اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و کوددهی بر خواص فیزیکی خاک و عملکرد ذرت دانه‌ای

احمد حیدری[۱*]، حسین حاجی‌آقا علیزاده[۲]، علیرضا یزدان پناه[۳] و جعفر امیری پریان[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۴/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۳/۲۲)

DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.20.78.103

چکیده

بیشتر اراضی زیر کشت ذرت در استان همدان به‌صورت سنتی با گاوآهن برگردان‌دار و یک‌سری ادوات خاک‌ورزی ثانویه آماده می‌شود. در سال‌های اخیر استفاده از سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی مورد استقبال قرار گرفته است. این پژوهش در قالب طرح آماری کرت‌های خردشده (اسپلیت پلات) با ۶ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. روش‌های خاک‌ورزی شامل: T۱- روش مرسوم، شخم با گاوآهن برگردان‌دار + سیکلوتیلر مجهز به غلطک T۲- خاک‌ورز مرکب، گاوآهن قلمی مجهز به غلطک و T۳- خاک‌ورزی نواری با تیغه‌های قلمی به‌عنوان کرت اصلی و دو روش کوددهی شامل F۱- پخش سطحی کود فسفاته قبل از کاشت F۲- جای‌گذاری نواری کود فسفاته به هنگام کاشت به‌عنوان کرت فرعی درنظر گرفته شد. برخی از خواص فیزیکی خاک شامل، سرعت نفوذ آب در خاک، مقاومت خاک (شاخص مخروطی) و چگالی ظاهری خاک و نیز عملکرد و اجزا عملکردی ذرت دانه‌ای اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که روش‌های خاک‌ورزی و عمق خاک اثر معنی‌دار بر چگالی ظاهری و شاخص مخروطی خاک دارند. همچنین اثر روش خاک‌ورزی بر سرعت نفوذ آب در خاک معنی‌دار شد. اثر روش کوددهی بر عملکرد ذرت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. جای‌گذاری نواری کود به هنگام کاشت با میانگین عملکرد دانه، ۱۰۸۶۲ کیلوگرم در هکتار نسبت به پخش سطحی کود با میانگین عملکرد دانه، ۹۹۶۵ کیلوگرم در هکتار برتری داشت. اگرچه تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد دانه ذرت معنی‌دار نشد اما تیمار T۲ با میانگین عملکرد دانه، ۱۰۹۱۳ کیلوگرم در هکتار نسبت به دو تیمار دیگر (T۱ با میانگین عملکرد دانه، ۱۰۱۰۶ کیلوگرم در هکتار و T۳ با میانگین عملکرد دانه، ۱۰۲۲۲ کیلوگرم در هکتار) برتری داشت.

واژه‌های کلیدی: خاک‌ورزی، خواص فیزیکی خاک، ذرت دانه‌ای، کوددهی

۱. بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

۲. گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

۳. بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

۴. گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: heidari299@gmail.com

مقدمه

ذرت دانه‌ای یکی از پرمصرف‌ترین محصولات کشاورزی می‌باشد که موارد مصرفی خوراکی و علوفه‌ای دارد و نیاز به افزایش عملکرد و سطح زیر کشت آن در دنیا به‌خصوص در کشورهای درحال‌توسعه روزبه‌روز بیشتر احساس می‌گردد. ارائه روش مناسب خاک‌ورزی و نیز چگونگی در دسترس قراردادن کود در زراعت ذرت بسیار مهم می‌باشد. در روش مرسوم، برای تهیه زمین اغلب از گاوآهن برگردان‌دار استفاده می‌شود که علاوه بر صرف انرژی و هزینه بالا می‌تواند موجب تخریب خاک (به خصوص در خاک‌های با ساختمان ضعیف) در دراز مدت شود، لذا اگر بتوان از یک سیستم خاک‌ورزی جایگزین (خاک‌ورزی حفاظتی) در تهیه زمین برای ذرت استفاده کرد که موجب کاهش عملکرد نشود حائز اهمیت خواهد بود. همچنین اگر بتوان کود را به‌خوبی در اختیار گیاه در این نوع سیستم خاک‌ورزی قرار داد علاوه بر این‌که از کاهش عملکرد جلوگیری می‌گردد، در دراز مدت نیز باعث بهبود ساختمان خاک می‌گردد. برای کوددهی از دستگاه‌های سانتریفوژ (کودپاش‌های پران یا روش دستی) استفاده می‌گردد که با پخش سطحی کود، درصدی از کود فسفره به‌علت تثبیت شدن در خاک برای گیاه غیرقابل استفاده شده و بر اثر پاشش غیریکنواخت کود، رشد غیریکنواخت، اتلاف کود و کاهش ضریب استفاده گیاه از کود را نیز باعث می‌شود (۵). اغلب بین خاک‌ورزی حفاظتی و خاک‌ورزی مرسوم، تفاوتی از نظر عملکرد دیده نشده است (۲، ۱۵ و ۱۷). اگرچه در برخی پژوهش‌ها، خاک‌ورزی حفاظتی (به‌خصوص سیستم بی‌خاک‌ورزی) در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم، عملکرد ذرت را کاهش داد (۷، ۹ و ۱۱). جای‌گذاری نواری کود فسفره اغلب موجب افزایش عملکرد ذرت نسبت به پخش سطحی آن شد (۲، ۳، ۱۰ و ۱۱). در محصولات دیگر (چغندرقند، کلزا و گندم) نیز جای‌گذاری نواری کود فسفره نسبت به پخش سطحی آن موجب بهبود عملکرد محصول شد (۵، ۶، ۱۴ و ۱۶). مخلوط نمودن ۵۰- ۲۵ درصد بقایای گندم با خاک در خاک‌ورزی حفاظتی، موجب بهبود عملکرد ذرت شد (۸). تفاوتی در عملکرد ذرت در استفاده یا عدم استفاده ازکمپوست دامی (خوک) در خاک‌ورزی مرسوم (گاوآهن برگردان‌دار) و خاک‌ورزی حفاظتی (گاوآهن قلمی) مشاهده نشد، درحالی‌که استفاده از کمپوست دامی در سیستم بی خاک‌ورزی، حدود ۱۰٪ عملکرد ذرت را نسبت به زمانی‌که هیچ‌گونه کمپوستی استفاده نشده بود افزایش داد (۱۷). شیرانی و همکاران گزارش نمودند که استفاده از کود حیوانی موجب بهبود خواص فیزیکی خاک (چگالی ظاهری خاک، قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها، هدایت هیدرولیکی اشباع و وزن خشک بیوماس) شده است درحالی‌که روش‌های خاک‌ورزی تأثیری در بهبود ساختمان خاک نداشته‌اند (۱۵). مصدقی و همکاران اعلام نمودند که هم کود حیوانی و هم روش خاک‌ورزی می‌توانند بر خواص فیزیکی خاک تأثیر بگذارند (۱۲). افضلی‌نیا و ذبیحی گزارش نمودند که روش‌های مختلف خاک‌ورزی تا اواسط فصل رشد می‌توانند بر چگالی ظاهری خاک اثر معنی‌دار داشته باشند و از اواسط تا اواخر فصل رشد، چگالی ظاهری خاک دیگر تحت تأثیر روش‌های خاک‌ورزی، تغییر نمی‌کند. همچنین عمق خاک و روش‌های خاک‌ورزی، اثر معنی‌دار بر شاخص مخروطی خاک دارند (۷). پیرس و همکاران اثرات فوری و باقیمانده خاک‌ورزی نواری عمیق (zone- tillage) در تناوب با بی‌خاک‌ورزی را روی خواص فیزیکی خاک و عملکرد ذرت بررسی نمودند. چهار روش خاک‌ورزی شامل گاوآهن قلمی (CP)، بی خاک‌ورزی (NT) و دو روش zone-tillage (زیرشکنی در خطوط کشت و زیرشکنی کامل) به‌مدت سه سال (۸۷-۱۹۸۵) موردبررسی قرار گرفت. در سال ۱۹۸۵ عملکرد ذرت در تیمار (NT) نسبت به تیمارهای ((CP و (ZT)، ۰/۷ تا ۰/۹ تن در هکتار کمتر بود. در حالی که در سال‌های ۱۹۸۶ و ۱۹۸۷ عملکرد در تیمارهای مختلف یکسان بود. شاخص مخروطی در تیمار (ZT) کمتر از تیمار (NT) بود. شاخص مخروطی تیمار (CP) تا عمق ۱۰ سانتی‌متر مشابه تیمار ((ZT بود. ولیکن زیر عمق ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متری، تیمار (ZT) به‌طور معنی‌داری باعث کاهش شاخص

جدول ۱. برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک محل آزمایش

سال	عمق خاک (cm)	هدایت الکتریکی (dS/m)	واکنش خاک (pH)	مواد خنثی شونده (درصد)	کربن آلی (درصد)	ازت کل (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	بافت
۱۳۹۱	۰-۳۰	۱/۱۸	۷/۷۵	۸/۱	۰/۵۵	۰/۰۶	۱۰	۵۳۰	۴۳/۷	۳۱	۲۵/۳	لوم
۱۳۹۲	۰-۳۰	۱/۲۹	۷/۸۵	۷/۹	۰/۴۷	۰/۰۵	۸	۴۹۰	۴۱/۹	۳۲/۸	۲۵/۳	لوم

مخروطی خاک شد (۱۳).

حفظ خصوصیات مطلوب خاک با استفاده از روش خاک‌ورزی مناسب و توأم کردن روش مصرف مناسب کود با آن نیز دارای اهمیت می‌باشد. با توجه به مطالب فوق، این پژوهش با هدف بررسی خواص فیزیکی خاک و عملکرد ذرت در سه سیستم خاک‌ورزی و دو نوع روش جایگذاری کود فسفاته، انجام شد.

مواد و روش‌ها

اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و کوددهی بر برخی خواص فیزیکی خاک، عملکرد و اجزاء عملکردی ذرت دانه‌ای طی دو سال زراعی (۹۲-۱۳۹۰) در ایستگاه تحقیقاتی اکباتان مرکز تحقیقات کشاورزی همدان با خاکی دارای بافت لوم انجام شد. این ایستگاه در ′۳۲ و °۴۸ طول شرقی و ′۵۲ و °۳۴ عرض شمالی واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۷۴۱ متر می‌باشد.

ابتدا، قطعه زمینی به ابعاد ۶۰ ×۸۰ متر (۴۸۰۰ مترمربع) در ایستگاه تحقیقاتی اکباتان همدان که قبلاً در آن گندم کشت شده بود (کاه کلش خارج‌شده از کمباین از مزرعه خارج و تنها بقایای ایستاده گندم حفظ شد)، انتخاب شد. نمونه مرکب خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر برای تعیین برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای طرح تهیه شد. ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول (۱) نشان داده شده است.

این تحقیق در قالب طرح آزمایشی کرت‌های خرد شده (اسپیلت پلات)، شامل ۶ تیمار با ۳ تکرار اجرا شد. کرت اصلی شامل سه روش خاک‌ورزی (T۱- روش مرسوم، شخم با گاوآهن برگردان‌دار سه خیش (به عمق ۲۵ سانتی‌متر) + سیکلوتیلرمجهز به غلطک، T۲ - خاک‌ورز مرکب، گاوآهن قلمی مجهز به غلطک (به عمق ۲۰ سانتی‌متر) و T۳- خاک‌ورزی نواری با تیغه‌های قلمی (به عمق ۲۵ سانتی‌متر) و کرت فرعی شامل دو روش کودهی (F۱- پخش سطحی کود فسفره قبل از کاشت F۲- جای‌گذاری نواری کود فسفره به‌هنگام کاشت) بود. به‌منظور خاک‌ورزی نواری از خاک‌ورز مرکب استفاده شد به این‌صورت که غلطک آن باز شد و دو بازو و تیغه در ردیف جلو (با فاصله ۱/۵ متر) و یک بازو با تیغه در ردیف پشتی که درست وسط دو تیغه جلو قرار داشت نصب شد لذا فاصله بین بازوها ۷۵ سانتی‌متر تنظیم شد. پاشش سطحی به‌صورت دستی انجام شده و جای‌گذاری نواری کود در زیر بذر با دستگاه بذرکار کودکار پنوماتیک انجام شد. تیمارهای خاک‌ورزی در اوایل اردیبهشت و کاشت ذرت در اواخر اردیبهشت هر سال انجام می‌شدند. توصیه کودی برای کاشت ذرت در هر دو سال اجرای آزمایش عبارت بود از: ۴۰۰ کیلوگرم کود اوره به‌علاوه ۱۵۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات و صفر کیلوگرم کود پتاسه در هکتار. تمام کود فسفات به هنگام کاشت و کود اوره در دو مرحله پس از کاشت به‌صورت سرک داده شد. رقم ذرت کاشته شده، سینگل کراس ۷۰۴ (۷۰۴SC)،

به مقدار ۲۵ کیلوگرم در هکتار بود. فاصله ردیف‌های کاشت ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بین بذرها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود و آبیاری به‌صورت بارانی (ویل مو) با فاصله ۷ روز انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت مکانیکی با دستگاه کولتیواتور انجام شد. در حین آزمایش، سرعت نفوذ آب در خاک، مقاومت خاک و چگالی ظاهری خاک اندازه‌گیری شدند. همچنین عملکرد دانه و بلال (دانه + چوب) و اجزاء عملکردی آن شامل وزن هزار دانه، تعداد دانه در بلال و طول بلال اندازه‌گیری شدند.

روش اندازه‌گیری چگالی ظاهری خاک

برای تعیین چگالی ظاهری خاک، با استفاده از سیلندرهایی به قطر ۷/۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۴ سانتی‌متر، نمونه‌های دست نخورده از عمق‌های ۱۰-۰، ۲۰- ۱۰ و ۳۰-۲۰ سانتی‌متری از روی پشته و کف جوی برداشت شد. برای محاسبه چگالی ظاهری خاک از رابطه ۱ استفاده شد (۴). این پارامتر بعد از اولین آبیاری اندازه‌گیری شد.

$$BD = \frac{W_s}{V} \qquad [۱]$$

که در آن BD = چگالی ظاهری خاک $\left(\frac{g}{cm^3}\right)$، W_s = جرم خاک خشک (g)، V = حجم کل خاک (cm^3) می‌باشند.

تعیین مقاومت مکانیکی خاک (شاخص مخروطی)

به‌منظور تعیین مقاومت مکانیکی خاک از دستگاه فروسنج با قطر مخروط ۱۲/۸۳ میلی‌متر و زاویه رأس ۳۰ درجه استفاده شد. در هر کرت، از ۱۰ نقطه و تا عمق ۴۵ سانتی‌متر خاک، مقاومت مکانیکی در محل کف جوی و روی پشته اندازه‌گیری شد. شاخص مخروطی در اواسط فصل رویش ذرت (حدوداً اواخر تیرماه) و دو روز بعد از آبیاری مزرعه اندازه‌گیری شد و رطوبت خاک در اعماق ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متری خاک به‌ترتیب ۱۰/۷، ۱۱/۳، ۱۲/۲ و ۱۲/۵ درصد بود.

اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب در خاک

برای اندازه‌گیری سرعت نفوذ نهایی آب به خاک از روش استوانه مضاعف و رابطه گرین- امپت به شکل زیر استفاده شد (۱):

$$i=Ks+b(1/I) \qquad [۲]$$

که در آن I نفوذ تجمعی به سانتی‌متر، K_s نفوذ پایه به سانتی‌متر بر دقیقه و i سرعت نفوذ لحظه‌ای سانتی‌متر بر دقیقه می‌باشد. برای اندازه‌گیری نفوذ، استوانه‌ها در کف جوی به شکل متحدالمرکز به‌طوری‌که هر دو استوانه به‌اندازه ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر در خاک نفوذ کنند قرار داده شدند. توضیح اینکه فواصل قرائت در اوایل کوتاه و به‌تدریج افزایش یافت. زمانی که اختلاف عمق آب نفوذی بین دو قرائت متوالی تقریباً ثابت و به حالت ماندگار رسید اندازه‌گیری خاتمه یافت. در این آزمایش، میزان نفوذ در مدت زمان، ۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۵،۲۰،۲۵،۳۰،۳۵،۴۰،۴۵،۵۰،۵۵،۶۰،۷۰، ۸۰،۹۰،۱۰۰،۱۱۰ و ۱۲۰ دقیقه اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری عملکرد ذرت و اجزای عملکردی آن

برای تعیین عملکرد ذرت، از هر کرت، دو خط ۱۰ متری به‌طور تصادفی انتخاب گردید (کل سطح برداشت در هر کرت، ۱۵ مترمربع بود) و تمام بلال‌ها برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس پوست بلال‌ها جدا شده و بلال‌ها تک‌تک توزین و شمارش شدند. سپس دانه‌ها از چوب جدا شد (شیلر کردن) و دانه‌ها دوباره وزن شدند. همچنین تعداد ۴۰ عدد از بلال‌ها به‌طور تصادفی انتخاب و تعداد دانه‌ها در هر بلال شمارش شد. از دانه‌های جمع‌آوری شده، به‌صورت تصادفی نمونه‌هایی انتخاب کرده و وزن ۱۰۰۰ دانه برحسب گرم اندازه‌گیری شد.

جدول ۲. مقایسه میانگین چگالی ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب) در روش‌های مختلف خاک‌ورزی (سال ۱۳۹۱)

روش خاک‌ورزی	محل اندازه‌گیری و عمق خاک (سانتی‌متر)					
	پشته			جوی		
	۰–۱۰	۱۰–۲۰	۲۰–۳۰	۰–۱۰	۱۰–۲۰	۲۰–۳۰
T۱	۱/۳۷۸^{b}	۱/۴۴^{a}	۱/۴۱۹^{a}	۱/۴۷۵^{a}	۱/۴۳^{a}	۱/۴۷۷^{a}
T۲	۱/۳۰۷^{a}	۱/۳۹۳^{a}	۱/۴۲۲^{a}	۱/۳۲۷^{a}	۱/۳۹۳^{a}	۱/۴۲۷^{a}
T۳	۱/۳۰۸^{a}	۱/۳۹۵^{a}	۱/۴۲۷^{a}	۱/۴۲۳^{a}	۱/۴۷۷^{a}	۱/۵۵^{a}

اعداد هر ستون که دارای حروف یکسانی هستند تفاوت آماری بر پایه آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ ندارند
(**T۱**- روش مرسوم، شخم با گاوآهن برگردان‌دار + سیکلوتیلر مجهز به غلطک **T۲**- خاک‌ورز مرکب، گاوآهن قلمی مجهز به غلطک و **T۳**- خاک‌ورزی نواری با تیغه‌های قلمی)

جدول ۳. مقایسه میانگین چگالی ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب) در روش‌های مختلف خاک‌ورزی (سال ۱۳۹۲)

روش خاک‌ورزی	محل اندازه‌گیری و عمق خاک (سانتی‌متر)					
	پشته			جوی		
	۰–۱۰	۱۰–۲۰	۲۰–۳۰	۰–۱۰	۱۰–۲۰	۲۰–۳۰
T۱	۱/۳۳۳^{b}	۱/۳۸۸^{a}	۱/۳۵۱^{b}	۱/۴۳۴^{a}	۱/۳۸۳^{b}	۱/۳۲۴^{a}
T۲	۱/۲۷۳^{a}	۱/۴۵۳^{a}	۱/۱۳۳^{a}	۱/۳۵۷^{a}	۱/۲۶۴^{a}	۱/۳۶^{a}
T۳	۱/۲۴۵^{a}	۱/۳۳۶^{a}	۱/۳۹۳^{b}	۱/۴^{a}	۱/۴۳۳^{b}	۱/۵۵۳^{a}

اعداد هر ستون که دارای حروف یکسانی هستند تفاوت آماری بر پایه آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ ندارند
(**T۱**، **T۲** و **T۳**) مراجعه به زیرنویس جدول (۲)

نتایج و بحث

چگالی ظاهری خاک

مقایسه میانگین‌های چگالی ظاهری خاک در روش‌های مختلف خاک‌ورزی در جداول (۲) و (۳) ارائه شده است. در سال ۱۳۹۱ تنها اثر خاک‌ورزی چگالی ظاهری در عمق ۱۰–۰ سانتی‌متری خاک در روی پشته معنی‌دار شده است. در سال ۹۲ اثر روش خاک‌ورزی بر چگالی ظاهری خاک در عمق‌های ۱۰–۰ و ۳۰–۲۰ سانتی‌متری در روی پشته و عمق ۲۰–۱۰ سانتی‌متری از کف جوی معنی‌دار شده است. گاوآهن قلمی نسبت به گاوآهن برگردان‌دار بیشتر موجب کاهش چگالی ظاهری خاک شده است که این امر را می‌توان به تردد کمتر وسیله (تهیه بستر بذر با یک با عبور) و نیز نفوذ بهتر در خاک به‌دلیل شکل تیغه‌های آن دانست. افضلی‌نیا و ذبیحی (۷) و مصدقی و همکاران (۱۲) نیز اعلام نمودند که روش‌های خاک‌ورزی بر چگالی ظاهری خاک اثر معنی‌دار داشته‌اند.

نتایج تجزیه واریانس مرکب ۲ ساله اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر مقاومت خاک

مقایسه میانگین‌های مقاومت خاک در روش‌های مختلف خاک‌ورزی در جداول (۴) و (۵) ارائه شده است. در منطقه جوی و در عمق‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متری و در منطقه پشته و در عمق ۵ سانتی‌متری، اثر روش خاک‌ورزی بر مقاومت خاک معنی‌دار شده است. در منطقه جوی و عمق ۵ سانتی‌متری، تیمارهای T۲ و T۳ و در عمق ۱۰ سانتی‌متری تیمارهای T۲ و T۱ و در عمق ۱۵ سانتی‌متری تیمار T۱ و در منطقه پشته و در عمق ۵ سانتی‌متری، تیمارهای T۲ و T۳ بیشترین تأثیر را بر

جدول ۴. مقایسه میانگین مقاومت مکانیکی خاک در روش‌های مختلف خاک‌ورزی (کف جوی)

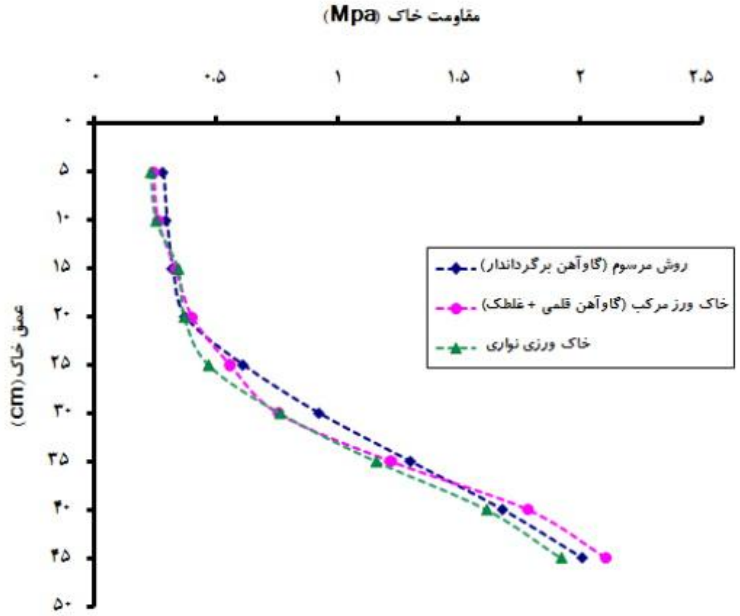
روش خاک‌ورزی	عمق خاک (سانتی‌متر)								
	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵
T۱	۰/۳۰۵^{b}	۰/۴۲۸^{a}	۰/۴۹۷^{a}	۰/۶۱۵^{a}	۰/۷۴۵^{a}	۱/۱۲^{a}	۱/۴۸^{a}	۱/۷۷^{a}	۲/۱۵^{a}
T۲	۰/۲۷۵^{a}	۰/۴۱۸^{a}	۰/۵۴۳^{b}	۰/۶۲۵^{a}	۰/۷۹۵^{a}	۱/۰۲^{a}	۱/۳۸^{a}	۱/۷۶^{a}	۲/۰۳^{a}
T۳	۰/۲۸۲^{a}	۰/۴۵۵^{b}	۰/۵۳۵^{b}	۰/۶۲۳^{a}	۰/۷۴۳^{a}	۱/۸^{a}	۱/۴۸^{a}	۱/۷۶^{a}	۲/۱۴^{a}

اعداد هر ستون که دارای حروف یکسانی هستند تفاوت آماری بر پایه آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ ندارند (**T۱**، **T۲** و **T۳**) مراجعه به زیرنویس جدول (۲)

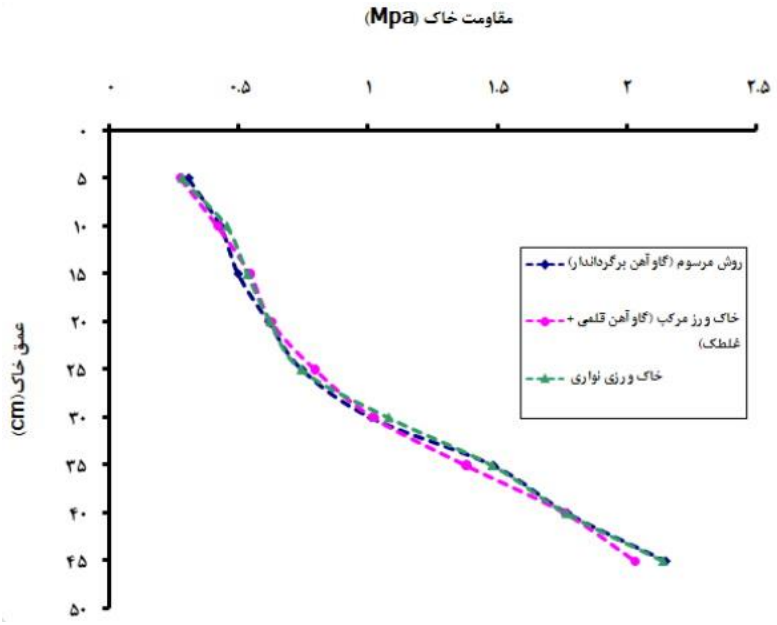
جدول ۵. مقایسه میانگین مقاومت مکانیکی خاک در روش‌های مختلف خاک‌ورزی (روی پشته)

روش خاک‌ورزی	عمق خاک (سانتی‌متر)								
	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵
T۱	۰/۲۸۲^{b}	۰/۲۹۵^{a}	۰/۳۲^{a}	۰/۳۷۳^{a}	۰/۶۱۲^{a}	۰/۹۲۵^{a}	۱/۳۰۲^{a}	۱/۶۸۲^{a}	۲/۰۱^{a}
T۲	۰/۲۴۵^{a}	۰/۲۶۳^{a}	۰/۳۳۵^{a}	۰/۴۰۳^{a}	۰/۵۶^{a}	۰/۷۵۷^{a}	۱/۲۲^{a}	۱/۷۸۳^{a}	۲/۱۰۵^{a}
T۳	۰/۲۳^{a}	۰/۲۵۲^{a}	۰/۳۴۳^{a}	۰/۳۶۸^{a}	۰/۴۶۸^{a}	۰/۷۶۲^{a}	۱/۱۵۸^{a}	۱/۶۱۳^{a}	۱/۹۲^{a}

اعداد هر ستون که دارای حروف یکسانی هستند تفاوت آماری بر پایه آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ ندارند (**T۱**، **T۲** و **T۳**) مراجعه به زیرنویس جدول (۲)



شکل ۱. تغییرات مقاومت خاک با عمق خاک در روش‌های مختلف خاک‌ورزی در منطقه پشته



شکل ۲. تغییرات مقاومت خاک با عمق خاک در روش‌های مختلف خاک‌ورزی در منطقه جوی

جدول ۶. مقایسه میانگین سرعت نفوذ آب در خاک در روش‌های خاک‌ورزی مختلف در دو سال اجرای آزمایش

تیمار	سرعت نفوذ آب خاک $\left(\frac{cm}{min}\right)$		
	سال ۹۱	سال ۹۲	میانگین
T۱	۰/۱۳۸^{ab}	۰/۱۳۶^{a}	۰/۱۳۷^{ab}
T۲	۰/۱۴۶^{a}	۰/۱۴۲^{a}	۰/۱۴۴^{a}
T۳	۰/۱۱۳^{b}	۰/۱۱^{b}	۰/۱۱۲^{b}

اعداد هر ستون که دارای حروف یکسانی هستند تفاوت آماری بر پایه آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ ندارند.
(**T۱**، **T۲** و **T۳**) مراجعه به زیرنویس جدول (۲)

کاهش مقاومت خاک داشته‌اند. می‌توان نتیجه گرفت که روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی، بهتر توانسته‌اند لایه‌های سطحی خاک را نرم نمایند شکل‌های (۱) و (۲). این امر را می‌توان به تردد کمتر این نوع ادوات در روی سطح خاک مرتبط دانست. افضلی‌نیا و ذبیحی (۷) نیز اعلام نمودند که شاخص مخروطی خاک تحت تأثیر روش خاک‌ورزی و عمق خاک می‌باشد. مصدقی و همکاران (۱۲) گزارش نمودند که گاوآهن برگردان‌دار و بی‌خاک‌ورزی به‌ترتیب بیشترین و کمترین اثر را بر کاهش مقاومت خاک داشته‌اند.

سرعت نفوذ آب در خاک

نتایج نشان داد که اثر روش خاک‌ورزی بر سرعت نفوذ آب در خاک در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شده است (جدول ۶). به‌ترتیب روش‌های خاک‌ورزی T۲، T۱ و T۳ بیشترین تأثیر را در افزایش سرعت نفوذ آب در خاک داشته‌اند. این امر را نیز می‌توان به تردد کمتر تیمار T۲ و نفوذ بهتر تیغه‌ها در خاک دانست. علت کاهش سرعت نفوذ آب در تیمار T۳ را می‌توان به این‌دلیل دانست که در این روش (خاک‌ورزی نواری)، تمام سطح خاک مورد خاک‌ورزی قرار نمی‌گیرد بلکه تنها نواحی محدودی از خاک (روی خطوط کشت)، دچار کسیختگی

جدول ۷. مقایسه میانگین عملکرد ذرت و برخی صفات زراعی آن در روش‌های مختلف خاک‌ورزی

تیمار		عملکرد بلال (چوب+دانه) $\left(\frac{kg}{ha}\right)$	عملکرد دانه $\left(\frac{kg}{ha}\right)$	طول بلال (cm)	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه (gr)
روش خاک‌ورزی	روش کوددهی					
T۱		۱۲۶۹۱^{a}	۱۰۱۰۶^{a}	۱۹^{a}	۷۱۸^{a}	۲۱۳/۱^{ab}
T۲		۱۳۲۸۸^{a}	۱۰۹۱۳^{a}	۱۹/۷^{a}	۷۰۷/۷^{a}	۲۳۲/۷^{a}
T۳		۱۲۱۹۴^{a}	۱۰۲۲۲^{a}	۱۸/۶^{a}	۷۶۰^{a}	۲۰۳/۵^{b}
	F۱	۱۲۲۸۹^{a}	۹۹۶۵^{a}	۱۹/۲^{a}	۷۲۰/۶^{a}	۲۱۰/۶^{a}
	F۲	۱۳۱۶۰^{b}	۱۰۸۶۲^{b}	۱۸/۹^{a}	۷۳۶/۵^{a}	۲۲۲/۲^{a}
T۱F۱		۱۱۹۶۷^{a}	۹۴۷۸^{a}	۱۹/۳^{a}	۷۳۳/۲^{a}	۱۹۳/۳^{b}
T۱F۲		۱۳۴۱۶^{a}	۱۰۷۳۴^{a}	۱۸/۷^{a}	۷۰۲/۸^{a}	۲۳۲/۹^{a}
T۲F۱		۱۳۰۹۶^{a}	۱۰۵۷۱^{a}	۱۹/۹^{a}	۶۶۴^{a}	۲۴۳^{a}
T۲F۲		۱۳۴۸۱^{a}	۱۱۲۵۵^{a}	۱۹/۴^{a}	۷۵۱/۳^{a}	۲۲۲/۴^{ab}
T۳F۱		۱۱۸۰۳^{a}	۹۸۴۶^{a}	۱۸/۵^{a}	۷۶۴/۷^{a}	۱۹۵/۶^{b}
T۳F۲		۱۲۵۸۵^{a}	۱۰۵۹۷^{a}	۱۸/۷^{a}	۷۵۵/۳^{a}	۲۱۱/۳^{ab}

اعداد هر ستون که دارای حروف یکسانی هستند تفاوت آماری بر پایه آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ ندارند (**T۱**، **T۲** و **T۳**) مراجعه به زیرنویس جدول (۲)

می‌شود درحالی‌که این متغیر در جوی (که هیچگونه گسیختگی ایجاد نشده بود) اندازه‌گیری شد.

نتایج تجزیه مرکب دو ساله

اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و کوددهی بر عملکرد و اجزاء عملکردی ذرت دانه‌ای

نتایج مقایسه میانگین اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و کوددهی بر عملکرد و اجزاء عملکردی ذرت در جدول (۷) آورده شده است. اثر روش کوددهی بر عملکرد بلال و دانه معنی‌دار شده است درحالی‌که اثر روش خاک‌ورزی بر این دو متغیر معنی‌دار نشد. افزایش جزیی در عملکرد دانه در تیمار T۲ نسبت به تیمار T۳ را می‌توان در بهبود نسبی خواص فیزیکی خاک با تیمار T۲ دانست. همچنین اثر روش خاک‌ورزی و اثرات متقابل خاک‌ورزی و کوددهی نیز بر فاکتور وزن هزار دانه معنی‌دار شده است. از نظر اثر روش کوددهی بر عملکرد بلال و دانه، روش جای‌گذاری نواری کود با میانگین عملکرد بلال (۱۳۱۶۰ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه (۱۰۸۶۲ کیلوگرم در هکتار) نسبت به روش پاشش سطحی کود با میانگین عملکرد بلال (۱۲۲۸۹ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه (۹۹۶۵ کیلوگرم در هکتار) برتری نشان داد. می‌توان نتیجه گرفت که کارایی مصرف کود فسفره در روش جای‌گذاری نسبت به پخش سطحی برتری داشته است. (مصرف کود فسفره به روش سنتی باعث هدر رفتن آن می‌شود). این نتیجه با گزارش‌های روزبه و شیروانیان (۲)، افصحی و مستشاری (۳)، سینگر و همکاران (۱۷) و مالارینو و همکاران (۱۱) هماهنگ است. منتجبی (۶) نیز گزارش نمود که عملکرد کلزا در روش مصرف نواری کود فسفره بیشتر از مصرف سطحی بود. تحقیقات لطف الهی (۵) و راندال و

وتش (۱۴) نیز حاکی از برتری جایگذاری کود فسفره نسبت به پخش سطحی آن دارد.

نتیجه‌گیری

خاک‌ورزی با گاوآهن قلمی مجهز به غلطک در مقایسه با روش مرسوم، علاوه بر این‌که باعث کاهش عملکرد ذرت نشد توانست مقاومت مکانیکی خاک و جرم ویژه ظاهری خاک را کاهش داده و موجب افزایش سرعت نفوذ آب به خاک شود. بنابراین نیازی به‌شدت خاک‌ورزی در زراعت ذرت نمی‌باشد و می‌توان با حداقل خاک‌ورزی، بستر مناسبی برای کاشت ذرت مهیا نمود. همچنین جای‌گذاری کود فسفره در دو سیستم خاک‌ورزی، عملکرد ذرت را افزایش داد و نسبت به پخش سطحی آن برتری داشت.

منابع مورد استفاده

۱. بای بوردی، م. ۱۳۸۳. *اصول مهندسی آبیاری*. انتشارات دانشگاه تهران.تهران.

۲. روزبه، م. و ع. ر. شیروانیان. ۱۳۸۵. بررسی اثرات روش‌های مختلف کوددهی تحت دو سیستم خاک‌ورزی نواری و مرسوم بر کارایی کود فسفره در تولید ذرت دانه‌ای. چهارمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه تبریز. ۷ الی ۸ شهریور ۱۳۸۵.

۳. افصحی، ک و م. مستشاری. ۱۳۸۵. مقایسه ردیف کار- کودکار ذرت با ردیف‌کار پنوماتیک در افزایش عملکرد محصول و کاهش مصرف کود فسفره. چهارمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه تبریز، ۷ الی ۸ شهریور ۱۳۸۵.

۴. علیزاده، ا. ۱۳۷۸. *رابطه آب خاک گیاه*. چاپ اول. انتشارات دانشگاه امام رضا. مشهد.

۵. لطف الهی. م. ۱۳۷۷. گزارش نهایی مقایسه روش‌های پخش مستقیم و نواری کودهای فسفاته محلول در آب در زیر کشت ارقام پیشرفته گندم نان. نشریه شماره ۷۷. مو سسه تحقیقات خاک و آب. تهران.

۶. متجبی. ن. ۱۳۸۲. گزارش نهایی بررسی میزان و روش مصرف فسفر در زراعت کلزا. نشریه شماره ۸۲ موسسه تحقیقات خاک و آب. تهران.

7. Afzalinia, S and J. Zabihi. 2014. Soil compaction variation during corn growing season under conservation tillage. Soil and Tillage Res. 137: 1-6.
8. Bahrani, M. J., M. H. Raufat and H. Ghadiri. 2007. Influnce of wheat residue management on irrigated corn grain production in a reduced tillage system. Soil and Tillage Res. 94: 305-309.
9. Javeed, H. M. R and M. S. I. Zamir. 2013. Influence of tillage practices and poultry manure on grain physical propertiesand yield attributes of sprying maize (*Zea mays* L.). Pak. J. Agri. Sci. 50: 177-183.
10. Jokela, B. 2001. Starter fertilizer for corn in Vermont. Communication and Tecnology Resources, University of Vermont Extension 1-5.
11. Mallarino, A. P. , D. W. Barker., R. Borges and J. C. North. 1998. Tillage and fertilizer placement for the corn-soybean rotation. Proceeding of The Integrated Crop Management Conference. 17-18 November.USA.
12. Mosaddeghi, M. R., A. A. Mahboubi and A. Safadoust. 2004. Corn root length density as affected by soil physical properties due to different manure and short- term tillage systems. CiGR International Conference. Beijing. China.
13. Pierce, J. L., M. C. Fortin and M. J. Staton. Immediate and residual effects of zone- tillage in rotation with no-tillage on soil physical properties and corn performance. Soil and Tillage Res. 24: 149-165.
14. Randall,G and J. Vetsch. 2006. Optimum placement of Phosphorous for Corn-Soybean rotations in a strip tillage system. J. of Soil and Water Conservation 63: 152A-153A.
15. Shirani, H., M. A. Hajabbasi., M. Afyuni and A. Hemmat. 2002. Effects of farmyard manure and tillage systems on soil physical properties and corn yield in central Iran. Soil and Tillage Res. 68: 101-108.
16. Sims, A. L and L. J. Smith. 2003. Sugarbeet root yield reponse to band and broadcast applications phosphorus fertilizer in low P testing soils. IIRB- ASSBT Congress. 26 February-1 March. USA.
17. Singer, J. W., K. A. Kohler, M. Liebman, T. L. Richard, C. A. Cambardella and D. D. Buhler. 2004. Tillage and compost affect yield of corn, soyabean and wheat and soil fertility. Agronomy J. 96: 531-5.

The Effect of Different Tillage Methods and Fertilizer Application on Soil Physical Properties and Corn Yield

A. Heidari[1*], H. Haji Agha Alizadeh[2], A. R. Yazdanpanah[3] and J. Amiri Parian[4]

(Received: July 04-2015 ; Accepted: June 11-2016)

DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.20.78.103

Abstract

Traditionally, most corn field in Hamedan Province is prepared for planting by moldboard plowing followed by a number of secondary tillage operations. In recent years conservation tillage systems have become more popular. This research was conducted in the form of a split plot experimental design with six tillage treatments and three replications. Main tillage methods including: (T1) conventional tillage (moldboard plow + cyclotiller equipped with roller), (T2) combination tiller (chisel plow equipped with roller) (T3) bandary tillage with chisel blades were considered as main plots and two P fertilizer application including: (F1) fertilize broadcasting and (F2) fertilizer bandary placement were considered as sub plots. During growing seasons, soil mechanical resistance (cone index), soil bulk density and water infiltration in soil were measured. At the end of the growing season (harvesting time), corn yield and its components were measured. Results indicated that tillage methods and soil depth had a significant effect on the soil bulk density and cone index. The effect of tillage on water infiltration in soil was significant. The effect of P fertilizer application on corn yield was significant ($P \leq 0/01$) and P fertilizer bandary placement with mean corn yield of 10862 kg/ha had higher yield value than the fertilizer broadcasting with mean corn yield of 9965 kg/ha. Although the difference between tillage methods for corn yield was not statistically different, T2 treatment with mean corn yield of 10913 kg/ha had higher yield value than the other two tillage treatments (T1 with mean corn yield of 10106 kg/ha and T3 with mean corn yield of 10222 kg/ha).

Keywords: Corn, Fertilizer application, Soil physical properties, Tillage.

1. Dept. of Agric. Eng. Res., Hamedan Agric. and natural Resour. Res. and Education Center, Agric. Res., Education and Extension Org. Hamedan, Iran.
2. Dept. of Biosystem Eng., Faculty of Agric., Bu-Ali Sina Univ., Hamedan, Iran.
3. Dept. of Soil and Water, Hamedan Agric. and natural Resour. Res. and Education Center, Agric. Res., Education and Extension Org. Hamedan, Iran.
4. Dept. of Biosystem Eng., Faculty of Agric., Bu-Ali Sina Univ., Hamedan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: heidari299@gmail.com