نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۴، ص ۴۴۵-۴۲۸

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 5, No. 2, Fall - Winter 2015, p. 428-445

بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای، تحلیل انرژی و هزینه‌های تولید پنبه در استان گلستان

علیرضا طاهری راد[۱]- امین نیکخواه[۲]- مهدی خجسته پور[۳*]- شهرام نوروزیه[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۸/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۰۵

چکیده

این تحقیق به بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای، انرژی مصرفی و هزینه‌های تولید پنبه در استان گلستان پرداخته است. اطلاعات از طریق پرسشنامه و مصاحبه حضوری با ۴۳ پنبه‌کار گلستانی جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد که مجموع انرژی ورودی برای تولید پنبه در استان گلستان ۲۸۸۹۸ مگاژول بر هکتار است. دو نهاده سوخت دیزل و ماشین‌های کشاورزی به‌ترتیب با ۴۵/۶ و ۱۵/۹ درصد، پرمصرف‌ترین نهاده‌های انرژی در تولید بودند. کارایی انرژی ۱/۵۸ به‌دست آمد. نتایج استفاده از تابع کاب داگلاس نشان داد، 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 است. نتایج تحلیل حساسیت ورودی‌های انرژی نشان داد با افزایش یک مگاژول انرژی نهاده‌های بذر و نیروی انسانی عملکرد به‌ترتیب به میزان ۰/۲۹ و ۰/۲۲ کیلوگرم افزایش می‌یابد. مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای $kg\ CO_2\ eq\ ha^{-1}$ ۱۴۳۰/۱۸ محاسبه شد. سه نهاده سوخت دیزل، کود حیوانی و ماشین‌های کشاورزی با ۴۵/۲، ۲۳/۵ و ۲۲/۸ درصد، بیش‌ترین انتشار گازهای گلخانه‌ای را در تولید داشتند. سوخت دیزل با بیش‌ترین انرژی مصرفی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید پنبه، تنها در حدود ۲/۷ درصد از هزینه‌های متغیر را شامل می‌شد. همچنین نسبت سود به هزینه برای تولید پنبه در استان گلستان ۱/۱۶ محاسبه شد.

واژه‌های کلیدی: انرژی، پنبه، تحلیل حساسیت، کاب داگلاس، گازهای گلخانه‌ای

مقدمه

استان گلستان یکی از استان‌های شمالی ایران است. سطح زیر کشت محصولات کشاورزی در این استان ۷۲۴۶۹۷ هکتار است که از این میزان ۶۹۴۶۱۸ هکتار آن مربوط به محصولات زراعی است. همان‌طوری که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، سطح زیر کشت پنبه در طی سال‌های ۹۰-۱۳۷۵ سیر نزولی داشته و هم اکنون سطح زیر کشت پنبه در استان گلستان در حدود ۱۷۷۷۷ هکتار است و این استان با سطح زیر کشت کنونی در رتبه دوم سطح زیر کشت پنبه در سطح کشور قرار دارد (AJMDC, 2011; CRI, 2011). برای دستیابی به توسعه پایدار کشت یک محصول در یک منطقه لزوم توجه به سیر و جریان انرژی‌های ورودی و خروجی در تولید آن محصول وجود دارد، با توجه به افزایش قیمت حامل‌های انرژی تا اجرای کامل طرح هدفمندسازی یارانه‌ها و همچنین نزدیک شدن قیمت نهاده‌ها به قیمت اصلی انرژی مصرفی آن‌ها، در آینده حتی تولید محصولی با صرفه اقتصادی نسبتاً زیاد و انرژی ورودی نسبتاً زیاد و کارایی پایین انرژی در ایران ادامه‌پذیر نخواهد بود. لذا ضرورت توجه به روند انرژی مصرفی تولید محصولات مختلف در نقاط متفاوت تولیدی وجود دارد. حال آن که استفاده زیاد از نهاده‌ها در تولید محصولات کشاورزی سبب بروز آسیب‌هایی به محیط زیست می‌شود. از بارزترین این موارد می‌توان به گرمایش جهانی که در چند سال اخیر موضوع مباحث زیادی در بحث‌های کلان و همچنین امضا معاهداتی از جمله پروتکل کیوتو[5] شده است، اشاره کرد.

پنبه به‌عنوان یکی از دانه‌های روغنی، یک ماده خام بالقوه برای تولید سوخت بیودیزل است (Ahmad *et al.*, 2011). در تحقیقات انجام شده بر روی انرژی مصرفی و تحلیل اقتصادی تولید پنبه، دو مطالعه در کشور ترکیه صورت گرفته است که یکی در استان آنتالیا و دیگری در استان هاتای ترکیه می‌باشد. کارایی انرژی[6] تولید پنبه در استان‌های آنتالیا و هاتای ترکیه به‌ترتیب ۰/۷۴ و ۲/۳۶ و بهره‌وری

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مکانیزاسیون، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت
۳- دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم و عضو مرکز پژوهشی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email:mkhpoor@um.ac.ir)
۴- استادیار مؤسسه تحقیقات پنبه کشور

5- Kyoto protocol
6- Energy efficiency

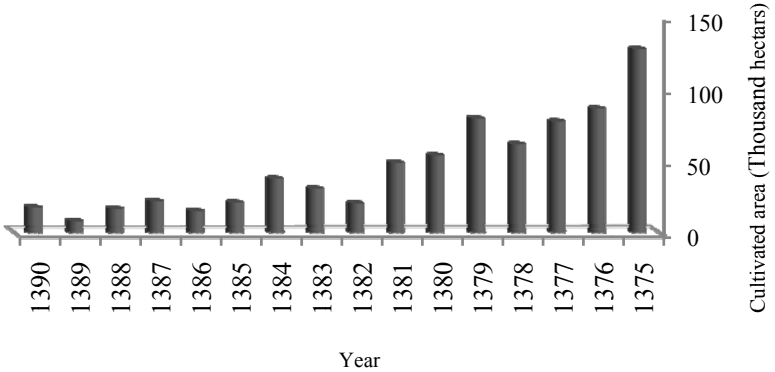
انرژی نیز به‌ترتیب ۰/۰۶ و ۰/۲۰ کیلوگرم بر مگاژول و همچنین نسبت سود به هزینه به‌ترتیب ۱/۵۹ و ۱/۲۴ به‌دست آمد. نهاده‌های پرمصرف انرژی در تولید پنبه به‌ترتیب سه نهاده کودهای شیمیایی، آب آبیاری و سوخت دیزل برای استان آنتالیا و سوخت دیزل، کودهای شیمیایی و ماشین‌آلات برای استان هاتای معرفی شدند (Dagistan *et al.*, 2009; Yilmaz *et al.*, 2005). در مطالعه انرژی مصرفی و انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید پنبه در استان البرز، اطلاعات از طریق مصاحبه از ۵۶ کشاورز جمع‌آوری شد، نتایج به‌دست آمده نشان داد، مجموع انرژی ورودی ۳۱۲۳۷ مگاژول بر هکتار است. کارایی انرژی و بهره‌وری انرژی نیز به‌ترتیب ۱/۸۵ و ۰/۱۱ کیلوگرم بر مگاژول و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید پنبه در استان البرز $kg\ CO_2\ eq\ ha^{-1}$ ۱۱۹۵/۲۵ گزارش شدند که دو نهاده سوخت دیزل و ماشین‌آلات به‌ترتیب بیشترین نهاده‌های تولیدکننده گازهای گلخانه‌ای بودند (Pishgar-Komleh *et al.*, 2012). تحقیقی به بررسی انرژی مصرفی تولید پنبه در استان گلستان پرداخته است. اطلاعات مربوطه از طریق مصاحبه با ۲۳ کشاورز جمع‌آوری شد. سه نهاده سوخت دیزل، کودهای شیمیایی و مواد شیمیایی به‌عنوان نهاده‌های پرمصرف انرژی معرفی شدند و کارایی انرژی ۱/۱۰ گزارش شد (Ahmadi and AghaAlikhani, 2012). مطالعه مذکور تنها به بررسی انرژی‌های ورودی و خروجی تولید پنبه در استان گلستان پرداخت و از میان چندین شاخص انرژی فقط کارایی انرژی را محاسبه نمود و بحث و نتایجی در مورد دیگر شاخص‌های انرژی در تولید پنبه نداشت. آن‌ها در مطالعه خود از روش آماری برای تعیین رابطه بین انرژی‌های ورودی و عملکرد استفاده ننمودند، همچنین در این مطالعه برای الیاف و پنبه دانه یک هم ارز در نظر گرفته شد. این در حالی است که در چندین مطالعه صورت گرفته بر روی انرژی تولید پنبه دو هم ارز متفاوت برای خروجی‌های الیاف و پنبه‌دانه در نظر گرفته می‌شود (Pishgar-Komleh *et al.*, 2012; Tsatsarelis, 1991).

در مورد بررسی انرژی مصرفی و تحلیل اقتصادی تولید دانه‌های روغنی، تحقیقاتی دیگری نیز صورت گرفته است، که از آن‌ها می‌توان به بررسی انرژی مصرفی تولید کلزا در استان گلستان اشاره کرد. بیشترین نهاده‌های مصرف‌کننده انرژی برای تولید کلزا در منطقه به‌ترتیب کودهای شیمیایی، سوخت دیزل و الکتریسیته اعلام شد و کارایی انرژی ۳/۰۲ و بهره‌وری انرژی ۰/۱۲ کیلوگرم بر مگاژول گزارش شد (Mousavi-Avval *et al.*, 2011a). در مطالعه بر روی انرژی مصرفی تولید سویا در کردکوی استان گلستان مجموع انرژی ورودی ۱۸۰۲۶/۵۰ مگاژول بر هکتار و مجموع انرژی خروجی ۷۱۲۲۸/۸۶ مگاژول بر هکتار گزارش شد. (Ramedani *et al.*, 2011). تحقیقات دیگری نیز بر روی تحلیل انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و تحلیل اقتصادی تولید محصولات کشاورزی در شمال ایران انجام شده است (AghaAlikhani *et al.*, 2013; Royan *et al.*, 2012; Pishgar-Komleh *et al.*, 2011; Mohammadi *et al.*, 2010; Taheri-Garavand *et al.*, 2010). از آن جا که تاکنون مطالعه‌ای جامع بر روی انتشار گازهای گلخانه‌ای و تحلیل اقتصادی تولید پنبه در استان گلستان صورت نگرفته است و همچنین تحقیقی به رابطه بین انرژی‌های ورودی و خروجی تولید این محصول در منطقه نپرداخته است، هدف از این مطالعه بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای و تحلیل اقتصادی تولید پنبه در استان گلستان و همچنین تعیین رابطه بین انرژی‌های ورودی با عملکرد است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و روش نمونه‌گیری

این مطالعه در سال ۹۱-۱۳۹۰ در سه منطقه گرگان، آق‌قلا و گنبد در استان گلستان انجام شد.



شکل ۱- روند تغییرات سطح زیر کشت پنبه طی سال‌های ۹۰-۱۳۷۵ در استان گلستان (AJMDC, 2011; CRI, 2011)

Fig.1. Changes of cotton cultivated area in Golestan province, 1996-2011

که حدود ۶۰ درصد از سطح زیر کشت پنبه استان گلستان در شهرستان آق‌قلا، حدود ۱۵ درصد در شهرستان گنبد و مابقی آن در شهرستان‌های گرگان، علی‌آباد و کردکوی پراکنده می‌باشد (AJMDC, 2012)، که با توجه به سطح زیر کشت پایین در مناطق کردکوی و علی‌آباد از جمع‌آوری اطلاعات از این مناطق صرف‌نظر شد. تعداد افراد مورد مطالعه از طریق فرمول کوکران محاسبه شد (Snedecor and Cochran, 1980). بدین ترتیب که ابتدا پرسشنامه‌ای با توجه به نقطه نظرات کارشناسان جهاد کشاورزی و مؤسسه تحقیقات پنبه و تعدادی از کشاورزان منطقه تهیه شد و توسط چندی از کارشناسان تأیید شد. سپس تعداد محدودی از پرسشنامه‌ها توسط کشاورزان تکمیل و اطلاعات جمع‌آوری گردید و با پیش برآورد انحراف معیار نمونه از این طریق رابطه (۱) تعداد افراد نمونه تخمین زده شد که بر این اساس تعداد افراد نمونه ۴۳ نفر تعیین شد. اطلاعات از کشاورزان توسط پرسشنامه و مصاحبه حضوری جمع‌آوری شد.

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

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

در این رابطه t برابر است با ۱/۹۶ (در سطح اطمینان ۹۵٪)، s پیش برآورد انحراف معیار جامعه، d دقت احتمالی مطلوب (۰/۵)، N حجم جامعه و n حجم نمونه است.

روش بررسی انرژی‌های ورودی و خروجی

در این مطالعه هشت نهاده انرژی بذر (x_1)، نیروی انسانی (x_2)، ماشین‌ها (x_3)، سوخت دیزل (x_4)، کودهای شیمیایی (x_5)، مواد شیمیایی (x_6)، آب آبیاری (x_7) و کود حیوانی (x_8) به‌عنوان ورودی‌های سامانه تولید پنبه و متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. مقدار مواد مؤثر کودهای شیمیایی با توجه به مطالعات اردل و همکاران و خواجه پور محاسبه شد (Erdal *et al.*, 2007; Khajepour, 1997). همچنین خروجی‌های سامانه که شامل الیاف (محلوج) و پنبه دانه بود، به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. پنبه دانه ۷۰ درصد وش پنبه را تشکیل می‌دهد و مابقی آن را الیاف پنبه شامل می‌شود (Pishgar-Komleh *et al.*, 2013). معادل‌های انرژی هریک از نهاده‌های ورودی و خروجی در جدول ۱ آورده شده است. شاخص‌های انرژی شامل کارایی انرژی، بهره‌وری انرژی[1]، انرژی ویژه[2] و افزوده انرژی[3] طبق روابط (۳) تا (۶) محاسبه شد:

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

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

$$\text{انرژی ویژه} = \frac{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)}}{\text{عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)}} \quad (۵)$$

$$\text{افزوده انرژی} = \text{انرژی خروجی (مگاژول بر هکتار)} - \text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)} \quad (۶)$$

در این مطالعه رابطه بین انرژی نهاده‌های ورودی با عملکرد با استفاده از تابع کاب داگلاس تخمین زده شد. این تابع در بسیاری از تحقیقات صورت گرفته بر روی انرژی تولید محصولات کشاورزی به کار گرفته شده است (Kuswardhani *et al.*, 2013; Mobtaker *et al.*, 2012; Royan *et al.*, 2012; Samavatean *et al.*, 2011). شکل کلی تابع به‌صورت رابطه (۷) است. اگر از طرفین معادله لگاریتم گرفته شود و هشت نهاده انرژی ورودی در نظر گرفته شده در رابطه قرار گیرند، رابطه مورد نظر به شکل رابطه (۹) در می‌آید. در این رابطه a_0 و e_i به‌ترتیب ضریب ثابت و ضریب خطا هستند و $\alpha_8, \dots, \alpha_2, \alpha_1$ به‌ترتیب ضرایب رگرسیونی نهاده‌های انرژی ورودی هستند.

$$y = f(x)\exp(u) \quad (۷)$$

$$Lny_i = a_0 + \sum_{j=1}^{n} \alpha_j \ln(x_{ij}) + e_i \quad i = 1,2,\dots,n \quad (۸)$$

$$Lny_i = a_0 + \alpha_1 lnx_1 + \alpha_2 lnx_2 + \alpha_3 lnx_3 + \alpha_4 \ln x_4 + \alpha_5 lnx_5 + \alpha_6 lnx_6 + \alpha_7 lnx_7 + \alpha_8 lnx_8 + e_i \quad (۹)$$

به‌نحوی مشابه نیز رابطه رگرسیونی انواع شکل‌های انرژی شامل انرژی‌های مستقیم (DE)، غیر مستقیم (IDE)، تجدیدپذیر (RE) و تجدیدناپذیر (NRE) با عملکرد پنبه (y) مطابق روابط (۱۰) و (۱۱) بررسی شد:

$$\ln y_i = a_0 + \beta_1 \ln DE + \beta_2 \ln IDE + e_i \quad (۱۰)$$

$$\ln y_i = a_0 + \gamma_1 \ln RE + \gamma_2 \ln NRE + e_i \quad (۱۱)$$

1- Energy productivity
2- Specific energy
3- Net energy

جدول ۱- معادل انرژی ورودی‌ها و خروجی‌ها

Table 1- Energy equivalent of inputs and outputs

ورودی‌ها و خروجی‌ها Inputs and outputs	هم ارز انرژی Energy equivalent (MJ unit^{-1})	منبع Reference
ورودی‌ها **Inputs**		
بذر Seed	18	(Pishgar-Komleh *et al.*, 2012; Tsatsarelis, 1991)
نیروی انسانی Human labor	1.96	(Soltani *et al.*, 2013)
ماشین‌ها Machinery	62.7	(Singh and Mittal, 1992)
سوخت دیزل Diesel fuel	56.31	(Mobtaker *et al.*, 2010)
کودهای شیمیایی Chemical fertilizers		
نیتروژن Nitrogen	66.14	(Ozkan *et al.*, 2011)
فسفات Phosphate	12.44	(Ozkan *et al.*, 2011)
پتاس Potassium	11.15	(Ozkan *et al.*, 2011)
گوگرد Sulfur	1.12	(Singh *et al.*, 2002)
مواد شیمیایی Chemicals		
قارچ‌کش Fungicide	216	(Rafiee *et al.*, 2010)
حشره‌کش Insecticide	101.2	(Rafiee *et al.*, 2010)
علف‌کش Herbicide	238	(Rafiee *et al.*, 2010)
آب آبیاری Water for irrigation	1.02	(Khan *et al.*, 2009)
کود حیوانی Farmyard manure	0.3	(Ozkan *et al.*, 2004)
خروجی‌ها **Outputs**		
الیاف Lint	15.5	(Pishgar-Komleh *et al.*, 2012; Tsatsarelis, 1991)
پنبه دانه Seed	18	(Pishgar-Komleh *et al.*, 2012; Tsatsarelis, 1991)

در این رابطه y_i عملکرد واحد i ام و β_iام ضرایب رگرسیونی فرم‌های مستقیم و غیر مستقیم انرژی و γ_iام ضرایب رگرسیونی شکل‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر انرژی هستند. 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 هر یک از معادلات رگرسیونی ذکر شده، محاسبه می‌شود.

به‌منظور تعیین حساسیت نهاده‌های انرژی ورودی در تولید پنبه در استان گلستان از روش بهره‌وری فیزیکی حاشیه‌ای[1] استفاده شد که از طریق آن مشخص می‌شود که با افزایش یک واحد در یکی از

1- Marginal physical productivity

نهاده‌های انرژی، با ثابت بودن سایر عوامل تولید، میزان تغییر در عملکرد چه میزان است. MPP از طریق رابطه (۱۲) محاسبه می‌شود:

$$MPP_{xj} = \frac{GM(Y)}{GM(X_{ij})} \times \alpha_{ij} \quad (۱۲)$$

در این رابطه MPPxj مقدار بهره‌وری فیزیکی حاشیه‌ای به‌ازای نهاده Jام، α_{ij} ضریب رگرسیونی نهاده، GM(Y) میانگین هندسی عملکرد محصول در هکتار و GM(Xij) میانگین هندسی نهاده انرژی ورودی است (Mobtaker *et al.*, 2012; Royan *et al.*, 2012).

روش بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای

در این مطالعه انتشار گازهای گلخانه‌ای نهاده‌های ماشین‌های کشاورزی، سوخت، کودهای شیمیایی، مواد شیمیایی و کود حیوانی در تولید پنبه در استان گلستان محاسبه شد. ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای هریک از این نهاده در جدول ۲ آورده شده است. در این مطالعه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در یک هکتار و همچنین به‌ازای تولید یک تن پنبه در استان گلستان محاسبه شد.

روش تحلیل اقتصادی

برای ارزیابی اقتصادی تولید پنبه در استان گلستان هزینه‌های متغیر، ثابت و کل تولید بر واحد سطح محاسبه شد. شاخص‌های اقتصادی ارزش تولید کل، درآمد ناخالص، درآمد خالص، نسبت سود به هزینه و بهره‌وری اقتصادی به‌ترتیب مطابق روابط (۱۳) تا (۱۷) محاسبه شدند:

(۱۳) عملکرد (کیلوگرم بر هکتار) × قیمت محصول (ریال بر کیلوگرم) = ارزش تولید کل

(۱۴) ارزش تولید کل (ریال بر هکتار) − هزینه متغیر تولید (ریال بر هکتار) = درآمد ناخالص

(۱۵) ارزش تولید کل (ریال بر هکتار) − هزینه کل تولید (ریال بر هکتار) = درآمد خالص

$$\text{نسبت سود به هزینه} = \frac{\text{ارزش کل تولید (تومان بر هکتار)}}{\text{هزینه کل تولید (تومان بر هکتار)}} \quad (۱۶)$$

$$\text{بهره وری اقتصادی} = \frac{\text{عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)}}{\text{هزینه کل تولید (ریال بر هکتار)}} \quad (۱۷)$$

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها ابتدا اطلاعات خام در صفحه نرم‌افزار EXCEL 2007 ثبت شدند، سپس با استفاده از نرم افزاری JMP4 تجزیه و تحلیل داده‌ها انجام شد.

جدول ۲- ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای نهاده‌های کشاورزی

Table 2- Greenhouse gas emission coefficients of agricultural inputs

ورودی‌ها Inputs	واحد Unit	ضریب انتشار گازهای گلخانه‌ای (kg CO_2eq $unit^{-1}$)	منبع Reference
ماشین‌های کشاورزی Agriculture machinery	مگاژول MJ	0.071	(Dyer and Desjardins, 2006)
سوخت دیزل Diesel fuel	لیتر lit	2.76	(Dyer and Desjardins, 2003)
کودهای شیمیایی Chemical fertilizers			
نیتروژن Nitrogen	کیلوگرم kg	1.3	(Lal, 2004)
فسفر Phosphorus	کیلوگرم kg	0.2	(Lal, 2004)
پتاسیم Potassium	کیلوگرم kg	0.2	(Lal, 2004)
مواد شیمیایی Chemicals			
قارچ‌کش Fungicide	کیلوگرم kg	3.9	(Lal, 2004)
حشره‌کش Insecticide	کیلوگرم kg	5.1	(Lal, 2004)
علف‌کش Herbicide	کیلوگرم kg	6.3	(Lal, 2004)
کود حیوانی Farmyard manure	کیلوگرم kg	0.126	(Pishgar-Komleh *et al.*, 2013; Xiaomei and Kotelko, 2003)

نتایج و بحث

تاریخ و نحوه انجام عملیات‌های مختلف تولید پنبه در استان گلستان در جدول ۳ ارائه شده است. نکته قابل توجه در عملیات آماده‌سازی زمین در تولید پنبه در استان گلستان دفعات زیاد دیسک‌زنی می‌باشد. به‌نحوی که کشاورزان منطقه پس از عملیات شخم با گاوآهن برگردان‌دار اقدام به دو تا هشت دفعه دیسک زنی می‌کنند. در عملیات داشت نیز تعداد دفعات سم‌پاشی قابل توجه است. میانگین تعداد دفعات سم‌پاشی برای تولید پنبه در استان گلستان ۷/۸۴ دفعه به‌دست آمد که از میزان تعداد دفعات سم‌پاشی برای تولید پنبه در استان هاتای ترکیه (۶ مرتبه) بیش‌تر است (Dagistan *et al.*, 2009). اکثر این سم‌پاشی‌ها به‌منظور حشره‌کشی انجام می‌شود. اولین آبیاری برای تولید پنبه در منطقه ۳۵ الی ۴۰ روز پس از کاشت به‌صورت غرقابی انجام می‌شود. در منطقه برداشت در سه مرحله صورت می‌گیرد و تماماً سنتی است.

عملکرد پنبه در استان گلستان در حدود ۲۶۵۰ کیلوگرم بر هکتار محاسبه شد. در مطالعه‌ای میزان عملکرد پنبه در استان گلستان ۲۹۷۱ کیلوگرم بر هکتار گزارش شد (Ahmadi and AghaAlikhani, 2012). متوسط عملکرد پنبه در استان البرز ۳۴۳۰ کیلوگرم بر هکتار اعلام شد (Pishgar-Komleh *et al.*, 2012). عملکرد تولید پنبه در آنتالیا و هاتای ترکیه به‌ترتیب ۳۱۱۳ و ۳۹۱۷ کیلوگرم بر هکتار گزارش شد (Dagistan *et al.*, 2009; Yilmaz *et al.*, 2005). عملکرد تولید پنبه در یونان نیز برابر ۳۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار گزارش شد (Tsatsarelis, 1991). مقایسه میانگین عملکرد پنبه در استان گلستان با دیگر نقاط ایران، ترکیه و یونان نشان‌دهنده‌ی عملکرد نسبتاً پایین پنبه در این استان است. به‌نحوی‌که در حال حاضر استان گلستان از نظر سطح زیر کشت در رتبه دوم و از لحاظ عملکرد در رتبه سوم کشور قرار دارد (AJMDC, 2011). مقدار انرژی‌های ورودی و خروجی تولید پنبه در استان گلستان در جدول ۴ ارائه شده است. در این مطالعه نیز مانند بسیاری از مطالعات صورت گرفته بر روی انرژی تولید محصولات کشاورزی در سال‌های اخیر در ایران، نهاده سوخت دیزل به‌عنوان پرمصرف‌ترین نهاده انرژی در تولید به‌دست آمد. به‌نحوی‌که ۴۵/۶ درصد از انرژی‌های ورودی تولید را به‌خود اختصاص داد. با توجه به مصرف زیاد نهاده سوخت دیزل در مراحل برداشت و آماده‌سازی زمین، علی‌رغم عدم استفاده از این نهاده در مرحله برداشت، این نهاده به‌عنوان پرمصرف‌ترین نهاده انرژی در تولید شناخته شد.

جدول ۳- نوع و تاریخ عملیات مختلف تولید پنبه در استان گلستان

Table 3- Type and date of different operations for cotton production in Golestan province

Operations type نوع عملیات	Date	Date
شخم اول با گاوآهن برگردان‌دار First plowing with moldboard	۱۵ آذر الی ۱۵ دی	6 Dec to 5 Jan
شخم دوم با گاوآهن برگردان‌دار Second plowing with moldboard	۱ الی ۲۰ اردیبهشت	21 Apr to 10 May
دیسک (۲ الی ۸ بار) Disc (2 to 8 times)	۵ الی ۲۵ اردیبهشت	25 Apr to 15 May
میانگین تعداد دفعات دیسک زدنی Average number of disking	4.21	4.21
کاشت با ردیف کار چهار ردیفه Cultivation with rows of four-row	۱۵ الی ۳۰ اردیبهشت	5 to 20 May
وجین اول First weeding	۲۵ الی ۳۰ روز بعد از کاشت	25 to 30 days after planting
آبیاری اول First irrigation	۳۵ الی ۴۰ روز بعد از کاشت	35 to 40 days after planting
تعداد دفعات وجین Frequency of weeding	2.74	2.74
تعداد دفعات سم‌پاشی Number of spraying	7.84	7.84
میانگین تعداد دفعات آبیاری Average irrigation frequency	2.70	2.70
برداشت دستی Hand picked	۲۰ شهریور تا ۲۵ آذر	11 Sep to 16 Des
تعداد برداشت Number of harvesting	3	3

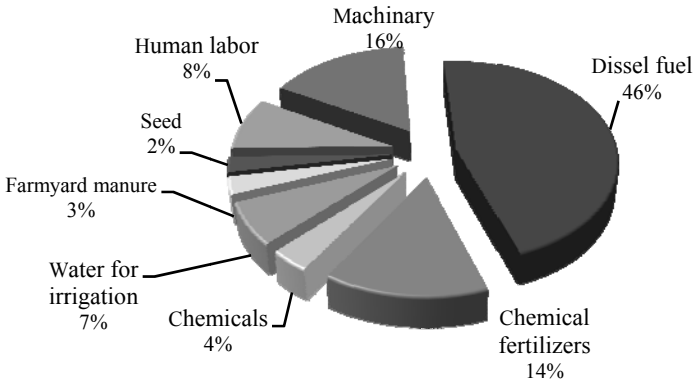
مقدار مصرف نهاده انرژی ماشین‌های کشاورزی برابر ۴۵۸۸ مگاژول بر هکتار محاسبه شد و با ۱۵/۹ درصد مصرف انرژی دومین نهاده پرمصرف انرژی در تولید بود. نهاده انرژی کودهای شیمیایی نیز با سهم ۱۴/۵ درصد از انرژی تولید پنبه، رتبه سوم مصرف انرژی در تولید پنبه در استان گلستان را داشت (شکل ۲). در مطالعه احمدی و آقاعلیخانی بر روی انرژی تولید پنبه در استان گلستان سوخت دیزل و کودهای شیمیایی به‌ترتیب با ۴۶ و ۲۴ درصد مصرف انرژی به‌عنوان پرمصرف‌ترین نهاده‌های انرژی در تولید گزارش شدند (Ahmadi and Agha Alikhani, 2012). در تحقیق بر روی تولید پنبه در استان البرز نیز سه نهاده سوخت دیزل، ماشین‌های کشاورزی و کودهای شیمیایی به‌ترتیب به‌عنوان پرمصرف‌ترین نهاده‌های انرژی در تولید گزارش شدند (Pishgar-Komleh *et al.*, 2012). در استان آنتالیا ترکیه نیز سوخت دیزل با ۳۱ درصد مصرف انرژی، پرمصرف‌ترین نهاده انرژی در تولید پنبه معرفی شد و پس از آن نیز نهاده‌های انرژی کود شیمیایی و ماشین‌های کشاورزی نهاده‌های پرمصرف انرژی در تولید بودند. در مطالعات ذکر شده برای تولید پنبه، سوخت دیزل پرمصرف‌ترین نهاده انرژی در تولید بود. مقدار انرژی مصرفی سوخت دیزل در استان گلستان بیش‌تر از انرژی مصرفی این نهاده در تولید پنبه در البرز و هاتای ترکیه بود (Pishgar-Komleh *et al.*, 2012; Dagistan *et al.*, 2009) و از میزان انرژی مصرفی سوخت دیزل برای تولید پنبه در استان آنتالیا ترکیه کم‌تر به‌دست آمد (Yilmaz *et al.*, 2005). همان‌طوری‌که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، با وجود عدم مصرف سوخت دیزل در مرحله برداشت، سوخت نسبتاً زیادی در مراحل آماده‌سازی زمین و داشت برای تولید پنبه در استان گلستان مصرف می‌شود. متوسط ساعات کار ماشین‌های کشاورزی در حین عملیات دیسک زنی در آنتالیا ترکیه ۵/۲ ساعت بر هکتار است (Yilmaz *et al.*, 2005)، که این مقدار برای تولید پنبه در استان گلستان در حدود ۴/۲ ساعت بر هکتار محاسبه شد. لذا با توجه به ادامه افزایش قیمت حامل‌های انرژی، ادامه این روند امکان‌پذیر نمی‌باشد و کشت پنبه در این منطقه نیازمند توجه به عملیاتی مانند کشت مستقیم و خاک‌ورزی حفاظتی دارد.

جدول ٤- انرژی‌های ورودی و خروجی تولید پنبه در استان گلستان (مگاژول بر هکتار)

Table 4- Energy inputs and outputs for cotton production in Golestan province

ورودی‌ها و خروجی‌ها Inputs and outputs	میانگین انرژی Means energy	کم‌ترین Minimum	بیش‌ترین Maximum	انحراف معیار Standard deviation	درصد Percentage (%)
ورودی‌ها **Inputs**					
بذر Seed	714.7	540.0	810.0	45.69	2.5
نیروی انسانی Human labor	2412.8	694.8	9363.9	1300.7	8.4
آماده‌سازی زمین Land preparation	15.6	4.9	31.4	5.2	0.1
کاشت Planting	2.2	1.5	7.8	1.1	0.01
داشت Treatment	1190.1	225.4	8467.2	1192.5	4.1
برداشت Harvesting	1118.2	282.2	4116.0	541.1	4.1
حمل و نقل Transporting	23.6	8.8	31.2	5.7	0.1
سوخت دیزل Diesel fuel	13184.2	2984.0	25244.0	4287.7	45.6
آماده‌سازی زمین Land preparation	4115.4	1351.4	6757.2	1231.8	14.2
کاشت Planting	860.5	0	1126.2	313.9	3
داشت Treatment	7108.1	0	18301.0	3552.1	24.6

حمل و نقل Transporting	1100.4	506.8	2416.8	389.9	3.8
ماشین‌های کشاورزی Agriculture machinery	4588.4	1662.0	1961	3828.4	15.9
کودهای شیمیایی Chemical fertilizers	4188.9	0	7294.1	1669.7	14.5
نیتروژن Nitrogen	3746.5	0	6723.8	1604.6	1.3
فسفر Phosphorus	305.4	0	1034.5	224.1	1.1
پتاسیم Potassium	75.2	0	839.9	202.4	0.3
گوگرد Sulfur	61.8	0	171.4	56.7	0.2
مواد شیمیایی Chemicals	1035.9	0	2241.4	495.4	3.6
قارچ‌کش Fungicide	108.0	0	540.0	184.1	0.4
حشره‌کش Insecticide	648.4	0	1214.4	298.8	2.2
علف‌کش Herbicide	279.5	0	714.0	301.6	1
آب آبیاری Water for irrigation	1971.8	0	8812.8	2029.1	6.8
کود حیوانی Farmyard manure	800.6	0	4500.0	1339.1	2.8
مجموع انرژی ورودی Total energy input	28898.0	14614.0	61943.0	9495.1	100
خروجی‌ها **Outputs**					
الیاف Lint	12322.5	5580.0	16275.0	2624.1	
پنبه‌دانه Seed	33390.0	15320.0	44100.0	7110.4	
مجموع انرژی خروجی Total energy input	45712.5	20700.0	60375.0	9734.5	



شکل ۲- سهم انرژی‌های ورودی در تولید پنبه در استان گلستان

Fig.2. The share of energy inputs of cotton production in Golestan, Iran

نهاده انرژی نیروی انسانی با ۲۴۱۳ مگاژول بر هکتار انرژی مصرفی، چهارمین نهاده پرمصرف انرژی در تولید پنبه در استان گلستان شناخته شد. این در حالی است که در بسیاری از مطالعات صورت گرفته در ایران این نهاده انرژی کم‌تر از یک درصد مصرف انرژی تولید محصولات کشاورزی را به‌خود اختصاص می‌دهد (Saeedi *et al.*, 2013; Khoshnevisan *et al.*, 2013; Mobtaker *et al.*, 2012; Mobtaker *et al.*, 2010). از دلایل مصرف انرژی نسبتاً زیاد این نهاده برداشت دستی پنبه در منطقه در طی سه مرحله و همچنین استفاده از نیروی انسانی نسبتاً زیاد در مرحله وجین است. نهاده پنجم پرمصرف انرژی در تولید پنبه در استان گلستان نهاده انرژی آب آبیاری بود که ۶/۸ درصد مصرف انرژی در تولید پنبه در منطقه را به‌خود اختصاص داد. سهم نهاده انرژی آب آبیاری در تولید پنبه در استان البرز ۳۲۵۰ مگاژول بر هکتار بود. میزان انرژی مصرفی آب آبیاری برای تولید پنبه در استان گلستان کم‌تر از انرژی مصرفی این نهاده برای تولید پنبه در استان البرز ایران و استان‌های هاتای و آنتالیا ترکیه است (Pishgar-Komleh *et al.*, 2012; Dagistan *et al.*, 2009; Yilmaz *et al.*, 2005)، که این امری مطلوب و قابل توجه است. نهاده انرژی مواد شیمیایی نیز با ۱۰۳۶ مگاژول بر هکتار ۳/۶ درصد مصرف انرژی در تولید پنبه در منطقه را به‌خود اختصاص داده است. نهاده انرژی کود حیوانی نیز با ۸۰۱ مگاژول بر هکتار سهم ۲/۸ درصد مصرف انرژی را در تولید پنبه در استان گلستان دارد. نهاده انرژی بذر نیز کم‌ترین سهم انرژی مصرفی را در بین سایر نهاده‌ها در تولید پنبه در استان گلستان دارد. مجموع انرژی ورودی برای تولید پنبه در استان گلستان ۲۸۸۹۸ مگاژول بر هکتار محاسبه شد. این مقدار در مطالعه دیگر صورت گرفته در این منطقه ۳۱۹۰۵ مگاژول بر هکتار گزارش شد (Ahmadi and Agha Alikhani, 2012). مجموع انرژی ورودی برای تولید پنبه در استان البرز ۳۱۲۳۷ مگاژول بر هکتار اعلام شد (Pishgar-Komleh *et al.*, 2012)، که از میزان انرژی ورودی برای تولید پنبه در استان گلستان بیش‌تر است. میزان انرژی ورودی در هر هکتار در استان آنتالیا و هاتای ترکیه به‌ترتیب ۴۹۷۳۷ و ۱۹۵۵۸ مگاژول گزارش شد (Dagistan *et al.*, 2009; Yilmaz *et al.*, 2005).

شاخص‌های انرژی تولید پنبه در استان گلستان در جدول ۵ ارائه شده است. میانگین کارایی انرژی برای تولید پنبه در استان گلستان ۱/۵۸ محاسبه شد. کارایی انرژی در دیگر مطالعه صورت گرفته بر روی انرژی تولید پنبه در استان گلستان برابر ۱/۰۹ گزارش شد که بخشی از تفاوت عدد مذکور در این است که در مطالعه احمدی و آقاعلیخانی هم ارز انرژی الیاف و پنبه دانه یک عدد (۱۱/۸) در نظر گرفته شده (Ahmadi and Agha Alikhani, 2012)، ولی در مطالعه حاضر همان‌طوری که در جدول ۱ اشاره شده است، برای الیاف و پنبه دانه دو هم ارز متفاوت تعریف شده است. هرچند میزان انرژی ورودی برای تولید پنبه در استان گلستان کم‌تر از استان البرز است، ولی با توجه به این که میزان انرژی خروجی برای تولید پنبه در استان البرز بیش‌تر است، کارایی انرژی برای تولید پنبه در استان البرز بیش‌تر (۱/۸۵) است (Pishgar-Komleh *et al.*, 2012). کارایی انرژی برای تولید پنبه در استان آنتالیا و هاتای ترکیه به‌ترتیب ۰/۷۴ و ۲/۳۶ گزارش شد (Dagistan *et al.*, 2009; Yilmaz *et al.*, 2005). نتیجه این که کارایی انرژی برای تولید پنبه در استان گلستان از استان البرز ایران و هاتای ترکیه کم‌تر و از کارایی انرژی تولید آن در استان آنتالیا ترکیه بیش‌تر است. در مورد انرژی مصرفی تولید سایر دانه‌های روغنی نیز کارایی انرژی تولید کلزا و آفتابگردان در استان گلستان به‌ترتیب ۳/۰۲ و ۴/۵۲ گزارش شد (Mousavi-Avval *et al.*, 2011a; Mousavi-Avval *et al.*, 2011b)، همچنین کارایی انرژی تولید سویا در کردکوی استان گلستان ۴/۶۲ اعلام شد (Ramedani *et al.*, 2011). کارایی انرژی تولید کلزا در استان مازندران ۱/۴۴ گزارش شد (Taheri-Garavand *et al.*, 2010). کارایی انرژی به‌دست آمده برای تولید پنبه در استان گلستان در مقایسه با تولید دیگر دانه‌های روغنی کشت شده در شمال ایران نشان داد که کارایی انرژی تولید پنبه در این منطقه از تولید کلزا، سویا و آفتابگردان در استان گلستان و تولید بادام‌زمینی در استان گیلان کم‌تر و از تولید کلزا در استان مازندران بیش‌تر بود که دلیل این امر را می‌توان به انرژی ورودی بیش‌تر برای تولید پنبه در استان گلستان نسبت به تولید تمامی این محصولات در شمال ایران نسبت داد (Mousavi-Avval *et al.*, 2011a; Mousavi-Avval *et al.*, 2011b; Ramedani *et al.*, 2011; Taheri-Garavand *et al.*, 2010; Emadi *et al.*, 2014).

بهره‌وری انرژی برای تولید پنبه در استان گلستان ۰/۰۹۲ کیلوگرم بر مگاژول محاسبه شد (جدول ۵). بهره‌وری انرژی تولید پنبه در البرز ایران، هاتای و آنتالیا ترکیه به‌ترتیب ۰/۱۱، ۰/۰۶ و ۰/۲۰ گزارش شد (Pishgar-Komleh *et al.*, 2012; Dagistan *et al.*, 2009; Yilmaz *et al.*, 2005). سهم انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم تولید پنبه به‌ترتیب ۱۷۵۶۹/۲ و ۱۱۳۲۸/۸ مگاژول بر هکتار محاسبه شد (جدول ۵).

جدول ۵- شاخص‌ها و شکل‌های مختلف انرژی تولید پنبه در استان گلستان

Table 5- Energy indicators and forms for Cotton production in Gorgan, Iran

	واحد Unit	میانگین Average	درصد Percent
کارایی انرژی Energy efficiency	-	1.58	-
بهره‌وری انرژی Energy productivity	کیلوگرم بر مگاژول kg MJ^{-1}	0.092	-
انرژی ویژه Specific energy	مگاژول بر کیلوگرم MJ kg^{-1}	10.90	-
افزوده انرژی Net energy	مگاژول بر هکتار MJ ha^{-1}	16814.50	-
انرژی مستقیم[a] Direct energy[a]	مگاژول MJ	17569.2	61
انرژی غیرمستقیم[b] Indirect energy[b]	مگاژول MJ	11328.8	39
انرژی تجدیدپذیر[c] Renewable energy[c]	مگاژول MJ	5900.18	20
انرژی تجدیدناپذیر[d] Non-renewable energy[d]	مگاژول MJ	22997.82	80

[a]انرژی‌های مستقیم شامل: سوخت دیزل، نیروی انسانی، آب آبیاری.

[a] Includes diesel fuel,human labor, water for irrigation.

[b]انرژی‌های غیر مستقیم شامل: مواد شیمیایی، کود حیوانی، کودهای شیمیایی، بذر و ماشین‌های کشاورزی.

[b] Includes chemicals, farmyard manure, chemical fertilizer, seed, agriculture machinery.

[c]انرژی‌های تجدیدپذیر شامل: آب آبیاری، نیروی انسانی، کود حیوانی و بذر.

[c] Includes water for irrigation, human labor, farmyard manure, seed.

[d]انرژی‌های تجدیدناپذیر شامل: ماشین‌های کشاورزی، سوخت دیزل، کودهای شیمیایی و مواد شیمیایی.

[d] Includes agriculture machinery, diesel fuel, chemical fertilizer, chemicals.

همچنین انرژی‌های تجدیدپذیر با ۵۹۰۰/۱۸ مگاژول بر هکتار انرژی مصرفی، ۲۰ درصد انرژی مصرفی تولید پنبه را به تشکیل می‌دادند. سهم انرژی‌های تجدیدپذیر محاسبه شده در این مطالعه از سهم انرژی‌های تجدیدپذیر برای تولید محصولات پنبه در استان‌های آنتالیا و هاتای ترکیه، کلزا و سویا در استان گلستان بیش‌تر است (Mousavi-Avval *et al.*, 2011a; Ramedani *et al.*, 2011; Dagistan *et al.*, 2009; Yilmaz *et al.*, 2005) و از سهم انرژی تجدیدپذیر در تولید پنبه در استان البرز کم‌تر است (Pishgar-Komleh *et al.*, 2012). از دلایل سهم نسبتاً زیاد انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید پنبه در استان گلستان می‌توان به استفاده از نهاده کود حیوانی اشاره کرد.

نتایج استفاده از تابع کاب داگلاس به‌منظور تعیین رابطه بین انرژی‌های ورودی و عملکرد پنبه در استان گلستان در جدول ۶ آورده شده است. تأثیر نهاده‌های انرژی نیروی انسانی، سوخت دیزل، آب آبیاری و کود حیوانی بر روی عملکرد مثبت و تأثیر نهاده‌های بذر، ماشین‌های کشاورزی و مواد شیمیایی بر عملکرد پنبه منفی محاسبه شد. در بررسی انرژی تولید پنبه در استان البرز تأثیر نهاده‌های ورودی بذر، سوخت دیزل، نیروی انسانی، ماشین‌های کشاورزی و مواد شیمیایی بر عملکرد مثبت و تأثیر نهاده انرژی بر روی عملکرد منفی گزارش شد (Pishgar-Komleh *et al.*, 2012). انرژی سوخت دیزل بیش‌ترین ضریب رگرسیونی (۰/۳۵) را در بین سایر نهاده‌ها بر روی عملکرد داشت و تأثیر این نهاده بر روی عملکرد در سطح یک درصد معنی‌دار بود. دومین نهاده‌ای که پس از سوخت دیزل بیش‌ترین تأثیر را بر عملکرد داشت نهاده نیروی انسانی بود. ماشین‌ها نیز سومین نهاده تأثیرگذار بر روی عملکرد به‌دست آمد ولی تأثیر این نهاده بر روی عملکرد منفی بود. ضرایب سایر نهاده‌ها و همچنین سطح معنی‌داری آن‌ها در جدول ۶ ارائه شده است.

نتایج تحلیل حساسیت نشان داد که با افزایش یک مگاژول در انرژی ورودی نهاده‌های نیروی انسانی، سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، آب آبیاری و کود حیوانی عملکرد به‌ترتیب معادل ۰/۲۲، ۰/۰۷، ۰/۰۰، ۰/۱۰ و ۰/۰۱ کیلوگرم افزایش می‌یابد و با افزایش یک مگاژول در انرژی نهاده‌های بذر، ماشین‌ها، مواد شیمیایی عملکرد به‌ترتیب معادل ۰/۲۹، ۰/۰۷، ۰/۱۶، کیلوگرم کاهش می‌یابد. در تحقیق بر روی تولید پنبه در استان البرز مقدار MPP نهاده‌های سوخت دیزل، نیروی انسانی، ماشین‌ها، کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی، بذر و آب آبیاری به‌ترتیب ۰/۳۸، ۰/۱۱، ۰/۴۵، ۱/۹۵-، ۱/۶۸، ۰/۰۹ و ۰/۱۰ گزارش شد (Pishgar-Komleh *et al.*,

.2012)

جدول ٦- تخمین رابطه بین انرژی‌های ورودی و عملکرد پنبه در استان گلستان

Table 6- Estimate the relationship between energy inputs and yield of cotton in Golestan, Iran

متغیرهای مستقل Independent variables	ضریب رگرسیونی Coefficient	آماره t t-ratio	P-Value	MPP
$Model: Lny_i = a_0 + \alpha_1 lnx_1 + \alpha_2 lnx_2 + \alpha_3 lnx_3 + \alpha_4 \ln x_4 + \alpha_5 lnx_5 + \alpha_6 lnx_6 + \alpha_7 lnx_7 + \alpha_8 lnx_8 + e_i$				
بذر Seed	-0.08	-0.23	0.816	-0.290
نیروی انسانی Human labor	0.19	2.57*	0.016	0.221
ماشین‌های کشاورزی Agriculture machinery	-0.10	-1.57	0.127	-0.068
سوخت دیزل Diesel fuel	0.35	3.27**	0.003	0.073
کودهای شیمیایی Chemical fertilizers	0.00	0.33	0.744	0.000
مواد شیمیایی Chemicals	-0.06	-2.36*	0.025	-0.161
آب آبیاری Water for irrigation	0.07	3.15**	0.004	0.103
کود حیوانی Farmyard manure	0.01	1.33	0.193	0.012
R^2	0.70			
دوربین واتسون DurbineWatson	2.05			
نرخ بازگشت به مقیاس Return to scale	0.38			

* و ** به‌ترتیب معنی‌داری در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

انتشار گازهای گلخانه‌ای

سهم هریک از نهاده‌های ورودی در انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید پنبه در استان گلستان در جدول ۷ آورده شده است. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای نهاده سوخت دیزل برابر $kg\ CO_2eq\ ha^{-1}$ ۶۴۶/۲۳ محاسبه شد و با سهم ۴۵/۲ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید پنبه در استان گلستان، بیش‌ترین انتشار گازهای گلخانه‌ای را داشت. کود حیوانی با ۲۳/۵ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای دومین نهاده با انتشار بالای گازهای گلخانه‌ای در تولید پنبه شناخته شد. ماشین‌های کشاورزی ۲۲/۸ درصد از سهم انتشار گازهای گلخانه‌ای را به‌خود اختصاص داد و از این نظر در رتبه سوم در بین سایر نهاده‌ها قرار گرفت. نهاده مواد شیمیایی نیز با ۲/۹ درصد کم‌ترین انتشار گازهای گلخانه‌ای را در بین سایر نهاده‌ها داشت.

در تولید پنبه در استان گلستان دو نهاده سوخت دیزل و ماشین‌های کشاورزی با سهم به‌ترتیب ۳۶ و ۳۴ درصد به‌عنوان نهاده‌هایی با بیش‌ترین انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید پنبه در استان البرز گزارش شدند (Pishgar-Komleh *et al.*, 2012). مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید پنبه در استان گلستان معادل $kg\ CO_2eq\ ha^{-1}$ ۱۴۳۰/۱۸ محاسبه شد. مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید پنبه در استان البرز $kg\ CO_2eq\ ha^{-1}$ ۱۱۹۵/۲۵ گزارش شد (Pishgar-Komleh *et al.*, 2012) در نتیجه انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید پنبه در استان گلستان بیش‌تر از استان البرز است، که یکی از دلایل این امر استفاده بیش‌تر از نهاده سوخت دیزل برای تولید پنبه در استان گلستان نسبت به استان البرز است. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولید یک تن پنبه در استان گلستان $kg\ CO_2eq$ ۵۳۹/۶۹ محاسبه شد. این مقدار از میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید یک تن گندم در مرودشت کم‌تر و از میزان انتشار گازهای گلخانه ای در تولید گندم در سوئیس ($kg\ CO_2eq$ ۳۸۱) بیش‌تر است (Mirhaji *et al.*, 2011; Charles *et al.*, 2006).

جدول ۷- انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید پنبه در استان گلستان

Table 7- GHG emission of Cotton production in Golestan, Iran

درصد Percentage (%)	میانگین Average ($kg\ CO_2eq\ ha^{-1}$)	
22.8	325.78	ماشین‌های کشاورزی Agriculture machinery
45.2	646.23	سوخت دیزل Diesel fuel
		کودهای شیمیایی Chemical fertilizers
5.2	73.64	نیتروژن (N) Nitrogen
0.1	1.35	فسفر (P_2O_5) Phosphorus
0.3	4.91	پتاسیم (K_2O) Potassium
2.9	42.02	مواد شیمیایی Chemicals
23.5	336.24	کود حیوانی Farmyard manure
100	1430.18	مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای Total GHG emissions

تحلیل اقتصادی

هزینه‌های متغیر، ثابت و کل تولید پنبه در استان گلستان به‌ترتیب ۳۰۴۲۴۲۹، ۸۵۱۸۸۰ و ۳۸۹۴۳۰۹ تومان بر هکتار محاسبه شد (جدول ۸). در بخش هزینه‌های متغیر نهاده نیروی انسانی بیش‌ترین هزینه مربوط به تولید را داشت، به‌نحوی که ۶۰ درصد هزینه‌های متغیر مربوط به این نهاده بود. برداشت دستی پنبه در استان گلستان به‌طور متوسط به ۶۰۲/۶۴ ساعت نیروی انسانی در هکتار نیاز دارد. از دلایل عدم استفاده از ماشین‌های برداشت مکانیزه پنبه می‌توان به عدم تناسب ماشین‌ها با خاک و فاصله کاشت متداول در منطقه و نوع واریته‌های مرسوم در منطقه که نامتناسب با ماشین‌های برداشت پنبه است، اشاره کرد. همچنین خرده‌مالکی بخشی از زمین‌های تحت کشت پنبه نیز یکی دیگر از دلایل عدم استفاده از ماشین‌های برداشت پنبه در منطقه است. ۱۳/۸ درصد از هزینه‌های متغیر نیز مربوط به نهاده مواد شیمیایی می‌شود. مقدار زیاد سم‌پاشی در کشت پنبه در این منطقه امری نامطلوب است و نیازمند توجه به این موضوع در کشت پنبه در استان گلستان احساس می‌شود. میانگین نسبت سود به هزینه برای تولید پنبه در استان گلستان ۱/۱۶ محاسبه شد. نسبت سود به هزینه تولید پنبه در استان آنتالیا و هاتای ترکیه به‌ترتیب ۰/۸۶ و ۱/۲۴ گزارش شد (Dagistan *et al.*, 2009; Yilmaz *et al.*, 2005). نسبت سود به هزینه برای تولید بادام‌زمینی در استان گیلان ۱/۸۲ گزارش شد (Emadi *et al.*, 2013). این نسبت برای تولید کلزا در استان مازندران ۰/۸۶ اعلام شد (Taheri-Garavand *et al.*, 2010). بهره‌وری تولید پنبه نیز ۰/۶۸ کیلوگرم بر هزار تومان به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری

استان گلستان تا چند سال گذشته بزرگ‌ترین تولیدکننده پنبه در ایران بود. روند کاهش سطح زیر کشت پنبه در منطقه ادامه‌دار بوده به‌نحوی که اکنون این استان از لحاظ تولید و سطح زیر کشت پنبه به‌ترتیب در رتبه دوم و سوم کشور قرار دارد. نتایج این مطالعه نشان داد، کارایی انرژی تولید پنبه در استان گلستان از کارایی انرژی تولید محصولات پنبه در استان البرز، پنبه در استان هاتای ترکیه، کلزا و سویا و آفتابگردان در استان گلستان کم‌تر و از کارایی انرژی تولید محصولات پنبه در آنتالیا ترکیه و کلزا در مازندران بیش‌تر است. نهاده سوخت دیزل ۴۵/۶ درصد از سهم انرژی‌های ورودی و ۴۵/۲ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید پنبه را تشکیل می‌دهد. این در حالی است که تنها ۲/۷ درصد از هزینه‌های متغیر مربوط به این نهاده بود. همچنین نسبت سود به هزینه تولید پنبه در استان گلستان از نسبت سود به هزینه برای تولید محصولات پنبه در استان هاتای ترکیه، بادام‌زمینی در استان گیلان کم‌تر و از نسبت سود به هزینه تولید محصولات پنبه در استان آنتالیا ترکیه و کلزا در مازندران بیش‌تر است.

جدول ۸- تحلیل اقتصادی تولید پنبه در استان گلستان

Table 8- Economic analysis of cotton production in Golestan, Iran

	واحد Unit	میانگین Average	درصد Percentage (%)
عملکرد Yield	کیلوگرم kg	2650	-
قیمت فروش Sale price	تومان بر کیلوگرم Tom kg^{-1}	1700	-
ارزش ناخالص تولید Gross value of production	تومان بر هکتار Tom ha^{-1}	4505000	-
بذر Seed	تومان بر هکتار Tom ha^{-1}	79442	2.6
نیروی انسانی Human labor	تومان بر هکتار Tom ha^{-1}	1824379	60
ماشین‌های کشاورزی Agriculture machinery	تومان بر هکتار Tom ha^{-1}	3544583	11.7
سوخت دیزل Diesel fuel	تومان بر هکتار Tom ha^{-1}	81950	2.7
کودهای شیمیایی Chemical fertilizers	تومان بر هکتار Tom ha^{-1}	195419	6.4
مواد شیمیایی Chemicals	تومان بر هکتار Tom ha^{-1}	421279	13.8
آب آبیاری Water for irrigation	تومان بر هکتار Tom ha^{-1}	45349	1.5
کود حیوانی Farmyard manure	تومان بر هکتار Tom ha^{-1}	40029	1.3
مجموع هزینه‌های متغیر Variable cost of production	تومان بر هکتار Tom ha^{-1}	3042429	100
مجموع هزینه‌های ثابت Fixed cost of production	تومان بر هکتار Tom ha^{-1}	851880	-
کل هزینه تولید Total cost of production	تومان بر هکتار Tom ha^{-1}	3894309	-
درآمد ناخالص Gross return	تومان بر هکتار Tom ha^{-1}	1462571	-
درآمد خالص Net return	تومان بر هکتار Tom ha^{-1}	610691	-
نسبت سود به هزینه Benefit to cost ratio	-	1.16	-
بهره‌وری اقتصادی Economic productivity	کیلوگرم بر هزار تومان	0.68	-

در انتها برای افزایش کارایی انرژی تولید، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و افزایش صرفه اقتصادی تولید پنبه در استان گلستان پیشنهاداتی می‌شود:

کاهش و مدیریت مصرف نهاده سوخت دیزل از راه‌هایی ازجمله جایگزینی ماشین‌های فرسوده با نو به‌منظور کاهش انرژی ورودی و انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید پنبه در استان گلستان

جایگزینی واریته‌های متناسب با برداشت مکانیزه پنبه

حمایت از طراحی، تولید و واردات ماشین‌های برداشت پنبه متناسب با خاک و فواصل کاشت محصول پنبه در استان گلستان به‌منظور کاهش هزینه‌های برداشت محصول

ایجاد راه‌کارهای حمایتی از جمله خرید تضمینی محصول با قیمت واقعی به‌منظور جلوگیری از کاهش سطح زیر کشت پنبه در استان گلستان

آموزش کشاورزان و بهره برداران برای استفاده از روش‌های نوین کشاورزی حفاظتی و تأمین ادوات و ماشین‌های مورد نیاز

منابع

1. AghaAlikhani, M., H. Kazemi-Poshtmasari, and F. Habibzadeh. 2013. Energy use pattern in rice production: A case study from Mazandaran province, Iran. Energy Conversion and Management 69: 157-162.
2. Ahmadi, M., and M. AghaAlikhani. 2012. Energy use analysis of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) production in Golestan Province and a few strategies for increasing resources productivity. Agroecology 4 (2): 151-158. (In Farsi).
3. Ahmad, A. L., N. H. M. Yasin, C. J. C. Derek, and J. K. Lim. 2011. Microalgae as a sustainable energy source for biodiesel production: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15: 584-593.
4. Anonymous. Annual cotton statistics. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran (AJMDC). 2012.
5. Anonymous. Annual agricultural statistics. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran (AJMDC). 2011. Available from: http://www.maj.ir.
6. Anonymous. Cotton research inistitute of Iran (CRI). 2011. Available from: cri.areo.ir.
7. Brentrup, F., J. Küsters, H. Kuhlmann, and J. Lammel. 2004. Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology: I. Theoretical concept of a LCA method tailored to crop production. European Journal of Agronomy 20: 247-264.
8. Charles, R., O. Jolliet, G. Gaillard, and D. Pellet. 2006. Environmental analysis of intensity level in wheat crop production using life cycle assessment. Agriculture, Ecosystems & Environment 113: 216-225.
9. Dagistan, E., H. Akcaoz, B. Demirtas, and Y. Yilmaz. 2009. Energy usage and benefit-cost analysis of cotton production in Turkey.
10. Dyer, J. A., and R. L. Desjardins. 2003. Simulated Farm Fieldwork, Energy Consumption and Related Greenhouse Gas Emissions in Canada. Biosystems Engineering 85: 503-513.
11. Dyer, J. A., and R. L. Desjardins. 2006. Carbon Dioxide Emissions Associated with the Manufacturing of Tractors and Farm Machinery in Canada. Biosystems Engineering 93: 107-118.
12. Emadi, B., A. Nikkhah, M. Khojastehpour, and S. H. Payman. 2013. Effect of farm size on energy consumption and input costs of peanut production in Guilan province, Iran. Journal of Agricultural Machinery (In press). (In Farsi).
13. Erdal, G., K. Esengün, H. Erdal, and O. Gündüz. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy 32: 35-41.
14. Iriarte, A., J. Rieradevall, and X. Gabarrell. 2010. Life cycle assessment of sunflower and rapeseed as energy crops under Chilean conditions. Journal of Cleaner Production 18: 336-345.
15. Khajepour, M. R. 1997. Principles of agronomy. University Publishing of Isfahan Industrial. Esfahan. Iran. (In Farsi).
16. Khan, S., M. A. Khan, M. A. Hanjra, and J. Mu. 2009. Pathways to reduce the environmental footprints of water and energy inputs in food production. Food Policy 34: 141-149.
17. Khoshnevisan, B., S. Rafiee, M. Omid, M. Yousefi, and M. Movahedi. 2013. Modeling of energy consumption and GHG (greenhouse gas) emissions in wheat production in Esfahan province of Iran using artificial neural networks. Energy 52: 333-338.
18. Kuswardhani, N., P. Soni, and G. P. Shivakoti. 2013. Comparative energy input–output and financial analyses of greenhouse and open field vegetables production in West Java, Indonesia. Energy 53: 83-92.
19. Lal, R. 2004. Carbon emission from farm operations. Environment International 30: 981-990.
20. Mirhaji H., M. Khojastehpour, and M. H. Abbaspour-Fard. 2013. Environmental impact study of wheat production in Marvdasht area of Iran. Journal of Natural Environment. (In press).
21. Mirhaji, H., M. Khojastehpour, and M. H. Abaspour-Fard. 2011. Global warming potential of wheat

production in southwest of Iran. In 11th international congress on mechanization and energy in agriculture 2011-09-21. Istanbul, Turkey.
22. Mobtaker, H. G., A. Akram, and A. Keyhani. 2012. Energy use and sensitivity analysis of energy inputs for alfalfa production in Iran. Energy for Sustainable Development 16: 84-89.
23. Mobtaker, H. G., A. Keyhani, A. Mohammadi, Sh. Rafiee, and A. Akram. 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan Province of Iran. Agriculture, Ecosystems & Environment 137: 367-372.
24. Mohammadi, A., S. Rafiee, S. S. Mohtasebi, and H. Rafiee. 2010. Energy inputs – yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. Renewable Energy 35: 1071-1075.
25. Mousavi-Avval, S. H., Sh. Rafiee, A. Jafari, and A. Mohammadi. 2011a. Energy flow modeling and sensitivity analysis of inputs for canola production in Iran. Journal of Cleaner Production 19: 1464-1470.
26. Mousavi-Avval, S. H., Sh. Rafiee, A. Jafari, and A. Mohammadi. 2011b. Improving energy productivity of sunflower production using data envelopment analysis (DEA) approach. Journal of the Science of Food and Agriculture 91: 1885-1892.
27. Ozkan, B., H. Akcaoz, and F. Karadeniz. 2004. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. Energy Conversion and Management 45: 1821-1830.
28. Ozkan, B., R. F. Ceylan, and H. Kizilay. 2011. Comparison of energy inputs in glasshouse double crop (fall and summer crops) tomato production. Renewable Energy 36: 1639-1644.
29. Pishgar-Komleh, S. H., P. Sefeedpari, and Sh. Rafiee. 2011. Energy and economic analysis of rice production under different farm levels in Guilan province of Iran. Energy 36: 5824-5831.
30. Pishgar-Komleh, S. H., P. Sefeedpari, and M. Ghahderijani. 2012. Exploring energy consumption and CO [sub 2] emission of cotton production in Iran. Journal of Renewable and Sustainable Energy 4: 033115-033114.
31. Pishgar-Komleh, S. H., M. Omid, and M. D. Heidari. 2013. On the study of energy use and GHG (greenhouse gas) emissions in greenhouse cucumber production in Yazd province. Energy 59: 63-71.
32. Rafiee, Sh., S. H. Mousavi Avval, and A. Mohammadi. 2010. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. Energy 35: 3301-3306.
33. Ramedani, Z., Sh. Rafiee, and M. D. Heidari. 2011. An investigation on energy consumption and sensitivity analysis of soybean production farms. Energy 36: 6340-6344.
34. Royan, M., M. Khojastehpour, B. Emadi, and H. G. Mobtaker. 2012. Investigation of energy inputs for peach production using sensitivity analysis in Iran. Energy Conversion and Management 64: 441-446.
35. Saeedi, M., M. Khojastehpour, M. H. Abbaspour Fard, M. Farsi, and A. Nikkhah. 2013. Calculating the energy indices of Button Mushroom (Agaricus bisporus) production: energy management approach. The Conference on Modern Management Sciences. Gorgan, Iran.
36. Samavatean, N., Sh. Rafiee, H. Mobli, and A. Mohammadi. 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.
37. Singh, H., D. Mishra, and N. M. Nahar. 2002. Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone, India-part I. Energy Conversion and Management 43: 2275-2286.
38. Singh, S., and J. P. Mittal. 1992. Energy in Production Agriculture. Mittal Publications.
39. Snedecor, G. W., and W. G. Cochran. 1980. Statistical methods. Iowa State University Press.
40. Soltani, A., M. H. Rajabi, E. Zeinali, and E. Soltani. 2013. Energy inputs and greenhouse gases emissions in wheat production in Gorgan, Iran. Energy 50: 54-61.
41. Taheri-Garavand, A., and A. Asakereh, and K. Haghani. 2010. Energy elevation and economic analysis of canola production in Iran a case study: Mazandaran province. International Journal of Environmental Sciences 1: 236-242.
42. Tsatsarelis, C. A. 1991. Energy requirements for cotton production in central Greece. Journal of Agricultural Engineering Research 50: 239-246.
43. Wang, M., W. Wu, W. Liu, and Y. Bao. 2007. Life cycle assessment of the winter wheat-summer maize production system on the North China Plain. International Journal of Sustainable Development & World Ecology 14: 400-407.
44. Xiaomei, L., Kotelko, M. 2003. An integrated manure utilization system (imus): its social and environmental benefits. In: The 3rd international methane and nitrous oxide mitigation conference,

Beijing, China, 17e21 November; (Lecture No.: AG056).
45. Yilmaz, I., H. Akcaoz, and B. Ozkan. 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. Renewable Energy 30: 145-155.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 5, No. 2, Fall - Winter 2015, p. 428-445

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۴، ص ۴۴۵-۴۲۸

Assessing GHG emissions, and energy and economic analysis of cotton production in the Golestan province

A. R. Taheri-Rad[1]- A. Nikkhah[2]- M. Khojastehpour[3*]- Sh. Nourozieh[4]

Received: 19-01-2013
Accepted: 25-01-2014

Introduction: Golestan province is one of Northern provinces in Iran. The area under cultivation of agricultural products in this province is 724.697 hectares, of which about 694.618 hectares are used for farm products (AJMDC, 2011). Cotton as one of oilseed is a potential feedstock for biodiesel production (Ahmad *et al.*, 2011). In the study of energy consumption and greenhouse gas emissions for cotton production in Alborz province, results showed that the total energy input was 31.237 MJ ha^{-1}. Energy efficiency and energy productivity were 1.85 and 0.11, respectively, and greenhouse gas emissions of cotton production in Alborz province were 1195.25 kg CO_2eq ha^{-1} (Pishgar-Komleh *et al.*, 2012). Another study on energy analysis, greenhouse gas emissions and economic analysis of agricultural production was performed in Northern Iran (AghaAlikhani *et al.*, 2013; Royan *et al.*, 2012; Pishgar-Komleh *et al.*, 2011; Mohammadi *et al.*, 2010; Taheri-Garavand *et al.*, 2010). The aims of this study were to determine the energy flow, greenhouse gas emissions and economic analysis of cotton production in the Golestan province and also to determine the effect of energy inputs on cotton yield.

Materials and methods: This research was conducted during 2011-2012 in three areas including Gorgan, Aq'qala and Gonbad in the Golestan province. The primary data were collected from the rice producers through a field survey with the help of a structured questionnaire. The number of subjects were studied by the Cochran formula (Snedecor and Cochran, 1980). Accordingly, 43 cotton producers were determined. In this study, eight energy inputs including seed, labor, machinery, diesel fuel, chemical fertilizers, chemicals, water for irrigation and farmyard manure for cotton production system were considered as independent variables. The outputs of the system including lint and seed were considered as dependent variable. Energy indices including energy efficiency, energy productivity, specific energy and net energy were calculated. In this study, the effect of energy inputs on yield was estimated using the Cobb-Douglas function. In order to determine the sensitivity of energy inputs in the production of cotton in the Golestan province, the marginal physical productivity method was applied. Greenhouse gas emissions, inputs of agricultural machinery, fuel, chemical fertilizers, chemicals and farmyard manure in cotton production in the Golestan province were calculated by the coefficients of each of these inputs. For economic evaluation of cotton production in the Golestan province, the variable costs, fixed and total production per unit area were considered. Economic indices of total production value, gross income, net income, economic productivity and benefit to cost ratio were estimated. Data analysis was performed using JMP8 software.

Results and Discussion: Cotton yield in the Golestan province was about 2650 kg ha^{-1}. Average cotton yield in the Alborz province was reported to be 3430 kg ha^{-1} (Pishgar-Komleh *et al.*, 2012). In this study, diesel fuel had the highest energy consumer among other inputs like the other studies that have been done on energy crop production in Iran. Labor energy input with energy consumption of 2413 MJ ha^{-1}, is known to be the fourth high-energy input in cotton production in the Golestan province. However, in many studies in Iran, this input was accounted to be less than one percent of the energy consumption in the production of agricultural products (Saeedi *et al.*, 2013; Khoshnevisan *et al.*, 2013; Mobtaker *et al.*, 2012; Mobtaker *et al.*, 2010). Chemical energy input with 1036 MJ ha^{-1}, was allocated as 3.6% of energy consumption in the cotton production in the region. Seed energy input was the lowest energy among the other inputs in cotton production in the Golestan province. The results revealed that the total energy inputs for cotton production in the Golestan province was 28.898 MJ ha^{-1}. The average energy efficiency for cotton production in the Golestan province was obtained to be 1.58. Energy productivity for cotton production in the Golestan province was

1- Former MSc Student, Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
2- Young Researchers and Elite Club, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran
3- Associate Professor of Biosystems Engineering and a Member of Research Center for Agricultural Machines, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
4- Assistant Professor, Cotton Research Institute of Iran
(*- Corresponding Author Email: mkhpoor@um.ac.ir)

calculated to be 0.092. From the results of Cobb-Douglas function to determine the relationship between energy input and yield of cotton in Golestan province, the effects of human labor, diesel fuel, water for irrigation, chemical fertilizers and farmyard manure inputs on the yield were positive, and the effects of agriculture machinery and chemicals inputs on cotton yield were negative. Greenhouse gas emission from diesel fuel input hadthe highest value of 646.23 kg CO_2eq ha^{-1} with a 45.2 percent share. Farmyard manure with 23.5 percent of greenhouse emissions was identified as the second largest input in greenhouse gas emissions in cotton production. Variable costs, fixed and total cotton production in the Golestan province were calculated to be 3042429, 851880 and 3894309 Toman ha^{-1}, respectively. Benefit to cost ratio for the cotton production in the Golestan province was calculated as 1.16.

Conclusions: The results of this study showed that the energy efficiency for cotton production in the Golestan province was less than the energy efficiency for cotton production in the Alborz province, Hatay province of Turkey, and canola, soybean and sunflower production in the Golestan province. Also, the energy efficiency of cotton production was less than that of cotton production in Antalya Turkey and canola in the Mazandaran province. The highest share of energy consumption and greenhouse gas emissions belonged to diesel fuel with the share of 45.6 and 45.2 percent, respectively. However, this input accounted for 2.7 percent of variable costs.

Keywords: Cobb-douglas, Cotton, Energy, Greenhouse gas