بررسی اثر سرعت و عمق خاک‌ورزی حفاظتی بر مصرف سوخت مزرعه‌ای

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

۱- دانشجوی دکتری مکانیزاسیون، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تبریز a.jalali@tabrizu.ac.ir
۲- دانشیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تبریز
۳- استاد گروه بیوتکنولوزی، دانشگاه تبریز
۴- مربی و عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات دیم مراغه

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 به ترتیب 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، به دلیل انجام سریع عملیات خاک‌ورزی واحد سطح، مصرف سوخت در واحد سطح کاهش پیدا کرده و هم‌چنین با افزایش عمق خاک‌ورزی، به دلیل 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..

کلمات 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 به میزان 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 (روزبه و همکاران.، ۱۳۸۲).

(Hernanz *et al.*, 1995) در بررسی انجام گرفته توسط (Sirhan *et al.*, 2002)، به این نتیجه رسیدندکه 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 صرفه جویی 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 تیغه های قلمی به دلیل سرعت پیش‌روی و عرض کار زیادتر نسبت به گاوآهن برگردان‌دار برای عملیات تهیه زمین، به زمان کم‌تری نیاز دارد. هم‌چنین گاوآهن قلمی به دلیل 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 (روزبه و همکاران.، ۱۳۸۲). با اعمال مدیریت خاک‌ورزی دقیق یا خاک‌ورزی در عمق متغیر، میزان سوخت مصرفی به میزان ۵۰ درصد کاهش می‌یابد (Foulton *et al.*, 1996). خاک‌ورزی با گاو آهن 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 داردکه بر اساس یافته‌های (Lopes *et al.*, 2003)، میزان مصرف سوخت متاثر از بالاست چرخ‌ها، میزان نیروی کششی و سرعت پیشروی تراکتور می‌باشد. در مقایسه با روش مرسوم در شرایط کم خاک‌ورزی، 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 به راحتی 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 بسزایی 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، به طوری که مصرف انرژی برای زراعت غلات و در روش‌های کم-خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی به ترتیب 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 به ترتیب ۵۰ و ۵۳ درصد در روش خاک‌ورزی نواری و نیز به ترتیب ۴۳ و ۴۸ در کم‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم کاهش می‌یابد (Lithourgidis *et al.*, 2009). به طور میانگین برای خاک‌ورزی مرسوم ۱۷/۴۹ – ۲/۰۶ لیتر بر هکتار، خاک‌ورزی حفاظتی ۱۰/۲۰ – ۱/۰۳ لیتر بر هکتار و بی‌خاک-ورزی (کشت مستقیم) ۴/۰۲ – ۱/۰۳ لیتر بر هکتار گزارش شده است (Stajnko *et al.*, 2009).

بی‌ثباتی به وجود 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 به منظور 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 تراکتورِ مسی فرگوسن ۲۸۵ و ۳۹۹، به ترتیب با توان موتور ۷۵ و ۱۱۰ اسب بخار استفاده شد. به دلیل عدم افزایش سرعت به بیش از ۱۲ کیلومتر بر ساعت توسط تراکتور MF ۲۸۵ 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 (هاشمی، ۱۳۹۰)، برای انجام این طرح انتخاب شد، که قسمت‌های تشکیل دهنده‌ی آن در ادامه می‌آید (شکل ۱).

شکل ۱. دستگاه سوخت سنج.

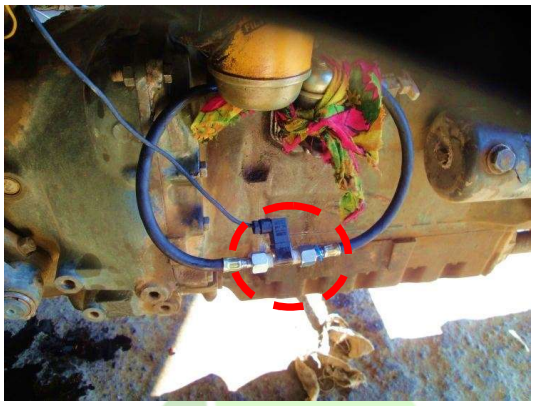
(۱) سنسور فلومتر، (۲) قسمت‌های الکترونیکی از جمله: پردازنده، حافظه خارجی، نمایشگر، سیم‌های اتصال دستگاه به سنسور، فیش اتصال به منبع تغذیه، کلیدهای دستگاه، (۳) شیلنگ‌ها و اتصالات ساخته شده برای اتصال سنسور به سیستم سوخت‌رسانی موتور.

نصب دستگاه سوخت سنج روی تراکتور MF ۲۸۵

سیستم سوخت‌رسانی در این تراکتور به گونه‌ای 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

[1] Split Plot

سوخت متصل‌اند، 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).



شکل ۲. حسگر سیستم اندازه‌گیر مصرف سوخت.

نصب دستگاه سوخت سنج روی تراکتور MF ۳۹۹

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 به صورت سری به هم متصل هستند، رسیده و از آنجا به پمپ انژکتور و به طرف انژکتورها هدایت می‌گردد.

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 سوخت سنج 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.

در هر دو تراکتور در تمامی اتصالات، هیچ گونه 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 به کار می‌کند و کلمه لاتین TEST به همراه یک شماره در مقابل آن نمایش داده می‌شود که این رقم شماره آزمون در حال اجرا را نشان می‌دهد. نشانگر چشمک زن، علامت آماده به کار بودن دستگاه را نشان می‌دهد.

برای شروع آزمون سوخت سنجی باید کلید START به مدت دو ثانیه فشار داده شود، بعد سیستم شروع به کار 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.

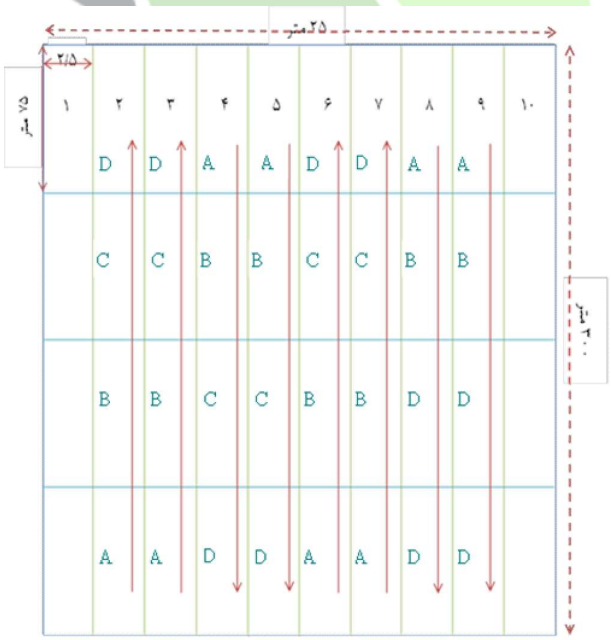
دستگاه خاک‌ورز حفاظتی آگرومت پنج شاخه

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.

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 ۴. خاکورز حفاظتی آگرومت پنج شاخه

مزرعه‌ها به صورت شکل ۳–۷ کرت بندی 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 – ۸) برای عمق کاری ۱۰ سانتی‌متر و مسیرهای شماره‌ی (۳ – ۵ – ۷ – 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 ۳–۸ و ۳–۹).



شکل ۵. طرحواره‌ی مسیرها و کرت‌های ارزیابی.

سطوح سرعت‌ها به ترتیب 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 به ترتیب کرت‌های C و D با سطوح سرعتی ۱۰ و ۱۲ کیلومتر بر ساعت مورد خاک‌ورزی قرار گرفتند و داده برداری‌های مربوط به مصرف سوخت انجام شد. بعد از اتمام مسیر شماره‌ی ۲، به ترتیب 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، به منظور 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 به ترتیب 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 ۳-۱ به صورت لیتر بر هکتار تبدیل شدند.

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

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 به صورت فاکتوریل انجام گرفت و عمق نمونه‌برداری به عنوان 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 به ترتیب 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) به تنهایی 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.

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

تیمارها Treatment	درجه آزادی Freedom degree	مصرف سوخت Fuel consume	
		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 به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار می‌باشند.

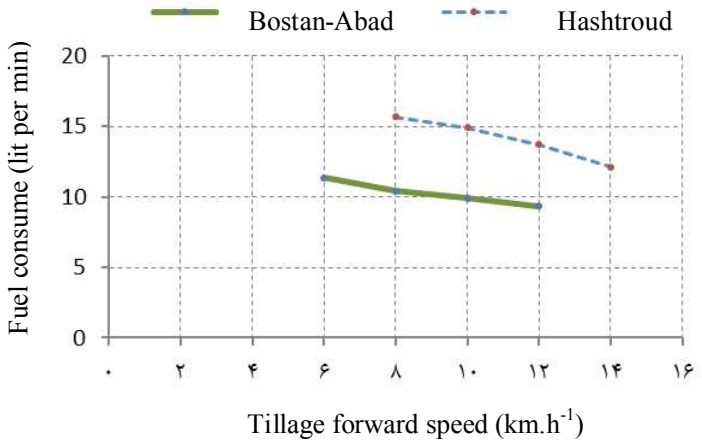
بین سرعت‌های مختلف خاک‌ورزی، از نظر مقدار مصرف سوخت اختلاف معنی‌داری وجود داشت و با افزایش سرعت خاک-ورزی، کاهش در مصرف سوخت مشاهده گردید. علت کاهش مصرف سوخت با افزایش سرعت خاک‌ورزی انجام سریع عملیات در واحد سطح می‌باشد. که چون در مدت زمان کوتاهی عملیات به پایان می‌رسد لذا سوخت کمتری مصرف می‌گردد. بیش‌ترین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

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، به ترتیب 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.

جدول ۲. مقایسه میانگین مصرف سوخت در سرعت‌های مختلف خاک‌ورزی.

سرعت خاک‌ورزی Tillage forward speed	۶ 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}	۱۴ کیلومتر بر ساعت 14 km.h^{-1}
بستان‌آباد Bostan-Abad	a11.37	b10.40	bc9.90	c9.37	----
هشترود Hashtrood	-----	a15.68	a14.91	b13.71	c12.14

حروف متفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد را نشان می‌دهند.

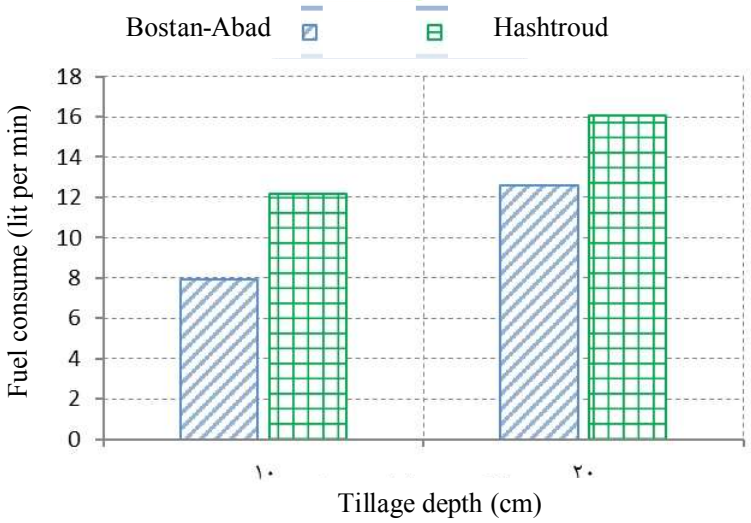


شکل ۶. اثر سرعت خاک‌ورزی بر مصرف سوخت تراکتور.

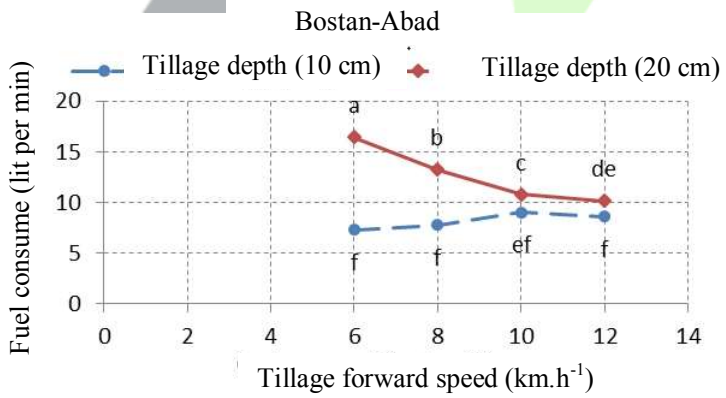
جدول ۳. مقایسه میانگین مصرف سوخت در عمق‌های مختلف خاک‌ورزی.

عمق خاک‌ورزی Tillage depth	۱۰ سانتی‌متر 10 cm	۲۰ سانتی‌متر 20 cm
بستان‌آباد Bostan-Abad	b7.90	a12.60
هشترود Hashtrood	b12.16	a16.06

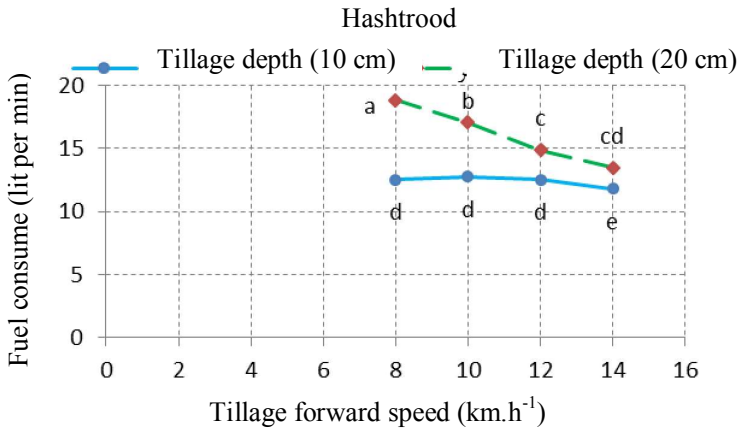
حروف متفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ درصد را نشان می‌دهند.



شکل ۷. اثر عمق خاک‌ورزی بر مصرف سوخت تراکتور.



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



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

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

نتیجه گیری

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 بدست آمده از پژوهش‌های زیر مطابقت دارد. (روزبه و همکاران،. ۱۳۸۲)، طی تحقیقی بر انرژی خاک‌ورزی، به این نتیجه رسیده بودند که با افزایش سرعت خاک-ورزی به دلیل کاهش زمان عملیات مصرف سوخت کاهش یافته است. (دارابی، ۱۳۹۰)، اثر عمق خاک‌ورزی را بر مصرف انرژی بررسی نموده و به این نتیجه رسیده که با افزایش عمق خاک‌ورزی به دلیل افزایش کشش، مصرف سوخت افزایش می‌یابد. هم-چنین 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

۱. دارابی، ش. ۱۳۹۰. نقشه مصرف سوخت تراکتور برای عمق‌های مختلف و دنده‌های مختلف با استفاده از سوخت سنج دیجیتالی. کنفرانس روش‌های نوین کشاورزی.

۲. روزبه، م.، الماسی، و.، و همت، آ. ۱۳۸۲. ارزیابی و بررسی انرژی مصرفی در روش‌های مختلف خاک‌ورزی در کاشت ذرت. مجله علوم کشاورزی. ۳۳، ۱۱۷-۱۲۸.

۳. هاشمی، ع ر. طراحی و ارزیابی سیستم مانیتوریگ مصرف سوخت در عملیات کشاورزی، دانشگاه تبریز.

4. 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.

5. Filipovic, D., S. Kosutic, Z. Gospodaric, R. Zimmer, and D. Banaj, 2006. The possibilities of fuel saving and the reduction of Co2 emissions in the soil tillage in Croatia Agriculture. Ecosystems an Environment, 115(290), 1-4.

6. 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.

7. Hayes, W. A., and H. M. Young, 1982. Minimum Tillage Farming. No-Till Farmer.

8. Helsel, Z. R. 2007. Fuel requirements and energy saving tips for field operation. N.J Agriculture Experiment Station.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. Lopes, A., K. P. Lanças, C. E. A. Furlani, A. K. Nagaoka, P. Castro Neto, 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), p. 382-386,

13. 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.

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 CO2 Emissions in Production of Silage Corn in Eastern Slovenia. Polish J. of Environ. Stud, 18(4), 711-716.

Effect of Conservation Tillage forward speed and depth on farm Fuel Consumption

Arman Jalali[1*], Asghar Mahmoudi[2], Mostafa Valizadeh[3] and Iraj Eskandari[4]

1- Ph.D Student, Department of Agricultural Machine Engineering, Tabriz University of Tabriz
a.jalali@tabrizu.ac.ir
2- Associate Professor, Department of Agricultural Machine Engineering, Tabriz University of Tabriz.
3- Professor, Department of Agronomy and plant Breeding, Tabriz University of Tabriz.
4- Faculty member, Dryland Agriculture Research Institute, Maragheh, Iran.

Abstract

Tillage is a time consuming and expensive procedure. Considering the application of agricultural operations, we can save considerable amount of fuel, time and energy consumption. With regard the advantages of conservation tillage as well as to absence of adequate scientific research on imported conservation tillage implement and those which are made inside the country, and considering the importance of tillage depth and speed in different tiller performances, this investigation was carried out based on random blocks in the form of split plot experimental design. The main factor was tillage depth (10 and 20cm at both levels) and the sub factor was tillage speed, (6, 8, 10, 12 km per hour on four levels for Bostan Abad and 8,10,12,14 km per hour for Hashtroud). It was carried out using conservation tillage implement made in Sazeh Keshte Bukan Company, which is mostly used in Eastern Azerbaijan and by using Massey Ferguson 285, 399 tractors in Bostan Abad and Hashtroud, respectively with loamy sand soil texture. In this investigation, the characteristics of fuel consumption, was studied. In this study, the effect of both factors tillage forward speed and depth and interaction between forward speed and tillage depth on fuel consumption, significant at level of one percent probability ($P<0.01$) in both farm. Through an increase in tillage forward speed, fuel consumption reduced at unit level. Moreover, the optimum speed was concluded 10 km per hour. Through an increase in tillage depth, fuel consumption, increases accordingly. The most appropriate tillage depth using this machine is 10 cm.

Keywords: Conservation Tillage, Depth, Fuel Consumption, Tillage Speed