ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران (کرج)
۲۴ و ۲۵ شهریور ۱۳۸۹

بررسی تأثیر عمق شخم و سرعت پیش‌روی تراکتور بر ویژگی‌های شخم

مجید نامداری[۱]، شاهین رفیعی[۲] و علی جعفری[۲]

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده مهندسی و فناوری دانشگاه تهران

majidnamdari@gmail.com

چکیده

دقت در شرایط اجرای شخم و بررسی تأثیر آن‌ها باعث رسیدن به اهداف مطلوب عملیات شخم می‌شود. قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها (MWD) و میزان برگردان خاک از شاخص‌هایی هستند که در بررسی ویژگی‌های یک شخم حائز اهمیت هستند. در این مطالعه تأثیر دو سطح عمق شخم شامل ۲۰-۱۵ و ۳۰-۲۵ سانتی‌متر و دو سطح سرعت پیش‌روی شامل ۳ و ۵/۵ کیلومتر بر ساعت بر MWD و میزان برگردان خاک مورد بررسی قرار گرفت. در انجام این مطالعه از آزمایش‌های فاکتوریل در قالب بلوک کامل تصادفی و با سه تکرار استفاده شد. نتایج تأثیر معنی‌دار عمق شخم و سرعت پیش‌روی را بر MWD نشان داد. بر اساس مقایسه میانگین‌ها اندازه کلوخه‌های ایجاد شده در عمق شخم ۲۰-۱۵ سانتی‌متر به‌طور معنی‌داری از کلوخه‌های ایجاد شده در شخم ۳۰-۲۵ سانتی‌متری کوچک‌تر می‌باشند. با افزایش سرعت پیش‌روی نیز MWD به‌طور معنی‌داری کوچک شد. اگرچه نتایج مطالعه عدم تأثیر معنی‌دار هر دو فاکتور عمق شخم و سرعت پیش‌روی را بر MWD و میزان برگردان خاک نشان داد ولی مشاهدات مزرعه‌ای و مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با کاهش عمق شخم، میزان برگردان خاک بیشتر شده و شاخص MWD نیز بهبود نشان می‌دهد. همچنین می‌توان گفت که برای بهبود میزان برگردان خاک و کاهش اندازه کلوخه‌ها بایستی از سرعت ۵/۵ کیلومتر بر ساعت استفاده کرد.

کلمات کلیدی: گاوآهن برگردان‌دار، قطر متوسط وزنی کلوخه، شاخص برگردان خاک، شرایط شخم

۱- مقدمه

هدف از عملیات خاک‌ورزی ایجاد محیطی مناسب برای جوانه‌زنی بذر، رشد ریشه، کنترل علف‌های هرز، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت یا نفوذپذیری خاک، بهبود ساختمان خاک، نرم کردن و تثبیت خاک به منظور تماس کامل خاک و کم کردن مقاومت و پیوستگی خاک، کنترل فرسایش و رطوبت خاک، به زیر خاک بردن بقایای گیاهی، اختلاط کودها و سموم دفع آفات نباتی یا مواد اصلاح کننده با خاک و برهم زدن لوله‌های مویین خاک برای کاهش

تبخیر می‌باشد (شفیعی، ۱۳۷۱). خاک از جمله منابع طبیعی دیر تجدید شونده است که حفاظت و یا تخریب آن بستگی به نحوه استفاده و مدیریت کشاورزی دارد. خاک‌ورزی از جمله عوامل مدیریتی مهمی است که می‌تواند موجب تخریب یا بهبود ساختمان خاک شود (بیات و همکاران، ۱۳۸٦). خاک‌ورزی با این که مزایای مشخص و مهم دارد در برخی موارد دارای آثار زیان‌باری نیز هست که می‌تواند با به کارگیری چند روش مناسب این آثار را کاهش داد (دهقان و الماسی، ۱۳۸۵). گاوآهن برگردان‌دار پرمصرف‌ترین وسیله در مرحله اولیه عملیات خاک‌ورزی در جهان به شمار می‌آید (BoydaŞ & Turgut, 2007). در ایران نیز این دستگاه پرمصرف‌ترین وسیله خاک‌ورزی اولیه است (چاجی و همکاران، ۱۳۸۵). هدف هر کشاورز این است که با انجام شخم شرایط مطلوب را برای زراعت مورد نظر فراهم آورد ولی گاهی به دلیل بعضی از شرایط و عوامل، به این هدف نمی‌رسد. یک شخم خوب دارای ویژگی‌هایی می‌باشد. در یک شخم خوب لایه شیار شخم باید به صورت یکنواخت در عرض خود پیچیده و برگردانده شود تا قابلیت کشت‌پذیری یکنواختی به دست آید. به عبارتی گاوآهن باید به خوبی روی خاشاک را بپوشاند. مواد آلی باید بین لایه‌های شیار های شخم قرار گیرند. همچنین گاهی مشاهده می‌شود در انجام شخم به خاطر عدم رعایت بعضی شرایط، در سطح مرزعه کلوخه‌هایی تشکیل می‌شود که بستر کشت را نامناسب می‌سازد. به عبارتی در یک شخم خوب باید اندازه خاک‌دانه‌ها باید مناسب باشد (منصوری راد، ۱۳۸۳). کبیری و زارعیان (۱۳۸۱) در مطالعه‌ای در مورد میزان برگردان خاک توسط گاوآهن برگردان‌دار در شرایط مختلف سرعت پیشروی و عمق شخم به این نتیجه رسیدند که با افزایش سرعت، کیفیت پشته‌های شیار یکنواخت‌تر شده و میزان خرد و شکسته شدن توده خاک برش خورده، بهبود می‌یابد. همچنین مدفون شدن پوشش گیاهی سطح خاک زیادتر می‌شود. آن‌ها متوسط درصد زیر خاک رفتن کاه و کلش و بقایای گیاهی سطح خاک در سرعت‌های پیشروی ۲/۸٦ ، ٤/٤۰ و ۵/۵۸ متر بر ثانیه را به‌ترتیب ۸۵/۷۳ ، ۸٦/٦۸ و ۹۰/۲۸ درصد به‌دست آوردند. آن‌ها همچنین گزارش کردند با افزایش عمق شخم، کیفیت برگردان خاک مطلوبت‌تر می‌شود. همت و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه‌ای تاثیر نوع تیغه، رطوبت خاک و عمق شخم را بر قطر متوسط وزنی بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که رطوبت تاثیر معنی‌داری بر قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها دارد و در رطوبت پایین‌تر کلوخه‌های بزرگتری تشکیل می‌شود. به گزارش آن‌ها به غیر از تیغه مضرس بقیه تیغه‌ها اختلاف معنی‌داری از لحاظ MWD در رطوبت‌های مختلف نشان ندادند. بیات و همکاران (۱۳۸٦) در بررسی تاثیر دو سیستم‌های خاک‌ورزی معمولی و خاک‌ورزی حفاظتی بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک بیان کردند خاک‌ورزی حفاظتی به طور معمول، پایداری خاکدانه‌ها را افزایش می‌دهد آن‌ها برای اندازه‌گیری پایداری خاکدانه‌ها از روش MWD استفاده کرده بودند. صلح‌جو و همکاران (۱۳۸۰) تأثیر درصد رطوبت خاک و عمق شخم را بر میزان خرد شدن خاک و کاهش عملیات خاک‌ورزی ثانویه مورد مطالعه قرار دادند.

نتایج آن‌ها نشان داد که با افزایش رطوبت اندازه کلوخه‌ها کوچک شده همچنین با افزایش عمق، اندازه کلوخه‌ها بزرگ‌تر می‌شود. با اجرای شخم توسط گاوآهن برگردان‌دار بقایا بایستی به خوبی در زیر توده خاک مدفون شده و همچنین یک سطح نرم و بدون کلوخه نیز برای بذر مهیا شود. راسل (۱۹۶۱) اظهار داشت که محققین قبول کرده اند که اندازه ذرات خاک در تهیه بستر بذر بایستی در محدوده ۱ تا ۵ میلی متر باشد. خواجه پور (۱۳۸۳) قطر کلوخه های مناسب را ۰/۱ تا ۰/۲ میانگین بذر می داند. برونا‌ک و دکستر (۱۹۸۹) قطر ۰/۵ الی ۸ میلی متر را اندازه مناسب برای یک بستر بذر مطلوب گزارش کرده است. برنسون و بر (۱۹۹۳) گزارش کردند که اندازه مطلوب خاک‌دانه‌ها برای زراعت غلات بایستی در محدوده ٦-۰/۵ میلی‌متر باشد. همانگونه که ذرات درشت خاک (کلوخه) مطلوب نمی‌باشند، ذرات بسیار ریز نیز به‌دلیل حساسیت در مقابل فرسایش مطلوب نیستند. بنابراین مدیریت خاک-ورزی و بررسی شرایط مناسب جهت رسیدن به اهداف مطلوب شخم امری بسیار ضروری است.

هدف این مطالعه بررسی تأثیر عمق شخم و سرعت پیش‌روی تراکتور بر روی دو شاخص قطر متوسط وزنی کلوخه (به عنوان مهمترین شاخص برای بیان درجه پودرشدگی خاک) و میزان برگردان خاک و زیررخاک کردن بقایای گیاهی در عملیات شخم توسط گاوآهن برگردان در شرایط مختلف شخم شامل شرایط مختلف عمق شخم و سرعت پیش‌روی تراکتور می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در مزرعه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در شهر کرج انجام شد.نوع بافت خاک مزرعه از نوع لومی و با ۲٦ درصد رس، ۳۵ درصد سیلت و ۳۹ درصد شن بود. در تمام آزمایش‌ها از یک دستگاه گاوآهن برگردان‌دار سه خیش با عرض کار ۳۵ سانتی‌متر برای هر خیش و یک دستگاه تراکتور جان‌دیر مدل ۳۱٤۰ استفاده شد. زمین در سال قبل مورد کشت گندم آبی بوده و بعد از برداشت محصول برای کم کردن حجم بقایای گیاهی که بعد از برداشت با کمباین در سطح زمین باقی مانده بودند، زمین مورد مطالعه یک‌بار ریک زده شده بود و بقایا توسط بیلر بسته‌بندی و جمع آوری شده بودند. برای انجام مطالعه از یک آزمایش فاکتوریل در قالب بلوک کامل تصادفی استفاده شد. متغیرهای مستقل در این طرح، عمق شخم و سرعت پیش‌روی هر کدام در دو سطح (عمق شخم در دو سطح ۳۰-۲۵ سانتی‌متر و ۲۰-۱۵ سانتی‌متر و سرعت پیش‌روی در دو سطح ۵/۵ کیلومتر بر ساعت و ۳ کیلومتر بر ساعت) و متغیرهای وابسته‌ی مورد بررسی قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها و میزان برگردان خاک و بقایای گیاهی بودند. ابعاد هر کرت آزمایش ۳/۷۵ متر در ۳۳ متر بود. ترکیبات مختلف عمق شخم و سرعت پیش‌روی به‌صورت تصادفی در هر کدام از کرت‌ها قرار داده شدند. تعداد تکرار برای هر تیمار سه مورد بود. برای

اندازه‌گیری قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها بعد از انجام خاک‌ورزی توده‌ای خاک که از طریق یک چارچوب ۰/۵×۰/۵ و به‌طور تصادفی انتخاب شده بود انتخاب و از روش الک کردن استفاده شد. نمونه‌های مورد نظر خاک از درون الک‌ها عبور داده شده و مقدار خاک باقی‌مانده بر روی هر الک وزن شد. قطر کلوخه‌های باقی‌مانده بر روی بزرگترین اندازه الک از سه بعد اندازه‌گیری و میانگین گرفته شد. قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها (MWD) بر حسب میلی‌متر از رابطه (۱) تعیین می‌گردد (همت و همکاران، ۲۰۰۷):

$$MWD = \sum X_i W_i \qquad (۱)$$

در این رابطه X_i قطر معادل کلوخه‌های روی هر الک (که برای الک دوم به بعد برابر است با متوسط قطر الک مورد نظر و قطر الک بالایی آن) بر حسب میلی‌متر و W_i نسبت وزن کلوخه‌ها روی هر الک به وزن کل نمونه خاک می‌باشد. اندازه قطر سوراخ الک‌ها در این مطالعه ۱۰، ۲۰، ٤۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۲۵ میلی‌متر انتخاب شده بودند (همت و همکاران، ۲۰۰۷).

برای اندازه‌گیری میزان برگردان خاک و بقایای گیاهی از رابطه (۲) که توسط که توسط RNAM ارائه شده است استفاده شد.

$$F = \left[\frac{W_p - W_e}{W_p}\right] \times 100 \qquad (۲)$$

در این رابطه:

F= شاخصی از میزان برگردان شدن خاک (٪)

W_p= جرم خشک بقایای گیاهی قبل از عملیات شخم (g)

W_e= جرم خشک بقایای گیاهی به جای مانده بر روی سطح شخم خورده (g)

برای تعیین مقادیر W_p و W_e ، قبل و بعد از اجرای شخم، از یک قاب مستطیلی ۰/۵×۰/۵ استفاده شد. از هر کرت دو نمونه به‌صورت تصادفی انتخاب شد. نمونه‌ها با دقت به آزمایشگاه منتقل شده و در آن‌جا به مدت ۲٤ ساعت در آون ۱۰۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند. بعد از این مدت نمونه‌ها با دقت توزین شدند.

داده‌های جمع‌آوری شده وارد صفحه گسترده Excel شده و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ استفاده شد.

۳- بحث و نتیجه‌گیری

جدول شماره ۱ تجزیه واریانس اثرات اصلی و متقابل عمق شخم و سرعت پیش‌روی تراکتور بر اندازه قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها و میزان برگردان خاک و بقایای گیاهی را در عملیات شخم با گاوآهن برگردان‌دار نشان می‌دهد.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثرات اصلی و متقابل عمق شخم و سرعت پیش‌روی تراکتور بر MWD و میزان برگردان خاک

عوامل تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	
		MWD	برگردان خاک
عمق شخم	۱	٦۰٥/۹٥*	٤۲/۲۳ns
سرعت پیش‌روی	۱	۹۳۱/۲۰*	٦۰/۳۲ns
عمق شخم×سرعت پیش‌روی	۱	۲۱۹/۱۲ns	۱۱٦/۰۳ns
تکرار	۲	۲٤/۱۲ns	٦۷/٦٥ns

* معنی‌داری در سطح ٥ درصد و ns عدم معنی‌داری را نشان می‌دهد

همان‌گونه که از جدول تجزیه واریانس برمی‌آید اثر عمق شخم بر قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها در سطح ٥ درصد معنی‌دار شده است. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش عمق، اندازه کلوخه‌هایی که ایجاد می‌شود بزرگ‌تر شده به‌نحوی که با افزایش عمق از ۲۰-۱٥ سانتی‌متر به ۳۰-۲٥ سانتی‌متر، ٦۰/٦۲ درصد به اندازه کلوخه‌ها افزوده می‌شود. انجام شخم در عمق ۲۰-۱٥ سانتی‌متر باعث ایجاد کلوخه‌های کوچکتری شده است. صلح‌جو و همکاران (۱۳۸۰) نیز در مطالعه تأثیر عمق شخم بر MWD به این نتیجه رسیدند که با افزایش عمق از ۲۰-۱٥ سانتی‌متر به ۳۰-۲٥ سانتی‌متر کلوخه‌های بزرگ‌تری تشکیل می‌شود. نتیجه مشابهی توسط احمدی و ملازاده (۲۰۰۹) نیز گزارش شده است. نتایج مطالعات آن‌ها در هماهنگی کامل با نتایج حاصل از این مطالعه است. جدول تجزیه واریانس همچنین نشان می‌دهد اثر سرعت پیش‌روی تراکتور نیز بر اندازه کلوخه‌ها در سطح ٥ درصد معنی‌دار می‌باشد. شخم در سرعت ٥/٥ کیلومتر بر ساعت باعث ایجاد کلوخه‌های کوچکتری در مقایسه با سرعت ۳ کیلومتر برساعت شده است. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که با افزایش ۸۳/۳ درصد در سرعت اندازه کلوخه‌ها ۸۱/۰٤ درصد کاهش نشان داده‌اند. اثر متقابل عمق شخم و سرعت پیش‌روی بر روی MWD معنی‌دار نشده است که از لحاظ آماری عدم تأثیر آن دو عامل را بر یکدیگر می‌رساند. به عبارتی هر فاکتور اثر خود را مانند آن‌که فاکتور دیگر در آزمایش وجود ندارد برروی صفت به‌جا گذاشته است (بصیری، ۱۳۸٥). کبیری و زارعیان (۱۳۸۱) نیز گزارش کردند با افزایش

سرعت پیش‌روی در عملیات شخم با گاوآهن برگردان‌دار، کیفیت پشته‌های شیار یکنواخت‌تر شده و میزان خرد و شکسته شدن توده خاک برش خورده بهبود می‌یابد. نتیجه آن‌ها تایید کننده نتایج این مطالعه است.

جدول شماره ۲ مقایسه میانگین‌ها برای شاخص قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها را برای هر یک از سطوح عمق شخم و سرعت پیش‌روی تراکتور نشان می‌دهد. همان‌گونه که این جدول نشان می‌دهد بزرگ‌ترین کلوخه‌ها در عمق ۳۰-۲۵ سانتی‌متر و سرعت پیش‌روی ۳ کیلومتر بر ساعت ایجاد می‌گردند که میانگین این تیمار، با سایر تیمارها در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری نشان داده است. کوچکترین اندازه کلوخه‌ها نیز در سرعت ۵/۵ کیلومتر بر ساعت و عمق شخم ۲۰-۱۵ سانتی‌متری تشکیل شده است.

جدول ۲- مقایسه میانگین‌ها برای شاخص MWD در سطوح مختلف عمق شخم و سرعت پیش‌روی

عمق شخم (سانتی‌متر)	سرعت پیش‌روی (کیلومتر بر ساعت)		
	۳	۵/۵	میانگین
۲۰-۱۵	۲۷/۹۸[b]	۱۸/۹۱[b]	۲۳/٤٤
۳۰-۲۵	۵۰/۷٤[a]	۲٤/۵۸[b]	۳۷/٦٦
میانگین	۳۹/۳٦	۲۱/۷۵	

اعدادی که حروف مشترک ندارند در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

اگرچه جدول تجزیه واریانس (جدول شماره ۱) اختلاف معنی‌داری را در اثر عمق شخم و سرعت پیش‌روی بر شاخص‌های مورد مطالعه نشان نمی‌دهد ولی مشاهدات مزرعه‌ای و مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهند که با افزایش عمق میزان برگردان بقایای گیاهی باقی‌مانده بر روی سطح، بیشتر شده و حجم بیشتری از بقایا توسط خاک دفن نمی‌شدند. دلیل این امر می‌تواند ناشی از ایجاد کلوخه‌های درشت‌تر در عمق‌های بیشتر باشد. مشاهدات مزرعه‌ای حاکی از آن بود که در اجرای شخم در عمق ۳۰-۲۵ سانتی‌متر بقایا به علت حجم زیاد خام بر روی تنه گاوآهن، به قسمت‌های بالایی تنه منتقل شده و در نتیجه توده خاک پس از برگردانده شدن روی آن‌ها را نمی‌پوشاند. جدول تجریه واریانس همان‌گونه که قبلا اشاره شد اختلاف معنی‌داری را از لحاظ تأثیر سرعت پیش‌روی بر میزان برگردان بقایا و خاک نشان نمی‌دهد اگرچه مقایسه میانگین‌ها یک روند افزایشی در میزان برگردان بقایا با افزایش سرعت پیش‌روی نشان می‌دهد. میانگین درصد برگردان بقایا در سرعت‌های ۳ و ۵/۵ کیلومتر بر ساعت به ترتیب ۸۲/۸٦ و ۸۷/۳٦ درصد به‌دست آمد. کبیری و زارعیان (۱۳۸۱) گزارش کردند در عملیات شخم با گاوآهن برگردان‌دار با افزایش سرعت پیش‌روی، برش خاک بهبود یافته و مدفون شدن پوشش گیاهی سطح خاک زیادتر می‌شود. آن‌ها درصد زیر خاک شدن بقایا را در سرعت‌های ۲/۸٦، ٤/٤۰ و ۵/۵۸ کیلومتر بر ساعت به ترتیب ۸۵/۷۳، ۸٦/٦۸ و ۹۰/۲۸ درصد بیان کردند که در هماهنگی کامل ما نتایج این مطالعه می‌باشد. جدول شماره ۳ مقایسه میانگین‌ها برای

درصد برگردان خاک را در عملیات شخم با گاوآهن برگردان‌دار نشان می‌دهد. همان‌گونه که از بر می‌آید درصد برگردان بقایا و خاک برای تیمارهای مختلف از ۸۱/۶۳ تا ۹۲/۳۳ درصد متغییر می‌باشد که میانگین تیمارها نیز با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌ها برای شاخص میزان برگردان خاک و بقایای گیاهی در سطوح مختلف عمق شخم و سرعت پیش‌روی

عمق شخم (سانتی‌متر)	سرعت پیش‌روی (کیلومتر بر ساعت)		
	۳	۵/۵	میانگین
۱۵-۲۰	۸۱/۶۳^{a}	۹۲/۳۳^{a}	۸۸/۹۶^{A}
۲۵-۳۰	۸٤/۰۹^{a}	۸۲/۳٦^{a}	۸۳/۲۳^{A}
میانگین	۸۲/۸٦^{A}	۸۷/۳٦^{A}	

اعدادی که حروف مشترک دارند داری اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند

با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان نتیجه‌گیری کرد که از لحاظ قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها و میزان برگردان خاک به‌عنوان شاخص‌هایی از لحاظ عملکرد گاوآهن، انجام این عملیات در عمق مناسب و محدوده رطوبتی مطلوب حائز اهمیت می‌باشد.

نتایج این تحقیق نشان داد که اجرای شخم در عمق ۲۰-۱۵ سانتی‌متر و سرعت پیش‌روی ۵/۵ کیلومتر بر ساعت، از لحاظ دو شاخص فوق، نسبت به شخم در ترکیبات مختلف عمق ۲۵-۳۰ سانتی‌متر و سرعت پیش‌روی ۳ کیلومتر بر ساعت، مطلوب‌تر است. بنابراین با انتخاب عمق مناسب و سرعت مناسب برای شخم زدن با این نوع گاوآهن، سطح مزرعه صاف و هموارتر شده و در عملیات آماده‌سازی بستر مناسب برای بذر، نیاز کمتری به وسایل شخم ثانویه خواهد بود.

منابع

بصیری، ع. طرح های آماری در علوم کشاورزی. انتشارات دانشگاه شیراز.

بیات، ح. محبوبی، ع. حاج عباسی، م. و مصدقی، م. ۱۳۸٦. اثر سیستم‌های خاک‌ورزی و انواع ماشین‌های کشاورزی بر جرم مخصوص ظاهری، شاخص مخروطی و پایداری ساختمان یک خاک لوم شنی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ٤۲: ٤٥۱-٤٦۱.

چاجی، ح. افشار چمن‌آباد، ه. و جمیلی، ح. ۱۳۸۵. بررسی تاثیر چند روش خاک‌ورزی روی خواص فیزیکی خاک. بهره‌وری مصرف سوخت و عملکرد پنبه. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۲۶ (۷): ۱۵۹-۱۷٤.

خواجه‌پور، م. ۱۳۸۷. اصول و مبانی زراعت. جهاد دانشگاهی (دانشگاه صنعتی اصفهان).

دهقان، ا. و الماسی، م. ۱۳۸۵. اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج به روش خشکه‌کاری در منطقه شاوور خوزستان. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۲۹ (۷): ۸۹-۱۰۰.

شفیعی، ا. ۱۳۸۵. ماشین‌های خاک‌ورزی، مرکز نشر دانشگاهی.

صلح‌جو، ع.، لغوی، م.، احمدی، ح. و روزبه، م. ۱۳۸۰. تأثیر درصد رطوبت خاک و عمق شخم بر میزان خرد شدن خاک و کاهش عملیات خاک‌ورزی ثانویه. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، شماره ٦، جلد ۲، ۱۲-۱.

کبیری، ک. و زارعیان، س. ۱۳۸۱. مقاومت کششی و میزان برگردان خاک توسط گاوآهن برگردان‌دار در شرایط مختلف سرعت پیشروی و عمق. علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۲: ۱۲۹- ۱۳۸.

منصوری راد، د. ۱۳۸۳. تراکتورها و ماشین‌های کشاورزی (جلداول)، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا همدان.

Ahmadi H., Mollazade K. 2009. Effect of Plowing Depth and Soil Moisture Content on Reduced Secondary Tillage. Agricultural Engineering International: The CIGR EJournal. Manuscript MES 1195, Vol. XI.

Berntsen, R. and B. Berre, 1993. Fracturing of soil clods and the soil crumbling effectiveness of draught tillage implements. Soil Tillage Res., 28: 79-94.

BoydaŞ, M. G., and Turgut, N. 2007. Effect of tillage implements and operating speeds on soil physical properties and wheat emergence. Turk J Agric For, 31:399-412.

Braunack, M.V. and A.R. Dexter, 1989. Soil aggregation in the seedbed: A review. II. Effect of aggregate sizes on plant growth. Soil Tillage Res., 14: 281-298.

Hemmat, A., Ahmadi, I., and Masoumi, A. 2007. Water infiltration and clod size distribution as influenced by ploughshare type, soil water content and ploughing depth. Biosystems Engineering, 97:257-266.

RNAM. 1995. RNAM Test Codes & Procedures for Farm Machinery. Technical Series No.13. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific Regional Network for Agricultural Machinery.

Russell, E.W. 1961. Soil Conditions and Plant Growth. Longmans, Green and Co. Ltd., London, England.

Effect of plowing depth and plowing speed on tillage quality

Abstract

Accuracy in conditions of plowing and effect of them on tillage quality cause to achieve the goals of desired plowing. Clod Mean Weight Diameter (MWD) and rate of soil inversion are indicators of tillage quality. In this study influence of two levels of tillage depth (20-15 cm and 30-25) and two levels of plowing speed (3 and 5.5 kmh^{-1} was investigated on soil inversion and MWD. For evaluate the effect plowing depth and speed (independent factors) on soil inversion and MWD (dependent factors) a factorial design experiment arrangement of randomized complete block with three replication was done. Results indicate significant influence of plowing depth and plowing speed on MWD. Based on compare means clod MWD in plowing depth of 15-20 cm is significantly smaller than clod MWD in plowing depth of 25-30 cm. MWD was significantly decreasing also by increasing plowing speed. Although the results showed non-significant effect of both independent factors on clod MWD and soil inversion but field observations revealed that by decreasing plowing depth, increased soil inversion and improved MWD. Can also be said for improving soil inversion and decreasing in MWD we must use plowing speed 5.5 kmh^{-1}.

Keywords: moldboard plow, mean weight diameter, soil inversion, tillage conditions