Bear, M.H., P.F. Hendrix and D.C. Coleman. 1994. Water stable aggregate and organic matter fraction in conventional and no-till soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 58:777-786.

6- Blake, G.R. and K.H. Hartage. 1986. Bulk density determination. *In*: Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Agronomy Monograph # 9 (2nd ed.), pp. 363-375.

7- Blevins, R.L. and G.W. Thomas. 1983. Changes in soil properties after 10 years of continuous non-tilled and conventional tilled corn. Soil and Tillage Res. 3:135-146.

8- Bradford, J.M. 1986. Penetribility. *In:* Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Agronomy Monograph # 9 (2nd ed.), pp. 468-472.

9- Bremner, J.M. and C.S. Mulvaney. 1982. Kjeldahl method of nitrogen determination. *In:* Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical Methods. Agronomy Monograph # 9 (2nd ed.), pp. 595-622.

10- Campbell, C.A. and W. Souster. 1982. Loss of organic matter and potentially mineralizable nitrogen from Saskachewan soils due to cropping. Can. J. Soil Sci. 62:651-656.

11- Cassel, D.K. 1982. Tillage effects on bulk density and mechanical impedence. *In:* Predicting Tillage Effects on Soil Physical Properties and Processes. ASA special publication No. 44:45-68.

12- Cassel, D.K., C.W. Raczkowski and H.P. Denton. 1995. Tillage effects on corn production and soil physical conditions. Soil Sci. Soc. Am. J. 59:1436-1443.

13- Cox, W.J., R.W. Zobel, H.M. Van Es and D.J. Otis. 1990. Tillage effects on some soil physical and corn physiological characteristics. Agron. J. 82:806-812.

14- Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. *In:* Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Agronomy Monograph # 9 (2nd ed.), pp. 404-410.

15- Dick, W.A. 1983. Organic carbon, N,P concentration and pH in soil profiles as affected by tillage intensity. Soil Sci. Soc. Am. J. 47:102-107.

16- Grant, C.A. and G.P. Lafond. 1993. The effects of tillage and crop sequences on bulk density and penetration resistance on a clay soil in southern Saskatchewan. Can. J. Soil Sci. 73:223-232.

17- Hammel, J.E. 1989. Long term tillage and crop rotation effects on bulk density and soil impedence in Northern Idaho. Soil Sci. Soc. Am. J. 53:1515-1519.

18- Ismail, I., R.L. Blevins and W.W. Frye. 1994. Long-term no-tillage effects on soil properties and continuous corn yields. Soil Sci. Soc. Am. J. 58:193-198.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.3.1.6]

19- Kemper, W.D. and R.C. Rosenau. 1986. Aggregate stability and size distribution . *In:* Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Agronomy Monograph # 9 (2nd ed.), pp. 425-440.

20- Kundu, D.K., J.K. Ladha and E.L. Guzman. 1996. Tillage depth influence on soil nitrogen distribution and availability in a rice lowland. Soil Sci. Soc. Am. J. 60:1153-1159.

21- Lal, R., A. Mahboubi and N.R. Fausey. 1994. Long-term tillage and rotation effects on properties of central Ohio soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 58:517-522.

22- Linstrom, M.J., W.B. Voorhees and C.A. Onstad. 1984. Tillage system and residue cover effects on infiltration in northern Corn Belt soils. J. Soil and Water Conserv. 39:64-68.

23- Malhi, S.S. and M.A. O'Solivan. 1990. Soil temperature, moisture and compaction under zero and conventional tillage in Central Alberta. Soil and Tillage Res. 17:173-179.

24- Philip, R.E. and R.L. Blevins. 1980. No-tillage agriculture. Science (Washington D.C.) 208:1108-1113.

25- Pierce, F.J., M.S. Fortin and M.J. Staton. 1994. Periodic plowing effects on soil properties in a non-till farming system. Soil Sci. Soc. Am. J. 58:1782-1787.

26- Slowinska-Jurkiewicz, A. 1994. Changes in structure and physical properties of soil during spring tillage operations. Soil and Tillage Res. 29:397-407.

27- Statistical Analysis System. 1985. User's Guide: Statistics Ver. 5 ed., SAS Institute Inc. Cary, NY. pp. 956-960.

28- Stone, R.J. and E.I. Ekwue. 1995. Compressibility of some Trinidation soils as affected by incorporation of peat. Agric. Res. 60:15-24.

29- Tisdall, J.M. and J.M. Oades. 1985. Dry matter and water stable aggregate in soils. J. Soil Sci. 33:141-163.

30- Unger, P.W. 1997. Management induced aggregate and organic matter content in the surface layer of a Torrertic plants. Soil and Tillage Res. 42:185-205.

31- United States Department of Agriculture. 1982. Procedures for collecting soil samples and methods of analysis for soil survey investigations. Report #1, Soil Conservation Service, Washington D.C.

32- Voorhees, W.B., S.D. Evans and D.D. Warns. 1985. Effect of preplant wheel traffic on soil compaction, water use, and growth of spring wheat. Soil Sci. Soc. Am. J. 49:215-220.

33- Walkly, A. and I.A. Black. 1934. An examination of digestion method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.3.1.6]