نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۲، شماره ۱، بهار ۱۳۸۹، ص. ۶۲-۵۵

Journal of Agroecology
Vol. 2, No. 1, Spning 2010, p. 55-62

بررسی کارآیی انرژی زراعت زعفران (*Crocus sativus* L.) در خراسان جنوبی

عباداله مویدی شهرکی[1*]، مجید جامی الاحمدی[2] و محمد علی بهدانی[2]

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۲۸
تاریخ پذیرش:۸۹/۲/۲۲

چکیده

به منظور اجرای هر جزء از طرح های کشاورزی ابتدا باید توجیه پذیری فنی و اقتصادی آن طرح نشان داده شود. در این مطالعه جهت آشنایی با روند مصرف انرژی در مزارع و مقدار انرژی به دست آمده از زراعت زعفران (*Crocus sativus* L.) در طی یک دوره پنج ساله عمر زعفران، دو پرسشنامه یکی مربوط به سال اول کاشت زعفران و دیگری مربوط به عملیات داشت و برداشت زعفران در سال دوم تا پنجم تهیه و در هر فرم سوالاتی در مورد انرژی های ورودی مستقیم و غیر مستقیم در زراعت زعفران گنجانده شد. در طی دیدار حضوری با کشاورزان، تعداد ۷۰ نسخه پرسشنامه تکمیل گردید. نتایج به دست آمده حاکی از این امر است که بیشترین میزان انرژی مصرفی در سال اول مربوط به کود دامی با مقدار ۹۱/۱۶ درصد از کل انرژی مصرفی می باشد و در سال دوم تا سال پنجم، کود اوره با مقدار ۳۷/۶۷ درصد از کل انرژی مصرفی بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است. همچنین نسبت انرژی تولیدی به انرژی مصرفی در طی یک دوره پنج ساله بهره برداری زعفران برابر با ۰/۴۱ می باشد که با کشت یک ساله گیاهانی مثل گوجه فرنگی و کاهو در کشور آمریکا برابری می کند. اگرچه نسبت انرژی تولیدی به مصرفی در زراعت زعفران پایین است ولی این تحقیق نشان داد که زعفران گیاهی است که تقریباً به صورت اکولوژیک کشت می شود و به دلیل کارایی اقتصادی بالاتر نسبت به دیگر گیاهان در الگوی کشت منطقه دارد و همچنین اشتغال بسیار بالای روستاییان منطقه، می تواند نقش بسیار مهمی در اقتصاد و معیشت روستاییان داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: کورم، گیاهان دارویی، نهاده‌های کشاورزی

مقدمه

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. از خانواده زنبق می‌باشد و در منطقه آب وهوایی مدیترانه و غرب آسیا از عرض جغرافیایی ۳۰ تا ۵۰ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۱۰ درجه غربی تا ۸۰ درجه شرقی، در مناطق بسیار کم باران ایران که دارای زمستان سرد و تابستان گرم هستند گسترش دارد. زعفران به عنوان گرانترین محصول کشاورزی و دارویی جهان جایگاه ویژه ای در بین محصولات صنعتی و صادراتی ایران دارد. در حال حاضر ایران بزرگ ترین تولید کننده و صادر کننده زعفران در جهان است و بیش از ۹۵ درصد تولید جهانی این محصول گرانبها به ایران اختصاص دارد (Kafi et al., 2002).

در ایران اهمیت زعفران کاری از جنبه های گوناگون نظیر بهره وری بالای آب در مقایسه با سایر محصولات کشاورزی، اشتغال روستاییان و جلوگیری از مهاجرت آنها، درآمدزایی آن نسبت به سایر محصولات کشاورزی، همچنین از لحاظ توسعه صادرات غیر نفتی- با توجه به سیاست دولت مبنی بر افزایش صادرات غیر نفتی - قابل بررسی است (Sabzevari, 1995). این امر می طلبد تا تحقیقات بیشتری در مورد سامانه‌های تولیدگیاه زعفران صورت گیرد.

هدف از مطالعه روند انرژی ورودی و خروجی به نظام های زراعی درجهت بهینه سازی مصرف انرژی، کاهش هزینه های عملکرد و تولید از طریق کاهش هزینه‌های مصرف انرژی است. بنابر اصول جدید کشاورزی، مبانی قدیم که بر نحوه مصرف انرژی توجه نداشته و تنها هدف مدیر مزرعه افزایش مطلق تولید بود منسوخ شده و مقدار تولید برپایه راندمان انرژی سنجیده می‌شود. استفاده مؤثر از انرژی در بخش کشاورزی نقش اساسی در پایداری تولید، بهینه سازی اقتصادی نظام، حفظ ذخایر سوخت های فسیلی و کاهش آلودگی هوا دارد (Rahimizadeh et al., 2007). همچنین توسعه پایدار مستلزم بهره برداری از منابع طبیعی کره زمین و احترام معقول به ساز وکارهای طبیعی و به طور کلی طبیعت به عنوان آیه الهی است. در نتیجه در این بهره برداری باید توان طبیعت یا توان زیست محیطی به گونه ای

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی و استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: E-mail: mebadollah @yahoo.com)

مورد توجه قرار گیرد که نظم طبیعی محیط زیست را دگرگون نسازد و به تخریب برگشت ناپذیر و آلوده کننده و آلاینده محیط نیانجامد. در توسعه پایدار این نگرش حاکم است که از منابع باید به گونه ای استفاده کرد که نه تنها نیاز نسل فعلی را برآورده سازد، بلکه امکان تامین نیازهای نسل آینده را نیز فراهم آورد (Rezadoust, 2001). با افزایش روز افزون جمعیت جهان و محدویت انرژی، در آینده دسترسی به انرژی به مقدار کافی از بسیاری جهات مشکل تر خواهد بود (Rahimizadeh et al., 2007) و همچنین پیش بینی می شود که در کشورهای جهان سوم به علت جوان بودن جمعیت ، پتانسیل بیشتری برای رشد جمعیت در طی سالهای آینده وجود داشته، و ورود این نسل های جدید به بازار اقتصاد کشورهای در حال توسعه موجب افزایش انفجار آمیز تقاضای کالا، خدمات و انرژی می‌گردد. با افزایش جمعیت جهان، ضمن نیاز به افزایش غذای کافی و با کیفیت مطلوب، برای ایجاد امنیت غذایی در سطح جهانی، لازم است همزمان توجه کافی به حفظ تنوع زیستی و محیط زیست گردد (Rahimizadeh et al., 2007).

تجزیه و تحلیل انرژی در کشاورزی نقش قابل توجهی در توسعه دیدگاه انسان نسبت به بوم نظام‌های زراعی داشته و لذا موجب ارتقاء کیفی تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها در مدیریت و توسعه بخش کشاورزی می شود (Rathke & Diepenbrock, 2006). اگرچه تجزیه و تحلیل انرژی نمی‌تواند درک کاملی از یک بوم نظام کشاورزی ارایه نماید، ولی با توسعه دیدگاه انسان نسبت به بوم نظام‌های زراعی می تواند در بهبود کیفی تصمیم گیری‌ها و برنامه ریزی های توسعه مؤثر باشد (Rahimizadeh et al., 2007).

علاوه بر روابط پیچیده بیولوژیکی و تکنولوژیکی، تغییرات در بخش کشاورزی شدیداً تحت تاثیر شرایط سیاسی، اقتصادی و اجتماعی هر منطقه قرار دارد، لذا در نظر گرفتن ترکیبی از این عوامل برای تجزیه و تحلیل انرژی ضروری به نظر می رسد. نظام های زراعی متداول که کاملا متکی به مصرف انرژی به شکل نهاده‌های مختلف هستند، از جنبه های فن آوری، اقتصادی- اجتماعی و زیست محیطی آسیب‌پذیر می باشند و به همین دلیل در اواخر قرن بیستم دیدگاههای جدیدی در این رابطه مطرح شده‌اند که این دیدگاهها در قالب افزایش کارآیی مصرف نهاده‌ها، حفاظت از محیط زیست و منابع طبیعی، اقتصاد اکولوژیک و نهایتاً تامین غذا و امنیت غذایی، مطرح می باشند و در این راستا نظام هایی تحت عناوین مختلف از جمله کشاورزی پایدار، کشاورزی اکولوژیک، کشاورزی کم نهاده، کشاورزی ارگانیک و کشاورزی تجدید شونده تعریف شده‌اند (Koocheki, 1994).

تمام روش‌هایی که انسان برای افزایش کارایی تثبیت انرژی به کار می گیرد، با استفاده از انرژی‌های کمکی یا به اصطلاح یارانه انرژی است. مراجعه به آمار و ارقام موجود نشانگر این مطلب است که قدرت تولید یک کشاورز در کشورهای پیشرفته بطور متوسط چهل برابر قدرت تولید یک کشاورز در کشورهای توسعه نیافته است و این بجز در سایه مصرف بسیار زیاد انرژی میسر نیست. انرژی مصرفی به طور مستقیم در عملیات کاشت، داشت، برداشت و بطور غیر مستقیم در تولید نهاده‌هایی از قبیل آفت‌کشها، کودهای شیمیایی و ماشین آلات، ذخیره سازی و خشک کردن محصولات و سایر نهاده‌هایی که در ارتباط با تولید محصول می باشند، مورد استفاده قرار می گیرند.

مصرف مستقیم انرژی در مزرعه

انرژی مستقیم غالبا امروزه به صورت فرآورده های سوخت های فسیلی (گازوئیلی، بنزینی و گاز) و یا برق جهت استفاده در ماشین آلات کشاورزی به کار گرفته شده در امر کاشت، داشت و برداشت، حمل و نقل داخل مزرعه، نظام های آبیاری، خشک کردن محصول و غیره به مصرف می رسد. در نظام‌های زراعی غیر مکانیزه (غیر فشرده) همانند زراعت زعفران در استان خراسان جنوبی شکلهای متفاوت انرژی فسیلی و نیروی کار انسانی و حیوانی بیشترین سهم را در انرژی مستقیم ورودی به نظام شامل می شوند. در مزارع بزرگ و مکانیزه چغندر قند در کشور مراکش، برای تولید هر تن ریشه چغندر ۷۳۰ درصد انرژی الکتریکی، ۳۰۰ درصد ماشین آلات و ۴۰ درصد سوخت بیشتر نسبت به مزارع کوچک به مصرف می‌رسد که بیشترین انرژی مصرفی در مزارع بزرگ و مکانیزه صرف نظام‌های آبیاری تحت فشار می گردد (Marini et al., 2002).

مصرف غیر مستقیم انرژی در مزرعه

با مصرف انواع نهاده‌های کشاورزی در مزرعه، انرژی به صورت غیرمستقیم به نظام های زراعی تزریق می گردد. مانند انواع کودهای شیمیایی، سموم دفع آفات، بذور اصلاح شده، ماشین آلات و ادوات کشاورزی، نظام های آبیاری و غیره.

بر اساس تجزیه و تحلیل انرژی در انواع بوم نظام های زراعی بیشترین انرژی غیر مستقیم در مزارع در درجه اول مربوط به کود نیتروژنه (۲۰ تا ۳۰ درصد از کل انرژی) و درجه دوم ماشین آلات به کار گرفته شده (۶ تا ۱۲ درصد از کل انرژی ورودی) می باشد (Marini et al., 2002; Pimental & Burgess, 1980).

بدون تردید در تمامی بوم نظام‌های زراعی اکولوژیک، کاهش وابستگی نظام‌ها به نهاده ها و مصرف انرژی و افزایش کارآیی انرژی از اهداف اساسی به شمار می آید. بررسی کارآیی انرژی، یعنی مقایسه انرژی نهاده های مصرفی و انرژی دریافتی از نظام، همواره مورد توجه متخصصان بخش کشاورزی بوده است، ولی به دلیل پرداخت یارانه

های انرژی در کشور و عدم واقعی بودن هزینه انرژی پرداختی از سوی کشاورز، تا کنون زیاد مورد توجه قرار نگرفته است. به نظر می-رسد که با توجه به جهانی شدن تجارت از یکسو و گسترش آلودگی-های محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه نهاده‌های یارانه‌ای ارزان قیمت، ضروری است طرح هایی در جهت حذف یا هدفمند کردن یارانه ها صورت گیرد. بدیهی است این مساله منجر به افزایش قیمت نهاده های انرژی و بنابراین بالا رفتن قیمت تمام شده محصولات کشاورزی و به احتمال زیاد فشار روزافزون بر این بخش می شود و ضروری است که در این زمینه تحقیق بیشتری انجام شود. در همین راستا، این تحقیق به منظور ارزیابی کارآیی انرژی در زراعت زعفران استان خراسان جنوبی به عنوان نمونه‌ای از نظام‌های کشاورزی کم نهاده صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

عملیات زراعی در زعفران شامل شخم، دیسک، تسطیح، کود پاشی (کودهای حیوانی و شیمیایی) و کشت، کنترل علفهای هرز، آبیاری، حمل و نقل و برداشت در سال اول و عملیاتی همچون کودپاشی، کنترل علفهای هرز، آبیاری و برداشت، پاک کردن گلها و حمل و نقل در سال های دوم تا پنجم می باشد که در هر مورد محاسبات انرژی مصرفی انجام شده و نهایتاً انرژی تولیدی و مصرفی با هم مقایسه شده است. انرژی مصرفی به دو بخش انرژی مصرفی مستقیم و غیر مستقیم تقسیم بندی شد. در بخش انرژی مصرفی مستقیم، انرژی نیروی انسانی و انرژی مورد نیاز برای آبیاری در نظر گرفته شده است و در بخش انرژی مصرفی غیر مستقیم، انرژی مورد نیاز برای تهیه پیاز، کودهای شیمیایی(کود ازته و فسفاته) لحاظ شده است. بدین جهت دو پرسشنامه یکی مربوط به سال اول کاشت زعفران و دیگری مربوط به عملیات داشت و برداشت زعفران در سال دوم تا پنجم تهیه و در هر فرم سوالاتی در مورد انرژی های ورودی مستقیم و غیر مستقیم در زراعت زعفران طرح گردید. این پرسشنامه‌ها بخش هایی را از جمله عملیات شخم، دیسک، لولر، ایجاد نهر، کورم های مصرفی، کودهای شیمیایی و دامی مورد مصرف، عملیات وجین و سموم شیمیایی، عملیات آبیاری، کودپاشی و برداشت برای سال اول و بخشهایی همچون کودهای مصرفی، عملیات وجین و سم پاشی، آبیاری، کود پاشی و برداشت برای سال دوم تا پنجم لحاظ شد. با سفر به سه شهرستان (بیرجند، قائن و درمیان) از شهرهای استان خراسان جنوبی و بازدید از مزارع روستاییان به صورت حضوری، تعداد ۷۰ نسخه از این پرسشنامه‌ها جهت انجام این تحقیق تکمیل گردید. اطلاعات به دست آمده حاکی از آن بود که بیش از ۹۸٪ کشت و کار زعفران در استان خراسان جنوبی به صورت کاملا دستی و سنتی انجام می شود، لذا در این برآورد، جهت عملیات آماده سازی زمین و کشت زعفران تنها نیروی انسانی و حیوانی لحاظ شده است. شایان ذکر است که سطح زیر کشت زعفران در مناطق مختلف خراسان جنوبی به صورت قطعات بسیار کوچک می باشد که حداکثر به چند صد متر می رسد و کشاورزان این قطعات را بر حسب مقیاس محلی به نام "من" در نظر می گیرند. با توجه به این که این واحد در بخش های مختلف این استان متفاوت است و میانگین سطح زیر کاشت زعفران حدود ۵ من (۶۰۰ متر مربع) برای هر کشاورز بود، بنابراین در هر منطقه با توجه به اندازه متراژ، هر من به واحد هکتار تبدیل و محاسبات مورد نیاز انجام گرفته است.

محصول مزارع زعفران در طی دوره عمر مزرعه کلاله زعفران به عنوان محصول اقتصادی و برگ های گیاه می‌باشد، و در پایان دوره بهره برداری کورم‌های دختری تولیدی در طی دوره عمر مزرعه نیز به آن اضافه می‌شوند. برای به دست آوردن میزان انرژی خروجی از زراعت زعفران، ابتدا بخش های مختلف گیاه زعفران بر حسب درصد تشکیل دهنده گیاه مشخص شد. جهت تعیین انرژی کورم ها که بخش اعظم گیاه زعفران را تشکیل می دهند، میزان یک کیلوگرم کورم به طور تصادفی انتخاب شد. سپس کورم‌ها در داخل آون ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۹۶ ساعت قرار داده شدند تا رطوبت آنها به کمتر از ۲۰ درصد برسد. بعد از این مرحله، کورم های خشک شده با آسیاب برقی نرم شده و مقدار یک گرم از آن در داخل بمب کالریمتری قرار داده شد و میزان انرژی آن به دست آمد. برای به دست آوردن میزان کل انرژی کورم های برداشتی در سال آخر، وزن کورم های تولیدی بر حسب ماده خشک محاسبه و میزان کالری حاصله از آن به دست آمد. برای به دست آوردن میزان انرژی گل ها و کلاله زعفران نیز مقدار یک گرم ماده خشک هر بخش به طور جداگانه در داخل بمب کالریمتری قرار داده شد و انرژی به دست آمده بر حسب میزان گل تازه برداشت شده در هکتار و تبدیل آن به ماده خشک محاسبه گردید. هر هکتار زعفران در سال به طور متوسط مقدار ۱۲۰۰ کیلوگرم ماده خشک برگ و ساقه تولید می کند (Kafi et al., 2002). بر همین اساس میزان انرژی این بخش نیز تعیین شد. در پایان کل میزان انرژی ورودی و خروجی محاسبه و کارآیی آن به دست آمد.

نتایج و بحث

نهاده های مورد استفاده در زراعت زعفران در استان خراسان جنوبی شامل نیروی انسانی (شامل کلیه عملیاتی که برای تهیه زمین، کاشت، داشت و برداشت توسط نیروی انسانی انجام می شود)، کود دامی، کودهای شیمیایی، آب وکورم مصرفی می باشد. به منظور محاسبه کارآیی انرژی، داده های مربوط، با استفاده از ارزش انرژی معادل هر نهاده و ستانده در جداول مربوطه ذیل آمده است. کلیه

عملیات شخم زمین، نرم و هموار کردن خاک، حمل و پخش کودهای شیمیایی و حیوانی، حمل و کاشت پیازها، ایجاد جوی و نهر جهت آبیاری مزارع، عملیات مربوط به آبیاری، برداشت گل و کلاله ها و همچنین برداشت کورم در سال آخر با نیروی انسانی انجام می شود که در هر ساعت میزان ۴۶۵ کیلوکالری انرژی مصرف می شود (Koocheki, 1994).

کودها و سموم شیمیایی از مهمترین نهاده های کشاورزی می باشند که اثر زیادی بر روی عملکرد دارند و اغلب شامل کود های نیتروژن و فسفره می باشند. به همین دلیل در این مطالعه به منظور محاسبه انرژی کود شیمیایی (انرژی لازم برای تولید)، میانگین مصرف این دو نوع کود در منطقه لحاظ گردید.

جدول۱- نوع عملیات انجام شده جهت تهیه زمین و کاشت کورم های زعفران و زمان صرف شده جهت انجام این عملیات در زراعت زعفران در سال اول

Table 1-Type of field operations for cultivation and planting saffron corms and used times for this implement in saffron fields in the first year

عملیات Operation	h.ha^{-1}	تکرار Rep.	h.ha^{-1}
خاک ورزی و کولتیواسیون Tillage and cultivation	1120	1	1120
ایجاد شیار Create gutter	40	1	40
کاشت زعفران Saffron planting	1120	1	1120
حمل و نقل Transportation	16	1	16
مخارج حمل کود دامی Animal manure portage	160	1	160
کوددهی (شیمیایی و دامی) Fertilizing (chemical and animal manure)	330	1	330
کل Total			2786

*در اکثر مزارع بیرجند به دلیل کوچک بودن سطح، تمام عملیات با نیروی انسانی انجام می شود.

*In Birjand region, almost all practices in saffron fields entirely have been done with manpower, due to small field area.

جدول ۲- نهاده های مصرف شده در سال اول مزرعه زعفران

Table 2-Consumed inputs during the first year in saffron fields

نوع نهاده Type of inputs	میزان مصرف (کیلوگرم در هکتار) Consumption (kg.ha^{-1})
کورم‌های مصرفی Consumed corms	3000
اوره Urea	100
فسفات آمونیوم Ammonium phosphate	100
کود دامی Animal manure	32000
آب آبیاری مصرف شده Consumed irrigation water	3000 (m^3)*

* به علت این که کشاورزان از آب قنات برای آبیاری استفاده می کنند و میزان دبی آب مشخص نبود، لذا میزان آب آبیاری جهت زراعت زعفران در یک سال معادل ۳۰۰۰ متر مکعب در نظر گرفته شد (Mahdavi, 1999).

*Because farmers are mainly using Qanat water for saffron irrigation, with unspecified discharge, in this region, thus annual applied water for saffron cultivation was considered equal to 3000 m^3 (Mahdavi, 1999).

جدول ۳- ساعات کار نیروی انسانی جهت عملیات داشت (سال اول)

Table 3- The required manpower's time for crop management operations (the first year)

نوع عملیات مزرعه Type of field operations	افراد persons	h.day^{-1}	کل Total
وجین علف هرز Weeding	70	8	560
آبیاری Irrigation (8 times)	80	8	64
کل Total			624

جدول ٤- مقدار انرژی مصرف شده به طور مستقیم در یک هکتار زعفران در سال اول

Table 4- The direct energy used in one hectare area of saffron fields in the first year

نیروی مصرفی Consumed force*	کل ساعت در هر هکتار Total hours per hectare	انرژی مصرفی Used energy (Kcal)
نیروی انسانی manpower	3410	1585650
آبیاری Irrigation	64(3000 m^3)	1234620§
کل Total		2820270

* مجموع عملیات تهیه زمین، کاشت و داشت

§ انرژی هر متر مکعب آب برابر با ۵۴/ ۴۱۱ کیلوکالری محاسبه شده است (Koocheki, 1994).

* Total field operations, including tillage, planting and crop management

§ Energy content of each cube meter of water is considered equal to 411.54 kcal (Koocheki, 1994).

جدول ٥- مقدار انرژی مصرف شده به طور غیر مستقیم در یک هکتار زعفران در سال اول

Table 5- The indirect energy used in one hectare area of saffron fields in the first year

نوع نهاده Type of inputs	میزان مصرفی (کیلوگرم) Consumption amount (kg)	انرژی در هر کیلوگرم (کیلوکالری) Energy per kilogram (Kcal)	کل (کیلوکالری) Total (Kcal)
کورم مصرفی Consumed corm§	3000 (1264 kg dry matter)	3546.26	4482472.64
اوره Urea	100	14700	1470000
فسفات آمونیوم Ammonium phosphate	100	3000	300000
کو دامی Animal manure	32000 (28000 kg dry matter)	3343.84	93627520
کل Total			99879992.6

§ میزان ماده خشک کورم مصرفی بر اساس اندازه‌گیری های انجام شده حدود ۴۲ درصد بود.

* انرژی تمامی نهاده‌های مصرفی، به غیر از کورم مصرفی که بر اساس ماده خشک و قرار دادن در بمب کالریمتری به دست آمده است، بر مبنای کوچکی و حسینی (Koocheki & Hosseini, 1994). محاسبه شده است.

§Th Measured dry matter content of used corms was about 42%.

* Energy content of all inputs, except used corms which its energy was calculated with Bobm Calorimeter, was calculated based on Koocheki & Hosseini (1994)

محاسبه انرژی تولیدی

بر اساس اطلاعات به دست آمده از پرسشنامه های تکمیل شده بر مبنای اظهارات کشاورزان و منابع موجود (Kafi et al., 2002)، عملکرد زعفران در طول دوره ۵ ساله عمر زعفران به طور متوسط ۲۰ کیلوگرم کلاله قابل فروش و مقدار پیاز برداشتی در انتهای دوره بهره برداری از مزرعه در حدود ۱۵ تن می باشد. درصد بخش های

مختلف گیاه زعفران در جدول ۹ آمده است. همچنین بر اساس بررسی های انجام گرفته، از هر هکتار زعفران در سال، حدود ۱/۲ تن برگ خشک زعفران برداشت می شود (Kafi et al., 2002).

در این بررسی علاوه بر کارآیی انرژی، شاخص شدت انرژی نیز به شرح زیر محاسبه شد.

۱۱۸۳۱/۵۹کیلوکالری در متر مربع = ۱۰۰۰۰÷ ۱۱۸۳۱۵۹۸۲/۶۴= ۱۰۰۰۰ ÷ انرژی مصرفی در هکتار= شدت انرژی مصرفی

جدول ٦- نوع انرژی مصرف شده و درصد هر انرژی در زراعت زعفران (سال اول)

Table 6- Type of used energy and their proportion of total applied energy in saffron fields (the first year).

نوع عملیات مزرعه Type of field operations	انرژی مصرفی Used energy (Kcal)	درصد از کل Percent of total
نیروی انسانی Manpower	1585650	1.54
آبیاری Irrigation	1234620	1.20
کورم مصرفی Consumed corm	4482472.64	4.37
اوره Urea	1470000	1.44
فسفات آمونیوم Ammonium phosphate	300000	0.29
کود دامی Animal manure	93627520	91.16
کل Total	102700262.64	100

۱۰۲۷۰۰۲۶۲/۶۴کیلوکالری در هکتار = مجموع انرژی غیر مستقیم + مجموع انرژی مستقیم = کل انرژی مصرف شده در زراعت زعفران در سال اول

Total energy used= Direct and indirect energies= 102700262.64 (Kcalha^{-1})in saffron during year 1.

با توجه به این که معمولا در سال اول مقدار گل زعفران بسیار کم است، عملا برداشت قابل توجهی انجام نمی شود و به همین دلیل میزان انرژی این بخش محاسبه نشده است ولی میزان ساقه و برگ آن در حدود ۱۲۰۰ کیلوگرم ماده خشک برآورد شده که میزان انرژی آن ۴۹۸۵۴۷۲ کیلوکالری می باشد.

جدول۷- نوع عملیات انجام شده جهت داشت و برداشت زعفران، زمان صرف شده جهت انجام این عملیات و میزان انرژی مصرفی در زراعت زعفران (مجموع سال دوم تا سال پنجم)

Table 7- Type of operations for crop management and saffron harvest, used times for performing these operations, and consumed energy amount in saffron fields (total of 2 to 5 years)

نوع عملیات مزرعه Type of field operations	تکرار در سال Repeat/year	میانگین (ساعت در هکتار) Average (h.ha^{-1})	زمان کل در هکتار برای چهار سال Total times per ha for 4 years	کل انرژی مصرفی (کیلو کالری) Total used energy (Kcal)
کاربرد کود شیمیایی Applying Chemical fertilizers	1	10	40	18600
وجین علف هرز weeding	1	560	2240	1254400
آبیاری irrigation	8	64	256	119040
برداشت گل Flower harvesting	1 (a 15 days period)	400	1600	744000
جدا کردن کلاله Stigma cleave	1	900	3600	1674000
کل Total				3810040

جدول۸- نوع انرژی مصرف شده و درصد هر انرژی در زراعت زعفران (مجموع سال دوم تا سال پنجم)

Table 8- Type of used energy and their proportion of total applied energy in saffron fields (total of 2 to 5 years).

نوع عملیات مزرعه Type of field operations	میزان مصرف Consumption amount	انرژی مورد استفاده Used energy (kcal)	درصد از کل Percent of total
نیروی انسانی Manpower	7736 h	3597240	23.03
آبیاری Irrigation	12000 m^3	4938480	31.62
کود اوره Urea	400 kg	5880000	37.67
فسفات آمونیوم Ammonium phosphate	400 kg	1200000	7.68
کل Total*		15615720	100

*انرژی ورودی در سال دوم تا پنجم + انرژی ورودی در سال اول = مجموع انرژی ورودی

*Input energy= input energy in the first year 1+input energy during the cecond year to fifth year 2 to 5

۱۱۸۳۱۵۹۸۲/۶۴کیلوکالری = ۱۵۶۱۵۷۲۰+ ۱۰۲۷۰۰۲۶۲/۶۴= مجموع انرژی ورودی

Input energy=102700262.64+15615720=118315982.64 kcal

جدول ۹- میزان انرژی خروجی زراعت زعفران از بخش های مختلف گیاه در طول ۵ سال بر اساس ماده خشک

Table 9- Content output energy of saffron field by different portions plant on 5 years according to dry matter

اندامهای گیاه Plant organs	وزن خشک اندامهای گیاه Dry matter of plant organs	درصد از کل Percent of total	انرژی ماده حشک (کیلوکالری در هر کیلوگرم) Energy of dry matter ($Kcal.kg^{-1}$)	انرژی کل (کیلوکالری) Total energy (Kcal)
کورم Corm	6322	47.93	3564.26	22533277.64
برگ Leaf	6000	47.39	4151.56	24927360
گل Flower	320	2.53	3853.63	1233161.6
کلاله Stigma	20	0.15	4713.89	94277.8
کل total	12662	100		48788077.04

انرژی مصرفی÷ انرژی تولیدی = نسبت انرژی تولیدی به مصرفی

Output energy/input energy rate

۴۸۷۸۸۰۷۷/۰۴ ÷ ۱۱۸۳۱۵۹۸۲/۶۴ =۰/۴۱

48788077.04/118315982.64=0.41

۴۸۷۸/۸۰ کیلوکالری در متر مربع = ۱۰۰۰۰ ÷ ۴۸۷۸۸۰۷۷/۰۴ = ۱۰۰۰۰ ÷ انرژی تولیدی در هکتار= شدت انرژی تولیدی

۰/۴۱= ۱۱۸۳۱/۵۹ ÷۴۸۷۸/۸۰ = شدت انرژی مصرفی ÷ شدت انرژی تولیدی= شدت انرژی جاری مزرعه

همان طور که مشخص است میزان انرژی خروجی از یک هکتار زعفران در یک دوره ۵ ساله عمر زعفران برابر با ۴۸۷۸۸۰۷۷/۰۴ کیلوکالری می باشد که این میزان بر اساس درصد هر کدام از مواد و عملکرد بخش های مختلف گیاه زعفران به دست آمده است و در آن بیشترین سهم انرژی مصرفی مربوط به کود دامی (جدول ۵) و بیشترین انرژی تولیدی مربوط به برگهای گیاه زعفران (جدول ۹) می‌باشد. بنابراین میانگین کارآیی انرژی در یک دوره پنج ساله بهره برداری از زراعت زعفران و با در نظر گرفتن تمام بخش های گیاه معادل ۰/۴۱ می باشد. اگر تنها بخش مهم زعفران از نظر اقتصادی، یعنی کلاله در نظر گرفته شود، این کارآیی تنها ۰/۰۰۰۸ خواهد بود و در مورد کل تولید اقتصادی و قابل فروش (کلاله و کورم)، کارآیی ۱۹٪ می باشد (با این فرض که تمامی کورم تولیدی به فروش رسانده می‌شود، گرچه در عمل بخش قابل توجهی از آن برای کاشت مجدد توسط خود کشاورز استفاده می‌شود).

نسبت کلی انرژی تولیدی به مصرفی مزرعه زعفران در یک دوره پنج ساله (۰/۴۱) با گیاهانی همچون سیب (۰/۵۳)، پرتقال (۰/۳۷)، گوجه فرنگی (۰/۶) و اسفناج (۰/۲۳) در کشور آمریکا، قابل مقایسه

است (Koocheci & Hosseini, 1994). با این تفاوت که بخش عمده ای از انرژی ورودی به این مزارع در آمریکا اصولاً به سوخت-های فسیلی و ماشین آلات وابسته است ولی در زراعت زعفران ایران متعلق به کودهای حیوانی می باشد که این امر با کشاورزی پایدار هم سو می باشد. بدیهی است استفاده از ماشین آلات در تولید زعفران به دلیل استفاده از انرژی متراکم سوخت فسیلی سبب افت شدید کارایی انرژی تولید خواهد شد. چون زعفران خاص کشور ایران است و در مناطق دیگر دنیا به مقدار کم کشت می شود و هنوز هیچ مطالعه ای در رابطه با کارایی انرژی در زراعت زعفران انجام نگرفته است، بنابراین نمی توان مقایسه‌ای در این رابطه انجام داد. ولی با توجه به اینکه در مناطق مختلف خراسان، زعفران به روش های مختلف کشت وکار می شود، در آینده باید تحقیقات بیشتری در زمینه مقایسه نظام های مختلف تولیدی زعفران صورت گیرد.

راندمان انرژی به دست آمده در عمل بسیار پایین است، به ویژه زمانی که تنها بخش اقتصادی قابل فروش زعفران مدنظر قرار گیرد. این مساله عمدتا به دلیل استفاده زیاد از کود دامی در سال اول است که میزان ۹۱/۱۶ درصد از کل انرژی ورودی در سال اول را به خود اختصاص داده است و پس از آن، کورم مصرفی، ۴/۳۷ درصد از کل انرژی را شامل می شود. در سال های دوم تاپنجم بیشترین انرژی مصرفی متعلق به کود اوره با ۳۷/۶۷ درصد است. کارآیی پایین در زراعت زعفران تنها به دلیل بالا بودن انرژی مصرفی نیست، بلکه تا حدی به پایین بودن انرژی تولیدی هم بر می گردد.

نتیجه‌گیری

اگرچه در ظاهر، در نظام هایی که انرژی بیشتری صرف تولید محصول می شود، تولید هر واحد از محصول با صرف هزینه بیشتری صورت می گیرد، ولی به دلیل کارآیی بالای اقتصادی این محصول نسبت به سایر گیاهان در الگوی کشت منطقه، ارزش زیاد زعفران تولیدی، قیمت بالای آن و همچنین اشتغال درصد زیادی از روستاییان، توسعه کشت آن توجیه پذیر می باشد، به ویژه که این گیاه وابستگی کمتری به انرژی سوخت‌های فسیلی داشته و همسویی بهتری با محیط زیست دارد. گرچه وضعیت انرژی و قیمت آن در جهان نامشخص است، اما درکشور ما به ویژه در استان خراسان جنوبی که نیروی کارگری در روستاهای این استان که کاملا متکی به کشاورزی می باشند، فراوان و از سویی دیگر نرخ بیکاری هم بالا است، توسعه کشت این گیاه منجر به کاهش اتکاء به نظام‌های تولیدی پرنهاده و نهاده‌های خارجی و نیز اشتغالزایی فراوان خواهد شد. از سوی دیگر از آن جا که کشت زعفران در این منطقه نزدیکی زیادی با مبانی کشاورزی ارگانیک دارد و می توان به این نظام کشاورزی به عنوان راهی به سوی پایداری کشت بوم‌ها و حفظ تنوع زیستی نگریست، استفاده از کودهای حیوانی و نیروی کارگری شیوه صحیح و درستی در جهت افزایش پایداری نظام های تولیدی خواهد بود، به ویژه که این گیاه سبب افزایش درآمد اقتصادی کشاورز به عنوان یکی از اصول اولیه پایداری می‌شود.

منابع

1- Kafi, M., Hemmatikakhaki, A., and Karbasi, A.R. 2002. History, Economic importance, cultivated area, production and saffron usages, in: Kafi, M. (Eds), Saffron (*Crocus sativus* L.) Production and Processing. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. pp. 21-38 (In Persian).

2- Koocheki, A.R. 1994. Sustainable aspects of traditional land management in Iran, Proceedings of International Conference on Land and Water Resources Management in the Mediterranean Region. Italy, 4-8 September 1994: pp. 559-572.

3- Koocheki, A.R., and Hosseini, M. 1994. Energy efficiency on Agroecosystem. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. 317p. (In Persian)

4- Mahdavi, M. 1999. Plant coefficient and saffron evartanspiration on standard condition. MSc. Thesis. Fac. Agric. Ferdowsi Univ of Mashhad, Iran. (In Parsian)

5- Marini, M., Senhaji, F., and Pimentel, D. 2002. Energy analysis of sugar beet production under traditional and intensive farming systems and impact on sustainable agriculture in Morocco. Journal of Sustainable Agriculture 20: 5 – 27.

6- Pimentel, D., and Burgess M. 1980. Energy inputs in Corn production. In: Fluck, R. C. (Eds), Handbook of energy utilization in agriculture. CRC. Press. Inc, pp. 67 - 84.

7- Rahimizadeh, M., Madani, H., Rezadoust, S., Mehraban, A., and Marjani, A. 2007. Analysis of energy in agroecosystems and methods of increasing energy efficiency. In: The 6th National Energy Congress. 12-13 June, 2007. from http://Iranenergy.org.ir/sixth/new3/final_schedule.pdf

8- 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.

9- Rezadoust, S. 2001. Energy efficiency in agroecosystems. In: The 3th National Energy Congress, Iran. pp. 457 - 466.

10- Sabzevari, M. 1995. Saffron: the red gold of desert. Bank Keshavarzi Public, No. 46.