تأثیر انواع خاک‌ورزی و گیاه پوششی بر مقاومت فروروی خاک در رطوبت‌های مختلف یک خاک سیلتی لوم در همدان

زینب زنگنه بیغش، حسین بیات، لادن حیدری
۱-دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه بوعلی سینا همدان، ۲-استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه بوعلی سینا همدان ۳-دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه بوعلی سینا همدان

چکیده

شیوه‌های مدیریت خاک‌های کشاورزی از جمله سیستم‌های خاک‌ورزی و گیاه پوششی اثر عمده‌ای بر ساختمان خاک دارند. مقاومت فروروی (PR) پارامتر مفیدی برای تشخیص تغییرات ساختمان خاک با مدیریت می‌باشد. مقادیر متغیر فوق وابسته به مقدار رطوبت بوده و با کاهش آن افزایش می‌یابد. اینکه عملیات مدیریتی خاک در چه رطوبتی بیشترین تأثیر را بر مقادیر این متغیر دارند شاخصی از حساسیت ساختمان خاک در رطوبت‌های مختلف به مدیریت خاک خواهد بود، که تا کنون در هیچ تحقیقی بررسی نشده است. تاثیر تیمار خاک¬ورزی در سه سطح خاک¬ورزی مرسوم ، حداقل و بدون خاک¬ورزی و گیاه پوششی نیز در سه سطح ماشک ، خلر و بدون گیاه پوششی بر مقاومت فروروی بررسی شد. PR در رطوبت‌های متفاوت بر روی نمونه‌های دست نخورده اندازه‌گیری شد. نتایج حاصله نشان داد که تیمار خاک‌ورزی حداقل- بدون گیاه پوششی در غالب مکش‌ها باعث کاهش مقاومت فروروی شد. علت آن شخم سطحی خاک در تیمار خاک‌ورزی حداقل نسبت به تیمار بدون خاک‌ورزی و کاهش تردد ماشین آلات کشاورزی نسبت به تیمار خاک‌ورزی مرسوم بود، همچنین گیاهان پوششی باعث افزایش مقاومت واحدهای ساختمانی خاک در برابر نیروهای خارجی شدند.

واژه های کلیدی: خاک‌ورزی مرسوم، خاک‌ورزی حفاظتی، گیاه پوششی، مقاومت فروروی

مقدمه

هر گونه تغییر فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک برای بهبود شرایط جوانه‌زنی، استقرار و رشد گیاهان، خاک‌ورزی محسوب می شود. روش خاک‌ورزی مرسوم با حداکثر استفاده از ادوات خاک‌ورزی مانند گاوآهن برگرداندار و دیسک طی چند مرحله باعث بهم خوردن ساختمان طبیعی خاک سطحی می‌گردد (حاج عباسی و همکاران ۱۳۸۷). روش های خاک‌ورزی حفاظتی اغلب باعث کاهش فرسایش و افزایش مقدار آب قابل استفاده گیاه می گردند. ایسمیل و همکاران (۱۹۹۴) اجرای روش بدون خاک‌ورزی را عامل تأثیرات مفیدی بر خصوصیات خاک مانند بهبود ساختمان و افزایش مواد آلی و افزایش محصول گزارش کرده‌اند. کمپل و همکاران (۱۹۸۲) و بییر و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که روش‌های بدون خاک‌ورزی یا خاک‌ورزی حفاظتی باعث افزایش میزان مواد آلی خاک می گردند. در روش خاک‌ورزی مرسوم، به هم خوردن خاک باعث تجزیه بیشتر و سریعتر بقایای گیاهی شده و کربن و ازت موجود در مواد آلی زودتر معدنی شده و در نتیجه مواد آلی سریعتر از دست می‌رود (دیک، ۱۹۸۳ و بییر و همکاران، ۱۹۹۴).

گیاهان پوششی می‌توانند یك خاک‌ورزی کننده زنده باشند، زیرا باعث نفوذپذیری بهتر خاك می گردند و لایه های متراکم خاک را می‌شکنند (صمدانی و منتظری ۲۰۰۹). حمزه و آندرسون (۲۰۰۵) و جیمنز و همکاران (۲۰۰۸) گیاهان پوششی را تیمار خوبی به منظور کاهش تراکم خاک معرفی کردند.

مقاومت فروروی [۱۴۴] (PR)خاک عبارت است از آسانی حرکت یک جسم به داخل خاک که توسط دستگاهی به نام فروسنج اندازه گیری می‌شود. مقاومت فروروی خاک به خصوصیات مخروط (مثل قطر، ارتفاع و زاویه مخروط) و به مقدار زیادی به خصوصیات خاک (از قبیل جرم مخصوص ظاهری، مقاومت برشی، مواد آلی، رطوبت خاک و بافت خاک) بستگی دارد (هریک و جونز ۲۰۰۲). شیرانی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که سیستم خاک‌ورزی مرسوم، مقاومت خاک را تا عمق بیشتری نسبت به سیستم کم خاک‌ورزی کاهش داد. علت این امر عمق بیشتر خاک نرم در تیمار گاوآهن برگرداندار در مقایسه با دیسک سطحی می‌باشد. اثر سیستم بدون خاک‌ورزی بر مقاومت فروروی خاک توسط بسیاری از نویسندگان گزارش شده است (کوکس و همکاران ۱۹۹۰). گزارش شده است که سیستم بدون خاک‌ورزی موجب افزایش مقاومت فروروی خاک می‌شود (لارنی و کلادیوکو ۱۹۸۹).

مقاومت فروروی در رطوبت‌های متفاوت روند خاصی را در تیمارهای متفاوت گیاه پوششی نشان نداد (لی و همکاران ۱۹۹۳). استوک و داونز (۲۰۰۸) تأثیر سطوح متفاوت ماده آلی بر کاهش مقاومت فروروی را مورد بررسی قرار داده و همچنین در رابطه بین مقاومت فروروی و پتانسیل ماتریک در درصدهای مختلف ماده آلی، افزایش مقاومت فروروی با افزایش مکش ماتریک را گزارش کردند. تو و کی (۲۰۰۵) همبستگی بین مقاومت فروروی و درصد رطوبت را به نوع و ساختمان خاک و لاپن و همکاران (۲۰۰۴) این همبستگی را به نوع مدیریت مرتبط دانستند. اسمیت و همکاران (۱۹۹۷) نشان دادند که در مقادیر رطوبت گنجایش زراعی و بالاتر،

[۱۴۴] Penetration resistance

مقاومت فروروی تغییرات اندکی داشت حال آن‌که بیشترین اختلاف در مقاومت فروروی در مقادیر رطوبتی پایین رخ داد. مقاومت خاک‌های کشاورزی نباید زیاد باشد. چون در غیر این صورت ریشه گیاهان و دیگر موجودات قادر نخواهند بود که در خاک نفوذ کنند (دکستر ۱۹۸۸ و ۱۹۹۷). هدف از این مطالعه عبارت است از: ۱- بررسی اثر عملیات مدیریتی خاک شامل تیمارهای خاک‌ورزی و گیاه پوششی و اثر متقابل این تیمارها بر مقاومت فروروی یک خاک سیلتی لوم ، ۲- بررسی میزان تأثیر عملیات مدیریتی بر مقاومت فروروی در رطوبت‌های متفاوت که شاخصی از حساسیت ساختمان خاک در رطوبت‌های مختلف به مدیریت خاک خواهد بود، و تا کنون در هیچ تحقیقی بررسی نشده است.

مواد و روش‌ها

اجرای طرح

برای بررسی تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی و نوع گیاه پوششی بر مقاومت فروروی خاک در رطوبت‌های متفاوت، فاکتور خاک‌ورزی در سه سطح شامل خاک‌ورزی مرسوم (تیمار شخم با گاوآهن برگردان دار [۱۴۵](MP))، خاک‌ورزی حداقل (تیمارشخم با چیزل [۱۴۶](CP)) و بدون خاک‌ورزی [۱۴۷](NT) و فاکتور گیاه پوششی در سه سطح شامل خلر، ماشک و بدون گیاه پوششی به صورت آزمون فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بوعلی سینا- همدان (دستجرد)، اجرا شد.

نمونه برداری

نمونه برداری در پاییز و در پایان مرحله برداشت محصول (گیاه ذرت)، انجام گرفت. به طوری که از هر واحد آزمایشی از عمق ۰ تا ۱۰ سانتیمتری در سیلندرهای استیل با قطر ۳/۵ و ارتفاع ۵/۴ سانتیمتر نمونه برداشت شد.

مقاومت فروروی خاک

مقاومت فروروی خاک بر روی نمونه‌های دست نخورده در مکش‌های ماتریک ۶، ۱۰، ۳۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۵۰۰ کیلوپاسکال با دستگاه فروسنج ریز با زاویه مخروط ۳۰ درجه و قطر قاعده مخروط ۲ میلی متر اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری نیرو در هر سیلندر با دو تکرار و در عمق‌های ۵/۰، ۱، ۵/۱، ۲، ۵/۲ و ۳ سانتیمتر انجام شد. سپس میانگین ۱۲ نقطه اندازه گیری برای محاسبه مقاومت فروروی(PR) استفاده شد.

نتایج و بحث

مقاومت فروروی

نتایج تجزیه واریانس تأثیر خاک‌ورزی و گیاه پوششی بر مقاومت فروروی خاک در مکش‌های مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است. اثر فاکتور گیاه پوششی بر مقاومت فروروی در مکش ۶ کیلو پاسکال معنی‌دار بود. بعلاوه تاثیر فاکتورهای خاک‌ورزی و گیاه پوششی بر مقاومت فروروی در مکش ۱۰ کیلو پاسکال معنی‌دار بود. در بقیه مکش‌ها فاکتورها و تیمارهای مورد بررسی تاثیر معنی‌داری بر مقاومت فروروی نداشتند.

جدول۱- نتایج تجزیه واریانس مقاومت فروروی (kPa)

		میانگین مربعات خطا (MSE)							
منابع تغییر	درجه آزادی	۶ kPa	۱۰	۳۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰	۸۰۰	۱۵۰۰
تکرار	۲	۰۰۵/۰ ns	۱۲۹۵۹۵ ns	۱۱۰۱۲ ns	۱۳۵۸۹۲ ns	۳۱۵۸۲ ns	۴۱۷۸۴۳۵ ns	۱۲۵۳۷۷۰ ns	۲۴۴۶۵۶۶ ns
خاکورزی	۲	۲۰۴/۰ ns	۲۸۳۴۲۲۰ **	۳۲۹۲۰۲ ns	۲۱۱۹۳۴۲ ns	۱۴۹۰۸۴۷ ns	۴۱۱۵۵۴۰ ns	۶۱۶۰۲۶ ns	۶۹۸۸۲۰۵ ns
گیاه پوششی	۲	۳۵۴/۰ *	۲۶۹۵۶۶۷ **	۱۳۶۹۰۱۹ ns	۱۷۴۷۹۰۱ ns	۱۰۷۷۵۳۳ ns	۵۱۳۱۱۵۰ ns	۱۰۱۷۲۲ ns	۶۴۶۸۸۸ ns
اثر متقابل	۴	۰۳۲/۰ ns	۱۲۱۵۴۳ ns	۱۴۲۰۰۱۳ ns	۱۷۴۴۴۴۱ ns	۵۲۴۶۹۵ ns	۵۲۸۷۹۹۹ ns	۳۸۵۰۱۶ ns	۹۱۵۶۳۵۲ ns

[۱۴۵] Moldboard plow(Conventional tillage)
[۱۴۶] Chisel plow (Minimum tillage)
[۱۴۷] No tillage

خطا	۱۶	۰۶۰/۰	۳۷۶۰۴۰	۶۵۷۲۳۰	۱۳۳۹۰۵۷	۱۱۱۷۸۸۶	۲۳۱۸۵۴۸	۲۹۳۴۲۴۹	۴۸۷۳۳۸۴

MSE میانگین مربعات خطا؛ * و ** به ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد، ns بدون اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد.

مقایسه میانگین تأثیر سطوح خاک‌ورزی و گیاه پوششی بر مقاومت فروروی (PR)درجدول ۲ نشان داده شده است. در مکش ۶ و ۱۰ کیلوپاسکال در بین سطوح خاک‌ورزی، تیمار بدون خاک‌ورزی نسبت به دو سطح دیگر خاک‌ورزی تفاوت معنی‌داری داشت و موجب افزایش مقاومت فروروی شد. در سایر مکش‌ها تیمار بدون خاک‌ورزی نسبت به دو سطح دیگر خاک‌ورزی، مقاومت فروروی را افزایش داد، هر چند که تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. احتمالا علت معنی‌دار نشدن تفاوت‌ها ضریب تغییرات بالای مقاومت فروروی می‌باشد. در مکش ۶ و ۱۰ کیلوپاسکال تیمار بدون گیاه پوششی نسبت به دو سطح دیگر گیاه پوششی مقاومت فروروی را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. در سایر مکش‌ها بین مقاومت فروروی تیمارهای گیاه پوششی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. مقاومت فروروی بیشتر در خاک‌های بدون خاک‌ورزی گزارش شده است و مقاومت فروروی با رطوبت متفاوت در تیمارهای متفاوت گیاه پوششی متغیر است (لی و همکاران ۱۹۹۳). در مکش ۶، ۱۰، ۳۰ و ۴۰۰ کیلو پاسکال اثر متقابل تیمارها، بر مقاومت فروروی معنی‌دار بود. در مکش ۶ کیلوپاسکال تیمار خاک‌ورزی حداقل- بدون گیاه پوششی مقاومت فروروی را نسبت به همه تیمارها به‌جز دو تیمار خاک‌ورزی مرسوم- بدون گیاه پوششی و خاک‌ورزی حداقل- خلر به‌طور معنی‌داری کاهش داد. احتمالا علت آن تردد کم‌تر ماشین آلات کشاورزی و شخم سطحی خاک بود. همچنین گیاهان پوششی باعث افزایش مقاومت واحدهای ساختمانی خاک شدند. ورهز (۱۹۸۳)، گزارش کرد که خاک‌ورزی با گاوآهن برگرداندار در دو خاک دارای تراکم و بدون تراکم، باعث کاهش مقاومت فروروی گردید.

در مکش ۱۰ کیلوپاسکال تیمار خاک‌ورزی حداقل- بدون گیاه پوششی موجب کاهش معنی‌دار مقاومت فروروی نسبت به تمام تیمارها به جزء خاک‌ورزی مرسوم- ماشک، خاک‌ورزی مرسوم- بدون گیاه پوششی و خاک‌ورزی حداقل- خلر گردید. روند تغییرات مقاومت فروروی در مکش ۱۰ کیلوپاسکال تقریباً شبیه به مکش ۶ کیلو پاسکال بود. مقاومت فروروی خاک با کاهش رطوبت خاک افزایش یافته و با افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک در طی تراکم افزایش می‌یابد (کولن و کویپرز ۱۹۸۳). در مکش ۱۰ کیلوپاسکال تیمار خاک‌ورزی مرسوم- بدون گیاه پوششی موجب کاهش معنی‌دار مقاومت فروروی نسبت به تیمارهای بدون خاک‌ورزی با گیاه پوششی ماشک و خلر گردید. ویلکینز و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند که مقاومت خاک بدون عملیات کشاورزی در لایه شخم (لایه ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری) بیشتر از خاک شخم خورده است. همچنین ریشه گیاهان در خاک‌ورزی مرسوم (کولتیواتور) نسبت به کشت بدون خاک‌ورزی دارای وسعت بیشتری می‌باشند (چن و همکاران، ۲۰۰۵).

در مکش ۳۰ کیلوپاسکال تیمار خاک‌ورزی حداقل- خلر موجب افزایش معنی‌دار مقاومت فروروی نسبت به دو سطح دیگر گیاه پوششی در همین خاک‌ورزی گردید. گیاه پوششی خلر نقش مهمی را در افزایش مقاومت فروروی خاک داشت که به علت افزایش مقاومت ساختمانی خاک (مقاومت واحدهای ساختمانی خاک) در برابر نیروی خارجی بود. در مکش ۴۰۰ کیلوپاسکال تیمار خاک‌ورزی حداقل- بدون گیاه پوششی موجب کاهش معنی‌دار مقاومت فروروی نسبت به دو تیمار خاک‌ورزی حداقل- خلر و بدون خاک‌ورزی- ماشک گردید. گیاه پوششی خلر و تیمار بدون خاک‌ورزی مقاومت فروروی خاک را افزایش دادند که علت آن به ترتیب افزایش مقاومت ساختمانی خاک و کاهش شدت خاک‌ورزی و دست نخورده بودن خاک بود. در مکش ۱۰، ۳۰ و ۴۰۰ کیلوپاسکال مقاومت فروروی در خاک‌ورزی مرسوم-خلر نسبت به خاک‌ورزی حداقل-ماشک افزایش یافته است، هر چند که تفاوت‌ها معنی‌دار نمی‌باشد. این نتیجه مشابه نتایج داویگا و همکاران (۲۰۰۷) بود. آنها مقاومت فروروی سه نوع سیستم خاک‌ورزی (بدون خاک‌ورزی، خاک‌ورزی با چیزل و مرسوم) را مقایسه کردند و گزارش کردند که کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک سطحی در خاک‌ورزی با چیزل نسبت به خاک‌ورزی مرسوم باعث کاهش مقاومت فروروی در خاک‌ورزی حداقل (چیزل) شد. در بقیه مکش‌ها تیمارهای مورد بررسی تاثیر معنی‌داری بر مقاومت فروروی نداشتند. مقاومت فروروی در اثر متقابل خاک‌ورزی و گیاه پوششی با افزایش مکش و کاهش رطوبت افزایش یافت.

جدول ۲- مقایسه میانگین مقاومت فروروی (kPa)

منابع تغییر	kPa ۶ Log(x)	۱۰	۳۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰	۸۰۰	۱۵۰۰
T_1	۶۶۷/۲^{ba}	۰/۱۸۰^{b}	۱۷۹۲	۳۱۳۹	۳۵۰۱	۴۱۳۱	۶۷۵۱	۱۰۷۹۷
T_2	۵۰۸/۲^{b}	۱۷۰۰^{b}	۲۰۰۳	۲۴۳۷	۳۰۰۶	۴۲۵۶	۶۹۱۰	۱۰۳۷۳
T_3	۸۰۹/۲^{a}	۲۷۱۹^{a}	۲۱۷۴	۳۳۶۸	۳۸۱۳	۵۳۶۰	۷۲۶۲	۱۲۶۶۰
C_1	۸۲۲/۲^{a}	۲۳۴۴^{a}	۲۰۵۵	۳۳۶۸	۳۸۰۹	۴۳۷۴	۵/۷۸۳	۱۰۸۷۵
C_2	^{a}۷۲۱/۲	۲۴۳۲^{a}	۲۳۴۴	۷/۲۵۱	۳۳۸۸	۵۴۲۰	۶۸۷۱	۱۰۹۷۸
C_3	۴۴۰/۲^{b}	۱۴۴۴^{b}	۱۵۷۲	۳۰۷۴	۳۱۲۳	۳۹۵۴	۶۹۷۰	۱۱۳۸۲
T_1C_1	۷۳۹/۲^{a}	۱۸۸۲^{bac}	۱۸۸۲^{ba}	۲۵۵۴	۳۷۰۳	۳۴۵۱^{bac}	۶۶۲۹	۱۲۶۴۵
T_1C_2	۷۴۹/۲^{a}	۲۳۲۳^{ba}	۱۶۹۳^{ba}	۳۰۷	۳۹۰۴	۵۴۹۹^{bac}	۶۴۵۹	۸۸۵۹۰
T_1C_3	۵۱۰/۲^{ba}	۱۲۰۰^{bc}	۱۸۰۲^{ba}	۳۷۸۵	۲۸۹۶	۳۴۴۵^{bac}	۷۱۶۷	۱۰۸۸۷
T_2C_1	۷۹۰/۲^{a}	۲۲۰۸^{ba}	۱۵۲۸^{b}	۳۲۹۶	۳۲۲۷	۳۳۳۲^{bc}	۷۲۶۶	۹۶۴۷۰

T_2C_2	۵۶۰/۲^{ba}	۱۹۴۷^{bac}	۳۱۹۲^{a}	۱۹۷۲	۲۷۱۹	۶۲۵۰^{ba}	۶۷۰۸	۱۰۹۱۲
T_2C_3	۱۷۴/۲^{b}	۹۴۵.۳^{c}	۱۲۸۹^{b}	۲۰۴۱	۳۰۷۲	۳۱۸۷^{c}	۶۷۵۸	۱۰۵۶۰
T_2C_1	۹۳۸/۲^{a}	۲۹۴۳^{a}	۲۷۵۴^{ba}	۴۲۵۳	۴۴۹۸	۶۳۴۰^{a}	۷۳۵۶	۱۰۳۳۴
T_2C_2	۸۵۴/۲^{a}	۳۰۲۸^{a}	۲۱۴۶^{ba}	۲۴۵۵	۳۵۴۰	۴۵۱۲^{bac}	۷۴۴۵	۱۳۱۶۴
T_2C_3	۶۳۶/۲^{a}	۲۱۸۶^{ba}	۱۶۲۳^{ba}	۳۳۹۶	۳۴۰۱	۵۲۲۹^{bac}	۶۹۸۷	۱۲۷۰۰

T_2 ، T_1 و T_3 به ترتیب خاک‌ورزی مرسوم (برگرداندار)، خاک‌ورزی حداقل (چیزل) و بدون خاک‌ورزی؛ C_2، C_1و C_3به ترتیب گیاه پوششی ماشک، گیاه پوششی خلر و شاهد؛ TC، اثر متقابل تیمارهای خاک‌ورزی و گیاه پوششی، در هربخش از هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌دار ندارند.

نتیجه گیری

در این تحقیق اثرات مستقل و متقابل تیمار خاک‌ورزی و گیاه پوششی بر مقاومت فروروی خاک بررسی شد. تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم و حداقل مقاومت فروروی را نسبت به کشت بدون خاک‌ورزی کاهش دادند، که احتمالا به دلیل کاهش اثر تراکم در این دو نوع خاک‌ورزی و افزایش جرم مخصوص ظاهری در کشت بدون خاک‌ورزی باشد. نتایج حاصله نشان داد که تیمار خاک‌ورزی حداقل- بدون گیاه پوششی در غالب مکش‌ها باعث کاهش مقاومت فروروی شد. علت آن شخم سطحی خاک در تیمار خاک‌ورزی حداقل نسبت به تیمار بدون خاک‌ورزی و کاهش تردد ماشین آلات کشاورزی نسبت به تیمار خاک‌ورزی مرسوم بود. همچنین گیاهان پوششی باعث افزایش مقاومت ساختمانی خاک (مقاومت واحدهای ساختمانی خاک) در برابر نیروهای خارجی شدند. در نتیجه مقاومت فروروی را افزایش دادند. مقدار مقاومت فروروی برای تشخیص زمان قابلیت انجام عملیات خاک‌ورزی در زمین مفید است. بنابراین تیمار خاک‌ورزی حداقل- بدون گیاه پوششی را به کشاورزان توصیه می‌کنیم.

منابع

حاج عباسی، محمد علی، آقا فخر، میر لوحی و محمد صدرا رحامی (۱۳۸۷) "اثر شیوه‌های خاک‌ورزی بر بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و عملکرد ذرت در مزرعه تحقیقاتی لورک".

شیرانی، حسین، حاج عباسی، محمد علی، افیونی، مجید و همت، عباس (۱۳۸۹) "تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی و کود آلی بر مقاومت فروروی خاک تحت کشت ذرت". مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال ۴، شماره ۵۱: ۱۵۴-۱۴۱.

Bear, M.H., P. F. Hendrix and, D.C. Coleman. ۱۹۹۴. Water stable aggregates and organic matter fraction in conventional and no-tillage. Soil Sci. Soc. Am. J. ۵۸: ۷۷۷-۷۸۶.

Campbell, C.A. and, W. Souster. ۱۹۸۲. Loss of organic matter and potentially mineralizable nitrogen from Saskachewan soils due to cropping. Can. J. Soil Sci. ۶۲: ۶۵۱-۶۵۶.

Chen, Y. Cavwrs, C. Tessier, S. Monero, F. Lobb, D. (۲۰۰۵) "Short-term tillage effects on soil cone index and plant development in a poorly drained, heavy clay soil". Soil and Tillage Research ۸۲. ۱۶۱-۱۷۱.

Cox, W. J. Zobel, R. W. VanEs, H.M. Otis, D.J. (۱۹۹۰) "Tillage effects on some soil physical and corn physiological characteristics". Agron. J. ۸۲. ۸۰۶-۸۱۲.

Da Veiga, M. Horn, R. Reinert, D.J. Reichert, J.M. (۲۰۰۷) "Soil compressibility and penetrability of an Oxisol from southern Brazil, as affected by long-term tillage systems". Soil and Tillage Research. ۹۲. ۱۰۴-۱۱۳.

Dexter, A.R. (۱۹۸۸): Advances in characterization of soil structure. Soil & Tillage Research ۱۱: ۱۹۹-۲۳۸.

Dexter, A.R. (۱۹۹۷): Physical properties of tilled soils. Soil and Tillage Research ۴۳: ۴۱-۶۳.

Dick, W.A. ۱۹۸۳.Organic carbon N, P concentration and pH in soil profiles as affected by tillage intensity. Soil Sci. Soc Am.J. ۴۷ : ۱۰۲-۱۰۷.

Ismail, I., R.L.Blevins and, W.W. Trye. ۱۹۹۴. Long-term no tillage effects on soil properties and continuous corn yields. Soil Sci. Soc. Am. J. ۵۸: ۱۹۳-۱۹۸.

Koolen, A. J. and H. Kuipers. ۱۹۸۳. Agricultural Soil Mechanics. Advanced Series in Agricultural Sciences, Springer-Verlag, Berline.

Lapen, D.R. Topp, G.C. Hayhoe, H.N. Gregorich, E.G. Curnoe, W.E. (۲۰۰۴) "Combination cone penetration resistance/water content instrumentation to evaluate cone penetration-water content relationships in tillage research". Soil and Tillage Research. ۷۹. ۵۱-۶۲.

Larney, F. J. and E. J. Kladivko. (۱۹۸۹) "Soil strength properties under four tillage systems at three long-term

Stock, O. and Downes, N.K. (۲۰۰۸) "Effects of additions of organic matter on the penetration resistance of glacial till for the entire water tension range". Soil and Tillage Research. ۹۹. ۱۹۱-۲۰۱.

To, J. and B.D. Kay. ۲۰۰۵. Variation in penetrometer resistance with soil properties: the contribution of effective stress and implications for pedotransfer functions. Geoderma ۱۲۶: ۲۶۱-۲۷۶.

Wilkins, D.E. Siements, M.C. Albrecht, S.L. (۲۰۰۲) "Changes in soil physical characteristics during transition frim intensive tillage to direct seeding". Trans. ASAE ۴۵. ۸۷۷-۸۸۰.

Abstract

Agricultural soils management practices such as tillage systems and cover crop have major effect on soil structure. Penetration resistance (PR) is a useful parameter to detect changes in soil structure under different managements. PR was dependent on the moisture content and would decrease by increasing water content. The question that in what moisture content soil management practices have the greatest impact on the PR will show the sensitivity of soil structure at different soil moisture levels to soil management, which is not investigated so far. Effect of three tillage systems namely, conventional, minimum and no tillage and three cover crop treatments including Vetch, Lathyrus and unplanted cover crop were evaluated on the PR. PR was measured at different matric suctions on undisturbed soil samples. The results showed that minimum tillage-no-cover crop treatment decreased the PR. This may be due to plowing the soil surface compared to no tillage and decreased traffic compared to conventional tillage. Also, cover crop increased structural strength against external forces.