Archive of SID

نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی
جلد ۸/ شماره ۱/ بهار و تابستان ۱۳۹۸ (۷۷-۸۷)

بررسی کارایی انرژی مصرفی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید گلرنگ

عبداله ایمان‌مهر[1*]

چکیده

این تحقیق به منظور ارزیابی کارایی انرژی واحدهای تولید گلرنگ با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها در منطقه جلگه استان اصفهان در سال ۱۳۹۵ انجام شد. داده‌ها از مجموع ۳۰ مزرعه تولید گلرنگ با استفاده از پرسشنامه و مصاحبه حضوری جمع‌آوری گردید. نتایج نشان داد که میزان انرژی ورودی و خروجی به‌ترتیب ۳۰۸۴۳/۱ و ۶۷۵۸۵/۷۱ مگاژول بر هکتار است. بیشترین میزان سهم انرژی مصرفی را به‌ترتیب کودهای شیمیایی (۴۸/۱۸٪)، سوخت (۲۴/۵۵٪) و آب مصرفی (۱۲/۴۴٪) به‌خود اختصاص داده اند. میانگین کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس محصول گلرنگ به‌ترتیب ۹۴/۲۸٪، ۹۹/۹۳٪ و ۹۴/۳۳٪ به‌دست آمد. براساس مدل CCR بیشترین میزان مصرف مازاد واحدهای ناکارا به‌ترتیب مربوط به نهاده‌های کودهای شیمیایی و بخصوص کود اوره (۵۸٪)، سوخت دیزل (۱۸٪)، آب مصرفی (۱۲٪) و بذر مصرفی (۸٪) می‌باشد. سوخت‌ها با ۴۹٪ و سپس کود اوره با ۳۵٪ بیشترین سهم را در انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید گلرنگ دارند، لذا با استفاده از سیستم‌های مکانیزه مدیریت‌شده باید به کارگیری ماشین‌آلات را کنترل نمود تا مصرف سوخت کاهش یابد و مصرف کود اوره را با جایگزینی کودهای دامی به حداقل رساند تا آلودگی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی منابع آبی منطقه کاهش یابد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی زیست‌محیطی، تحلیل انرژی، تولید گلرنگ، نهاده‌های انرژی.

ارجاع: ایمان‌مهر ع. ۱۳۹۸. بررسی کارایی انرژی مصرفی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید گلرنگ. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۸(۱): ۷۷-۸۷.

۱- استادیار مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک.
* نویسنده مسئول: **a-imanmehr@araku.ac.ir**
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۰۴

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

اهمیت روزافزون منابع انرژی در شکل‌گیری و رشد فرآیندهای اقتصادی و همچنین ضرورت بهره‌برداری از این منابع برپایه ملاحظه‌های زیست‌محیطی و توسعه پایدار اقتصادی و اجتماعی، موضوع صرفه‌جویی در مصرف انرژی را به‌عنوان مسأله ای مهم در همه زیر ساخت‌های اقتصاد اعم از صنعت، خدمات و کشاورزی جهان مطرح می‌کند (Abdollahpour & Zaree, 2011).استفاده بهینه از منابع انرژی و بهبود بهره‌وری مصرف انرژی یک روش ممکن برای کاهش زیان‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف نهاده‌های انرژی در تولید مواد غذایی محسوب می‌شود که صرفه‌جویی مالی، حفظ منابع فسیلی و کاهش آلودگی هوا را به ارمغان می‌آورد (Mohammadi *et al*., 2008). تحقیقات فراوان انجام شده برای محاسبه انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها و بهینه‌سازی مصرف انرژی، نشان از اهمیت این مطلب در بخش کشاورزی با توجه به راهبرد کشاورزی پایدار و کاهش مشکلات زیست‌محیطی و اقتصادی دارد (Streimikiene *et al*., 2007). با ارزیابی میزان انرژی مصرفی در تولید کلزا و آفتابگردان در استان فارس، شیخ داوودی و همکاران به این نتیجه رسیدند که کل انرژی مصرفی در کشت‌زارهای کلزا (۳۰۸۸۹ مگاژول در هکتار)، ۱/۳۵ برابر کشتزارهای آفتابگردان بوده و کودهای شیمیایی، الکتریسیته و سوخت به‌ترتیب بیشترین سهم را داشتند (Sheikh Davoodi *et al*., 2009). کل انرژی مورد نیاز برای تولید آفتابگردان در ترکیه ۱۸۹۳۱ مگاژول در هکتار اعلام گردید که از بین نهاده‌های مصرفی کودهای شیمیایی (۵۱/۳٪) و سوخت فسیلی (۲۸/۵٪) بیشترین سهم را داشتند (Uzunoz *et al*., 2008). کل انرژی مورد نیاز برای تولید آفتابگردان در یونان ۱۰۴۹۰ مگاژول در هکتار اعلام گردید که کودهای شیمیایی بیشترین سهم را داشتند و کارایی انرژی و انرژی خالص نیز به‌ترتیب، ۴/۵ و ۳۶۸۷۰ مگاژول در هکتار محاسبه شد (Kallivrousis *et al*., 2002). برخی از محققین براساس داده‌هایی که از نهاده‌ها و ستانده‌ها در تولید ذرت علوفه‌ای در سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۵ به‌دست آمد، عامل بهره‌وری کل را با تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها مورد ارزیابی و محاسبه قرار دادند و شاخص‌های مختلفی از جمله تغییر فناوری، استفاده ناصحیح از نهاده‌ها، نرخ رشد سود و غیره را بر بهره‌وری مؤثر دانستند (Zibaei *et al*., 2008). طی پژوهشی به منظور تجزیه و تحلیل میزان انرژی مصرفی و همچنین تعیین میزان کارایی مزارع سویا در استان گلستان هم از تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شد و نتایج نشان داد که استفاده از این تکنیک می‌تواند باعث صرفه‌جویی۲۰ درصدی در میزان نهاده‌ها شود بدون اینکه میزان محصول خروجی کاهش یابد (Mosavi Avval *et al*., 2011). مدیریت انرژی تنها و نزدیک‌ترین راه برای بهره‌برداری مناسب‌تر از سوخت‌های موجود و منابع انرژی است. مدیریت مناسب انرژی علاوه‌بر فواید کوتاه‌مدت اقتصادی، مجال و زمان کافی برای انتقال به سوخت‌های دیگر را نیز فراهم می‌آورد (Kocheki, 1994). به‌طور کلی تحلیل و بررسی انرژی‌های ورودی و خروجی، تعیین‌کنندهٔ بازده انرژی یا مصرف انرژی مؤثر در طبیعت می‌باشد. مطالعاتی انجام شده است که بازده انرژی مصرفی محصولات مختلف کشاورزی اعم از سیب‌زمینی، ذرت، گندم و گل آفتابگردان را تعیین کرده اند (Unakitan *et al*., 2010).

انتشار گاز N_2O ممکن است به دلیل استفاده از کودهای آلی و کودهای غیرآلی یا واکنش تثبیت نیتروژن و یا بازگشت تفاله محصول به زمین باشد. انتشار گازهای گلخانه‌ای که حاوی دی اکسید کربن نیستند از سوزاندن محصول و بخش‌های دیگر فاضلاب کشاورزی ناشی می‌شود. 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 امکان کاهش یابد و بخش کشاورزی نیز از این موضوع مستثنی نیست. در اکثر کشورهای پیشرفته و حتی در حال توسعه، انرژی وارد شده در واحد سطح برای تولید محصولات مختلف کشاورزی را بررسی و با محاسبه شاخص کارایی انرژی سعی کرده‌اند سیستم کشاورزی خود را از نظر مصرف انرژی بهینه کنند (Nasirian *et al*., 2006). سهم بخش زراعی در انتشار این گازها ۱۰ الی ۱۲ درصد کل گازهای منتشر شده است؛ بنابراین، درک درست از میزان گازهای گلخانه‌ای تولید شده ناشی از مصرف نهاده‌های مختلف مانند سوخت مصرفی، کود و آفت‌کش‌ها آبیاری، امری ضروری محسوب می‌شود (Lal, 2004). از دیگر اثرات افزایش بازده انرژی می‌توان به کاهش هزینه‌های عملیاتی و همچنین هزینه‌های ناشی از تولید محصولات کشاورزی اشاره کرد (Meul *et al*., 2007). پیشرفت در افزایش بازده

www.SID.ir

Archive of SID

سامانه‌های کشاورزی، با بهره‌گیری از منابع انرژی کمتر در مقایسه با محصولات تولیدی، به کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای کمک می‌کند (Dalgaard *et al*., 2001).

به‌دلیل اهمیت تولید گلرنگ به‌عنوان یک محصول استراتژیک در کل کشور و استان اصفهان، و ضرورت مطالعه بر روی گازهای آلاینده، محاسبه و ارزیابی کارایی انرژی تولید آن هدف این تحقیق قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۵ در شهرستان اصفهان (منطقه جلگه) انجام گرفت. داده‌ها از طریق آمارگیری و مصاحبه حضوری به‌دست آمد. جامعه آماری این پژوهش گلرنگ‌کاران منطقه جلگه بودندو برای پیدا کردن حجم نمونه از فرمول کوکران استفاده شده است. کوکران برای محاسبه تعداد نمونه لازم (n) در روش نمونه‌گیری تصادفی معادله زیر را ارائه کرده است (Mansorfar, 1997).

$$n = \frac{Nt^2S^2}{Nd^2 + 2t^2S^2} \qquad (۱)$$

که در آن N، اندازه جامعه آماری یا تعداد زارعین (گلرنگ‌کار)، t ضریب اطمینان قابل‌قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت موردنظر از جدول T استیودنت به‌دست می‌آید، S^2 برآورد واریانس صفت مورد مطالعه در جامعه که در این تحقیق واریانس کارایی انرژی در مناطق مورد مطالعه است، d دقت احتمالی مطلوب (نصف فاصله اطمینان) و N حجم نمونه است. بدین ترتیب حجم نمونه ۲۷ نفر تخمین زده شد و جهت افزایش دقت محاسبات این رقم به ۳۰ نفر افزایش یافت. سپس مقادیر متوسط مصرف انرژی هر یک از نهاده‌های ورودی در واحد هکتار و کل انرژی خروجی محصول برداشت شده (دانه گلرنگ و کاه) استخراج گردید.

منابع مصرف انرژی عبارتند از انرژی سوخت دیزل و بنزین، انرژی آبیاری، انرژی نیروی انسانی، انرژی بذر، انرژی کود، انرژی سموم شیمیایی و انرژی ماشین‌ها و ادوات کشاورزی. برای برآورد انرژی مصرف‌شده در تولید گلرنگ، مقدار مصرفی هر یک از نهاده‌ها در معادل انرژی مخصوص مربوط به آنها ضرب می‌گردد (جدول ۱) و با اثر دادن این ضرایب، مقادیر نهاده‌ها برحسب انرژی بیان می‌شود. همچنین برای تحلیل و ارزیابی درست از سیستم تولیدی با دید انرژی، شاخص‌هایی نظیر راندمان انرژی (ER)، بهره‌وری انرژی (EP)، انرژی خالص (NEG) و انرژی ویژه (SE) لحاظ گردید که به کمک آنها می‌توان مصرف انرژی در قسمت‌های گوناگون یک سیستم را با یکدیگر مقایسه نمود و علاوه‌بر آن امکان مقایسه چند سیستم تولیدی با یکدیگر میسر می‌گردد.

جدول ۱- معادل‌های انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها درتولید گلرنگ

مشخصه	محتوای انرژی (MJ/unit)	واحد	منبع
ورودی‌ها			
نیروی انسانی	۱/۹۶	hr	Zangeneh *et al*., 2010
ماشین‌آلات	۶۲/۷	kg	Zangeneh *et al*., 2010
سوخت دیزل	۵۶/۳۱	L	Rafiee *et al*., 2010
سوخت بنزین	۴۶/۳	L	Rafiee *et al*., 2010
کود ازت	۶۶/۱۴	kg	Zangeneh *et al*., 2010
کود فسفاته	۱۲/۴۴	kg	Zangeneh *et al*., 2010
حشره‌کش	۱۰۱/۲	kg	Zangeneh *et al*., 2010
آب مصرفی	۱/۰۲	m^3	Zangeneh *et al*., 2010
بذر مصرفی	۲۵	kg	Zahedi et al., 2014
خروجی‌ها			
دانه گلرنگ	۲۵	kg	Zahedi et al., 2014
گل	۴/۲	kg	Shabani *et al*., 2012
کاه	۱۲/۵	kg	Bahrami *et al*., 2011

www.SID.ir

Archive of SID

با کمک این شاخص‌ها دلایل احتمالی مصرف بالای انرژی در قسمت و یا سیستم خاصی به راحتی کشف شده و به محقق در رفع اشکالات و مصرف صحیح انرژی یاری می‌رساند. مهم‌ترین این شاخص‌ها به قرار زیر هستند (Hatirli *et al.*, 2005):

۱- راندمان یا بازده انرژی

این شاخص از تقسیم انرژی خروجی (تولیدی) حاصل از محصول اصلی و یا محصول اصلی و فرعی بر انرژی ورودی (مصرفی) به‌دست می‌آید و عددی بدون واحد است. طبق تعریف، این شاخص نشان می‌دهد که انرژی دریافتی از مزرعه چند برابر انرژی وارد شده به آن است و اگر بالاتر از یک باشد از نظر تولید انرژی قابل توجیه است. ضمناً در این پژوهش دو انرژی ورودی خورشید و انرژی مواد موجود در خاک در نظر گرفته نشده و انرژی ورودی فقط شامل انرژی‌هایی است که به‌وسیله کشاورز به سیستم داده یا اضافه می‌شود و از معادله زیر محاسبه می‌گردد:

$$E.R = E_{out} / E_{in} \quad (۲)$$

که:

E.R نسبت بازدهی انرژی، E_{out} انرژی خروجی از سیستم (مگاژول بر هکتار) و E_{in} انرژی مصرفی در سیستم (مگاژول بر هکتار) است.

۲- انرژی خالص

انرژی خالص یا افزوده خالص انرژی بیانگر میزان اختلاف بین انرژی‌های خروجی و انرژی‌های ورودی به مزرعه است. این شاخص نشان می‌دهد که در فرآیند تولید چه مقدار انرژی به‌دست آمده و یا از دست رفته است. محاسبه شاخص افزوده انرژی با استفاده از معادله زیر انجام می‌شود:

$$NEG = E_{out} - E_{in} \quad (۳)$$

که NEG افزوده خالص انرژی (مگاژول بر هکتار)، E_{out} انرژی خروجی از سیستم (مگاژول بر هکتار) و E_{in} انرژی مصرفی در سیستم (مگاژول بر هکتار) است.

۳- بهره‌وری انرژی

یکی از شاخص‌های مهمی است که بیانگر کیفیت فرآیند تولید می‌باشد. بهره‌وری انرژی نشان می‌دهد در مقابل یک مگاژول انرژی چند کیلوگرم محصول تولید شده است. در واقع این شاخص به‌صورت یک ارزیاب، چگونگی بهره‌وری انرژی در سیستم‌های مختلف تولیدی هر محصول را نشان می‌دهد و از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$EP = Y / E_{in} \quad (۴)$$

که EP بهره‌وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول)، Y عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار) و E_{in} انرژی مصرفی در سیستم (مگاژول بر هکتار) است.

۴- انرژی ویژه

شاخص انرژی ویژه نشان می‌دهد که برای تولید یک کیلوگرم محصول چه مقدار انرژی مصرف شده است. واضح است که هرچه این شاخص کوچک‌تر باشد کارایی سیستم تولید بالاتر می‌باشد. انرژی ویژه از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$SE = E_{in} / Y \quad (۵)$$

که SE انرژی ویژه (مگاژول بر کیلو گرم)، E_{in} انرژی مصرفی در سیستم (مگاژول بر هکتار) و Y عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار) است.

همچنین انرژی مستقیم، آن قسمت از انرژی است که بدون واسطه در مزرعه مصرف می‌شود و انرژی غیرمستقیم آن است که در خارج از مزرعه صرف ساخت ماشین‌ها و نهاده‌های دیگر شده است. بطور مثال در مورد ماشین‌ها، سوخت مصرفی آنها در بخش انرژی مستقیم قرار می‌گیرد ولی خود آنها (شامل وسایل خودگردان و ادوات دنباله‌بند) با توجه به انرژی ساخت و حمل و نقل آنها که در خارج از مزرعه بوده، در بخش انرژی‌های غیرمستقیم قرار می‌گیرند. انرژی‌های مستقیم شامل سوخت، نیروی انسانی و آب آبیاری و انرژی‌های غیرمستقیم شامل ماشین‌آلات، سموم و کودهای شیمیایی، برق مصرفی و بذر می‌باشند (Hosain panahi & kafi, 2012). در ضمن، انرژی‌های تجدیدپذیر انرژی‌هایی هستند که قابل بازیافت می باشند (شامل کودهای دامی، بذور، نیروی انسانی و آب آبیاری) و در مقابل انرژی تجدیدناپذیر یا غیرقابل بازیافت قرار می‌گیرند که شامل موارد زیر هستند: سوخت، کودهای شیمیایی، سموم، الکتریسیته، و ماشین‌آلات. پس از برآورد انرژی مصرف‌شده در هر قسمت، انرژی کل مصرف‌شده و نیز انرژی تولید شده محاسبه و ارزیابی گردید.

به‌منظور ارزیابی عملکرد و اندازه‌گیری کارایی فنی واحدهای تولیدی روش‌های مختلفی وجود دارد که به دو گروه روش‌های پارامتری و غیرپارامتری تقسیم می‌شوند. در روش‌های پارامتری با استفاده از روش‌های مختلف آماری و اقتصادسنجی، تابع تولید مشخصی تخمین زده می‌شود؛ سپس با به کارگیری این تابع، نسبت به تعیین

www.SID.ir

Archive of SID

کارایی اقدام می‌گردد. گروه دوم روش‌های غیرپارامتری هستند. مهم‌ترین ویژگی روش‌های غیرپارامتری این است که نیاز به توزیع یا شکل خاص تابع ریاضی ندارند. از مهم‌ترین روش‌های غیرپارامتری، تحلیل پوششی داده‌هاست (Charnes *et al.*,1984). ماهیت تجربی و نداشتن مفروضات دست و پاگیر، علت استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها در تخمین مرز کارایی است. در این تحقیق برای تحلیل پوششی داده‌ها از نرم‌افزار DEA solver 3 استفاده شد.

اطلاعات جمع‌آوری‌شده توسط پرسش‌نامه‌ها با استفاده از روش DEA و با استفاده از نرم‌افزار DEA-Solver تجزیه و تحلیل شد. در ادامه واحدهای کارا و ناکارا مشخص گردید و سپس چگونگی کارا شدن واحدهای ناکارا توضیح داده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با مدل بازگشت به مقیاس ثابت CCR و مدل بازگشت به مقیاس متغیر BCC انجام گردید. تحلیل پوششی، کارایی را در سه تعریف متفاوت ارائه می‌دهد که شامل کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس است. کارایی فنی اساساً به‌وسیله واحدهای ارزیابی‌شده برای عملکردشان که وابسته به دیگر واحدهاست، اندازه‌گیری می‌شود. کارایی فنی خالص، کارایی فنی است که متأثر از جابجایی کارایی مقیاس می‌باشد. کارایی مقیاس از تقسیم کارایی فنی بر کارایی فنی خالص حاصل می‌شود.اگر یک واحد تولیدی از نظر مدل BCC کاملاً کارا ولی مقدار کارایی پائینی از نظر مدل CCR داشته باشد، آنگاه موضعاً کاراست ولی کارایی کل ندارد (در این حالت ناکارایی ناشی از ناکارایی مقیاس است). اما اگر در هر دو مدل کارایی کمتر از ۱۰۰٪ باشد در این حالت ناکارایی ناشی از ناکارایی مقیاس یا ناکارایی شرایط واحد تولیدی و همچنین ناکارایی مدیریتی است. بنابراین اصولاً منطقی است ناکارایی مقیاس یک واحد تولیدی به‌وسیله این دو کارایی مشخص گردد (Ghojabeige *et al*., 2009).

تعیین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای

مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از نهاده‌های تولید محصولات کشاورزی براساس ضرایب موجود در منابع معتبر محاسبه می‌شود. میزان این گازها برحسب نهاده‌های ورودی (سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها، برق و آب آبیاری) و توسط ضریب انتشار متناظر با آنها، اندازه‌گیری می‌شود. برای مثال، انرژی مصرفی برای تهیه آب آبیاری به انرژی الکتریسیته تبدیل می‌شود و برای برآورد میزان گازهای منتشرشده از آبیاری به‌عنوان یکی از نهاده‌های تولید، ضریب انتشار گازهای گلخانه‌ای مصرف برق، محاسبه می‌شود (Khoshnevisan *et al*., 2013b). میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای برای هر یک از نهاده‌ها از طریق رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$HGemissions = SIconsumption \times ECemission \quad (۶)$$

که در آن GHGemissions میزان انتشارگاز گلخانه‌ای منتشرشده برای نهاده برحسب کیلوگرم در واحد هکتار، SIconsumption مقدار هر نهاده در واحد هکتار با توجه به واحد مربوطه و ECemissions ضریب انتشار استاندارد است که در جدول ۲ نشان داده شده است (Khoshnevisan *et al*., 2013b).

جدول ۲- ضرایب استاندارد نشر گازهای گلخانه‌ای

عنوان	ضرایب استاندارد (CO_2 کیلوگرم بر واحد)	واحد	منبع
ماشین‌ها	۰/۰۷۱	MJ	Dyer & Desjardins, 2006
سوخت	۲/۶۷	L	Dyer & Desjardins, 2003
علف‌کش‌ها	۵/۱	kg	Lal, 2004
کود نیتروژن	۱/۳	kg	Lal, 2004
کود فسفاته	۰/۲	kg	Lal, 2004

نتایج و بحث

با استفاده از ضرایب تبدیل انرژی جدول ۱ و میانگین مصرف هر یک از نهاده‌ها در هکتار، میانگین انرژی و درصد انرژی مصرفی نهاده‌ها و ستانده‌های انرژی تولید گلرنگ محاسبه و در جدول ۳ ارائه شده است. براساس این جدول در میان نهاده‌ها، کود ازت با ۴۷/۶۷٪ بیشترین

www.SID.ir

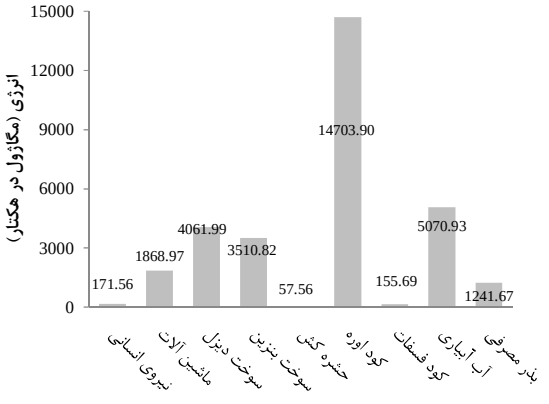
Archive of SID

مصرف انرژی و در میان ستانده‌ها، کاه گلرنگ با ۵۰/۹۳٪ بیشترین انرژی تولیدی را داراست.

جدول ۳- نهاده‌ها و ستانده‌های انرژی تولید گلرنگ

عنوان	واحد	میانگین مصرف در هکتار	میانگین انرژی معادل ($MJ\ ha^{-1}$)	درصد انرژی مصرفی (٪)
الف- ورودی‌ها				
نیروی انسانی	hr	۸۷/۵۳	۱۷۱/۵۶	۰/۵۶
ماشین‌آلات	hr	۲۹/۸۱	۱۸۶۸/۹۷	۶/۰۶
سوخت دیزل	L	۷۲/۱۴	۴۰۶۱/۹۹	۱۳/۱۷
سوخت بنزین	L	۷۵/۸۳	۳۵۱۰/۸۱	۱۱/۳۸
حشره کش	L	۰/۵	۵۷/۵۶	۰/۱۹
کود ازت (اوره)	kg	۲۲۲/۳۱	۱۴۷۰۳/۹	۴۷/۶۷
کود فسفات	kg	۱۲/۵۶	۱۵۵/۶۸	۰/۵
آب مصرفی	m^3	۴۹۷۱/۵	۵۰۷۰/۹۳	۱۶/۴۴
بذر مصرفی	kg	۴۹/۶	۱۲۴۱/۶۶	۴/۰۳
کل انرژی ورودی	$MJ\ ha^{-1}$	------	۳۰۸۴۳/۱	۱۰۰
ب- خروجی		میانگین عملکرد در هکتار	انرژی در هکتار	درصد انرژی (٪)
دانه گلرنگ	kg	۱۳۰۸/۲۲	۳۲۷۰۵/۶۸	۴۸/۳۹
گل گلرنگ	kg	۱۰۹/۸	۴۶۱/۱۶	۰/۶۸
کاه گلرنگ	kg	۲۷۵۳/۵	۳۴۴۱۸/۸۷	۵۰/۹۳
کل	------	۴۱۷۱/۵۲	۶۷۵۸۵/۷۱	۱۰۰

مطابق شکل ۱ مصرف کودهای شیمیایی به‌خصوص کود اوره با میزان ۹/ ۱۴۷۰۳ مگاژول بر هکتار بیشترین پارامتر افزاینده انرژی‌های ورودی است که بر سلامت محیط زیست نیز اثر مخربی خواهد داشت. بالا بودن مصرف کود ازت (اوره) نشان‌دهنده کمبود نیترات خاک‌های منطقه جلگه بوده و باید با یک برنامه مدیریتی با استفاده از کودهای دامی این مشکل را در دراز مدت برطرف نمود.



شکل ۱- میزان مصرف انرژی نهاده‌های تولید گلرنگ

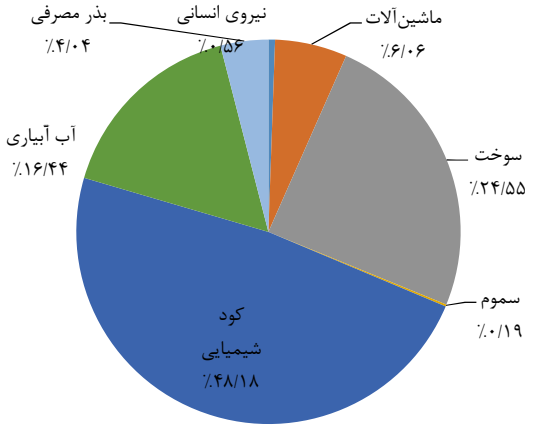
مطابق شکل ۲ که سهم نهاده‌های مختلف تولید گلرنگ نشان داده شده است، به‌ترتیب کودهای شیمیایی (۴۸/۱۸٪)، سوخت (۲۴/۵۵٪) و آب آبیاری (۱۶/۴۴٪) بیشترین سهم را در مصرف انرژی تولید گلرنگ دارند. بالا بودن مصرف سوخت به‌عنوان دومین نهاده، به‌دلیل فرسایش ماشین‌های کشاورزی و به‌خصوص تراکتورها و عدم مدیریت بهینه در استفاده و سرویس‌دهی ماشین‌ها می‌باشد. میزان بالای انرژی آب مصرفی به‌دلیل به کارگیری سیستم‌های سنتی آبیاری و اتلاف آب در تولید می‌باشد.

در سایر تحقیقات، نهاده سوخت مصرفی و ماشین‌آلات کشاورزی به عنوان پرمصرف‌ترین نهاده در تولید سنتی سیب‌زمینی در مزارع استان کردستان معرفی گردیده است (Hosain panahi & kafi, 2012). بالا بودن مصرف کودهای شیمیایی و به‌خصوص کود اوره در تولید گلرنگ، علاوه بر مصرف بالای انرژی خطرات زیست‌محیطی در منطقه را در پی دارد. لذا جایگزینی کودهای دامی علاوه‌بر کاهش هزینه و انرژی، از لحاظ محیط زیست نیز سازگار

www.SID.ir

Archive of SID

است. قاسمی مبتکر و همکاران، میزان مصرف نهاده الکتریسته در تولید یونجه در مزارع استان همدان را ۷۵/۷۹ درصد از کل انرژی مصرفی گزارش کرده اند (Ghasemi mobtaker *et al.*, 2010). جدول ۴ شاخص‌های بازده انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه، انرژی خالص و همچنین عملکرد محصول گلرنگ را نشان می‌دهد.



شکل ۲- سهم نهاده‌های مختلف در تولید گلرنگ

جدول ۴- مقادیر شاخص‌های انرژی در کشت گلرنگ

شاخص	مقدار
راندمان انرژی	۲/۱۹
بهره‌وری انرژی	۰/۱۴ (kg/MJ)
انرژی ویژه	۷/۳۹ (MJ/kg)
انرژی خالص	۳۶۷۴۲/۶۱ (MJ/ha)
عملکرد دانه	۱/۳۱ (ton/ha)
عملکرد گل	۰/۱۱ (ton/ha)
عملکرد کاه	۲/۷۵ (ton/ha)
متوسط مساحت زمین	۰/۸۹ (ha)
ضریب انرژی	۳۴۶۵۵/۱۶ (MJ/ha)

با استفاده از شاخص‌های انرژی امکان مطالعه و مقایسه سیستم‌های تولید محصولات در نقاط مختلف یا محصولات مختلف یک منطقه با یکدیگر امکان‌پذیر می‌باشد. نسبت انرژی (راندمان) که به‌عنوان فاکتوری برای بررسی کارایی انرژی در تولید محصولات به کار می‌رود، برای محصول گلرنگ ۲/۱۹ به‌دست آمد. این نسبت مشخص می‌کند که به ازای هر یک مگاژول انرژی ورودی ۲/۱۹ مگا ژول انرژی تولید شده است. برای بهبود این شاخص می‌توان عملکرد را بالا برد یا انرژی‌های ورودی را کاهش داد و یا هر دو مورد. در سایر مطالعات نسبت انرژی گندم ۲/۸، پنبه ۴/۸، ذرت ۳/۸ و کنجد ۱/۵ (Canakci *et al.*, 2005)، پنبه ۰/۷۴ (Yilmaz *et al.*, 2005) گزارش شده است. بهره‌وری انرژی گلرنگ ۰/۱۴ به‌دست آمد که نشان می‌دهد به ازای هر یک مگاژول انرژی ورودی حدود ۰/۱۴ کیلوگرم محصول (دانه، گل وکاه) تولید شده است. افزوده خالص انرژی ۳۶۷۴۲/۶۱ مگاژول بر هکتار به‌دست آمد که نشان می‌دهد در تولید محصول گلرنگ تراز انرژی مثبت است. ضریب انرژی نیز ۳۴۶۵۵/۱۶ مگاژول بر هکتار تعیین شد. مطابق جدول ۵ میانگین مقدار کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس برای ۳۰ واحد گلرنگ به‌ترتیب ۰/۹۴، ۰/۹۹ و ۰/۹۴ است. در مطالعه‌ای (Haidari *et al.*, 2010) بر روی انرژی مصرفی گلخانه‌های تولید خیار استان یزد میانگین کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس به‌ترتیب ۰/۸۲۳۵، ۰/۹۲۷۳ و ۰/۸۸۸۰ محاسبه شد. واحدهای ۵، ۷ و ۸ دارای کارایی فنی خالص ۱۰۰٪ می‌باشند ولی کارایی فنی آنها کامل نیست بنابراین این واحدها موضعاً کارا هستند و ناکارایی آنها ناشی از ناکارایی مقیاس یا شرایط واحد تولیدی است. کارایی واحدهای ۹، ۱۴ و ۱۷ در هر دو مدل BCC و CCR کمتر از ۱۰۰٪ است بنابراین ناکارایی این واحدها ناشی از ناکارایی مقیاس یا ناکارایی شرایط واحد تولیدی و همچنین ناکارایی مدیریتی است. با مشخص شدن بازده به مقیاس تنظیمات مورد نیاز ناکاریی‌های ناشی از بازده به مقیاس را تشخیص می‌دهیم. وقتی یک واحد کارایBCC است وضعیت بازده به مقیاس از وزن خروجی مشخص می‌شود؛ اگر کوچک‌تر از یک باشد بازده به مقیاس افزایشی است و اگر مساوی یک باشد بازده به مقیاس ثابت است. با مشاهده جدول، اغلب واحدها بازده به مقیاس ثابت دارند و واحدهای ۵، ۷، ۸ و ۹ بازده به مقیاس افزایشی دارند. در بازده به مقیاس افزایشی نمی‌توان مقیاس واحد را کاهش داد اما می‌توان آن را تا بی‌نهایت افزایش داد. نسبت خروجی به ورودی برای هر نقطه روی مرز کارا نسبت به ورودی غیر کاهشی است، یعنی افزایش در خروجی همواره حداقل به اندازه‌ای متناسب با ورودی است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مقادیر انواع کارایی و بازگشت به مقیاس در کشت گلرنگ

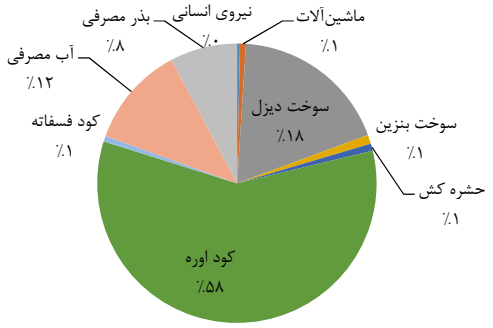
واحدهای تولیدی	کارایی فنی	کارایی فنی خالص	کارایی مقیاس	بازگشت به مقیاس
۱	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ثابت
۲	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ثابت
۳	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ثابت
۴	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ثابت
۵	٪۶۶	٪۱۰۰	٪۶۶	افزایشی
۶	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ثابت
۷	٪۴۶/۶	٪۱۰۰	٪۴۶/۶۵	افزایشی
۸	٪۷۲/۵	٪۱۰۰	٪۷۲/۵۲	افزایشی
۹	٪۵۶/۳	٪۹۹/۱۸	٪۵۶/۷۷	افزایشی
۱۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ثابت
۱۱	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ثابت
۱۲	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ثابت
۱۳	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ثابت
۱۴	٪۹۳/۳	٪۹۹/۸۶	٪۹۳/۴۵	ثابت
۱۵	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ثابت
۱۶	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ثابت
۱۷	٪۹۳/۵	٪۹۹	٪۹۴/۴۸	ثابت
۱۸	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ثابت
۱۹	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ثابت
۲۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ثابت
۲۱	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ثابت
۲۲	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ثابت
۲۳	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ثابت
۲۴	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ثابت
۲۵	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ثابت
۲۶	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ثابت
۲۷	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ثابت
۲۸	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ثابت
۲۹	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ثابت
۳۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ثابت
میانگین	٪۹۴/۲۸	٪۹۹/۹۳	٪۹۴/۳۳	

در این مدل بیشترین میزان مازاد مصرف واحدهای ناکارا به‌ترتیب مربوط به نهاده‌های کودهای شیمیایی و به‌خصوص کود اوره (۵۸٪)، سوخت (دیزل (۱۸٪)، آب مصرفی (۱۲٪) و بذر مصرفی (۸٪) می‌باشد (شکل ۳). براساس شکل ۴ کاه با میانگین ۶۴٪ و دانه گلرنگ با میانگین ۳۶٪ در بین واحدهای ناکارا بیشترین سهم را در کمبود خروجی‌ها دارند. یعنی با ورودی‌های موجود چنین خروجی‌هایی از واحدهای مربوطه انتظار می‌رود،اما به‌دست نیامده است. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای نهاده‌های تولید کننده گاز گلخانه‌ای در شکل ۵ نشان داده شده است. مصرف سوخت‌های دیزل و بنزین با تولید ۴۰۸/۳۸ و کود اوره با تولید ۲۸۹ کیلوگرم دی اکسید کربن در

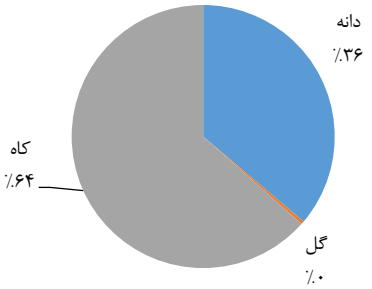
www.SID.ir

Archive of SID

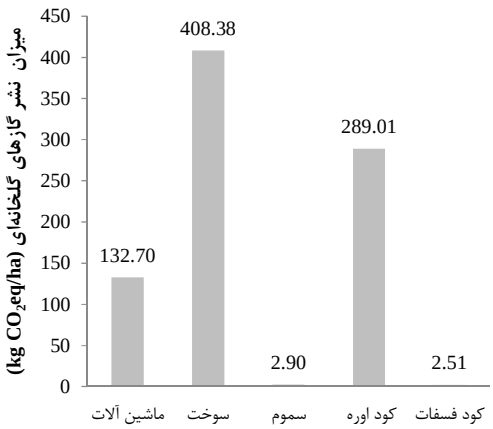
هکتار بیشترین منبع آلودگی در تولید گلرنگ به‌حساب می‌آیند.



شکل ۳- سهم نهاده‌های مازاد تولید گلرنگ مدل CCR ورودی محور

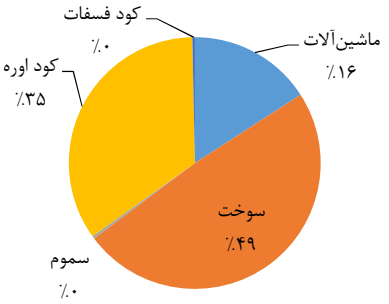


شکل ۴- سهم کمبود خروجی تولید گلرنگ مدل CCR ورودی محور



شکل ۵- میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید گلرنگ

سوخت‌ها با ٪۴۹ و سپس کود اوره با ٪۳۵ بیشترین سهم را در انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید گلرنگ دارند (شکل ۶). لذا با استفاده از سیستم‌های مکانیزه مدیریت‌شده باید بکارگیری ماشین‌آلات را کنترل نمود تا مصرف سوخت کاهش یابد. مصرف کود اوره را نیز باید با جایگزینی کودهای دامی اصلاح نمود تا آلودگی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی منابع آبی منطقه کاهش یابد.



شکل ۶- درصد انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید گلرنگ

نتیجه‌گیری

کل انرژی مصرفی یک دوره تولید گلرنگ ۳۰۸۴۳/۱ مگاژول بر هکتار و کل انرژی خروجی ۶۷۵۸۵/۷۱ مگاژول بر هکتار محاسبه گردید. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که بیشترین میزان سهم انرژی مصرفی را به‌ترتیب کودهای شیمیایی (٪۴۸/۱۸)، سوخت (٪۲۴/۵۵) و آب مصرفی (٪۱۲/۴۴) به‌خود اختصاص داده‌اند. عملکرد محصول گلرنگ به‌طور متوسط ۴۱۷۱/۵۲ کیلوگرم بر هکتار برآورد گردید که از این مقدار ٪۴۸/۳۹ دانه، ٪۰/۶۸ گل و ٪۵۰/۹۳ مربوط به کاه می‌شود. نسبت انرژی (راندمان انرژی) در منطقه مورد مطالعه ۲/۱۹، بهره‌وری انرژی ۰/۱۴ کیلوگرم بر مگاژول و ضریب انرژی ۳۴۶۵۵/۱۶ مگاژول بر هکتار به‌دست آمد. کارایی انرژی تولید گلرنگ با نه نهاده سوخت دیزل، سوخت بنزین، نیروی انسانی، ماشین‌آلات، کود اوره، کود فسفاته، حشره کش، بذر و آب مصرفی به‌عنوان ورودی و انرژی‌های خروجی شامل دانه، گل و کاه به‌عنوان خروجی‌ها براساس دو مدل CCR-I و BCC-I ارزیابی گردید. میانگین کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس به‌ترتیب ۰/۹۴۱۸، ۰/۹۹۹۳ و ۰/۹۴۳۳ برآورد شد. براساس مدل CCR و BCC، به‌ترتیب ۲۴ و ۲۷ واحد از واحدهای تولیدی کارا بودند. براساس مدل CCR بیشترین میزان مصرف مازاد واحدهای ناکارا به‌ترتیب مربوط به نهاده‌های

www.SID.ir

Archive of SID

کودهای شیمیایی و به‌خصوص کود اوره (۵۸٪)، سوخت (دیزل (۱۸٪)، آب مصرفی (۱۲٪) و بذر مصرفی (۸٪) می‌باشد. کاه با میانگین ۶۴٪ و دانه گلرنگ با میانگین ۳۶٪ در بین واحدهای ناکارا بیشترین سهم کمبود خروجی‌ها را دارند.

منابع

1. Abdollahpour, S. and Zaree, S. 2011. Evaluation of wheat energy balance under rain fed farming in Kermanshah. Sustainable Agricultural Science, 2: 97-106.
2. Bahrami, H. Taki, M. and Monjezi, N. 2011. Optimization of energy consumption for wheat production in Iran using data envelopment analysis technique. African journal of agricultural research, 6(27): 5978-5986.
3. Canakci, M. Topakci, M. Akinci, I. and Ozmerzi, A. 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production case study for Antalya region Turkey. Energy Conversion and Management, 46: 655-666.
4. Charnes, A. W., Copper, W. and Rhodes, E. 1984. Measuring the efficiency of decision marking units. European Journal of Operational Research, 2(1): 429-444.
5. Dyer, J. A. and Desjardins, R. L. 2006. Carbon dioxide emissions associated with the manufacturing of tractors and farm machinery. Canadian Biosystems Engineering, 93(1): 107-118.
6. Ghasemi mobtaker, H. Akram, A. and Keyhani, A. 2012. Comparing the energy consumption of different sizes to produce hay fields in Hamedan province. The Sixth National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, College of Agriculture and Natural Resources, Tehran University, Karaj. (In Farsi)
7. Ghochbeyge, F. Omid, M. Ahmadi, H. and Delshad, D. 2010. Evaluation and improvement of energy consumption for cucumber production using Data Envelopment Analysis (DEA) Technique in Tehran, 6th National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, Tehran, Iran (In Farsi).
8. Ghojabeige, F. Omid, M. Ahmadi,H. and Delshad D. 2009. Evaluation and development of efficient usage of energy recourses in cucumber production in green houses in province of Tehran, by using data envelopment analysis. The 6th national conference of mechanic and mechanization of agricultural machinery. Agriculture and Natural Resources Faculty, University of Tehran, Iran (In Farsi).
9. Haidari, M, Pishgar komoleh, H. Rafiei, S. and Kiyani, A. 2010. The first national conference on sustainable agriculture and production of safe products. Isfahan. Iran.
10. Hatirli, S. A., Ozkan, B. and Fert, C. 2005. An econometric analysis of energy input-output in Turkish agriculture. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 9(6): 608-623.
11. Kallivrousis, L. Natsis, A. and Papadakis, G. 2002. Rural development the energy balance of sunflower production for biodiesel in Greece. Biosystem Engineering, 18: 347-354.
12. Kocheki, A. 1994. Agriculture and energy (ecological approach). Translation. Mashhad's Ferdowsi University Press. 229 p. (In Farsi)
13. Mansorfar, K. 1997. Statistical Methods. Tehran University Press. (In Farsi)
14. Mohammadi, A. Tabatabaeefar, A. Shahin, S. Rafiee, S. and Keyhani, A. 2008. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. Energy Conversion and Management, 49: 3566-3570.
15. Mousavi Avval, S. H. and Rafiee, S. Jafari, A. and Mohammadi, A. 2011. Improving energy use efficiency of canola production using data envelopment analysis (DEA) approach. Energy, 36: 2765-2772.
16. Panahi, H. and Kafi, F. M. 2012. Assessment energy budgets and productivity in potato fields in Kurdistan, Case Study: Dehgolan Plain. Journal of Agricultural Ecology, 4(2): 159-169. (In Farsi)
17. Rafiee, S. H. Mousavi, S. H. and Mohammadi, A. 2010. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. Energy, 35(8): 3301-3306.
18. Shabania, Z. Rafieeb, S. and Mobli, H. 2012. Econometric Model on Energy Input and Yield in Carnation Flower. Journal of Agricultural Science and Applications, 1(1): 8-12.
19. Sheikh Davoodi, M. J. and Houshyar, E. 2009. Energy consumption of canola and sunflower production in Iran. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 6(4): 381-384.
20. Streimikiene, D. Klevas, V. and Bubeliene, J. 2007. Use of EU structural funds for sustainable energy development in new EU member states. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 11: 1167-1187.

www.SID.ir

Archive of SID

21. Unakitan, G. Hurma, H. and Yilmaz, F. 2010. An analysis of energy use efficiency of canola production in Turkey. Namik kemal University of agriculture. Department of Agriculture Economics, Energy, 35: 623-3627.
22. Uzunoz, M. Akcay, Y. and Esengun, K. 2008. Energy input-output analysis of sunflower seed oil in Turkey. Energy Sources, 3: 215-223.
23. 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.
24. Zahedi, M. Eshghizadeh, H. R. and Mandani, F. 2014. Assessment of energy efficiency and economic indicators in the production of safflower in Isfahan province. Journal of ecological agriculture, 2(4). 53-45. (In Farsi)
25. Zangeneh, M. Omid, M. and Akram, A. 2010. A comparative study on energy use and cost analysis of potato production under different farming technologies in Hamadan province of Iran. Energy, 35:2927-2933.
26. Zibaei, M. Kafi, M. and Bakhshoodeh, M. 2008. The effects of veterinary services on technical efficiency of dairy farms in Iran; a DEA approach. Iranian Journal of Veterinary Research, 9(4): 371-377.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir