Archive of SID

فصلنامه علوم محیطی،دوره هفدهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸

۸۰-۱۰۱

آینده‌پژوهی بهره وری انرژی در تولید گندم آبی در حاشیه شرقی دریاچه ارومیه

ابوالفضل ناصری* و رامین نیکان فر

بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی،مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی،سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۱۴

ناصری، ا. و ر. نیکان فر. ۱۳۹۸. آینده‌پژوهی بهره وری انرژی در تولید گندم آبی در حاشیه شرقی دریاچه ارومیه.فصلنامه علوم محیطی. ۱۷(۲): ۸۰-۱۰۱.

سابقه و هدف: در همه کشورها، تولید های کشاورزی وابستگی شدیدی به انرژی بویژه سوخت های فسیلی دارد. حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد از کلّ انرژی مصرفی در کشورهای پیشرفته جهان صرف تولید غذا می شود. استفاده کارا از انرژی در بخش کشاورزی یکی از الزامات اساسی در گسترش کشاورزی پایدار بشمار می رود، چون افزایش کارآیی انرژی موجب حفظ سوخت های فسیلی و کاهش آلودگی های هوا می شود. نامشخّص بودن میزان بهره‌وری انرژی در تولید گندم در حاشیه دریاچه ارومیه از یک طرف و بروز بحران انرژی در سطح جهانی و ضرورت مصرف هدفمند انرژی در تولید محصول های کشاورزی از طرف دیگر، پژوهش در زمینه تحلیل بهره‌وری انرژی در تولید گندم را ضروری می نماید؛ بنابراین پژوهش حاضر با هدف ارزیابی و آینده پژوهی سنجه های انرژی شامل انرژی خالص، کارآیی انرژی، انرژی ویژه و بهره وری انرژی و بیان راهکارهای مناسب برای بهبود یا پیشرفت سنجه های انرژی در تولید گندم انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، بهره وری انرژی در دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم در تولید گندم در حاشیه دریاچه ارومیه در دو سال زراعی با اندازه گیری و گرد آوری داده های لازم، ارزیابی شد.سنجه های انرژی خالص، کارآیی انرژی، انرژی ویژه و بهره وری انرژی در تولید گندم تعیین گردید. با توجه به شرایط فعلی دریاچه ارومیّه، منبع های آب در حوضهٔ این دریاچه محدود بوده و ارزش آب آبیاری افزون بر جنبهٔ اقتصادی از رویکرد محیط زیست نیز قابل توجّه است. بنابراین برای بازسازی شرایط مصرف انرژی در آینده برای تولید منطقه‌ای گندم از سناریوهای مدیریت آبیاری بعنوان شیوه آینده‌پژوهی استفاده گردید. سناریوهای مدیریت آبیاری شامل سه شرایط کم‌آبیاری، آبیاری کامل و بیش‌آبیاری مزرعه های گندم بود.

نتایج و بحث: بهره وری انرژی با کاربرد خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم بترتیب ۲۱۰ و ۱۷۰ گرم بر مگاژول به دست آمد. سناریوهای آینده‌پژوهی مدیریت آبیاری شامل سه شرایط کم‌آبیاری، آبیاری کامل و بیش‌آبیاری مزرعه های گندم بود. میزان انرژی مصرفی برای تولید گندم با سناریوهای گروه اول (آبیاری کامل و بیش‌آبیاری) و دوم (کم‌آبیاری) بترتیب ۱۸/۵ و ۱۷/۷ گیگاژول در هکتار بود. میزان انرژی تولیدی دانه گندم با سناریوهای گروه اول و دوم بترتیب ۶۷/۵ و ۳۱/۸ گیگاژول در هکتار بود. میانگین کارآیی انرژی در تولید دانه با گروه‌های اول و دوم به ترتیب ۳/۷ و ۱/۸ و بهره‌وری انرژی بترتیب ۲۵۳ و ۱۲۵ گرم بر مگاژول بود. استفاده از دستگاه های کم‌وزن، انتخاب مقدار مناسب بذر، پیشرفت بهره‌وری مصرف کود و آب، می تواند راهکارهای مؤثر برای افزایش بهره وری مصرف انرژی در تولید گندم آبی در شمال غرب کشور باشد.

*Corresponding Author: *Email Address*.ab.naseri@areeo.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری: یافته ها نشان داد از رویکرد سنجه های انرژی، استفاده از سیستم خاک ورزی حفاظتی نسبت به خاک ورزی مرسوم در تولید دانه گندم ارجحیت دارد. هرچند در موارد متعدد تفاوت آماری سنجه های انرژی در تولید محصول معنی‌دار نبود. بنظر می رسد اجرای مناسب و درست عملیات خاک‌ورزی حفاظتی با انتخاب مناسب ادوات و تجهیزهای موجب بهبودی سنجه‌های انرژی در تولید گندم شود.

واژه‌های کلیدی: بیلان انرژی، کارآیی انرژی، گندم آبی، کشاورزی حفاظتی.

مقدمه

بخش کشاورزی با تولید مواد غذایی، ایجاد اشتغال، کمک به تولید ناخالص داخلی و گسترش صادرات غیرنفتی نقش اساسی در تأمین امنیّت غذایی و رونق اقتصادی کشور دارد. در همه کشورها، تولید های کشاورزی وابستگی شدیدی به انرژی بویژه سوخت های فسیلی دارد. حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد از کلّ انرژی مصرفی در کشورهای پیشرفته جهان صرف تولید غذا می شود(Koocheki and Hossei-ni, 1994).یک‌چهارم از میزان انرژی مصرفی در تولید مواد غذایی، در تولید های کشاورزی مصرف می شود و موارد مصرف انرژی شامل عملیات تولید محصول های زراعی و دامی در مزرعه و عملیّات فرآیندسازی محصول ها، ترابری و تولید کود و سم های شیمیایی خارج از مزرعه است (Koocheki andHosseini, 1994). استفاده کارا از انرژی در بخش کشاورزی یکی از الزامات اساسی در گسترش کشاورزی پایدار بشمار می رود. چون افزایش کارآیی انرژی موجب حفظ سوخت های فسیلی و کاهش آلودگی های هوا می شود (Pervanchon *et al*., 2002(Uhlin, 1998;. از سوی دیگر، گندم بعنوان اصلی ترین مادّه غذایی در دنیا از اهمیت و جایگاه ویژه ای برخوردار است. در سال ۲۰۱۴ کل تولید گندم در جهان ۷۲۹ میلیون تن از سطحی به مساحت ۲۱۵ میلیون هکتار، بود (FAO, 2016). در ایران، گندم اصلی ترین و عمده ترین منبع تأمین کالری و پروتئین است که در سطحی حدود ۶/۱ میلیون هکتار با تولید سالانه ۱۰/۶ میلیون تن کشت می شود (Anonymous, 2014). در استان آذربایجان شرقی در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ سطح زیر کشت گندم ۳۸۶ هزار هکتار با تولید ۴۱۷ هزار تن بود. با این همه، نامشخص بودن میزان مؤلفه‌های بیلان انرژی در تولید گندم در این استان از یک طرف و بروز بحران انرژی در سطح جهانی و ضرورت مصرف هدفمند انرژی در تولید محصول های کشاورزی از طرف دیگر، پژوهش در زمینه تحلیلی بیلان انرژی در تولید گندم را ضروری می نماید. رویکرد حفاظت از سوخت های فسیلی و کاهش آلودگی هوا، موجب گسترش روزافزون مطالعات و پژوهش های بیلان انرژی در سیستم های تولید گیاهان زراعی شده است(Koga, 2008). پژوهش های یادشده بطور غالب شامل انرژی های ورودی یا مصرفی و خروجی یا تولیدی می باشد. مصرف مستقیم انرژی شامل سوخت لازم برای تراکتورها برای آماده‌سازی زمین، کاشت، داشت و ترابری، سوخت لازم برای سامانه های آبیاری و ماشین آلات برداشت، نیروی الکتریکی مصرف‌شده برای پمپ های آبیاری و جابجایی مواد در مزرعه و مصرف غیرمستقیم انرژی برای ساخت مواد و تجهیزهای مزرعه استفاده می شود (Koocheki and Hosseini, 1994).ارزیابی سنجه های انرژی مانند انرژی خالص، کارآیی و بهره وری انرژی می تواند در راستای کاهش انرژی مصرفی و یا افزایش انرژی تولیدی بگونه مؤثری کمک کند. تعیین میزان تأثیر متغیرهای مؤثر در هر یک از سنجه‌های انرژی و امکان‌سنجی جایگزینی این متغیرها با دیگر متغیرها با ملاحظه های فنی و اقتصادی در تدقیق و تسریع بهینه سازی الگوی مصرف انرژی می تواند نقش بارزی ایفاء نماید (Witney, 1995; Rajaby *et al*., 2012).

نظر به اهمیت انرژی و ضرورت استفاده هدفمند و هوشمند از منبع های انرژی، پژوهش های مختلفی در سراسر دنیا برای تحلیل بیلان انرژی و بهره وری آن در تولید محصول های کشاورزی و جستجوی راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی صورت گرفته است. بعنوانمونه در نتایج پژوهشی در انگلستان میانگین مصرف انرژی در تولید گندم ۱۷/۳ گیگاژول در هکتار گزارش شده است(Leach, 1976). انرژی

www.SID.ir

Archive of SID

مصرفی در تولید گندم دیم در مازندران برابر ۲۲/۴ گیگاژول در هکتار و کارآیی انرژی این محصول ۰/۴۲ برآورد شده است(Heydargholinezhad Kanari and HassanzadehG-horotTappeh, 2003).مصرف انرژی در تولید گندم در ترکیه در سال ۱۹۷۵ برابر ۱۹/۶ گیگاژول در هکتار و در سال ۲۰۰۰ حدود ۴۶ گیگاژول در هکتار بوده است (Hatirli, 2005). در پژوهشی بیلان انرژی در تولید گندم دیم در آذربایجان شرقی تحلیل شده و انرژی مصرفی برای تولید این محصول ۲۷/۲ گیگاژول در هکتار گزارش نموده است (Valadiani *et al*., 2005). میزان مصرف انرژی و کارآیی آن در تولید گندم در هندوستان بترتیب ۱۷/۸ گیگاژول در هکتار و ۵/۲ گزارش گردیده است (Sing *et al*., 2007). نتایج تحلیل انرژی در تولید گندم در ترکیه نشان داد انرژی مصرفی برای تولید گندم ۲۱ گیگاژول در هکتار و کارآیی انرژی در تولید این محصول ۳/۱ بود. سوخت و کود شیمیایی با ۴۵ و ۳۴ درصد سهم، نقش اصلی را در مصرف انرژی داشته اند (Tipi *et al*., 2009). انرژی مصرفی تولید گندم دیم در مراغه با کاربرد سیستم های مختلف خاک‌ورزی متفاوت گزارش شده است. مصرف انرژی با کاربرد گاوآهن برگرداندار و عملیات بدون خاک‌ورزی در تولید گندم بترتیب ۴۹/۶ و ۶۳ گیگاژول در هکتار بوده است. کارآیی انرژی در این دو سیستم خاک‌ورزی بترتیب ۳/۷ و ۴/۹ به دست آمد (Tabatabaeefar *et al*., 2009). برای تولید گندم دیم در کرمانشاه، میزان انرژی مصرفی ۲۵/۷ گیگاژول در هکتار و کارآیی انرژی در تولید دانه، کاه و زیست‌توده گندم به ترتیب ۰/۸۲، ۰/۷۰ و ۱/۵۲ به دست آمده است (Abdollahpour and Zaree, 2010). تولید و مصرف انرژی در مزرعه های گندم در گرگان بترتیب ۱۲۰ و ۲۱ گیگاژول در هکتار و میانگین کارآیی انرژی ۶/۳ به دست آمده است. کود شیمیایی و سوخت با ۴۶ و ۲۳ درصد سهم، بیشترین نقش را در مصرف انرژی در تولید گندم داشته اند (Rajaby *et al*., 2012).

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی سنجه های انرژی شامل انرژی خالص، کارآیی انرژی، انرژی ویژه و بهره وری انرژی و بیان راهکارهای مناسب برای بهبود یا پیشرفت های انرژی در تولید گندم بود. از یافته‌های پژوهش می‌توان در برنامه‌ریزی منطقه‌ای کشاورزی پایدار با هدف پیشرفت بهره‌وری انرژی در تولید گندم در شرق دریاچه ارومیه استفاده نمود. نوآوری مشخص پژوهش عبارت است از آینده‌پژوهی بهره‌وری مصرف انرژی در تولید گندم با ایجاد یا بازسازی شرایط مصرف انرژی در آینده برای تولید محصول در شرق دریاچه ارومیه که بصورت سناریوهای مدیریت آبیاری بر مبنای مجموعه داده‌های اندازه‌گیری‌شده و اطلاعات گردآوری‌شده می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش برای ارزیابی وسنجه های انرژی در تولید گندم در شرایط خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم، داده های موردنیاز در حاشیه شرقی دریاچه ارومیه در مزرعه های گندم آبی شهر ایلخچی در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ اندازه گیری و جمع آوری گردید. میانگین ۶۰ ساله بارندگی در این منطقه۲۹۰ میلی متر است. بخش وسیعی از زمین های زراعی این منطقه به کشت غلّات اختصاص دارد. نیاز خالص آبیاری برای شرایط پتانسیل تولید گندم در این دشت بین ۳۵۰۰ تا ۳۷۰۰ مترمکعب در هکتار است. داده های لازم برای ارزیابی سنجه های انرژی در تولید گندم از دو روش میدانی و اسنادی به دست آمدند. عملکرد دانه و کاه گندم و میزان آب مصرفی در هر دو سال بطور مستقیم در مزرعه ها اندازه گیری گردید. داده های مربوط به تهیه زمین، کاشت، تغذیه گیاهی، حفاظت از گیاه و استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی از طریق تکمیل پرسشنامه های پژوهشی به دست آمد. برای شناسایی واژه ها، مفاهیم، استانداردها و برخی از داده هایی که از روش میدانی دسترسی به آن ها امکان پذیر نبود، از روش اسنادی استفاده و بخشی از داده های لازم از اسناد منتشرشده وزارت جهاد کشاورزی و بخشی دیگر از مقاله ها و کتاب های تخصصی جمع آوری شد. انرژی مصرفی (ورودی) در سیستم های تولید کشاورزی به دو بخش مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می شود. در تولید دانه و زیست‌توده

www.SID.ir

Archive of SID

گندم، مصرف مستقیم انرژی شامل سوخت لازم تراکتور برای تهیّه زمین، کاشت، داشت، برداشت و ترابری، نیروی الکتریکی برای پمپاژ آب زیرزمینی، نیروی انسانی برای انجام عملیّات زراعی در مزرعه و ایجاد و تخریب نهر و فارو می باشد. مصرف غیرمستقیم انرژی در تولید دانه و زیست‌توده گندم شامل تهیه و ترابری کود و سم های شیمیایی، بذر مصرفی در مرحله کاشت و وزن ماشین‌آلات و تجهیزات پمپاژ می باشدبنابراین در پژوهش حاضر انرژی مصرفی (ورودی) به دو شکل مستقیم و غیرمستقیم برآورد گردید. انرژی تولیدی (خروجی) محصول در سه بخش دانه، کاه و زیست‌توده برآورد گردید. همچنین مؤلّفه تجدیدپذیری انرژی مصرفی (ورودی) شامل انرژی نیروی انسانی، بذر مصرفی و آب آبیاری و مؤلّفه تجدیدناپذیری انرژی مصرفی شامل انرژی های سوخت، کود و سم های شیمیایی و ماشین‌آلات در این پژوهش برآورد شد. برای برآورد انرژی مصرفی و انجام عملیات گوناگون یا محتوای انرژی موجود در نهاده های تولیدی، از هم‌ارزها، فرمول‌ها و روابط مربوط که در منبع معتبر علمی نام برده شده، استفاده گردید.

برآورد نیروی انسانی: نیروی کار انسانی از مرحله کاشت گندم تا برداشت محصول با استفاده از اطلاعات دریافتی از تکمیل پرسشنامه های میدانی و اسنادی تعیین گردید. تعداد ساعت های کار برای انجام مرحله های مختلف عملیات زراعی از جمله ایجاد کرت، نهر و فارو، کودپاشی، بذرکاری یا بذرپاشی، آبیاری، سمپاشی، برداشت محصول، خرمن‌کوبی، جمع آوری، بارگیری و ترابری محصول ثبت و سپس بر مبنای ضریب تبدیل انرژی (۱/۹۵ مگاژول در ساعت) انرژی ورودی (یا مصرفی) نیروی انسانی برحسب مگاژول در هکتار هم‌ارز گردید (جدول ۱).

برآورد مصرف سوخت: تراکتورهای مورد استفاده در آذربایجان شرقی به‌طور غالب از نوع رومانی و فرگوسن بوده و میانگین قدرت آن ها ۶۵ اسب بخار بود. مصرف سوخت تراکتور برای هر ساعت ۱۱/۴ لیتر برآورد گردید.

برآورد انرژی مصرفی ادوات: ابتدا ظرفیت موثّر هر یک از ادوات لازم در خاک‌ورزی مرسوم و حفاظتی با توجه به عرض کار، راندمان دستگاه و سرعت ماشین از رابطهٔ (۱) به دست آمد (Koocheki and Hosseini, 1994).

$$EC = \frac{W \times (Em \times Vm)}{1000} \qquad (۱)$$

که در آن EC ظرفیت موثر ادوات (هکتار در ساعت)، W عرض‌کار (متر)، Em راندمان دستگاه (درصد) و Vm سرعت ماشین در مزرعه (کیلومتر در ساعت) است. پس از محاسبه ظرفیت موثر هر یک از ادوات خاک‌ورزی مرسوم و حفاظتی، با در نظر گرفتن سوخت مصرفی برای هر ساعت کار ماشینی و هم‌ارز انرژی گازوئیل (۴۰ مگاژول در لیتر)، انرژی مصرفی ادوات (مگاژول در هکتار) برآورد گردید (جدول ۱).

برآورد انرژی الکتریکی: برای پمپاژ آب از منبع های آب زیرزمینی در مزرعه موردبررسی از منبع الکتریکی استفاده می شود. بر مبنای مدت پمپاژ آب و مدت آبیاری و میانگین قدرت الکتروموتورهای مورداستفاده و با در نظر گرفتن هم‌ارز انرژی برای منبع الکتریکی (۳/۶۰ مگاژول در کیلووات ساعت)، میزان انرژی ورودی (مصرفی) از این منبع (مگاژول در هکتار) محاسبه گردید (جدول ۱).

برآورد انرژی کودهای شیمیایی: کودهای مصرفی در تولید گندم در دشت تبریز-آذرشهر به‌طور عمده شامل کود ازته و فسفره (سوپر فسفات تریپل) بود. حدود ۴۶ درصد از کود ازته را ازت خالص و ۴۶ درصد از کود سوپر فسفات تریپل را فسفر تشکیل می دهد. پس از محاسبه میزان ازت خالص و فسفر، میزان انرژی مصرفی برای کودهای شیمیایی با استفاده از ضریب تبدیل انرژی برای نیتروژن (۷۳/۷۰ مگاژول بر کیلوگرم) و فسفر (۱۳/۴۰ مگاژول بر کیلوگرم) به دست آمد (جدول ۱).

برآورد انرژی سم های کشاورزی: برای تولید گندم در دشت مورد بررسی، بطور عمده از علف کش 2,4-D و سافیکس استفاده می شود. هر لیتر از این علف کش ها

www.SID.ir

Archive of SID

بترتیب ۸۴/۹۰ و ۱۱۳/۷۵ مگاژول انرژی مصرف می کنند (جدول۱). میزان مصرف انرژی بازای مقدار حجمی علف کش های استفاده شده، برحسب مگاژول در هکتار برآورد گردید (Koocheki and Hosseini, 1994).

برآورد انرژی بذر مصرفی گندم: پس از مشخص شدن میزان بذر مصرفی گندم در مزرعه، با توجه به ضریب تبدیل انرژی برای بذر گندم (۱۷/۶۰ مگاژول بر کیلوگرم)، کل انرژی مصرفی برحسب مگاژول در هکتار (جدول ۱) به دست آمد(Koocheki and Hosseini, 1994; Rajaby *et al*., 2012).

در فرآیند تولید محصول گندم، عملکرد شامل دانه و کاه گندم می باشد. میزان انرژی تولیدی (خروجی) هر کیلوگرم دانه و کاه گندم بترتیب ۱۴/۴۸ و ۹/۲۵ مگاژول می باشد (جدول۱). عملکرد حاصل از کشت هر هکتار گندم در انرژی تولید ضرب گردید و انرژی تولیدی (خروجی) دانه و کاه گندم محاسبه شد(Koocheki and Hosseini, 1994; Rajaby *et al*., 2012).

ارزیابی سنجه های انرژی: برای ارزیابی انرژی در سیستم های تولیدی کشاورزی از سنجه های مختلفی استفاده می شود. در این پژوهش، سنجه های انرژی خالص، کارآیی انرژی، انرژی ویژه و بهره وری انرژی در تولید گندم با استفاده از روابط زیر برآورد گردید (Mandal *et al*., 2002; Mani *et al*., 2007; Rathke *et al*., 2007; Rajaby *et al*., 2012). در ارزیابی سنجه های انرژی از سه متغیّر انرژی ورودی (یا مصرفی)، انرژی خروجی (یا تولیدی) و عملکرد گندم استفاده می شود. سنجه های انرژی خالص از تفاوت انرژی تولیدی و مصرفی و بصورت زیر برآورد شد.

$$NE = OE - IE \qquad (۲)$$

که در آن NE انرژی خالص (گیگاژول در هکتار)، OE مجموع انرژی تولیدی در مزرعه توسط دانه و کاه گندم (گیگاژول در هکتار) و IE مجموع انرژی مصرفی در فرآیند تولید محصول گندم (گیگاژول در هکتار) است. کارآیی انرژی حاصل نسبت انرژی تولیدی به انرژی مصرفی بوده و از رابطه زیر برآورد شد.

$$EE = \frac{OE}{IE} \qquad (۳)$$

که در آن EE کارآیی انرژی (بدون بعد) بوده و OE و IEپیشتر معرفی گردید.انرژی ویژه میزان انرژی مصرفی برای تولید یک کیلوگرم از دانه گندم می باشد. انرژی ویژه از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$SE = \frac{IE}{GY} \qquad (۴)$$

که در آن SE انرژی ویژه (مگاژول بر کیلوگرم) و GY عملکرد دانه گندم (کیلوگرم در هکتار) است. در رابطهٔ اخیر، مجموع انرژی مصرفی برای تولید گندم برحسب مگاژول در هکتار اعمال می شود. بهره وری انرژی یکی از مهم‌ترین سنجه های انرژی است که میزان تولید دانه گندم به ازای مصرف یک مگاژول انرژی را مشخص می کند. برای برآورد بهره وری انرژی از رابطهٔ زیر استفاده گردید.

$$EP = \frac{GY}{IE} \qquad (۵)$$

که در آن EP بهره وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول) بوده و دیگر متغیّرها پیشتر معرفی گردید.

سناریوهای آینده‌پژوهی: بمنظور ایجاد و بازسازی شرایط مصرف انرژی در آینده برای تولید گندم بر مبنای داده های اندازه گیری شده و اطلاعات جمع آوری شده، از سناریونویسی بعنوان یکی ازاساسی ترین شیوه های آینده‌پژوهی استفاده گردید. با توجه به شرایط فعلی دریاچه ارومیه، منبع های آب در حوضهٔ این دریاچه محدود بوده و ارزش آب آبیاری افزون بر جنبهٔ اقتصادی از رویکرد محیطزیست نیز قابل توجه است. بنابراین در این پژوهش، روش های مدیریت مصرف آب در تولید گندم، بعنوان سناریوهای آینده‌پژوهی انتخاب گردید.

رفتارهای آبیاری تولیدکنندگان گندم با تکمیل پرسشنامه شناسایی شده و سناریوهای مدیریت آبیاری بر مبنای این رفتارها به شرح جدول ۲ انتخاب گردید. میزان آب مصرفی در نوبت های مختلف آبیاری در شرایط سناریوهای دوم تا پنجم از طریق اندازه گیری مستقیم و در شرایط سناریوی اول بصورت برآورد،به دست آمد. تغییر های عملکرد گندم به ازای

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- هم‌ارز انرژی برای ورودی ها وخروجی ها درفرآیند تولید گندم (Koocheki and Hosseini, 1994)

Table 1. Equivalent energy for inputs and outputs in the wheat production process (Koocheki and

ورودیها/ خروجیها Inputs/ Outputs	واحد Dimensions	هم‌ارز انرژی (مگاژول بر واحد) Equivalent energy (MJ/ Dimensions)
	ورودیها **Inputs**	
نیروی انسانی Labors	ساعت hr	1.95
بذر مصرفی گندم Wheat seed	کیلوگرم Kg	17.60
وزن ماشین‌آلات و تجهیزهای پمپاژ Weights of machines	کیلوگرم Kg	86.70
کود ازته N fertilizer	کیلوگرم Kg	73.70
کود فسفره P fertilizer	کیلوگرم Kg	13.40
گازوئیل Gasoline	لیتر L	40.00
الکتریسیته Electricity	کیلووات ساعت KWhr	3.60
علف کش 2,4-D 2,4-D	لیتر L	84.90
علف‌کش سافیکس Herbicide	لیتر L	113.75
	خروجی ها **Outputs**	
دانهٔ گندم Wheat grain	کیلوگرم Kg	14.48
کاه گندم Wheat straw	کیلوگرم Kg	9.25

آب مصرفی حاصل از داده های اندازه گیری شده و توصیه شده توسط مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب (Farshi *et al*., 1998)رسم و استفاده گردید.

نتایج و بحث

الف) تحلیل تأثیر سیستم های خاک ورزی بربیلان و بهره وری انرژی درتولیدگندم

در فرآیند تولید گندم، انرژی لازم برای تأمین نیروی انسانی، کودپاشی، بذرپاشی یا بذرکاری، ایجاد و تخریب نهر و فارو، سم پاشی، آبیاری، برداشت محصول و ترابری بعنوان انرژی مصرفی مستقیم تلقی می شود. میزان نهاده های مصرفی در واحد سطح (هکتار) و میزان انرژی هم‌ارز نهاده ها (مگاژول در هکتار) که به‌طور مستقیم در فرآیند تولید گندم در دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم مشارکت داشته اند. در جدول ۲ نشان داده شده است. میانگین ساعت کار نیروی انسانی در دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم بترتیب برابر ۱۸۳ و ۱۷۸ ساعت در هکتار معادل با ۳۵۶ و ۳۴۷ مگاژول در هکتار بود.

در روش کشت مرسوم عملیات خاک‌ورزی شامل استفاده از ماشین‌آلات در عملیات شخم زمین، کاربرد دیسک و لولر می باشد. میزان ماشین‌آلات مورد نیاز در عملیات خاک‌ورزی مرسوم بطور میانگین ۶/۵ ساعت در هکتار با میانگین مصرف سوخت ۷۵/۶ لیتر در هکتار بود. میزان انرژی مصرفی ماشین‌آلات در

www.SID.ir

Archive of SID

عملیات خاک‌ورزی مرسوم ۲۹۸۹ مگاژول در هکتار بود. پس از عملیات خاک‌ورزی، در مرحله های کاشت و داشت گندم و در عملیات ایجاد فارو و نهر، بذرپاشی یا بذرکاری، کودپاشی و سم پاشی از ماشین‌آلات استفاده می شود. میزان ماشین‌آلات لازم در مرحله های کاشت و داشت گندم در هر دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم برابر ۳/۹ ساعت در هکتار با میانگین مصرف سوخت ۴۴/۳ لیتر در هکتار و هم‌ارز انرژی مصرفی ۱۷۷۵ مگاژول در هکتار بود (جدول ۲). برای آبیاری مزرعه‌های گندم از منبع های آب زیرزمینی استفاده گردید. دبی چاه مزرعه ۲۸ لیتر در ثانیه و مدّت آبیاری در طول فصل رشد گندم ۱۴/۸ ساعت و میزان انرژی مصرفی برابر ۹۰۹ مگاژول در هکتار در هر دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم بود (جدول ۲). بدین ترتیب میزان انرژی مصرفی نهاده ها به‌طور مستقیم در دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم بترتیب برابر ۳۸۵۳ و ۶۸۳۳ مگاژول در هکتار بود (جدول ۲). ملاحظه می شود میزان انرژی مصرفی مستقیم در خاک‌ورزی حفاظتی حدود ۴۴ درصد کمتر از انرژی مصرفی در خاک‌ورزی مرسوم بود.

وزن ماشین‌آلات و تجهیز های پمپاژ مورد استفاده در فرآیند تولید گندم ۵۰ کیلوگرم در هکتار و انرژی مصرفی آن ۴۳۳۶ مگاژول در هکتار به دست آمد. بدین ترتیب میزان انرژی مصرفی نهاده ها بطور غیرمستقیم در دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم ۱۲۹۸۱ مگاژول در هکتار بود. مجموع انرژی مصرفی مستقیم و غیرمستقیم برای تولید گندم در دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم به ترتیب ۱۶۸۳۴ و ۱۹۸۱۴ مگاژول در هکتار شد. ملاحظه می شود انرژی مصرفی برای تولید گندم با خاک‌ورزی حفاظتی ۱۵ درصد کم‌تر از انرژی مصرفی در خاک‌ورزی مرسوم حاصل شد.سهم هرکدام از نهاده های مصرفی از کل انرژی ورودی در تولید گندم در دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم متفاوت بود. در هر دو سیستم خاک‌ورزی، وزن ماشین‌آلات، کود ازته، بذر گندم و تأمین آب بیشترین سهم از مصرف انرژی را به خود اختصاص دادند. در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی سهم مصرف انرژی هر کدام از نهاده‌های وزن ماشین‌آلات، کود ازته، بذر گندم و تأمین آب بترتیب ۲۶،۲۵،۲۲ و ۵ درصد از کل انرژی ورودی بود (جدول های ۲ و ۳)،بعبارت دیگر از کلّ انرژی ورودی حدود ۷۹ درصد آن توسط این نهاده‌ها و ۲۱ درصد آن توسط دیگر نهاده ها، به مصرف رسیده است.

در سیستم خاک‌ورزی مرسوم سهم مصرف انرژی نهاده های وزن ماشین‌آلات، کود ازته، بذرگندم و تأمین آببترتیب برابر ۲۲، ۲۱،۱۹و ۵ درصد از کل انرژی ورودی بود (جدول های ۲ و ۳). حدود ۶۷درصد از کل انرژی ورودی توسط این چهار نهاده و ۳۳درصد از آن توسط دیگر نهاده ها استفاده شده است بنابراین پیشرفت بهره وری مصرف کود و آب،کاهش وزن

جدول ۲- سناریوهای آینده‌پژوهی مدیریت آبیاری گندم

Table 2. Future scenarios for irrigation management of wheat

عنوان سناریو	برنامه آبیاری	شرایط کاربرد	نوبت آبیاری در فصل رشد	مقدار آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)	درصد تجمعی رفتار آبیاری تولیدکنندگان
Scenarios	Irrigation strategy	Application conditions	Irrigation events	Applied water (m^3 ha^{-1})	Farmers (%)
سناریوی اول Scenario 1	بیش آبیاری Over-irrigation	وفور آب Excess water	6	5000	2*
سناریوی دوم Scenario 2	بیش‌آبیاری Over-irrigation	وفور آب Excess water	5	4000	7
سناریوی سوم Scenario 3	آبیاری کامل Full-irrigation	نرمال Sufficient water	4	3600	26
سناریوی چهارم Scenario 4	کم آبیاری Deficit -irrigation	کمبود آب Deficit water	2	1600	89
سناریوی پنجم Scenario 5	کم آبیاری Deficit -irrigation	کمبود آب Deficit water	1	800	100

* یعنی ۲ درصد از تولیدکنندگان گندم از این سناریو برای مدیریت آبیاری گندم استفاده می‌کنند.

* 2% of wheat production use this scenario to manage wheat irrigation.

www.SID.ir

Archive of SID

ماشین‌آلات و تجهیز ها و استفاده از میزان مناسب بذرگندم می‌تواند بعنوان راهکارهای مؤثر برای صرفه جویی در انرژی ورودی بشمار آید. در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی، از کلّ انرژی ورودی که برای تولید گندم مصرف شده، حدود ۲۳ درصد آن (۳۸۵۳ مگاژول در هکتار) به‌طور مستقیم برای نیروی انسانی، سوخت ماشین‌آلات در مرحله های خاک‌ورزی، کاشت، داشت، برداشت و ترابری محصول و نیز عملیات آبیاری مصرف شده است. در صورتی که ۷۷ درصد باقیمانده (۱۲۹۸۱ مگاژول در هکتار) به‌طور غیرمستقیم و از طریق استفاده از کود شیمیایی و سم های کشاورزی، بذر گندم و وزن ماشین‌آلات مصرف گردیده است. در سیستم خاک‌ورزی مرسوم نیز ۳۴ درصد از کل انرژی ورودی که هم‌ارز ۶۸۳۳ مگاژول انرژی در هکتار بود بطور مستقیم و ۶۶ درصد از کل انرژی ورودی (۱۲۹۸۱ مگاژول در هکتار) به‌طور غیرمستقیم مصرف شده است. در پژوهشی از کلانرژی ورودی، انرژی های غیرمستقیم حدود ۷۵ درصد و انرژی های مستقیم ۲۵ درصد در تولید گندم مشارکت داشته اند (Rajaby *et al*., 2012). بطور معمول در یک سیستم رایج کشاورزی حدود ۳۳ درصد انرژی ورودی به کشور مستقیم و ۶۷ درصد آن به شکل غیرمستقیم مصرف می شود (Koocheki and Hosseini, 1994). در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی ۷۰ درصد از انرژی ورودی برای تولید گندم از منبع های تجدیدناپذیر تأمین گردید. درواقع انرژی که بصورت سوخت، سم ها و مواد شیمیایی، کود شیمیایی و ماشین‌آلات مصرف می شود، همه از منبع های انرژی تجدیدناپذیر تأمین گردید. بدیهی است ۳۰ درصد باقیمانده که بصورت نیروی انسانی، بذر گندم و آب آبیاری مصرف گردید، همه از منبع های انرژی تجدیدپذیر تأمین شد. در سیستم خاک‌ورزی مرسوم ۲۵ درصد از انرژی مصرفی برای تولید گندم از منبع های انرژی تجدیدپذیر و ۷۵ درصد از آن از منبع های انرژی تجدیدناپذیر تأمین گردید بعبارت دیگر، با تغییر سیستم خاک‌ورزی از مرسوم به حفاظتی ۵ درصد از انرژی مصرفی از منبع های انرژی تجدیدناپذیر به منبع های انرژی تجدیدپذیر انتقال یافته بود. سهم انرژی تجدیدناپذیر در تولید دیگر محصول ها، متفاوت از سهم انرژی تجدیدناپذیر در تولید گندم می باشد. در گزارشی سهم انرژی تجدیدناپذیر و تجدیدپذیر در تولید جو بترتیب ۶۶ و ۳۴ درصد برآورد شده است (Ghasemi Mobtaker *et al*., 2010). در نتایج پژوهش روی انرژی مصرفی در تولید چغندرقند اعلام گردیده سهم انرژی تجدیدناپذیر و تجدیدپذیر بترتیب ۸۲ و ۱۸ درصد بود(Erdal *et al*., (2007). در مورد تولید پنبه نیز گزارش شده ۹۶ درصد از انرژی مصرفی از منبع های تجدیدناپذیر و ۴ درصد از آن از منبع های تجدیدپذیر بوده است. (Ahmadi and Agha-Ali Khani , 2012). در تولید گوجه‌فرنگی، انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بترتیب ۳۱ و ۶۹ درصد از کل انرژی ورودی بوده است (Raee Jadidi *et al*., 2010). از کل ترکیب های شیمیایی دانه و کاه گندم، پروتئین، چربی و کربوهیدرات قابلیت انرژی زایی دارند.درصد ترکیب های پروتئین، چربی و کربوهیدرات دانه گندم بترتیب ۱۳/۳، ۲/۰ و ۶۸/۷ درصد و کاه گندم بترتیب ۴/۳، ۳/۴ و ۴۳/۳ درصد است (Koocheki and Hosseini, 1994). مجموع ارزش انرژی زایی دانه و کاه گندم بترتیب ۱۴/۴۹ و ۹/۲۵ مگاژول در کیلوگرم به دست آمد. بر مبنای عملکرد دانه و کاه گندم در دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم و ارزش انرژی زایی اجزاء محصول گندم، نتایج برآورد ارزش گرمایی دانه و کاه گندم در جدول ۴ بیان شده است. عملکرد دانه در دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم بترتیب ۳۵۵۱ و ۳۴۵۰ کیلوگرم در هکتار و ارزش گرمایی آن بترتیب ۵۱۴۳۸ و ۴۹۹۷۵ مگاژول در هکتار بود. ملاحظه می شود انرژی تولیدی دانه گندم در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی حدود سه درصد بیشتر از انرژی تولیدی دانه در سیستم مرسوم بود. عملکرد کاه در دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم بترتیب ۳۴۱۳ و ۵۵۲۷ کیلوگرم در هکتار و انرژی تولیدی آن بترتیب ۳۱۵۷۸ و ۵۱۱۳۷ مگاژول در هکتاربه دست آمد (جدول ۴). عملکرد کاه و انرژی تولیدی آن در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی حدود ۳۸ درصد کم‌تر از عملکرد کاه و انرژی تولیدی آن در سیستم خاک‌ورزی مرسوم بود. به نظر می رسد رویکرد حفظ بقایای گیاهی در مزرعه های گندم در حد ۳۸ درصد در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی، به‌احتمال موجب کاهش عملکرد کاه در مزرعه بوده باشد. انرژی تولیدی دانه نسبت به کاه در سیستم خاک‌ورزی

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- میانگین مقدار نهاده ها و انرژی هم‌ارز مستقیم در فرآیند تولید گندم در دو سیستم کشاورزی حفاظتی و مرسوم

Table 3. The mean of direct inputs and their equivalent energy in the wheat production process for two conservational and conventional tillage systems

درصد از مجموع انرژی مصرفی مستقیم و غیرمستقیم Percent of consumed energy		انرژی هم‌ارز (مگاژول در هکتار) (Equivalent energy (MJ ha^{-1}		مقدار در واحد سطح (هکتار) Quantities per ha		نهاده (واحد) Inputs
خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage	خاک‌ورزی حفاظتی Conservational tillage	خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage	خاک‌ورزی حفاظتی Conservational tillage	خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage	خاک‌ورزی حفاظتی Conservational tillage	
1.75	2.11	347	356	178.13	183	نیروی انسانی (ساعت) Labor (hr)
5.70	0.00	1130	0	2.47	0	عملیات شخم زمین (ساعت) Plowing operations (hr)
2.40	0.00	475	0	1.04	0	کاربرد دیسک (ساعت) Disk (hr)
6.98	0.00	1384	0	3.03	0	استفاده از لولر (ساعت) Leveler (hr)
2.12	2.49	420	420	0.92	0.92	کودپاشی (ساعت) Fertilizing
1.28	1.51	254	254	0.56	0.56	بذرپاشی یا بذرکاری (ساعت) Seeding (hr)
2.28	2.69	452	452	0.99	0.99	ایجاد فارو (ساعت) Furrowing (hr)
2.31	2.71	457	457	1.00	1.00	عملیّات سم پاشی (ساعت) Chemical practices (hr)
0.97	1.14	192	192	0.42	0.42	ایجاد و تخریب نهر (ساعت) Creating and Destructing of canal (hr)
4.59	5.40	909	909	14.80	14.80	عملیات آبیاری (ساعت) Irrigation (hr)
2.95	3.48	585	585	1.28	1.28	برداشت محصول (ساعت) Harvesting (hr)
1.15	1.35	228	228	0.50	0.50	ترابری محصول (ساعت) Transporting(hr)
34.48	22.89	6833	3853			مجموع انرژی مصرفی (مگاژول در هکتار) Consumed energy(MJ ha^{-1})

حفاظتی ۱۹۸۶۰ مگاژول در هکتار بیشتر و در سیستم خاک‌ورزی مرسوم ۱۱۶۲ مگاژول در هکتار کم‌تر حاصل شد. مجموع ارزش انرژی تولیدی دانه و کاه گندم در دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم بترتیب ۸۳۰۱۶ و ۱۰۱۱۱۲ بود (جدول ۴). درواقع انرژی تولیدی محصول دانه و کاه گندم در سیستم خاک‌ورزی مرسوم ۲۲ درصد نسبت به انرژی تولیدی خاک‌ورزی حفاظتی بیشتر گردید. تفاوت انرژی تولید توسط دانه و کاه گندم در دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم ۱۸۰۹۶ مگاژول در هکتار بود. در پژوهش دیگری میانگین انرژی تولیدی دانه و کاه گندم را بترتیب ۵۸ و ۳۴ گیگاژول در هکتار گزارش نموده اند (Rajaby *et al*., 2012). در مطالعه‌ای انرژی تولیدی دانه گندم دیم ۲۱ گیگاژول در هکتار و انرژی

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۴- میانگین مقدار نهاده ها و انرژی هم‌ارز غیرمستقیم در فرآیند تولید گندم در دو سیستم کشاورزی حفاظتی و مرسوم
Table 4. The mean of indirect inputs and their equivalent energy in the wheat production process for two conservational and conventional tillage systems

درصد از مجموع انرژی مصرفی مستقیم و غیرمستقیم Percent of consumed energy		انرژی هم‌ارز (مگاژول در هکتار) Equivalent energy (MJ ha^{-1})		مقدار در واحد سطح (هکتار) Quantities per ha		نهاده (واحد) Inputs
خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage	خاک‌ورزی حفاظتی Conservational tillage	خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage	خاک‌ورزی حفاظتی Conservational tillage	خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage	خاک‌ورزی حفاظتی Conservational tillage	
21.38	25.17	4237	4237	57.5	57.5	ازت (کیلوگرم) N (kg)
1.55	1.82	307	307	23.0	23.0	فسفر (کیلوگرم) P(kg)
0.64	0.75	127	127	1.5	1.5	علف کش 2,4-D (لیتر) 2,4-D (L)
1.15	1.35	228	228	2.0	2.0	علف کش سافیکس (لیتر) Herbicide (L)
18.91	22.25	3746	3746	213	213	بذر گندم (کیلوگرم) Wheat seed (kg)
21.88	25.76	4336	4336	50	50	وزن ماشین‌آلات و تجهیزات پمپاژ(کیلوگرم) Machinery weight
65.52	77.11	12981	12981			مجموع انرژی مصرفی (مگاژول در هکتار) Energy used (MJ ha^{-1})

تولیدی کاه گندم ۱۸ گیگاژول در هکتار برآورد شده است (Abdollahpour and Zaree, 2010).در جدول ۵ نتایج ارزیابی سنجه های انرژی شامل انرژی خالص، کارآیی انرژی، انرژی ویژه و بهره وری انرژی در تولید گندم با دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم بیان شده است. انرژی خالص در تولید دانه گندم در دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم بترتیب ۳۴/۶ و ۳۰/۲ گیگاژول در هکتار و انرژی خالص در تولید کاه گندم در این دو سیستم خاک‌ورزی ۱۴/۸ و ۳۱/۳ گیگاژول در هکتار بود. در سیستم های خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم، انرژی خالص در تولید زیست‌توده گندم بترتیب برابر ۶۶/۲ و ۳/۸۱ گیگاژول در هکتار بود (جدول ۵).کارآیی انرژی از تقسیم انرژی خروجی از مزرعه به انرژی ورودی حاصل گردید (جدول ۵). در دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم، کارآیی انرژی در تولید دانه بترتیب برابر ۳/۱ و ۲/۵ بودبعبارت دیگر به ازای وارد نمودن هر ژول انرژی برای تولید دانه گندم در دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم بترتیب ۳/۱ و ۲/۵ژول انرژی حاصل گردید. کارآیی انرژی در تولید کاه گندم در سیستم های خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم بترتیب ۱/۹ و ۲/۶ بود،یعنی به ازای وارد نمودن هر واحد انرژی در فرآیند تولید کاه در دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم بترتیب ۱/۹ و ۲/۶ واحد انرژی تولید گردید. کارآیی انرژی تولید زیست‌توده (دانه و کاه) گندم در خاک‌ورزی حفاظتی ۴/۹ و در خاک‌ورزی مرسوم ۵/۱ بود. تفاوت کارآیی انرژی در تولید اجزای محصول گندم در دو سیستم خاک‌ورزی یاد شده از نظر آماری معنی دار نبود. در پژوهش‌های قبلی کارآیی انرژی در تولید گندم بین ۰/۸ تا ۶/۳ گزارش شده است (Canakci *et al*., 2005; Sing *et al*., 2007; Tipi *et al*., 2009; Rajaby *et al*.,2012; Abdollahpourand Zaree, 2010). میزان کارآیی انرژی در تولید گوجه‌فرنگی ۰/۶ (Raee Jadidi *et al*.,2010) و در تولید پنبه توسط ۱/۱(Ahmadi and Agha-Ali Khani , 2012)

www.SID.ir

Archive of SID

گزارش شده است. انرژی ویژه عملکرد سیستم های تولیدات کشاورزی، مصرف انرژی ورودی را نشان می دهد. در دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم برای تولید یک کیلوگرم دانه گندم بترتیب ۴/۷ و ۵/۷ مگاژول انرژی لازم است. در گزارش دیگری اعلام شده برای تولید یک کیلوگرم دانهٔ گندم به ۴ مگاژول انرژی نیاز است (Rajaby *et al*., 2012). برای تولید دانهٔ گندم، میزان انرژی ویژه در گزارشی ۵/۲ (Canakci *et al*., 2005) و در گزارش دیگری میزان آن ۹/۳ مگاژول بر کیلوگرم اعلامشده است (Piringer and Steinberg, 2006). گزارش شده برای تولید یک کیلوگرم دانه گندم دیم به ۹/۷ مگاژول انرژی نیاز بوده است (Abdollahpour and Zareee, 2010). سنجه بهره وری انرژی مقدار تولید دانه گندم به ازای مصرف یک مگاژول انرژی را نشان می دهد. در سیستم های خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم به ازای استفاده از یک مگاژول انرژی بترتیب ۲۱۰ و ۱۷۰ گرم دانهٔ گندم تولید شده است. نتایج پژوهشی نشان داده به ازای کاربرد یک مگاژول انرژی به‌طور میانگین ۲۵۰ گرم دانهٔ گندم تولید شده بود (Rajaby *et al*., 2012). نتایج پژوهش‌های دیگر نشان داد با مصرف یک مگاژول انرژی میزاندانه تولیدشده بین ۱۲۷ و ۲۵۶ گرم بود (Canakci *et al*., 2005; Piringer and Steinberg 2006; Abdollahpour and Zaree, 2010).

ب) تحلیل تأثیر سناریوهای آینده‌پژوهی بر بیلان و بهره وری انرژی در تولید گندم

تغییر های عملکرد گندم به ازای آب مصرفی حاصل از داده های اندازه گیری شده و توصیه شده توسط مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب (Farshi *et al*., 1998)بصورت شکل ۱ مورداستفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد تأثیر سناریوهای مدیریت آبیاری بر روی انرژی ورودی از طریق نیروی انسانی، عملیات شخم زمین، کاربرد دیسک، استفاده از لولر، عملیات کودپاشی، عملیات بذرکاری، ایجاد فارو، عملیات سم پاشی، ایجاد تخریب نهر، برداشت و ترابر محصول، مصرف کودها و مواد شیمیایی، بذر گندم و وزن ماشین‌آلات و تجهیزات در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار نبود. میانگین انرژی مصرفی نیروی انسانی در دو سیستم خاک ورزی حفاظتی و مرسوم بترتیب ۳۵۶ و ۳۴۷ مگاژول در هکتار بود (جدول ۲).

میزان انرژی مصرفی ماشین آلات در عملیّات خاک ورزی مرسوم ۲۹۸۹ مگاژول در هکتار بود. میزان انرژی مصرفی از طریق کاربرد ماشین آلات در مرحله های کاشت و داشت گندم در دو سیستم خاک ورزی حفاظتی و مرسوم ۱۷۷۵ مگاژول در هکتار بود. میزان انرژی مصرفی ماشین آلات در مرحلهٔ برداشت و ترابری محصول در هر دو سیستم خاک ورزی حفاظتی و مرسوم ۸۱۳ مگاژول در هکتار بود. انرژی ورودی از طریق تأمین آب با سناریوهای مدیریت آبیاری متفاوت و با کاربرد سیستم های خاک ورزی مشابه بود. انرژی مصرفی تأمین آب با سناریوهای اول تا پنجم به ترتیب ۱۳۳۷، ۱۰۶۹، ۹۶۲، ۴۲۸، ۲۱۸ مگاژول در هکتار بود. گروه بندی سناریوها از نظر انرژی مصرفی تأمین آب نشان داد سناریوهای اول تا سوم با میانگین انرژی مصرفی ۱۱۲۳ مگاژول در هکتار در گروه اول و سناریوهای چهارم و پنجم با میانگین انرژی مصرفی ۳۲۱ مگاژول در هکتار در گروه دوم قرار داشتند. میزان انرژی مصرفی نهاده ها به‌طور مستقیم در سیستم خاک ورزی حفاظتی نسبت به مرسوم به‌طور میانگین ۵۶ درصد به دست آمد. میانگین انرژی مصرفی مستقیم سناریوهای اول تا سوم (گروه اول) ۵۵۵۷ مگاژول در هکتار و سناریوهای سوم و چهارم (گروه دوم) ۴۷۵۵ مگاژول در هکتار به دست آمد. بیشترین و کمترین انرژی مصرفی مستقیم با اعمال سناریوهای اول و پنجم و با میانگین ۵۷۷۰ و ۴۶۴۸ مگاژول در هکتار بود. میزان انرژی مصرفی غیرمستقیم در سناریوهای مدیریت آبیاری و سیستم های خاک ورزی مشابه جدول ۳ و با میزان ۱۲۹۸۱ مگاژول در هکتار بود. از مجموع انرژی مصرفی مستقیم و غیرمستقیم، انرژی مصرفی کل در تولید محصول به دست می آید. انرژی مصرفی کل با کاربرد سیستم خاک ورزی حفاظتی حدود ۸۰ درصد انرژی مصرفی سیستم خاک ورزی مرسوم بودبعبارت دیگر استفاده از سیستم خاک ورزی حفاظتی نسبت به خاک ورزی مرسوم موجب کاهش مصرف انرژی در تولید گندم گردید. با این وجود تفاوت آماری آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار نشد. بیشترین و کمترین انرژی مصرفی با اعمال سناریوهای اول و پنجم به دست آمد. بیشترین و کمترین انرژی

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱– تغییر های عملکرد گندم به ازای آب مصرفی در دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم.

Fig. 1 - Wheat yield variation versus water applied in both conservational and conventional tillage systems

مصرفی در خاک ورزی مرسوم ۲۰۲۴۲ و ۱۹۰۲۸ و در خاک ورزی حفاظتی ۱۷۲۶۲ و ۱۶۰۴۸ مگاژول در هکتار حفاظتی حدود ۸۰ درصد انرژی مصرفی سیستم خاک ورزی مرسوم بودبعبارت دیگر استفاده از سیستم خاک ورزی حفاظتی نسبت به خاک ورزی مرسوم موجب کاهش مصرف انرژی در تولید گندم گردید. با این وجود تفاوت آماری آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار نشد. بیشترین و کمترین انرژی مصرفی با اعمال سناریوهای اول و پنجم به دست آمد. بیشترین و کمترین انرژی مصرفی در خاک ورزی مرسوم ۲۰۲۴۲ و ۱۹۰۲۸ و در خاک ورزی حفاظتی ۱۷۲۶۲ و ۱۶۰۴۸ مگاژول در هکتار به دست آمد.

ارزش گرمایی دانه، کاه و زیست‌توده گندم بر مبنای عملکرد دانه، کاه و زیست‌توده و ارزش انرژی زایی اجزای محصول گندم حاصل از کاربرد سناریوهای مدیریت آبیاری با دو سیستم خاک ورزی حفاظتی و مرسوم برآورد گردید (جدول ۴). نتایج نشان داد تفاوت عملکرد دانه و در نتیجه ارزش گرمایی آن در دو سیستم خاک ورزی حفاظتی و مرسوم در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار نگردید. ولی تفاوت عملکرد کاه و ارزش گرمایی آن در دو سیستم خاک ورزی متفاوت بود (جدول ۴). بیشترین و کمترین عملکرد دانه با مقادیر ۵۳۱۶ و ۱۸۷۰ کیلوگرم در هکتار و متناسب با آن بیشترین و کمترین ارزش گرمایی با مقادیر ۷۶۹۹۹ و ۲۷۰۹۲ مگاژول در هکتار از سناریوهای اوّل و پنجم به دست آمد (جدول ۴). گروه بندی عملکرد دانه و ارزش گرمایی حاصل از سناریوهای مدیریت آبیاری نشان داد عملکرد دانه و ارزش گرمایی حاصل از سناریوهای اوّل تا سوّم در یک گروه (گروه ۱) و عملکرد و ارزش گرمایی حاصل از سناریوهای چهارم و پنجم در گروه دیگر (گروه ۲) قرار داشتند. میانگین عملکرد دانه در گروه های اول و دوم بترتیب ۴۶۵۹ و ۲۱۹۸ کیلوگرم در هکتار و ارزش گرمایی گروه های اول و دوم بترتیب ۶۷۴۹۳ و ۳۱۸۴۵ مگاژول در هکتار بود. نتایج نشان داد عملکرد کاه و ارزش گرمایی حاصل از اعمال سناریوهای اول تا سوم در یک گروه (گروه ۱) و عملکرد و ارزش گرمایی حاصل از سناریوهای چهارم و پنجم در گروه دیگر (گروه ۲) قرار داشتند. میانگین عملکرد کاه در گروه های اول و دوم بترتیب ۵۹۶۴ و ۲۸۱۴ کیلوگرم در هکتار و ارزش گرمایی گروه های اول و دوم بترتیب ۵۵۱۸۰ و ۲۶۰۳۶ مگاژول در هکتار بود. تفاوت ارزش گرمایی زیست‌توده گندم در دو سیستم خاک ورزی در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار نگردید. با این وجود، انرژی تولیدی محصول به دست آمده از خاک ورزی حفاظتی بطور میانگین ۸۰ درصد انرژی تولیدی از خاک ورزی مرسوم بود. میانگین انرژی تولیدی زیست‌توده حاصل از اعمال سناریوهای گروه اول (سناریوهای اول تا سوم) و گروه دوم (سناریوهای چهارم و پنجم) به ترتیب ۱۲۲۶۷۴ و ۵۷۸۸۱ مگاژول در هکتار بود. در پژوهش دیگری میانگین انرژی تولیدی دانه و کاه گندم در شرایط اقلیمی-زراعی گرگان بترتیب ۵۸ و ۳۴ گیگاژول در هکتار گزارش شده است (Rajaby *et al*., 2012). ارزش گرمایی تولیدی دانه و کاه گندم دیم در پژوهشی بترتیب ۲۱ و ۱۸ گیگاژول در هکتار گزارش شده است (Abdollahpour and Zaree, 2010).

سهم نهاده های مصرفی از کلّ انرژی ورودی در تولید محصول با سناریوهای مدیریت آبیاری بطور تقریب مشابه و با دو سیستم خاک ورزی حفاظتی و مرسوم متفاوت بود. در هر دو سیستم خاک ورزی وزن ماشین آلات، کود ازته، بذر مصرفی و آب

www.SID.ir

Archive of SID

آبیاری بیشترین نقش را در مصرف انرژی داشتند. در سیستم خاک ورزی مرسوم حدود ۸۰ درصد و در سیستم خاک ورزی حفاظتی حدود ۷۰ درصد از مصرف انرژی توسط چهار نهاده یاد شده صورت گرفت. میانگین سهم هر یک از نهاده های وزن ماشین آلات، کود ازته، بذر مصرفی و آب آبیاری در سیستم خاک ورزی مرسوم بترتیب ۲۶، ۲۵، ۲۲ و ۵ درصد و در سیستم خاک ورزی حفاظتی بترتیب ۲۲، ۲۲، ۱۹ و ۴ درصد بود. سهم مصرف انرژی عملیات شخم زمین و استفاده از لولر در سیستم خاک ورزی مرسوم ۷ درصد بود. بنابراین کاهش وزن ماشین آلات و تجهیزات، افزایش بهره وری کود، استفاده از میزان مناسب بذر و پیشرفت بهره وری مصرف آب و کاهش عملیات شخم می تواند راهکارهای اساسی برای کاهش مصرف انرژی در تولید گندم بشمار آید. در سیستم خاک ورزی حفاظتی، از کل انرژی مصرفی برای تولید گندم بطور میانگین ۲۲ درصد آن بطور مستقیم برای نیروی انسانی، سوخت در مرحله های خاک ورزی، کاشت، داشت، برداشت و ترابری محصول و تأمین آب آبیاری مصرف شده است. در صورتی که بطور میانگین ۷۸ درصد باقیمانده بطور غیرمستقیم از طریق استفاده از کودهای شیمیائی و سم های کشاورزی، بذر گندم و وزن ماشین آلات و تجهیزات مصرف شده است. در سیستم خاک ورزی مرسوم ۳۴ درصد از انرژی ورودی بطور مستقیم و ۶۶ درصد آن بطور غیرمستقیم مصرف شده است. یافته اخیر با گزارش پژوهشگران در مورد سهم مصرف مستقیم و غیر مستقیم از انرژی ورودی برای تولید گندم مطابقت و سازگاری دارد (Koocheki and Hosseini, 1994). در سیستم خاک ورزی حفاظتی و مرسوم بترتیب ۷۱ و ۷۵ درصد از انرژی ورودی برای تولید گندم از منبع های تجدیدناپذیر تأمین می شود. این منبع-های شامل سوخت، سم ها و مواد شیمیائی، کودهای شیمیایی و ماشین آلات می باشد. در دو سیستم خاک ورزی حفاظتی و مرسوم بترتیب ۲۹ و ۲۵ درصد از انرژی مصرفی برای تولید محصول از منبع ها تجدیدناپذیر می شود. یادآور می شود منبع های تجدیدپذیر شامل نیروی انسانی، بذر گندم و آب آبیاری می باشد. با تغییر سیستم خاک ورزی از مرسوم به حفاظتی می توان ۵ درصد از انرژی مصرفی از منبع-های تجدیدناپذیر را به منبع های انرژی تجدیدپذیر منتقل نمود. سهم مصرف انرژی از منبع های تجدیدناپذیر در تولید گندم نسبت به تولید چغندرقند و پنبه کمتر (Erdal *et al*., 2007; Ahmadi and Agha-Ali Khani, 2012) و نسبت به تولید جو و گوجه فرنگی بیشتر بود (Ghasemi Mobtaker *et al*., 2010; Raee Jadidi *et al*., 2010).

انرژی خالص یکی از سنجه های انرژی در تولید محصول است که از تفاوت انرژی تولیدی و مصرفی در تولید یک محصول در سطح مزرعه به دست می آید. مقادیر سنجه های انرژی خالص در تولید گندم تحت پنج سناریوی مختلف مدیریت آبیاری با دو سیستم خاک ورزی حفاظتی و مرسوم در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داد انرژی خالص در تولید دانه، کاه و زیست‌توده گندم در سیستم خاک ورزی حفاظتی بترتیب ۱۱۰، ۴۰ و ۷۸ درصد انرژی خالص در تولید محصول با سیستم خاک ورزی مرسوم بود (جدول ۵). با این وجود، تفاوت انرژی خالص در تولید دانه، کاه و زیست‌توده گندم در دو سیستم خاک ورزی حفاظتی و مرسوم از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار نبود. گروه بندی مقادیر سنجه انرژی خالص در تولید محصول نشان داد انرژی خالص در تولید دانه، کاه و زیست‌توده گندم تحت سناریوهای اول، دوم و سوم در یک گروه (گروه اوّل) و انرژی خالص در تولید محصول تحت سناریوهای چهارم و پنجم در گروه دیگر (گروه دوم) قرار داشتند. برای گروه های اول و دوم میانگین سنجه انرژی خالص در تولید دانه بترتیب ۴۹ و ۱۴ گیگاژول در هکتار، در تولید کاه بترتیب ۳۷ و ۹ گیگاژول در هکتار و در تولید زیست‌توده گندم بترتیب ۱۰۴ و ۴۱ گیگاژول در هکتار بود. دامنهٔ تغییرات انرژی خالص در تولید زیست‌توده گندم در پژوهش بین ۵۸ و ۱۰۸ گیگاژول در هکتار گزارش شده است (Rajaby *et al*., 2012). دامنه یاد شده با وجود تفاوت اندک مقداری، با یافته پژوهش حاضر سازگار است. همچنین نتایج نشان داد با کاهش مصرف آب، عملکرد دانه، کاه و زیست‌توده گندم کاهش یافته و در نتیجه بدلیل کاهش انرژی خروجی از مزرعه، انرژی خالص در تولید محصول کاهش یافت.

کارآیی انرژی یکی از سنجه های انرژی در تولید محصول است که با استفاده از رابطهٔ (۳) و از نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی در تولید دانه، کاه و زیست‌توده گندم به دست آمد. میزان این سنجه در تولید گندم تحت سناریوهای مختلف مدیریت

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- میزان انرژی تولیدی توسط دانه و کاه گندم در دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم

Table 5. The energy produced by wheat grain and straw from both conservational and conventional tillage systems

تیمارهای آزمایشی و سناریوهای آینده‌پژوهی Treatments and scenarios	اجزاء محصول Productions	عملکرد(کیلوگرم در هکتار) Yield (Kg ha^{-1})		ارزش گرمایی (مگاژول در هکتار) Thermal value (MJ ha^{-1})	
		خاک ورزی مرسوم Conventional tillage	خاک ورزی حفاظتی Conservational tillage	خاک ورزی مرسوم Conventional tillage	خاک ورزی حفاظتی Conservational tillage
	دانه گندم Wheat grain	3551	3450	51438	49975
تیمارهای آزمایشی Treatments	کاه گندم Wheat straw	3413	5527	31578	51137
	زیست‌توده گندم Biological yield	6964	8977	83016	101112
	دانه گندم* Wheat grain	5316	5316	76999	76999
سناریوی اول Scenario 1	کاه گندم Wheat straw	8505	5103	78691	47214
	زیست‌توده گندم Biological yield	13821	10419	155690	124213
	دانه گندم Wheat grain	4495	4495	65117	65117
سناریوی دوم Scenario 2	کاه گندم Wheat straw	7192	4315	66547	39928
	زیست‌توده گندم Biological yield	11687	8810	131664	105045
	دانه گندم Wheat grain	4167	4167	60364	60364
سناریوی سوم Scenario3	کاه گندم Wheat straw	6668	4001	61690	37014
	زیست‌توده گندم Biological yield	10835	8168	122054	97378
	دانه گندم Wheat grain	2527	2527	36598	36598
سناریوی چهارم Scenario 4	کاه گندم Wheat straw	4042	2425	37402	22441
	زیست‌توده گندم Biological yield	6569	4952	74000	59039
	دانه گندم Wheat grain	1870	1870	27092	27092
سناریوی پنجم Scenario 5	کاه گندم Wheat straw	2992	1795	27687	16612
	زیست‌توده گندم Biological yield	4862	3665	54779	43704

www.SID.ir

Archive of SID

آبیاری با دو سیستم خاک ورزی حفاظتی و مرسوم در جدول ۵ بیان شده است. نتایج نشان داد با کاربرد سیستم خاک ورزی حفاظتی کارآیی انرژی در تولید دانه بطور میانگین ۲۰ درصد بیشتر از کارآیی انرژی حاصل از سیستم خاک ورزی مرسوم بود (جدول ۵). با کاربرد سیستم خاک ورزی حفاظتی کارآیی انرژی در تولید کاه و زیست‌توده گندم بترتیب ۷۱ و ۹۴ درصد حفاظتی کارآیی انرژی در تولید دانه بطور میانگین ۲۰ درصد بیشتر از کارآیی انرژی حاصل از سیستم خاک ورزی مرسوم بود (جدول ۵). با کاربرد سیستم خاک ورزی حفاظتی کارآیی انرژی در تولید کاه و زیست‌توده گندم بترتیب ۷۱ و ۹۴ درصد کارآیی انرژی حاصل از سیستم خاک ورزی مرسوم بود (جدول ۵). از نظر آماری و در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت کارآیی انرژی در تولید دانه، کاه و زیست‌توده گندم در دو سیستم خاک ورزی حفاظتی و مرسوم معنی دار نشد. گروه بندی سناریوهای مدیریت آبیاری از نظر کارآیی انرژی نشان داد میزان این سنجه در تولید دانه، کاه و زیست‌توده با سناریوهای اول، دوم و سوم در یک گروه (گروه اوّل) و میزان سنجه با سناریوهای چهارم و پنجم در گروه دیگر (گروه دوم) قرار داشتند. میانگین کارآیی انرژی در تولید دانه در گروه های اول و دوم بترتیب ۳/۷ و ۱/۸ بود. بعبارت دیگر به ازای ورود هر ژول انرژی برای تولید دانه گندم با سناریوهای گروه اوّل ۳/۷ ژول و با سناریوهای گروه دوم ۱/۸ ژول انرژی حاصل شد. میانگین کارآیی انرژی در تولید کاه در گروه های اول و دوم بترتیب ۲/۹ و ۱/۴ بود. برای گروه های اول و دوم میانگین کارآیی انرژی در تولید زیست‌توده گندم بترتیب ۶/۶ و ۳/۳ به دست آمد. در پژوهش های قبلی میزان این سنجه با واریانس قابل ملاحظه ای که از دامنهٔ آن از ۰/۸ تا ۶/۳ بود گزارش شده است (Canakci *et al*., 2005; Sing *et al*., 2007; Tipi *et al*., 2009; Rajaby *et al*., 2012; Abdollahpour and Zaree, 2010).

انرژی ویژه بعنوان یکی از سنجه های انرژی، مقدار انرژی مصرفی برای تولید یک کیلوگرم دانه گندم را نشان می دهد که با رابطه (۴) برآورد گردید. مقادیر سنجه انرژی ویژه در تولید دانه گندم با دو سیستم خاک ورزی و با سناریوهای مدیریت آبیاری در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داد برای تولید یک کیلوگرم دانه گندم با خاک ورزی حفاظتی انرژی کم تری (۱۵ درصد کم تر) نسبت به خاک ورزی مرسوم مصرف شد. گرچه تفاوت انرژی مصرفی برای تولید یک کیلوگرم دانه در دو سیستم خاک ورزی در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار نبود. سناریوهای مدیریت آبیاری اول تا سوم (گروه ۱) انرژی ویژه مشابهی با میانگین ۴ مگاژول بر کیلوگرم داشتند. سناریوهای چهارم و پنجم (گروه ۲) برای تولید یک کیلوگرم دانه گندم بطور میانگین ۸/۲ مگاژول انرژی مصرف نموده اند.

گزارش های پژوهشی نشان داده برای تولید یک کیلوگرم دانه گندم در شرایط فاریاب و دیم بطور میانگین ۴/۰ و ۷/۹ مگاژول انرژی مصرف شده است(Rajaby *et al*., 2012; Abdollahpour and Zaree, 2010). انرژی ویژه در تولید گندم در دیگر کشورها از ۳/۹ تا ۵/۲ مگاژول بر کیلوگرم گزارش شده است(Canakci *et al*., 2005; Piringer and Steinberg, 2006) (جدول ۵).

بهره وری انرژی مقدار تولید دانه گندم به ازای مصرف یک مگاژول انرژی را نشان می دهد. در این پژوهش برای برآورد این سنجه از رابطهٔ (۵) استفاده گردید. مقادیر این سنجه با دو سیستم خاک ورزی و با سناریوهای مدیریت آبیاری در جدول ۵ نشان داده شده است. به ازای مصرف یک مگاژول انرژی، کاربرد سیستم خاک ورزی حفاظتی میزان دانه بیش تری (حدود ۲۰ درصد) را نسبت به کاربرد سیستم خاک ورزی مرسوم تولید نموده است (جدول ۵). با این وجود، تفاوت محصول تولید شده به ازای مصرف یک مگاژول انرژی در هر دو سیستم خاک ورزی در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار نبود. سناریوهای مدیریت آبیاری اول تا سوم (گروه ۱) بهره وری مشابهی با میانگین ۲۵۳ گرم بر مگاژول و سناریوهای چهارم و پنجم (گروه ۲) بهره وری مشابهی با میانگین ۱۲۵ گرم بر مگاژول تولید نموده اند. یافته های پژوهش‌های قبلی نشان داد دامنهٔ بهره وری انرژی در تولید دانه گندم از ۱۲۷ تا ۲۵۶ گرم بر مگاژول بوده است (Canakci *et al*., 2005; Piringer and Steinberg, 2006; Abdollahpour and Zaree, 2010;Rajaby *et al*., 2012).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- سنجه های انرژی در تولید گندم با اعمال تیمار آزمایشی و سناریوی آینده‌پژوهی با دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم

Table 6. Energy Indicesforwheat production by experimental treatments and future studies scenariosfromtwo Conservational and conventional tillage systems

اجزاء محصول Productions	انرژی خروجی یا تولیدی (گیگاژول در هکتار) EO (GJ ha^{-1})	انرژی ورودی یا مصرفی (گیگاژول در هکتار) EI (GJ ha^{-1})	انرژی خالص (گیگاژول در هکتار) NE (GJ ha^{-1})	کارآیی انرژی EE	انرژی ویژه (مگاژول بر کیلوگرم) SE (MJ kg^{-1})	بهره وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول) EP (kg MJ^{-1})
تیمار آزمایشی: سیستم خاک‌ورزی حفاظتی :Conservational tillage,treatment						
دانه گندم Wheat grain	51.4	16.8	34.6	3.1	4.73	0.21
کاه گندم Wheatstraw	31.6	16.8	14.8	1.9	-	-
زیست‌توده گندم Biologicalyield	83.0	16.8	66.2	4.9	-	-
تیمار آزمایشی: سیستم خاک‌ورزی مرسوم :Conventional tillage, treatment						
دانه گندم Wheatgrain	50.0	19.8	30.2	2.5	5.74	0.17
کاه گندم Wheatstraw	51.1	19.8	31.3	2.6	-	-
زیست‌توده گندم Biologicalyield	101.1	19.8	81.3	5.1	-	-
سناریوی اول:سیستم خاک‌ورزی حفاظتی Conservationaltillage, scenario 1						
دانه گندم Wheatgrain	77.0	17.3	60.0	4.5	3.2	0.31
کاه گندم Wheatstraw	47.2	17.3	30.0	2.7		
زیست‌توده گندم Biologicalyield	124.2	17.3	107.0	7.2		
سناریوی اول: سیستم خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage, scenario 1						
دانه گندم Wheatgrain	77.0	20.2	57.0	3.8	3.8	0.26
کاه گندم Wheatstraw	78.7	20.2	58.0	3.9		
زیست‌توده گندم Biologicalyield	155.7	20.2	135.0	7.7		
سناریوی دوم: سیستم خاک‌ورزی حفاظتی Conservationaltillage, scenario 2						
دانه گندم Wheat grain	65.1	16.9	48.0	3.8	3.8	0.27
کاه گندم Wheat straw	39.9	16.9	23.0	2.4		

www.SID.ir

Archive of SID

زیست‌توده گندم Biological yield	105.1	16.9	88.0	6.2		
سناریوی دوم: سیستم خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage, scenario 2						
دانه گندم Wheat grain	65.1	20.0	45.0	3.3	4.4	0.23
کاه گندم Wheat straw	66.5	20.0	47.0	3.3		
زیست‌توده گندم Biological yield	131.7	20.0	112.0	6.6		
سناریوی سوم: سیستم خاک‌ورزی حفاظتی Conservationaltillage, scenario 3						
دانه گندم Wheat grain	60.4	16.9	43.0	3.6	4.1	0.25
کاه گندم Wheat straw	37.0	16.9	20.0	2.2		
زیست‌توده گندم Biological yield	97.4	16.9	80.0	5.8		
سناریوی سوم: سیستم خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage, scenario 3						
دانه گندم Wheat grain	60.4	19.9	40.0	3.0	4.8	0.21
کاه گندم Wheat straw	61.7	19.9	42.0	3.10		
زیست‌توده گندم Biological yield	122.1	19.9	102.0	6.10		
سناریوی چهارم: سیستم خاک‌ورزی حفاظتی Conservationaltillage, scenario 4						
دانه گندم Wheat grain	36.4	16.3	20.0	2.2	6.5	0.16
کاه گندم Wheat straw	22.6	16.3	6.0	1.4		
زیست‌توده گندم Biological yield	59.0	16.3	43.0	3.6		
سناریوی چهارم: سیستم خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage, scenario 4						
دانه گندم Wheat grain	36.6	19.3	17.0	1.9	7.7	0.13
کاه گندم Wheat straw	37.4	19.3	18.0	1.9		
زیست‌توده گندم Biological yield	74.0	19.3	55.0	3.8		
سناریوی پنجم: سیستم خاک‌ورزی حفاظتی Conservationaltillage, scenario 5						
دانه گندم Wheat grain	27.1	16.1	11.0	1.7	8.6	0.12

www.SID.ir

Archive of SID

کاه گندم Wheat straw	16.6	16.1	1.0			
زیست‌توده گندم Biological yield	43.7	16.1	28.0	2.7		
سناریوی پنجم: سیستم خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage, scenario 5						
دانه گندم Wheat grain	27.1	19.0	8.0	1.4	10.2	0.10
کاه گندم Wheat straw	27.7	19.0	9.0	1.5		
زیست‌توده گندم Biological yield	54.8	19.0	36.0	2.9		

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، بیلان انرژی و بهره وری آن در تولید گندم در دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم در شرایط مصرف کنونی و آینده ارزیابی گردید. تغییر های انرژی مصرفی از ۱۶/۸ تا ۱۹/۸ و انرژی تولیدی از ۳۱/۸ تا ۶۷/۵ گیگاژول در هکتار بود. کارآیی انرژی از ۱/۸ تا ۳/۷ و بهره وری انرژی از ۱۲۵ تا ۲۵۳گرم بر مگاژول بود. یافته ها نشان داد وزن ماشین‌آلات کشاورزی، کود ازته، بذر مصرفی گندم و تأمین آب آبیاری در دو سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم درصد قابل‌توجهی از انرژیمصرفی را به خود اختصاص می‌دهند.بنابراین بهینه‌سازی وزن ماشین‌آلات و تجهیزات مورداستفاده در مزرعه،انتخاب مقدار مناسب بذر مصرفی و بهینه‌سازی مصرف کود ازته وآب آبیاری، می تواند موجب بهبودی سنجه‌های انرژی در تولید گندم آبی در حاشیه شرقی دریاچه ارومیه باشد.

در شرایط کاربرد سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم و در شرایط وجود آب و خشک‌سالیراهکارهای زیر برای بهینه سازی مصرف انرژی در تولید گندم پیشنهاد می شود:

الف) یافته ها نشان داد رویکرد سنجه های انرژی، استفاده از سیستم خاک‌ورزی حفاظتی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم در تولید دانه گندم ارجحیت دارد. هرچند در موارد متعدد، تفاوت آماری سنجه های انرژی در تولید محصول معنی‌دار نبود. به نظر می رسد اجرای مناسب و درست عملیات خاک‌ورزی حفاظتی با انتخاب مناسب ادوات و تجهیزات موجب بهبودی سنجه های انرژی در تولید گندم شود.

ب) کاهش وزن ماشین‌آلات و تجهیزات مورداستفاده در عملیات کاشت، داشت و برداشت می‌تواند موجب بهبود سنجه های انرژی گردد.

ج) یافته‌ها نشان داد برمبنای سنجه های انرژی، استفاده از آبیاری کامل (با چهار بار آبیاری و میانگین آب مصرفی ۳۶۰۰ مترمکعب) در شرایط وجود آب و استفاده از برنامه کم آبیاری (سناریوی پنجم با یک‌بار آبیاری و میانگین آب مصرفی ۸۰۰ مترمکعب) در شرایط خشک‌سالی و کمبود آب برای تولید گندم در این دشت می‌تواند موجب بهبود سنجه های انرژی گردد.

ج) انتخاب میزان مناسب بذر گندم با توجه به قوه نامیه آن می‌تواند موجب بهبود سنجه های انرژی گردد.

د) برنامه ریزی مناسب کوددهی می تواند موجب مصرف بهینه کود ازته و پیشرفت سنجه های انرژی در تولید گندم گردد.

ه) پیشنهاد می شود ارزیابی بیلان و بهره وری انرژی در استفاده از سیستم های خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم در تولید محصول های مختلف زراعی و در شرایط خاک‌شناختی و اقلیمی مختلف با بهره برداری از منبع های مختلف آب (سطحی و زیرزمینی) بویژه برای دوره های میان مدت در چارچوب برنامه پژوهشی با انتخاب مناسب تیمارهای آزمایشی به انجام برسد.

۶) پیشنهاد می‌شود تحلیل بیلان انرژی برای تولید محصول های کشاورزی در حاشیه دریاچه ارومیه با استفاده از گونه‌های گیاهی مقاوم به شوری با نیاز آبی و کودی کم، با پتانسیل زیاد بهره‌وری مصرف آب و انرژی و با پتانسیل کم گرمایش جهانی، صورت گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان‌شرقی به خاطر تصویب و تأمین اعتبارات لازم برای اجرای این پروژه پژوهشی قدردانی می‌نمایند.

منابع

Abdollahpour, S.H. and Zaree, S., 2010. Evaluation of wheat energy balance under rainfed farming in Kermanshah. Journal of Sustainable Agricultural Science. 20(2),98-106. (In Persian with English abstract).

Ahmadi, M. and Agha-Ali Khani, M. 2012. Analysis of energy use in cotton production in Golestan for suggesting procedures to enhance resources productivity. Journal of Agroecology. 4(2), 151-158. (In Persian with English abstract).

Anonymous. 1993. Iranian comprehensive water plan. The plains development features. V (1): North and Azarbaijan Watersheds. Jamab consulting Company. 288pp. (In Persian with English abstract).

Anonymous. 2014. Crop production features (2012-2013) in Iran. Agricultural Ministry. Islamic Republic of Iran, pp. 167 (In Persian with English abstract).

Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I. and Ozmerzi. A. 2005. Energy use pattern of some field crops and vegerable production: Case study for Antalya Region. Turkey. Energy. Convers Manage. 46, 655-666.

Erdal, G., Esengun, K., Erial, H., and Gunduz, O., 2007. Energy use and economic analysis of sugerbeet production in Tokat province of Turkey. Energy. 32, 35-41.

Farshi, A.A., Shariati, M.R., Jaroallahi, R., Ghaemi, M.R., Shahabifar, M., and Tavallaei, M.M. 1997. An estimate of water requirement of main field crops and orchards in Iran, I: Field crops. Agricultural Education, Agricultural Research, Education and ExtensionOrganization of Iran. Karaj, Iran,pp. 567 (In Persian with English abstract).

Ghasemi Mobtaker, H., Keyhani, A., Mohammadi, A., Rafiee, S., and Akram, A. 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan on Iran. Agriculture, Ecosystems and Environment, 137:367-372. (In Persian with English abstract).

Heydargholinezhad Kanari, M. and Hassanzadeh Ghorot Tappeh,A. 2003. Evaluation of energy balance in rainfed wheat in Mazandaran. Journal of Pazhohesh and Sazandeghi, 58(1), 63-65. (In Persian with English abstract).

Koga, N. 2008. An energy balance under a conventional crop rotation system in northern Japan: Perspectives on fuel ethanol production from suger beet. Agric, Ecosyst. Environ, 125, 101-110. (In Persian with English abstract).

Koocheki, A., Hosseini, M. 1994. Energy efficiency in agricultural ecosystems. Uni. Mashhad public. 299pp. (In Persian with English abstract).

Mandal, K. G., Saha, K. P., Ghhosh, P. K., Hati, K. M., and Bandyopadhyay, K. K. 2002. Bioenergy and economic analysis of Soybean based crop production systems in Central India. Biomass and Bioenergy. 23: 337-345.

Mani, I., Kumar. P., Panwar, J. S., and Kant, K. 2007. Variation in energy consumption in production of wheat-maize with varying altitudes in Hilly Regions of Himachal Paradesh, India. Energy, 32: 2336-2339.

Leach, G., 1976. Energy and food production. IPC Science and Technology Press Ltd.

Hatirli, S.A., Ozkan, B. and Fert, C., 2005. An economet-

www.SID.ir

Archive of SID

ric analysis of energy input–output in Turkish agriculture. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 9(6), 608-623.

Pervanchon, F., Bockstaller, C., and Girardin, P. 2002. Assessment of energy use in arable farming systems by means of an agro-ecological indicator: the energy indicator. Agric. Syst. 72, 149-172.

Piringer, G., and Steinberg, L. J. 2006. Re-evaluation of energy use in wheat production in the United States. J. Ecol, 10: 149-167.

Raee Jadidi, M., Homayounifar, M., Sobohi Sabiuni, M., and Kheradmand, V. 2010. Investigation of energy efficiency and productivity in tomato production. Journal of Agricultural Economics and Development, 24 (3): 363-370. (In Persian with English abstract)

Rajaby, M. H., Soltani, A., Zeinali, E. and Soltani, E. 2012. Evaluation of energy use in wheat production in Gorgan. J. of plant production. 19(3), 143-171. (In Persian with English abstract).

Rathke, G. W., and Diepenbrock, W. 2006. Energy balance of winter oilseed rape (Brassica napus L.) cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. Europ. J. Agron. 24, 35-44.

Sing, H., Sing, A. K. Kushwala, H. L., and Sing, A. 2007. Energy consumption pattern of wheat production in India. Energy. 32, 1848-1854.

Tabatabaeefar, A., Emamzadeh, H., Ghasemi Varnamkhasti, M., Rahimzadeh, R. and Karimi, M. 2009. Comparison of energy of tillage systems in wheat production. Energy. 34, 41-45.

Tipi, T., Cetil, B. and Vardar, A. 2009. An analysis of energy use and input costs for wheat production in Turkey. J. Agric. Environ. 7, 352-356.

Uhlin, H. 1998. Why energy productivity is increasing An I-O analysis of Swedish agriculture. Agric. Syst. 56, 443-465.

Valadiani, A., Hassanzadeh Gort Tapeh, A. and Valadiani, A. 2005. Evaluation of energy balance in dryland wheat farms in East Azarbaijan and its effect on environment. Journal of Agricultural Sciences. 15(2), 1-12. (In Persian with English abstract).

Witney, B. 1995. Choosing and using farm machines. Land Technology Ltd, UK.

www.SID.ir

Archive of SID

Environmental Sciences Vol.17/ No.2 / Summer 2019

80-101

Future Study of Energy Use Efficiency in Irrigated Wheat ProductioninEasternUrmia Lake

Abolfazl Nasseri* **and Ramin Nikanfar**

Agricultural Engineering Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran

Received: 2018.06.30 Accepted: 2018.11.05

Nasseri, A. and Nikanfar, R., 2019. Future Study of Energy UseEfficiency in Irrigated WheatProductionin Eastern Urmia Lake. Environmental Sciences. 17(2): 80-101.

Introduction: In all countries, agricultural production is dependent on energy, especially fossil fuels. About 10 to 20 percent of the total energy used in developed countries is consumed in food production. Efficient use of energy in the agricultural sector is one of the fundamental necessities for sustainable agriculture development, because increasing energy efficiency will save fossil fuels and reduce air pollution. In addition, the global energy crisis and the need for targeted energy consumption in agricultural production makethe research on energy efficiency analysis in wheat production necessary. Energy efficiency values in wheat production in the east of Urmia Lake have not been assessed so far. Therefore, the present study was conducted with the aim of evaluating future research of energy indices, including net energy, energy efficiency, specific energy, and energy productivity as well as providing suitable and applicable solutions for improving energy indices in wheat production.

Material and methods: In this research, energy productivity in two conservational and conventional tillage systems in wheat production in the east of Urmia Lake was evaluated for two years by measuring and collecting data. Energy indices such as net energy, energy efficiency, specific energy, and energy efficiency were determined in wheat production. According to the current conditions of Lake Urmia, water resources were limited and, therefore, the value of irrigation water was significant from the environmental and economic point of view. Consequently, in order to rebuild future conditions of energy consumption in wheat production, irrigation scenarios were applied as a future study strategy. Irrigation management scenarios included three conditions of full, deficit and excessive irrigation in wheat farms.

Results and discussion: Energy productivity from conservational and conventional tillage systems were 210 and 170 g MJ-1, respectively. Future study scenarios were comprised of three conditions of full, deficit and over-irrigation in wheat

*Corresponding Author: *Email Address.* ab.naseri@areeo.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

farms. The energy consumed to produce wheat with the first (full and over-irrigation) and second (deficit irrigation) scenarios were 18.5 and 17.7 GJ ha-1, respectively. The energy produced of wheat grains by the first and second group scenarios was respectively 67.5 and 31.8 GJ ha-1. The average energy efficiency in grain production with first and second groups was 3.7 and 1.8 and energy productivity was 253 and 125 g MJ-1, respectively. The effective strategies for increasing energy productivity in wheat production in the northwest of the country may include the application of light-weighted machinery, selection of the appropriate amount of seeds, and enhancement of fertilizer and water use efficiency.

Conclusion: Results revealed that in terms of energy indices, the application of the conservational tillage system is preferable over conventional tillage in wheat grain production. However, the energy indices by two tillage systems were not statistically different in wheat production. It seems that the appropriate practices of conservation tillage by appropriate selection of equipment would improve the energy indices in wheat production.

Keywords: Energy balance, Energy efficiency, irrigated wheat, Conservational agriculture.

www.SID.ir