

ارزیابی مصرف انرژی و و ظرفیت گرمایش جهانی مزارع سورگوم علوفه‌ای در...

یافته‌های تحقیقاتی در بهبود
تولیدات گیاهان زراعی
جلد دوم، شماره دوم، سال 1395
<http://raicp.aro.ir>



ارزیابی مصرف انرژی و و ظرفیت گرمایش جهانی مزارع سورگوم علوفه‌ای در شهرستان گرگان

محمد تقی فیض بخش^{1*}، حسن مختارپور¹

¹ استادیار بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ؛ تاریخ پذیرش:

چکیده

مقایسه‌ی انرژی ورودی، خروجی و ظرفیت (پتانسیل) گرمایش جهانی مزارع کشاورزی در بین محققان در سال‌های اخیر گسترش فراوانی یافته است. برای انجام این بررسی از راه مصاحبه و تکمیل پرسشنامه با 15 کشاورز در شهرستان گرگان، داده‌های ماشین‌آلات و نهاده‌های بذر، کود، سوخت و سموم مصرفی در زراعت سورگوم علوفه‌ای جمع‌آوری شد. آنگاه داده‌های مورد نیاز در سه بخش مصرف سوخت، سوخت مصرفی و ظرفیت گرمایش جهانی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر پایه برابری دی-اکسید کربن محاسبه گردید. مقدار انرژی خروجی و ورودی در مزارع سورگوم علوفه‌ای به ترتیب برابر 446880 و 28472 مگاژول در هکتار بود. همچنین بیشینه انرژی ورودی در مزارع سورگوم علوفه‌ای 24/7 درصد مربوط به مصرف کود پایه و بیشینه انرژی ورودی مستقیم مربوط به سوخت 31/4 بود. نسبت انرژی خروجی به ورودی و ظرفیت گرمایش جهانی در مزارع سورگوم علوفه‌ای به ترتیب برابر

*مسئول مکاتبه feyz_54@yahoo.com

15/6 و 1729 کیلوگرم CO₂ در هکتار به دست آمد. بر پایه نتایج و یافته‌ها مصرف سوخت و کود درصد بالایی از انرژی مصرفی و تولید گازهای گلخانه‌ای را تشکیل می‌دهند، بنابراین کاربرد ادوات کاهنده مصرف سوخت توصیه می‌گردد. همچنین بررسی و تحقیق کشت‌های تناوبی و استفاده از گیاهان قادر به تثبیت نیتروژن، برای کاهش میزان انرژی مصرفی و ظرفیت گرمایش جهانی واجد اهمیت و ضرورت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: انرژی ویژه، انرژی غیرمستقیم، سوخت، عملیات زراعی

مقدمه

سورگوم *Sorghum bicolor* (L.) Moench گیاهی از خانواده غلات است که به دلیل مصرف آب کمتر و تحمل به خشکی دارای اهمیت زیادی است (ایوب، 2010). عملکرد مطلوب سورگوم به عنوان گیاه زراعی متحمل به خشکی افق‌های تازه‌ای در تولید به‌ویژه در مناطق خشک گشوده است (فومن، 2010).

سطح زیر کشت سورگوم در جهان در سال 2010 برابر 41/5 میلیون هکتار بود و در سال 2013 به بیش از 42/1 میلیون هکتار رسید (فائو، 2016). آمار سطح زیر کشت سورگوم در ایران با توجه به شباهت‌های ظاهری و اسمی با ذرت و ارزن دقیق گزارش نشده است اما فومن (2010) مقدار آن را حدود 40 هزار هکتار گزارش کرده است.

در سال‌های اخیر، بخش‌های مختلف اقتصادی، ارزیابی آثار زیست‌محیطی فعالیت‌های خویش را مورد توجه قرار داده‌اند. کشاورزی از فعالیت‌های مهم اقتصادی است که اثرات مهمی بر محیط زیست دارد. در طی قرن بیستم تولیدات کشاورزی به نحو چشمگیری افزایش یافت که در این میان افزایش مکانیزاسیون، بهبود روش‌های تولید، کاربرد گسترده کودها و آفت‌کش‌ها و پیشرفت‌ها در دامپروری به

ارزیابی مصرف انرژی و و ظرفیت گرمایش جهانی مزارع سورگوم علوفه‌ای در...

این افزایش کمک زیادی کرده‌اند. اما، افزایش تولید و استفاده گسترده از نهاده‌ها به انواعی از مشکلات زیست محیطی مثل سرشارسازی² منجر شده است. منبع اصلی چندین آلاینده مهم محیط زیست کشاورزی می‌باشد برای مثال، 93 درصد آمونیاک از کشاورزی ناشی می‌شود بنابراین، مطالعه جنبه‌های زیست محیطی نظام‌های تولید کشاورزی دارای اهمیت زیادی است (سلطانی و همکاران، 2009).

زمین‌های زراعی، اکوسیستم‌هایی هستند که در آنها انرژی کمکی وارد می‌شود. در این اکوسیستم‌ها سعی می‌شود که شرایط مورد نیاز گیاهان در حد مطلوب فراهم گردد تا کارایی تولید به بیشینه مقدار خود رسانده شود. یکی از تفاوت‌های قابل توجه (از نظر اکولوژیکی مهم) بین بوم‌نظام‌های طبیعی و آگرواکوسیستم‌ها در این است که مجموعه سیستم در نوع دوم دارای تعداد بیشتر و حجیم‌تری از نهاده‌ها نسبت به نوع اول می‌باشند. مدیریت انسان در نظام‌های کشاورزی، بسیاری از فرآیندهای تنظیم‌کننده را که در بوم‌نظام‌های طبیعی هم وجود دارند و به شدت به هم وابسته هستند، تحت‌الشعاع قرار می‌دهد (کوچکی، 1994).

کارایی استفاده از انرژی یکی از مهم‌ترین عوامل برای کشاورزی پایدار است. استفاده از سوخت‌های فسیلی و مصرف کودهای شیمیایی باعث تهدید محیط زیست گردیده است (مبتکر و همکاران، 2010). شناسایی شرایط محیطی و امکانات موجود و بالقوه از مهم‌ترین ابزارهای لازم برای مدیریت انرژی در واحدهای زراعی است. بررسی اثر تغییرات فصلی و میکروکلیمها بر محصولات منطقه‌ای در استفاده بهتر از شرایط محیطی مانند تغییر زمان کاشت جهت کاهش انرژی‌های مصرفی، مفید خواهد بود. استفاده از گیاهان زراعی مناسب بسیار واجد اهمیت است (ال رای، 1995).

مسائل زیست‌محیطی متعددی در پی مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، سموم دفع آفات نباتی و علف‌های هرز و تراکم‌کاری زیاد ماشین‌های مختلف کشاورزی در بوم‌نظام‌های زراعی باعث انهدام منابع طبیعی از جمله خاک، خطر افزایش گازهای سمی در اتمسفر واز بین رفتن گونه‌های موجودات ذره‌بینی خاک، پاره‌گی لایه ازن و به هم خوردن زنجیره‌های غذایی در بوم‌نظام‌های زراعی باعث بروز مشکلات بسیار بزرگ برای بشر شدند (رزاقی، 2005).

کارآیی انرژی یک نظام تولید کشاورزی را می‌توان از راه هم‌ارز انرژی عملکرد تولید شده و هم‌ارز انرژی تمام نهاده‌ها و عملیات زراعی مورد استفاده تعیین کرد (فرانز لوبرز و همکاران، 1995).

رن و همکاران (2012) در استان شاندونگ چین نشان دادند که انرژی ورودی در مزارع سورگوم کمتر از مزارع ذرت است و بهره‌وری انرژی در مزارع سورگوم و ذرت به ترتیب برابر 12/4 و 8/4 است. همچنین در این بررسی بیشترین انرژی ورودی متعلق به کود نیتروژن در هر دو محصول بود.

سومن و همکاران (2006) در یک بررسی در هند نشان دادند که میزان انرژی ورودی در مزارع سورگوم دانه‌ای 8788 مگاژول در هکتار و میزان انرژی خروجی 11790 تا 144100 مگاژول در هکتار در مدیریت‌های مختلف زراعی بود. در این بررسی بیشینه انرژی ورودی متعلق به مصرف کودهای شیمیایی (56 درصد) بود.

با توجه به بحران انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی تمام تلاش‌ها بر آن است که مصرف انرژی تا حد ممکن کاهش یابد. بخش کشاورزی نیز از این موضوع مستثنی نیست. در بیشتر کشورهای پیشرفته و حتی در حال توسعه، انرژی وارد شده در سطح برای تولید محصولات مختلف کشاورزی را بررسی و با محاسبه شاخص کارایی انرژی سعی کرده‌اند نظام‌های کشاورزی خود را از نظر مصرف انرژی بهینه کنند (نصیریان و همکاران، 2006).

ارزیابی مصرف انرژی و و ظرفیت گرمایش جهانی مزارع سورگوم علوفه‌ای در...

برآوردهای اولیه نشان می‌دهد که فعالیت‌های کشاورزی حدود نصف منابع انتشار گاز در جهان را در بر می‌گیرند. از سال 1860 تاکنون سطح زیر کشت محصولات کشاورزی در حدود 900 میلیون هکتار افزایش داشته است که این افزایش با آزاد ساختن 116 میلیون گرم کربن از ذخیره 696 میلیون گرمی کربن قابل استفاده در سال 1860 باعث گرم شدن گلخانه‌ای کره زمین به میزان نه درصد تا سال 1980 شده است (نوروزی و همکاران، 2010). کاهش انرژی از منابع فسیلی در نظام‌های کشاورزی یکی از مهم‌ترین راه‌های پیچیده برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است و شناسایی روش‌های تولید که راندمان انرژی را بالا برده و انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهند حیاتی است (تزیلیواکز و همکاران، 2005). بررسی سیر انرژی در نظام‌های تولید کشاورزی مزایای زیادی دارد و محققان برای بررسی تولید محصولات کشاورزی در ارتباط با انرژی ورودی تحقیقات زیادی انجام داده‌اند (قربانی و همکاران، 2000؛ باروح و همکاران، 2004؛ سینک و همکاران، 2002؛ ازکان و همکاران، 2004؛ زنتزر و همکاران، 2004؛ سلطانی و همکاران، 2009؛ یوسفی و همکاران، 2012).

این مطالعه به منظور شناخت و بررسی سیر انرژی و ظرفیت گرمایش جهانی (GWP) در تولید سورگوم علوفه‌ای در شهرستان گرگان انجام شد تا بتوان راهکارهای مناسب جهت جلوگیری از هدر رفت انرژی و کاهش آثار زیست‌محیطی منابع را شناسایی نمود.

مواد و روش‌ها

سورگوم علوفه‌ای یکی از گیاهان علوفه‌ای مناسب در استان گلستان است. رقم مورد استفاده در مزارع کشاورزان هیبرید اسپیدفید (Speed feed) است. این هیبرید دارای عملکرد بالا و در سه چین قابل برداشت است. کشت این گیاه هنگامی صورت می‌گیرد که درجه حرارت خاک به 12 درجه سانتی‌گراد برسد. این زمان در استان گلستان مصادف با اوایل اردیبهشت است. با توجه به حساسیت سورگوم

علوفه‌ای به علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها تاکنون هیچ توصیه فنی در این مورد در استان گلستان گزارش نگردیده است و کشاورزان نیز از مبارزه شیمیایی اجتناب می‌نمایند. سایر عملیات زراعی در جدول یک آورده شده است.

برای انجام این پژوهش از راه مصاحبه و تکمیل پرسشنامه با 15 کشاورز در محدوده شهرستان گرگان، داده‌های ماشین‌آلات و نهاده‌های بذر، کود، سوخت و سموم جمع‌آوری شد. پس از این مرحله داده‌ها با نرم‌افزار اکسل در سه بخش مصرف سوخت، انرژی سوخت مصرفی و ظرفیت گرمایش جهانی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر پایه معادل دی‌اکسید کربن محاسبه گردید.

برای برآورد مقدار مصرف سوخت ماشین‌آلات به تفکیک، عملیات زراعی مشخص شدند. از رابطه (1) بین میزان سوخت بر پایه مدت زمان کارکرد ماشین‌آلات بر حسب ساعت در هکتار (FH) و سوخت مورد نیاز یک ساعت کار تراکتور بر حسب لیتر در ساعت، T، میزان سوخت مصرفی، FT، تعیین شد (سلطانی و همکاران، 2013).

$$FT = T \times FH \quad \text{رابطه (1)}$$

همچنین با توجه به برقی بودن چاه‌ها، میزان انرژی مصرفی بر اساس مدت زمان کارکرد الکتروپمپ بر حسب ساعت در هکتار به دست آمد و میزان مصرف انرژی در بخش آبیاری بر اساس میزان مصرف الکتریسیته در هر نوبت آبیاری محاسبه گردید.

برای برآورد مقدار مصرف انرژی در نهاده‌های مصرفی مثل کود، آفت‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها میزان انرژی هر گرم ماده موثره در ضرایب مربوطه و وزن مخصوص آنها ضرب گردید. دیگر محاسبات انرژی مصرفی برای ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده در تولید و عملیات زراعی برای هر یک از روش‌ها با استفاده از ضرایب به‌دست آمده از منابع مختلف انجام شد (جدول 2).

ارزیابی مصرف انرژی و و ظرفیت گرمایش جهانی مزارع سورگوم علوفه‌ای در...

با برآورد کل انرژی‌های ورودی و خروجی شاخص‌های ارزیابی انرژی شامل نسبت یا کارایی انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص با کاربری روابط زیر محاسبه شدند (سلطانی و همکاران، 2013؛ هارتیلی و همکاران، 2008) :

1-نسبت یا کارایی انرژی = مجموع انرژی خروجی از مزرعه (مگاژول در هکتار) به مجموع انرژی ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار).

2-بهره‌وری انرژی (مگاژول در هکتار) = عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) به مجموع انرژی ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار).

3-انرژی ویژه (مگاژول در هکتار) = مجموع انرژی ورودی به مزرعه ((مگاژول در هکتار) به عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار))

4-عملکرد انرژی خالص (مگاژول در هکتار) = تفاوت مجموع انرژی خروجی از مزرعه (مگاژول در هکتار) به مجموع انرژی ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار)

برای محاسبه ظرفیت گرمایش جهانی در مرحله اول از نتایج محاسبه انرژی در قسمت قبل در هر یک از عملیات زراعی انجام شده استفاده گردید. آنگاه با به‌کارگیری ضرایب تولید گازهای CO₂، N₂O و CH₄ به ترتیب معادل 1، 310 و 21 کیلوگرم CO₂، کل گازهای گلخانه‌ای به صورت معادل CO₂ محاسبه شدند (سلطانی و همکاران، 2013).

از حاصل تقسیم مقدار ظرفیت گرمایش جهانی بر حسب کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار بر مقدار تولید دانه بر حسب تن در هکتار، ظرفیت گرمایش جهانی برای تولید هر تن دانه یا به عبارتی معدل وزنی به‌دست می‌آید. به همین ترتیب از تقسیم مقدار ظرفیت گرمایش جهانی بر حسب کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار بر مقدار انرژی ورودی و همچنین تقسیم مقدار ظرفیت گرمایش جهانی بر انرژی

خروجی برحسب گیگاژول، معادل گرمایش جهانی بر حسب کیلوگرم CO_2 برحسب گیگاژول انرژی مصرفی و انرژی تولید شده به دست می‌آید (سلطانی و همکاران، 2013).

نتایج و بحث

مقادیر ورودی‌های مختلف جهت تولید سورگوم علوفه‌ای در یک هکتار زمین در شرایط آب و هوایی گرگان در جدول 3 ارائه شده است. مصرف سوخت در کشت سورگوم علوفه‌ای 235 لیتر در هکتار بود. کشت سورگوم علوفه‌ای نیازمند دیسک بیشتری است که به دلیل ریز بودن بذر آن است. در کشت سورگوم علوفه‌ای از مصرف علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها اجتناب می‌گردد که دلیل آن نبود توصیه فنی در این زمینه است.

بر اساس نتایج مندرج در جدول 4 بیشینه انرژی ورودی در مزارع سورگوم علوفه‌ای به ترتیب با 23/2 درصد مربوط به مصرف کود پایه است. همچنین کمینه انرژی ورودی مربوط به بذر جهت کشت است. در جدول 5 انرژی مصرفی در روش‌های مختلف به انرژی‌های مصرفی مستقیم و غیرمستقیم تفکیک و برآورد گردیده است. در بخش انرژی مصرفی مستقیم، انرژی سوخت مصرفی عملیات زراعی، نیروی انسانی و انرژی مورد نیاز برای آبیاری (الکتریسیته) ارائه شده است. انرژی سوخت مصرفی برای عملیات زراعی شامل انرژی مورد نیاز در مراحل شخم، دیسک، تسطیح، بذرکاری و کودپاشی، ایجاد فارو سمپاشی می‌باشد. در بخش انرژی مصرفی غیرمستقیم، انرژی مورد نیاز برای تهیه و ساخت کود نیتروژن، کود فسفر، علف‌کش، بذر و وزن ماشین‌آلات مورد استفاده قرار گرفته است. جدول 5 نشان می‌دهد که بیشینه انرژی ورودی مستقیم در مزارع سورگوم علوفه‌ای مربوط به سوخت به ترتیب برابر 31/4 است. محققان زیادی از جمله پیشگار کولمه و همکاران (2011)؛ سفیدپری و همکاران (2012)؛ لرزاده و همکاران (2012)؛ فیض‌بخش و سلطانی (2013) و کاظمی (2014) و در این زمینه به نتایج

ارزیابی مصرف انرژی و و ظرفیت گرمایش جهانی مزارع سورگوم علوفه‌ای در...

مشابهی دست یافتند. لرزاده و همکاران (2012) نیز استفاده از انواع ماشین‌آلات کاشت، داشت و برداشت در مزارع مکانیزه را عامل اصلی افزایش مصرف سوخت معرفی کردند.

انرژی سوخت مصرف شده در عملیات‌های مختلف کشاورزی در گیاهان زراعی و کشورهای مختلف از نظر مقدار و نوع سوخت متفاوت است. این موضوع به علت شرایط اقلیمی و زراعی متفاوت این کشورهاست. اصولاً پیروی از نظام‌های کشاورزی پایدار و رعایت اصول کم‌خاک‌ورزی از جمله کاهش شدت خاک‌ورزی، استفاده از گاوآهن‌های قلمی و کاهش تعداد عملیات دیسک در مزرعه، می‌تواند از راهکارهای کاهش مصرف چشمگیر سوخت در کشاورزی باشد (کاظمی، 2014).

بیشینه انرژی غیرمستقیم مربوط به کود نیتروژن است (جدول 6). بسیاری از کشاورزان معتقدند که استفاده از کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد می‌گردد و بدون در نظر گرفتن دیگر شرایط مبادرت به مصرف کود نیتروژن می‌کنند در حالی که استفاده از کود نیتروژن بر پایه آزمون خاک و استفاده از گیاهان پوششی و همچنین رعایت تناوب زراعی و استفاده از کشاورزی حفاظتی از جمله راهکارهایی است که باید مورد توجه قرار گیرد تا مصرف کودهای نیتروژنی کاهش یابد. جو و همکاران (2010) بیان نمودند از سال 1980 کود اوره به مقدار زیادی در مزارع کشاورزی استفاده می‌گردد. استفاده زیاد از کود اوره باعث اسیدی شدن خاک می‌گردد (جو و همکاران، 2009؛ ویتوسک، 2010).

میزان انرژی تجدیدپذیر (نیروی انسانی و انرژی بذر) و غیر تجدیدپذیر (سوخت، الکتریسیته، کود، ماشین‌آلات، حشره‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و حمل و نقل) نشان می‌دهد که بیشینه انرژی مربوط به انرژی غیرتجدیدپذیر است (جدول 5). محققان زیادی از جمله رن و همکاران (2012) و فیض‌بخش و سلطانی (2013) نیز گزارش کردند سهم انرژی‌های تجدیدناپذیر در مزارع کشاورزی بیشتر از انرژی-

های تجدیدپذیر است. بنابراین لازم است تحقیقاتی در زمینه افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر صورت گیرد تا سهم انرژی‌های ورودی در تولید گازهای گلخانه‌ای کاهش یابد. میزان انرژی ورودی و خروجی دو عامل مهم برای تعیین کارایی انرژی و اثرات زیست‌محیطی در تولید محصولات است و در محصولات مختلف، نظام‌های تولید و شدت مدیریت بسیار متفاوت است (رانکه و همکاران، 2007).

نسبت انرژی خروجی به ورودی در سورگوم علوفه‌ای 15/6 محاسبه گردید. در عصر کنونی با افزایش سطح مکانیزاسیون کشاورزی و توسعه فناوری در بخش کشاورزی ضمن افزایش مصرف روزافزون انرژی، کارایی انرژی در بوم‌نظام‌های زراعی به شدت کاهش می‌یابد. کارایی انرژی برای محصولات مختلف زراعی به تغییرات فن‌آوری و ساختاری بوم‌نظام‌های کشاورزی بستگی داشته و دو عامل اساسی میزان وابستگی سامانه به مصرف انرژی‌های صنعتی و عملکرد محصول در واحد سطح بیشترین تاثیر را بر کارایی انرژی نظام‌های تولید کشاورزی دارد (رحیم زاده و همکاران، 2007).

میزان بهره‌وری انرژی در کشت سورگوم علوفه‌ای 3/44 برآورد گردید. (جدول 6). همچنین جدول 7 نشان می‌دهد که بیشینه پتانسیل گرمایش جهانی به ترتیب مربوط به کود نیتروژن و سوخت مصرفی بود. ظرفیت گرمایش جهانی از مزارع سورگوم علوفه‌ای (1729 کیلوگرم CO₂ در هکتار) به دست آمد. همچنین کمینه میزان تولید گازهای گلخانه‌ای مربوط به کود پتاسیم به میزان 39/5 کیلوگرم معادل CO₂ در هر دو محصول بود.

مقایسه مقادیر ظرفیت گرمایش جهانی (GWP) بر اساس واحد وزن عملکرد محصول در هکتار نشان داد که تفاوت در کشت سورگوم علوفه‌ای ظرفیت گرمایش جهانی (GWP) 17/64 بود.

ارزیابی مصرف انرژی و و ظرفیت گرمایش جهانی مزارع سورگوم علوفه‌ای در...

توصیه‌های ترویجی

در تولید سورگوم علوفه‌ای مصرف سوخت درصد بالایی از انرژی مصرفی و تولید گازهای گلخانه‌ای را تشکیل می‌دهد بنابراین استفاده از ادوات کاهنده مصرف سوخت توصیه می‌گردد. برای این منظور کاربرد ادواتی که همزمان عملیات آماده‌سازی بستر و کاشت را انجام می‌دهند، می‌تواند راهگشا باشد. همچنین برای کاهش سوخت مصرفی، پیشنهاد می‌گردد تحقیقاتی در زمینه کشت مستقیم و حداقل خاک‌ورزی صورت گیرد تا تردد ادوات خاک‌ورزی در مزرعه کاهش یابد. چون میزان انرژی مصرفی در قسمت کود جهت تولید سورگوم علوفه‌ای بالا است و در این بین سهم کودهای نیتروژنی بیشتر از دیگر کودها است. بررسی و تحقیق در کشت‌های تناوبی و استفاده از گیاهان قادر به تثبیت نیتروژن برای کاهش میزان انرژی مصرفی و ظرفیت گرمایش جهانی واجد اهمیت و ضرورت می‌باشد.

جدول ۱: تاریخ عملیات‌های زراعی برای سورگوم علوفه‌ای.

عملیات زراعی	مزارع سورگوم علوفه‌ای
شخم (30 سانتی‌متر)	-----
دیسک (1)	اوایل اردیبهشت
دیسک (2)	اوایل اردیبهشت
دیسک (3)	اوایل اردیبهشت
اختلاط کود با خاک*	اوایل اردیبهشت
نهر کن	اوایل اردیبهشت
فاروئر	اواخر اردیبهشت
کود پایه	اوایل اردیبهشت
کاشت بذر	اواسط اردیبهشت
کود سرک (1)	اواخر اردیبهشت
کود سرک (2)	اواسط تیر
کود سرک (3)	اوایل شهریور
آبیاری (1)	اواخر اردیبهشت
آبیاری (2)	اواخر خرداد
آبیاری (3)	اواسط تیر

آبیاری (4)	اواخر مرداد
آبیاری (5)	اوایل شهریور
برداشت	اواخر تیر، اواسط تیر و اواخر شهریور
حمل و نقل	اواخر مهرماه

جدول 2: معادل های انرژی برای ورودی ها و خروجی های مورد استفاده در سورگوم علوفه‌ای.

ورودی ها / خروجی ها	معادل انرژی (مگاژول)	منبع
بذر سورگوم	59.5 کیلوگرم	(رن و
نیروی انسانی	1.96 ساعت	(اکسوز و
نیترژن (N)	60.6 کیلوگرم	(اکسوز و
فسفر (P2O5)	11.1 کیلوگرم	(اکسوز و
پتاسیم (K2O)	6.7 کیلوگرم	(اکسوز و
گازوئیل	38 لیتر	(ترازنامه
الکتریسیته	12.1 کیلو	(ازکان و
ورودی	سورگوم علوفه‌ای	(رن و
واحد	4.56 کیلوگرم	

جدول 3: مقادیر ورودی های مختلف برای تولید سورگوم علوفه‌ای در شهرستان گرگان.

جدول 4: مقادیر انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) به تفکیک گروه زراعی در مزارع سورگوم علوفه‌ای.

عملیات زراعی	میانگین	درصد از کل
شخم	1465.8	4.8
دیسک	2001.0	6.5
نهرکن	538.6	1.7
کود پایه	7050.7	23.2
بذر	3500	11.5
ردیف کار	1193	3.9
فارو	715.4	2.3

ارزیابی مصرف انرژی و و ظرفیت گرمایش جهانی مزارع سورگوم علوفه‌ای در...

حشره کش	1728.2	5.6
علف کش	2767	9.1
کود سرک	5613.2	18.4
ابیاری	2227.7	7.3
برداشت	4654.5	16.3
کل	28472.6	100

جدول 5: انرژی ورودی مستقیم و غیرمستقیم برای مزارع سورگوم علوفه‌ای در گرگان.

انرژی های ورودی	سورگوم علوفه‌ای	
	میانگین	درصد از کل
مستقیم		
سوخت برای عملیات زراعی	8962	31/4
الکتریسیته	3025	10/6
نیروی انسانی	435/6	1/5
غیر مستقیم		
کود نیتروژن	9477	33/2
کود فسفر	1531/8	5/3
کود پتاسیم	482/4	1/6
بذر	1498	5/2
علف کش‌ها	---	---
حشره کش‌ها	---	---
ماشین آلات	1395/8	4/8
حمل و نقل	1666/2	5/8
جمع کل	28472/6	100

جدول 6: شاخص‌های مختلف انرژی در مزارع سورگوم علوفه‌ای در شهرستان گرگان.

شکل های مختلف انرژی	سورگوم علوفه‌ای
ورودی‌ها	
انرژی ورودی مستقیم (گیگاژول در هکتار)	12.4
انرژی ورودی غیرمستقیم (گیگاژول در هکتار)	16.05
انرژی ورودی کل (گیگاژول در هکتار)	28.4
انرژی غیرقابل تجدیدپذیر (گیگاژول در هکتار)	26.5
انرژی تجدیدپذیر (گیگاژول در هکتار)	1.9
خروجی‌ها	
انرژی خروجی علوفه (گیگاژول در هکتار)	446.880
انرژی خروجی کل (گیگاژول در هکتار)	446.880
نسبت انرژی خروجی به ورودی	15.6
انرژی ویژه (گیگاژول بر تن)	0.29
بهره‌وری انرژی (تن بر گیگاژول)	3.44
بازده انرژی خالص (گیگاژول در هکتار)	418.4

ارزیابی مصرف انرژی و و ظرفیت گرمایش جهانی مزارع سورگوم علوفه‌ای در...

جدول 7: پتانسیل گرمایش جهانی (GWP بر حسب معادل کیلوگرم CO₂ در هکتار)
برای سورگوم علوفه‌ای در شهرستان گرگان.

عملیات	سورگوم علوفه‌ای	
	میانگین	درصد از کل
تولید و حمل‌ونقل		
نیترژن	690.1	39.9
S فسفر	125.6	7.3
پتاسیم	39.5	2.2
آفت‌کش	---	---
سوخت	699.3	40.4
تولید، حمل‌ونقل و نگهداری ادوات و ماشین‌آلات	174.5	10.09
کل	1729	100

جدول 8: مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی در واحد سطح، وزن، انرژی ورودی و انرژی خروجی در مزارع سورگوم علوفه‌ای در شهرستان گرگان.

	سورگوم علوفه‌ای
در واحد سطح (کیلوگرم معادل CO ₂ در هکتار)	1729
در واحد وزن (کیلوگرم معادل CO ₂ در هرتن محصول)	17/64
در واحد انرژی ورودی (کیلوگرم معادل CO ₂ در گیگاژول)	60/88
در واحد انرژی خروجی (کیلوگرم معادل CO ₂ در گیگاژول)	3/86

منابع

1. Akcaoz, H., Ozcatalbas, O., and Kizilay, H. 2009. Analysis of energy use for pomegranate production in Turkey. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 7: 475 – 480.
2. Ayub, M., Ather Nadeem, M., Tahir, M., Ghafour, A., Zeeshan, A., and M, Naeem. 2010. Comparative studies on the Growth, Forage Yield and Quality of Sorghum (*Sorghum Bicolor* L.) varieties under irrigated conditions of Faisalabad. *Pakistan journal of life and social sciences* 8(2): 94-97.
3. Baruah, D.C., Das, P.K., and Dutta, P.K. 2004. Present status and future demand for energy for bullock-operated rice farms in Assam (India). *Applied Energy* 79: 145–157.
4. EL,Raey. M. 1995. Interim report on climate change country studies. Country Studies Management Team, Washington, DC (EUA). Country Studies Program.
5. Feyzbakhsh, M.T., and Soltani, A. 2013. Energy flow and global warming potential of corn farm (Gorgan City). *Electronic journal of crop production* 6 (2): 89-107. (in Persian with English abstract).
6. Fouman, A., 2010. Evaluation of different forage sorghum cultivars [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] through an assessment of morphological, quantitative & qualitative yield traits. *Iranian crop science* 4(42). 833-840. (in Persian with English abstract).
7. Franzluebbbers, A.J., and C.A, Francis. 1995. Energy output-input ratio of maize and sorghum management systems in Eastern Nebraska. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 53: 271–278.
8. Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, SH., Feizi, H., Khorramdel, S., and Hassanzadeh Goroteh Tapeh, A., and Haydr Gholinejad, M. 2000. Energy balance in Wheat on Mazandaran Province. *Pajuhesh and Sazandegi* 58: 63-65. (in Persian with English abstract).
9. Guo, J.H, Liu, X.J, Zhang, Y, Shen, J.L, Han, WX, and W.F, Zhang. 2010. Significant acidification in major Chinese croplands. *Science* 3:1008-1010.

10. Hatirli, S.A., Ozkan, B., and Fert, C. 2008. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. *Renew. Energy* 3: 427-438.
11. Hydrocarbon balance sheet of Country. 2008. Department of Energy Management Institute for International Studies. <http://www.iies.org>.
12. Kazemi, H. 2014. Energy flow evaluation of soybean fields in Golestan province. *Iranian Journal of Oilseed Plants* 3(1): 13-27. (in Persian with English abstract).
13. Kocheiki, A. 1994. *Agriculture and Energy*. Ferdowsi university of Mashhad Press. 145 p.
14. Mobtaker, H.G, Keyhani, A., Mohammadi, A., Rafiee, S., and Akram, A. 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan province of Iran. *Agriculture and Ecosystem Environment* 137(3):367-372.
15. Nasirian, N., Almasi, S. Minaee and Bakhoda, H. 2006. Study of Energy flow in Sugercan production in an Agro-industry unit in South of Ahvaz. In proceeding 4th national congress of Agricultural .
16. *Machinery Engendering and Mechanization*. Tabriz University. Tabriz, Iran.
17. Norouzi, R. 2010. The sources and sink of methane greenhouse gas emission and its role in global warming. 4th International Congress of the Islamic Word Geographers. Zahedan, Iran.
18. Ozkan, B., Akcaoz, H., and Fert, C. 2004. Energy input–output analysis in Turkish Agriculture. *Renew. Energy* 29: 39–51.
19. Pishgar Komleh, S.H., Keyhani, A., Rafiee, S., and Sefeedpary, P. 2011. Energy use and economic analysis of corn silage production under three cultivated area levels in Tehran province of Iran. *Energy* 36: 3335–3341.
20. Rahimizadeh, M., Madani, H., Rezaadust, S., Mehraban, S., and Marjani, A. 2007. Energy analysis of Agricultural ecosystem and Strategies to increase energy efficiency. 6th National Conference on Energy. Tehran.

21. Rathke, G.W. and Diepenbrock, W. 2006. Energy balance of winter oil seed rape cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. *European Journal of Agronomy* 24: 35- 44.
22. Razzaghi, M.H. 2005. Energy efficiency and Different Tillage System in Forage Corn Production. A these for M.Sc. Shahid Chamran University of Ahvaz. 100p.
23. Ren, T.L., Liu, Z, X., Wei, T.Y., and G, H, Xie. 2012. Evaluation of energy input and output of sweet sorghum grown as a bioenergy crop on coastal saline-alkali land. *Energy* 47 : 166-173.
24. Sefeedpari, P., Rafiee, SH, and Pishgar Komleh, S.H. 2012. A source-wise and operation-wise energy use analysis for corn silage production, a case study of Tehran province, Iran. *International Journal of Sustainable Built Environment* 1: 158–166.
25. Singh, H., Mishra, D., and Nahar, N.M. 2002. Energy use pattern in production agriculture of typical village in arid zone, India–part–I. *Energy Convers Manage* 43: 2275–86.
26. Soltani, A., Rajabi, M.H., Zeinali, E., and Soltani, E. 2009. Evaluation of environmental impact of crop production using LCA: wheat in Gorgan. *Electronic journal of crop production* 3: 201-218. (in Persian with English abstract).
27. 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.
28. Suman, M., Singh, M., Suman, B. L. 2006. Source of energy input and output for sustainable sorghum cultivation. *Indian J. Crop Science*, 1(1-2): 135-137.
29. Tzilivakis, J., Warner, D.J., May, M., Lewis, K.A., and Jaggard, K. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. *Agriculture System* 85: 101–119.
30. Vitousek P.M, Naylor R, and T, Crews .2009. Nutrient imbalances in agricultural development.

ارزیابی مصرف انرژی و و ظرفیت گرمایش جهانی مزارع سورگوم علوفه‌ای در...

31. Wen, D.Z. 1986. The research method of agricultural energy fluent system (third). *Rural Eco-Environment* 2:48-51.
32. Yousefi, M., Darijani, F., and Alipour Jahangiri, A. 2012. Comparing energy flow of greenhouse and open-field cucumber production systems in Iran. *African Journal of Agricultural Research* 7: 624-628.
33. Zentner, R.P., Lafond, G.P., Derksen, D.A., Nagy, C.N., Wall, D.D., and May, W.E. 2004. Effects of tillage method and crop rotation on non-renewable energy use efficiency for a thin Black Chernozem in the Canadian Prairies. *Soil & Tillage Research* 77: 125–136.