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

بررسی عملکرد گاوآهن برگردان‌دار در سطوح مختلف رطوبت خاک و سرعت پیش‌روی

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

در این مطالعه به بررسی تأثیر رطوبت خاک و سرعت پیش‌روی بر دو شاخص قطر متوسط وزنی کلوخه (MWD) و میزان برگردان خاک، به‌عنوان دو شاخص مهم مطرح در زمینه عملکرد گاوآهن پرداخته شد. برای این مطالعه از آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب بلوک کامل تصادفی با سه تکرار استفاده شد. متغییر مستقل در این آزمایش رطوبت خاک در دو سطح ۱۰ و ۱۵ درصد (عامل اصلی) و سرعت پیش‌روی نیز در دو سطح ۳ و ۵/۵ کیلومتر بر ساعت (عامل فرعی) بودند. متغییرهای وابسته‌ی مورد مطالعه نیز MWD و میزان برگردان خاک بودند. نتایج این آزمایش نشان داد که با افزایش رطوبت خاک، MWD کاهش و میزان برگردان خاک افزایش نشان می‌دهد. سرعت پیش‌روی نیز بر هر دو عامل MWD و برگردان فوق تأثیر بسیار معنی‌داری نشان داد به‌نحوی که با افزایش سرعت هر عامل بهبود یافتند. براساس مقایسه میانگین‌ها، بهترین شرایط برای اجرای شخم انجام عملیات در رطوبت ۱۵ درصد و سرعت پیش‌روی ۵/۵ کیلومتر بر ساعت می‌باشد. با دقت در شرایط اجرای شخم نظیر رطوبت خاک و سرعت پیش‌روی، سطح مزرعه‌ی شخم خورده، هموارتر و یکنواخت‌تر شده و عملیات شخم ثانویه کمتری لازم می‌گردد.

کلمات کلیدی: گاوآهن برگردان‌دار، میزان برگردان خاک، قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها، شرایط شخم

مقدمه

خاک‌های زیر و رو نشده، خواه بکر باشد و یا از زیر محصول خارج شده باشد، در بسیاری از شرایط برای رشد و نمو گیاه نامناسب است و می‌بایستی از طریق انجام عملیات زراعی تغییراتی در آن داده شود تا به محیطی مطلوب برای گیاه تبدیل گردد (خواجه‌پور، ۱۳۸۷). خاک‌ورزی یکی از قدیمی‌ترین اقدامات زراعی در فرایند تولید یک

محصول می‌باشد (منصوری‌راد، ۱۳۸٦). حالت فیزیکی خاک نقش مهمی در سبز شدن بذر، رشد و توسعه ریشه گیاه و تولید محصول دارد. آثار مفید آن یک محیط فیزیکی خوب شامل: تهویه مناسب، حرکت مناسب آب در خاک، تنظیم دما برای رشد ریشه و نگهداری رطوبت کافی برای رشد گیاه می‌باشد. در این زمینه، مهم‌ترین عامل فضای خالی یا خلل و فرج خاک است (Aluko and Koolen; 2000). انجام عملیات صحیح خاک‌ورزی، استفاده از ادوات مناسب و دقت در شرایط صحیح، باعث می‌گردد تا از تخریب خاک اراضی جلوگیری شده و به حفظ و بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آن کمک گردد (آزادگان و همکاران، ۱۳۷۸). مناسب‌ترین وضعیت ساختمانی خاک برای نفوذ سریع رطوبت و ابقای آن، تدارک ظرفیت کافی هوا و تبادل آن در داخل خاک و به حداقل رساندن مقاومت خاک به نفوذ ریشه، حالت دانه‌ای شکل آن است. از طرف دیگر یک بستر بذر خوب عموماً به خاکی نسبت داده می‌شود که در اطراف بذر نرم‌تر و تثبیت شده‌تر باشد (شفیعی، ۱۳۸٤). اصولاً ساختمان دانه‌دانه خاک که موجب نفوذ سریع آب و حفظ و نگهداری صحیح آن، افزایش گنجایش هوا و تسهیل تهویه خاک و تقلیل مقاومت آن در مقابل ریشه‌دوانی شود، مورد نظر است (منصوری راد، ۱۳۸٦).

تحت بعضی شرایط، ممکن است برگردان خاک یک عمل مطلوب محسوب شود. ممکن است لازم شود خاک حاصل‌خیز را به سطح آورده و روی لایه فوقانی که ساختمان خود را از دست داده و از نظر مواد غذایی ضعیف است پوشانده شود. ممکن است لایه سطحی خاک را با لایه‌های عمیق‌تر مخلوط کرد و موجب بهتر شدن خواص فیزیکی خاک سطحی گردید. با برگرداندن خاک، بذر علف‌های هرز دفن شده و در عمقی که مانع سبز شدن آن‌ها می‌گردد، قرار می‌گیرد. چنانچه بقایای محصول، آلوده به حشرات (در مراحل مختلف رشد) یا اسپرهای بیماری‌زا باشد، برگرداندن خاک می‌تواند با دفن کامل آن‌ها، در سالم سازی خاک کمک نماید (منصوری راد، ۱۳۸٦). برگردان کردن خاک موجب مدفون شدن و پوسیدن بقایای سطحی می‌شود. از طرف دیگر، بعضی اوقات مدفون شدن کامل اضافات سطحی، برای کنترل حشراتی که در فصل زمستان لابلای این مواد زیست می‌کنند و یا برای پیشگیری از مزاحمت این مواد در انجام عملیات دقیقی چون کاشت و داشت گیاهان به‌خصوص ضروی است (شفیعی، ۱۳۸٤).

به‌صورت خلاصه هدف از عملیات خاک‌ورزی ایجاد محیطی مناسب برای جوانه‌زنی بذر، رشد ریشه، کنترل علف-های 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). عملکرد گاوآهن و انجام عملیات شخم به میزان زیادی به شرایط

محیطی و شرایط انجام کار بستگی دارد. روش‌های خاک‌ورزی به‌طور معنی‌داری بر ساختمان خاک، حفاظت آب و خاک، آلودگی مزرعه به علف‌های هرز و آفات، سرعت تجزیه مواد آلی خاک، فعالیت و جمعیت میکرارگانیسم‌های خاک، درجه حرارت خاک، جوانه زنی و سبز شدن بذر، جذب مواد غذایی و بازده استفاده از کودها توسط ریشه گیاه، رشد گیاه و عملکرد محصول اثر می‌گذارد (Lal; 1989).

باتوجه به اهمیت توجه به شراط شخم و مباحث مطرح در زمینه عملکرد گاوآهن، مطالعات چندی در این زمینه‌ها مطرح گردیده است. زارعیان (۱۳٦۲) به بررسی اثر رطوبت خاک بر روی درجه پودرشدگی خاک پرداخت. وی از MWD به‌عنوان درجه پودرشدگی خاک استفاده کرد. کبیری و زارعیان (۱۳۸۱) به بررسی تأثیر سرعت پیش‌روی بر روی دو شاخص قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها و میزان برگردان خاک توسط گاوآهن برگردان‌دار پرداختند. آن‌ها در مطالعه خود به بررسی اثر سه سرعت پیش‌روی ۲/۸٦، ٤/٤۰ و ۵/۵۸ کیلومتر بر ساعت بر روی دو شاخص مذکور پرداختند. لغوی و بهنام (۱۳۷۷) در مورد یک گاوآهن بشقابی به بررسی تأثیر سه محدوده رطوبتی ۱۲-۱۰، ۱۵-۱۳ و ۱۸-۱٦ درصد بر مبنای وزن خشک بر میزان خرد شدن خاک و برگردان شدن خاک پرداختند. احمدی و ملازاده (۲۰۰۹) به بررسی تأثیر رطوبت خاک بر میزان کاهش عملیات خاک‌ورزی ثانویه در دو نوع بافت متفاوت خاک پرداختند. آن‌ها به مطالعه اثر رطوبت خاک در چهار سطح ۱۳-۱۰، ۱۵-۱۳، ۱۸-۱۵ و ۲۰-۱۸ درصد بر مبنای وزن خشک بر روی MWD پرداختند.

باتوجه به موارد فوق و اهمیت کیفیت خاک‌ورزی و دقت در عملکرد گاوآهن برگردان‌دار، دو شاخص مهم در زمینه عملکرد این نوع گاوآهن، یعنی قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها (MWD) و میزان برگردان خاک، در شرایط متداول اجرای شخم، مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند. در واقع هدف اصلی این مطالعه بررسی این دو شاخص در سطوح مختلف رطوبت خاک و سرعت پیش‌روی تراکتور می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در تابستان و پاییز ۱۳۸۸ و در مزرعه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در شهرستان کرج انجام شد. متغییرهای مستقل در این مطالعه، رطوبت خاک در دو سطح ۱۰ و ۱۵ درصد بر مبنای وزن خشک و سرعت پیش‌روی نیز در دو سطح ۳ و ۵/۵ کیلومتر بر ساعت بود. بنابراین برای بررسی تأثیر این عوامل بر میزان قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها و شاخص برگردان خاک (متغییرهای وابسته)، از آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و با سه تکرار استفاده شد. جدول (۱) مشخصات تیمارها را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات کامل تیمارهای مورد آزمایش به‌همراه علائم مورد استفاده

شـــــــــــرح تـــیـــمـــارها	علامت مورد استفاده
رطوبت ۱۰درصد × سرعت پیش‌روی ۳ کیلومـــتر بر ساعت	T_1
رطوبت ۱۰ درصد × سرعت پیش‌روی ۵/۵ کیلومتر بر ساعت	T_2
رطوبت ۱۵ درصد × سرعت پیش‌روی ۳ کیلومـــتر بر ساعت	T_3
رطوبت ۱۵ درصد × سرعت پیش‌روی ۵/۵ کیلومتر بر ساعت	T_4

عامل اصلی در این مطالعه رطوبت و عامل فرعی سرعت پیش‌روی تراکتور بود. نوع بافت خاک مزرعه از نوع لومی و با ۲۶ درصد رس، ۳۵ درصد سیلت و ۳۹ درصد شن بود. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۳/۷۵ متر در ۳۳ متر 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 ۳۱۴۰ 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 وبقایا توسط بیلر بسته‌بندی و جمع آوری شده بودند. قبل از انجام آزمایش‌ها مزرعه یک‌بار آبیاری شده و به محض رسیدن رطوبت خاک به محدوده مورد نظر، آزمایش‌ها آغاز شد. شرایط مورد بررسی بر اساس شرایطی که در عمل، در مزرعه مورد نظر مورد استفاده قرار می‌گرفت انتخاب شدند. بعد از کرت-بندی و قبل از اجرای عملیات شخم برای محاسبه درصد برگردان خاک، میزان بقایای موجود در هر کرت محاسبه گردید. برای این منظور بقایای موجود در داخل یک چهارچوب ۰/۵×۰/۵ که در هر کرت دوبار و به‌صورت تصادفی انجام شده بود، بادقت جمع‌آوری گردیده و به آزمایشگاه منتقل شده و در آن‌جا به مدت ۲۴ ساعت در آون ۱۰۵ درجه سلسیوس قرار داده و بعد توزین شده و اعداد ثبت گردیدند (W_p). بعد از اجرای عملیات شخم فرایندی مشابه نمونه‌برداری قبل از عملیات شخم انجام شده و بقایای خشکِ توزین شده نیز ثبت گردیدند (W_e). برای محاسبه درصد برگردان خاک از رابطه (۱) که توسط RNAM ارائه گردیده است استفاده شد:

$$F = \left[\frac{W_p - W_e}{W_p}\right] \times 100 \qquad (۱)$$

در این رابطه:

F= شاخصی از میزان برگردان شدن خاک (٪)، W_p= جرم خشک بقایای گیاهی قبل از عملیات شخم (g) و W_e= جرم خشک بقایای گیاهی به جای مانده بر روی سطح شخم خورده (g) می‌باشند.

برای اندازه‌گیری قطر متوسط وزنی نیز توده‌ی خاک واقع در یک چارچوب ۰/۵×۰/۵ تا عمق شخم جمع‌آوری شده و وارد یک سری الک‌هایی با اندازه ۱۰، ۲۰، ٤۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۲۵ میلی‌متر (همت و همکاران، ۲۰۰۷) شده و با توجه به رابطه (۲) قطر متوسط وزنی برای هر کرت محاسبه شد.

$$MWD = \sum X_i W_i \qquad (۲)$$

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 (RNAM). تمام داده‌های مورد آزمایش وارد صفحه گسترده Excel شده و برای تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ استفاده شد. میانگین تیمارها با توجه به آزمون دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند.

بحث و نتیجه‌گیری

جدول (۲) نتایج تجزیه واریانس برای عامل اصلی، عامل فرعی و اثر متقابل آن‌ها را برای هر دو شاخص قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها و میزان برگردان خاک را نشان می‌دهد.

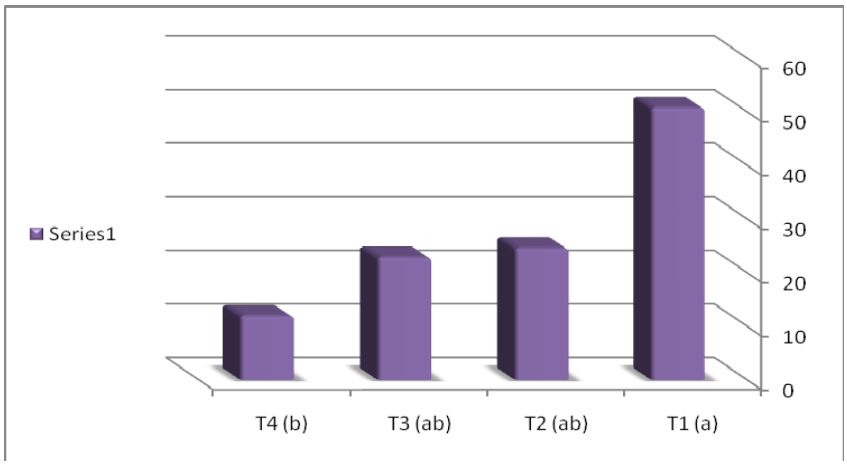
جدول ۲- جدول تجزیه واریانس اثر عامل اصلی، فرعی و اثرات متقابل آن‌ها برای MWD و میزان برگردان بقایا

عوامل تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	
		MWD	برگردان خاک
تکرار	۲	۷/٦٦^{ns}	٤۸/۰۵^{ns}
رطوبت خاک	۱	۱۲۳٤/٤۱**	۱۲/۱۱^{ns}
خطای عامل اصلی	۲	۷۱/۰٦	۲۱/۷٦
سرعت پیش‌روی	۱	۱۰۳۱/۲۵**	۲۱۲/۱۷**
رطوبت خاک × سرعت پیش‌روی	۱	۱۷٤/۳۹*	۱۵/۷۸^{ns}
خطای عامل فرعی	۲	۲/۵۲	۷/۰۰

* و ** به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد را نشان می‌دهند و ns یعنی این‌که اختلاف معنی‌دار نیست.

همان‌گونه که از جدول (۱) برمی‌آید رطوبت خاک در سطح ۱ درصد در میزان خرد شدن خاک تأثیر دارد. براساس مقایسه میانگین‌ها (نمودار ۱) اندازه کلوخه‌های ایجاد شده در رطوبت ۱۰ درصد بزرگ‌تر از اندازه کلوخه‌های ایجاد شده در رطوبت ۱۵ درصد می‌باشد. همچنین جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که سرعت پیش‌روی نیز در سطح ۱ درصد بر اندازه کلوخه‌های ایجاد شده مؤثر بوده است. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها افزایش سرعت از ۳ به

۵/۵ کیلومتر بر ساعت باعث می‌شود میانگین اندازه کلوخه‌ها از ۷۳/۵۷ میلی‌متر به ۳۶/۴۹ میلی‌متر کاهش یابد. اثر متقابل رطوبت خاک و سرعت پیش‌روی نیز در سطح ۵ درصد بر میزان MWD موثر بوده است. نمودار (۱) مقایسه میانگین‌ها را برای فاکتورهای مورد مطالعه برای شاخص MWD نشان می‌دهد. همان‌گونه که از این نمودار برمی‌آید تیمار T_4 کوچکترین و تیمار T_1 بزرگ‌ترین اندازه کلوخه‌ها را در عملیات شخم با گاوآهن برگردان‌دار می‌سازد.

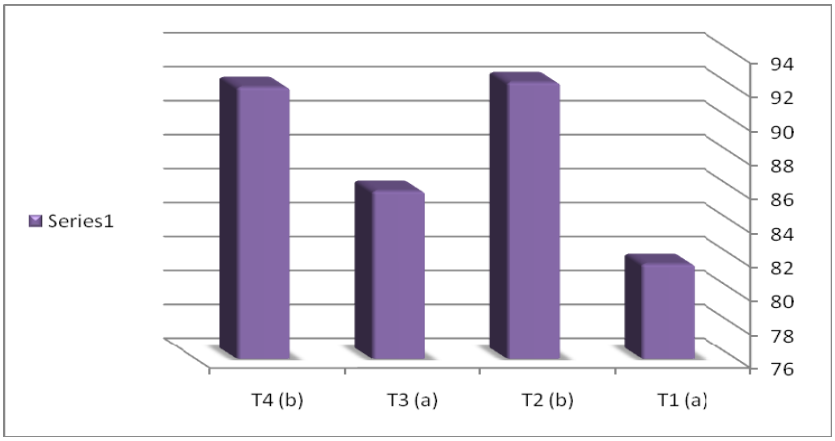


نمودار ۱- مقایسه میانگین‌ها برای MWD در سطوح مختلف رطوبت خاک و سرعت پیش‌روی*

*(حروف غیر مشترک در مقابل تیمارها، اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها را نشان می‌دهد)

صلح‌جو و همکاران (۱۳۸۰) و احمدی و ملازاده نیز نتایج مشابهی به‌دست آورده‌اند که تأیید کننده نتایج حاصل از این مطالعه می‌باشد.

اگرچه جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تأثیر رطوبت خاک در میزان برگردان خاک معنی‌دار نشده است ولی مقایسه میانگین‌ها و داده‌های جمع‌آوری شده حاکی از آن است که در رطوبت ۱۵ درصد میزان برگردان خاک نسبت به رطوبت ۱۰ درصد بیشتر بوده است. دلیل این امر می‌تواند خرد شدن بهتر توده خاک و در نتیجه، تسهیل در جریان خاک بر روی تنه گاوآهن باشد. براساس نتایج سرعت پیش‌روی تأثیر بسیار معنی‌داری بر میزان برگردان خاک داشته است. این فاکتور در سطح ۱ درصد بر میزان برگردان خاک معنی‌دار بوده است.



نمودار ۲- مقایسه میانگین‌ها برای میزان برگردان خاک در سطوح مختلف رطوبت خاک و سرعت پیش‌روی*

*(حروف غیر مشترک در مقابل تیمارها، اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها را نشان می‌دهد)

براساس نتایج با افزایش سرعت پیش‌روی از ۳ کیلومتر بر ساعت به ۵/۵ کیلومتر بر ساعت، ۱۰ درصد به میزان برگردان خاک افزوده می‌شود. نمودار (۲) مقایسه میانگین‌های تیمارهای مورد آزمایش را در میزان برگردان خاک نشان می‌دهد. این نمودار نشان می‌دهد که تیمار T_4 بیشترین میزان برگردان خاک را نسبت به تیمارهای دیگر دارد. افزایش سرعت پیش‌روی با خرد کردن بهتر خاک باعث برگردان بهتر آن می‌شود همچنین افزایش سرعت باعث می‌شود خاک با شدت بیشتری پرتاب شده و در نتیجه بهتر برگردانده شود. کبیری و زارعیان (۱۳۸۱) نیز گزارش کردند که با افزایش سرعت پیش‌روی میزان برگردان خاک بیشتر شده و در نتیجه بقایای گیاهی بهتر برگردانده می‌شود. نتایج این مطالعه با نتایج مطالعات لغوی و بهنام (۱۳۷۷) نیز در هماهنگی می‌باشد.

براساس نتایج این مطالعه، انجام عملیات شخم در رطوبت ۱۵ درصد از لحاظ شاخص‌های مورد مطالعه نسبت به رطوبت ۱۰ درصد بهتر بوده و سرعت پیش‌روی ۵/۵ کیلومتر بر ساعت نیز نسبت به سرعت ۳ کیلومتر بر ساعت در اولویت می‌باشد. نتیجه کلی مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که تیمار T_4 بهترین نتایج را می‌دهد. با دقت در شرایط شخم و اجرای عملیات شخم در شرایط مناسب، نیاز کمتری به عملیات شخم ثانویه خواهد بود و بستر بذر مناسبی به‌وجود خواهد آمد.

منابع

آزادگان، ب.، رفاهی، ح.، شاهوئی، ص. و مجد، ف. ۱۳۷۸. بررسی تأثیر عملیات خاک‌ورزی به‌وسیله گاوآهن برگردان‌دار در میزان حرکت و جابجایی خاک در اراضی زراعی شیب‌دار (روش ردیابی سزیم – ۱۳۷). مجله علوم کشاورزی ایران، شماره ٤، جلد ۳۰، ۷۵۸-۷۵۱.

خواجه‌پور، م. ۱۳۸۷. اصول و مبانی زراعت. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان.

زارعیان، س. ۱۳٦۲. اثر رطوبت روی مقاومت کششی و درجه پودر شدن خاک. علوم کشاورزی ایران. ۱٦: ۱۱-۱۷.

شفیعی، ا. ۱۳۷۱. ماشین‌های خاک‌ورزی، مرکز نشر دانشگاهی.

شفیعی، ا. ۱۳۸٤. اصول ماشین‌های کشاورزی (جلد اول). انتشارات دانشگاه تهران.

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.

لغوی، م. و بهنام، س. ۱۳۷۷. تاثیر رطوبت خاک و عمق شخم بر عملکرد گاوآهن بشقابی در یک خاک لوم رسی. علوم و فنون کشاورزی. ٤ (۲): ۱۰۵-۱۱٦.

منصوری راد، د. ۱۳۸٦. تراکتورها و ماشین‌های کشاورزی (جلد اول). انتشارات دانشگاه بوعلی سینا

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.

Aluko, O.B. and Koolen, A.J. 2000. The essential mechanics of capillary crumbling of structured soil. Soil & Tillage Research, 55: 117-126.

Lal, R. 1989. Conservation tillage for sustainable agriculture: tropic versus temperate environment. Advances in agronomy. 42:85-197.

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.

Moldboard plow performance in different levels of soil moisture and plowing speed

Abstract

This study examined the influence of plowing speed and soil moisture on clod Mean Weight Diameter (MWD) and soil inversion as two important indicators in tillage quality. The experimental design consisted of a split plot arrangement of a randomized complete block with three replications. Independent factors in this study were soil moisture with two levels 10 and 15% (main plot) and plowing speed with two levels 3 and 5.5 kmh^{-1}. Dependent factors in this study were MWD and soil inversion. Result showed with increasing soil moisture, MWD was decreased and soil inversion was increased. Effect of plowing speed on MWD and soil inversion was significant that by increasing in plowing speed both of MWD and soil inversion was improved. Based on compare means, plowing in 15% of soil moisture and 5.5 kmh^{-1} of plowing speed were best levels in study conditions to done plow. Results showed that, if primary tillage be performed in the optimal soil moisture content and plowing speed, we will have suitable seedbed with minimum secondary tillage operation. This can reduce the costs of secondary tillage operations.

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