مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۸ / شماره ۱/بهار ۱۳۸۶ / ص ۶۰-۴۷

اثر دو دستگاه گاوآهن مرکب بر خصوصیات فیزیکی خاک در مقایسه با گاوآهن برگردان‌دار

رضا محمدی‌گل، ارژنگ جوادی و محمدعلی قضاوی*

* به ترتیب عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، نشانی: کرج، بلوار شهید فهمیده، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ص. پ. ۸۴۵-۳۱۵۸۵، تلفن: ۲۷۰۵۳۲۰ (۰۲۶۱)، پیام نگار: reza5956@yahoo.com؛ استادیار پژوهش موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی؛ و استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت مقاله: ۸۴/۷/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۸۵/۱۱/۷

چکیده

امروزه تحقیقات روی ادوات مرکب بنا به ضرورت‌های کاهش تردد، صرفه‌جویی در زمان و هزینه و افزایش راندمان مورد توجه جدی قرار دارد. هدف از تحقیق حاضر، مقایسهٔ دو دستگاه گاوآهن تلفیقی شامل گاوآهن برگردان‌دار + بازوی قلمی و گاوآهن بشقابی + بازوی قلمی با گاوآهن برگردان‌دار معمولی (گاوآهن متداول اغلب مناطق کشور) به عنوان تیمار شاهد بر برخی خصوصیات خاک با اندازه‌گیری شاخص مخروط خاک، جرم مخصوص ظاهری خاک، متوسط قطر وزنی کلوخه‌ها و درصد برگردان‌شدن بقایاست. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی با رطوبت ۱۸-۱۶ درصد در منطقه کرج بود. نتایج نشان داد که در عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متری سطح خاک بیشترین کاهش جرم مخصوص ظاهری نسبت به قبل از شخم مربوط به تیمار گاوآهن برگردان‌دار + قلمی (با ۳۰/۷۶ درصد) است. همچنین به دلیل وجود سخت‌لایهٔ شخم در عمق مذکور استفاده از گاوآهن تلفیقی برای شکستن لایهٔ مذکور موثر است. تیمار گاوآهن بشقابی + قلمی کمترین مقدار متوسط قطر وزنی کلوخه را دارا بود (۵۵/۳ درصد نسبت به دو تیمار دیگر کاهش دارد). بنابراین اگر هدف از شخم‌زدن خاک خردشدن هرچه بیشتر خاک سطحی و کاهش عملیات خاک‌ورزی ثانویه باشد بهتر است از این گاوآهن استفاده شود. کمترین میزان برگردان‌شدن بقایای گیاهی را گاوآهن بشقابی+ قلمی داشته است (۶۷/۳ درصد). بنابراین چنانچه هدف از عملیات شخم باقی‌گذاشتن مقداری معتنابه از بقایای گیاهی بر سطح خاک باشد استفاده از این گاوآهن پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی

خاک‌ورز مرکب، خواص فیزیکی خاک، گاوآهن تلفیقی، گاوآهن برگردان‌دار، گاوآهن بشقابی

مقدمه

امروز ادوات و ماشین‌های متنوعی برای اجرای عملیات خاک‌ورزی اولیه و ثانویه موجودند. با ورود تراکتور در فعالیت‌های کشاورزی ایران، گاوآهن برگردان‌دار و دیسک در تولید محصولات کشاورزی به کار گرفته شد. استفاده از گاوآهن برگردان‌دار جهت تهیهٔ بستر بذر، به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک و مناطقی که در معرض فرسایش آبی و بادی قرار دارند، با پرسش روبه‌روست. زیرا این وسیله خاک را هنگام شخم برمی‌گرداند و باعث تبخیر سریع رطوبت خاک می‌شود. گاوآهن با به هم زدن ساختمان خاک، ریسک فرسایش بادی و آبی را افزایش می‌دهد. طبق آمارهای موجود عمده‌ترین وسیلهٔ خاک‌ورزی در کشور ما گاوآهن برگردان‌دار است و تعداد آن تا سال ۱۳۸۲ حدود ۲۴۰ هزار دستگاه برآورد شده است (Anon, 2003). امروزه در سیستم‌های خاک‌ورزی جدید، که خاک‌ورزی حفاظتی نامیده می‌شود، بقایای محصولات کشاورزی در

سطح خاک نگهداری می‌شود. در خاک‌ورزی حفاظتی تکنیک‌هایی از قبیل نگهداری بقایای گیاهی در سطح مزرعه، کم‌خاک‌ورزی، بی‌خاک‌ورزی، تناوب زراعی، کاربرد کود سبز، کنترل تردد ماشین‌های کشاورزی در سطح مزرعه و استفاده از پشته‌های عریض به‌کار برده می‌شود (Moore *et al*., 2000).

لوپز و همکاران (Lopez *et al*., 1997) گزارش کردند که در مناطق نیمه‌خشک اسپانیا کم‌خاک‌ورزی با گاوآهن چیزل می‌تواند جایگزین خوبی برای خاک‌ورزی مرسوم (برگردان‌دار و دیسک) در کشت غلات باشد. این محققان می‌گویند در این روش با افزایش مواد آلی خاک حاصلخیزی خاک نیز بهبود می‌یابد. توماس و همکاران (Thomas *et al*., 1990) در تحقیقی به این نتیجه رسیدند که روش بی‌خاک‌ورزی در مناطق گرمسیری مرطوب کم‌باران، در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم، عملکرد گندم دیم را بیشتر می‌کند. بیان این نکته حائز اهمیت است که اجرای عملیات شخم با گاوآهن برگردان‌دار طی سالیان متوالی در عمق ثابت نیز می‌تواند لایه‌ای فشرده در کف شیار شخم ایجاد کند. در چنین حالت‌هایی، یکی از روش‌های مورد استفاده به‌کار بردن زیرشکن است. مطالعات نشان می‌دهد که زیرشکن ممکن است دارای آثاری مثبت باشد ولی کاربرد آن در هر مزرعه‌ای، به ویژه در محدودهٔ عمق شخم فاقد توجیه فنی و اقتصادی است و استفادهٔ بدون مطالعه آن چه بسا ممکن است زیان‌هایی مانند کاهش حاصلخیزی خاک، افزایش میزان آبیاری مورد نیاز و وضعیت وخیم‌تر را به بار آورد (Gameda, 1985). یکی از راهکارهای مهم برای کاهش چالش‌های خاک‌ورزی (از قبیل استفادهٔ سنتی و مستمر ازگاوآهن برگردان‌دار، تردد چندبارهٔ ماشین‌ها روی زمین برای عملیات تکمیلی زراعی، افزایش فشردگی خاک، مصرف انرژی و زمان زیاد، هزینهٔ بالا و مانند آن)، استفاده از ادوات مرکب خاک‌ورزی است.

ساخت و به‌کارگیری برخی ماشین‌ها که عملیات خاک‌ورزی توام را انجام می‌دهند دست کم از صد سال قبل مورد توجه بوده است که می‌توان به ماشین مرکب از گاوآهن چیزل با خاک‌هم‌زن، دیسک با ماله و غلتک با گاوآهن چیزل اشاره کرد (Shafii, 1993). لغوی و حسین پور (Loghavi & Hoseinpour, 2002) به منظور اجرای توأم خاک‌ورزی اولیه و ثانویه، یک دستگاه غلتک خاک‌نشان عمیق را به گاوآهن برگردان‌دار الحاق کردند. بررسی‌های این محققان نشان داد که میانگین قطر متوسط وزنی کلوخه‌های حاصل از کاربرد گاوآهن مرکب به طور معنی‌داری کمتر از مقادیر مشابهی است که از کاربرد جداگانه گاوآهن برگردان‌دار و دیسک تاندوم به‌دست می‌آید.

اسپور و گادوین (Spoor & Godwin, 1978) در تحقیقی با قرار دادن دو تیغهٔ سطحی به عمق ۱۶ و ۲۴ سانتی‌متر در جلو تیغهٔ اصلی، یک نوع زیرشکن مرکب ساختند و نتیجه گرفتند که این امر موجب افزایش سطح به‌هم‌خوردگی خاک می‌شود.

اصغری و برقعی (Borghei & Asghari, 2002) در تحقیقی، ساقهٔ زیرشکن را پشت گاوآهن برگردان‌دار قرار دادند؛ نتایج ارزیابی دستگاه نشان داد که اثر دستگاه خاک‌ورز مرکب کاملاً مشابه است با اثر زیرشکن و گاوآهن برگردان‌دار معمولی بر خاک ضمن آن‌که دستگاه خاک‌ورز مرکب مزایایی مانند قابلیت استفاده در رطوبت‌های بالاتر زمین را نیز دارد یعنی در شرایطی به کار گرفته می‌شود که استفاده از زیرشکن توصیه نمی‌شود. قضاوی (Ghazavi, 1998) در تحقیقی، ساقه‌های قلمی را در جلو بشقاب‌های گاوآهن بشقابی طراحی و نمونه‌سازی کرد؛ وی می‌گوید این وسیله برای مناطق کشاورزی ایران مناسب است زیرا ضمن اجرای عملیات خاک‌ورزی، مشکل دشوار بودن نفوذ بشقاب‌های گاوآهن بشقابی در خاک و فرسایش خاک را برطرف خواهد کرد. جوادی و همکاران

(Javadi *et al*., 2004) در تحقیقی بازوهای چیزل (قلمی) را در پشت خیش‌های گاوآهن برگردان‌دار طراحی و نمونه‌سازی کردند تا همزمان با خاک‌ورزی، سخت‌لایه نیز شکسته شود. نتایج ارزیابی اولیه نشان داد که این ماشین مرکب قادر است با کاهش جرم مخصوص ظاهری و مقاومت به نفوذ (به عنوان شاخص‌های تراکم)، در مقایسه با کاربرد گاوآهن ساده، سخت لایهٔ کف شخم را بشکند و اثری قابل قبول داشته باشد. استفاده از این ماشین موجب تفاوت معنی‌دار در زمان و هزینه‌های صرف‌شده برای انجام عملیات توسط کشاورز می‌گردد.

طی چند دهه اخیر، مسئلهٔ فشردگی خاک زراعی به عنوان عاملی منفی در عملکرد محصولات مختلف مطرح شده است و تلاش‌های زیادی در این زمینه به عمل آمده تا راه‌های کاهش آثار آن، ارزیابی و معرفی شود، از عوامل اصلی به وجودآمدن فشردگی عمقی، سخت‌لایه حاصل از شخم است که به مرور زمان تبدیل به تراکم عمقی خاک می‌شود (Brikas *et al*., 2004). عوامل دیگری نیز در متراکم‌شدن خاک بر اثر استفاده از ماشین‌های کشاورزی دخالت دارند که می‌توان به وضعیت رطوبتی خاک حین عملیات خاک‌ورزی، نوع خاک و تعداد عبور ماشین‌های کشاورزی اشاره کرد. هدف از تحقیق حاضر، بررسی اثر دو دستگاه گاوآهن تلفیقی بر خواص فیزیکی خاک، در مقایسه با گاوآهن برگردان‌دار متداول، به منظور بهبود روش‌های خاک‌ورزی سنتی و افزایش بازده عملیات خاک‌ورزی است.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در مزرعهٔ تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح بذر و نهال واقع در ۳ کیلومتری جنوب غربی شهرستان کرج اجرا شد. بر اساس آنالیز مکانیکی به روش هیدرومتری، خاک زمین آزمایش شامل ۳۱/۹۴ درصد شن، ۴۳/۷۶ درصد سیلت و ۲۴/۲۷ درصد رس بوده است که در مثلث تعیین بافت، لومی شناخته می‌شود. در جدول ۱، برخی از مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک نشان داده شده است.

مشخصات تیمارهای مورد استفاده در این تحقیق به قرار زیر است:

جدول ۱- برخی از مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی مورد آزمایش

عمق خاک (سانتی‌متر)	درصد اشباع	هدایت الکتریکی $EC \times 10^{3}$	کربن آلی O. C. (درصد)	pH	بافت خاک	درصد اجزای بافت		
						شن	سیلت	رس
۰-۲۵	۴۱/۱۷	۱/۲۷	۰/۴۸	۷/۳	لومی	۳۱/۹۴	۴۳/۷۶	۲۴/۲۷
۲۵-۵۰	۳۹/۱۸	۱/۱۰	۰/۳۵	۷/۵				

گاوآهن برگردان‌دار + قلمی

این وسیله متشکل از گاوآهن برگردان‌دار ۳ خیش است که در پشت هر خیش یک بازوی قلمی مستقیم با زاویهٔ حمله ۲۰ درجه در تیغه الحاق شده است و محل قرار گرفتن عمودی (عمق کارکرد) هر بازو نسبت به خیش جلو آن در شاسی دستگاه، با پین مربوط قابل تنظیم است (شکل ۱).

در این تحقیق، بازوهای قلمی مطابق با مشخصات تحقیق قبلی جوادی و همکاران (Javadi *et al*., 2004) ۵ سانتی‌متر زیر پاشنه خیش‌ها تنظیم شدند. خیش‌های به‌کاررفته در دستگاه از نوع معمولی (ساده) و عرض کار موثر دستگاه خاک‌ورز حدود ۹۰ سانتی‌متر و حداکثر عمق مطلوب شخم با آن ۲۵ سانتی‌متر است.

شکل ۱- وضعیت قرارگرفتن بازوی قلمی درپشت خیش

گاوآهن بشقابی + قلمی

این دستگاه از یک گاوآهن بشقابی ۳ خیش تشکیل یافته که جلو هر بشقاب آن یک بازوی قلمی با ارتفاع ثابت و همتراز با لبه بشقاب تعبیه شده است. بشقاب به قطر ۶۵ سانتی‌متر و از نوع دندانه‌دار (کنگره‌ای) با زاویهٔ تمایل ۲۰ درجه و زاویهٔ افقی ۴۵ درجه است. عرض کار موثر حدود ۹۵ و حداکثر عمق مطلوب شخم با آن ۲۵ سانتی‌متر است (شکل ۲).

شکل ۲- وضعیت قرارگرفتن بازوهای قلمی در جلوی بشقاب‌ها

گاوآهن برگردان‌دار ۳ خیش

تیمار شاهد در این تحقیق گاوآهن برگردان‌دار ۳ خیش سوار است. خیش‌های به‌کاررفته در این گاوآهن از نوع معمولی هستند. عرض کار موثر آن حدود ۹۰ و حداکثر عمق مطلوب شخم آن حدود ۲۵ سانتی‌متر است.

طول هر کرت آزمایشی ۵۰ و عرض آن ۴ متر در نظر گرفته شد. به منظور تنظیم عمق و تراز طولی- عرضی گاوآهن‌ها، در ابتدای هر کرت ۱۰ متر و برای دور زدن

تراکتورها از انتها ۵ متر در نظر گرفته شد در نتیجه طول مفید کرت آزمایش ۳۵ متر است. مساحت هر کرت ۲۰۰ متر مربع و در مجموع تقریباً ۲۰۰۰ متر مربع زمین برای این تحقیق اختصاص داده شد. یک دستگاه تراکتور جاندیر ۳۱۴۰ به عنوان حامل گاوآهن‌ها با قدرت اسمی ۱۱۰ اسب بخار مورد استفاده قرارگرفت. پارامترهای مورد اندازه‌گیری عبارت بودند از:

درصد رطوبت خاک

به منظور دستیابی به رطوبت مناسب برای شروع آزمایش‌ها، چند روز قبل از اجرای عملیات زمین مورد نظر آبیاری شد. درصد رطوبت خاک در اعماق ۳۰-۰ سانتی‌متر به طور روزانه اندازه‌گیری شد. در این تحقیق، آزمایش‌ها در سطح رطوبتی ۱۸-۱۶ درصد (رطوبت مناسب عملیات شخم درمنطقه) اجرا شدند. درصد رطوبت خاک بر اساس وزن خشک با استفاده از فرمول مربوط به آن محاسبه شد (Gardner, 1986).

جرم مخصوص ظاهری خاک

به کمک حلقه‌های نمونه‌برداری به ارتفاع ۵ سانتی‌متر و به قطر ۵ سانتی‌متر، به طور تصادفی نمونه‌هایی (دو نمونه در هر عمق) از خاک در اعماق ۱۰-۰، ۲۰-۱۰، ۳۰-۲۰ و ۴۰-۳۰ سانتی‌متر از نقاط مختلف هر قطعه زمین برداشته و با استفاده از رابطهٔ ۱ جرم مخصوص ظاهری خاک محاسبه شد. جرم مخصوص ظاهری خاک قبل و بعد از آزمایش در دو تکرار و به شیوهٔ فوق در هر پلات اندازه‌گیری شد (Smith & Sims, 1994).

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{4 \times M}{\pi \times D^2 \times L} \qquad (1)$$

که در آن، ρ = جرم مخصوص ظاهری خاک (بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب)؛ V= حجم حلقه نمونه‌برداری (بر حسب سانتی‌متر مکعب)؛ L= ارتفاع حلقه نمونه‌برداری (بر حسب سانتی‌متر)؛ D= قطر داخلی حلقه نمونه‌برداری (بر حسب سانتی‌متر)؛ و M= جرم خاک خشک‌شده درون حلقه نمونه‌برداری (بر حسب گرم)

شاخص مخروط خاک

در این تحقیق برای اندازه‌گیری شاخص مخروط از دستگاه نفوذسنج مخروطی (پنترولاگر) خاک استفاده شد. دستگاه فوق‌الذکر از جدیدترین مدل‌های اندازه‌گیری شاخص مخروط خاک است و این پارامتر را در واحد مگاپاسکال (نیوتن بر میلی‌متر مربع) نمایش می‌دهد. برنامه‌ریزی دستگاه برای کار در مزرعه اعم از تعداد پلات‌ها، بلوک‌ها و تعداد نفوذها در هر پلات و سایر موارد همچون سرعت هر نفوذ، نوع مخروط فلزی و غیره در خود دستگاه یا با استفاده از کامپیوتر و نرم‌افزار مربوطه انجام می‌پذیرد. حداکثر عمق قابل استفاده از دستگاه مذکور ۸۰ سانتی‌متر و بیشترین مقدار شاخص مخروط قابل اندازه‌گیری با دستگاه، ۱۰ مگاپاسکال است. برای انجام آزمایش‌ها با دستگاه نفوذسنج مخروطی از یک مخروط با زاویهٔ راس ۳۰ درجه و قطر قاعده ۱۲/۸۳ میلی‌متر استفاده شد که بر اساس استاندارد انجمن مهندسین کشاورزی آمریکا ساخته شده است (Anon, 1999). شاخص مخروط اندازه‌گیری‌شده به عنوان یکی از شاخص‌های مقاومت خاک مزرعه انتخاب می‌شود، از این رو در ۱۰ نقطه از هر پلات در قبل و بعد از اجرای عملیات خاک‌ورزی از عمق صفر تا ۵۰ سانتی‌متر شاخص مخروط اندازه‌گیری و همزمان رطوبت نسبی خاک نیز تعیین شد. یادآوری می‌شود که با توجه به قابلیت این دستگاه نمودارهای مقاومت به نفوذ در قبل و بعد از عملیات به دست آمد و از آنها در تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد.

قطرمتوسط وزنی کلوخه‌ها (MWD)[1]

میزان خردشدن خاک بر اثر کاربرد ادوات خاک‌ورزی، با جداسازی خاک به کمک غربال تعیین شد. غربال‌کردن روشی ساده برای اندازه‌گیری دامنهٔ تغییرات اندازهٔ کلوخه‌ها و تعیین مقدار نسبی خاک در هر یک از اندازه‌ها به‌شمار می‌رود. مقدار نسبی خاک در هر گروه، به صورت وزنی تعیین و سپس نوع میانگین یا ضریب محاسبه و به عنوان نماینده نحوه توزیع به‌کارگرفته شد. شاخصی که عموماً در این مورد به‌کارگرفته می‌شود قطر متوسط وزنی (MWD) کلوخه‌هاست. یادآوری می‌شود که برای محاسبهٔ MWD قطر متوسط بین دو غربال متوالی در نظر گرفته شده است. برای تعیین قطر متوسط الک بالایی (اولین الک) میانگین هندسی کلوخه‌های روی آن اندازه‌گیری و معدل آنها در نظر گرفته شد در نهایت برای محاسبه MWD از رابطهٔ ۲ استفاده گردید (Smith & Sims, 1994).

$$MWD = \sum_{i=1}^{n} \frac{Wi}{W} \times Di \qquad (۲)$$

که در آن، Wi= وزن خاک خردشده بر روی غربال (بر حسب کیلوگرم)؛ W= وزن کل خاک خردشده در هر نمونه‌گیری (بر حسب کیلوگرم)؛ و Di= قطر متوسط شبکه غربال مورد نظر (بر حسب سانتی‌متر) است.

درصد برگردان‌شدن بقایای گیاهی

به منظور تعیین درصد بقایای گیاهی مدفون‌شده و برجای‌مانده بر سطح خاک پس از شخم، قبل و بعد از اجرای عملیات خاک‌ورزی در ۲ نقطهٔ تصادفی از هر کرت بقایای گیاهی موجود در یک سطح (۱×۱) متر مربعی جمع‌آوری و توزین شد و سپس با استفاده از رابطهٔ ۳ درصد برگردانده‌شدن خاک محاسبه گردید:

درصد برگردانده‌شدن بقایای گیاهی =
[(Wa-Wb)/Wa) × ۱۰۰]

که در آن، Wa= وزن خشک علف‌های هرز و بقایای گیاهی موجود قبل از اجرای عملیات (بر حسب کیلوگرم)؛ و Wb= وزن خشک علف‌های هرز و بقایای گیاهی موجود بعد از اجرای عملیات (بر حسب کیلوگرم) است.

در تجزیه و تحلیل پارامترهای قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها (MWD) و درصد برگردان‌شدن بقایا از طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) متشکل از ۳ تیمار در ۳ تکرار و برای تجزیه و تحلیل داده‌های جرم مخصوص ظاهری خاک از طرح آماری کرت‌های خردشده در فاکتوریل استفاده شد. فاکتور اصلی عمق نمونه‌برداری بود که به ۴ سطح مختلف (۱۰-۰، ۲۰-۱۰، ۳۰-۲۰ و ۴۰-۳۰ سانتی‌متر) خردشده است. آنالیز آماری با نرم‌افزارهای SPSS 10.5 و MSTAT صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

جرم مخصوص ظاهری خاک

نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس صفت جرم مخصوص ظاهری مطابق با طرح آماری کرت‌های خردشده در فاکتوریل در جدول ۲ آورده‌شده است. میانگین‌ها به کمک آزمون دانکن مقایسه شدند (جدول ۳).

1- Mean Weight Diameter

جدول ۲- تجزیه واریانس مربوط به جرم مخصوص ظاهری خاک

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
تکرار	۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۵/۹**
عمق	۳	۰/۳۰۵	۰/۱۰۲	۶۱/۶۱**
زمان	۱	۱/۵۲۳	۱/۵۲۳	۹۲۱/۶۷**
تیمار	۲	۰/۰۲۹	۰/۰۱۵	۸/۷۸**
زمان × تیمار	۲	۰/۰۴۶	۰/۰۲۳	۱۳/۸۱**
عمق × تیمار	۶	۰/۰۱۲	۰/۰۰۲	۱/۲۴ns
زمان × عمق	۳	۰/۰۵۳	۰/۰۱۸	۱۰/۶**
زمان × عمق × تیمار	۶	۰/۰۲۸	۰/۰۰۵	۲/۸*
خطا	۴۴	۰/۰۷۳	۰/۰۰۲	
مجموع	۷۱	۲/۰۹۱		

C.V=۳/۰۷

** اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، * اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ns نبود اختلاف معنی‌دار

جدول ۳- مقایسهٔ میانگین‌های جرم مخصوص ظاهری خاک در اعماق مختلف قبل و بعد از شخم (بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب)

تیمار	۱۰-۰ سانتی‌متر		۲۰-۱۰ سانتی‌متر		۳۰-۲۰ سانتی‌متر		۴۰-۳۰ سانتی‌متر	
	قبل ازشخم	بعد ازشخم	قبل ازشخم	بعد ازشخم	قبل ازشخم	بعد ازشخم	قبل ازشخم	بعد ازشخم
برگردان‌دار	۱/۳۷de	۱۰/۱de	۱/۴۳cd	۱/۱۳ ij	۱/۵۴a	۱/۱۵hig	۱/۵۱ab	۱/۳۱ef
برگردان‌دار + قلمی	۱/۳۶de	۱/۰۹ j	۱/۴۶bc	۱/۰۹ j	۱/۵۶a	۱/۰۸j	۱/۵۱ab	۱/۲۱gh
بشقابی + قلمی	۱/۳۷de	۱/۰۹ j	۱/۴۳cd	۱/۱۸hi	۱/۵۱ab	۱/۲۸fg	۱/۵۲ab	۱/۳۷de

میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

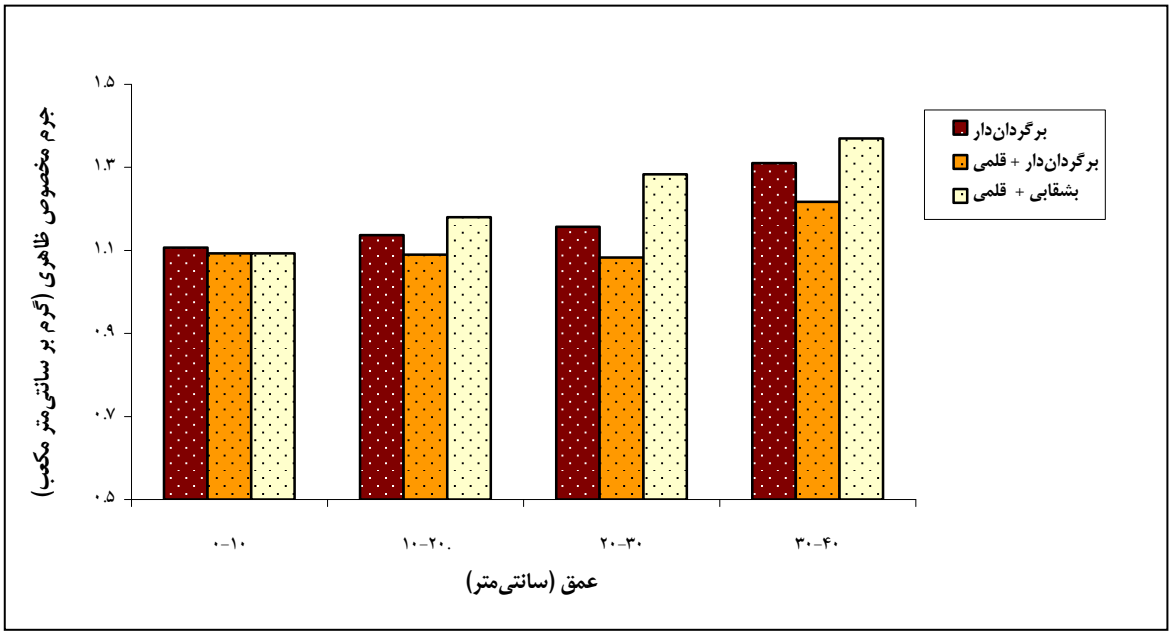
به طور کلی، جرم مخصوص ظاهری خاک قبل از آزمایش نسبت به زمان بعد از آزمایش در اعماق مختلف بیشتر است. بیشترین مقادیر جرم مخصوص ظاهری به ترتیب در اعماق ۳۰-۲۰ و ۴۰-۳۰ سانتی‌متر قبل از شخم دیده می‌شود (جدول ۳)؛ اگر مقادیر حاصل از شاخص مخروط خاک هم بررسی شود (شکل ۴) دلیل این امر را می‌توان خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار در عمق ثابت حدود ۲۵ سانتی‌متر طی سالیان قبل دانست. به عبارت دیگر، این نتایج مؤید وجود سخت‌لایهٔ شخم در زمین محل اجرای تحقیق است.

در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متر بعد از شخم هر سه تیمار در یک گروه قرار گرفته‌اند (جدول ۳) و کمترین مقادیر میانگین جرم مخصوص ظاهری را دارند (در این عمق، بین ۳ تیمار تفاوت معنی‌دار از لحاظ جرم مخصوص ظاهری وجود ندارد).

در عمق ۲۰-۱۰ سانتی‌متر بعد از شخم ۳ تیمار از نظر

میانگین جرم مخصوص ظاهری با هم متفاوت‌اند. کمترین جرم مخصوص ظاهری ایجادشده در این عمق مربوط به تیمار گاوآهن برگردان‌دار + قلمی (۱/۰۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب) است، البته انتظار این بود که در این عمق تیمار ذکرشده با تیمار شاهد فاقد اختلاف معنی‌دار باشد اما شرایط کاری در گاوآهن مرکب به‌گونه‌ای بوده که عملکرد گاوآهن برگردان‌دار به کار رفته در آن و در این عمق بهتر بوده است.

در عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متر، کاهش جرم مخصوص ظاهری نسبت به قبل از شخم برای تیمارهای گاوآهن برگردان‌دار، گاوآهن بشقابی+ قلمی و گاوآهن برگردان‌دار+ قلمی به ترتیب برابر ۲۵/۰۱، ۱۵/۲ و ۳۰/۷۶ درصد است. همان‌گونه که مشهود است تیمار گاوآهن برگردان‌دار+قلمی بیشترین کاهش جرم مخصوص ظاهری را در این عمق به خود اختصاص‌داده است و در مقایسه با تیمار شاهد کاهش جرم مخصوص ظاهری ۵/۷۵ درصد بیشتر است که دلیل آن وجود بازوهای قلمی است. در مورد تیمار گاوآهن بشقابی+ قلمی نیز می‌توان گفت که با توجه به عمق کار ماکزیمم این تیمار (۲۵-۲۰ سانتی‌متر) که حدود یک سوم قطر بشقاب‌های آن است در بین تیمارها در عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متر، کمترین اثر را در کاهش جرم مخصوص ظاهری داشته است (شکل ۳).

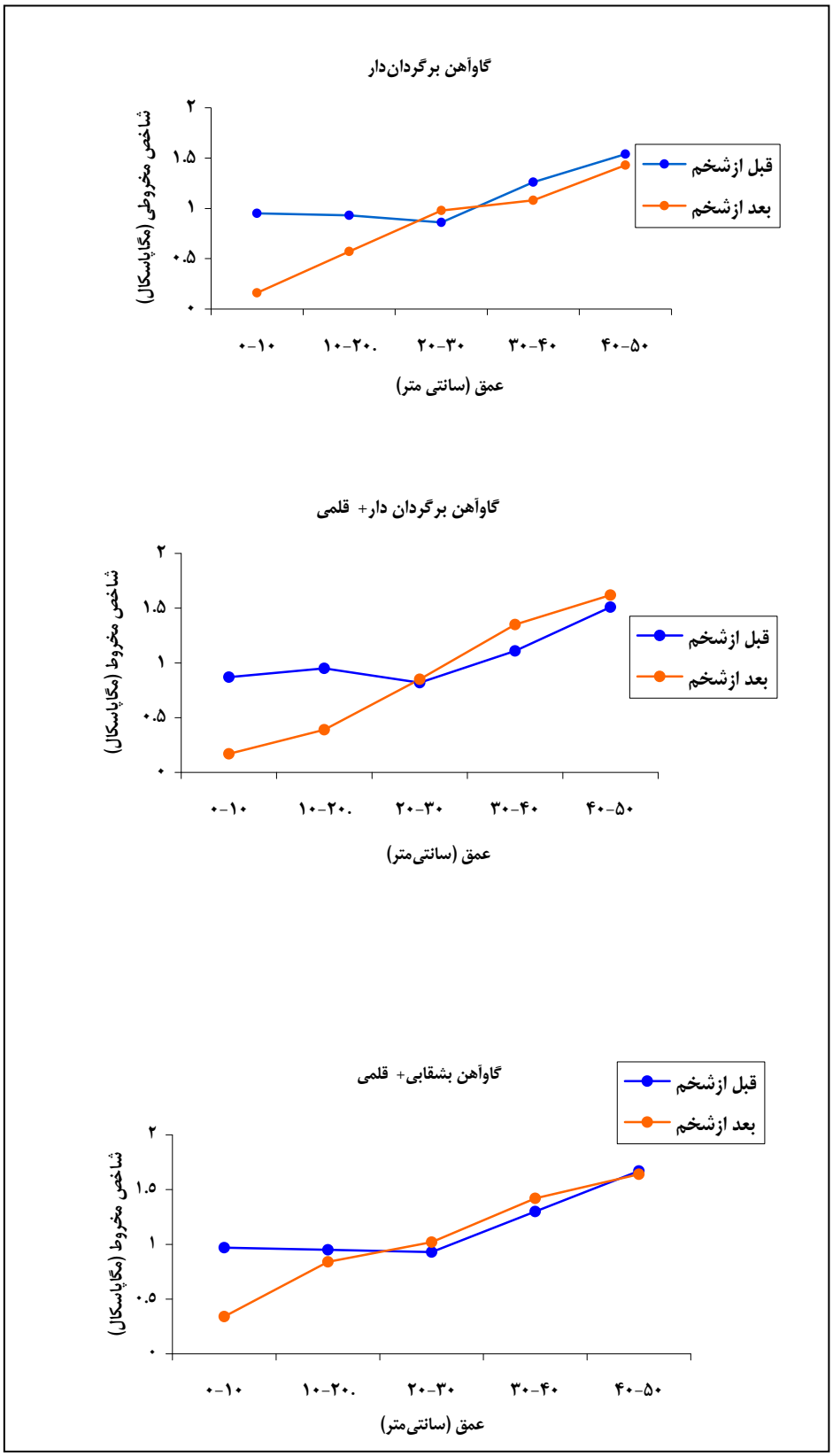


شکل ۳- نمودار میانگین‌های جرم مخصوص ظاهری بعد از شخم در پلات‌های آزمایشی

شاخص مخروط خاک (CI)[1]

شاخص مخروط، معیاری از مقاومت به نفوذ خاک است که تحت تاثیر فاکتورهای زیادی مانند جرم مخصوص‌ظاهری خاک، شرایط رطوبتی و بافت خاک قرار دارد. در شکل ۴ نمودارهای میانگین شاخص مخروط قبل و بعد از اعمال تیمارها در اعماق ۱۰-۰، ۲۰-۱۰، ۳۰-۲۰، ۴۰-۳۰ و ۵۰-۴۰ برای هر تیمار در کنار یکدیگر نشان داده شده است. این نمودارها نشان می‌دهد که قبل از عملیات شخم تا عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متر مقادیر CI تقریباً یکنواخت و در محدودهٔ ۱- ۰/۸ مگاپاسکال است اما در اعماق پایین‌تر CI به طور

1- Cone Index



شکل ۴- میانگین شاخص مخروط تیمارهای آزمایش در اعماق مختلف قبل و بعد از شخم

خطی با افزایش عمق زیاد می‌شود. این نتایج تائید می‌کند که در عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متر (به طور متوسط)، سخت لایهٔ شخم در زمین وجود دارد که دلیل آن خاک‌ورزی در عمق ثابت طی چند سال قبل است.

همچنین، با مطالعه و مقایسه نمودارهای مربوط به شاخص مخروط درمی‌یابیم که مقاومت به نفوذ (شاخص مخروط) درعمق ۱۰-۰ سانتی‌متر بعد از شخم به طور چشمگیری کاهش داشته است که دلیل آن در واقع خردشدن بیشتر خاک در لایه‌های سطحی نسبت به لایه‌های عمقی بعد از شخم است. به دو دلیل، یکی اثر نداشتن ادوات خاک‌ورزی درلایه‌های عمقی و دیگری رطوبت بیشتر خاک در این لایه‌ها، طی فرایند شخم خاک‌های سطح‌الارض سست‌تر از لایه‌های زیرین می‌شوند. در عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متر، به دلیل وجود بازوهای قلمی پایین‌تر از کف شیار شخم میانگین شاخص مخروط خاک ناشی از تیمار گاوآهن برگردان‌دار+ قلمی نسبت به تیمار شاهد ۱۳/۲۶ درصد کمتر است. کاهش نداشتن CI در این عمق توسط تیمار گاوآهن بشقابی+ قلمی، همان‌طور که قبلاً در مورد جرم مخصوص ظاهری خاک توضیح داده شده است، به این دلیل است که ماکزیمم عمق کاری این گاوآهن حدود ۲۵ سانتی‌متر (یک سوم قطر بشقاب‌ها) است و بنابراین به طور متوسط این تیمار اثر کمتری روی خاک در عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متر دارد.

متوسط قطر وزنی کلوخه‌ها (MWD)

در جدول ۴ نتایج آنالیز واریانس و در جدول ۵ نتایج آزمون مقایسه میانگین دانکن در سطوح ۵ و ۱ درصد آورده شده است. با بررسی جدول ۴ درمی‌یابیم که اثر تیمار با احتمال ۹۹ درصد بر صفت قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها معنی‌دار است. همچنین از جدول ۵ استنباط می‌شود که در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد تیمارهای گاوآهن برگردان‌دار و گاوآهن برگردان‌دار+ قلمی دارای بیشترین میانگین و تیمار گاوآهن بشقابی+ قلمی دارای کمترین میانگین قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها هستند. به عبارتی دیگر مقدار خردشدن خاک هنگام شخم با گاوآهن بشقابی+ قلمی بیشتر است و در این تیمار نسبت به دو تیمار دیگر به اندازه ۵۵/۲۹ درصد در صفت مذکور کاهش معنی‌دار وجود دارد.

جدول ۴- آنالیز واریانس برای صفت قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
تیمار	۲	۱۰/۹۳	۵/۴۶	۳۳/۲۲**
تکرار	۲	۰/۶۴	۰/۳۲	۱/۹۶ns
خطا	۴	۰/۶۵	۰/۱۶	
مجموع	۸	۱۲/۲۴		

C.V=۱۱/۷۲

** اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ns نبود اختلاف معنی‌دار

جدول ۵- نتایج آزمون دانکن مقایسه میانگین قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها (به سانتی‌متر) در سطوح ۵ و ۱ درصد

تیمار	α	
	۱ درصد	۵ درصد
گاوآهن برگردان‌دار	۴/۲۴A	۴/۲۴a
گاوآهن بشقابی+ قلمی	۱/۹۰B	۱/۹۰b
گاوآهن برگردان‌دار+ قلمی	۴/۲۵A	۴/۲۵a

درصد برگردان‌شدن بقایای گیاهی

در جدول ۶ نتایج آنالیز واریانس مربوط به صفت درصد برگردان‌شدن بقایای گیاهی و در جدول ۷ نتایج آزمون مقایسه میانگین دانکن آورده شده است. جدول ۶ نشان می‌دهد که اثر تیمار بر پارامتر درصد برگردان‌شدن بقایا با احتمال بیش از ۹۹ درصد معنی‌دار شده است. جدول ۷ نیز نشان می‌دهد که میانگین درصد برگردان‌شدن بقایای گیاهی در تیمارهای گاوآهن برگردان‌دار و گاوآهن برگردان‌دار+ قلمی بیشترین و در تیمار گاوآهن بشقابی+ قلمی کمترین است. در حقیقت، برگردان‌شدن بقایا در تیمار گاوآهن بشقابی+ قلمی کمتر است و کاهشی برابر ۲۵/۵۴ درصد را نسبت به دو تیمار دیگر دارد. دلیل این امر در حقیقت نوع خیش‌های بشقابی این تیمار است؛ طبیعت کار این بشقاب‌ها به گونه‌ای است که لایه خاک شخم‌خورده را به طور کامل بر نگرداند که این خود باعث می‌شود مقادیر قابل توجهی از بقایا (حدود ۳۳ درصد)، پس از شخم زدن، همچنان روی سطح زمین باقی بماند. در واقع، گاوآهن بشقابی یک مخلوط‌کننده خوب است بدین معنی که آنچه را در داخل خاک وجود دارد، اعم از رطوبت و بقایای گیاهی، از کف شیار تا سطح زمین با خاک مخلوط می‌کند در حالی که گاوآهن برگردان‌دار که خوب طراحی و ساخته شده باشد، تقریباً تمامی بقایای گیاهی را برمی‌گرداند و در خاک دفن می‌کند.

جدول ۶- آنالیز واریانس درصد برگردان‌شدن بقایای گیاهی

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
تیمار	۲	۱۰۲۷/۴	۵۱۳/۷	۱۷۵/۸۸**
تکرار	۲	۸/۷۸	۴/۳۹	۱/۵۰ns
خطا	۴	۱۱/۶۸	۲/۹۲	
مجموع	۸	۱۰۴۷/۹		

C.V=۲/۰۷

** اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ns نبود اختلاف معنی‌دار

جدول ۷ - نتایج آزمون دانکن مقایسهٔ میانگین درصد برگردان‌شدن بقایای گیاهی در سطوح ۱ و ۵ درصد

تیمار	α	
	۱ درصد	۵ درصد
گاوآهن برگردان‌دار	۹۰/۴۲A	۹۰/۴۲a
گاوآهن بشقابی + قلمی	۶۷/۳۲B	۶۷/۳۲b
گاوآهن برگردان‌دار + قلمی	۸۹/۵۲A	۸۹/۵۲a

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه بیشترین کاهش جرم مخصوص ظاهری بعد از شخم در عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متری و مربوط به تیمار گاوآهن برگردان‌دار + قلمی است و با عنایت به اینکه عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متری در واقع از نظر وجود سخت لایه شخم حاصل از عملیات خاک‌ورزی بحرانی است (در این تحقیق نتایج شاخص مخروط خاک و جرم مخصوص ظاهری، وجود سخت لایه در عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متر را تایید می‌نمایند) استفاده از تیمار مذکور قابل توصیه است. این تیمار می‌تواند از به‌کارگیری غیرضروری زیرشکن یا گاوآهن چیزل عمیق جلوگیری کند و در نتیجه از ترددها بکاهد، در وقت و هزینه‌ها صرفه‌جویی کند و موجب بهبود برخی خصوصیات فیزیکی خاک در لایهٔ زیر سطح شود. نتیجه تحقیق جوادی (Javadi, 2005) نیز موید همین موضوع است.

کمترین مقدار قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها مربوط به تیمار گاوآهن بشقابی+ قلمی است، حال اگر هدف اصلی از شخم، خردکردن هر چه بیشتر خاک سطحی و کاستن از عملیات ثانویهٔ خاک‌ورزی باشد بهتر است از گاوآهن مرکب بشقابی + قلمی استفاده شود.

از نظر برگرداندن بقایای گیاهی، گاوآهن بشقابی + قلمی کمترین مقدار (۶۷/۳۲ درصد) را به خود اختصاص داده است؛ وجود بازوهای قلمی در جلو آن باعث اختلاط بهتر خاک و بقایای گیاهی (ارتقاء حاصلخیزی خاک) می‌شود. اگر هدف، باقی گذاشتن بخشی از بقایا روی سطح زمین شخم خورده به منظور جلوگیری از فرسایش آبی و بادی خاک باشد، می‌توان این گاوآهن ترکیبی را پیشنهاد کرد. یادآوری می‌شود که طبق گفته قضاوی (Ghazavi, 1998) استفاده از این گاوآهن در جلوگیری از فرسایش خاک موثر است.

با توجه به نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر و عنایت به این موضوع که اکثر اراضی زراعی هنگام شخم پوشیده از بقایای گیاهی برجای‌مانده از کشت قبلی هستند پیشنهاد می‌شود در طراحی اداوات مرکب به‌کاررفته در این تحقیق تمهیداتی (مانند نصب پیش بر) در نظرگرفته شود تا قابلیت کارکرد بهتری را در چنین زمین‌هایی داشته باشند.

مراجع

Anon. 1999. Soil cone penetrometer. ASAE Standard 313. 2. Agricultural Engineering Year Book.

Anon. 2003. Statistical Information from Mechanization Developing Center. Ministry of Jihad-e-Agriculture. (in Farsi)

Borghei, A. M. and Asghari, A. 2002. Design and evaluation of moldboard plow and subsoiler combination. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture. Tehran University. Karaj. Iran. (in Farsi)

Brikas, M., Jolankai, M., Gyuricza, C. and Pereze, A. 2004. Tillage effects on compaction, earthworms and other soil quality indicators in Hungary. Soil Till. Res. 78, 185-196.

Gameda, S. 1985. A review of subsoil compaction and crop response. Proceedings of Int. Conf. Soil Dynamics. 3, 970-978.

Gardner, W. H. 1986. Water Content. In: Methods of Soil Analysis Part1. In: Klute, A. (Ed.). Agron Monograph. 9, 505-508.

Ghazavi, M. A. 1998. Design and manufacturing of plow compatible with Iran conditions. Proceedings of First National Conference on Farm Machinery and Mechanization. Aug. 17-19. Karaj. Iran. (in Farsi)

Javadi, A. 2005. Design and evaluation of a combined moldboard plow for breaking the plow pan during plowing. Research Report. No. 407. Agricultural Engineering Research Institute. (in Farsi)

Javadi, A. and Shahidzade, M. 2005. The effect of a combined moldboard plow to break plow pan. J. Agric. Eng. Res. 24(6): (in Farsi)

Javadi, A., Shahidzade, M. and Rahmati, M. H. 2004. Design and evaluation combined moldboard plow for breaking the plow pan during plowing. Proceedings of Third National Conference on Farm Machinery and Mechanization. Aug.31-Sep.2. Kerman. Iran. (in Farsi)

Loghavi, M. and Hoseinpour, A. 2002. Combination of deep roller and moldboard plow in order to perform primary and secondary tillage. Proceedings of Second National Conference on Farm Machinery and Mechanization. Oct. 30-31. Karaj. Iran. (in Farsi)

Lopez, M. V. and Arrue, J. L., 1997. Growth, yield and water use efficiency of winter barley in response to conservation tillage in a semi - arid region of Spain. Soil Till. Res. 44, 35-54.

Moore, J., Koeing, F. W., Beach, B. and Blumenshine, T.2000. Conservation tillage systems and management. MWPS (Midwest Plan Service) -45. 2nd Edition. Iowa State University. Ames. Iowa. USA.

Shafii, S. A. (Translastor). 1992. Farm Machinery Principles. Tehran University Pub. Tehran. Iran. (in Farsi)

Smith, D. W., Sims, B. G. and Oneil, D. H. 1994. Testing and Evaluation of Agricultural Machinery and Equipment. FAO Pub.

Spoor, G. and Godwin, J. 1978. An experimental investigation into the deep loosening of soil by rigid tines. J. Agr. Eng. Res. 23, 243-258.

Thomas, G. A., Standley, J., Hunter, H. M., Blight, G. W. and Webb, A. A., 1990. Tillage and crop residue management affect Vertisol properties and grain sorghum growth over seven years in the semi-arid sub-tropics. Crop growth, water use and nutrient balance. Soil Till. Res. 18, 389-407.

Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.8 /No.1 /Spring 2007/ P: 47-60

Effect of Two Combined Plows in Comparison With Conventional Plow on Soil Physical Properties

R. Mohammadi Gol*, A. Javadi and M. A. Ghazavi

* Academic Member, Agriculture Engineering Research Institute, P. O. Box: 31585-845, Karaj, Iran. E-mail: reza5956@yahoo.com

The aim of this research was to investigate performance of two combined plows compared to conventional plow. The experiments were conducted in a loamy soil texture with moisture content of 16-18% in Karaj region of Iran. Combination of moldboard+chisel plow and disk plow+chisel plow were compared with conventional moldboard plow as three treatments. Data was statistically analyzed using RCBD in three replications. Parameters of penetration resistance, bulk density, mean weight diameter and reversed residue percentage were measured or calculated and then analyzed. The results indicated that bulk density decreased 30.8% by moldboard+chisel plow particularly at depth range of 25-35cm. The results of penetration resistance (CI) confirmed the effect of this treatment on plowpan. Hence this combined machine can be recommended for a field with existing plowpan. Moreover diskplow+chisel treatment created the least clod size (MWD) in shallow soil layer. Therefore it can be recommend for reducing secondary tillage operation. The results of residue reversing noted that disk plow+chisel treatment left maximum of 68% crop residue. Therefore for conservation tillage system with residue reversing concern this combined machine is recommended.

Key words: Combined Plow, Combined Tillage, Disk Plow, Moldboard Plow, Soil Physical Properties