نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد دهم، شماره سوم، پاییز ۹۶
۱۵۷-۱۷۷
http://ejcp.gau.ac.ir

بررسی رابطه عملکرد و سایر عوامل بر مصرف سوخت در تولید سویا در استان گلستان

نصیبه رضوان‌طلب[۱]، *افشین سلطانی[۲]، ابراهیم زینلی[۳] و رضا دیلم‌صالحی[۴]

[۱]دانش‌آموخته دکتری زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲]استاد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۴]کارشناس‌ارشد بهینه‌سازی انرژی شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران، منطقه گلستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۲/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/٦/۲۸

چکیده

سابقه و هدف: در مقیاس جهانی حدود ۵ درصد از سوخت‌های فسیلی را فرآیندهای کشاورزی مصرف می‌کند (٦). فعالیت‌های زراعی شامل خاک‌ورزی، پخش کود، سم، آبیاری و برداشت گیاهان زراعی به عنوان مصرف‌کننده مستقیم سوخت‌های فسیلی هستند (١٦). در سال‌های اخیر با توجه به افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی و وجود سهمیه‌بندی در توزیع آن، کشاورزان تمایل به استفاده بهینه از سوخت‌های فسیلی و همچنین استفاده از ادوات و ماشین‌آلات جدید در جهت کاهش مصرف آن دارند. استان گلستان ٧٤ درصد از تولید سویا را در ایران به خود اختصاص داده است. از این‌رو با بررسی چگونگی مصرف سوخت در تولید محصول سویا می‌توان گام مؤثری در جهت کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی برداشت.

مواد و روش‌ها: این مطالعه در استان گلستان واقع در شمال ایران انجام شده است. داده‌ها از ١٤٠ مزرعه جمع‌آوری شدند. یادداشت‌برداری در شهرستان‌های استان شامل گرگان، علی‌آباد، خان ببین، رامیان، آزادشهر، گالیکش، مینودشت، کلاله، بندرگز و کردکوی صورت پذیرفت. عملیات تولید سویا به گروه‌های مختلف شامل آماده‌سازی زمین، کاشت، کوددهی، حفاظت گیاهی، آبیاری و برداشت تقسیم شد. اطلاعات مرتبط با مصرف سوخت از طریق ارزیابی در عرصه زمین‌های کشاورزی از تولیدکنندگان سویا صورت گرفت. کشاورزان از تراکتورهای مختلفی برای انجام عملیات زراعی مختلف در تولید سویا استفاده کردند. همچنین برای آسان‌تر شدن مقایسات مصرف سوخت در شهرستان‌های مختلف، شهرستان‌های استان را به ٦ گروه مشابه تقسیم‌بندی نموده و مقایسات در این ٦ گروه صورت پذیرفت.

یافته‌ها: براساس یافته‌های تحقیق کشت سویا در فصل تابستان از مصرف سوخت کمتری برخوردار بود. همچنین کشت سویا پس از محصول سیب‌زمینی نیز کمترین مقدار مصرف سوخت را نشان داد که یکی از دلایل آن عدم خاک‌ورزی سنتی و کاهش تعداد دفعات دیسک‌زنی نسبت به سایر محصولات زراعی بود. استفاده از تراکتورهایی با توان بیشتر با کاهش زمان انجام عملیات زراعی مانند آماده‌سازی زمین و همچنین کاهش تعداد دفعات انجام آن نقش مؤثری در مصرف سوخت دارد. همچنین شهرستان‌های کردکوی و بندرگز نسبت به شهرستان‌های گرگان، گالیکش و مینودشت ٣٩ درصد کمتر از سوخت‌های فسیلی استفاده کردند. عملکرد دانه نیز از رابطه مثبت و معنی‌داری با سوخت

*مسئول مکاتبه: Afsoltani@yahoo.com

مصرف شده برای برداشت محصول و مجموع کلیه عملیات و رابطه منفی و معنی‌داری با سوخت مصرفی برای حفاظت گیاهان در برابر آفات و بیماری‌ها برخوردار بود. همچنین با افزایش سطح زمین‌های تحت کشت سویا مصرف سوخت در عملیات آماده‌سازی زمین و حفاظت گیاهی کاهش یافت ولی در عملیات برداشت و مجموع کلیه عملیات افزایش نشان داد.

نتیجه‌گیری: استفاده از ادواتی که با وجود بقایای محصول قبلی مانند باقلا بدون نیاز به انجام خاک‌ورزی اولیه و با تعداد دفعات کمتر خاک‌ورزی ثانویه عملیات آماده‌سازی زمین را انجام دهند، می‌توان در مصرف سوخت برای تولید سویای بهاره صرفه‌جویی نمود. مصرف سوخت برای حفاظت گیاهی در تولید سویای تابستانه نسبت به سویا بهاره بیشتر بوده است. با تغییر سیستم آماده‌سازی زمین از خاک‌ورزی کامل با تراکتورهایی با توان اسب بخار کمتر به سمت عدم شخم‌زنی و استفاده از تراکتورهایی با توان بالاتر و همچنین استفاده از ادوات ترکیبی مانند کمبینات برای انجام توأم عملیات آماده‌سازی زمین و کاشت می‌توان مصرف سوخت را برای آماده‌سازی زمین تا ٦٠ درصد کاهش داد. استفاده از الکتریسیته نیز به‌جای کاربرد سوخت در آبیاری محصول سویا باعث کاهش قابل توجه مصرف سوخت فسیلی تا ٧٠ درصد گردید. انجام به موقع سم‌پاشی برای مبارزه با آفات سویا می‌تواند تا ١٥ درصد در مصرف سوخت صرفه‌جویی به عمل آورد. استفاده از موتورهای غیرفرسوده و کم‌مصرف و متناسب با چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق و تنظیم و سرویس به موقع آن‌ها نقش بسیار مؤثری در کاهش مصرف سوخت برای آبیاری محصول سویا دارد. یک پارچه‌سازی و تسطیح اراضی نیز در کاهش مصرف سوخت برای آماده‌سازی زمین و سم‌پاشی و برداشت محصول نقش به سزایی داشت.

واژه‌های کلیدی: استان گلستان، توان تراکتور، سوخت فسیلی، سویا، عملیات زراعی

مقدمه

در مقیاس جهانی حدود ٥ درصد از سوخت‌های فسیلی را فرآیندهای کشاورزی مصرف می‌کند (٦). استفاده از گازوئیل از مهمترین منابع سوختی مورد استفاده در عملیات زراعی است زیرا موتورهایی که با گازوییل کار می‌کنند از توان بیشتری برخوردار هستند. از بنزین نیز عمدتا در موتور سم‌پاش‌های قابل حمل و برای وسایل نقلیه سبک در کشاورزی استفاده می‌شود (٥). فعالیت‌های زراعی شامل خاک‌ورزی، پخش کود، سم، آبیاری و برداشت گیاهان زراعی به‌عنوان مصرف‌کننده مستقیم سوخت‌های فسیلی هستند (١٦). سهم سوخت مصرفی در تولید محصولات بستگی زیادی به نوع عملیات انجام شده دارد. مثلا در محیط‌های خشک و گرم، بیشترین سوخت مصرفی برای آبیاری محصولات زراعی است در حالی‌که در شرایط دیم سهم سوخت مصرفی در بخش خاک‌ورزی و کاشت بیشتر می‌گردد. توصیف مصرف سوخت بر اساس لیتر در هکتار از لیتر در ساعت بهتر است زیرا به وسیله آن می‌توان میزان مختلف نهاده‌ها و عملیات تولید را بررسی نمود (١٤). در سال‌های اخیر با توجه به افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی و وجود سهمیه‌بندی در توزیع آن، کشاورزان تمایل به استفاده بهینه از سوخت‌های فسیلی و همچنین استفاده از ادوات و ماشین‌آلات جدید در جهت کاهش مصرف آن دارند. سویا نیز یکی از مهمترین دانه‌های روغنی است که در ایران

کشت می‌شود. استان گلستان ۷٤ درصد از تولید سویا را در ایران به خود اختصاص داده است که از ۵۱۰۰۰ هکتار زمین تحت کشت سویا تقریبا ۱۱۱٦۰۹ تن محصول برداشت می‌گردد. از این‌رو با بررسی چگونگی مصرف سوخت در تولید محصول سویا می‌توان گام مؤثری در جهت کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی برداشت. در ایران مطالعات مختلفی روی مصرف سوخت در محصول سویا و سایر محصولات زراعی و باغی صورت گرفته است. موسوی اول و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی میزان مصرف انرژی ناشی از نهاده‌های مختلف از جمله سوخت‌های فسیلی در تولید سویا در استان گلستان دریافتند که بدون کاهش عملکرد تا ٦/۱۸ درصد می‌توان در مصرف سوخت‌های فسیلی طی عملیات مختلف زراعی صرفه‌جویی نمود. البته ایشان مصرف کل سوخت‌های فسیلی در تولید سویا را ۱۰۳/٦۱ لیتر در هکتار برآورد کردند. همچنین ایشان کشاورزان را به دو دسته کشاورزان کارآمد و ناکارآمد از نظر مصرف انرژی تقسیم نمودند. بر اساس نتایج حاصله، کشاورزان کارآمد از نظر مصرف سوخت می‌توانند ۸٤/۹۳ لیتر در هر هکتار مصرف سوخت داشته باشند که در کشاورزان ناکارآمد این میزان تا ۱۰۸/۲۵ لیتر در هکتار یعنی تا ۲۷/٤۵ درصد افزایش می‌یابد. یکی از دلایل افزایش مصرف سوخت در کشاورزان ناکارآمد، مصرف بیش از حد نهاده‌ها به‌خاطر عدم آگاهی دقیق از زمان استفاده آن‌ها و ارزان بودن نهاده‌هایی مانند سوخت‌های فسیلی و عدم توجه به هزینه‌های مصرف آن دانستند. بر این اساس تعداد دفعات استفاده از ماشین‌آلات و ادوات و به واسطه آن مصرف سوخت افزایش می‌یابد. افزایش آگاهی کشاورزان ناکارآمد و واقعی‌سازی قیمت نهاده‌های کشاورزی از جمله سوخت‌های فسیلی می‌تواند از افزایش بی رویه مصرف سوخت در تولید سویا بکاهد (۹).

رمضانی و همکاران (۲۰۱۱) با هدف بررسی مصرف انرژی و ارزیابی حساسیت نهاده‌ها برای تولید سویا در شهرستان کردکوی در استان گلستان تحقیقی را از ۳۲ کشاورز با استفاده از روش مصاحبه چهره به چهره انجام دادند. ایشان مجموع مصرف سوخت را برای تولید هر هکتار سویا ۲۰۰/٦٤ لیتر در هکتار تخمین زدند که ٦٤ درصد از مصرف انرژی ناشی از نهاده‌ها را به خود اختصاص داد. ایشان اظهار داشتند یکی از دلایل مصرف سوخت زیاد در تولید سویا در این منطقه استفاده از تراکتورهای فرسوده است که می‌تواند موجب افزایش مصرف سوخت در عملیات مختلف زراعی گردد (۱۲).

رجایی‌فر و همکاران (۲۰۱٤) مصرف سوخت را برای تولید هر هکتار سویا در استان گلستان ۲۸۵/۹٦ لیتر گزارش کردند. همچنین ایشان بیان کردند که با افزایش سطح آگاهی کشاورزان می‌توان مصرف سوخت را تا ۸/۹۰ لیتر در هکتار کاهش داد (۱۱). همچنین عالیمقام و همکاران (۲۰۱۳) میزان مصرف سوخت را در تولید سویا در شهرستان گرگان ۱۲۹ لیتر گزارش کردند (۱). سلطانی و همکاران (۲۰۱۳) نیز مصرف سوخت را در سناریوهای مختلف کشت گندم در استان گلستان ارزیابی نمودند. ایشان دریافتند که از ۵۳ تا ۱۲۳ لیتر سوخت با متوسط ۹۲ لیتر برای تولید هر هکتار گندم نیاز است. همچنین آماده‌سازی زمین در کلیه سناریوهای مورد بررسی سهم بیشتری در مصرف سوخت داشت (۱۹). قربانی و همکاران (۲۰۱۱) نیز میزان مصرف سوخت در تولید گندم آبی و دیم در استان خراسان شمالی را به‌ترتیب ۲۱۸ و ۸۳/۹۰ لیتر در هکتار گزارش کردند (۳). زنگنه و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی میزان مصرف سوخت در تولید سیب‌زمینی در استان همدان در ایران دریافتند که در مجموع ۵۰٤/۹۸ لیتر سوخت فسیلی برای تولید هر هکتار نیاز است که انجام عملیات آبیاری ٤۵

درصد از مصرف سوخت را بر عهده داشته است (۱۹). بسیاری از محققان مطالعات خود را بر میزان مصرف سوخت، انرژی و تعیین شاخص‌های آن در تولید محصولات زراعی، باغی و گلخانه‌ای متمرکز ساخته‌اند. این در حالی است که رابطه میزان مصرف سوخت، با برخی از عوامل مؤثر بر آن در عملیات مختلف تولید شامل آماده‌سازی زمین، کاشت، کوددهی، حفاظت گیاهی، آبیاری و برداشت کمتر مورد توجه قرار گرفته است. با بررسی عوامل مؤثر بر مصرف سوخت می‌توان نقاط قوت برای کاهش مصرف سوخت در هر هکتار از زمین‌های تحت کشت سویا را مشخص نمود و در ادامه می‌توان مطالعات بیشتری را بر مبنای نتایج حاصله پی‌ریزی نمود. بنابراین تحقیق حاضر با هدف بررسی اثرات عوامل مختلف مدیریتی بر مصرف سوخت در تولید سویا در استان گلستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در استان گلستان واقع در شمال ایران انجام شده است. این منطقه دارای اقلیم مدیترانه‌ای است. در دهه اخیر میانگین بارش و دمای هوا به‌ترتیب ٤٤٢ میلی‌متر و ۱۸ درجه سانتی‌گراد بوده است. خاک این منطقه عمدتا سیلت‌لوم و اسیدیته آن برابر با ۷/۱۰-۷/۹۰ می‌باشد (۸).

داده‌ها از ۱٤۰ مزرعه جمع‌آوری شدند. انتخاب مزارع به‌صورت نمونه‌برداری سیستماتیک- تصادفی در نظر گرفته شد، بدین صورت که تعداد نمونه‌ها براساس اهمیت و سطح زیر کشت در هر شهرستان مشخص شده و سپس این تعداد مزرعه در هر شهرستان به‌صورت تصادفی انتخاب گردید. یادداشت‌برداری در شهرستان‌های استان شامل گرگان، علی‌آباد، خان‌ببین، رامیان، آزادشهر، گالیکش، مینودشت، کلاله، بندرگز و کردکوی صورت پذیرفت. عملیات تولید سویا به گروه‌های مختلف شامل آماده‌سازی زمین، کاشت، کوددهی، حفاظت گیاهی، آبیاری و برداشت تقسیم شد. اطلاعات مرتبط با مصرف سوخت از طریق ارزیابی در عرصه زمین‌های کشاورزی از تولیدکنندگان سویا صورت گرفت. برای تبدیل میزان مصرف الکتریسیته به میزان مصرف سوخت فسیلی نیز ابتدا مقدار الکتریسیته را در عدد ۳/٦ ضرب نموده تا میزان انرژی مصرفی الکتریسیته به‌دست آید و سپس آن را بر عدد ۳۸ که در واقع میزان انرژی به ازای هر یک لیتر سوخت مصرفی است تقسیم می‌کنیم تا مقدار معادل سوخت فسیلی محاسبه گردد. برای تأیید نهایی اطلاعات به‌دست آمده پرسش‌هایی نیز مبنی بر مصرف سوخت از رانندگان حرفه‌ای، سازندگان و تعمیرکاران ماشین‌آلات و ادوات انجام گرفت.

کشت سویا عمدتا پس از گندم و از ۲۰ اردیبهشت تا ۵ تیر صورت می‌گیرد. نیمی از کشاورزان خاک‌ورزی اولیه را توسط گاوآهن برگردان‌دار انجام می‌دهند و نیمی دیگر بدون خاک‌ورزی اولیه و پس از دیسک‌زنی اقدام به کشت سویا می‌کنند. کشاورزان عمدتا از کود اوره به‌صورت سرک‌پاشی و در طی آبیاری برای تولید سویا استفاده نمودند. آبیاری سویا با توجه به منطقه و در دسترس بودن آب کافی از ۱۰ تا ۲۰ روز صورت گرفت. برداشت سویا در کل استان از اواخر ماه مهر تا اوایل ماه آذر بسته به تاریخ کاشت آن انجام می‌گیرد که کشاورزان از مزارع سویا ۱۲۰۰ تا ٤۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار دانه برداشت می‌کنند.

کشت سویا در استان گلستان به دو صورت کشت تابستانه و بهاره انجام می‌گیرد. کشت بهاره از اواسط اردیبهشت و کشت تابستانه از اواخر خرداد آغاز می‌گردد. اکثر کشاورزان سویا را به‌صورت تابستانه کشت می‌کنند. از ۱٤۰ مزرعه مورد مطالعه ۳۰ مزرعه

به کشت بهاره و ۱۱۰ مزرعه به کشت تابستانه اختصاص یافت. محصولاتی که در تناوب با سویا عمدتا کشت می‌گردند شامل گندم، کلزا، سیب‌زمینی و باقلا می‌باشد که بیشترین سطح زیرکشت قبل از کشت سویا به محصول گندم اختصاص دارد. محصولات سیب‌زمینی، باقلا و کلزا در رتبه‌های بعدی قرار دارند.

کشاورزان از تراکتورهای مختلفی برای انجام عملیات زراعی مختلف در تولید سویا استفاده کردند. این تراکتورها شامل رومانی با ٦٥ اسب بخار، فرگوسن ۲۸۵ با ۷۵ اسب بخار، فرگوسن ۳۹۹ با ۱۱۰ اسب بخار، جاندیر با ۱۲۰ اسب بخار، نیوهلند با ۱۵۵ اسب بخار، والترا با ۱۸٤ اسب بخار، ولوو با ٤٥ اسب بخار می‌باشد. سوخت مورد استفاده برای تراکتورها، گازوییل و برای موتورهای آبیاری، گازوییل و الکتریسیته بود.

همچنین برای آسان‌تر شدن مقایسات مصرف سوخت در شهرستان‌های مختلف، شهرستان‌های استان را به ٦ گروه مشابه تقسیم‌بندی نموده و مقایسات در این ٦ گروه صورت پذیرفت. این مقایسات بر اساس مشابهت‌های اقلیمی و نوع سیستم تولید مشترک به دلیل نزدیکی شهرها به یکدیگر انجام شد. این ٦ گروه شامل شهرستان‌های علی‌آباد و خان‌ببین، گرگان، کردکوی و بندرگز، گالیکش و مینودشت، رامیان و آزادشهر و در نهایت کلاله می‌باشد. داده‌های به‌دست آمده توسط نرم‌افزار SAS (۲۰۰۷) تجزیه و تحلیل و نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند. به‌منظور انجام مقایسات میانگین از آزمون LSD استفاده گردید.

نتایج و بحث

فصل کشت: با تغییر فصل کشت سویا از بهاره به تابستانه، کاهش معنی‌داری در مصرف سوخت برای عملیات آماده‌سازی زمین صورت گرفت (جدول ۱). به‌طوری‌که از ۰/۲۳±۵۳ لیتر در هکتار در تولید سویای بهاره به ۰/۰۳±٤٦ لیتر در هکتار در تولید سویای تابستانه رسید (شکل ۱). کاهش ۱۲ درصدی در مصرف سوخت برای آماده‌سازی زمین در تولید سویا تابستانه می‌تواند به دلایل نوع و تعداد بیشتر دفعات خاک‌ورزی در تولید سویای بهاره باشد. تولیدکنندگان سویای تابستانه اغلب از روش کم‌خاک‌ورزی و استفاده از دیسک به‌جای گاوآهن برگردان‌دار برای آماده‌سازی زمین کشت سویا استفاده کردند. از این‌رو متوسط تعداد دفعات عملیات شخم با گاوآهن برگردان‌دار در تولید سویای بهاره ۰/۰۰±۰/۷۲ و در سویای تابستانه ۰/۰۰±۰/۳۳ ارزیابی شد، از طرفی تعداد دفعات دیسک‌زنی در سویای بهاره ۰/۰۰±۳/۸۸ و در سویای تابستانه ۰/۰۰±۳/۵۷ به‌دست آمد. استفاده از گاوآهن برگردان‌دار نسبت به عملیات دیسک‌زنی از مصرف سوخت بیشتری برخوردار بود که می‌توان نتیجه گرفت وجود بقایای محصول قبل و فرصت زمانی بیشتر برای کاشت سویای بهاره کشاورزان را ترغیب به استفاده از گاوآهن برگردان‌دار و انجام خاک‌ورزی اولیه قبل از عملیات دیسک‌زنی می‌کند. همچنین ۹۸ درصد از کشاورزانی که از دیسک‌های افست سنگین در آماده‌سازی زمین در کشت سویای تابستانه استفاده کرده بودند از هیچ‌گونه شخم توسط گاوآهن برگردان استفاده نکرده و میزان مصرف سوخت آن‌ها تا ۲۰ درصد کاهش یافت. از این‌رو استفاده از تراکتورهایی که بتوانند دیسک‌هایی با عرض کار و عمق نفوذ بیشتری را هدایت کنند هم در کشت بهاره و هم در کشت تابستانه در کاهش مصرف سوخت برای آماده‌سازی زمین مؤثرند. بر این اساس آلووین و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی مصرف سوخت در انواع تراکتورهایی ٤ سیلندر و ٦ سیلندر به‌همراه ادوات مختلف گزارش کردند که برای خاک‌ورزی در هر هکتار، استفاده از تراکتور ٦ سیلندر به‌همراه دیسک

سبک برای خاک‌ورزی اولیه ۹ لیتر و برای خاک ورزی ثانویه ۹ لیتر مصرف سوخت دارد. این در حالی است که استفاده از تراکتور ٦ سیلندر به‌همراه گاوآهن برگردان‌دار ۳۲ لیتر سوخت مصرف نمود (۲).

مصرف سوخت برای عملیات حفاظت گیاهی در تولید سویای بهاره ۳٤ درصد کمتر از سویای تابستانه ارزیابی شد (شکل ۱). به‌طوری‌که متوسط تعداد عملیات سم‌پاشی در سویای بهاره ۱/۷۸±۰/۱۲ و در سویای تابستانه ۲/۸۳±۰/۰۰ به‌دست آمد. شیوع آفات کرم برگ‌خوار و غلاف‌خوار سویا در تولید سویای تابستانه نسبت به سویای بهاره بیشتر است. از این‌رو کشاورزان به ناچار از تعداد دفعات سم‌پاشی بیشتری بر علیه این آفات استفاده می‌کنند که این مسأله بر میزان مصرف سوخت می‌افزاید. جهت برداشت هر هکتار سویای بهاره به ٤۰±۰/۱٤ لیتر سوخت برای کمباین نیاز است که این میزان در سویای تابستانه به ۳۲±۰/۰۲ لیتر در هکتار کاهش یافت (شکل ۱). افزایش عملکرد در سویای بهاره عامل اصلی در افزایش مصرف سوخت برای برداشت قلمداد شد به‌طوری‌که عملکرد سویای بهاره نسبت به سویای تابستانه ۲۰ درصد افزایش نشان داد و به دنبال آن مصرف سوخت نیز افزایش یافت. البته عوامل مختلفی در طی برداشت می‌تواند بر مصرف سوخت مؤثر باشد از جمله: نوع خاک، شرایط رطوبتی خاک و محصول، اندازه و شکل زمین، نوع رقم مورد برداشت، شرایط آب و هوا و عملکرد محصول (۱۰، ۱۵). جهت تولید هر هکتار سویای بهاره به ۲۵۰±۰/۰۲ لیتر و سویای تابستانه به ۲۰۵ ±۰/۰۲ لیتر نیاز است که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با هم نشان دادند (جدول ۱). به‌نظر می‌رسد برآیند کاهش مصرف سوخت در عملیات حفاظت گیاهی و افزایش مصرف سوخت در بخش آماده‌سازی زمین و برداشت محصول سویا در تولید سویای بهاره در مجموع باعث افزایش مصرف سوخت در تولید سویای بهاره شده است و کشت سویا در فصل تابستان از مصرف سوخت کمتری برخوردار می‌باشد. البته با کاهش تعداد عملیات خاک‌ورزی توسط ادواتی با عرض کار و عمق نفوذ بیشتر و عدم استفاده از خاک‌ورزی سنتی که همراه با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار است می‌توان میزان مصرف سوخت در سویای بهاره را تا ۲۵ درصد کاهش داد. سلطانی و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی مصرف سوخت در تولید گندم در استان گلستان، تمرکز بر کاهش مصرف سوخت در بخش آماده‌سازی زمین را یکی از روش‌های کاهش مصرف سوخت در کل تولید گندم دیم و آبی دانستند. ایشان همچنین کمبود تراکتورهای سنگین و دارای توان بالا و عدم وجود ادواتی که بتوانند در بقایای محصول قبلی به آماده‌سازی زمین بپردازند را دلیل کاهش استفاده از روش‌های خاک‌ورزی کاهش‌یافته و یا بدون خاک‌ورزی مطرح نمودند که در اکثر موارد از گاوآهن برگردان‌دار به‌همراه چندین بار دیسک‌زنی برای خاک‌ورزی اولیه و ثانویه استفاده می‌گردد (۱۸).

تناوب کشت: کاشت سویا پس از باقلا بیشترین (۰/۲٤ ± ۷۰ لیتر در هکتار) و پس از سیب‌زمینی (۱/۰۰±۳۹ لیتر در هکتار) کمترین مصرف سوخت را برای آماده‌سازی زمین به‌همراه داشت (شکل ۲). کشت سویا پس از گندم و کلزا نیز از مصرف تقریبا مشابهی برابر با ٤٦±۰/۰٤ لیتر در هکتار برای گندم و ٤۹ ±۰/۷٤ لیتر در هکتار برای کلزا برخوردار بود. گرچه از نظر آماری هیچ اختلاف معنی‌داری در مصرف سوخت برای آماده‌سازی زمین پس از کشت گندم، کلزا و سیب‌زمینی به‌دست نیامد (شکل ۲). ۹۰ درصد از تولیدکنندگان سویا که محصول خود را پس از باقلا کشت کرده بودند از شخم توسط گاوآهن برگردان‌دار استفاده کرده و متوسط تعداد دفعات دیسک‌زنی در آن‌ها ٤/۲۱±۰/۰۹ در هر هکتار به‌دست آمد. از آنجا که باقلا از اواخر فروردین تا اواخر اردیبهشت برداشت می‌شود، کشت سویا عمدتا در

اواخر اردیبهشت صورت گرفته و کشت بهاره محسوب می‌شود، بنابراین همان‌طور که در قسمت قبل اشاره شد، مصرف سوخت برای آماده‌سازی زمین در کشت بهاره افزایش می‌یابد. اما کشاورزانی که پس از محصول سیب‌زمینی اقدام به کشت سویا می‌کنند به‌دلیل نوع برداشت سیب‌زمینی که همراه با زیرورو کردن خاک است، عمدتا از شخم برگردان‌دار استفاده نکرده و به‌طور متوسط نیز پس از ۲/۷۵±۰/۲۲ دفعه عملیات دیسک‌زنی اقدام به کشت سویا می‌کنند، از این‌رو به‌دلیل استفاده از روش‌های کم‌خاک‌ورزی، مصرف سوخت برای آماده‌سازی زمین سویا نیز در این نوع مزارع کاهش می‌یابد.

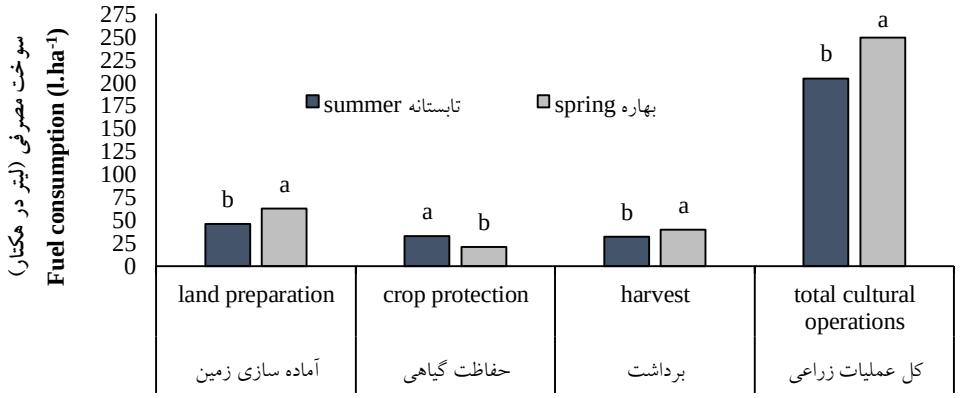
جدول ۱- تجزیه واریانس اثر فصل کشت بر مصرف سوخت در عملیات مختلف تولید سویا در استان گلستان.

Table 1. Analysis of variance the effect of growing season on fuel consumption in various operations in soybean production in Golestan province.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	آماده‌سازی زمین Land preparation	کاشت Sowing	کوددهی Fertilizing	حفاظت گیاهی Crop protection	آبیاری Irrigation	برداشت Harvest	کل عملیات زراعی Total cultural operations
تناوب زراعی Rotation	1	4309.39**	0.12^{ns}	9.50^{ns}	2123.74**	8640.62^{ns}	891.66**	31139.66*
خطا Error	-	340.19	10.13	2.57	248.90	25912.23	63.33	21994.27
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	37.95	37.61	58.23	50.54	77.74	24.04	70.34

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

ns, * and **: Non-Significant and Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.



شکل ۱- مصرف سوخت در انجام عملیات مختلف در تولید سویای بهاره و تابستانه.

Figure 1. Fuel consumption in performing the various operations in soybean production in spring and summer soybean production.

در کشت تابستانه سویا که عمدتا پس از برداشت گندم و کلزا صورت می‌گیرد نیز از عملیات کم‌خاک‌ورزی برای آماده‌سازی زمین استفاده کرده و مصرف سوخت نسبت به کشت سویا پس از باقلا که

در فصل بهار صورت می‌گیرد تا ۳٤ درصد کاهش می‌یابد. استفاده از تراکتورهایی با توان اسب بخار بیشتر و دنباله‌بندهایی با عرض کار و عمق نفوذ بیشتر می‌تواند مدت زمان انجام عملیات آماده‌سازی زمین را کاهش دهد و از مصرف سوخت بکاهد. بنابراین با انجام عملیات کم‌خاک‌ورزی حتی با وجود بقایای محصول قبل می‌توان از تعداد دفعات و مدت زمان انجام عملیات کاست و در جهت کاهش مصرف سوخت گام مؤثری برداشت.

کشت سویا پس از محصول گندم بیشترین مصرف سوخت را برای عملیات حفاظت گیاهی به‌همراه داشت و کشت سویا پس از سایر محصولات ذکر شده اختلاف معنی‌دار آماری را نشان ندادند (جدول ۲). کشت سویا پس از گندم و کلزا از مصرف سوخت کمتری جهت برداشت نسبت به کشت سویا پس از باقلا و سیب‌زمینی برخوردار بود و اختلاف معنی‌داری را نیز نشان دادند (جدول ۲). به‌دلیل افزایش عملکرد در کشت بهاره سویا که پس از محصولات باقلا و سیب‌زمینی عمدتا کشت می‌شود، مصرف سوخت نیز نسبت به کشت سویا پس از گندم و کلزا که عمدتا کشت تابستانه محسوب شده و فصل کشت در آن کوتاه می‌گردد، افزایش می‌یابد. در نهایت برای تولید هر هکتار سویا پس از برداشت باقلا ۰/۸۵±۲٦۸، سیب‌زمینی ۲/۳۲±۱۸۲، گندم ۰/۰۹±۱۹۸ و کلزا ۳/۷۵± ۳۸۹ لیتر در هکتار سوخت مصرف شد (شکل ۲). کشت سویا پس از گندم از بیشترین فراوانی و پس از سیب‌زمینی و باقلا از رواج نسبی کمتری در کل استان برخوردار است اما کشت سویا پس از کلزا کمتر از ۵ درصد زمین‌های زراعی را در بر می‌گیرد، زیرا کشت کلزا عمدتا به‌صورت دیم صورت گرفته و اغلب موارد از کشت برنج در تناوب با کشت کلزا جهت کنترل گیاهچه‌های جوان کلزا که به‌عنوان علف‌های هرز مزارع سویا محسوب می‌شود، استفاده می‌گردد. کشاورزانی که پس از کلزا اقدام به کشت سویا می‌کنند، عمدتا از تعداد دفعات آبیاری بیشتری استفاده کرده و برای مبارزه با علف‌های هرز از تعداد دفعات علف‌کش بیشتری استفاده می‌کنند. همچنین جهت آماده‌سازی زمین نیز بیش از ٦۰ درصد از کشاورزان از شخم برگردان به‌همراه حداقل ۳ و حداکثر ۷ مرتبه دیسک استفاده کردند که مجموع این عوامل باعث مصرف سوخت بیشتری نسبت به کشت سویا پس از گندم گردید. کشت سویا پس از سیب‌زمینی از کمترین مصرف سوخت برخوردار بود که یکی از دلایل آن عدم خاک‌ورزی سنتی و کاهش ٤۰ درصدی تعداد دفعات دیسک‌زنی نسبت به سایر محصولات زراعی بود. به هر حال با کاهش عملیات خاک‌ورزی، استفاده از روش‌های زیستی برای کنترل آفات و علف‌های هرز و بهبود کارایی عملکرد ماشین‌های برداشت می‌توان در کاهش مصرف سوخت در تولید سویا اقدام نمود. همچنین با نگهداری مناسب و سرویس به موقع ادوات و تراکتورها، رفتار متعادل و کارایی رانندگان آن‌ها می‌توان ۱۰ تا ۳۰ درصد در مصرف سوخت صرفه‌جویی نمود (٤).

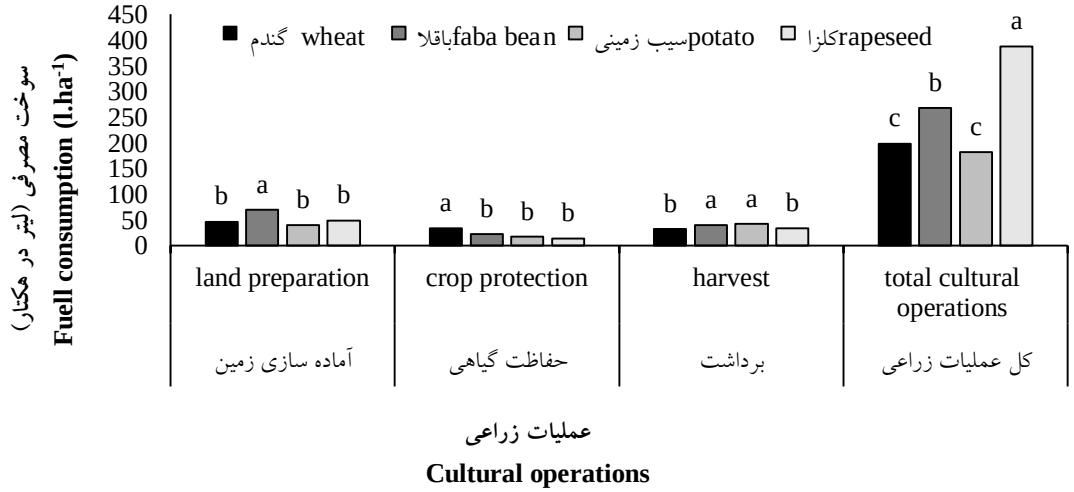
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تناوب کشت بر مصرف سوخت در عملیات مختلف تولید سویا در استان گلستان.

Table 2. Analysis of variance the effect of crop rotation on fuel consumption in various operations in soybean production in Golestan province.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	آماده‌سازی زمین Land preparation	کاشت Sowing	کوددهی Fertilizing	حفاظت گیاهی Crop protection	آبیاری Irrigation	برداشت Harvest	کل عملیات زراعی Total cultural operations
تناوب زراعی Rotation	3	2393.17*	5.26ns	7.11 ns	1398.69**	88470.07ns	399.28*	646729.24*
خطا Error	-	324.09	10.17	2.47	237.15	22158.99	63.33	21120.08
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	37.04	37.69	57.40	49.33	69.18	24.04	68.93

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

ns, * and **: Non-Significant and Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.



شکل ۲- مصرف سوخت در انجام عملیات مختلف در تولید سویا پس از کشت کلزا، باقلا، سیب‌زمینی و گندم.

Figure 2. Fuel consumption in perform the various operations in soybean production after rapeseed, faba bean, potato and wheat.

مدیریت زراعی در شهرستان‌ها: شهرستان‌های کردکوی و بندرگز بیشترین مصرف سوخت (۶۰±۰/۰۹ لیتر در هکتار) برای آماده‌سازی زمین داشتند (جدول ۳) که با سایر شهرستان‌ها از نظر آماری تفاوت داشت (شکل ۳). ۶۰ درصد از این کشاورزان حداقل یک بار از شخم برگردان دار برای تهیه زمین استفاده کردند. متوسط تعداد دفعات دیسک‌زنی نیز ۴/۳۴±۰/۰۲ به‌دست آمد. این درحالی است که شهرستان‌های علی‌آباد و خان ببین از کمترین مصرف سوخت (۳۷ ±۰/۱۷ لیتر در هکتار) برای آماده‌سازی زمین برخوردار بودند. تنها ۱۸ درصد از کشاورزان در این منطقه یک بار از شخم برگردان‌دار استفاده کردند و متوسط تعداد دفعات دیسک‌زنی نیز ۳/۱۳±۰/۰۴ ثبت شد. همچنین ۲۵ درصد از کشاورزان این منطقه نیز از ادواتی با عرض کار و عمق نفوذ بیشتر و از تراکتورهایی که دارای توان اسب بخار بیشتری بودند استفاده کردند که این امر موجب کاهش تعداد دفعات خاک‌ورزی و در نهایت کاهش مصرف سوخت گردید. بنابراین استفاده از روش خاک‌ورزی سنتی، تعداد دفعات دیسک‌زنی بالا و عدم استفاده از ادوات جدید خاک‌ورزی در جهت کاهش مصرف سوخت از دلایل عمده بالاتر بودن

مصرف سوخت در عملیات خاک‌ورزی در برخی از مناطق استان است. استفاده از گاوآهن قلمی به جای گاوآهن برگردان‌دار نیز می‌تواند بر کاهش مصرف سوخت مؤثر باشد. از این‌رو روزبه و همکاران (۲۰۰۲) در بررسی مصرف سوخت برای آماده‌سازی زمین در تولید ذرت علوفه‌ای دریافتند که با استفاده از گاوآهن قلمی نسبت به گاوآهن برگردان‌دار می‌توان ۱/۱ ساعت در هکتار از نظر زمانی و ٦ لیتر در هکتار از مصرف سوخت کاست. همچنین آنان بیان داشتند که کاربرد انواع دیسک و تسطیح‌کننده‌ها پس از استفاده از گاوآهن قلمی نسبت به گاوآهن برگردان‌دار از مصرف سوخت کمتری برخوردار است و این امر را می‌توان به وجود کلوخ‌های کوچکتر در بستر کاشت پس از شخم، بهم‌خوردگی کمتر خاک و هموارتر بودن سطح زمین قبل از عملیات تسطیح نسبت داد. سرعت انجام دیسک‌زنی بعد از گاوآهن قلمی نسبت به گاوآهن برگردان‌دار نیز افزایش نشان داد که در نهایت بر کاهش مصرف سوخت در آماده‌سازی زمین مؤثر بود (۱۳).

مصرف سوخت برای کاشت در شهرستان‌های علی‌آباد کتول، خان‌ببین و گرگان بیشترین میزان (۰/۰٤± ۹ لیتر در هکتار) و در شهرستان کلاله کمترین مقدار (۰/۲۳±۱/۵۰ لیتر در هکتار) را نشان داد (شکل ٤). کلیه کشاورزان در شهرستان‌های علی‌آباد کتول و خان‌ببین و گرگان از ادوات مختلف برای کشت سویا استفاده کردند و از روش دست‌پاش که هیچ‌گونه مصرف سوختی را به‌همراه ندارد بهره نبردند. این در حالی است که در شهرستان کلاله ۹۵ درصد از تولیدکنندگان سویا روش دست‌پاش را نسبت به سایر روش‌های کشت ترجیح دادند بنابراین مصرف سوخت کاشت در منطقه کلاله به نسبت هر هکتار کاهش یافت. سایر شهرستان‌ها نیز از روش‌های مکانیکی و روش‌های دست‌پاش به نسبت ۵۰ به ۵۰ استفاده کردند که این امر موجب کاهش مصرف سوخت تا تقریبا ۵ لیتر در هکتار گردید. سلطانی و همکاران (۲۰۱٤) در تولید کلزا در شهرستان گرگان بیان نمودند که با مدیریت صحیح و استفاده ادوات ترکیبی برای آماده‌سازی زمین و کاشت، می‌توان گام مهمی در جهت کاهش مصرف سوخت برداشت (۱۷).

شهرستان‌های خان‌ببین و علی‌آباد کتول از کمترین میزان مصرف سوخت برای عملیات حفاظت گیاهی (۰/۱۲±۲۲ لیتر در هکتار) برخوردار بودند که یکی از دلایل آن استفاده از سم پاش‌های توربینی در مقابل استفاده از سم‌پاش‌های تراکتوری در کنترل آفات سویا بوده است که این امر موجب شد که مصرف سوخت تا ۸۰ درصد کاهش یابد (شکل ۵). در شهرستان‌های کردکوی، بندرگز، گالیکش و مینودشت از هیچ‌گونه دستگاه سم‌پاش توربینی استفاده نشد. همچنین متوسط تعداد دفعات وجین دستی علف‌های هرز در شهرستان‌های علی‌آباد و خان ببین نسبت به سایر شهرستان‌ها بیشتر بوده که موجب انجام تعداد دفعات کمتر کنترل علف‌های هرز توسط سم‌پاش‌ها در این مناطق گردید.

شهرستان‌هایی که دارای چاه‌های عمیق و نیمه عمیق بیشتری بودند نسبت به شهرستان‌هایی که از چاه‌های کم عمق بیشتری جهت آبیاری سویا استفاده کردند، دارای مصرف سوخت بیشتری بوده به‌طوری‌که شهرستان‌های علی‌آباد کتول و خان‌ببین، رامیان و آزادشهر، گرگان، کردکوی و بندرگز نسبت به شهرستان‌های گالیکش و مینودشت و کلاله از مصرف سوخت کمتری در هر هکتار آبیاری سویا برخوردار بودند (شکل ٦). متوسط تعداد دفعات آبیاری نیز در شهرستان‌های گروه اول (۰/۱۱±۳/۳٤) و در گروه دوم (۰/۰۷±۳/۵۰) ثبت شد. موسوی اول و همکاران (۲۰۱۱) یکی از دلایل افزایش مصرف سوخت در کشاورزان ناکارآمد را در استان گلستان برای کشت سویا کارایی پایین موتورهای الکتریکی

برای بالاکشیدن آب از اعماق زمین و عدم تسطیح مناسب زمین‌های کشاورزی که منجر به هدررفت آب در بخش‌های مختلف مزرعه می‌گردد دانستند (۹).

نتایج نشان داد همزمان با افزایش عملکرد دانه، مصرف سوخت نیز برای برداشت آن افزایش یافت، از این‌رو شهرستان‌های کلاله و گرگان از بیشترین عملکرد دانه و به واسطه آن بیشترین مصرف سوخت برای برداشت سویا برخوردار بودند (شکل ۷). بیشترین مصرف سوخت کل را شهرستان‌های گالیکش و مینودشت نشان داد که با شهرستان گرگان اختلاف معنی‌داری نداشتند. شهرستان‌های کردکوی و بندرگز از کمترین میزان مصرف سوخت برخوردار بودند (شکل ۸). در شهرستان گالیکش، مینودشت و گرگان متوسط تعداد عملیات شخم، دیسک‌زنی، آبیاری و سم‌پاشی به‌ترتیب ۰/۰۱±۰/۲۹، ۰/۰۲±۳/۳۸، ۰/۰۲±۳/۷۰ و ۰/۰۳±۲/۸۱ دفعه در هر هکتار به‌دست آمد که این مقادیر در شهرستان‌های کردکوی و بندرگز به‌ترتیب برابر با ۰/۰۱±۰/٦٤، ۰/۰۲±٤/۳٤، ۰/۰۳±۱/۲۰ و ۰/۰۲±۳/۰۲ ثبت شد. بر اساس نتایج در شهرستان‌های کردکوی و بندرگز تعداد عملیات آبیاری کمتر و فراوانی بیشتر کشاورزانی که به‌جای سوخت‌های فسیلی از الکتریسیته برای آبیاری سویا استفاده کرده بودند، نسبت به شهرستان‌های گرگان، گالیکش و مینودشت باعث کاهش ۳۹ درصدی مصرف کلی سوخت گردید. ٦۰ درصد از تولیدکنندگان سویا در شهرستان‌های گالیکش، مینودشت و گرگان از سوخت فسیلی برای آبیاری سویا استفاده کردند که این میزان به ١٤ درصد در شهرستان‌های کردکوی و بندرگز تقلیل یافت. از آنجایی که در کل استان گلستان برای تولید هر هکتار سویا ۹۱ لیتر سوخت به‌طور متوسط برای آبیاری استفاده می‌شود و این میزان برای الکتریسیته ۱۰۰۹ کیلو وات ساعت برابر با ۲۷ لیتر سوخت فسیلی در هکتار است، می‌توان گفت که با استفاده از چاه‌های برقی می‌توان مصرف سوخت بخش آبیاری را تا ۷۰ درصد کاهش داد.

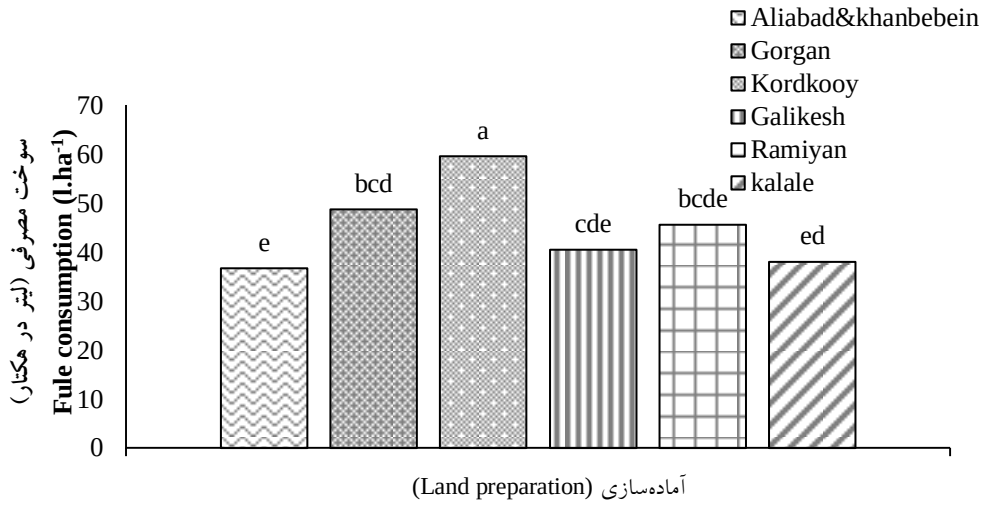
جدول ۳- تجزیه واریانس اثر شهرستان بر مصرف سوخت در عملیات مختلف زراعی در تولید سویا در استان گلستان.

Table 3. Analysis of variance the effect of townships on fuel consumption in various operations in soybean production in Golestan province.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	آماده‌سازی زمین Land preparation	کاشت Sowing	کوددهی Fertilizing	حفاظت گیاهی Crop protection	آبیاری Irrigation	برداشت Harvest	کل عملیات زراعی Total cultural operations
تناوب زراعی Rotation	5	1214.54**	20.58*	3.74 ns	1033.50*	58039.22**	228.81**	90948.85**
خطا Error	-	330.18	8.92	2.48	201.88	18803.75	57.00	16719.59
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	35.82	35.30	57.53	45.52	62.96	22.81	61.33

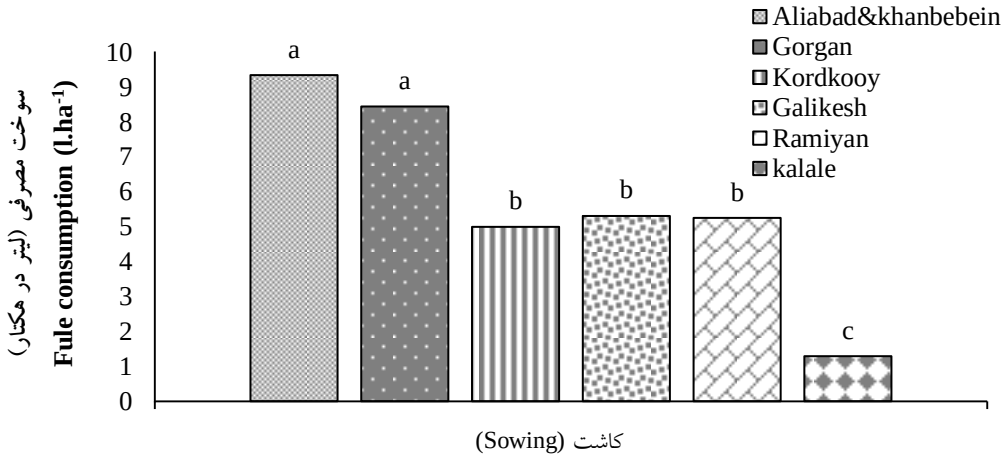
ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

ns, * and **: Non-Significant and Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.



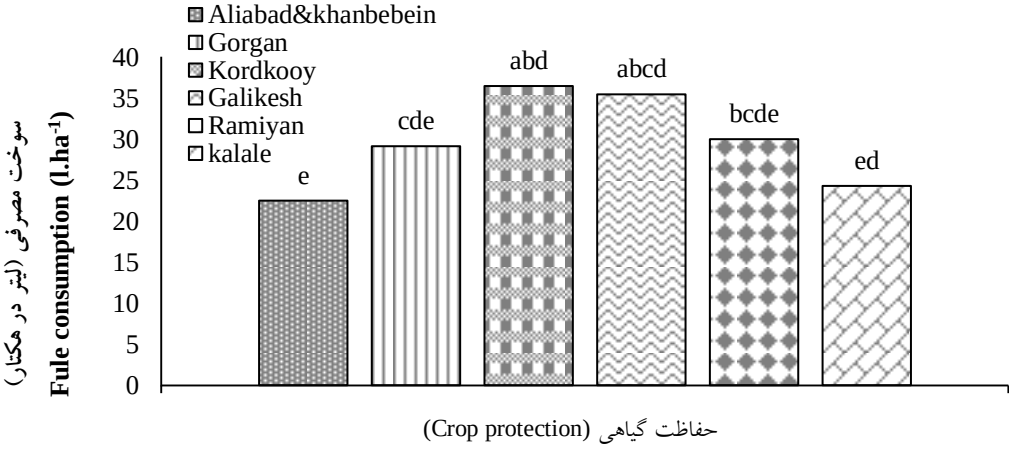
شکل ۳- مصرف سوخت در عملیات آماده‌سازی زمین در تولید سویا در شهرستان‌های استان گلستان.

Figure 3. Fuel consumption in land preparation in soybean production in townships of Golestan Province.



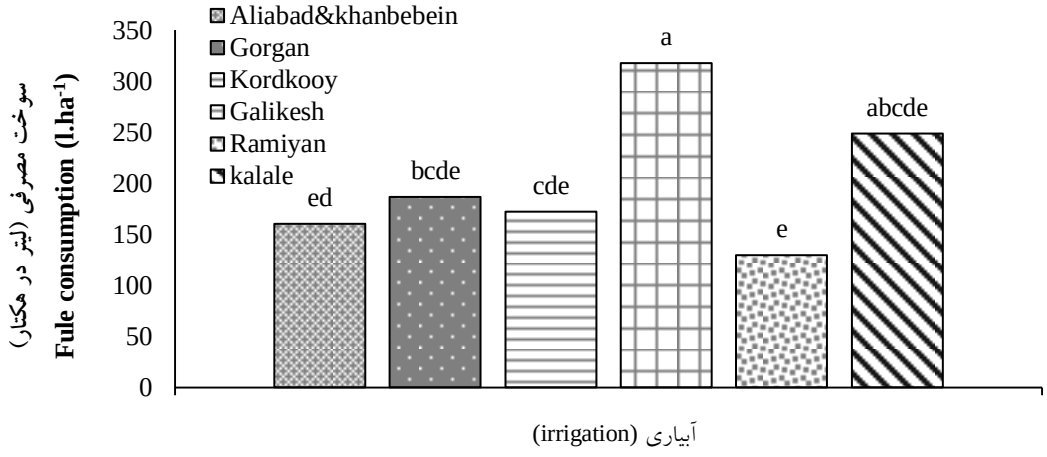
شکل ٤- مصرف سوخت در عملیات کاشت در تولید سویا در شهرستان‌های استان گلستان.

Figure 4. Fuel consumption in sowing in soybean production in townships of Golestan Province.



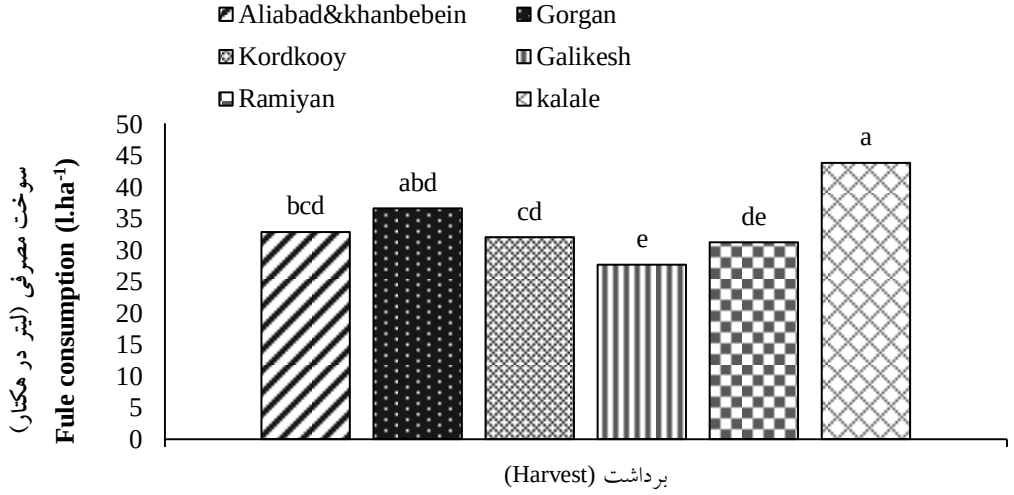
شکل ٥- مصرف سوخت در عملیات حفاظت گیاهی در تولید سویا در شهرستان‌های استان گلستان.

Figure 5. Fuel consumption in crop protection in soybean production in townships of Golestan Province.



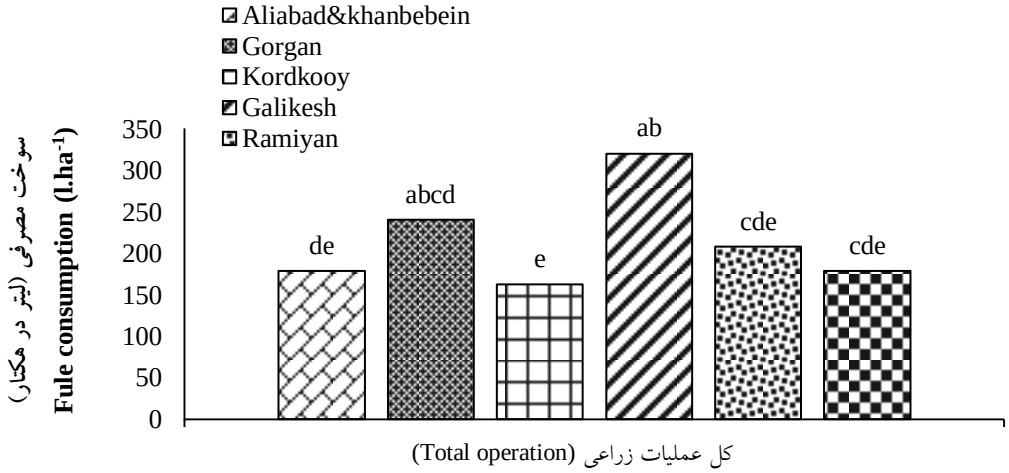
شکل ٦- مصرف سوخت در عملیات آبیاری در تولید سویا در شهرستان‌های استان گلستان.

Figure 6. Fuel consumption in irrigation in soybean production in townships of Golestan Province.



شکل ۷- مصرف سوخت در عملیات برداشت در تولید سویا در شهرستان‌های استان گلستان.

Figure 7. Fuel consumption in harvest in soybean production in townships of Golestan Province.



شکل ۸- مصرف سوخت در کل عملیات زراعی در تولید سویا در شهرستان‌های استان گلستان.

Figure 8. Fuel consumption in total operations in soybean production in townships of Golestan Province.

توان تراکتور: همان‌طور که از نتایج مندرج در جدول ٤ مشاهده می‌گردد با افزایش توان تراکتور بر حسب اسب بخار، میزان مصرف سوخت برای انجام شخم در هر هکتار از زمین‌های تحت کشت سویا کاهش می‌یابد. به‌عنوان نمونه چنانچه برای انجام شخم از تراکتور ۷۵ اسب بخار به‌همراه گاوآهن برگردان‌دار استفاده گردد میزان مصرف سوخت برابر با ۳۰ لیتر می‌باشد که این میزان با استفاده از تراکتور با توان ۱۵۵ اسب بخار به ۲۰ لیتر کاهش می‌یابد (شکل ۹ الف). کاهش ۳۳ درصدی مصرف سوخت برای شخم می‌تواند به‌دلیل قابلیت استفاده از گاوآهن‌هایی با تعداد واحد کار بیشتر به همراه تراکتورهایی با توان بالا باشد. این مسأله بر کاهش مدت زمان انجام عملیات شخم‌زنی مؤثر بوده و در نهایت موجب کاهش مصرف سوخت می‌گردد. از طرف دیگر با افزایش توان اسب بخار تراکتور برای عملیات دیسک‌زنی، مصرف سوخت افزایش می‌یابد، گرچه این میزان افزایش معنی‌دار است اما مقدار آن کم است (شکل ۹ ب). به‌عنوان مثال چنانچه از تراکتور با توان ۷۵ اسب بخار برای انجام عملیات دیسک‌زنی استفاده شود مصرف سوخت برابر با ۹ لیتر می‌گردد که این میزان با استفاده از تراکتور با توان ۱۵۵ اسب بخار به ۱۰ لیتر افزایش می‌یابد. اما آنچه که حایز اهمیت است این است که با استفاده از تراکتورهایی با توان بالا می‌توان از ادواتی همچون دیسک افست و تاندوم سنگین استفاده نمود. این ادوات دیسک‌زنی به‌دلیل عرض کار و عمق نفوذ بیشتر موجب می‌شود تا تولیدکنندگان سویا تعداد دفعات کمتری عملیات دیسک‌زنی را در مقایسه با استفاده از دیسک‌های تاندوم سبک که دارای عرض کار و عمق نفوذ کمتری هستند، انجام دهند. در نهایت مصرف سوخت در هر هکتار برای مجموع عملیات دیسک‌زنی کاهش خواهد یافت. مصرف سوخت برای کاشت نیز با استفاده از تراکتورهایی با توان بالا افزایش یافت (شکل ۹ پ). به‌عنوان مثال چنانچه از تراکتورهایی با توان ۷۵ اسب بخار استفاده شود میزان مصرف سوخت کاشت ۸ لیتر محاسبه می‌گردد که این میزان برای تراکتورهایی با توان ۱۵۵ اسب بخار به ١٦ لیتر افزایش می‌یابد. برای تبیین بهتر نتایج حاصله در این بخش می‌توان ٤ سناریو را برای مصرف سوخت در مجموع عملیات آماده‌سازی زمین و کاشت بر اساس آنچه که کشاورزان برای کشت سویا انجام می دهند تعریف نمود.

۱- انجام یک شخم برگردان به‌همراه ٤ مرتبه دیسک‌زنی و کاشت توسط ردیف کار با تراکتور ۷۵ اسب بخار.

۲- انجام یک شخم برگردان به‌همراه ۲ مرتبه دیسک‌زنی با تراکتور ۱۵۵ اسب بخار و کاشت توسط ردیف کار با تراکتور ۷۵ اسب بخار.

۳- انجام ٤ مرتبه دیسک‌زنی به‌همراه کاشت توسط ردیف کار با تراکتور ۷۵ اسب بخار.

٤- انجام ۱ مرتبه دیسک‌زنی با تراکتور ۱۵۵ اسب بخار به‌همراه کاشت توسط کمبینات با تراکتور ۱۵۵ اسب بخار.

مصرف سوخت برای ٤ سناریوی فوق به‌ترتیب برابر با ۷۳، ٤٨، ٤٣ و ۲۷ لیتر در هکتار محاسبه شد. در سناریوی ۱ و ۲ از خاک‌ورزی کامل توسط گاوآهن برگردان‌دار استفاده شده بود ولی در سناریوی ۳ و ٤ از خاک‌ورزی کاهش‌یافته که فقط همراه با دیسک‌زنی است، استفاده شده بود. از طرفی در سناریوی ۲ با وجود انجام خاک‌ورزی کامل توسط گاوآهن برگردان‌دار ولی به‌دلیل استفاده از تراکتور با توان بالا که قابلیت حمل ادوات شخم و دیسک با عرض کار و عمق نفوذ بالاتر را دارد و موجب کاهش

زمان انجام شخم و کاهش تعداد دفعات دیسک‌زنی می‌گردد، مصرف سوخت تا ۳٤ درصد کاهش یافت.

در سناریوهای ۳ و ٤ که در آن‌ها از روش خاک‌ورزی کاهش‌یافته استفاده شده بود با افزایش توان تراکتور از تعداد دفعات دیسک‌زنی کاسته شد و همچنین کشاورزان می‌توانند از دستگاه کمبینات که دستگاهی ترکیبی برای انجام توأم آماده‌سازی زمین، کاشت و گاها کوددهی می‌باشد استفاده کنند. این مسأله توانست مصرف سوخت را تا ۳۷ درصد کاهش دهد. البته با مناسب بودن شرایط رطوبت خاک و تسطیح زمین می‌توان از کمبینات بدون انجام هیچ‌گونه خاک‌ورزی به‌طور مستقیم استفاده نمود.

در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که با تغییر روش آماده‌سازی زمین از خاک‌ورزی کامل با تراکتورهایی با توان اسب بخار کمتر به سمت عدم شخم‌زنی و استفاده از تراکتورهایی با توان بالاتر و همچنین استفاده از ادوات ترکیبی مانند کمبینات برای انجام توأم عملیات آماده‌سازی زمین و کاشت می‌توان مصرف سوخت را تا ٦۰ درصد کاهش داد.

جدول ٤- روابط رگرسیون بین مصرف سوخت و توان تراکتور بر حسب اسب بخار در عملیات زراعی آماده‌سازی زمین و کاشت در تولید سویا در استان گلستان.

Table 4. Regression relationships between fuel consumption and tractor power in terms of horse power in various operations in soybean production in Golestan province.

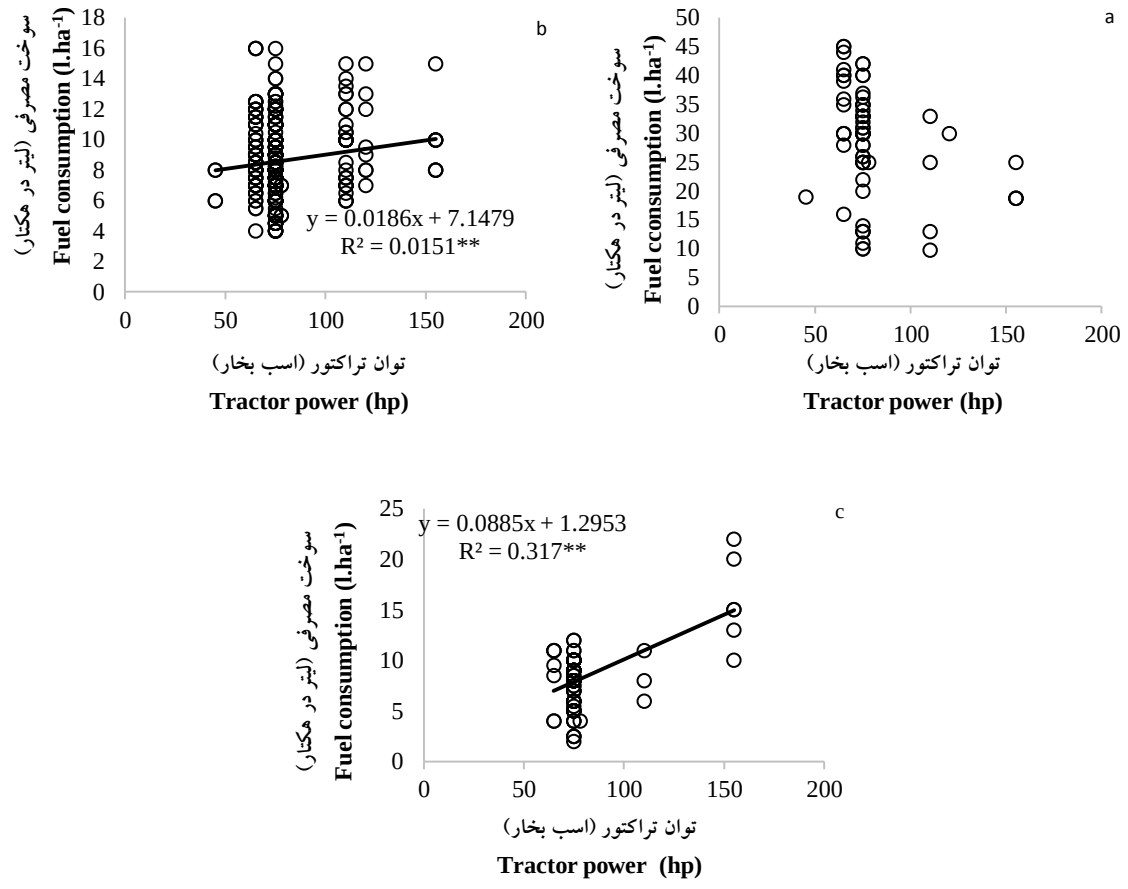
میزان مصرف سوخت طی عملیات مختلف زراعی Fuel consumption in cultural operations	معادله رگرسیون Regression equation	ضریب تبیین R^2	میانگین مربعات جذر ریشه RMSE	ضریب تغییرات CV
شخم‌زنی Plough	Y=-0.13x+ 39.27	0. 1**	8.89	31.18
دیسک‌زنی Disking	Y=0.02x+ 7.15	0.16**	2.72	26.17
کاشت Sowing	Y=0.09x+ 1.29	0.31**	2.57	30.80

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد.

**: Significant at 5% probability levels.

عملکرد دانه: همان‌طور که از جدول ۵ مشاهده می‌شود عملکرد دانه رابطه معنی‌داری را با سوخت مصرفی برای عملیات زراعی آماده‌سازی زمین، کاشت و کوددهی نشان نداد. این در حالی بود که مصرف سوخت در بخش حفاظت گیاهی از رابطه منفی و معنی‌داری با عملکرد دانه برخوردار بود به‌طوری‌که با افزایش مصرف سوخت در این بخش از عملکرد دانه کاسته شد (شکل ۱۰- الف). همان‌طور که قبلا ذکر شد، کشاورزان در تولید سویا از تعداد دفعات حشره‌کش بیشتری نسبت به علف‌کش و قارچ‌کش استفاده می‌کنند، وجود چنین رابطه‌ای را می‌توان این چنین توجیه نمود که هر چه در مزرعه‌ای شیوع آفات به‌ویژه کرم غلاف‌خوار سویا که از آفات اصلی و بسیار زیان‌زننده در تولید سویا است، بیشتر باشد کشاورز به‌ناچار از تعداد دفعات سم‌پاشی بیشتری استفاده می‌کند، گاها استفاده از سم‌پاشی زمانی انجام می‌گیرد که آفات از شیوع بیشتری برخوردار شده‌اند، بنابراین تعداد دفعات سم‌پاشی نیز به ناچار افزایش خواهد یافت. این در حالی‌است که اغلب آفاتی همچون کرم غلاف‌خوار سویا ضررشان را در کاهش

عملکرد قبل از انجام سم‌پاشی به موقع به محصول وارد آورده‌اند، بنابراین با افزایش تعداد دفعات سم‌پاشی و به دنبال آن مصرف سوخت بیشتر، عملکرد نیز کاهش خواهد یافت. همچنین رابطه مصرف سوخت برداشت با عملکرد دانه نیز مثبت و معنی‌دار به‌دست آمد (شکل ۱۰- ب). یکی از دلایل آن کاهش سرعت کمباین در برداشت محصولاتی است که از عملکرد بالاتری برخوردارند، بنابراین مصرف سوخت با افزایش زمان برداشت افزایش نشان خواهد داد. رابطه سوخت کل نیز با عملکرد دانه منفی ارزیابی شد به‌طوری‌که با افزایش یا کاهش مصرف سوخت کل، عملکرد دانه تغییری نخواهد داشت (شکل ۱۰- پ).



شکل ۹- رابطه بین مقدار مصرف سوخت برای انجام عملیات شخم‌زنی (الف)، دیسک‌زنی (ب) و کاشت (پ) با توان تراکتور بر حسب اسب بخار در کشت سویا در استان گلستان.

Figure 9. The relationship between the amount of fuel consumption for tillage operations (a), disking (b) and planting (c) with tractor power in terms of horsepower in soybean cultivation in Golestan province.

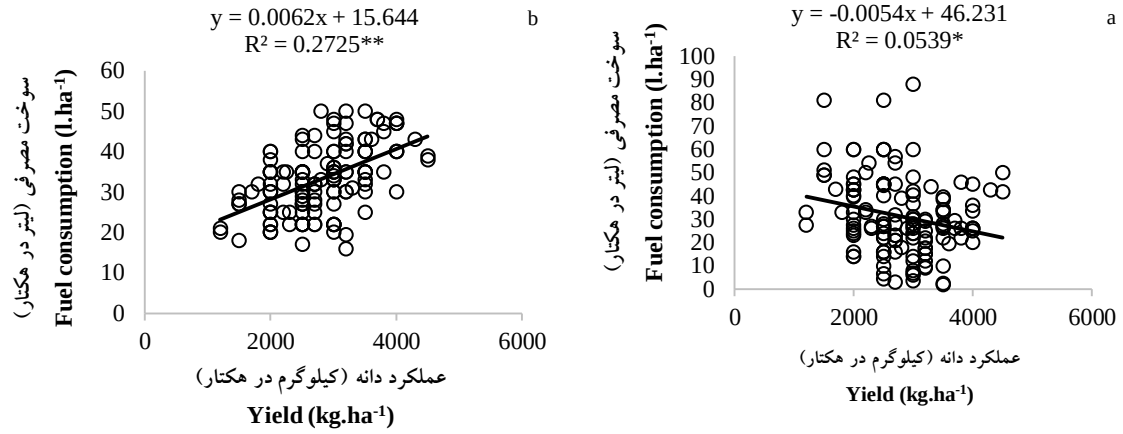
جدول ۵- روابط رگرسیون بین مصرف سوخت و توان تراکتور بر حسب اسب بخار در عملیات زراعی آماده‌سازی زمین و کاشت در تولید سویا در استان گلستان.

Table 5. Regression relationships between fuel consumption and grain yield in various operations in soybean production in Golestan province.

میزان مصرف سوخت طی عملیات مختلف زراعی Fuel consumption in cultural operations	معادله رگرسیون Regression equation	ضریب تبیین R^2	میانگین مربعات جذر ریشه RMSE	ضریب تغییرات CV
آماده‌سازی Land preparation	Y=0.002x+ 42.49	0.005 ^{ns}	19.22	39.54
کاشت Sowing	Y=0.0001x+ 8.19	0.001^{ns}	3.18	37.60
کوددهی Fertilizing	Y=0.0004x+ 1.48	0.02^{ns}	1.64	59.88
حفاظت Crop protection	Y=-0.005x +46.23	0.05*	15.82	50.68
آبیاری Irrigation	Y=0.04x+ 94.16	0.21 ^{ns}	159.22	73.96
برداشت Harvest	Y=0.006x+ 16.14	0.22**	7.46	21.88
کل عملیات زراعی Total cultural operations	Y=-0.01x+ 165.47	0.005 ^{ns}	148.63	70.49

ns، ** و *: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

ns, * and **: Non-Significant and Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.



شکل ۱۰- رابطه بین مقدار مصرف سوخت برای انجام عملیات حفاظت گیاهی (الف) و برداشت (ب) با عملکرد دانه در کشت سویا در استان گلستان.

Figure 10. The relationship between the amounts of fuel consumption for crop protection (a) and harvest (b) with grain yield (kg.ha^{-1}) in soybean cultivation in Golestan province.

مساحت زمین: چنانچه از جدول ٦ مشاهده می‌شود، با افزایش مساحت زمین‌های تحت کشت سویا، مصرف سوخت برای آماده‌سازی زمین کاهش یافت به‌طوری‌که در یک هکتار زمین ۵۱ لیتر در هکتار برای آماده‌سازی اولیه و ثانویه آن مصرف شد که این میزان در یک زمین ۱۰ هکتاری به ٤٧ لیتر در هکتار کاهش یافت (شکل ۱۱- الف). همچنین برای مبارزه با آفات بیماری‌ها و علف‌های هرز نیز با افزایش سطح زیرکشت میزان مصرف سوخت کاهش یافت. به‌عنوان مثال برای کنترل آفات بیماری‌ها و علف‌های هرز در یک هکتار سویا ۳۲ لیتر در هکتار سوخت مصرف شد که با افزایش مساحت زمین به ۱۰ هکتار این میزان به ۳۱ لیتر در هکتار می‌رسد به‌طوری‌که تا ۵ درصد در مصرف سوخت کاهش ایجاد می‌شود (شکل ۱۱-

ب). یکی از دلایل کاهش مصرف سوخت با افزایش مساحت زمین، انجام تعداد دفعات کمتر دور زدن تراکتور در زمین‌هایی با مساحت بیشتر است، بنابراین انجام عمل خاک‌ورزی و سم‌پاشی به نسبت هر هکتار زمین کاهش می‌یابد.

براساس نتایج با افزایش مساحت زمین میزان مصرف سوخت برای برداشت آن افزایش یافت (شکل ۱۱- پ). با بررسی رابطه بین عملکرد و مساحت زمین چنین نتیجه شد که با افزایش مساحت زمین عملکرد نیز در هر هکتار افزایش یافت (داده‌ها نشان داده نشده است)، بنابراین با توجه به نتایج رابطه بین عملکرد دانه و مصرف سوخت برای برداشت که قبلا ذکر شده است می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش مساحت زمین میزان مصرف سوخت نیز برای برداشت آن افزایش می‌یابد. البته شایان ذکر است که اغلب کشاورزان از برداشت مستقیم توسط کمباین استفاده نمی‌کنند بلکه ابتدا بوته‌های سویا را به‌صورت دستی توسط داس برداشت کرده و سپس از کمباین استفاده می‌کنند که همین مسأله نیز بر کاهش وابستگی مساحت زمین و مصرف سوخت می‌افزاید. در نهایت نیز با افزایش سطح زیر کشت مصرف سوخت برای هر هکتار تولید سویا افزایش یافت (شکل ۱۱- ت). به‌نظر می‌رسید با افزایش سطح زیرکشت مصرف سوخت کاهش یابد ولی بر اساس نتایج اغلب کشاورزانی که از زمین‌هایی با مساحت بالا استفاده می‌کنند، از چاه‌های عمیق بهره می‌برند و این اغلب این چاه‌ها دارای موتورهایی فرسوده و پرمصرف جهت انجام آبیاری هستند، که بر افزایش میزان مصرف سوخت در هر هکتار زمین تحت کشت سویا مؤثر است. بنابراین با افزایش سطح زیر کشت مصرف سوخت نیز افزایش یافت. رمضانی و همکاران (۲۰۱۱) نیز مصرف سوخت‌های فسیلی در تولید سویا در شهرستان کردکوی (یکی از شهرستان‌های استان گلستان در ایران) برابر با ۲۰۱ لیتر در هکتار تخمین زدند که ٦٤ درصد از مصرف انرژی ناشی از نهاده‌ها را به خود اختصاص داد. ایشان اظهار داشتند یکی از دلایل مصرف سوخت زیاد در تولید سویا در این منطقه استفاده از تراکتورهای فرسوده است که می‌تواند موجب افزایش مصرف سوخت در عملیات مختلف زراعی گردد (۱۲).

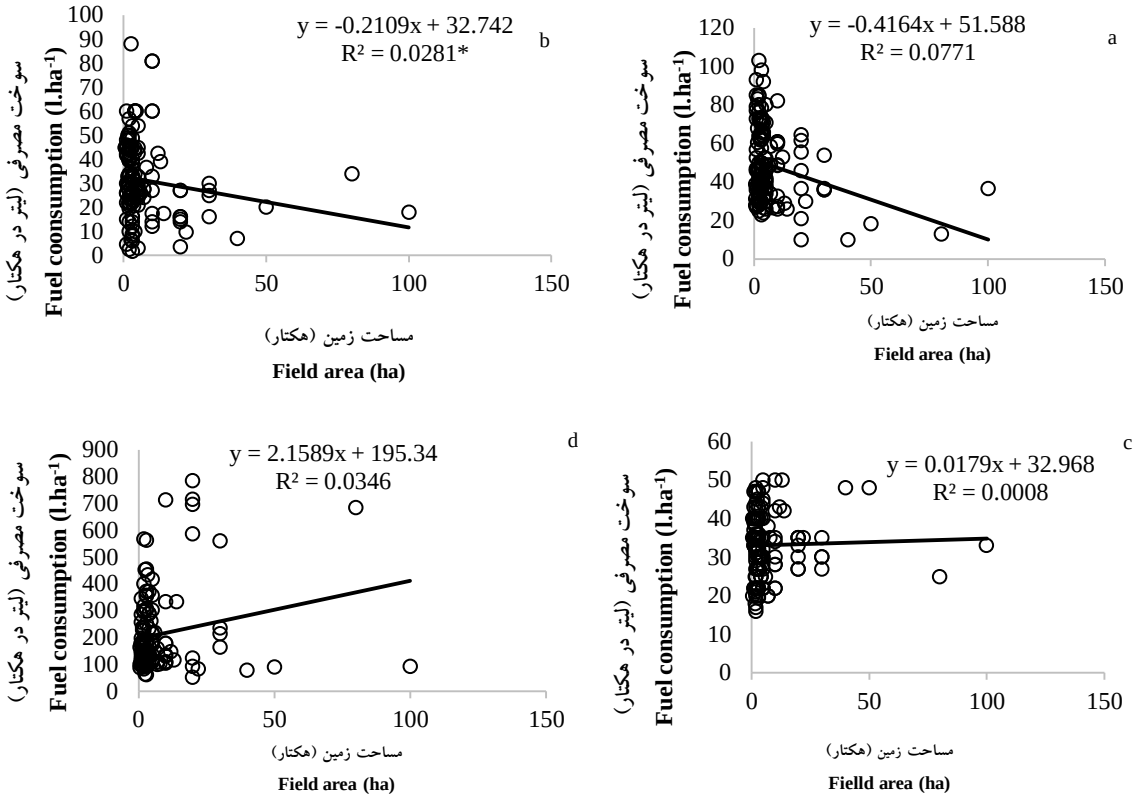
جدول ٦- روابط رگرسیون بین مصرف سوخت و مساحت زمین در عملیات مختلف زراعی در تولید سویا در استان گلستان.

Table 6. Regression relationships between fuel consumption and field area in various operations in soybean production in Golestan province.

میزان مصرف سوخت طی عملیات مختلف زراعی Fuel consumption in cultural operations	معادله رگرسیون Regression equation	ضریب تبیین R^2	میانگین مربعات جذر ریشه RMSE	ضریب تغییرات CV
آماده‌سازی Land preparation	Y=-0.41x+ 51.58	0.57^{**}	18.51	38.09
کاشت Sowing	Y=0.01x+ 8.34	0.00^{ns}	3.17	37
کوددهی Fertilizing	Y=0.02x+ 2.93	0.03^{ns}	1.65	40
حفاظت Crop protection	Y=-0.21x +32.74	0.02^{*}	16.03	51
آبیاری Irrigation	Y=6.05x+ 163.17	0.00^{ns}	8.35	25
برداشت Harvest	Y=0.02x+ 32.96	0.22^{**}	142.44	66
کل عملیات زراعی Total cultural operations	Y=2.15x+ 195.34	0.03^{**}	146.46	69

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

ns, * and **: Non-Significant and Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.



شکل ۱۱- رابطه بین مقدار مصرف سوخت برای انجام عملیات آماده‌سازی زمین (a)، حفاظت گیاهی (b)، برداشت (c) و مجموع عملیات زراعی (d) با مساحت زمین (هکتار) در کشت سویا در استان گلستان.

Figure 11. The relationship between the amounts of fuel consumption for land preparation operations (a), crop protection (b), harvest (c) and total agricultural operations (d) with land area (ha) for soybean cultivation in Golestan province.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایجی که از تحقیق حاضر به‌دست آمد می‌توان راهکارهای زیر را در کاهش مصرف سوخت در مزارع سویای استان گلستان بیان کرد:

۱- از آنجا که مصرف سوخت در تولید سویای بهاره در عملیات آماده‌سازی زمین بیشتر است، با استفاده از ادواتی که با وجود بقایای محصول قبلی مانند باقلا، بدون نیاز به انجام خاک‌ورزی اولیه و با تعداد دفعات کمتر خاک‌ورزی ثانویه عملیات آماده‌سازی زمین را انجام دهند، می‌توان در مصرف سوخت برای تولید سویای بهاره صرفه‌جویی نمود. از این‌رو با تلفیق ادوات مختلف در عملیات زراعی و همچنین استفاده از تراکتورهایی که بتوانند توان کشیدن چنین ادواتی را داشته باشند می‌توان در مصرف سوخت هم در تولید سویای بهاره و هم در تولید سویای تابستانه کاست.

۲- مصرف سوخت برای حفاظت گیاهی در تولید سویای تابستانه نسبت به سویا بهاره بیشتر بوده است. بنابراین می‌توان با استفاده از روش‌های تلفیقی دفع آفات مانند استفاده از روش‌های کنترل زیستی آفات گیاهی در کاهش مصرف سوخت گام برداشت.

۳- با تغییر سیستم آماده‌سازی زمین از خاک‌ورزی کامل با تراکتورهایی با توان اسب بخار کمتر به سمت عدم شخم‌زنی و استفاده از تراکتورهایی با توان بالاتر و همچنین استفاده از ادوات ترکیبی مانند کمبینات

برای انجام توأم عملیات آماده‌سازی زمین و کاشت می‌توان مصرف سوخت را برای آماده‌سازی زمین تا ٦٠ درصد کاهش داد.

٤- استفاده از الکتریسیته نیز به‌جای کاربرد سوخت در آبیاری محصول سویا باعث کاهش قابل توجه مصرف سوخت فسیلی تا ٧٠ درصد می‌گردد می‌توان نتیجه گرفت با برقی نمودن چاه‌های کشاورزی می‌توان در مصرف سوخت فسیلی برای آبیاری صرفه جویی قابل توجهی را انجام داد.

٥- انجام به موقع سم‌پاشی برای مبارزه با آفات سویا می‌تواند در تعداد دفعات کمتر سم‌پاشی مؤثر باشد که این مسأله هم باعث کاهش خسارت به عملکرد سویا شده و هم از مصرف بیش از حد سوخت برای انجام بیشتر عملیات سم‌پاشی می‌کاهد. این مسأله می‌تواند تا ١٥ درصد در مصرف سوخت صرفه‌جویی به عمل آورد.

٦- استفاده از موتورهای غیرفرسوده و کم‌مصرف و متناسب با چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق و تنظیم و سرویس به موقع آن‌ها نقش بسیار مؤثری در کاهش مصرف سوخت برای آبیاری محصول سویا دارد.

٧- یک پارچه‌سازی و تسطیح اراضی نیز در کاهش مصرف سوخت برای آماده‌سازی زمین و سم‌پاشی و برداشت محصول نقش به‌سزایی دارد.

سپاسگزاری

این مقاله با حمایت و پشتیبانی شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران اجرا شده است. لذا از شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران کمال تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

1. Alimagham, M., Soltani, A., and Zeinali, A. 2013. Evaluation of fuel and energy use and their environmental impacts in soybean production at Gorgan. M.Sc. thesis. Gorgan University of Agric. Sci. Nat. Res., 196p.
2. Alluvione, F., Moretti, B., Sacco, D., and Grignani C. 2011. EUE (energy use efficiency) of cropping systems for a sustainable agriculture. Energy., 36(7): 4468-81.
3. Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, S., Feizi, H., Khorramdel, S., and Teimouri, M. 2011. A case study of energy use and economic analysis of irrigated and dryland wheat production systems. Appl. Energy., 88: 283 - 288.
4. Jokiniem, T., Mikkola, H., Rossner, H., Talgre, L., Lauringson, E., Hovi, M., and Ahokas, J. 2012. Energy savings in plant production. Agron. Res. Bio. En., 1: 85-96.
5. Kitani, O. 1999. Energy and Biomass Engineering. In: CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Vol. V. ASAE publication, St Joseph, MI.
6. Michos, C., Mamolos, A., Menexes, G., Tsatsarelis, A., Tsirakogloud, V., and Kalburtji, A. 2012. Energy inputs, outputs and greenhouse gas emissions in organic, integrated and conventional peach orchards. Ecol. Indic., 13: 22–28.
7. Ministry of Energy (Iran). 2010. Energy balance sheet. 541p. (In Persian)
8. Mohammadi, A., Rafiee, S., Jafari, A., Keyhani, A., Mousavi-Avval, S.H., and Nonhebel, S. 2014. Energy use efficiency and greenhouse gas emissions of farming systems in north Iran. Renew Sust. Energy. Rev., 30: 724– 733.
9. Mousavi-Avval, SH., Rafiee, S., Jafari, A., and Mohammadi, A. 2011. Optimization of energy consumption for soybean production using Data Envelopment Analysis (DEA) approach. Appl. Energy, 88(11): 3765-72.
10. Nielsen, V., and Luoma, T. 2000. Energy consumption: overview of data foundation and extract of results. Agricultural Economics Research Institute (LEI). The Hague., 1: 51–69.

11. Rajaeifar, M.A., Ghobadian, B., Safa, M., and Heidari, M.D. 2014. Energy life-cycle assessment and CO2 emissions analysis of soybean-based biodiesel: a case study. J Clean Prod., 66: 233-241.
12. Ramedani, Z., Rafiee, S., and Heidari, M.D. 2011. An investigation on energy consumption and sensitivity analysis of soybean production farms. Energy, 36: 6340-4.
13. Roozbeh, M., Almasi, M., and Hemmati, A. 2002. Evaluation, and comparison of energy requirements in different tillage methods for corn production. J. Agri. Sci. Nat. Res., 9: 117-128.
14. Safa, M., Samarasinghe, S., and Mohssen, M. 2010. Determination of fuel consumption and indirect factors affecting it in wheat production in Canterbury, New Zealand. Energy. 35: 400-405
15. Safa, M., and Tabatabaeerfar, A. 2008. Fuel consumption in wheat production in irrigated and dry land farming. World J. Agr. Sci., 4(1): 86–90.
16. Safa, M., and Samarasinghe, S. 2012. CO2 emissions from farm inputs "case study of wheat production in Canterbury, New Zealand. Environ. Pollut., 171: 126-132.
17. Soltani, A., Maleki, M.H.M, and Zeinali, E. 2014. Optimal crop management can reduce energy use and greenhouse gases emissions in rainfed canola production. Int J Plant Prod. 8(4): 587-604.
18. Soltani, A., Rajabi, M.H., Zeinali, E., and Soltani, E. 2013. Energy inputs and greenhouse gases emissions in wheat production in Gorgan, Iran. Energy, 50: 54-61.
19. Zangeneh, M., Omid, M., and Akram, A. 2010. A comparative study on energy use and cost analysis of potato production under different farming technologies in Hamadan province of Iran. Energy. 35: 2927-33.