بررسی و اصلاح ساختمان خاک تحت تاثیر عوامل کاری روتیواتور در شمال کشور

مجید رجبی وندچالی[1*]، محمدحسین عباسپور فرد[1] و عباس قنبری مالیدره[2]

۱- به ترتیب، دانشجوی دکتری و دانشیار گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

mrajabi_v2010@yahoo.com

۲- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد جویبار، جویبار، ایران

چکیده

خاک‌ورزی مناسب، می‌تواند موجب بهبود ساختمان خاک، افزایش خلل و فرج و توزیع بهتر خاک‌دانه‌ها گردد. اخیراً استفاده از روتیواتور در بسیاری از مناطق بویژه در مناطق شمالی کشور در حال گسترش است. کاربرد نادرست روتیواتور سبب اعمال صدمات شدید به خاک گشته، خواص فیزیکی خاک را به شدت تحت تاثیر قرار داده و باعث تخریب ساختمان خاک و خاک‌دانه‌ها می‌گردد. از این رو به منظور بررسی برخی عوامل کاری روتیواتور بر خواص فیزیکی خاک، آزمایشی در یکی از مزارع گندم شهرستان جویبار به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عمق کار به عنوان عامل اصلی در سه سطح (۱۲، ۱۶ و ۲۰ سانتی‌متر)، زاویه‌ی استقرار درپوش حفاظتی به عنوان عامل فرعی در چهار سطح (۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه نسبت به خط قائم) و سرعت پیشروی به عنوان عامل فرعی فرعی در دو سطح (۲/۱۲ و ۳/۱۶ کیلومتر بر ساعت) بود. پارامترهای اندازه‌گیری شامل: متوسط وزنی قطر کلوخه‌ها، توزیع خاک‌دانه‌ها (ریز، متوسط و درشت) و لغزش چرخ‌های تراکتور به عنوان یکی از عوامل مهم تخریب ساختمان خاک، بود. نتایج نشان داد تاثیر عمق کار بر لغزش معنی‌دار بود ($P<۰/۰۱$). تحلیل-های رگرسیونی نشان داد که با افزایش عمق کار، لغزش به طور خطی با ضریب تعیین ۰/۹۹۹ افزایش یافت. با افزایش عمق کار، متوسط وزنی قطر کلوخه‌ها نیز افزایش یافت. بر اساس مقایسه‌ی مقادیر میانگین پارامترهای اندازه‌گیری تحت تأثیر عوامل آزمایش، مناسب‌ترین ترکیب، عمق کاری ۱۶ *cm*، زاویه‌ی درپوش ۹۰ درجه و سرعت پیشروی ۲/۱۲ *Km/h* بود.

واژه های کلیدی: روتیواتور، ساختمان خاک، عوامل کاری، لغزش.

مقدمه

عملیات خاک‌ورزی مناسب، موجب بهبود ساختمان خاک، افزایش خلل و فرج، توزیع بهتر خاک‌دانه‌ها و نهایتاً اصلاح خصوصیات فیزیکی خاک می‌شود (Akef and Bagheri, 1999). خواص فیزیکی خاک عامل تعیین کننده اصلی رشد گیاهچه تا زمان سر برآوردن از خاک و جوانه زنی می‌باشد (Malhi *et al.*, 2006). یک بررسی منابع نشان داد که تغییرات خواص خاک به دلیل خاک‌ورزی، با چندین عامل در ارتباط است که عبارتند از: نوع خاک، نوع وسیله‌ی خاک‌ورزی، عمق خاک‌ورزی، شرایط خاک نظیر

محتوی رطوبت در زمان خاک‌ورزی و شرایط اقلیمی (Chang and Lindwall, 1990).

استفاده از روتیواتورها (گاوآهن های دوار) به عنوان یکی از کارآمدترین ماشین‌های خاک‌ورزی در باغات و شالیزارها به صورت روزافزونی مورد استقبال قرار گرفته است. در عملیات سبزی و صیفی‌کاری، آماده‌سازی خاک شرایط متفاوتی نسبت به دیگر محصولات زراعی می‌طلبد و عمق آماده‌سازی بستر بذر و دانه‌بندی آن متفاوت است. در این شرایط می‌توان خاک را با روتیواتورها آماده کرد (Tabatabae Koloor and Kiani, 2006). با این وجود نرم‌شدگی خاک‌دانه‌ها به واسطه‌ی اعمال تنش‌های اضافی به سطح خاک، یکی از نتایج نامطلوب کاربرد روتیواتورها می‌باشد که اثر نامطلوبی بر ساختمان خاک دارند (Elahi-Fard *et al.*, 2008).

متوسط وزنی قطر کلوخه‌ها مهم‌ترین معیار کمی جهت بیان درجه خردشدگی خاک محسوب می‌شود به طوری که هر چه مقدار آن کاهش یابد، متوسط ابعاد خاکدانه‌ها نیزکاهش می یابد. متوسط وزنی قطر کلوخه‌ها تحت تاثیر عمق کار دستگاه خاک‌ورز است (Loghavi and Behnam, 1998). در مطالعه‌ای بر روی عملکرد روتیواتور نشان داده شد که حداکثر متوسط وزنی قطر کلوخه‌ها، هنگامی که درپوش انتهایی کاملاً بالا بود و حداقل مقدار آن در وضعیت کاملاً پایین درپوش انتهایی، به دست آمد (Sharda and Singh, 2004).

لغزش چرخ‌های محرک تراکتور تحت تاثیر شرایط کاری وسیله‌ی خاک‌ورز قرار دارد و چنانچه لغزش در محدوده‌ی مجاز (۱۰ تا ۱۵ درصد) نباشد ممکن است باعث تخریب ساختمان خاک گردد. علاوه بر این، لغزش بیش از حد باعث افزایش توان مصرفی تراکتور، کاهش بازده‌ی تبدیل انرژی، افزایش مصرف سوخت، کاهش ظرفیت ماشین می‌شود (Hemmat *et al.*, 2000). در صورتی که لغزش خیلی کم به معنی سنگین بودن بیش از حد تراکتور است که باعث ایجاد تراکم در لایه‌های زیرین خاک شده و به مرور زمان منجر به تشکیل لایه‌ی سخت[1] می‌گردد.

با توجه به آن چه گفته شد، کاربرد نادرست روتیواتور و شرایط کاری نامناسب آن ممکن است سبب اعمال تنش‌های شدید به خاک گشته، خواص فیزیکی خاک را به شدت تحت تاثیر قرار داده و باعث از بین بردن ساختمان خاک و خاک‌دانه‌ها گردد. تخریب ساختار خاک ممکن است منجر به غیریکنواختی جوانه زنی بذر، کاهش رشد ریشه و کاهش نفوذ آب به درون خاک گردد که در نتیجه‌ی آن، هزینه‌های تولید افزایش یافته و عملکرد محصول به شدت کاهش می‌یابد. آنچه در حال حاضر در مناطق شمالی ایران رواج دارد استفاده توام گاوآهن برگردان دار و رتیواتور است. از این رو تحقیق حاضر سعی بر آن دارد تا با توجه به اهمیت موضوع، تاثیر برخی از اجزای کاری اصلی روتیواتور در استفاده توام از آن با گاوآهن برگردن دار را بر برخی شاخص‌های فیزیکی مهم خاک در منطقه‌ی مازندران مورد ارزیابی قرار دهد و با استفاده از تجزیه و تحلیل آماری، ترکیب مناسب پارامترهای کاری دستگاه و تراکتور جهت دست‌یابی به شرایط مطلوب ساختار خاک و بستر بذر را با توجه به شرایط خاک منطقه ارائه دهد.

1- Hard Pan

مواد و روش‌ها

آزمایش در یکی از مزارع گندم درروستای کوکنده از توابع شهرستان جویبار، استان مازندران، در سال ۱۳۹۱ اجرا گردید. از نظر آب و هوایی، منطقه دارای اقلیم مرطوب بود. مطالعه از نوع میدانی و مزرعه‌ای بود که پس از برداشت محصول انجام گرفت. قبل از انجام آزمایش، چند نمونه خاک از نقاط مختلف از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر، برای تعیین نوع بافت خاک و حدود آتربرگ خاک تهیه گردید. بافت خاک مزرعه لوم رسی بود. حد روانی و حد خمیری آن (بر مبنای وزن تر) به ترتیب برابر ۴۷/۹۳ درصد و ۲۷/۸۱ درصد بود و در نتیجه شاخص خمیری خاک ۲۰/۱۲ درصد محاسبه گردید.

آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عمق کار به عنوان عامل اصلی در سه سطح شامل: عمیق (۲۰ سانتی‌متر)، عمق متوسط (۱۶ سانتی‌متر) و کم عمق (۱۲ سانتی‌متر)، وضعیت استقرار درپوش انتهایی روتیواتور به عنوان عامل فرعی در چهار سطح شامل: کاملاً بسته، نیمه بسته، نیمه باز و کاملاً باز (به ترتیب، زاویه صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه نسبت به خط قائم) و سرعت پیشروی تراکتور به عنوان عامل فرعی فرعی در دو سطح شامل: دنده‌ی یک و دنده‌ی دو (به ترتیب، با سرعت ۲/۱۲ و ۳/۱۶ کیلومتر بر ساعت) بود. تمامی آزمایشات در رطوبت ۸۰ تا ۸۵ درصد حد خمیری (۲۳/۶۴–۲۲/۲۵ درصد بر مبنای وزن تر) انجام شد.

پارامترهای اندازه‌گیری شامل: درجه‌ی خردشدگی خاک (متوسط وزنی قطر کلوخه‌ها)، توزیع اندازه‌ی خاک‌دانه‌ها (دانه‌بندی ریز با قطر کم‌تر از ۳۱/۷۵ میلی‌متر، متوسط با قطر ۶۳/۵۰ –۳۱/۷۵ میلی‌متر و درشت با قطر بیش‌تر از ۶۳/۵۰ میلی‌متر) و لغزش چرخ-های محرک تراکتور بود.

جهت انجام شخم اولیه از یک دستگاه گاوآهن برگردان‌دار سه خیش متداول در منطقه (با عرض کار ۳۰ سانتی‌متر برای هر خیش) در شرایط گاورو و با عمق شخم ۳۰ سانتی‌متر استفاده شد (Ahmadi and Mollazade, 2009). مشخصات فنی روتیواتور مورد آزمایش (روتیواتور مدل HIBM 70 C ساخت شرکت تولید ادوات کشاورزی و دامداری هادی) در جدل ۱ آمده است. تمامی عملیات خاک‌ورزی اولیه و ثانویه با استفاده از یک دستگاه تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ (تراکتور متداول منطقه) انجام گرفت (Ahmadi and Mollazade, 2009). شکل ۱ مزرعه‌ی آزمایشی را پس از شخم برگردان و در حین آزمایش با روتیواتور نشان می‌دهد.

شکل ۱. مزرعه‌ی آزمایشی پس از شخم برگردان (سمت چپ) و حین انجام آزمایش با روتیواتور (سمت راست).

جدول ۱. مشخصات فنی روتیواتور مورد استفاده.

شرح	طول دستگاه	عرض کار دستگاه	ارتفاع دستگاه	وزن دستگاه	تعداد ردیف تیغه‌ها	تعداد تیغه در هر ردیف	سرعت دورانی محور	توان مورد نیاز
مشخصات فنی	۹۰ *cm*	۲۱۰ *cm*	۱۲۵ *cm*	۴۴۵ *Kg*	۸ ردیف	۶ عدد	۱۷۹ *rpm*	۵۰ –۶۵ *hp*

برای تغییر عمق کار دستگاه، از کفشک‌های تنظیم عمق؛ برای تغییر وضعیت استقرار درپوش انتهایی روتیواتور از زنجیر نگهدارنده‌ی آن و برای تغییر سرعت پیشروی تراکتور از دو دنده‌ی تراکتور (دنده‌ی ۱ و دنده‌ی ۲) استفاده گردید. در تمام آزمایشات دور محور گردنده‌ی روتیواتور، ثابت بود.

برای تعیین درجه خردشدگی خاک از متوسط وزنی قطر کلوخه‌ها استفاده شد. ابعاد کلوخه‌های خردشده بر مبنای میانگین وزنی قطر کلوخه‌های خاک به وسیله‌ی یک سری هشت‌تایی از الک‌ها ارزیابی شد. قطر الک‌های مورد استفاده به ترتیب از بالا به پایین برابر ۸۸/۹۰، ۶۹/۸۵، ۶۳/۵۰، ۵۰/۸۰، ۳۱/۷۵، ۱۵/۸۸، ۷/۹۴ و ۶/۳۵ میلی‌متر بود (Ahmadi and Mollazade, 2009). نمونه‌های خاک از عمق ۳۰– ۰ سانتی‌متر از سه نقطه از هر کرت، جمع‌آوری گردیده و از درون الک‌ها عبور داده شد. کلوخه‌های موجود بر روی هر الک به مدت ۳۰ ثانیه تکان داده شد (Eghball *et al.*, 1993). متوسط وزنی قطر کلوخه‌ها با استفاده از رابطه‌ی زیر به دست آمد (Boydas and Turgut, 2007; Hu *et al.*, 2007):

$$M.W.D. = \sum_{i=1}^{n} \frac{w_i}{w} D_i \qquad (۱)$$

که در آن، $M.W.D.$ متوسط وزنی قطر کلوخه‌ها بر حسب میلی‌متر، w_i وزن خاک روی هر الک بر حسب گرم، w وزن کل نمونه خاک بر حسب گرم و D_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 می‌باشد.

توزیع اندازه‌ی خاک‌دانه‌ها از تقسیم مجموع اوزان خاک‌دانه‌های هر محدوده‌ی قطری (دانه‌بندی ریز با قطر کم‌تر از ۳۱/۷۵ *mm*، دانه‌بندی متوسط با قطر ۶۳/۵۰ *mm* – ۳۱/۷۵ و دانه‌بندی درشت با قطر بیش‌تر از ۶۳/۵۰ *mm*) بر وزن کل نمونه‌ی خاک بر حسب درصد به دست آمد (Lee *et al.*, 2003).

میزان لغزش چرخ‌های محرک تراکتور، با اندازه‌گیری مسافت طی شده به ازای ۱۰ دور چرخش چرخ‌های محرک تراکتور در حالت با بار و بدون بار اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری مسافت بدون بار، دستگاه به تراکتور اتصال داشت اما خارج از خاک بود. اندازه‌گیری مسافت بدون بار نیز با سه تکرار برای هر سرعت پیشروی انجام گرفت. پس از اندازه‌گیری مسافت با بار و بدون بار، لغزش چرخ‌های محرک تراکتور از رابطه‌ی زیر محاسبه گردید (RNAM, 1983; Masumi Kolahloo and Loghavi, 1994):

$$S = \frac{d_t - d_w}{d_t} \times 100 \qquad (۲)$$

که در آن، S درصد لغزش، d_t و d_w به ترتیب، مسافت طی شده در حالت بدون بار و با بار (بر حسب متر) است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها از طریق نرم‌افزار SAS و مقایسه مقادیر میانگین پارامترها توسط نرم‌افزار MSTATC (از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد) انجام شد (Arvidsson and Bolenius, 2006; Ahmadi and Mollazade, 2009).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه‌ی واریانس پارامترهای اندازه‌گیری تحت تاثیر عوامل آزمایش و برهم‌کنش آن‌ها در جدول ۲ و مقایسه‌ی مقادیر میانگین پارامترهای اندازه‌گیری تحت تاثیر هر یک از عوامل آزمایشی در جدول ۳ آمده است. نتایج تجزیه‌ی واریانس نشان داد که عمق کار دستگاه تنها بر لغزش (در سطح احتمال یک درصد) تاثیر معنی‌دار داشت. اما دیگر پارامترها تحت تاثیر عمق کار قرار نگرفتند (جدول ۲). اثر عمق کار بر پارامترهای اندازه‌گیری در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شد.

با افزایش عمق کار، متوسط وزنی قطر کلوخه‌ها افزایش کاهش یافت که به دلیل کاهش انرژی ویژه مصرف شده (انرژی به ازای واحد حجم خاک) بود اما به هر صورت از نظر آماری، تغییرات معنی‌دار نبود (جدول ۳). عدم وجود تفاوت معنی‌دار در درجه‌ی خردشدگی خاک احتمالاً به دلیل استفاده‌ی توأم گاوآهن برگردان‌دار و روتیواتور و در نتیجه پودر شدن بیش از حد خاک به ویژه در لایه‌های سطحی بود. بنابراین بهتر است از استفاده‌ی توأم این دو دستگاه در عملیات خاک‌ورزی، اجتناب گردد.

جدول ۲. نتایج تجزیه‌ی واریانس پارامترهای اندازه‌گیری تحت تاثیر عوامل آزمایش و برهم‌کنش آن‌ها.

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		متوسط وزنی قطر کلوخه‌ها	توزیع اندازه‌ی خاک‌دانه‌ها			لغزش
			ریز	متوسط	درشت	
بلوک	۲	۳۹۲/۵۳**	۷۴۷/۲۳**	۲۷/۱۸^{ns}	۶۶۳/۷۱*	۰/۹۱۶^{ns}
عمق کار (A)	۲	۴۳/۸۳^{ns}	۱۳۴/۸۶^{ns}	۶۰/۶۹^{ns}	۸۴/۶۴^{ns}	۲۰/۹۳۰**
خطای a	۴	۹۹/۸۸	۱۲۶/۴۶	۴۹/۳۰	۲۴۹/۰۶	۱/۰۰۸
وضعیت درپوش (B)	۳	۱۴۶/۴۷^{ns}	۲۲۰/۱۵^{ns}	۱۴/۰۴^{ns}	۳۳۱/۶۶^{ns}	۰/۴۸۲^{ns}
B×A	۶	۳۷/۶۱^{ns}	۳۴/۳۰^{ns}	۴۸/۷۴^{ns}	۱۱۵/۹۹^{ns}	۱/۰۶۹^{ns}
خطای b	۱۸	۴۹/۱۵	۶۹/۱۹	۵۸/۷۹	۱۲۷/۱۳	۰/۶۹۷
سرعت پیشروی (C)	۱	۵۴/۴۸^{ns}	۳۹/۱۶^{ns}	۸۶/۳۵^{ns}	۲۴۱/۷۸^{ns}	۳/۲۹۴^{ns}
C×A	۲	۳۷/۳۳^{ns}	۵۷/۰۶^{ns}	۸۲/۹۹^{ns}	۵۳/۸۲^{ns}	۰/۹۶۳^{ns}
C×B	۳	۳۶/۵۱^{ns}	۷۷/۱۶^{ns}	۹/۱۲^{ns}	۵۸/۱۹^{ns}	۰/۱۹۵^{ns}
C×B×A	۶	۶۵/۸۹^{ns}	۴۲/۳۶^{ns}	۲۸/۸۶^{ns}	۱۲۵/۶۸^{ns}	۰/۶۱۶^{ns}
C.V.		۱۷/۸۷	۱۹/۵۵	۲۴/۹۸	۵۹/۸۴	۸/۳۶

**، * و ^{ns} به ترتیب نشانگر معنی‌دار بودن اثر عامل آزمایشی در سطح یک درصد، ۵ درصد و غیر معنی‌دار بودن می‌باشند.

روند توزیع اندازه‌ی خاکدانه‌ها نسبت به تغییر عمق (با وجود عدم تفاوت آماری معنی‌دار) به گونه‌ای بود که درصد ذرات درشت با افزایش عمق، ابتدا روند افزایشی و سپس تقریباً ثابت داشت اما درصد ذرات متوسط، ابتدا روندی کاهشی و سپس افزایشی داشت. هرچند که درصد ذرات ریز با افزایش عمق، پیوسته نزولی بود اما در تمامی عمق‌ها، درصد آن نسبت به ذرات متوسط و درشت بیش‌تر بود (شکل ۳). علت این امر احتمالاً به این دلیل بود که مزرعه با توجه به آنچه که در منطقه متداول است، ابتدا توسط گاوآهن برگردان‌دار شخم زده شد و سپس عملیات روتیواتورزنی اجرا گردید. در واقع، شاید دو بار عمل خاک‌ورزی منجر به افزایش درصد خاک‌دانه‌های ریز شد. البته حرکت دورانی تیغه‌های روتیواتور و نوع مکانیزم خاک‌ورزی این دستگاه به عنوان یک وسیله‌ی خاک‌ورز فعال نیزدر این امر بی تاثیر نبود. در واقع می‌توان گفت که کارکرد روتیواتور اساساً به گونه‌ای است که ذرات ریز بیش‌تری به جای می‌گذارد. بنابراین می توان گفت که استفاده توأم از گاوآهن برگردان‌دار و روتیواتور که در منطقه مرسوم است می تواند منجر به پودر شدن بیش از حد خاک و احتمالاً اثر سوء بر ساختمان خاک گردد.

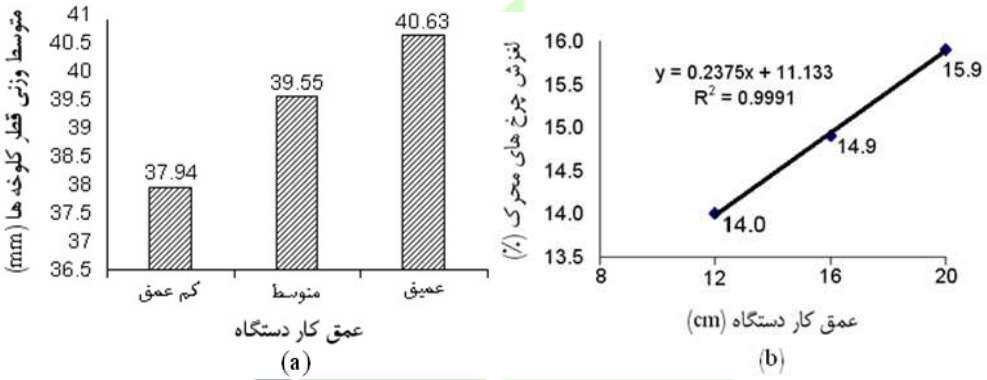
جدول ۳. مقایسه‌ی مقادیر میانگین پارامترهای اندازه‌گیری تحت تاثیر هر یک از عوامل آزمایش*.

عوامل آزمایش	پارامترهای اندازه‌گیری				
	متوسط وزنی قطر کلوخه‌ها	توزیع اندازه‌ی خاک‌دانه‌ها (٪)			لغزش
		ریز	متوسط	درشت	
	(mm)				(٪)
عمق کار					
عمیق	۴۰/۶۳ a	۴۳/۳۹ a	۳۳/۶۸ a	۲۲/۹۳ a	۱۵/۹ a
عمق متوسط	۳۹/۵۵ a	۴۶/۴۹ a	۳۰/۵۰ a	۲۳/۰۱ a	۱۴/۹ b
کم عمق	۳۷/۹۴ a	۴۸/۰۴ a	۳۲/۲۴ a	۱۹/۷۲ a	۱۴/۰ c
وضعیت درپوش					
کاملاً بسته	۳۶/۸۹ b	۴۸/۸۸ a	۳۲/۷۱ a	۱۸/۴۱ a	۱۵/۰ a
نیمه بسته	۳۷/۶۲ b	۴۸/۸۴ a	۳۲/۶۲ a	۱۸/۵۴ a	۱۴/۸ a
نیمه باز	۴۳/۲۵ a	۴۱/۷۹ a	۳۰/۸۳ a	۲۷/۳۸ a	۱۵/۲ a
کاملاً باز	۳۹/۷۳ ab	۴۴/۳۸ a	۳۲/۳۹ a	۲۳/۲۳ a	۱۴/۹ a
سرعت پیشروی					
دنده‌ی ۱	۳۸/۵۰ a	۴۶/۷۱ a	۳۳/۲۳ a	۲۰/۰۶ a	۱۴/۸ a
دنده‌ی ۲	۴۰/۲۴ a	۴۵/۲۴ a	۳۱/۰۴ a	۲۳/۷۲ a	۱۵/۲ a

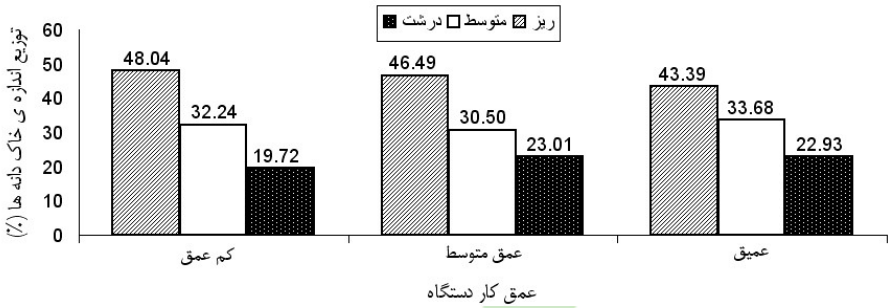
* میانگین‌ها در هر عامل آزمایشی و در هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

نتایج هم‌چنین حاکی از آن بود که با افزایش عمق کار، لغزش چرخ‌های محرک تراکتور افزایش یافت به طوری که بیش‌ترین مقدار آن در حالت عمیق با ۱۵/۹ درصد و کم‌ترین مقدار آن در حالت کم عمق با ۱۴/۰ درصد بود (شکل b–۲). تحقیقات نشان داد که

با افزایش عمق کار مقاومت کششی دستگاه خاک‌ورز افزایش می‌یابد (Eshaghbeygi *et al.*, 2005). بنابراین در عمق کاری بیش‌تر، تراکتور نیاز به صرف توان بیش‌تری برای به هم زدن خاک و خردکردن کلوخه‌ها داشت و احتمالاً همین امر باعث افزایش لغزش گردید. البته این استدلال در مورد روتیواتور به لحاظ حرکت دورانی تیغه‌ها و بعضاً وجود کشش منفی، چندان قوی نیست بلکه غیر یکنواختی خردشدگی خاک در اثر انجام شخم اولیه قبل از روتیواتور، شکست ناموزون پیوند بین ذرات خاک بکر، ناهمگنی بافت خاک و تفاوت رطوبت خاک در بعضی از کرت‌ها شاید دلایلی منطقی‌تر برای این امر باشند. تحلیل‌های رگرسیونی نشان داد که لغزش با عمق کار دستگاه رابطه‌ی مستقیم و خطی با ضریب تعیین به ترتیب ۰/۹۹۹ داشت (شکل b–۲).



شکل ۲. اثر عمق کار دستگاه بر (a) متوسط وزنی قطر کلوخه‌ها و (b) لغزش چرخ‌های محرک.

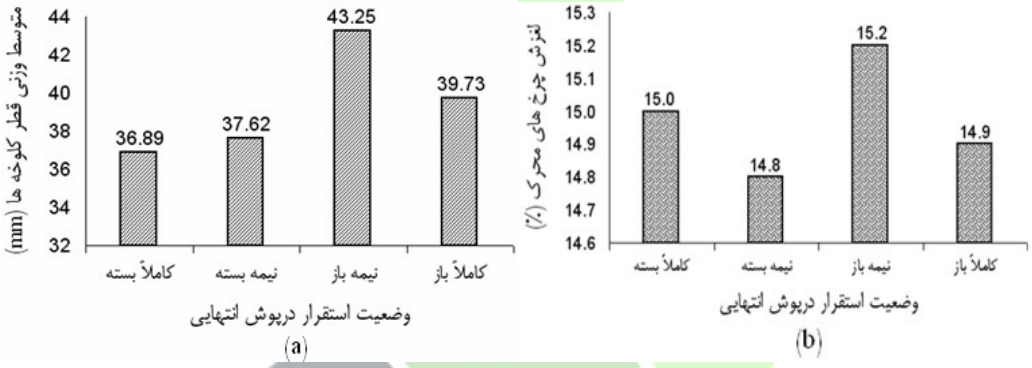


شکل ۳. اثر عمق کار دستگاه بر توزیع اندازه‌ی خاک‌دانه‌ها.

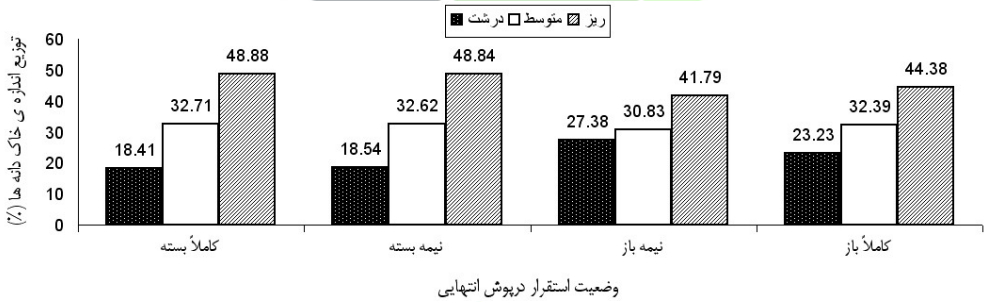
نتایج تجزیه‌ی واریانس نشان داد که وضعیت استقرار درپوش انتهایی روتیواتور بر پارامترهای اندازه‌گیری تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). اثر وضعیت استقرار درپوش بر پارامترهای اندازه‌گیری در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شد. با بسته شدن هر چه بیش‌تر درپوش، متوسط وزنی قطر کلوخه‌ها ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت (شکل a–۴). بیش‌ترین درجه‌ی خردشدگی خاک در وضعیت کاملاً بسته و کم‌ترین خردشدگی در وضعیت نیمه باز درپوش به ترتیب با متوسط وزنی قطر کلوخه‌ها برابر با *mm* ۳۶/۸۹ و *mm* ۴۳/۲۵ به دست آمد. هرچند، انتظار می‌رفت که کم‌ترین خردشدگی در وضعیت کاملاً باز درپوش حاصل شود. البته مقادیر متوسط وزنی قطر کلوخه‌ها در هر دو وضعیت نیمه باز و کاملاً باز درپوش، در یک کلاس آماری قرار گرفتند و تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۳). در تحقیقی مشابه نیز حداکثر خردشدگی خاک در وضعیت درپوش پایین و حداقل مقدار آن در وضعیت درپوش

بالا گزارش گردید (Sharda and Singh, 2004). هنگامی که درپوش انتهایی کاملاً بسته باشد شدت و تعداد برخورد کلوخه‌ها به درپوش بیش‌تر شده، مقاومت بیش‌تری در مسیر جریان خاک کنده شده در روتیواتور به وجود می آید و همین امر سبب می شود تا کلوخه‌ها مدت زمان بیش‌تری در داخل دستگاه مانده و همه‌ی این‌ها سبب جذب انرژی بیش‌تری توسط خاک می گردد. احتمالاً همین امر موجب افزایش درجه‌ی خردشدگی خاک در وضعیت کاملاً بسته‌ی درپوش گردید. عکس این امر در مورد وضعیت نیمه باز و کاملاً باز درپوش صادق است.

وضعیت استقرار درپوش تاثیر معنی‌داری بر لغزش نداشت و مقادیر لغزش در وضعیت‌های مختلف استقرار درپوش تقریباً مشابه و حدود ۱۵ درصد بود که مقداری مطلوب است (جدول ۳). علت این امر شاید به دلیل اثر غلتشی روتیواتور در اثر دوران روتور بوده که در بسیاری از موارد باعث بروز کشش منفی در تراکتور شده و احتمالاً همین امر موجب تغییرات ناچیز در مقاومت کششی و در نتیجه عدم تفاوت معنی‌دار در مقادیر لغزش در اثر تغییر وضعیت درپوش گردید.



شکل ۴. اثر وضعیت استقرار درپوش انتهایی بر (a) متوسط وزنی قطر کلوخه‌ها و (b) لغزش چرخ‌های محرک.



شکل ۵. اثر وضعیت استقرار درپوش انتهایی بر توزیع اندازه‌ی خاک‌دانه‌ها.

توزیع اندزه‌ی خاک‌دانه‌ها تحت تاثیر وضعیت درپوش قرار نگرفت اما درصد ذرات ریز در تمامی وضعیت‌های درپوش، نسبت به درصد ذرات متوسط و درشت، بیش‌تر بود (شکل ۵) که دلیل آن مشابه همان است که در مورد عمق کار ذکر گردید که بیانگر دریافت بیش از اندازه انرژی توسط خاک می باشد و نشان می دهد که استفاده توأم روتیواتور با گاوآهن برگردان‌دار باعث پودر شدن بیش از حد خاک می گردد.

سرعت پیشروی بر خردشدگی خاک و توزیع اندازه‌ی خاک‌دانه‌ها، بر خلاف انتظار، تاثیر معنی‌داری نداشت که احتمالاً به دلیل استفاده‌ی توأم گاوآهن برگردان‌دار و روتیواتور و در نتیجه پودرشدگی بیش از حد خاک بود اما با این وجود نتایج حاکی از آن بود که با افزایش سرعت پیشروی، متوسط وزنی قطر کلوخه‌ها، درصد ذرات متوسط و نیز درصد ذرات درشت خاک، افزایش و بالطبع درصد ذرات ریز کاهش یافت (جدول ۳). نتایج تحقیقی بر روی عوامل کاری تیغه‌های روتیواتور حاکی از آن بود که اثر سرعت پیشروی دستگاه بر ضخامت لایه‌ی بریده شده‌ی خاک، درصد ذرات ریز خاک (ذرات با قطر کم‌تر از *mm* ۴۰) و درصد ذرات درشت خاک (ذرات با قطر بیش‌تر از *mm* ۸۰)، در سطح احتمال یک درصد، معنی‌دار بود به طوری که با افزایش سرعت پیشروی، ضخامت لایه‌های بریده شده و درصد ذرات درشت خاک، افزایش و درصد ذرات ریز خاک، کاهش یافت اما سرعت پیشروی بر درصد ذرات متوسط خاک (*mm* ۸۰–۴۰) تاثیر معنی‌داری نداشت (Tabatabae Koloor and Kiani, 2011). همان طور که انتظار می‌رفت با افزایش سرعت پیشروی، به دلیل افزایش مقاومت کششی دستگاه، لغزش افزایش یافت اما تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). البته گزارش‌های متفاوتی از روند تغییرات مقاومت کششی با تغییر سرعت پیشروی ارائه شده و این تغییرات ناشی از شرایط مختلف مزرعه‌ی آزمایشی و نوع وسیله‌ی خاک‌ورز عنوان گردیده است (Eshaghbeygi *et al.*, 2005). برخی این رابطه را مستقیم و خطی (Summers *et al.*, 1986) و برخی دیگر آن را معکوس (Smith and Williford, 1988) گزارش دادند. در مواردی نیز اثر سرعت پیشروی در تعیین مقاومت کششی، ناچیز و در نتیجه نادیده گرفته شد (ASAE, 1983). عدم تاثیر معنی‌دار سرعت پیشروی بر روی لغزش، احتمالاً مشابه همان دلیلی است که در مورد وضعیت استقرار درپوش (اثر غلتشی روتیواتور ناشی از دوران روتور و در نتیجه بروز کشش منفی) ذکر گردید.

مقادیر لغزش در عمق کاری متوسط و کم عمق در محدوده‌ی مجاز (۱۰ تا ۱۵ درصد) قرار داشت که با توجه به درجه‌ی خردشدگی خاک، متوسط وزنی قطر کلوخه‌ها در حالت عمق متوسط نسبت به حالت کم‌عمق بیش‌تر بود (جدول ۳). بنابراین در عمق کاری متوسط، ضمن لغزش مناسب چرخ‌های محرک، میزان خلل و فرج خاک بیش‌تر بوده و نفوذپذیری خاک افزایش می‌یابد. در مورد وضعیت استقرار درپوش، حالت کاملاً باز، هم از نظر لغزش (۱۴/۹ درصد) و هم از نظر درجه‌ی خردشدگی خاک در وضعیتی مطلوب قرار داشت (جدول ۳). در مورد سرعت پیشروی، لغزش مجاز در دنده‌ی ۱ به دست آمد (جدول ۳). بنا بر آنچه ذکر گردید ترکیب مناسب عوامل کاری دستگاه بر اساس لغزش چرخ‌های محرک تراکتور و نیز درجه‌ی خردشدگی خاک، ترکیب عمق کاری *cm* ۱۶، زاویه‌ی درپوش ۹۰ درجه و سرعت پیشروی *Km/h* ۲/۱۲ بود.

نتیجه‌گیری

لغزش چرخ‌های محرک تراکتور، با افزایش عمق کار به طور معنی‌داری به صورت خطی افزایش یافت. استفاده‌ی توأم گاوآهن برگردان‌دار و روتیواتور به لحاظ خردشدگی بیش از حد خاک، تخریب ساختمان خاک و خاک‌دانه‌ها، کاهش خلل و فرج خاک و در نتیجه کاهش نفوذپذیری خاک، توصیه نمی‌شود. بر اساس لغزش چرخ‌های محرک تراکتور و نیز درجه‌ی خردشدگی خاک، عمق کار *cm* ۱۶، وضعیت درپوش کاملاً باز و سرعت پیشروی *Km/h* ۲/۱۲ به عنوان مناسب‌ترین ترکیب کاری دستگاه با رویکرد

اصلاح ساختمان خاک، افزایش خلل و فرج و در نتیجه بهبود نفوذ آب به خاک به دست آمد.

سپاس‌گزاری

از جناب آقای دکتر عباس همت، عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی اصفهان، به دلیل راهنمایی‌های ارزنده‌شان کمال تقدیر و قدردانی را داریم. هم چنین از جناب آقای محمد چلنگری، ریاست محترم شرکت تولید ادوات کشاورزی هادی، به خاطر در اختیار نهادن دستگاه و اطلاعات تجربی، بی نهایت سپاس‌گزاریم.

منابع

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

2- Akef, M., and I. Bagheri. 1999. Soil Management and the effect of agricultural machinery on soil physical characteristics. Guilan University Press, Rasht, Guilan. 303p. (In Persian)

3- Arvidsson, J., and E. Bolenius. 2006. Effects of soil water content during primary tillage-laser measurements of soil surface changes. Soil and Tillage Research 90: 222-229.

4- ASAE. 1983. Agricultural Engineers Yearbook of Standards. Am. Soc. Agric. Engrs. St. Joseph, MI. 853 pp.

5- Boydas, M.G., and N. Turgut. 2007. Effect of tillage implements and operating speeds on soil physical properties and wheat emergence. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 31: 399- 412.

6- Chang, C., and C.W. Lindwall. 1990. Comparison of the Effect of Long Term Tillage and Crop Rotation on Physical Properties of a Soil. Canadian Agriculture Engineering 32: 53-55.

7- Eghball, B., L.N. Mielke, G.A. Calvo, and W.W. Wilhelm. 1993. Fractal description of soil fragmentation for various tillage methods and crop sequences. Soil Science Society American journal 57: 1337 –1341.

8- Elahi-Fard, E., M.R. Hojjati, and N. Alavi. 2008. Modeling of soil cutting process by using of Finite Elements Method (FEM). The 5th National Conference on Agr. Machinery Eng. & Mechanization, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)

9- Eshaghbeygi, A., A. Tabatabaefar, A.R. Keyhani, and M.H. Raoufat. 2005. Effects of working depth and approach angle of a parabolic subsoiler on its draft. Iran Agricultural Science 36(4): 1045 – 1052. (In Persian)

10- Hemmat, A., H.R. Sadegh-Nejad, and R. Alimardani. 2000. Draft of Vibrating-share Subsoiler in Vibrating and Non-Vibrating Modes and its Effect on Soil Physical Properties. Iranian Journal of Agriculture Science 31(1): 127-146. (In Persian)

11- Hu, Z., L. Yi-zhong, Y. Zhi-chen, and L. Bao-guo. 2007. Influence of Conservation Tillage on Soil Aggregates Features in North China Plain. Agricultural Sciences in China 6(9): 1099-1106.

12- Lee, K.S., S.H. Park, W.Y. Park, and C.S. Lee. 2003. Strip tillage characteristics of rotary tiller blades for use in dryland direct rice seeder. Soil and Tillage Research journal 71: 25- 32.

13- Loghavi, M., and S. Behnam. 1998. Effects of Soil Moisture and Tillage Depth on Disk Plow Performance of a Clay Loam Soil. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 2(4): 105-117. (In Persian)

14- Malhi, S.S., R. Lemke, Z.H. Wang, S. Baldev, and S. Chhabra. 2006. Tillage, nitrogen and crop residue effects on crop yield, nutrient uptake, soil quality, and greenhouse gas emissions. Soil and Tillage Research 90: 171-183.

15- Masumi Kolahloo, A.A., and M. Loghavi. 1994. Evaluation and comparison of traction performance of two common tractors in Iran. Iran Agricultural Research 13: 77-95.

16- Regional Network for Agricultural Machinery. 1983. RNAM Test Codes and Procedures for Farm Machinery. Technical Series No. 12. Bangkok, Thailand. 129p.

17- Sharda, A., and S. Singh. 2004. Effect of Selected Parameters on Field Performance of Rotary Tiller. IE(I) Journal-AG 85: 21-25.

18- Smith, L.A., and J.R. Williford. 1988. Power requirements of conventional triplex and parabolic subsoilers. Trans. of the ASAE 31(6): 1685-1688.

19- Summers, J.D., A. Khalilian, and D.G. Batchelder. 1986. Draft relationships for primary tillage in Oklahama soils. Trans. of the ASAE 29(1): 37-39.

20- Tabatabae Koloor, R., and Gh. Kiani. 2006. Tillage for sustainable cropping. Faraghi Press, Gorgan. 200p. (In Persian)

21- Tabatabae Koloor, R., and Gh. Kiani. 2011. Investigation the Rototiller Blade Operational Factors on the Soil Tillage of Orchard and Paddy Fields. Journal of Agricultural machinery Engineering 1(1): 34-40. (In Persian)

Investigation and Improvement of the Soil Structure affected by Rotivator Operational Factors in the Northern Region of the Country

Majid Rajabi Vandechali[1*] Mohammad Hosein Abbaspour Fard [1] and Abbas Ghanbari Malidarreh[2]

1- PhD Student and Associate Professor, Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Respectively
mrajabi_v2010@yahoo.com
2- Assistant Professor, Department of Agronomy, Islamic Azad University of Jouybar, Jouybar, Iran

Abstract

Appropriate tillage can provide improvement of soil structure, increasing porosity and more efficiency distribution of aggregates. Recently use of rotivator in many regions, especially in the northern regions of the country, is expanding. Incorrect application of rotivator results exertion of intense injuries on soil, affects soil physical properties and ruins soil structure and aggregates. Hence, to investigate some operational factors of rotivator on physical properties of soil, an experiment was carried out as split-split plots based on randomized complete block design with three replications in one of the wheat farms in Jouybar area. The main plot was working depth with three levels (12, 16 and 20 *cm*), the subplot was lodgment angle of protector shield with four levels (0°, 30°, 60° and 90° with respect to the vertical line) and the sub subplot was forward speed with two levels (2.12 and 3.16 *Km/h*). The measured parameters consist of clod mean weight diameter, distribution of aggregates (small, medium and large) and slippage of tractor tires as one of the important factors of destruction of soil structure. The results indicated that effects of working depth on slippage was significant (P<0.01). The regression analysis indicated that slippage increased linearly with increase in working depth (R^2=0.999). Also, clod mean weight diameter increased with increase in working depth. Based on mean comparison o the measured parameters affected by the experiment factors, the most optimum compound was the most optimum adjustment was working depth of 16 *cm*, shield angle of 90° and forward speed of 2.12 *Km/h*.

Keywords: Rotivator, Soil structure, Operational factors, Slippage.