نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۴، ص ۳۳۵-۳۲۵

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 5, No. 2, Fall - Winter 2015, p. 325-335

بررسی اثر سرعت و عمق خاک‌ورزی حفاظتی بر مصرف سوخت مزرعه‌ای

آرمان جلالی[۱*]- اصغر محمودی[۲]- مصطفی ولیزاده[۳]- ایرج اسکندری[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۰/۲۸

چکیده

خاک‌ورزی یک عمل زمان‌بر و هزینه‌بر می‌باشد که با استفاده از برنامه عملیات زراعی می‌توان به میزان قابل توجهی در مصرف سوخت، انرژی و زمان صرفه‌جویی نمود. افزایش هزینه‌ی سوخت کشاورزی باعث شده که در مصرف آن صرفه‌جویی شود تا هزینه تولید محصول کاهش یابد. با توجه به مزایای خاک‌ورزی حفاظتی و کمبود تحقیق علمی روی ادوات خاک‌ورزی حفاظتی وارداتی و تولید داخل و اهمیت فاکتورهای سرعت و عمق خاک‌ورزی بر عملکرد انواع خاک‌ورزها، این تحقیق در قالب طرح آزمایشی اسپلیت پلات (کرت‌های خرد شده) بر پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی اجرا گردید. فاکتور اصلی عمق خاک‌ورزی (در دو سطح ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر) و فاکتور فرعی سرعت خاک‌ورزی (در چهار سطح ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ کیلومتر بر ساعت برای شهرستان بستان‌آباد و ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر بر ساعت برای شهرستان هشترود) و در چهار تکرار با استفاده از خاک‌ورز مرکب آگروموت پنج شاخه ساخت شرکت سازه کشت بوکان که بیش‌تر در آذربایجان‌شرقی رواج یافته، با استفاده از دو دستگاه تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ و ۳۹۹ به‌ترتیب در شهرستان‌های بستان‌آباد و هشترود، با نوع بافت خاک ماسه لومی، خوب دانه‌بندی شده انجام گرفت. در شهرستان بستان‌آباد و هشترود، اثر فاکتورها به تنهایی و اثر متقابل سرعت و عمق خاک‌ورزی بر مصرف سوخت در سطح احتمال یک درصد ($p\leq$ ۰/۰۱) معنی‌دار شد. نتایج نشان دادند که با افزایش سرعت خاک‌ورزی، به‌دلیل انجام سریع عملیات خاک‌ورزی واحد سطح، مصرف سوخت در واحد سطح کاهش پیدا کرده و هم‌چنین با افزایش عمق خاک‌ورزی، به‌دلیل افزایش مقاومت کششی و استفاده از توان تراکتور بیشتر برای غلبه بر این مقاومت، مصرف سوخت افزایش پیدا نمود. لذا با توجه به بررسی‌های انجام گرفته مناسب‌ترین سرعت خاک‌ورزی، ۱۰ کیلومتر بر ساعت با توجه به میزان مصرف سوخت پیشنهاد می‌گردد. هم‌چنین با افزایش عمق خاک‌ورزی، مصرف سوخت افزایش می‌یابد لذا توصیه می‌گردد که با حداقل عمق مورد نیاز خاک‌ورزی صورت پذیرد.

واژه‌های کلیدی: انرژی، خاک‌ورزی، سرعت خاک‌ورزی، عمق، مصرف سوخت

مقدمه

خاک‌ورزی با مهیا کردن وضعیت مناسب خاک، برای جذب رطوبت و دمای کافی برای جوانه‌زنی و رشد بذر و هم‌چنین با کاهش مقاومت به نفوذ خاک سبب توسعه آسان‌تر ریشه می‌گردد. خاک‌ورزی یک عمل زمان‌بر و هزینه‌بر می‌باشد که با استفاده از برنامه عملیات زراعی می‌توان به‌میزان قابل توجهی در مصرف سوخت، انرژی و زمان صرفه‌جویی نمود. انرژی مصرفی در عملیات خاک‌ورزی، به عوامل مختلفی مانند نوع خاک و شرایط آن (رطوبت و بافت خاک)، عمق خاک‌ورزی، سرعت عملیات و نحوه اتصال ادوات به تراکتور بستگی دارد (Rouzbeh *et al.*, 2003).

(Hernanz *et al.*, 1995) در بررسی انجام گرفته توسط (Sirhan *et al.*, 2002)، به این نتیجه رسیدند که میزان مصرف سوخت به نوع ادوات، عمق خاک‌ورزی و میزان رطوبت خاک بستگی دارد. کم‌ترین میزان مصرف سوخت مربوط به رطوبت ۱۹/۵۵ درصد بوده است. (Lithourgidis *et al.*, 2006)، نشان دادند که خاک‌ورزی حفاظتی دارای مزایای زیادی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم است و از محیط زیست و خاک محافظت کرده و در هزینه خرید ماشین، تعمیرات و مصرف سوخت صرفه‌جویی می‌کند. (Sessiz *et al.*, 2008)، عقیده دارند که اگر در نوع عملیات خاک‌ورزی دقت شود، می‌توان تا ۸۰ درصد در مصرف سوخت و ۶۰ درصد در زمان انجام عملیات را صرفه‌جویی نمود. (Filipovic *et al.*, 2006)، نشان دادند که خاک‌ورزی حفاظتی ۱/۵ تا ۲ برابر کم‌تر از خاک‌ورزی مرسوم سوخت مصرف می‌نماید.

گاوآهن چیزل با تیغه‌های قلمی به‌دلیل سرعت پیشروی و عرض

۱- دانشجوی دکتری مکانیزاسیون، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تبریز
(*- نویسنده مسئول: Email: a.jalali@tabrizu.ac.ir)
۲- دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تبریز
۳- استاد گروه بیوتکنولوژی، دانشگاه تبریز
۴- استادیار و عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور

کار زیادتر نسبت به گاوآهن برگردان‌دار برای عملیات تهیه زمین، به زمان کم‌تری نیاز دارد. هم‌چنین گاوآهن قلمی به‌دلیل زمان مصرفی کم‌تر در واحد سطح و مصرف توان مالبندی نسبتاً پایین‌تر، انرژی کم‌تری را نسبت به گاوآهن برگردان‌دار به‌کار می‌گیرد و دارای سوخت مصرفی کم‌تری است (Rouzbeh *et al.*, 2003). با اعمال مدیریت خاک‌ورزی دقیق یا خاک‌ورزی در عمق متغیر، میزان سوخت مصرفی به میزان ۵۰ درصد کاهش می‌یابد (Fulton *et al.*, 1996). خاک‌ورزی با گاوآهن قلمی در مقایسه با روش مرسوم، در حدود ۴۰ درصد میزان انرژی سوخت و زمان عملیات قبل از کاشت را کاهش می‌دهد (Bonari *et al.*, 1995). مصرف سوخت در عملیات کشاورزی، بیشترین سهم هزینه را دارد که براساس یافته‌های (Lopes *et al.*, 2003)، میزان مصرف سوخت متأثر از بالاست چرخ‌ها، میزان نیروی کششی و سرعت پیشروی تراکتور می‌باشد. در مقایسه با روش مرسوم در شرایط کم‌خاک‌ورزی، با وجود عدم تفاوت در میزان محصول، زمان انجام کار، مصرف سوخت، انرژی و هزینه مورد نیاز در حدود ۵۵ درصد کاهش می‌یابد (Michel *et al.*, 1985).

طی تحقیقی روی میزان مصرف سوخت و طرق کاهش آن در مزرعه پیشنهادهایی برای کاهش مصرف سوخت گزارش شده است (Helsel, 2007). کم کردن تعداد عملیات خاک‌ورزی راحت‌ترین روش برای کاهش مصرف سوخت می‌باشد که در این میان استفاده از سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی تأثیر بیش‌تری در این تقلیل دارد. استفاده از تراکتور مناسب با ادوات کشاورزی بر میزان مصرف سوخت تأثیر خواهد داشت. برای مثال اگر برای یک مرحله از کار کشاورزی سرعت ۴ تا ۸ مایل بر ساعت نیاز باشد و تراکتور دستگاه مورد نظر را به‌راحتی با سرعت ۸ مایل بر ساعت بکشد این تراکتور برای آن وسیله بزرگ بوده و یا برعکس به سختی بتواند آن را با سرعت ۴ مایل بر ساعت حرکت دهد، آن تراکتور برای آن وسیله کوچک بوده و مصرف سوخت بیش‌تری را خواهد داشت. استفاده از سرعت‌های بیش‌تر در کار با عملیات باعث افزایش بیش‌تر مصرف سوخت خواهد شد. ترکیب عملیات کشاورزی برای مثال استفاده از سیستم توأم خاک‌ورزی و کاشت باعث کاهش مصرف سوخت خواهد شد. عمق شخم تأثیر به‌سزایی در مصرف سوخت دارد گزارش شده که افزایش هر اینچ در عمق خاک‌ورزی توسط گاوآهن برگردان‌دار سبب افزایش ۰/۱۵ گالن برای هر ایکر می‌گردد.

با توجه به بررسی‌های انجام شده، مصرف سوخت برای خاک‌ورزی مرسوم در مزرعه غلات حدود ۹۰ – ۸۰ لیتر بر هکتار تعیین شده است این مقدار در مقایسه با مصرف سوخت سایر عملیات کشاورزی (کاشت، داشت و برداشت) که در مجموع حدود ۳۵ لیتر بر هکتار می‌باشد بیش‌ترین مصرف سوخت در عملیات کشاورزی را در برمی‌گیرد (Hernanz *et al.*, 2002).

در همین راستا نتایج آزمایش‌های انجام گرفته، حاکی از صرفه‌جویی در انرژی و ذخیره بیش‌تر آن در روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی نسبت به روش خاک‌ورزی متداول می‌باشد، به‌طوری‌که مصرف انرژی برای زراعت غلات و در روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی به‌ترتیب به میزان ۷ و ۱۱ درصد و برای زراعت حبوبات، توسط روش‌های مذکور به میزان ۱۰ و ۱۵ درصد کم‌تر از روش خاک‌ورزی متداول گزارش شده است (Hernanz *et al.*, 2002) تحقیقات انجام یافته در رابطه با انرژی مصرفی در روش‌های خاک‌ورزی نشان داد، زمان کار کارگری و مصرف سوخت به‌ترتیب ۵۰ و ۵۳ درصد در روش خاک‌ورزی نواری و نیز به‌ترتیب ۴۳ و ۴۸ در کم‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم کاهش می‌یابد (Lithourgidis *et al.*, 2009). به‌طور میانگین برای خاک‌ورزی مرسوم ۱۷/۴۹ – ۲/۰۶ لیتر بر هکتار، خاک‌ورزی حفاظتی ۱۰/۲۰ – ۱/۰۳ لیتر بر هکتار و بی‌خاک‌ورزی (کشت مستقیم) ۴/۰۲ – ۱/۰۳ لیتر بر هکتار گزارش شده است (Stajnko *et al.*, 2009).

بی‌ثباتی به‌وجود آمده در ساختمان خاک و فشردگی آن و مصرف زیاد انرژی، از معایب خاک‌ورزی مرسوم می‌باشد. با توجه به مزایای خاک‌ورزی حفاظتی و واردات و تولید داخل انواع خاک‌ورزهای حفاظتی و انجام تحقیقات کم‌تر روی عملکرد این ادوات در سطح کشور، لذا به‌منظور بررسی اثرات روش خاک‌ورزی حفاظتی، سرعت و عمق خاک‌ورزی بر میزان مصرف سوخت، تحقیق حاضر تدوین و در منطقه آذربایجان شرقی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق، در دو مزرعه از شهرستان‌های استان آذربایجان‌شرقی اجرا شد. این تحقیق با استفاده از دستگاه آگرومت پنج شاخه ساخت شرکت سازه کشت بوکان در دو شهرستان بستان‌آباد (روستای آلوار) و هشترود (روستای قویون قشلاق)، در مزارعی با نوع بافت خاک ماسه لومی خوب دانه‌بندی شده، که در سال زراعی ۹۱–۹۰ توسط زارعین زیر کشت گندم بودند، در قالب طرح آماری کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات[1]) بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی، در چهار تکرار به مرحله‌ی اجرا گذاشته شد. فاکتور اصلی عمق خاک‌ورزی (در دو سطح ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر) و فاکتور فرعی سرعت خاک‌ورزی در چهار سطح (۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ کیلومتر بر ساعت در شهرستان بستان‌آباد و ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر بر ساعت در شهرستان هشترود) در نظر گرفته شدند و ویژگی مصرف سوخت مزرعه اندازه‌گیری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

در این تحقیق از دو تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ و ۳۹۹، به‌ترتیب با توان موتور ۷۵ و ۱۱۰ اسب بخار استفاده شد. به‌دلیل عدم افزایش

1- Split plot

سرعت به بیش از ۱۲ کیلومتر بر ساعت توسط تراکتور MF285 در شهرستان بستان‌آباد، از تراکتور با توان بیش‌تر در شهرستان هشترود استفاده گردید تا سرعت بالاتر از آخرین سطح سرعت شهرستان بستان‌آباد امکان‌پذیر باشد، تا اثر سرعت بهتر مشخص گردد.

سیستم اندازه‌گیر مصرف سوخت طراحی و ساخته شده در دانشگاه تبریز، گروه ماشین‌های کشاورزی (Hasshemi, 2011)، برای انجام این طرح انتخاب شد، که قسمت‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن در ادامه می‌آید (شکل ۱).

شکل ۱- دستگاه سوخت‌سنج

Fig.1. Fuel consumer

(۱) سنسور فلومتر، (۲) قسمت‌های الکترونیکی از جمله: پردازنده، حافظه خارجی، نمایشگر، سیم‌های اتصال دستگاه به سنسور، فیش اتصال به منبع تغذیه، کلیدهای دستگاه، (۳) شیلنگ‌ها و اتصالات ساخته شده برای اتصال سنسور به سیستم سوخت‌رسانی موتور.

نصب دستگاه سوخت‌سنج روی تراکتور MF285

سیستم سوخت‌رسانی در این تراکتور به‌گونه‌ای است، که سوخت پس از خروج از باک و عبور از فیلتر پیش صافی به پمپ سه گوش (پمپ بالابر) می‌رسد. توسط پمپ سه گوش (بالابر) سوخت به فیلتر سوخت و از آنجا به پمپ انژکتور و از طریق این پمپ، به انژکتورهای هر سیلندر هدایت می‌گردد. لوله‌های برگشتی سوخت، از پمپ انژکتور و از قسمت انتهایی انژکتورها، به فیلتر سوخت متصلند، لذا برای به‌دست آوردن مقدار سوخت مصرفی لحظه‌ای با قرار دادن سنسور فلومتر بین پمپ سه گوش (بالابر) و فیلتر، میزان مصرف سوخت تعیین گردید (شکل ۲).

نصب دستگاه سوخت‌سنج روی تراکتور MF399

سیستم سوخت‌رسانی مسی فرگوسن ۳۹۹ از مسی فرگوسن ۲۸۵ متمایز می‌باشد. سوخت پس از ترک باک به فیلتر اولیه سوخت می‌رسد، از آنجا به پمپ سه گوش (بالابر) و از طریق این پمپ، به فیلتر دو مرحله‌ای که به‌صورت سری به هم متصل هستند، رسیده و از آنجا به پمپ انژکتور و به طرف انژکتورها هدایت می‌گردد.

شکل ۲- حسگر سیستم اندازه‌گیر مصرف سوخت

Fig.2. Fuel consumer sensor

در این قسمت برای استفاده از این سیستم، نیاز به تغییراتی در سیستم سوخت‌رسانی بود. با بررسی‌های اولیه مشاهده شد، که روی بدنه فیلتر دوم سری، دو عدد مجرای خروجی وجود دارد که سوخت اضافی برگشتی را به باک تحویل می‌دهد. این قسمت توسط ساچمه مسدود گردید. سنسور سوخت‌سنج قبل از فیلترها و بعد از پمپ سه‌گوش (پمپ بالابر) نصب شد تا سوخت برگشتی به بعد از این سنسور انتقال یابد (شکل ۳).

شکل ۳- محل نصب حسگر سوخت سنج

Fig.3. Fuel consumer sensor position

در هر دو تراکتور در تمامی اتصالات، هیچ‌گونه نشتی وجود نداشت.

پس از نصب دستگاه در محل مناسب روی بدنه تراکتور، سوکت اتصال سنسور وصل و سیستم از طریق سیم به باطری تراکتور متصل گردید. کلید ON/OFF در حالت روشن قرار گرفته و نمایشگر شروع به‌کار می‌کند و کلمه لاتین TEST به‌همراه یک شماره در مقابل آن نمایش داده می‌شود که این رقم شماره آزمون در حال اجرا را نشان می‌دهد. نشانگر چشمک زن، علامت آماده به‌کار بودن دستگاه را نشان می‌دهد.

برای شروع آزمون سوخت‌سنجی باید کلید START به مدت دو ثانیه فشار داده شود، بعد سیستم شروع به‌کار کرده، در سطر بالایی مقدار مصرف لحظه‌ای سوخت و در سطر پایینی مقدار مصرف متوسط سوخت را بر حسب لیتر بر دقیقه نشان می‌دهد.

این داده‌ها در کارت حافظه در فایلی با پسوند TXT، ذخیره می‌شود که حاوی سه ستون می‌باشد: ستون اول، ثانیه کارکرد دستگاه، ستون دوم، مصرف سوخت لحظه‌ای و ستون سوم، مصرف سوخت متوسط.

دستگاه خاک‌ورز حفاظتی آگرومت پنج شاخه

دستگاه خاک‌ورز مرکب حفاظتی آگرومت، یکی از پیشرفته‌ترین تکنولوژی‌های روز اروپا می‌باشد که پس از سال‌ها تحقیق و بررسی در ویژگی‌های مخصوص آن و تطابق دادن با شرایط اقلیمی و خاک‌های کشور ایران، بعد از آزمون و بررسی و اخذ گواهی مرکز آزمون ماشین‌های کشاورزی، در ایران ساخته می‌شود. مطابق با قدرت تراکتورهای موجود در کشور، برای تراکتورهای ۴ سیلندر ۷۵ اسب بخار، خاک‌ورز مرکب حفاظتی آگرومت ۵ شاخه با عرض کار ۱/۹ متر، طراحی و تولید می‌گردد (شکل ۴).

خاک‌ورز مرکب حفاظتی به معنی کم‌خاک‌ورزی، جایگزین گاوآهن‌های برگردان‌دار، دیسک و لولر می‌گردد و تمامی سه عملیات دستگاه‌های مذکور را یک‌جا به انجام رسانیده و نیاز به تردد مجدد تراکتورها و دستگاه‌ها در مزرعه ندارد. حداقل عمق خاک‌ورزی دستگاه در خاک‌ها و شرایط مختلف، ۱۰ سانتی‌متر و حداکثر آن ۲۰ سانتی‌متر می‌باشد.

شکل ٤– خاکورز حفاظتی آگرومت پنج شاخه

Fig.4. Conservation tillage implement Agromet 5

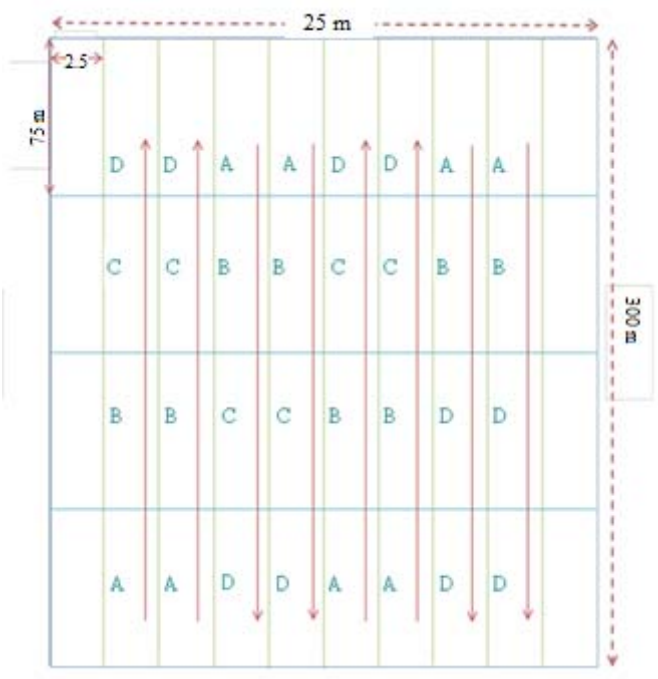
مزرعه‌ها به‌صورت شکل ۵ کرت‌بندی شدند. عرض هر کرت، ۲/۵ متر با حاشیه ۳۰ سانتی‌متر از طرفین و طول کرت ۷۵ متر، که ۱۵ متر اولیه برای پایداری عمق و سرعت خاک‌ورزی جدا شدند. مسیرهای شماره ۱ و ۱۰ برای تنظیم عمق‌های کاری اختصاص داده شدند. مسیرهای شماره‌ی ۲، ۴، ۶ و ۸ برای عمق کاری ۱۰ سانتی‌متر و مسیرهای شماره‌ی ۳، ۵، ۷ و ۹ برای عمق کاری ۲۰ سانتی‌متر نام‌گذاری گشتند (فلش‌های یک طرفه مسیر حرکت با سرعت‌های مختلف را نشان می‌دهند) و حروف (A، B، C و D) سطوح سرعت را تعیین می‌نمایند (شکل ۵).

سطوح سرعت‌ها به‌ترتیب ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ کیلومتر بر ساعت برای کرت‌های A، B، C و D تعیین شدند. در مسیر شماره‌ی ۲ که برای عمق خاک‌ورزی ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شده بود با سرعت ۶ کیلومتر بر ساعت آزمایشات شروع شد و در کرت A بعد از ۲۵ متر اول برای رسیدن به تعادل و پایداری سرعت و عمق خاک‌ورزی و مصرف سوخت، داده‌برداری مصرف سوخت تا انتهای کرت انجام و در کارت حافظه ذخیره گردید. در انتهای کرت A و ابتدای کرت B، بقایای گیاهی انباشته شده در جلوی تیغه‌ها برداشته شد و سرعت ۸ کیلومتر بر ساعت مورد ارزیابی قرار گرفت و بعد از ۲۵ متر اولیه، داده‌برداری مصرف سوخت تا انتهای کرت انجام گرفت. سپس به‌ترتیب کرت‌های C و D با سطوح سرعتی ۱۰ و ۱۲ کیلومتر بر ساعت مورد خاک‌ورزی قرار گرفتند و داده‌برداری‌های مربوط به مصرف سوخت انجام شد. بعد از اتمام مسیر شماره‌ی ۲، به‌ترتیب در مسیرهای شماره ۴، ۶ و ۸ که برای عمق خاک‌ورزی ۱۰ سانتی‌متر اختصاص داده شده بودند، تکرارها انجام گرفتند. بعد از اتمام آزمون‌های مربوط به عمق خاک‌ورزی سطح ۱۰ سانتی‌متر، در مسیر شماره‌ی ۱۰، عمق خاک‌ورزی به ۲۰ سانتی‌متر تنظیم و در مسیرهای شماره‌ی ۳، ۵، ۷ و ۹ آزمون‌های مزرعه‌ای مطابق آزمون‌های عمق خاک‌ورزی ۱۰ سانتی‌متر انجام یافت و داده‌های مربوط به مصرف سوخت نیز به‌دست آمد.

در شهرستان هشترود، به‌منظور ارزیابی سرعت ۱۴ کیلومتر بر ساعت، از تراکتور با توان بیش‌تر استفاده شد و سطوح سرعت‌ها به ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر بر ساعت به‌ترتیب برای کرت‌های A، B، C و D تغییر یافت. در این شهرستان هم آزمون مطابق شهرستان بستان‌آباد انجام گرفت.

داده‌های مصرف سوخت که بر حسب لیتر بر دقیقه بودند، از رابطه‌ی (۱) به‌صورت لیتر بر هکتار تبدیل شدند.

$$FC\left(\frac{\text{لیتر}}{\text{هکتار}}\right)=\left(\frac{FC\left(\frac{\text{لیتر}}{\text{دقیقه}}\right)}{V\left(\frac{\text{کیلومتر}}{\text{ساعت}}\right)\times W(\text{متر})}\right)\times 600 \qquad (۱)$$



شکل ۵- طرح‌واره‌ی مسیرها وکرت‌های ارزیابی

Fig.5. Schematic of the paths and plots of evaluation

که در آن:

FC: میزان مصرف سوخت

V: سرعت پیشروی (کیلومتر بر ساعت)

W: عرض کار (متر)

با توجه به معنی‌دار نبودن خطای فاکتور اصلی (عمق خاک‌ورزی) نسبت به خطای فاکتور فرعی (سرعت خاک‌ورزی) تجزیه آماری به‌صورت فاکتوریل انجام گرفت و عمق نمونه‌برداری به‌عنوان فاکتور سوم در نظر گرفته شد. مقایسه میانگین داده‌ها با روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد ($p \leq ۰/۰۱$) انجام گرفت.

تجزیه واریانس ساده داده‌ها، تجزیه واریانس مرکب و رسم نمودارها به‌ترتیب با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS 16.0 و Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

با توجه به جدول ۱، اثر هر دو فاکتور سرعت و عمق خاک‌ورزی (S و D) به‌تنهایی و اثر متقابل آنها (S × D) در شهرستان‌های بستان‌آباد و هشترود، در سطح احتمال یک درصد ($p \leq ۰/۰۱$) معنی‌دار شدند. نمودار میانگین مصرف سوخت در سرعت و عمق‌های مختلف خاک‌ورزی و اثر متقابل آنها در شکل‌های ۶، ۷ و ۸ نشان داده شده است.

بین سرعت‌های مختلف خاک‌ورزی، از نظر مقدار مصرف سوخت اختلاف معنی‌داری وجود داشت و با افزایش سرعت خاک‌ورزی، کاهش در مصرف سوخت مشاهده گردید. علت کاهش مصرف سوخت با افزایش سرعت خاک‌ورزی انجام سریع عملیات در واحد سطح می‌باشد که چون در مدت زمان کوتاهی عملیات به پایان می‌رسد لذا سوخت کمتری مصرف می‌گردد. بیش‌ترین میزان مصرف سوخت با مقدار ۱۱/۳۷ لیتر بر هکتار در سرعت ۶ کیلومتر بر ساعت و کم‌ترین میزان مصرف سوخت نیز با مقدار ۹/۳۷ لیتر بر هکتار در سرعت ۱۲ کیلومتر بر ساعت در شهرستان بستان‌آباد و مقادیر ۱۵/۶۸ و ۱۲/۱۴ لیتر بر هکتار به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان مصرف سوخت در شهرستان هشترود بودند (شکل ۴ و جدول ۲).درخصوص عمق‌های مختلف خاک‌ورزی، بیش‌ترین میزان مصرف سوخت با توجه به شکل ۷، با مقادیر ۱۲/۶۰ و ۱۶/۰۶ لیتر بر هکتار، در عمق خاک‌ورزی ۲۰ سانتی‌متر به‌ترتیب در شهرستان‌های بستان‌آباد و هشترود به‌دست آمده است و با کاهش عمق خاک‌ورزی نیز کاهش یافته است (جدول ۳).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر سرعت خاک‌ورزی (S) و عمق خاک‌ورزی (D) بر میزان مصرف سوخت

Table 1- Variance analyses of effect of tillage forward speed and depth on fuel consume

تیمارها Treatments	درجه آزادی Freedom degree	مصرف سوخت Fuelconsume	
		بستان‌آباد Bostan-Abad	هشترود Hashtrood
سرعت (S) Forward speed	3	5.738**	19.034**
عمق خاک‌ورزی (D) Tillage depth	1	175.666**	121.572**
S × D	3	32.405**	6.706**
خطا Error	24	0.885	1.124
ضریب تغییرات (٪) C.V.	-	9.72	6.79

**، * و ns به‌ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار می‌باشند.

*, ** and ns indicate significance respectively at the level of one percent, five percent and not statistically significant.

در رابطه با اثر متقابل بر مصرف سوخت، در عمق ثابت خاک‌ورزی ۲۰ سانتی‌متر، با افزایش سرعت خاک‌ورزی میزان مصرف سوخت کاهش یافته و در عمق خاک‌ورزی ۱۰ سانتی‌متر، تقریباً مصرف سوخت ثابت بوده و افزایش و کاهش کمتر و غیر معنی‌دار در بین سطوح در بستان‌آباد و هشترود، داشته است. در شهرستان بستان‌آباد (شکل ۸) کمترین میزان مصرف سوخت با مقدار ۷/۲۸۸ لیتر بر هکتار، در تیمار S_1D_1 و بیش‌ترین میزان مصرف سوخت با مقدار ۱۶/۴۵ لیتر بر هکتار در تیمار S_1D_2 حادث شده است هم‌چنین، به‌ترتیب کمترین و بیش‌ترین میزان مصرف سوخت در شهرستان هشترود (شکل ۹) با مقادیر ۱۰/۸۱ و ۱۸/۸۴ لیتر بر هکتار در تیمارهای S_4D_1 و S_1D_2 به‌دست آمده است. علت کاهش مصرف سوخت با افزایش سرعت خاک‌ورزی انجام سریع عملیات در واحد سطح می‌باشد. بدین معنی که با افزایش سرعت خاک‌ورزی، عملیات خاک‌ورزی سریع‌تر انجام گرفته و مصرف توان مالبندی کمتر در واحد سطح و زمان موجب کاهش انرژی و سوخت کمتر در واحد سطح می‌گردد. دلیل افزایش مصرف سوخت با افزایش عمق خاک‌ورزی، افزایش در مقاومت کششی، می‌باشد. بدین صورت که با افزایش عمق خاک‌ورزی، مقدار زیاد خاک باید جابه‌جا گردد که در نتیجه مقدار نیروی لازم و کشش برای حرکت خاک‌ورز افزایش می‌یابد، در نتیجه برای غلبه بر این مقاومت، نیاز به مصرف توان بیش‌تری می‌باشد که میزان مصرف سوخت نیز افزایش می‌یابد.

با توجه به این که نتیجه‌ی یکسانی واریانس‌ها معنی‌دار بود (واریانس‌ها همگن نبودند)، تجزیه واریانس مرکب انجام نگرفت.

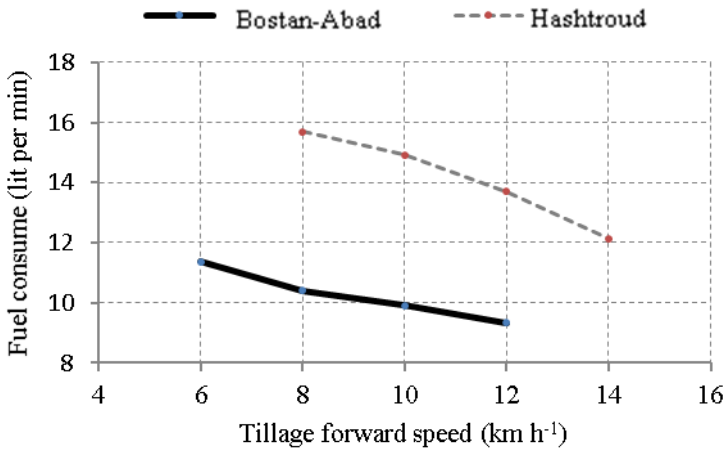
جدول۲- مقایسه میانگین مصرف سوخت در سرعت‌های مختلف خاک‌ورزی

Table 2- Average of fuel consume in different tillage forward speed

سرعت خاک‌ورزی Tillage forward speed	٦ کیلومتر بر ساعت 6 km h^{-1}	۸ کیلومتر بر ساعت 8 km h^{-1}	۱۰ کیلومتر بر ساعت 10 km h^{-1}	۱۲ کیلومتر بر ساعت 12 km h^{-1}	١٤ کیلومتر بر ساعت 14 km h^{-1}
بستان‌آباد Bostan-Abad	11.37 a	10.40 b	9.90 bc	9.37 c	----
هشترود Hashtrood	-----	15.68 a	14.91 a	13.71 b	12.14 c

حروف متفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد را نشان می‌دهند.

Different letters indicate significant at theone percent level.



شکل ٦– اثر سرعت خاک‌ورزی بر مصرف سوخت تراکتور

Fig.6. Effect of tillage forward speed on fuel consume

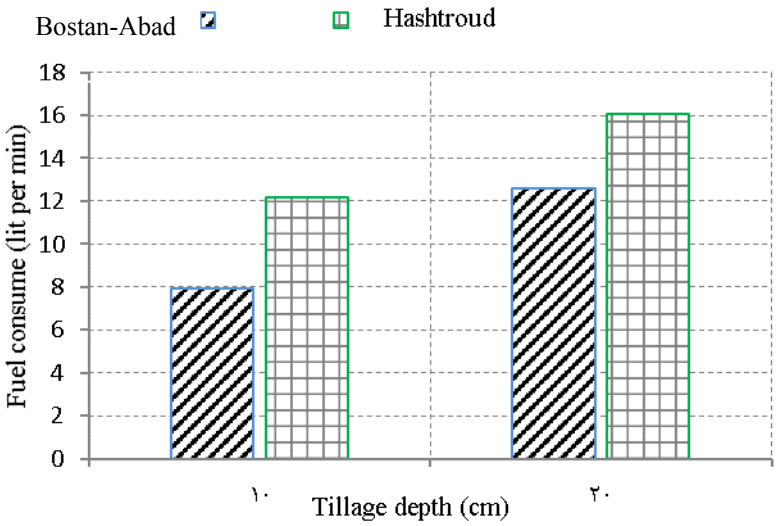
جدول ۳– مقایسه میانگین مصرف سوخت در عمق‌های مختلف خاک‌ورزی

Table 3- Average of fuel consume in different tillage depth

۲۰ سانتی‌متر **20 cm**	۱۰ سانتی‌متر **10 cm**	عمق خاک‌ورزی **Tillage depth**
12.60 a	7.90 b	بستان‌آباد Bostan-Abad
16.06 a	12.16 b	هشترود Hashtrood

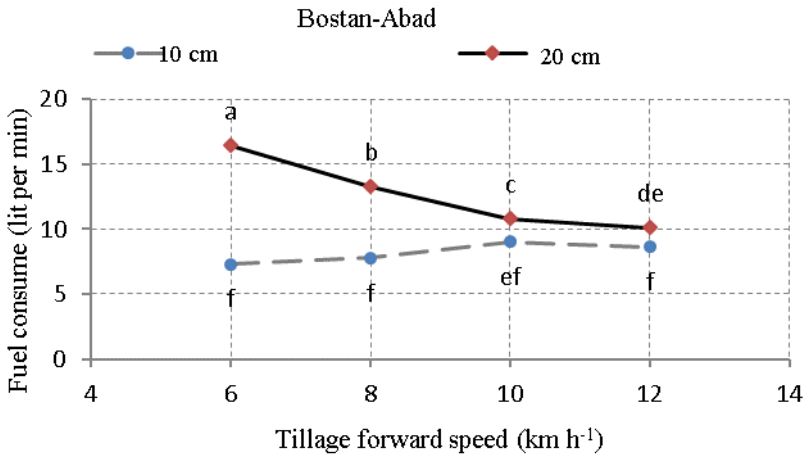
حروف متفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ درصد را نشان می‌دهند.

Different letters significant in one percent



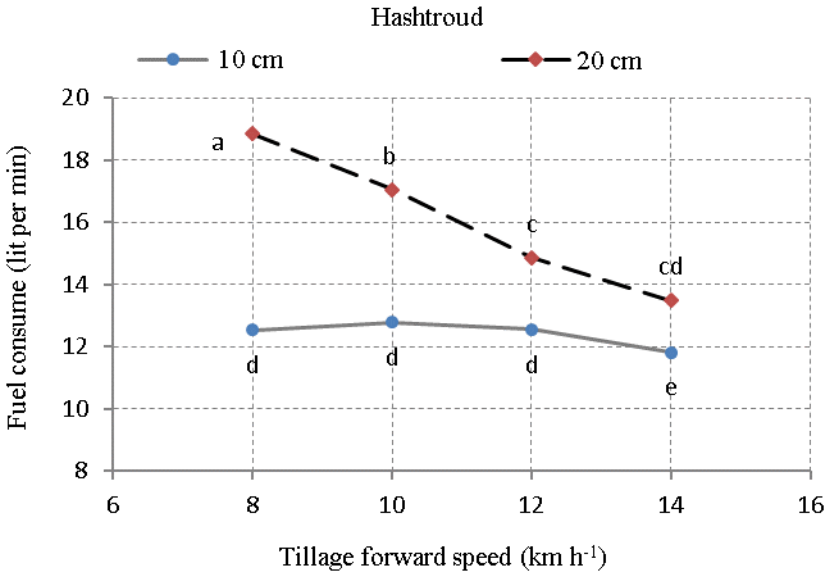
شکل ۷– اثر عمق خاک‌ورزی بر مصرف سوخت تراکتور

Fig.7. Effect of tillage forward speed on fuel consume



شکل ۸- مقایسه میانگین مصرف سوخت تحت تأثیر ترکیب تیماری سرعت و عمق خاک‌ورزی – بستان‌آباد

Fig.8. Average value of effect of tillage forward speed and depth on fuel consume Bostan-Abad



شکل ۹- مقایسه میانگین مصرف سوخت تراکتور تحت تأثیر سرعت و عمق خاک‌ورزی – هشترود

Fig.9. Average value of effect of tillage forward speed and depth on fuel consume-Hashtrood

نتیجه‌گیری

افزایش هزینه‌ی سوخت کشاورزی باعث شده که در مصرف آن صرفه‌جویی شود تا هزینه تولید محصول کاهش یابد. با افزایش سرعت خاک‌ورزی، مصرف سوخت در واحد سطح کاهش یافته ولی با افزایش عمق خاک‌ورزی، افزایش یافته است. استفاده از تراکتور با توان بیش‌تر از مقدار مورد نیاز باعث، افزایش میزان مصرف سوخت می‌گردد. از لحاظ مصرف سوخت و با توجه به بازده مزرعه‌ای، مناسب‌ترین سرعت خاک‌ورزی ۱۰ کیلومتر بر ساعت توصیه می‌گردد، ولی عمق خاک‌ورزی باید متناسب با عمق کاشت انتخاب گردد.

افزایش عمق خاک‌ورزی از ۱۰ سانتی‌متر به ۲۰ سانتی‌متر، موجب افزایش ۲۸ درصدی در میزان مصرف سوخت شده است. نتایج اثر فاکتورهای مورد بررسی روی مصرف سوخت در این تحقیق با نتایج به‌دست آمده از پژوهش‌های زیر مطابقت دارد. (Rouzbeh *et al.*, 2003)، طی تحقیقی بر انرژی خاک‌ورزی، به این نتیجه رسیده بودند که با افزایش سرعت خاک‌ورزی به‌دلیل کاهش زمان عملیات مصرف سوخت کاهش یافته است. (Darabi, 2012)، اثر عمق خاک‌ورزی را بر مصرف انرژی بررسی نموده و به این نتیجه رسیده که با افزایش عمق خاک‌ورزی به‌دلیل افزایش کشش، مصرف سوخت افزایش

می‌یابد. هم‌چنین نتایج تحقیق حاضر، با یافته‌های (Helsel, 2007)، بر روی چگونگی اثرات کاهش مصرف سوخت در عملیات کشاورزی و خاک‌ورزی و (Hayes and Young, 1982)، که به بررسی انرژی خاک‌ورزی پرداخته‌اند، مطابقت کامل دارد.

منابع

1. Bonari, E., M. Mazzoncici, and A. Peruzzi, 1995. Effect of conservation and minimum tillage on winter oilseed rape in a sand soil. Soil and Tillage 33: 90-108.
2. Darabi, Sh. 2012. Tractor fuel consuming plane for diffirent depth and gears by digital fuel consumer. New methods in agriculture conference. (In Farsi).
3. Filipovic, D., S. Kosutic, Z. Gospodaric, R. Zimmer, and D. Banaj. 2006. The possibilities of fuel saving and the reduction of CO_2 emissions in the soil tillage in Croatia Agriculture. Ecosystems an Environment 115 (290): 1-4.
4. Fulton, J. P., L. G. Wells, S. A. Shearer, and R. I. Barnhisel. 1996. Spatial variantion of soil physical properties: A precursor to precision tllage. ASAE, 96, 1012.
5. Hasshemi, A. 2011. Desing and evaluatiuon monitoring of fuel consumer in agriculture operation. Tabriz University. (In Farsi).
6. Hayes, W. A., and H. M. Young. 1982. Minimum Tillage Farming. No-Till Farmer.
7. Helsel, Z. R. 2007. Fuel requirements and energy saving tips for field operation. N.J Agriculture Experiment Station.
8. Hernanz, J. L., R. Lopez, L. Navarrete, and V. Sanchez-Giron. 2002. Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structure stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain. Soil and Tilage 66: 129-141.
9. Lithourgidis, A. S., K. V. Dhima, C. A. Damalas, I. B. Vasilakoglou, and I. G. Eleftherohorinos. 2006. Tillage effects on wheat emergence and yield at varying seeding rates, and on labor and fuel consumption. Crop Science Society of America 46 (3): 1187-1192.
10. Lithourgidis, A. S., C. A. Damalas, and I. G. Eleftherohorinos. 2009. Conservation tillage: A promising prespective for sustainable agriculture i Greece. Journal of Sustainable Agriculture 33 (1): 85-95.
11. Lopes, A., K. P. Lanças, C. E. A. Furlani, A. K. Nagaoka, P. Castro Neto, and D. C. C. Grotta. 2003. Consumption of a tractor on the type of tire, ballasting and working speed fuel. Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering, Campina Grande 7 (2): 382-386.
12. Michel, J. R., K. J. Formstorm, and J. Borrelli. 1985. Energy requirement of two tillage system for irrigated suger beets, drybeens and cor. ASAe, 28, 1731-1735.
13. Rouzbeh, M., V. Almasi, and A. Hemmat. 2003. Investigation and evaluation of energy for different tillage methods in corn planting. Agriculture science journal 33: 117-128. (In Farsi).
14. Sessiz, A., T. Sogut, P. Alp, and R. Esgici. 2008. Tillage effects on sunflower (*Helianthus Annuus* L.) emergence, yield, quality, and fuel consumption in double cropping system. Journal of Central European Agriculture 9 (40): 697-710.
15. Sirhan, A., B. Snober, and A. Baltikhi. 2002. Management of primary tillage operation to reduce tractor fuel consumption. Agric Mech Asia Afr Lat Am, 33 (4): 9-11.
16. Stajnko, D., M. Lakota, F. Vucajnk, and R. Bernik. 2009. Effects of different tillage systems on fuel savings and reduction of CO_2 emissions in production of silage corn in eastern Slovenia. Polish J. of Environ. Stud 18 (4): 711-716.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 5, No. 2, Fall - Winter 2015, p. 325-335

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۴، ص ۳۳۵-۳۲۵

The effect of conservation tillage forward speed and depth on farm fuel consumption

A. Jalali[1*]- A. Mahmoudi[2]- M. Valizadeh[3]- I. Skandari[4]

Received: 22-11-2013
Accepted: 18-01-2014

Introduction: In recent years, production techniques and equipment have been developed for conservation tillage systems that have been adopted by many farmers. With proper management, overall yield averages for conventional and reduced tillage systems are nearly identical. Sometimes, field operations can be combined by connecting two or more implements. Much research has focused on either reducing or eliminating tillage operations to develop sustainable crop production methods. The greatest costs in farm operations are associated with tillage due to greater specific energy requirement in tillage and the high fuel costs. Combined operations reduce both fuel consumption and time and labor requirements by eliminating at least one individual trip over the field. Light tillage, spraying, or fertilizing operations can be combined with eitherprimary or secondary tillage or planting operations. The amount of fuel saved depends on the combined operations. Generally, light tillage, spraying, and fertilizing operations consume between 0.25 and 0.50 gallons of diesel fuel per acre. Fuel savings of 0.12 to 0.33 gallons per acre can usually be expected from combining operations. Eliminating one primary tillage operation and combining one light tillage, spraying, or fertilizing operation with another tillage or planting operation can usually save at least a gallon of diesel fuel per acre. Combining operations has the added benefit of reducing wheel traffic and compaction. To improve the tillage energy efficiency, implementing effective and agronomic strategies should be improved. Different tillage systems should be tested to determine the most energy efficient ones. Tillage helps seed growth and germination through providing appropriate conditions for soil to absorb sufficient temperature and humidity. Tillage is a time consuming and expensive procedure. With the application of agricultural operations, we can save considerable amounts of fuel, time and energyconsumption. Mankind has been tilling agricultural soils for thousands of years to loosen them, to improve their tilth for water use and plant growth and to cover pests. Tillage is a process of creating a desired final soil condition for seeds from some undesirable initial soil conditions through manipulation of soil with the purpose of increasing crop yield.The aim of conservation tillage is to improve soil structure. Considering the advantages of conservation tillage and less scientific research works on imported conservation tillage devices and those which are made inside the country, and considering the importance of tillage depth and speed in different tiller performance, this investigation was carried out.

Materials and methods: This investigation was carried out based on random blocks in the form of split plot experimental design. The main factor, tillage depth, (was 10 and 20cm at both levels) and the second factor istillage forward speed, (was 6, 8, 10, 12 km h^{-1} in four levels for Bostan-Abad and 8, 10, 12, 14 km h^{-1} for Hashtrood) with 4 repetitions. It was carried out by using complex tillager made in the Sazeh Keshte Bukan Company, which is mostly used in Eastern Azerbaijan and using Massey Ferguson 285 and 399tractors and its fuel consumptionwas studied.

Results and Discussion: In this study, the effect of both factors on the feature of fuel consumption was examined. Regarding tillage speed effect for studies characteristic in Bostan-Abad at 1% probability level ($p<0.01$) fuel consumption was effective. The effect of tillage depth has significance at 5% probability level ($p<0.05$) on fuel consumption. The interaction effect of tillage speed and depth on fuel consumption was significant at probability level of 1% ($p<0.01$). In Hashtrood, the effect of tillage speed was significant on fuel consumption at probability level of 1% ($p<0.01$), and also tillage depth effect was significant on fuel consumption amount at probability of 1% ($p<0.01$). The interaction effect of tillage speed and depth on fuel consumption was significant at 1% level of probability ($p<0.01$).

Conclusions: In this study, the effect of both factors on fuel consumptionwas examined. In Bostan-Abad and Hashtroud on the whole, the results indicated that with the increase in the speed of tillage, fuel consumption, was reduced per hectar.The speed of 10 kilometers per hour was the best for this implemented work. Also, with an increasing depth of tillage, the fuel consumption increased.Through an increase in tillage speed, fuel consumption mass reduced at unit

1- PhD Student, Department of Biosystem Engineering, University of Tabriz
2- Associate Professor, Department of Biosystem Engineering, University of Tabriz
3- Professor, Department of Agronomy and plant Breeding, University of Tabriz
4- Faculty member, Dry land Agriculture Research Institute, Maragheh
(*- Corresponding Author Email: a.jalali@tabrizu.ac.ir)

level. Moreover, the optimum speed was concluded to be 10km per hour. The best tillage depth using this machine is 10cm.

Keywords: Conservation tillage, Depth, Fuel consumption, Soil, Speed