بررسی کارایی مصرف انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و تحلیل‌های اقتصادی زراعت سورگوم علوفه‌ای در منطقه سیستان

فاطمه فرتوت عنایت[۱]، سید محسن موسوی نیک[۲]، محمد رضا اصغری پور[۲*]

تاریخ دریافت: ۹۵/۳/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۶/٤/۳

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد بوم شناسی زراعی، گروه زراعت، دانشگاه زابل

۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

*مسئول مکاتبه: Email: m_asgharipour@uoz.ac.ir

چکیده

مصرف انرژی و استفاده صحیح از نهاده‌های کشاورزی تاثیر زیادی بر اقتصاد و حفظ محیط زیست دارد. این تحقیق به بررسی کارایی مصرف انرژی، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و هزینه‌های مصرفی سیستم‌های تولید سورگوم در منطقه سیستان پرداخته است. اطلاعات از طریق پرسشنامه و مصاحبه حضوری با کشاورزان از ۸۵ مزرعه سورگوم در سال ۲۰۱٤ جمع‌آوری گردید. نتایج این بررسی نشان داد که مجموع انرژی ورودی در سیستم‌های تولید سورگوم ۳۷٦۹۵/۰٦ مگاژول در هکتار بود که از این مقدار الکتریسیته پرمصرف‌ترین نهاده ورودی در بین سایر نهاده‌ها بود. پس از الکتریسیته به ترتیب کودهای شیمیایی و گازوئیل قرار داشتند. سهم انرژی‌های ورودی به صورت مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر به ترتیب ۷۹، ۲۱، ۲۲ و ۷۸ درصد بود. کارایی مصرف انرژی نیز در این مزارع ۷/۳ بدست آمد. الکتریسیته با ۲۹۸۱/۲۷ کیلوگرم در هکتار گاز گلخانه‌ای معادل دی اکسید کربن، بیشترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را از مجموع ۳۷٤٦/۷ کیلوگرم در هکتار گاز گلخانه‌ای معادل دی اکسید کربن به خود اختصاص داد و به دنبال آن کود دامی و گازوئیل بیشترین میزان آلودگی را ایجاد کردند. نتایج تحلیل‌های اقتصادی نیز نشان داد که متوسط هزینه‌های انجام شده برای یک هکتار محصول سورگوم ۲۹/۵ میلیون ریال بود و بطور میانگین سود خالصی برابر ۵/۸ میلیون ریال به ازای هر هکتار عاید کشاورز شد. مدیریت انرژی یک عامل کلیدی برای کاهش مصرف انرژی، کاهش آلودگی‌های زیست محیطی و کاهش هزینه‌های تولید در مزارع می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی‌های زیست محیطی، انتشار گازهای گلخانه‌ای، گرمایش کره زمین، مصرف انرژی، منطقه سیستان

Evaluation of Energy Use Efficiency, Green House Gases Emission and Economic Analysis of Sorghum Production in Sistan

Fatemeh Fartout Enayat[1], Seyed Mohsen Mousavinik[2], Mohammad, Reza Asgharipour[2*]

Received: June 2, 2016 Accepted: June 24, 2017
1- Graduated MSc, Unit of Agroecology, Dept. of Agronomy, College of Agriculture, University of Zabol, Iran.
2- Assoc. Prof., Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
Corresponding Author E-mail: m_asgharipour@uoz.ac.ir

Abstract

Energy consumption and application of agricultural inputs have a significant effect on the economy and the environmental consevation. This study examines the energy efficiency, GHGs emissions and production costs of sorghum production systems in the Sistan. Data were collected from 85 sorghum farms using face to face questionnaires in 2014. Results indicated that the total energy input was 37,695.1 $MJ.ha^{-1}$, and the most important energy inputs belonged to electricity, followed by chemical fertilizers and diesel fuel. The share of direct, indirect, renewable and non-renewable forms in sorghum production were 79%, 21%, 22% and 78, respectively. Also, energy use efficiency was 7.3. Electricity with a production of 2981.3 kg CO_2-$eq.ha^{-1}$ played the most important role on the total GHGs emission of 3746.7 kg CO_2-$eq.ha^{-1}$ and it was followed by manure and diesel fuel. Economic analysis indicated that the total cost and the average net return of sorghum production was 29.5 and 5.8 million $Rial.ha^{-1}$, respectively. Energy use efficiency was 13.4, while the benefit-to-cost ratio was 1.3. Energy management is a key factor for reduction of energy consumption, environmental pollution and the cost of production in the fields.

Keywords: Energy Consumption, GHGs Emissions, Global Warming, Environmental Pollution, Sistan

مقدمه

رابطه بین کشاورزی و انرژی بسیار نزدیک است. کشاورزی هم تولید کننده و هم مصرف کننده انرژی است (سینگ و همکاران ۲۰۰٤). در فعالیت‌های کشاورزی، هر مزرعه به عنوان یک بنگاه تولید در نظر گرفته می‌شود که در آن کشاورز با استفاده از انرژی‌های ورودی به تولید یک یا چند محصول می‌پردازد (محمدی و همکاران ۲۰۰۵). سوخت، برق، ماشین‌آلات، بذر، کود و مواد شیمیایی منابعی هستند که سهم قابل توجهی از انرژی‌های ورودی را در سیستم‌های کشاورزی به خود اختصاص داده‌اند (هاتیرلی و همکاران ۲۰۰٦). اما استفاده فشرده از انرژی در این بخش سلامت انسان و محیط زیست را تحت تاثیر قرار می‌دهد (ایلماز و همکاران ۲۰۰۵). استفاده بهینه از انرژی در کشاورزی باعث می‌شود که مشکلات زیست محیطی به حداقل برسد، از نابودی منابع جلوگیری شود و کشاورزی پایدار به عنوان یک سیستم تولیدی اقتصادی تقویت گردد (کیزیلسلان

۲۰۰۹). مطالعات متعددی در زمینه مصرف انرژی و تحلیل‌های اقتصادی در بخش کشاورزی بر روی محصولات مختلف انجام شده است. برای مثال: رابطه بین ورودی و خروجی انرژی در تولید گیاهانی مانند جو (قاسمی مبتکر و همکاران ۲۰۱۰) و سیب زمینی (رجبی همدانی و همکاران ۲۰۱۱) در همدان. خیار گلخانه‌ای (محمدی و امید ۲۰۱۰)، توت فرنگی گلخانه‌ای (بنائیان و همکاران ۲۰۱۱) و سیب (رفیعی و همکاران ۲۰۱۰) در تهران. هلو (رویان و همکاران ۲۰۱۲) و کلزا (موسوی اول و همکاران ۲۰۱۱) در گلستان، سیب زمینی (محمدی و همکاران ۲۰۰۸) در اردبیل و برنج در گیلان (پیشگار کمله و همکاران ۲۰۱۱) مورد ارزیابی قرار گرفتند.

در بسیاری از موارد، مطالعه مصرف انرژی به دلیل اثر آن بر غلظت گازهای گلخانه‌ای و گرم شدن کره زمین انجام گرفته است (اسنگان و همکاران ۲۰۰۷). نیاز به انرژی و تامین آن از سوخت‌های فسیلی مانند زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی سبب انتشار شدید گازهای گلخانه‌ای مانند دی اکسید کربن در جو شده است (ثبوتی ۲۰۱۱). پدیده تغییر اقلیم و گرم شدن جهانی در اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای که جهان را در آستانه یک فاجعه بزرگ انسانی و زیست محیطی قرار داده، مهمترین مسئله‌ای است که امروزه توجه بسیاری از دانشمندان را به خود جلب کرده است (مجمع بین المللی تغییرات آب و هوایی ۲۰۰۷). باید در نظر داشت که بخش کشاورزی از تولید کنندگان اصلی گازهای گلخانه‌ای می‌باشد به طوری که تخریب جنگل‌ها، زهکشی مرداب‌ها، سوزاندن کاه و کلش، افزایش احشام و کود پاشی با کودهای نیتروژنه از مهم‌ترین فعالیت‌های این بخش است که باعث انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود (داروین و همکاران ۱۹۹۵). بنابراین، توجه به نحوه مدیریت مصرف نهاده‌های کشاورزی و اتخاذ تصمیماتی در جهت افزایش کارایی هر یک از این نهاده‌ها در تولید محصولات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (نیکخواه و همکاران ۲۰۱٤). در زمینه انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش کشاورزی نیز تحقیقاتی صورت گرفته است که می‌توان به برخی از این پژوهش‌ها که درباره زیتون (کالتساس و همکاران ۲۰۰۷)، سیب زمینی (پیشگار کمله و همکاران ۲۰۱۲)، گندم (هو ۲۰۱۱)، برنج (پورشیرازی و همکاران ۲۰۱۳) و چای (نیکخواه و همکاران ۲۰۱٤) انجام شده است اشاره کرد.

فعالیت‌های زراعی در سیستان منحصر به کشت آبی است و سطح زیر کشت بسته به دبی آب رودخانه هیرمند متغیر است که در سالهای اخیر به دلیل خشکسالی‌های بی سابقه بسیار کاهش یافته است. بنابراین انتخاب محصولات سازگار با شرایط منطقه امری ضروری است. بر اساس بررسی‌های انجام شده تاکنون مطالعه چندانی در ایران در زمینه مصرف انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و تحلیل‌های اقتصادی زراعت سورگوم انجام نشده است. در نتیجه مطالعه حاضر بررسی کارایی مصرف انرژی، هزینه‌های مصرفی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در سیستم‌های تولید سورگوم در منطقه سیستان را هدف قرار داده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و جمع آوری داده‌ها

این مطالعه در منطقه سیستان انجام شد. سیستان با مساحت ۱۵۱۹۷ کیلومتر مربع در محدوده جغرافیایی بین ۳۰ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۸ دقیقه عرض جغرافیایی و ٦۰ درجه و ۱۵ دقیقه تا ٦۱ درجه و ۵۰ دقیقه طول جغرافیایی در جنوب شرق ایران و در شمالی‌ترین قسمت استان سیستان و بلوچستان واقع شده که حدود ۸/۱ درصد از مساحت استان را به خود اختصاص داده است (سالاری سرداری و کیانی ۲۰۰۹). برای انجام این تحقیق ابتدا اطلاعات مربوط به کاشت، داشت و برداشت این محصول از طریق روش‌های

مختلف از جمله؛ مطالعات کتابخانه‌ای، داده‌های آماری مدیریت جهاد کشاورزی و مصاحبه با کشاورزان جمع‌آوری شد. سپس پرسشنامه‌ای دقیق طراحی و میزان انرژی‌های ورودی و خروجی از طریق مصاحبه با کشاورزان و تکمیل پرسشنامه‌ها توسط آنها بدست آمد. به منظور مشخص شدن جامعه آماری مورد مطالعه، تعداد کل مزارعی را که زیر کشت سورگوم رفته‌اند را به عنوان نمونه کل انتخاب، سپس برای پیدا کردن حجم نمونه مورد مطالعه از معادله زیر استفاده شد (اصغری پور و همکاران ۲۰۱۲).

$$n = \frac{N \times S^2}{(N-1)S_X^2 + S^2} \quad [۱]$$

که در آن n=حجم نمونه مورد نیاز، N= حجم جامعه، S^2= انحراف استاندارد، S^2_x= انحراف معیار استاندارد، S_X^2= d/z که در آن d دقت (اشتباه مجاز) در اندازه نمونه که ۱۵ درصد میانگین برای سطح اطمینان ۹۵ درصد تعریف می‌شود و z ضریب اطمینان (برابر ۱/۹۶ در سطح اطمینان ۹۵ درصد) می‌باشد. منطقه سیستان یکی از مناطق مهم برای توسعه سورگوم در کشور می‌باشد. زمان تقریبی کشت این محصول در منطقه اسفند ماه است و رقم غالب آن اسپیدفید می‌باشد. بطور میانگین ۲۰-۱۵ کیلوگرم در هکتار بذر مورد استفاده قرار می‌گیرد. معمولا در هر فصل زراعی سه برداشت انجام گرفته که متوسط میزان عملکرد هر برداشت در هکتار ۵۰ تن علوفه تر می‌باشد.

آنالیز انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای

معادل‌های انرژی نهاده‌های ورودی و خروجی مورد استفاده در تولید سورگوم در منطقه سیستان در جدول ۱ ارائه شده است. پس از مشخص شدن انرژی‌های ورودی و خروجی، شاخص‌های انرژی نظیر کارایی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی مخصوص، انرژی خالص و فشردگی انرژی توسط معادلات زیر محاسبه شد (اصغری پور و همکاران ۲۰۱۲).

[۲] انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار) / انرژی خروجی (مگاژول بر هکتار) = کارایی مصرف انرژی

[۳] انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار) / خروجی گیاه زراعی (کیلوگرم بر هکتار) = بهره‌وری انرژی

[٤] خروجی گیاه زراعی (کیلوگرم بر هکتار) / انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار) = انرژی مخصوص

[٥] انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار) – انرژی خروجی (مگاژول بر هکتار) = انرژی خالص

[٦] کل هزینه تولید (هزار ریال بر هکتار) / انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار) = فشردگی انرژی

سپس سهم شکل‌های مستقیم (نیروی انسانی، سوخت، الکتریسیته و آب)، غیرمستقیم (بذر، کود دامی، کودشیمیایی، آفت‌کش، قارچ‌کش، علف‌کش و ماشین‌آلات)، تجدیدپذیر (نیروی انسانی، بذر، کود دامی و آب) و تجدیدناپذیر (سوخت، الکتریسیته،کودشیمیایی، آفت‌کش، علف‌کش، قارچ‌کش و ماشین‌آلات) انرژی در تولید سورگوم در منطقه سیستان مورد بررسی قرار گرفت (اصغری پور و همکاران ۲۰۱۲).

در این مطالعه مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای در سیستم‌های تولید سورگوم در هر هکتار با استفاده از ضریب انتشار معادل co_2 برای نهاده‌های مختلف محاسبه می‌گردد (جدول ۲).

جدول ۱- معادل انرژی ورودی و خروجی در تولید سورگوم علوفه‌ای

ورودی‌ها و خروجی‌ها	انرژی معادل	منابع
انرژی ورودی		
نیروی انسانی (h)	۱/۹۵	(تیلور و همکاران ۱۹۹۳)
ماشین‌آلات (h)	٦۲/۷۰	(سینگ و همکاران ۲۰۰٤)
گازوئیل (l)	٥٦/۳۱	(سینگ و همکاران ۲۰۰٤)
کود شیمیایی		
نیتروژن (kg)	۷٥/٤٦	(تیلور و همکاران ۱۹۹۳)
فسفات (kg)	۱۳/۰۷	(تیلور و همکاران ۱۹۹۳)
پتاسیم (kg)	۱۱/۱٥	(ازکان و همکاران ۲۰۰٤)
مواد شیمیایی (kg or l)		
علفکش	۲۳۸	(اسنگان و همکاران ۲۰۰۷)
آفتکش	۱۰۱/۲۰	(اسنگان و همکاران ۲۰۰۷)
قارچکش	۲۱٦	(اسنگان و همکاران ۲۰۰۷)
کود دامی (kg)	./۳	(سینگ و همکاران ۲۰۰٤)
الکتریسیته (kwh)	۳/٦۰	(ازکان و همکاران ۲۰۰٤)
آب برای آبیاری (m^3)	۱/۰۲	(ازکان و همکاران ۲۰۰٤)
بنزین (l)	٤٦/۳۰	(پیشگار کمله و همکاران ۲۰۱۱)
بذر (kg)	۲۸/٤۸	(کوچکی و حسینی ۱۹۹٤)
خروجی		
علوفه سورگوم (kg)	۱٦/۳۳	(کوچکی و حسینی ۱۹۹٤)

جدول ۲- معادل (ضرایب) گازهای گلخانه‌ای نهاده‌های مختلف در تولید سورگوم علوفه‌ای

نهاده‌ها (واحد)	ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای	منبع
نیروی انسانی (h)	۰/۰۰۱	(پیشگار کمله و همکاران ۲۰۱۲)
ماشین‌آلات (h)	۰/۰۷۱	(دیر و دسجاردینز ۲۰۰٦)
گازوئیل (l)	۲/۷٦	(دیر و دسجاردینز ۲۰۰٦)
نیتروژن (kg)	۱/۳	(لال ۲۰۰٤)
فسفات (kg)	۰/٦	(لیو و همکاران ۲۰۱۰)
پتاسیم (kg)	۰/٦	(لیو و همکاران ۲۰۱۰)
آفت‌کش (l)	٥/۱	(لال ۲۰۰٤)
علف‌کش (l)	٦/۳	(لال ۲۰۰٤)
قارچ کش (l)	۳/۹	(لال ۲۰۰٤)
الکتریسیته (kwh)	۰/٦۰۸	(لیو و همکاران ۲۰۱۰)
بنزین (l)	۲/۳	(لیو و همکاران ۲۰۱۰)
کود دامی (kg)	۰/۱۲٦	(لیو و همکاران ۲۰۱۰)

شاخص‌های اقتصادی

شاخص‌های اقتصادی مطالعه شده شامل سود خالص، سود ناخالص، درآمد، نسبت سود به هزینه، هزینه کل تولید بر اساس ریال در هکتار، هزینه کل تولید بر حسب ریال در مگاژول و هزینه تولید براساس ریال در کیلوگرم بود که از معادلات زیر بدست آمد (اصغری پور و همکاران ۲۰۱۲).

[۷] هزینه‌های متغیر (هزار ریال در هکتار) – ارزش ناخالص تولید (هزار ریال در هکتار) = درآمد ناخالص

[۸] قیمت محصول (هزار ریال در هکتار) × عملکرد محصول زراعی (کیلوگرم در هکتار)=ارزش ناخالص تولید

[۹] کل هزینه‌های تولید (هزار ریال در هکتار) – ارزش ناخالص تولید (هزار ریال در هکتار) = درآمد خالص

[۱۰] هزینه‌های ثابت تولید (هزار ریال در هکتار)+هزینه‌های جاری تولید (هزارریال در هکتار)= کل هزینه‌های‌تولید

[۱۱] کل‌هزینه‌های‌تولید(هزار ریال در هکتار)/ ارزش ناخالص تولید (هزار ریال در هکتار) = نسبت سود به هزینه

[۱۲] کل هزینه‌های تولید (هزار ریال در هکتار) / عملکرد محصول زراعی (کیلوگرم در هکتار) = بهره‌وری

در این مطالعه برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

جدول ۳ به صورت خلاصه انرژی‌های ورودی و خروجی سیستم‌های تولید سورگوم را نشان می‌دهد. میانگین مجموع انرژی‌های ورودی در سیستم‌های تحت بررسی ۳۷۶۹۵/۰۶ مگاژول در هکتار بود که از این مقدار الکتریسیته با ۱۷۰۰۱/۱ مگاژول، کودهای شیمیایی با ۵۵۶۶/۹ مگاژول (نیتروژن با ۵۴۵۵/۱ مگاژول بیشترین مقدار کودهای شیمیایی را شامل می‌شود) و گازوئیل با ۵۲۲۴/۱ مگاژول در هکتار در کل دوره زراعی بیشترین انرژی‌های ورودی را به خود اختصاص دادند. الکتریسیته بیشترین سهم انرژی‌های ورودی در سیستم‌های تولید ذرت علوفه‌ای در شهرستان نیشابور را نیز به خود اختصاص داد (بازوبندی و همکاران ۲۰۱۴). کمترین انرژی ورودی نیز در سیستم‌های تولید سورگوم به ترتیب مربوط به آفت‌کش‌ها، نیروی انسانی و کود دامی بودند. همچنین به طور متوسط ۲۷۵۲۰۸/۵ مگاژول انرژی در هکتار از سیستم‌های مورد بحث خارج شده است.

شکل‌های مختلف انرژی در تولید سورگوم در جدول ٤ نشان داده شده است. انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم به ترتیب ۷۹ و ۲۱ درصد و انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر نیز هر کدام به ترتیب ۲۲ و ۷۸ درصد از مجموع انرژی‌های ورودی را تشکیل داده‌اند. همانگونه که نتایج نشان می‌دهد سهم انرژی‌های مستقیم و تجدیدناپذیر در این سیستم‌ها بیشتر از انرژی‌های غیرمستقیم و تجدیدپذیر می‌باشد. این نتایج با نظر سایر محققان که بیان کرده‌اند در سیستم‌های کشت، نسبت انرژی‌های مستقیم بالاتر از انرژی‌های غیرمستقیم و نرخ مصرف انرژی‌های تجدید ناپذیر بیشتر از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد (محمدی و همکاران ۲۰۰۸ و اصغری پور و همکاران ۲۰۱۲) مطابقت دارد. علاوه بر این در سیستم‌های تولید جو در استان همدان نیز انرژی تجدیدناپذیر ٦٦، تجدیدپذیر ٣٤، مستقیم ٥٤ و غیرمستقیم ٤٦ درصد (قاسمی مبتکر و همکاران ۲۰۱۰)، در تولید کانولا در استان گلستان این انرژی‌ها به ترتیب ۹٤/۸، ٥/۲، ٤۲/٦٥ و ٥۷/۳٥ درصد (موسوی اول و همکاران ۲۰۱۱) و ترتیب این انرژی‌ها در تولید سیر استان همدان بصورت ٦۳/۲٦، ۳٦/۷۳، ۲۸/۱٤ و ۷۱/۸٥ درصد (سماواتیان و همکاران ۲۰۱۱) از مجموع انرژی‌های ورودی می‌باشد.

جدول ۳- انرژی‌های ورودی و خروجی سیستم‌های تولید سورگوم علوفه‌ای در منطقه سیستان

ورودی‌ها و خروجی‌ها	مقدار در واحد سطح (هکتار)	معادل انرژی کل (مگاژول)	درصد
الکتریسیته (kwh)	٤٩٠٣/٤١	١٧٠٠١/١١	٤٥
نیروی انسانی (h)	٣٠٨/٩٩	٦٠٢/٣٦	٢
گازوئیل (l)	٩٣/١١	٥٢٢٤/١٤٥	١٤
بنزین (l)	٦٤/٩٣	٢٩٩٦/٠٦	٨
ماشین‌آلات (h)	١٥/٥٢	٩٧٦/٥٢	٢
کودهای شیمیایی	١٩٠/٦٤	٥٥٦٦/٩٢	١٥
نیتروژن (kg)	١٥٦/٠٣	٥٤٥٥/٠٩	
فسفات (kg)	٣٣/٤٤	١١١/٨٢	
پتاسیم (kg)	٠	٠	٠
کود دامی (kg)	٢٢٠٤/١٢	٦٠٣/٨٨	٢
آفتکش (l)	٠/٠١١	١/٧٨	>٠/١
علفکش (l)	٠	٠	٠
قارچ کش (l)	٠	٠	٠
آب برای آبیاری (m^3)	٣٨٤٢/٤٧	٣٩١٧/١٦	١٠
بذر (kg)	٢٨/١٨	٧٩٠/٤٦	٢
کل انرژی ورودی (mj)		٣٧٦٩٥/٠٦	١٠٠
خروجی			
عملکرد علوفه سورگوم (kg)	١٧٦٤٧/٠٦	٢٧٥٢٠٨/٥٠	

جدول ۴- شاخص‌ها و شکل‌های مختلف انرژی تولید سورگوم علوفه‌ای در منطقه سیستان

عنوان	واحد	سورگوم
کارایی مصرف انرژی	------	٧/٣
بهره‌وری انرژی	$Kg.MJ^{-1}$	٠/٤٦٨
انرژی مخصوص	$MJ.kg^{-1}$	٢/١٣
انرژی خالص	$MJ.ha^{-1}$	٢٣٧٥١٣/٤٤
فشردگی انرژی	$MJ.MR^{-1}$	٠/٠٠١٢٧
انرژی مستقیم	$MJ.ha^{-1}$	٥٩٤٨/١٦٧ (٪٧٩)
انرژی غیر مستقیم	$MJ.ha^{-1}$	١٥٨٧/٩١٣ (٪٢١)
انرژی تجدیدپذیر	$MJ.ha^{-1}$	١٤٧٨/٤٦٥ (٪٢٢)
انرژی تجدیدناپذیر	$MJ.ha^{-1}$	٥٢٩٤/٤٢٤ (٪٧٨)

با تقسیم مقدار انرژی خروجی بر کل انرژی ورودی کارایی مصرف انرژی بدست می‌آید. بر این اساس میانگین کارایی انرژی در سیستم‌های تولید سورگوم تحت بررسی ۷/۳ محاسبه شد. این شاخص برای سورگوم علوفه‌ای در مشهد ۵/۷٤ (کوچکی و حسینی ۱۹۹٤)، خیار گلخانه‌ای در تهران ۰/٦٤ (محمدی و امید ۲۰۱۰) و کلزا در استان گلستان ۳/۰۲ (موسوی اول و همکاران ۲۰۱۱) به دست آمد. انرژی مخصوص در این سیستم‌ها ۲/۱۳ مگاژول در کیلوگرم است. مفهوم این شاخص آن است که برای تولید هر یک کیلوگرم سورگوم حدود ۲/۱۳ مگاژول انرژی مصرف شده است. بهره‌وری انرژی آن نیز ۰/٤٦۸ کیلوگرم در مگاژول می‌باشد. یعنی با صرف یک مگاژول انرژی ۰/٤٦۸ کیلوگرم سورگوم در این سیستم زراعی تولید می‌شود. انرژی خالص در سیستم تولید سورگوم با توجه به انرژی ورودی و خروجی ۲۳۷۵۱۳/٤٤ مگاژول در هکتار می‌باشد (جدول ٤).

جدول ۵- انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به نهاده‌های تولید سورگوم علوفه‌ای در هر هکتار در منطقه سیستان

نهاده ها	میانگین در هکتار	معادل کل (کیلوگرم گاز گلخانه ای معادل CO_2 در هکتار)	درصد
نیروی انسانی (h)	۳۰۸/۹۹	۰/۳۰۸	>۰/۱
ماشین‌آلات (h)	۱۵/۵۲	۱/۱۰۲	>۰/۱
گازوئیل (l)	۹۳/۱۰۵	۲۵۸/۸۳٤	۷
نیتروژن (kg)	۱۵٦/۰۲۹	۲۰۲/۸۳۸	۵
فسفات (kg)	۳۳/٤٤	۲۰/۰٦٤	۱
آفتکش (l)	۰/۰۱۱	۰/۰٦۱	>۰/۱
قارچکش (l)	۰	۰	>۰/۱
علف‌کش (l)	۰	۰	>۰/۱
الکتریسیته (kwh)	٤۹۰۳/٤۱۲	۲۹۸۱/۲۷٤	۸۰
بنزین (l)	٦٤/۹۳	٤/۵	>۰/۱
کود دامی (kg)	۲۲۰٤/۱۱۷	۲۷۷/۷۱۸	۷
مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای		۳۷٤٦/۷	

میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در سیستم‌های تولید سورگوم در جدول ۵ ارائه شده است. با توجه به این جدول، مجموع گازهای گلخانه‌ای منتشر شده از این سیستم‌ها برابر ۳۷٤٦/۷ کیلوگرم گاز گلخانه‌ای معادل دی اکسید کربن بود که الکتریسیته بیشترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را با سهم ۲۹۸۱/۲۷٤ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن به خود اختصاص داد. کمترین میزان انتشار نیز مربوط به آفت‌کش‌ها بود. بیشترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در سیستم‌های تولید سیب زمینی استان همدان مربوط به کودهای شیمیایی بود (پیشگار کمله و همکاران ۲۰۱۲).

متوسط مجموع هزینه‌های انجام شده در سال ۲۰۱٤ برای یک هکتار محصول سورگوم ۲۹/۵ میلیون ریال می‌باشد که با توجه به میانگین تولید ۱۷٦٤۷/۰٦ کیلوگرم علوفه خشک در هکتار و به ازای تعداد ۲/۲٤ برداشت در سال زراعی و متوسط قیمت ۲۰۰۰ ریال

برای هر کیلوگرم محصول علوفه، سود خالصی معادل ۵/۸ میلیون ریال عاید کشاورز می‌شود. در این مطالعه نسبت سود به هزینه ۱/۱۹ بدست آمد. نسبت سود به هزینه تولید خیار گلخانه‌ای در تهران ۲/۵۸ (محمدی و امید ۲۰۱۰)، سیب زمینی در اردبیل ۱/۸۸ (محمدی و همکاران ۲۰۰۸) و توت فرنگی گلخانه‌ای در تهران ۱/۷٤ (بنائیان و همکاران ۲۰۱۱) محاسبه شده است. سایر شاخص‌های اقتصادی در جدول شماره ٦ ارائه شده است.

جدول ۶- تجزیه و تحلیل اقتصادی سیستم‌های تولید سورگوم علوفه‌ای در منطقه سیستان

اجزای هزینه و سود	ارزش
عملکرد ($kg.ha^{-1}$)	۱۷٦٤۷/۰٦
قیمت فروش ($MR.\ ha^{-1}$)	۲۰۰۰
ارزش تولید ناخالص ($MR.\ ha^{-1}$)	۳٥۲۹٤۱۲۰
کل هزینه تولید ($MR.\ ha^{-1}$)	۲۹٥۳۹۳٤۸
کل هزینه تولید ($MR.\ kg^{-1}$)	۱٦۷۳/۸۹
کل هزینه تولید ($MR.\ MJ^{-1}$)	۱۰۷/۳۳
سود خالص در واحد زمین ($MR.\ ha^{-1}$)	٥۷٥٤۷۷۲
سود خالص در واحد تولید ($MR.\ kg^{-1}$)	۳۲٦/۱
سود خالص در واحد انرژی ($MR.\ MJ^{-1}$)	۲۰/۹۱
نسبت سود شبه هزینه	۱/۱۹
بهره‌وری ($kg.MR^{-1}$)	۰/۰۰۰٥۹۷
فشردگی انرژی	۰/۰۰۱۲۷

نتیجه‌گیری

کشاورزی وابسته به انرژی است. آب، کودها، سموم شیمیایی و سوخت جهت استفاده از ادوات کشاورزی از مهم‌ترین انرژی‌های ورودی در این بخش هستند که کشاورزی را به صنعتی انرژی‌بر تبدیل کرده‌اند. نتایج حاصل از مطالعه انرژی مصرفی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و تحلیل‌های اقتصادی سیستم‌های تولید سورگوم نشان داد که میانگین مجموع انرژی ورودی ۳۷٦۹٥/۰٦ مگاژول در هکتار بود که از این مقدار الکتریسیته با ۱۷۰۰۱/۱۱ مگاژول انرژی بیشترین مقدار انرژی ورودی را به خود اختصاص داد. انرژی حاصل از کودهای شیمیایی و گازوئیل نیز در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. از مجموع انرژی‌های ورودی، سهم انرژی‌های مستقیم بیشتر از انرژی‌های غیرمستقیم و انرژی‌های تجدید پذیر کمتر از انرژی‌های تجدید ناپذیر بود. کارایی مصرف انرژی در این سیستم‌ها ۷/۳ بدست آمد. در این مطالعه الکتریسیته با ۲۹۸۱/۲۷ کیلوگرم گاز گلخانه‌ای معادل دی‌اکسید کربن بیشترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را نسبت به سایر نهاده‌ها داشت. نسبت سود به هزینه در این سیستم‌ها ۱/۱۹ بدست آمد. با توجه به مطالعه انجام شده راهکارهای زیر جهت بهبود کارایی مصرف انرژی در سیستم‌های مورد بررسی می‌تواند مفید باشد.

- بهینه‌سازی مصرف انواع نهاده‌های بکار رفته در سیستم‌های کشت از طریق انتخاب صحیح نوع، مقدار، روش و زمان مصرف نهاده‌هایی مانند کودها و سموم

شیمیایی که این امر موجب افزایش کارایی این نهاده‌ها می‌شود.

– برجای گذاردن برخی از بقایای محصول سال قبل در مزرعه برای کاهش تبخیر از سطح خاک

– نمونه گیری از خاک هر مزرعه به منظور توصیه کود مورد نیاز آن

– استفاده از روش‌های نوین آبیاری جهت صرفه جویی در منابع آب

– استفاده از انرژی باد جهت برق‌دار نمودن چاه‌های کشاورزی

منابع مورد استفاده

Asgharipoure MR, Mondani F and Riahinia Sh, 2012. Energy use efficiency and economic analysis of sugar beet production system in Iran: A case study in Khorasan Razavi province. Energy, 44: 1078-1084.

Banaeian N, Omid M and Ahmadi H, 2011. Energy and economic analysis of greenhouse strawberry production in Tehran province of Iran. Energy Conversion and Management, 52: 1020-1025.

Bazoubandi A, Barzegar AB and Bakhtiari S, 2014. Evaluation of energy efficiency in different nutritional system of maize cultivars in Neishabour. The First National Conference on Sustainable Ecosystem and Development. May 18, 2014. Arak. (In Persian).

Darvin R, Tsigas M, Lewandrowski J and Raneses A, 1995. World agriculture and climate change: Economic adaptations, Natural Resources and Environment Division. Economic Research Service, U.S. Department of Agricultural Economy.

Dyer JA and Desjardins RL, 2006. Carbon dioxide emissions associated with the manufacturing of tractors and farm machinery in Canada. Biosystem Engineering, 93: 107-118.

Esengun K, Gunduz O and Erdal G, 2007. Input–output energy analysis in dry apricot production of Turkey. Energy Conversion and Management, 48: 592-598.

Ghasemi Mobtaker H, Keyhani AR, Mohammadi A, Rafiee Sh and Akram A, 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan Province of Iran. Agriculture, Ecosystems and Environment, 137: 367-372.

Hatirli SA, Ozkan B and Fert C, 2006. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production**.** Renewable Energy, 37: 427-438**.**

Ho JA, 2011. Calculation of the carbon footprint of Ontario wheat. Guelph Publication, 4: 49-55.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007. Summary for Policy Makers. The Physical Science Basis. Camb. Univ. Press. ISBN 0-444-42753-8, 7: 165-177

Kaltsas AM, Mamolos AP, Tsatsarelis CA, Nanos GD and Kalburtji KL, 2007. Energy budget in organic and conventional olive groves. Agric. Ecosyst. Environ, 122: 243-251.

Kizilaslan H, 2009. Input–output energy analysis of cherries production in Tokat Province of Turkey. Applied Energy, 86: 1354-1358.

Kocheki A and Hosseini M, 1994. Energy efficiency in agricultural ecosystems. Ferdowsi University of Mashhad Publication. (In Persian).

Lal R, 2004. Carbon emission from farm operations. Environment International, 30: 981-990.

Liu L, Langer V, Høgh-Jensen H and Egelyng H, 2010. Life Cycle Assessment of fossil energy use and greenhouse gas emissions in Chinese pear production. Journal of Cleaner Production, 18: 1423-1430.

Mohammadi A and Omid M, 2010. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. Applied Energy, 87: 191-196.

Mohammadi A, Tabatabaeefar A, Shahin Sh, Rafiee Sh and Keyhani AR, 2008. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. Energy Conversion and Management, 49: 3566-3570.

Mohammadi H, Mousavi SN, Kafilzadeh F and Rahmati M. 2005. Productivity of factors and production inputs in sugar beet farms in Eghlid. Sugar beet, 21: 31-41. (In Persian).

Mousavi-Avval H, Rafiee Sh, Jafari A and Mohammadi A, 2011. Energy flow modeling and sensitivity analysis of inputs for canola production in Iran. Journal of Cleaner Production, 19: 1464-1470.

Nikkhah M, Emadi B, Shabanian F and Hamze Kolaknari H, 2014. Evaluation of energy sensitivity and greenhouse gas production of tea production in Guilan Province. Journal of Agroecology, 6 (3): 622-633. (In Persian).

Ozkan B, Akcaoz H and Fert C, 2004. Energy input-output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy, 29: 39-51.

Pishgar-Komleh SH, Ghahderijani M and Sefeedpari P, 2012. Energy consumption and CO2 emissions analysis of potato production based ondifferent farm size levels in Iran. Journal of Cleaner Production, 33: 183-191.

Pishgar-Komleh SH, Sefeedpari P and Rafiee S, 2011. Energy and economic analysis of rice production under different farm levels in Guilan province of Iran. Energy, 36: 5824-5831.

Pourshirazi Sh, Resam GA, Dadkhah AR and Gholami MR, 2013. Analysis of energy flow and greenhouse gas emissions in Northeastern farms of Iran. First National Conference on Engineering, Agricultural Management, Environment and Sustainable Natural Resources. March 22, 2013. Hamadan. (In Persian).

Rafiee Sh, Mousavi Avval SH and Mohammadi A, 2010. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. Energy, 35: 3301-3306.

Rajabi Hamedani S, Shabani Z and Rafiee Sh, 2011. Energy inputs and crop yield relationship in potato production in Hamadan province of Iran. Energy, 36: 2367-2371.

Royan M, Khojastehpour M, Emadi B and Ghasemi Mobtaker H, 2012. Investigation of energy inputs for peach production using sensitivity analysis in Iran. Energy Conversion and Management, 64: 441-446.

Salari Sardari F and Kiani A, 2009. Investigating the Climate Impact on the Sustainability of the Physical Environment of Zabol. Conference on Geography and Sustainable Development, Islamic Azad University, Shirvan Branch. January 19, 2009. Shirvan. (In Persian).

Samavatean N, Rafiee SH, Mobli H and Mohammadi A, 2011. An analysis of energy use and relation between energy inputs and yield, costs and income of garlic production in Iran. Renewable Energy, 36: 1808-1813

Singh G, Singh S and Singh J, 2004. Optimization of energy inputs for wheat crop in Punjab. Energy Conversation and Management 45: 453–465.

Soboti Y, 2011. The Warm Earth, Commemorating of 21st Century. Gitashnessi Publications of Tehran. (In Persian).

Taylor EB, O'Callaghan PW and Probert SD, 1993. Energy audit of an English farm. Applied Energy, 44: 315-335.

Yilmaz I, Akcaoz H and Ozkan B, 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. Renewable Energy, 30: 145-155.