Archive of SID

مهندسی بیوسیستم ایران، دورهٔ ۴۷، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۵ (ص۵۴۹ -۵۴۱)

مدل‌سازی انرژی مصرفی تولید آلو شابلون در استان گلستان

سعید شاقوزایی[۱]، فاطمه نادی[۲*]

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی

۲. گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۸/۱۷- تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۴/۲)

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی جریان مصرف انرژی و مدل‌سازی آن در تولید آلو شابلون در استان گلستان می‌باشد. اطلاعات مورد نیاز به وسیله پرسش‌نامه و مصاحبه حضوری با باغداران جمع‌آوری شد. برای بررسی اثر انرژی‌های ورودی بر عملکرد از مدل کاب داگلاس و تحلیل حساسیت استفاده شد. نتایج نشان داد که مجموع انرژی ورودی و کارایی انرژی تولید آلو شابلون در منطقه به ترتیب ۲۵۸۷۰/۳۳ مگاژول بر هکتار و ۱/۰۴ بود. سوخت دیزل و کودهای شیمیایی به ترتیب با سهم ۳۳ و ۳۰ درصد به عنوان پرمصرف‌ترین منابع انرژی در تولید بودند. سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و غیرتجدیدپذیر در تولید به ترتیب ۸۸ و ۱۲ درصد به دست آمد. نتایج استفاده از تابع کاب داگلاس نشان داد که تأثیر نهاده‌های انرژی نیروی انسانی، ماشین‌های کشاورزی، سوخت دیزل، سموم شیمیایی و کود حیوانی بر روی عملکرد آلو شابلون مثبت و تأثیر نهاده انرژی کودهای شیمیایی بر عملکرد منفی محاسبه شد. نتایج تحلیل حساسیت نشان داد که در محدوده‌ی مورد بررسی در این مطالعه، با افزایش یک مگاژول در انرژی ورودی نهاده‌های نیروی انسانی، ماشین‌های کشاورزی، سوخت دیزل، سموم شیمیایی و کود حیوانی عملکرد به ترتیب معادل ۰/۳۴، ۰/۴۶، ۰/۱۲، ۰/۲۶ و ۰/۲۱ کیلوگرم بر هکتار افزایش می‌یابد و با افزایش یک مگاژول در انرژی نهاده انرژی کودهای شیمیایی عملکرد آلو شابلون معادل ۰/۸۷ کیلوگرم بر هکتار کاهش می‌یابد.

واژه های کلیدی: ورودی‌های انرژی، کاب داگلاس، کارایی انرژی، تحلیل حساسیت.

مقدمه

آلو میوه‌ای تک هسته‌ای با نام علمی پرونوس دومستیکا[۱] از خانواده روزاسه[۲] است. آلو در نواحی معتدل با رقم‌های متعدد و هیبریدی کشت می‌شود. گونه‌های متفاوت از این میوه در دنیا وجود دارد که از نظر رنگ، شکل و اندازه تنوع زیادی دارند. برخی از آن‌ها به رنگ زرد و پر آب بوده و برخی دیگر رطوبت کم‌تری داشته و قرمز متمایل به ارغوانی هستند. طعم آلو از ترش تا شیرین متغیر است و از انتهای فصل بهار و در تابستان به میزان زیاد در دسترس است. آلو، منبع کلسیم، منیزیم، آهن، پتاسیم، فیبر و حاوی مقدار قابل‌توجهی ویتامین A و C و منبع بسیار خوبی از کربوهیدرات می‌باشد.

آلو در ایران نیز به دلیل تولید مقدار بالای آن، یکی از مهم‌ترین میوه‌ها به شمار می‌آید. طبق آخرین آمار گزارش شده از سازمان کشاورزی و غذا FAO، چین با تولید ۶ میلیون تن آلو، کشور پیشرو در تولید آلو در جهان است. ایران بعد از کشورهای رومانی، صربستان، شیلی و ترکیه، با تولید ۲۹۵ هزار تن آلو ششمین تولیدکننده بزرگ آلو در جهان به شمار می‌رود.

بخش کشاورزی به‌عنوان مهم‌ترین بخش تولیدکننده مواد غذایی کشور نه تنها مصرف کننده انرژی است بلکه یکی از مهم‌ترین عرضه‌کننده‌های انرژی نیز محسوب می‌شود. نظر به این‌که بخش کشاورزی از یک طرف با محدودیت منابع تولید روبه‌رو بوده و از سوی دیگر تأمین کننده امنیت غذایی جمعیت در حال رشد می‌باشد، باید تعادل و توازنی بین جریان برداشت و بهره‌برداری از منابع تولید و میزان تولید محصولات کشاورزی ایجاد شود. در واقع روند استفاده از منابع تولید باید به گونه‌ای باشد که علاوه بر رفع نیازهای غذایی نسل کنونی، امنیت غذایی نسل آینده نیز تهدید نشود. این مسأله مبنای آنچه امروزه به آن کشاورزی پایدار گفته می‌شود، را تشکیل می‌دهد (Almasi *et al.*, 2008).

* نویسنده مسئول: f.nadi@iauaz.ac.ir

1. Prunus Domestica
2.Rosaceae

www.SID.ir

Archive of SID

در این راستا، تاکنون مطالعاتی به بررسی جریان انرژی تولید محصول‌های کشاورزی در استان پرداخته‌اند. در پژوهشی Mousavi-Aval *et al.* (2011a) بیشترین نهاده‌های مصرف‌کننده انرژی برای تولید کلزا در استان گلستان را به ترتیب کودهای شیمیایی، سوخت دیزل و الکتریسیته معرفی نمودند و کارایی انرژی۳/۰۲ و بهره‌وری انرژی ۰/۱۲ کیلوگرم بر مگاژول گزارش شد. در پژوهشی برای تولید آفتابگردان در استان گلستان، کارایی انرژی برابر با ۴/۵۲، بهره‌وری انرژی[1] معادل ۰/۱۷ کیلوگرم بر مگاژول و افزوده خالص انرژی[2] معادل ۳۳۳۰۹ مگاژول بر هکتار اعلام شد (Mousavi-Aval *et al.*, 2011b). Ramedani *et al.* (2011) در مطالعه‌ای، انرژی مصرفی تولید سویا در شهرستان کردکوی را مورد بررسی قرار دادند، کل انرژی ورودی ۱۸۰۲۶/۵۰ مگاژول بر هکتار و کل انرژی خروجی ۷۱۲۲۸/۸۶ مگاژول به دست آمد. بیشترین انرژی مصرفی مربوط به سوخت دیزل با ۶۶/۶۷ درصد از کل انرژی مصرفی بود. Royan *et al.* (2012) در بررسی تحلیل انرژی‌های ورودی و خروجی تولید هلو در استان گلستان، کارایی و بهره‌وری انرژی را به ترتیب ۰/۵۵ و۰/۲۹ کیلوگرم بر مگاژول گزارش کردند. سوخت دیزل با سهمی معادل ۲۶/۳۲ درصد از کل انرژی ورودی به عنوان پرمصرف ترین نهاده در تولید این محصول شناخته شد. تاثیر انرژی‌های ورودی نیروی انسانی، ماشین‌های کشاورزی، سوخت دیزل، کود شیمیایی و کود حیوانی بر عملکرد در سطح ۵ درصد معنی‌دار گزارش شد. Taheri-Rad *et al.* (2015) انرژی مصرفی تولید پنبه در استان گلستان را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها اطلاعات مورد نیاز را از طریق پرسش‌نامه و مصاحبه حضوری با ۴۳ پنبه‌کار گلستانی جمع‌آوری نمودند. نتایج نشان داد که مجموع انرژی ورودی برای تولید پنبه در استان گلستان ۲۸۸۹۸ مگاژول بر هکتار بود. سوخت دیزل و ماشین‌های کشاورزی به ترتیب با ۴۵/۶ و ۱۵/۹ درصد، پرمصرف‌ترین نهاده‌های انرژی در تولید گزارش شدند. کارایی انرژی ۱/۵۸ بود. آن‌ها با به‌کارگیری تابع کاب داگلاس نشان دادند که تأثیر نهاده‌های نیروی انسانی، سوخت دیزل، آب آبیاری، کودهای شیمیایی و کود حیوانی بر روی عملکرد مثبت و تأثیر نهاده‌های بذر، ماشین‌های کشاورزی و مواد شیمیایی بر عملکرد پنبه منفی بود. نتایج تحلیل حساسیت ورودی‌های انرژی نشان داد با افزایش یک مگاژول انرژی نهاده‌های بذر و نیروی انسانی عملکرد به ترتیب به میزان ۰/۲۹ و ۰/۲۲ کیلوگرم افزایش می‌یابد. همچنین آن ها اظهار داشتند که سوخت دیزل با بیش‌ترین انرژی مصرفی تولید پنبه، تنها حدود ۲/۷ درصد از هزینه‌های متغیر را به خود اختصاص می دهد.

مرور منابع نیز مشخص نمود که تاکنون اثرات جریان انرژی مصرفی در تولید آلو شابلون در استان گلستان صورت نگرفته است. بنابراین، با در نظر داشتن این که استان گلستان سهم عمده‌ای از تولید این محصول را به خود اختصاص داده است، لازم است تا مطالعه جامعی به بررسی سهم هر یک از نهاده‌های ورودی در انرژی مصرفی تولید این محصول در این استان صورت پذیرد. بنابراین، هدف از انجام این مطالعه، بررسی وضعیت مصرف انرژی در بخش‌های مختلف تولید آلو شابلون در استان گلستان و بررسی شاخص‌های مصرف انرژی تولید این محصول می‌باشد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه و روش نمونه‌گیری

این مطالعه در سال ۹۳-۱۳۹۲در استان گلستان (شکل ۱) با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی انجام گرفت. تعداد افراد مورد مطالعه از طریق رابطه کوکران ۷۶ نفر تعیین شد (Snedecor and Cochran Snedecor, 1989).

$$n = \frac{N(s \times t)^2}{(N-1)d^2 + (s \times t)^2} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

$$d = \frac{t \times s}{\sqrt{n}} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

که در این رابطه، t برابر با ۱/۹۶ (در سطح اطمینان ۹۵٪)، s پیش برآورد انحراف معیارجامعه، d دقت احتمالی مطلوب (۰/۰۵)، N حجم جامعه و n حجم نمونه است.

اطلاعات مورد نیاز از طریق پرسش‌نامه و مصاحبه حضوری از باغداران جمع‌آوری گردید. پرسش‌نامه‌ها حاوی سوالاتی در مورد نهاده‌های ورودی و خروجی مورد نیاز برای تولید آلو شابلون بودند.

شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

1.Energy Productivity
2.Net Energy

www.SID.ir

Archive of SID

در جدول (۱) تاریخ و نحوه انجام عملیات مختلف در تولید آلو شابلون در استان گلستان ارائه شده است. عملیات کشت این محصول از اواخر مرداد آغاز می‌گردد و برداشت نیز به صورت دستی از اواسط خرداد تا اواسط مرداد انجام می گیرد. برداشت هلو در استان گلستان نیز در تیر ماه صورت می‌گیرد (Royan *et al.*, 2012).

جدول ۱. تاریخ و نحوه انجام عملیات مختلف در تولید آلو شابلون در استان گلستان

نوع عملیات	تاریخ
آبیاری (هر ده روز یک مرتبه)	اواخر مرداد ماه الی اواخر شهریور
هرس سبک	تابستان
کولتیواتور	پاییز
کود حیوانی	پاییز
هرس سنگین	پاییز
سم پاشی (سه تا چهار مرتبه)	زمستان
کودپاشی شیمیایی	بهار
برداشت دستی	اواسط خرداد الی اواسط مرداد

انرژی های ورودی و خروجی

انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار) برای منابع مختلف ورودی شامل نیروی انسانی، سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، سموم شیمایی و کود حیوانی مئنظر قرار گرفت. مقدار مواد موثر کودهای شیمیایی با توجه به مطالعه اردال و همکاران محاسبه شد (Erdal *et al.*, 2007). معادل‌های انرژی نهاده‌های ورودی و خروجی در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲. معادل‌های انرژی ورودی‌ها و خروجی

منبع	هم ارز انرژی (مگاژول بر واحد)	منبع
ورودی‌ها		
نیروی انسانی (ساعت)	۱/۹۶	Singh *et al.*, 1992
ماشین‌ها (ساعت)	۶۲/۷	Ozkan *et al.*, 2011
سوخت دیزل (لیتر)	۵۶/۳۱	Emadi *et al.*, 2015
کودهای شیمیایی		Ozkan *et al.*, 2011
نیتروژن (کیلوگرم)	۶۶/۱۴	Ozkan *et al.*, 2011
پتاس (کیلوگرم)	۱۱/۱۵	Ozkan *et al.*, 2011
کم‌مصرف (کیلوگرم)	۱۲۰	Singh *et al.*, 1992
سموم شیمیایی	۱۲۰	Pishgar-Komleh *et al.*, 2013
کود حیوانی (کیلوگرم)	۰/۳	Pishgar-Komleh *et al.*, 2013
خروجی		
آلو شابلون (کیلوگرم)	۱/۹	Tabatabaie *et al.*, 2013

شاخص‌های انرژی

بر اساس هم‌ارزهای انرژی ورودی‌ها و خروجی (جدول۲) مهم‌ترین شاخص‌های انرژی شامل کارایی انرژی، بهره‌وری انرژی و افزوده انرژی مورد بررسی قرار گرفت. بدین ترتیب که پس از تعیین ورودی‌ها و خروجی‌های انرژی، شاخص‌های انرژی آن محاسبه شد (Emadi *et al.*, 2015; Sefeedpari *et al.*, 2014)

$$\text{کارایی انرژی} = \frac{\text{انرژی خروجی (مگاژول بر هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)}} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

$$\text{بهره وری} = \frac{\text{عملکرد آلو شابلون (کیلوگرم بر هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)}} \quad \text{(رابطه ۴)}$$

$$\text{افزوده انرژی} = \text{انرژی خروجی} \left(\text{مگاژول بر هکتار}\right) - \text{انرژی ورودی} \left(\text{مگاژول بر هکتار}\right) \quad \text{(رابطه ۵)}$$

در بررسی جریان انرژی، کارایی انرژی به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی بهره‌وری انرژی در تولید محصول است (Mohammadi *et al.*, 2010). انرژی ورودی به شکل‌های مستقیم و غیر مستقیم و تجدیدپذیر و غیرتجدیدپذیر تقسیم‌بندی می‌شوند. انرژی غیرمستقیم شامل کودهای شیمیایی، کودهای حیوانی و ماشین‌ها درحالی‌که انرژی غیرمستقیم شامل نیروی انسانی و سوخت دیزل در فرآیند تولید می‌باشد (Khojastehpour *et al.*, 2015). به‌عبارت دیگر، انرژی غیرتجدیدپذیر شامل سوخت دیزل، سموم و کودهای شیمیایی، ماشین‌ها و انرژی تجدیدپذیر شامل نیروی انسانی و کود حیوانی می‌باشد (Namdari *et al.*, 2011).

مدل‌سازی انرژی

در این پژوهش برای تعیین اثر انرژی‌های ورودی بر عملکرد از مدل کاب داگلاس استفاده شد. شکل کلی مدل به صورت رابطه ۶ می‌باشد (Nikkhah *et al.*, 2014):

$$Y = F(x)\exp(u) \quad \text{(رابطه ۶)}$$

این تابع می‌تواند به کل زیر بیان شود:

$$LnY_i = a_0 + \sum_(j=1)^{n} \alpha_j \ln(X_ij) + e_i \qquad i = 1,2,\ldots,n \quad \text{(رابطه ۷)}$$

که y_i نشان‌دهنده عملکرد کشاورز i ام؛ X_{ij} خصیصه ورودهای استفاده شده در فرآیند تولید؛ α_j ضرایب رگرسیونی نهاده‌های انرژی ورودی؛ a_0 و e_i به ترتیب ضریب ثابت و ضریب خطا هستند. در تحقیق حاضر، n=۶، بنابراین معادله (۵) را میتوان به‌شکل زیر بیان نمود:

$$LnY_i = a_0 + \alpha_1 lnX_1 + \alpha_2 lnX_2 + \alpha_3 lnX_3 + \alpha_4 \ln X_4 + \alpha_5 lnX_5 + \alpha_6 lnX_6 + e_i \quad \text{(رابطه ۸)}$$

که، x_i $(i = 1,2,\ldots,7)$ نشان‌دهنده انرژی‌های ورودی برای

www.SID.ir

Archive of SID

نیروی انسانی (X_1)، ماشین‌ها (X_2)، سوخت دیزل (X_3)، کودهای شیمیایی (X_4)، سموم شیمیایی (X_5) و کود حیوانی (X_6) است. با توجه به این الگو، با استفاده از رابطه (۸)، اثر هر یک از انرژی‌های ورودی و خروجی محاسبه شد.

یکی از مفروضاتی که در رگرسیون مدنظر قرار می‌گیرد، استقلال خطاها (تفاوت بین مقادیر واقعی و مقادیر پیش بینی شده توسط معادله رگرسیون) از یکدیگر است. در صورتی که فرضیه استقلال خطاها رد شود و خطاها با یکدیگر همبستگی داشته باشند امکان استفاده از رگرسیون وجود ندارد. به منظور بررسی استقلال خطاها از یکدیگر از آزمون دوربین- واتسون استفاده می‌شود. مقدار دو برای این آماره نشانگر عدم وجود خود همبستگی می‌باشد که حالت مطلوب در فرضیات اصلی مربوط به باقیمانده ها در تحلیل رگرسیون می باشد. اصلا مقدار کمتر از دو همبستگی پیاپی مثبت (نوعی همبستگی پیاپی می باشد که در آن مقدار باقیمانده مثبت برای یک مشاهده شانس مثبت بودن باقیمانده مشاهده دیگر را افزایش می‌دهد و برعکس) و مقدار بیشتر از دو این آماره همبستگی پیاپی منفی را در بین باقیمانده نشان میدهد. لازم به ذکر است مقدار آماره آزمون اگر کمتر از یک یا بیشتر از سه باشد زنگ هشدار برای وجود خود همبستگی مثبت یا منفی بین باقیمانده می باشد. دراین تحقیق فرض می‌شود که اگر هیچ انرژی ورودی وجود نداشته باشد، انرژی خروجی صفر است. مشابه این فرضیه توسط محققان دیگری نیز در نظر گرفته شده است (Hatirli *et al*., 2006; Mohammadi *et al*., 2010; Rafiee *et al*., 2010)

برای تحلیل میزان تغییر در خروجی با توجه به میزان تغییر در ورودی‌ها از نرخ بازگشت به مقیاس استفاده شده است. این شاخص از طریق جمع کردن ضرایب رگرسیونی به‌دست آمده برای هریک از معادلات رگرسیونی ذکرشده، محاسبه می‌شود (Soltanali *et al*., 2016). در تابع تولید کاب-داگلاس، اگر مجموع ضرایب (بازگشت به مقیاس) بزرگتر از واحد باشد، به‌معنی افزایش بازگشت به مقیاس است، و اگر این پارامتر کمتر از واحد باشد به‌معنای کاهش بازگشت به مقیاس استفاده شده است؛ و، اگر نتیجه واحد باشد نشان‌دهنده بازگشت ثابت به فرض مقیاس است (Singh *et al*., 2004).

تحلیل حساسیت

روش بهره‌وری فیزیکی حاشیه‌ای[1] برای تحلیل حساسیت نهاده‌های انرژی ورودی در تولید آلو شابلون در استان گلستان استفاده شد. عامل *MPP* نشان می‌دهد که با افزایش یک واحد در یکی از نهاده‌های انرژی، با ثابت بودن سایر عوامل تولید، میزان تغییر در عملکرد چه میزان است. مقدار مثبت *MPP* هر نهاده نشان می‌دهد که با افزایش در ورودی، تولید افزایش خواهد یافت. بنابراین افزایش استفاده از متغیر خروجی تا زمانیکه منبع ثابت به‌طور کامل استفاده نشده است نباید متوقف شود. مقدار منفی *MPP* عوامل ورودی نشان‌دهنده این است که هر واحد اضافه ورودی موجب عملکرد و تولید منفی می‌شود؛ بنابراین، بهتر است منبع متغیر در بجای استفاده آن به‌عنوان یک منبع ثابت (Banaeian & Zangeneh, 2011). *MPP* از طریق رابطه ۹ محاسبه می‌شود:

$$MPP_{xj} = \frac{GM(Y)}{GM(X_{ij})} \times \alpha_{ij} \qquad \text{(رابطه ۱۰)}$$

در این رابطه MPP_{xj} مقدار بهره‌وری فیزیکی حاشیه‌ای به ازای نهاده j ام، α_{ij} ضریب رگرسیونی نهاده، $GM(Y)$ میانگین هندسی عملکرد محصول در هکتار و $GM(X_{ij})$ میانگین هندسی نهاده انرژی ورودی است (Mobtaker *et al*., 2010; Royan *et al*., 2012). در ابتدا داده‌های خام استخراج شده از پرسشنامه‌ها وارد نرم افزار Excel 2007 شدند. سپس با استفاده از نرم‌افزار JMP8 تجزیه و تحلیل داده‌ها انجام شد.

نتایج و بحث

تعیین سهم انرژی هر یک از نهاده‌های مصرف شده در تولید آلو شابلون

در جدول (۳) میزان نهاده‌های مصرف شده و محتوای انرژی آن‌ها در تولید آلو شابلون در استان گلستان ارائه شده است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که میانگین عملکرد محصول در استان گلستان ۱۴۱۳۱/۴۵ کیلوگرم بر هکتار می‌باشد. میانگین عملکرد تولید آلو شابلون در تهران، هلو در گلستان و کیوی در مازندران به ترتیب ۲۲۶۲۹، ۱۰۹۹۷ و ۲۴۵۴۷ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Mohammadi *et al*., 2010; Tabatabei *et al*., 2012; Royan *et al*., 2012). مقایسه نتایج مشخص نمود که عملکرد آلو شابلون از عملکرد هلو در استان گلستان بیش‌تر بود. این در حالی است که عملکرد آلو شابلون در استان گلستان از عملکرد این محصول در تهران و کیوی در مازندران کم‌تر بود.

سوخت دیزل با ۸۶۰۵/۸۶ مگاژول بر هکتار به عنوان پرمصرف‌ترین منبع انرژی با سهم ۳۳ درصد در تولید آلو شابلون در استان گلستان شناخته شد (شکل ۲). این مورد با نتایج ارائه شده توسط Royan *et al*. (2012) مطابقت داشت. آن ها نیز

1. Marginal physical productivity

www.SID.ir

Archive of SID

گزارش نمودند که سوخت دیزل با سهم ۲۶ درصد از مجموع مصرف انرژی تولید هلو در استان گلستان، پرمصرف‌ترین منبع انرژی در تولید بود. در حدود ۷۷ درصد از سوخت دیزل مصرفی برای تولید آلو شابلون در استان گلستان به سوخت مورد نیاز برای پمپاژ آب آبیاری مربوط می‌باشد. روش‌های سنتی آبیاری و استفاده از پمپ‌های دیزلی عمدتا ناکارا از نظر مصرف انرژی، سبب گشته سوخت دیزل نسبتا زیادی برای پمپاژ آب آبیاری مصرف گردد. براین اساس، استفاده از پمپ‌های الکتریسیته بهینه از نظر مصرف انرژی می‌تواند به عنوان راهکاری در راستای کاهش مصرف انرژی برای تولید آلو شابلون در استان گلستان مدنظر قرار گیرد.

بعد از سوخت دیزل، کودهای شیمیایی با ۷۷۴۸/۱۶ مگاژول بر هکتار به عنوان دومین منبع پرمصرف انرژی در تولید بود، به نحوی که این نهاده ۳۰ درصد از سهم انرژی مصرفی در تولید را به خود اختصاص داد (شکل ۲). این در حالی است که نهاده انرژی کودهای شیمیایی برای تولید آلو شابلون در استان تهران تنها در حدود ۳/۴ درصد از مجموع انرژی مصرفی را به خود اختصاص داد (Tabatabaie *et al.*, 2012). مقدار مصرف کودهای شمیایی برای تولید هلو در استان گلستان ۱۴۳۰۳ مگاژول بر هکتار گزارش شده است که در حدود ۴۷ درصد از مجموع انرژی مصرفی تولید بود (Royan *et al.*, 2012). در این مورد، میزان مصرف انرژی تولید آلو شابلون، کم‌تر از تولید هلو در استان گلستان بود.

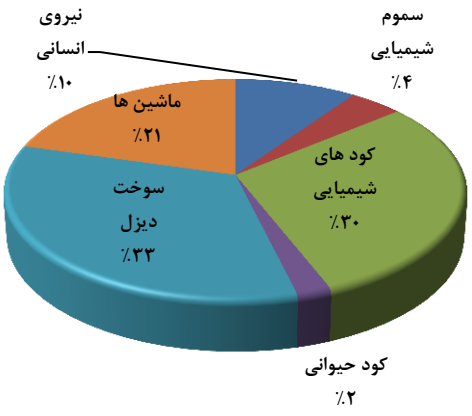
سومین نهاده پرمصرف انرژی ماشین‌ها بود. این نهاده با ۵۳۲۴/۴۸ مگاژول بر هکتار، سهمی معادل ۲۱ درصد از مصرف انرژی را در تولید داشت. نیروی انسانی با ۲۵۱۵/۶۰ مگاژول بر هکتار، چهارمین نهاده پرمصرف انرژی در تولید آلو شابلون در منطقه بود. میزان مصرف انرژی نیروی انسانی برای تولید آلو شابلون در تهران، هلو در گلستان و کیوی در مازندران به ترتیب ۳۲۷۳، ۲۲۵۲ و ۳۱۴۰ مگاژول بر هکتار گزارش شد (Mohammadi *et al.*, 2010; Tabatabei *et al.*, 2012; Royan *et al.*, 2012). مقایسه نتایج مشخص نمود که میزان انرژی مصرفی نیروی انسانی کم‌تری برای تولید آلو شابلون نسبت به تولید آلو شابلون در تهران و کیوی در مازندران مصرف می‌گردد. این در حالی است که میزان انرژی مصرفی بیش‌تری نسبت به تولید هلو در استان گلستان مصرف می‌گردد.

میزان مصرف انرژی سموم شیمیایی و کود حیوانی به ترتیب ۱۱۱۱/۲۰ و ۵۶۵/۰۴ مگاژول بر هکتار محاسبه شد. این دو نهاده به ترتیب ۴ و ۲ درصد از مجموع انرژی‌های مصرفی را به خود اختصاص دادند (شکل ۲). میزان انرژی مصرفی سموم شیمیایی برای تولید آلو شابلون در استان تهران ۶۰۱۸ مگاژول بر هکتار گزارش شد (Tabatabaie *et al.*, 2012). که میزان انرژی مصرفی تولید آلو شابلون در استان گلستان کم‌تر بود.

مجموع انرژی‌های مصرفی در تولید آلو شابلون در استان گلستان ۲۵۸۷۰/۷۶ مگاژول بر هکتار به دست آمد (جدول ۳). مجموع انرژی‌های مصرفی برای تولید آلو شابلون در تهران، هلو در استان گلستان و کیوی در مازندران به ترتیب ۱۶۸۷۸۴، ۳۷۵۳۷ و ۳۰۲۸۶ مگاژول بر هکتار گزارش شد (Mohammadi *et al.*, 2010; Tabatabei *et al.*, 2012; Royan *et al.*, 2012). در مقایسه با این محصولات، میزان انرژی مصرفی کم‌تری برای تولید آلو شابلون در استان گلستان مصرف می‌گردد. در شکل ۳ نیز جریان انرژی‌های مصرفی برای تولید یک کیلوگرم آلو شابلون در استان گلستان آورده شده است.

جدول ۳. جریان انرژی در تولید آلو شابلون در استان گلستان

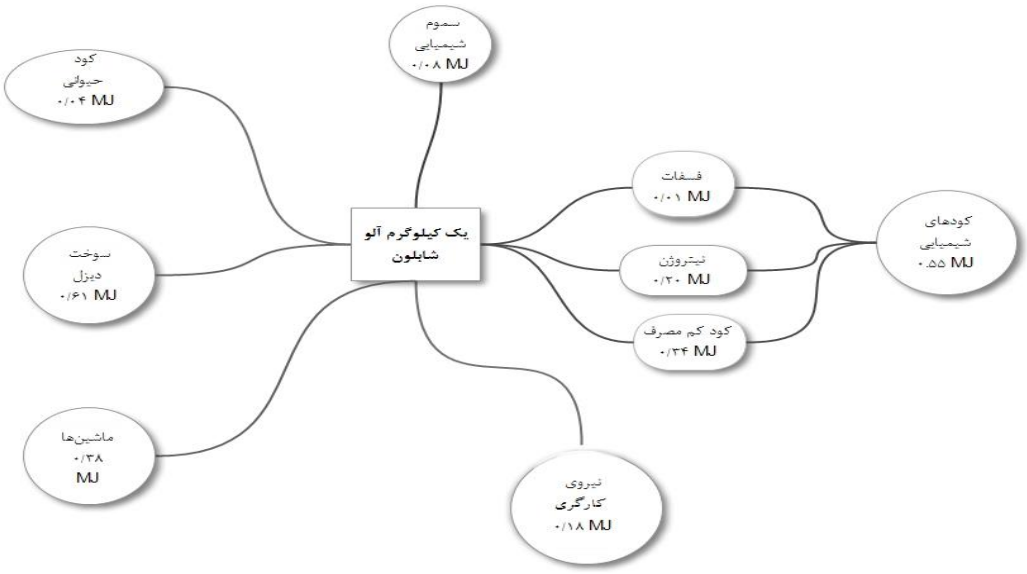
ورودی‌ها و خروجی	واحد	مقدار مصرف (واحد بر هکتار)	انرژی معادل در هر هکتار (مگاژول)
الف: ورودی‌ها			
۱.نیروی انسانی	ساعت	۱۲۸۳/۴۷	۲۵۱۵/۶۰
۲.ماشین‌ها	ساعت	۸۴/۹۲	۵۳۲۴/۴۸
۳.سوخت دیزل	لیتر	۱۵۲/۸۳	۸۶۰۵/۸۶
۴.کودهای شیمیایی			
-نیتروژن	کیلوگرم	۴۳/۱۴	۲۸۵۳/۲۸
-پتاس	کیلوگرم	۹/۳۷	۱۰۴/۴۸
-کم مصرف	کیلوگرم	۳۹/۹۲	۴۷۹۰/۴۰
۵.سموم شیمیایی	کیلوگرم	۹/۲۶	۱۱۱۱/۲۰
۶.کود حیوانی	کیلوگرم	۱۸۸۳/۴۵	۵۶۵/۰۴
کل انرژی ورودی			**۲۵۸۷۰/۳۳**
ب: خروجی			
۱.آلو شابلون	کیلوگرم	۱۴۱۳۱/۴۵	۲۶۸۴۹/۷۶
کل انرژی خروجی			**۲۶۸۴۹/۷۶**



شکل ۲- سهم هر یک از نهاده‌های ورودی در انرژی مصرفی تولید آلو شابلون در استان گلستان (مگاژول بر هکتار)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- جریان انرژی‌های مصرفی برای تولید یک کیلوگرم آلو شابلون در استان گلستان

شاخص‌های انرژی

شاخص‌های انرژی تولید آلو شابلون در استان گلستان در جدول (۴) آورده شده است. کارایی انرژی تولید آلو شابلون در استان گلستان ۱/۰۴ به دست آمد. شاخص کارایی انرژی برای تولید آلو شابلون و آلو قطره طلا در تهران، هلو دراستان گلستان و کیوی در مازندران به ترتیب ۰/۲۵ و ۰/۴۰، ۰/۵۵ و ۱/۵۴ گزارش شد (Mohammadi *et al.*, 2010; Tabatabei *et al.*, 2012; Royan *et al.*, 2012). اگرچه میزان عملکرد آلو شابلون در استان گلستان کم‌تر از تهران بود، ولی انرژی مصرفی کم‌تر برای تولید آلو شابلون در استان گلستان نسبت به تهران موجب گردیده که در مجموع کارایی انرژی تولید آلو شابلون در استان گلستان بیش‌تر از تولید آن در تهران باشد. همچنین کارایی انرژی تولید آلو شابلون در استان گلستان از تولید آلو قطره طلا در تهران و هلو در استان گلستان بیش‌تر بود. این در حالی است که کارایی انرژی برای تولید آلو شابلون در استان گلستان کم‌تر از تولید کیوی در مازندران بود.

بهره‌وری انرژی تولید آلو شابلون در استان گلستان ۰/۵۵ کیلوگرم بر مگاژول به دست آمد. این شاخص برای تولید آلو شابلون در تهران، هلو در استان گلستان و کیوی در مازندران به ترتیب ۰/۱۳، ۰/۲۹ و ۰/۸۱ کیلوگرم بر مگاژول اعلام شد (Mohammadi *et al.*, 2010; Tabatabei *et al.*, 2012; Royan *et al.*, 2012).

افزوده انرژی تولید آلو شابلون در استان گلستان ۹۷۹/۴۲ مگاژول بر هکتار به دست آمد. این شاخص برای تولید آلو شابلون در تهران، هلو در استان گلستان و کیوی در مازندران به ترتیب ۱۲۵۷۸۸- و ۱۶۶۴۲- و ۱۶۳۵۴ مگاژول بر هکتار گزارش شد (Mohammadi *et al.*, 2010; Tabatabei *et al.*, 2012; Royan *et al.*, 2012).

مدل‌سازی اثر انرژی‌های ورودی بر عملکرد آلو شابلون

اثر انرژی‌های ورودی بر عملکرد

نتایج استفاده از تابع کاب داگلاس به‌منظور تعیین اثر انرژی‌های ورودی بر عملکرد آلو شابلون در استان گلستان در جدول ۵ آورده شده است. تأثیر نهاده‌های انرژی نیروی انسانی،

جدول ۴. شاخص‌های انرژی و انواع انرژی در تولید آلو شابلون در استان گلستان

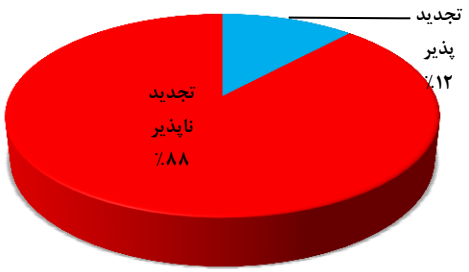
شاخص‌ها	واحد	مقدار
کارایی انرژی	-	۱/۰۴
بهره‌وری انرژی	کیلوگرم بر مگاژول	۰/۵۵
افزوده انرژی	مگاژول بر هکتار	۹۷۹/۴۲

میزان مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر انرژی برای تولید آلو شابلون در استان گلستان به ترتیب ۳۰۸۰/۶۴ و ۲۲۷۸۹/۷۰ مگاژول بر هکتار به دست آمد. سهم شکل‌های تجدیدپذیر و غیرتجدیدپذیر انرژی در تولید به ترتیب ۸۸ و ۱۲ درصد به دست آمد (شکل ۴). سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید محصولات آلو شابلون در استان تهران، هلو در گلستان و کیوی در مازندران به ترتیب ۱۳، ۱۷ و ۲۵ گزارش شد (Mohammadi *et al.*, 2010; Tabatabei *et al.*, 2012; Royan *et al.*, 2012). در تمامی این موارد، سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید آلو شابلون در استان گلستان کم‌تر بود. سهم انرژی‌های

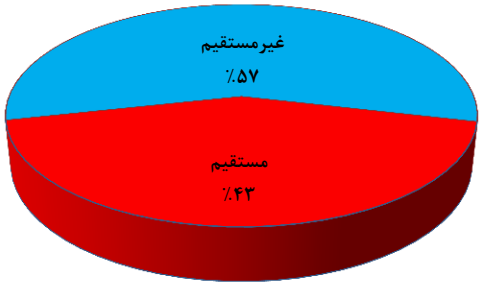
www.SID.ir

Archive of SID

مستقیم و غیرمستقیم در تولید آلو شابلون در استان گلستان به ترتیب ۱۱۱۲۱/۴۶ و ۱۴۷۴۸/۸۷ مگاژول بر هکتار بودند، سهم این انرژی های مستقیم و غیرمستقیم در تولید به ترتیب ۴۳ و ۵۷ درصد بود (شکل ۵).



شکل ۴- سهم شکل‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر انرژی در تولید آلو شابلون در استان گلستان



شکل ۵- سهم شکل‌های مستقیم و غیرمستقیم انرژی در تولید آلو شابلون در استان گلستان

ماشین‌های کشاورزی، سوخت دیزل، سموم شیمیایی و کود حیوانی بر روی عملکرد آلو شابلون مثبت و تأثیر نهاده انرژی کودهای شیمیایی بر عملکرد منفی محاسبه شد. تاثیر نهاده‌های انرژی نیروی انسانی و کودهای شیمیای با ضرایب رگرسیونی به ترتیب ۰/۹۳ و ۰/۳۹- بر روی عملکرد آلو شابلون در استان گلستان در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. Tabatabaie *et al.* (2012) گزارش نمودند که تأثیر نهاده‌های انرژی نیروی انسانی، سوخت دیزل، کودهای شیمایی بر روی عملکرد آلو شابلون در تهران مثبت و تأثیر نهاده انرژی سموم شیمایی و الکتریسیته بر عملکرد منفی بود. Royan *et al.* (2012) در بررسی انرژی تولید هلو در استان گلستان، تاثیر نهاده‌های انرژی نیروی انسانی، سوخت دیزل، کودهای شیمیایی و کود حیوانی بر روی عملکرد هلو را مثبت گزارش نمودند.

نرخ بازگشت به مقیاس در این مطالعه ۱/۳۵ محاسبه شد (جدول ۵). بدین‌معنا که با افزایش یک درصدی در انرژی تمام نهاده‌های مصرفی، عملکرد معادل ۱/۳۵ درصد افزایش می‌یابد. مقادیر بالاتر از واحد نرخ بازگشت به مقیاس دلالت بر افزایش بازگشت به مقیاس را دارد. مقدار R^2 برای مدل تخمین زده شده، ۰/۸۱ به‌دست آمد، که نشان می‌دهد در حدود ۸۱ درصد از تغییرات عملکرد، توسط متغیرهای مستقل (انرژی نهاده‌ها) قابل تبیین می‌باشد.

برای داده‌های استفاده شده در این تحقیق، همبستگی با استفاده از روش دوربین-واتسون بررسی شد. نتایج تخمین مدل رگرسیون در جدول (۵) نشان داده شده است. مقدار دوربین- واتسون ۱/۹۱ برای معادله (۹) به‌دست آمد که بیانگر عـدم وجـود همبستگی بین متغیرها در مدل تخمینی در سطح پنج درصد است. بنابراین عملکرد آلو شابلون (متغیر درونی) تابعی از نیروی انسانی، سوخت دیزل، کودهاو سموم شیمیایی و کود حیوانی (متغیر بیرونی) در نظر گرفته شد. نتایج مشابهی توسط Rajabi Hamedani *et al.* (2011) گزارش شد.

تحلیل حساسیت نهاده‌های انرژی

نتایج تحلیل حساسیت نشان داد که در محدوده‌ی مورد بررسی در این مطالعه، با افزایش یک مگاژول در انرژی ورودی نهاده‌های نیروی انسانی، ماشین‌های کشاورزی، سوخت دیزل، سموم شیمیایی و کود حیوانی عملکرد به ترتیب معادل ۰/۳۴، ۰/۴۶، ۰/۱۲، ۰/۲۶ و ۰/۲۱ کیلوگرم بر هکتار افزایش یافت و با افزایش یک مگاژول در انرژی نهاده انرژی کودهای شیمیایی، عملکرد آلو شابلون معادل ۰/۸۷ کیلوگرم بر هکتار کاهش یافت.

مقادیر *MPP* متغیرها در آخرین ستون جدول (۵) نشان داده شده است. همانطور که دیده می‌شود *MPP* برای ماشینهای کشاورزی و کودهای شیمیایی به ترتیب ۰/۴۶ و ۰/۸۶- است. یعنی با افزایش MJ ۱ در هر کدام از نهاده‌های انرژی ماشینهای کشاورزی یا کودهای شیمیایی، به ترتیب منجر به تغییر در عملکرد ۰/۴۶ و ۰/۸۶- کیلوگرم در هکتار می‌شود.

جدول ۵. اثر انرژی‌های ورودی بر عملکرد و تحلیل حساسیت انرژی مصرفی برای تولید آلو شابلون

متغیرها	ضریب رگرسیونی	آماره (t-ratio) t	P-Value	MPP
X_1: نیروی انسانی	۰/۹۳	۱/۱۹ ns	۰/۲۴	۰/۳۴
X_2: ماشین‌های کشاورزی	۰/۳۷	۱/۲۹ ns	۰/۳۱	۰/۴۶
X_3: سوخت دیزل	۰/۱۶	۰/۸۵ ns	۰/۵۳	۰/۱۲
X_4: کودهای شیمیایی	-۰/۳۹	- ۱/۹۳ *	۰/۰۳	-۰/۸۷
X_5: سموم شیمیایی	۰/۱۱	۰/۷۶ ns	۰/۴۳	۰/۲۶
X_6: کود حیوانی	۰/۱۷	۰/۹۱ ns	۰/۳۶	۰/۲۱
R^2	۰/۸۱			
R^2_{Adj}	۰/۷۳			
دوربین واتسون	۱/۹۱			
نرخ بازگشت به مقیاس	۱/۳۵			

* معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و ns غیرمعنی‌دار

www.SID.ir

Archive of SID

رابطه بین اندازه باغ و انرژی‌های ورودی و خروجی

ضرایب همبستگی بین مساحت باغ آلو شابلون و انرژی‌های ورودی و خروجی در جدول (۶) ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، همبستگی منفی بین اندازه باغ و انرژی‌های ورودی و خروجی وجود دارد و این همبستگی در مورد رابطه‌ی بین انرژی‌های ورودی و مساحت مزرعه بیش‌تر است (ضریب همبستگی ۰/۱۹-). Pishgar-Komleh *et al.* (2011); Pishgar-Komleh *et al.* (2012b); Nikkhah *et al.* (2014) نیز معتقدند با افزایش مساحت تحت کشت، میزان انرژی ورودی بر واحد سطح کاهش می‌یابد. همبستگی بین انرژی ورودی و خروجی نیز ۰/۷۳ بود و بین انرژی‌های ورودی و خروجی تولید آلو شابلون در استان گلستان همبستگی مثبت مشاهده شد.

جدول ۶. همبستگی بین اندازه باغ و انرژی‌های ورودی و خروجی

	مساحت مزرعه (هکتار)	انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)	انرژی خروجی (مگاژول بر هکتار)
اندازه باغ (هکتار)	۱/۰۰	-۰/۱۹	-۰/۰۱
انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)	-۰/۱۹	۱/۰۰	۰/۷۳
انرژی خروجی (مگاژول بر هکتار)	-۰/۰۱	۰/۷۳	۱/۰۰

نتیجه‌گیری

این پژوهش به بررسی جریان مصرف انرژی و مدلسازی آن در تولید آلو شابلون در استان گلستان پرداخته است. برای مدلسازی اثر انرژی‌های مصرفی بر عملکرد از تابع کاب داگلاس و تحلیل حساسیت انرژی‌های مصرفی بهره گرفته شد. مهم‌ترین نتایج این پژوهش به صورت زیر می‌باشد:

سوخت دیزل و کودهای شیمیایی به ترتیب با سهم ۳۳ و ۳۰ درصد به عنوان پرمصرف‌ترین منابع انرژی در تولید بودند. استفاده از ماشین‌های نو و کارا از نظر انرژی و ماشین‌های متناسب با کشت آلو شابلون و انجام آزمایش‌های خاک برای تعیین مقدار مناسب کوددهی می‌توانند به عنوان راهبردهایی در راستای کاهش انرژی مصرفی و افزایش کارایی انرژی تولید آلو شابلون در استان گلستان مدنظر قرار گیرد.

در حدود ۷۷ درصد از سوخت دیزل مصرفی برای تولید آلو شابلون در استان گلستان به سوخت مورد نیاز برای پمپاژ آب آبیاری مربوط می‌باشد. روش‌های سنتی آبیاری و استفاده از پمپ‌های دیزلی عمدتا ناکارا از نظر مصرف انرژی، سبب گشته سوخت دیزل نسبتا زیادی برای پمپاژ آب آبیاری مصرف گردد. براین اساس، استفاده از پمپ‌های الکتریسیته بهینه از نظر مصرف انرژی می‌تواند به عنوان راهکاری در راستای کاهش مصرف انرژی برای تولید آلو شابلون در استان گلستان مدنظر قرار گیرد.

کارایی انرژی تولید آلو شابلون در استان گلستان ۱/۰۴ به دست آمد. اگرچه میزان عملکرد آلو شابلون در استان گلستان کم‌تر از تهران بود، ولی انرژی مصرفی کم‌تر برای تولید آلو شابلون در استان گلستان نسبت به تهران موجب گردیده که در مجموع کارایی انرژی تولید آلو شابلون در استان گلستان بیش‌تر از تولید آن در تهران باشد. همچنین کارایی انرژی تولید آلو شابلون در استان گلستان از تولید آلو قطره طلا در تهران و هلو در استان گلستان بیش‌تر بود. این در حالی است که کارایی انرژی برای تولید آلو شابلون در استان گلستان کم‌تر از تولید کیوی در مازندران بود.

نتایج تحلیل حساسیت نشان داد که در محدوده‌ی مورد بررسی در این مطالعه، با افزایش یک مگاژول در انرژی ورودی نهاده‌های نیروی انسانی، ماشین‌های کشاورزی، سوخت دیزل، سموم شیمیایی و کود حیوانی عملکرد به ترتیب معادل ۰/۳۴، ۰/۴۶، ۰/۱۲، ۰/۲۶ و ۰/۲۱ کیلوگرم بر هکتار افزایش یافت و با افزایش یک مگاژول در انرژی نهاده انرژی کودهای شیمیایی عملکرد آلو شابلون معادل ۰/۸۷ کیلوگرم بر هکتار کاهش یافت.

نتایج بررسی همبستگی بین اندازه باغ و انرژی‌های ورودی و خروجی نشان داد که همبستگی منفی بین اندازه باغ و انرژی‌های ورودی و خروجی وجود دارد و این همبستگی در مورد رابطه بین انرژی‌های ورودی و مساحت باغ بیش‌تر است. به این معنا که باغ‌هایی با اندازه بزرگ‌تر از انرژی مصرفی کم‌تری بر واحد سطح برخوردارند.

REFERENCES

Almasi, M., Kiani, S., & loiemi, N. (2008). Principles of agricultural mechanization. forest publications. (In Farsi).

Banaeian, N. & Zangeneh, M. (2011). Modeling energy flow and economic analysis for walnut production in Iran. Res. J. Appl. Sci. Eng. Technolgy, 3(3):194-201.

Emadi, B., Nikkhah, A., Khojastehpour, M., & Payman, S.H. (2015). Effect of farm size on energy consumption and input costs of peanut production in Guilan province, Iran. Agricultural Machinery, 5 (1), 217-227.

Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H., & Gunduz, O. (2007). Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy, 32:35–41.

Hatirli, S.A., Ozkan, B., Fert, C. 2006. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. Renew Energy, 31: 427-438.

Khojastehpour, M., Nikkhah, A., & Hashemabadi, D. (2015). A comparative study of energy use and greenhouse gas emissions of canola production,

www.SID.ir

Archive of SID

International Journal of Agricultural Management and Development, 2015, 5 (1): 51-58.

Mobtaker, H. G., Keyhani, A. Mohammadi, A. Rafiee S. & Akram. A. (2010). Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan Province of Iran. Agriculture, Ecosystems & Environment, 137: 367-372.

Mohammadi A, Rafiee S, Mohtasebi S.S. & Rafiee H. (2010). Energy inputs – yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. Renewable Energy, 35: 1071-1075.

Mousavi-Avval, S. H., Rafiee, S. Jafari, A. & Mohammadi. A. (2011b). Improving energy productivity of sunflower production using data envelopment analysis (DEA) approach. Journal of the Science of Food and Agriculture, 91: 1885-1892.

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

Namdari, M., Kangarshahi, A.A. & Amiri, N.A. (2011). Econometric model estimation and sensitivity analysis of inputs for mandarin production in Mazandaran province of Iran. Research Journal of Applied Sciences Eng Technol., 3(5):464-470.

Nikkhah, A., Emadi, B., Shabanian, F., & Hamzeh-Kalkenari, H. (2014). Energy sensitivity analysis and greenhouse gas emissions for tea production in guilan province, Iran. Agroecology, 2015, 6 (3): 622-633.

Ozkan, B., Ceylan, R. F. & Kizilay. H. (2011). Comparison of energy inputs in glasshouse double crop (fall and summer crops) tomato production. Renewable Energy 36: 1639-1644.

Pishgar-Komleh, S. H. Omid, M. Heidari, M.D. (2013). On the study of energy use and GHG (greenhouse gas) emissions in greenhouse cucumber production in Yazd province. Energy 59(15): 63–71.

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

Rajabi-Hamedani, S., Shabani, Z., Rafiee. S. 2011. Energy inputs and crop yield relationship in potato production in Hamadan province of Iran, Energy, 36(5):2367-2371.

Ramedani, Z., Rafiee, S. & Heidari. M.D. (2011). An investigation on energy consumption and sensitivity analysis of soybean production farms. Energy, 36, 6340-6344.

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

Sefeedpari P, Shokoohi Z, Behzadifar Y. (2014). Energy use and carbon dioxide emission analysis in sugarcane farms: a survey on Haft-Tappeh Sugarcane Agro-Industrial Company in Iran. Journal of Cleaner Production 83(15):212-219.

Singh, G., Singh, S. & Singh, J. (2004). Optimization of energy inputs for wheat crop in Punjab. Energy Convers Manage, 45:453-465.

Singh, S., & Mittal. J. P. (1992). Energy in Production Agriculture. Mittal Publications.

Snedecor, G.W. & Cochran, W.G. (1989). Statistical methods. Iowa State University Press.

Soltanali, H., Emadi, B., Rohani, A., Khojastehpour, M., & Nikkhah, A. (2016). Optimization of energy consumption in milk production units through integration of DEA approach and sensitivity analysis, Iranian Journal of Applied Animal Science 6 (1), 15-29.

Tabatabaie, S. M. H., Rafiee, Sh., and Keyhani, A. (2012) . Energy consumption flow and econometric models of two plum cultivars productions in Tehran province of Iran. Energy, 44: 211-216.

Tabatabaie, S. M. H., Rafiee, Sh., Keyhani, A., and Heidari, M. D. (2013). Energy use pattern and sensitivity analysis of energy inputs and input costs for pear production in Iran. Renewable Energy 51: 7-12.

Taheri-Rad, A., Nikkhah, A., Khojastehpour, M., & Shahram Noroozie, S. (2015). Assessing the GHG emissions, the energy and economic analysis of cotton production in Golestan province. Agricultural Machinery, 5 (2),428-445.

www.SID.ir