نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 10، شماره 2، تابستان 1397، ص. 546-529

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.2, Summer 2018, p. 529-546

انتشار دی‌اکسیدکربن و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف انرژی در تولید پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) در استان گلستان

رضا عارفی[1*]، افشین سلطانی[2] و حسین عجم نوروزی[3]

تاریخ دریافت: 1395/12/25
تاریخ پذیرش: 1396/03/20

عارفی، ر.، سلطانی، ا.، و عجم نوروزی، ح. 1397. انتشار دی‌اکسیدکربن و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف انرژی در تولید پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در استان گلستان. بوم‌شناسی کشاورزی، 10(2): 546-529.

چکیده

مدیریت صحیح در انتخاب روش‌ها مناسب عملیات‌های زراعی باعث کاهش مصرف سوخت، انرژی و کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای در تولید محصولات کشاورزی می‌شود. در این مطالعه مقادیر انرژی ورودی، خروجی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در استان گلستان و شهرستان‌های علی‌آباد کتول و آق‌قلا مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، عملیات زراعی در 100 مزرعه در دو سال زراعی 93 و 94 به صورت تصادفی انتخاب و اطلاعات مربوط به تمامی مزارع ثبت شد. مقادیر مختلف کاربرد نهاده‌ها و اطلاعات جامع در هر مرحله از کاشت تا برداشت جمع‌آوری و ثبت و پردازش گردید. در حین اجرای عملیات زراعی مختلف جهت تولید پنبه با استفاده از ضرایب تبدیل انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای استخراج شده از منابع متعدد برای هر عملیات معادل‌سازی شد و سپس مقدار انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای برای هر نهاده و عملیات محاسبه گردید. با توجه به نتایج به‌دست آمده میانگین انرژی خروجی برابر 154 گیگاژول در هکتار به‌دست آمد که حدود شش برابر میانگین انرژی ورودی با 26 گیگاژول در هکتار می‌باشد. دامنه انرژی‌های خروجی برای تولید پنبه بین 49 گیگاژول در هکتار تا 243 گیگاژول در هکتار و برای انرژی ورودی بین 15 تا 43 گیگاژول در هکتار متغیر بود مقدار پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) کل ناشی از فعالیت‌های مختلف در هر مزرعه پنبه بین 741 تا 7790 کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار متغیر بوده است. بیشترین انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به کودهای شیمیایی و مقدار گازهای گلخانه‌ای منتشر شده در نهاده‌ها کود حیوانی و سوخت در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. نتایج مقایسه بین انرژی‌های ورودی و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از آن نشان داد که بین انرژی‌های ورودی در مزارع تولید پنبه و GWP ناشی از آن ارتباط مستقیمی وجود دارد. عملیات‌های آبیاری، تغذیه و آماده‌سازی بیشترین مصرف سوخت را داشته که متعاقب آن باعث افزایش گازهای گلخانه‌ای می‌شود. از نتایج این تحقیق می‌توان به این نتیجه رسید که از طریق کاهش مصرف سوخت و کاهش مصرف کودهای شیمیایی میزان مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: انرژی خروجی، انرژی ورودی، تغییرات اقلیمی، گازهای گلخانه‌ای

مقدمه

عوامل زیادی اعم از طبیعی یا انسان ساخت بر تغییرات آب و هوا موثرند. ورود اشعه خورشید به زمین و بازتاب اشعه مادون قرمز از زمین تعادل را در سیستم جو زمین به‌وجود آورده است که از مکانی به مکان دیگر تحت تأثیر عوامل محیطی متغیر است. یکی از عوامل تأثیرگذار بر تغییرات اقلیمی، جذب بیش از حد اشعه مادون قرمز توسط گازهای گلخانه‌ای می‌باشد. کشاورزی منجر به تولید گازهای مضر گلخانه‌ای شده است (Johnson et al., 2007). کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق به حداقل رساندن مقدار از سوزاندن سوخت‌های فسیلی و استراتژی ضروری جهت مبارزه با گرمایش جهانی امکان‌پذیر است (Tzilivakis et al., 2005). این کاهش مصرف سوخت نیز مهم برای تولید محصولات کشاورزی پایدار، به

1، 2 و 3- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و استادیار، گروه کشاورزی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی گرگان
(*- نویسنده مسئول: Email: Arefi.reza@yahoo.com
DOI: 10.22067/jag.v10i2.61846

منظور بازگشت بهینه‌سازی اقتصادی و حفظ ذخایر سوخت فسیلی می‌باشد (Pervanchon et al., 2002; Rathke et al., 2006).

پنبه (*Gossypium Hirsutum* L.) یکی از مهم‌ترین و با ارزش‌ترین محصولات کشاورزی است که در بیش از یکصد کشور جهان کاشته می‌شود و اقتصاد تعدادی از کشورها در آسیا و آفریقا به این محصول متکی است. این محصول اهمیت اقتصادی و موقعیت-کشاورزی و تجاری خاصی در جهان یافته است، تا جایی‌که به آن نام طلای سفید داده‌اند (Marashi & Vaghif,1975).

انرژی به عنوان یک نهاده دارای اهمیت ویژه‌ای در بخش کشاورزی است. براساس آخرین آمارها، نزدیک به 49 درصد از پروژه-های ثبت شده مربوط به صنایع، انرژی (منابع تجدیدپذیر و تجدید-ناپذیر) است. پس از صنایع، دفع زایدات با حدود 24 درصد در رتبه بعدی قرار داشته و برآوردها نشان می‌دهند که فعالیت‌های کشاورزی عامل انتشار 15 درصد از منابع انتشار گازهای آلاینده بر جهان هستند (Monthly Clean Development Mechanism, 2009). امروزه به‌دلیل افزایش جمعیت، کاهش زمین‌های قابل کشت و بهبود سطح رفاه زندگی میزان مصرف انرژی در بخش‌های کشاورزی افزایش یافته است برای تأمین غذای جمعیت رو به افزایش نیاز به استفاده فشرده از کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها، ماشین‌های کشاورزی، انرژی برق و منابع طبیعی می‌باشد (Barut et al., 2011). بخش کشاورزی پس از حمل و نقل بزرگترین مصرف‌کننده گازوئیل در کشور می‌باشد (Ministry of Energy, 2011).

رجبی و همکاران (Rajabi et al., 2013) در بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از فعالیت‌های مختلف زراعی در شش مزرعه گندم (*Triticum aestivum* L.) در گرگان اظهار داشتند که متوسط تولید GWP برابر 662 کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار در کل مزارع بوده است. همچنین بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار تولید GWP[1] به‌ترتیب برابر با 923 و 268 کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار به‌ترتیب معادل 0/9 و 0/3 تن معادل دی‌اکسید کربن در هکتار بوده است که نشان داد مقادیر GWP ارتباط مستقیمی با مصرف نهاده‌های زراعی (انرژی ورودی) داشته است، به‌طوری‌که کودهای شیمیایی (به‌ویژه نیتروژن) و سوخت‌های فسیلی به‌ترتیب با 45/8 و 22/5 درصد بیش‌ترین سهم را در مصرف انرژی‌اند که متعاقب آن نیز بیش‌ترین سهم در انتشار گازهای گلخانه‌ای و درنتیجه پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از آن، با 56/8 و 36/8 درصد به‌ترتیب مربوط به کودهای شیمیایی و سوخت-های فسیلی به‌دست آمد و نیز نتایج GWP نشان داد که بیش‌ترین و کمترین مقدار GWP در واحد وزن به‌ترتیب برابر 44/6 و 34/8 کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در گیگاژول و در واحد انرژی خروجی به‌ترتیب برابر 11/7 و 4/5 کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در گیگاژول بوده است. در تحقیقات سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2013) بیشترین انرژی را جهت آماده‌سازی بستر کشت با صرف 53 درصد از کل انرژی مصرف شد و به‌ترتیب آبیاری با 15 درصد و برداشت با 19 درصد بیشتر مصرف‌کنندگان انرژی بوده‌اند و نیز در کل سناریوها بیش از 99 درصد انتشار گازهای گلخانه‌ای تعلق به CO_2 داشته و کمتر از یک درصد مربوط به دو گاز CH_4 و N_2O می‌باشد (Soltani et al., 2013). احمدی و آقاعلیخانی (Ahamadi & Aghaalikhani, 2013) در بررسی مصرف انرژی در زراعت پنبه در استان گلستان سهم انرژی مصرفی در زراعت پنبه در استان گلستان، سهم انرژی مصرفی در بخش نهاده‌های سوخت تراکتور و سوخت موتورپمپ به‌ترتیب برابر 24 درصد و 30 درصد و به‌طور کل، 54 درصد انرژی مصرفی مربوطه به سوخت گازوئیل اعلام گردید کودها با 24 درصد و مواد شیمیایی با 13 درصد نیز به‌ترتیب رتبه دوم و سوم را در مصرف انرژی داشتند و مجموع انرژی ورودی برای تولید پنبه در استان البرز 31 گیگاژول بر هکتار اعلام شد. دستان و همکاران (Dastan et al., 2014) میزان مصرف انرژی در نظام‌های کاشت شالیزاری و میزان انتشار دی‌اکسیدکربن را بررسی قرار دادند و بیان نمودند بیشترین سهم انرژی ورودی در نظام‌های تولید مربوط به نیروی برق برای پمپ نمودن آب آبیاری که بالاترین مقدار را از نظر انتشار دی‌اکسیدکربن و پتانسیل گرمایشی جهانی نیز به خود اختصاص داده و کود نیتروژن و سوخت در رتبه‌های دوم و سوم انتشار دی‌اکسیدکربن عنوان شد. در بررسی میزان انتشار گازهای‌گلخانه‌ای در تولید چای در استان گلستان بیشترین سهم در انتشار گازهای گلخانه‌ای در بین نهاده‌ها کودشیمیایی گزارش گردید (Nikkhah et al., 2014). دی‌اکسیدکربن مهمترین گاز گلخانه‌ای است که در دهه‌های گذشته نقش به‌سزایی در جذب تشعشعات مادون قرمز تولید شده در هوا (اتمسفر) داشته است. سلطانی و فیض بخش (Fezbakhsh & Soltani, 2014) جریان انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در مزارع ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) در گرگان را مورد

1- Global warming potential

بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد کمترین پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) از کشت بهاره به‌میزان 2349 کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار به‌دست آمد. پاداک و واسمن (Pathak & Wassmann, 2007) با هدف انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از آن سیستم مرسوم کشت برنج (*Oryza sativa* L.) را در هند بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند عملیات زراعی و غیر زراعی (تولید کود-ها و آفت‌کش‌ها) هر کدام به‌ترتیب 80 الی 98 و 16 الی 91 کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار انتشار گازگلخانه‌ای دارد. کل میزان پتانسیل گرمایش جهانی از تولید برنج بین 2766 الی 4054 کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار گزارش شد. مسترینگ و همکاران (Meisterling et al., 2008) مطالعه ارزیابی انرژی و کاهش گازهای گلخانه‌ای در تولید گندم با دو سیستم مرسوم و ارگانیک را بررسی کردند که اثرات متفاوتی در مراحل مختلف از دوره کشت بذر تا حمل و نقل به کارخانه در دو روش تخمین زده شد. آن‌ها نتیجه گرفتند GWP تولید شده برای تهیه یک کیلوگرم قرص نان از گندم ارگانیک حدود 30 گرم معادل CO_2 در هکتار می‌باشد.

با توجه به روند فزاینده مصرف انرژی در بخش کشاورزی ایران، لازم است وضعیت فعلی مصرف انرژی در این بخش مورد بررسی قرار گیرد از طرفی با توجه به این‌که گلستان روزگارانی به پایتخت پنبه در کشور و جهان شهره بود، اما به دلایل مختلفی سطح کشت آن کاهش یافته که یکی از دلایل افزایش آن هزینه‌های تولید می-باشد. هدف این تحقیق ارزیابی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و برآورد GWP و بررسی رابطه همبستگی مصرف انرژی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جامعه آماری این پژوهش، کشاورزان پنبه‌کاری بودند که بذر مورد نیاز خود را از مراکز خدمات تهیه می‌کردند و چون جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز در طی سال زراعی انجام می‌شد کشاورزانی که از طرف مراکز خدمات احتمال همکاری بهتری را داشتند معرفی شدند (130 کشاورز). براین اساس، تعداد مزارع با استفاده از فرمول کوکران، 96 مزرعه به‌دست آمد که به‌منظور افزایش دقت، 100 کشاورز به صورت تصادفی انتخاب شد. بر اساس فرمول کوکران p و q، 0/5 مقدار z، 1/96 و d، 0/05 در نظر گرفته شد، N: حجم جمعیت آماری و n: حجم نمونه می‌باشد.

معادله (1)

$$n=\frac{\frac{Z^2pq}{d^2}}{1+\frac{1}{N}(\frac{Z^2pq}{d^2}-1)}$$

تعداد 100 نمونه در اطراف شهرهای علی‌آباد و آق‌قلا واقع در استان گلستان در دو سال زراعی 93 و 94 انتخاب شدند. این مزارع طوری انتخاب شدند که طیفی از کشاورزان را در برگیرند. کلیه عملیات و اتفاقات در طول فصل رشد در این مزارع رصد گردید و نیز اطلاعات کاملی از روش‌های تیپیک تولید و عملیات زراعی در سالیان گذشته جمع‌آوری گردید، این اطلاعات شامل استفاده از ادوات، سوخت، کود، آفت‌کش و نظایر این‌ها بودند. بدین منظور ابتدا کلیه اعمال زراعی به هشت بخش تهیه زمین، کاشت، کوددهی، حفاظت گیاه، کنترل علف‌های هرز، آبیاری، برداشت و حمل و نقل به کارخانه جهت تحویل محصول تفکیک شدند، سپس مقادیر مختلف کاربرد نهاده‌ها و اطلاعات جامع‌تر در هر مرحله از کاشت تا برداشت جمع-آوری و ثبت گردیده و پردازش اولیه آن‌ها توسط نرم‌افزار اکسل، آنالیز داده‌ها در سه بخش انرژی‌های ورودی (مصرفی)، انرژی خروجی (تولیدی) و پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای محاسبه گردید. نتایج آنالیز انرژی در جدول شماره یک ارائه شده است و در این مقاله بر انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییر اقلیم ناشی از آن تأکید می‌شود.

انرژی ورودی (مصرفی): در این مرحله کلیه ورودی‌های مستقیم (سوخت، الکتریسیته و نیروی انسانی) و غیرمستقیم (بذر، مواد شیمیایی، کودهای شیمیایی و ماشین‌آلات) در حین اجرای عملیات زراعی مختلف جهت تولید پنبه با استفاده از ضرایب تبدیل انرژی استخراج شده از منابع متعدد برای هر عملیات معادل‌سازی شد و سپس مقدار انرژی ورودی برای هر نهاده و عملیات محاسبه گردید.

انرژی خروجی (تولیدی): در این مرحله مقدار انرژی خروجی حاصل از دانه پنبه، با استفاده از ضرایب تبدیل انرژی استخراج شده مربوط به دانه پنبه معادل‌سازی شده و سپس مقدار کل انرژی خروجی محاسبه گردید. خاطر نشان می‌سازد که ضریب تبدیل انرژی برای دانه پنبه برابر 54/5 منظور گردید (Ozkan et al., 2004).

جدول 1- معادل‌های انرژی‌های ورودی و خروجی‌های مورد استفاده در تولید پنبه

Table 1- Input and output of energy used in the production of cotton

نوع نهاده یا ستاده Type of input and output	واحد (هکتار) Unit (in ha)	معادل انرژی Energy equivalent	منبع Reference
ورودی‌ها Input			
نیروی انسانی Human labor	ساعت (h)	1.96	Ozkan et al., 2004
بذر پنبه Cotton grains	کیلوگرم (kg)	33	Ozkan et al., 2004
ماشین‌ها Machinery	کیلوگرم (kg)	142.7	Kaltsas et al., 2007
کودهای شیمیایی Chemical fertilizer	کیلوگرم (kg)	60.6	
نیتروژن (a) Nitrogen	کیلوگرم (kg)	60.6	Akcaoz et al., 2009
فسفر (b) Phosphate	کیلوگرم (kg)	6.7	Akcaoz et al., 2009
پتاسیم (c) Potassium	کیلوگرم (kg)	11.1	Akcaoz et al., 2009
کود آلی Animal manure	کیلوگرم (kg)	0.3	Ozkan et al., 2004
گازوئیل Gasoline	لیتر (L)	38	Balance sheet hydrocarbon Iran, 2008
الکتریسیته Electriciy	کیلو وات بر ساعت (kwh)	3.6	Pimental & Pimental, 2008
علف‌کش‌ها Herbicides	کیلوگرم ماده موثره (Kgai)	278	Tzilivakis et al., 2005
حشره‌کش‌ها Pesticides	کیلوگرم ماده موثره (Kgai)	237	Tzilivakis et al., 2005
قارچ‌کش‌ها Fungicides	کیلوگرم ماده موثره (Kgai)	99	Strapatsa et al., 2006
خروجی Output			
وش Lint	کیلوگرم (kg)	54.5	Ozkan et al., 2004

پتانسیل گرمایش جهانی: پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) عبارت از جمع گازهای گلخانه‌ای تولید شده است که به‌صورت معادل CO_2 بیان می‌شوند (IPCC، 1996). برای محاسبه GWP، تولید CO_2، N_2O و CH_4 ناشی از مصرف انرژی در تولید نهادها و عملیات‌های مختلف مدنظر قرار گرفت. این نهاده‌ها و عملیات‌ها عبارت بودند از؛ تولید کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم، تولید سموم شیمیایی علف‌کش، قارچ‌کش و حشره‌کش، مصرف سوخت‌های فسیلی جهت انجام عملیات زراعی، آبیاری، حمل‌ونقل، تولید و نگهداری ادوات و ماشین آلات زراعی.

GWP طی مراحل زیر محاسبه شد:

معادل ضرایب تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای برای هریک از مراحل شامل میزان انرژی ماشین‌های کشاورزی، سوخت (لیتر)، کود-های شیمیایی (کیلوگرم) موادشیمیایی (کیلوگرم) کودحیوانی (کیلوگرم) در جدول 1 محاسبه شد. پس از محاسبه GWP کل، مقادیر GWP در واحد سطح (کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار)، در واحد وزن (کیلوگرم معادل CO_2 در تن محصول گندم)، در واحد

انرژی ورودی (کیلوگرم معادل CO_2 در گیگاژول) و در واحد انرژی خروجی (کیلوگرم معادل CO_2 در گیگاژول) نیز محاسبه گردید (Rajabi et al., 2013).

محاسبات اولیه و رسم برخی از نمودار ها توسط اکسل 2016 و رسم نمودارهای تجمعی، پلاس پلات، روابط همبستگی و رگرسیونی توسط نرم‌افزار SPSS Version 24 انجام گردید.

جدول 2- ضرایب انتشار گلخانه‌ای (کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار)

Table 2- GWP emission factors (kg Co_2eq $unit^{-1}$)

ورودی Input	واحد Unit	ضریب انتشار گازهای گلخانه‌ای GWP emission factors	منبع Reference
ماشین‌های کشاورزی Machinery	(kg) کیلوگرم	0.017	Dayer & Desjardins, 2006
سوخت Diesel fuel	(l) لیتر	2.76	Dayer & Desjardins, 2006
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	(kg) کیلوگرم	1.3	Lal, 2004
کود فسفر Phosphate fertilizer	(kg) کیلوگرم	0.2	Lal, 2004
کود پتاسیم Potassium fertilizer (K_2O)	(kg) کیلوگرم	0.2	Lal, 2004
قارچ‌کش Fungicides	(kg) کیلوگرم	3.9	Lal, 2004
حشره‌کش Pesticides	(kg) کیلوگرم	5.1	Lal, 2004
علف‌کش Herbicides	(kg) کیلوگرم	6.3	Lal, 2004
کود حیوانی Animal manure	(kg) کیلوگرم	0.126	Pishgar-Komleh et al, 2013; Xiamei & Koltelko, 2003

نتایج و بحث

با توجه به نتایج به‌دست آمده میانگین انرژی خروجی برابر 154 گیگاژول در هکتار به‌دست آمد که حدود شش برابر میانگین انرژی ورودی با 26 گیگاژول در هکتار می‌باشد (جدول 3) دامنه انرژی‌های خروجی برای تولید پنبه بین 49 گیگاژول در هکتار تا 243 گیگاژول در هکتار و برای انرژی ورودی بین 15 تا 43 گیگاژول در هکتار متغیر بود (شکل 1). این مقدار در مطالعه دیگر صورت گرفته در این منطقه 31 گیگاژول در هکتار گزارش شد (Ahamadi & Aghaalikhani, 2013) مجموع انرژی ورودی برای تولید پنبه در استان البرز 31 گیگا ژول بر هکتار اعلام شد (Pishgar-Komleh et al., 2012) و در استان آنتالیا و هاتای ترکیه به‌ترتیب 49 و 19 گیگاژول در هکتار گزارش شد (Dagistan et al., 2009; Yilmaz et al., 2005) تحقیقات مشابهی برای سایر محصولات انجام گردیده است. موسوی اول و همکاران (Mousavi-Avval et al., 2011) میزان انرژی ورودی برای تولید سویا (*Glycine max* L.) در استان گلستان به‌طور میانگین 35 گیگاژول در هکتار اعلام نمودند. در استان مازندران مقدار کل انرژی ورودی و خروجی خالص برای تولید سویا به‌ترتیب 29 و 24 گیگاژول در هکتار گزارش شد (Dehshir & Aghaailkhani, 2012). رجبی و همکاران (Rajabi et al., 2013). به مطالعه مصرف انرژی برای تولید گندم در گرگان پرداختند. ایشان گزارش کردند که متوسط انرژی ورودی در مزارع مورد مطالعه 15577 مگاژول در هکتار بود.

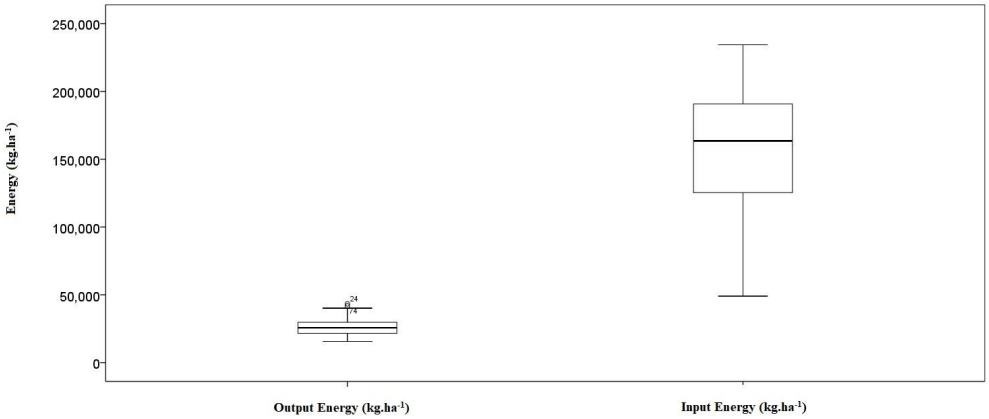
جدول 3- مقادیر انرژی ورودی و خروجی بر حسب مگاژول در هکتار برای تولید پنبه در استان گلستان

Table 3- The amounts of incoming and outgoing energy in MJ ha for cotton production in Golestan province

نوع انرژی Kind of energy	میانگین Average	حداقل Minimum	حداکثر Maximum
انرژی ورودی Input energy	26326.60499	15614.81698	43321.65855
انرژی خروجی Output energy	154371.25	49050	234350

بهشتی تبار و همکاران (Beheshti-Tabar et al., 2010) جریان مصرف انرژی در بخش کشاورزی را از 1990 تا 2006 میلادی مورد بررسی قرار دادند. نتایج بررسی ایشان نشان داد که مقدار انرژی ورودی در سال 1990 میلادی از 32/4 گیگاژول در هکتار به 37/2 گیگاژول در هکتار در سال 2007 رسید. مقدار انرژی خروجی نیز از 30/85 گیگاژول در هکتار به 43/68 گیگاژول در هکتار افزایش داشت، افزایش در مصرف کودهای شیمیایی، شاخص مکانیزاسیون مزرعه و مصرف سموم کشاورزی که متعاقب آن افزایش در مصرف کودها و ارقام پر محصول دلایل افزایش مصرف انرژی ورودی و خروجی طی سال‌های 1990 تا 2006 میلادی عنوان گردیده است. حیدری و امید (Haidari & Omid, 2011) الگوی مصرف انرژی برای تولید خیار (*Cucumis sativus* L.) و گوجه-فرنگی گلخانه‌ای (*Lycopersicon esculentum* L.) در ایران را مورد بررسی قرار دادند. مقدار انرژی ورودی برای خیار و گوجه‌فرنگی به‌ترتیب 141 و 131 گیگاژول در هکتار به‌دست آمد. این مقدار برای انرژی ورودی کلزا (*Brassica napus* L.) در شمال ایران 14 گیگاژول در هکتار گزارش شد (Azarpour, 2012). دلایل اصلی این اختلاف در مصرف انرژی در محصول‌های مختلف به‌دلیل شرایط متفاوت در کشت، اقلیم و مدیریت زراعی در تولید هر محصول می-باشد.

نتایج جدول 4 نشان داد که مقدار پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) کل ناشی از فعالیت‌های مختلف در هر مزرعه پنبه بین 741 تا 7790 کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار متغیر بوده است. بیشترین انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به کودهای شیمیایی و مقدار گازهای گلخانه‌ای منتشر شده در نهاده‌ها کود حیوانی و سوخت در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (شکل 2). طاهری راد و همکاران (Taheri-Rad et al., 2014) گزارش کردند که میزان انتشار گاز گلخانه‌ای نهاده سوخت دیزل برابر 646/23 کیلوگرم دی‌اکسیدکربن در هکتار محاسبه گردید و با سهم 45 درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید پنبه در استان گلستان، بیشترین انتشار گازهای گلخانه‌ای را دارا می‌باشد و کود حیوانی با 23 درصد در رتبه بعدی می‌باشد.



شکل 1- باکس پلات انرژی ورودی و خروجی برای تولید پنبه در استان گلستان

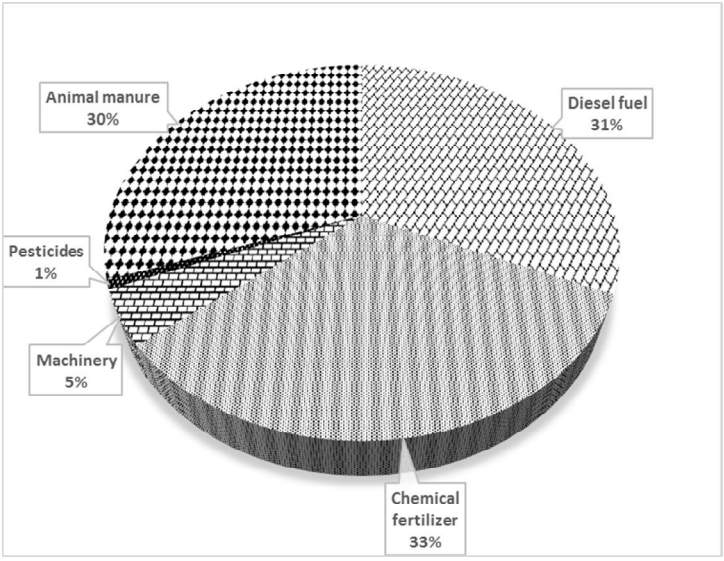
Fig. 1- Box plot of energy input and output for cotton production in Golestan province

جدول 4- مقادیر گازهای گلخانه‌ای منتشر شده بر حسب کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار برای بخش‌های مختلف تولید پنبه

Table 4- Amounts of greenhouse gases in kilograms of carbon dioxide per hectare for cotton production inputs

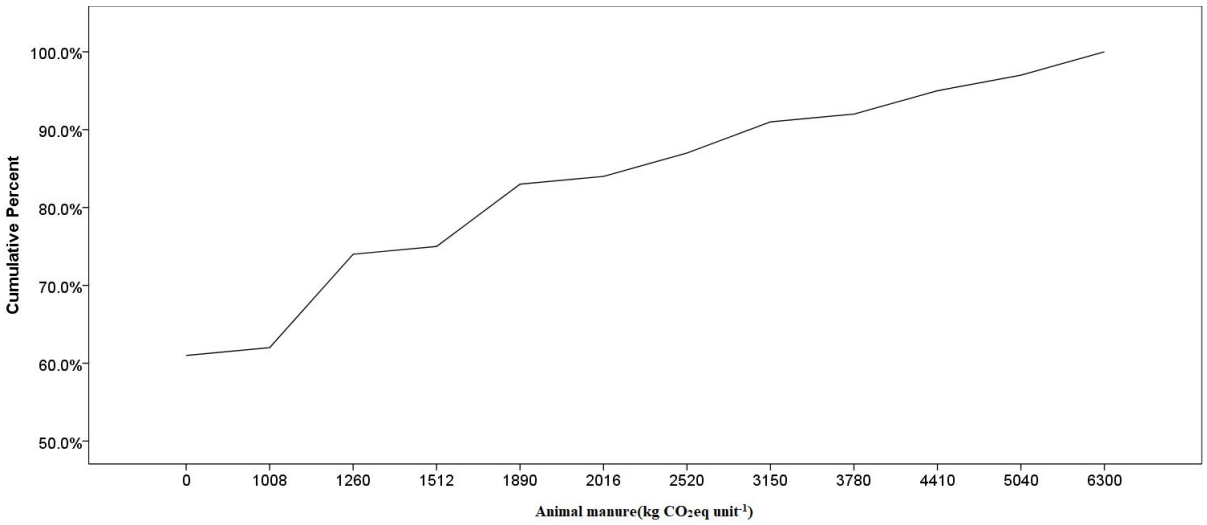
نوع عملیات The type of operation	میانگین Average	حداقل Minimum	حداکثر Maximum
سوخت Diesel fuel	983.00	586.22	1364.54
قارچ‌کش‌ها Fungicides	0.87	0.53	1.14
کود شیمیایی Chemical fertilizer	1019.15	9.20	6406.90
ماشین‌آلات Machinery	144.59	58.22	300.08
حشره‌کش‌ها Pesticides	23.20	0.00	58.65
کود حیوانی Animal manure	946.26	0.00	6300.00
علف‌کش‌ها Herbicides	7.84	0.00	25.20
کل Total	2178.65	741.65	7790.81

در همین رابطه تزیلیوکیز و همکاران (Tzilivakis et al., 2005) مقادیر کل GWP را در واحد سطح برای محصولات سیب-زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، گندم، کلزای روغنی، جو (*Hordeum vulgare* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) به‌ترتیب برابر با 3، 1/7، 1/2، 0/7، و 0/7 تن معادل CO_2 در هکتار برآورد کردند.



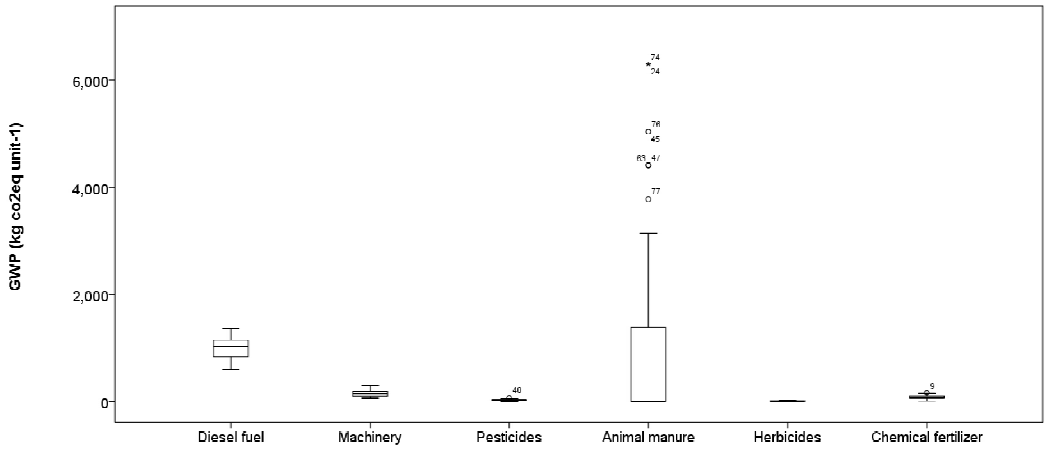
شکل 2- سهم هر یک از نهاده‌های زراعی در ایجاد پتانسیل گرمایش جهانی برحسب درصد از کل

Fig. 2- The share of each crop inputs in terms of percent of total global warming potential



شکل 3- درصد فراوانی تجمعی دی اکسید کربن تولید شده از نهاده کود حیوانی در یک هکتار در مزارع پنبه

Fig. 3- Cumulative frequency of carbon dioxide produced from manure input on one hectare in cotton fields

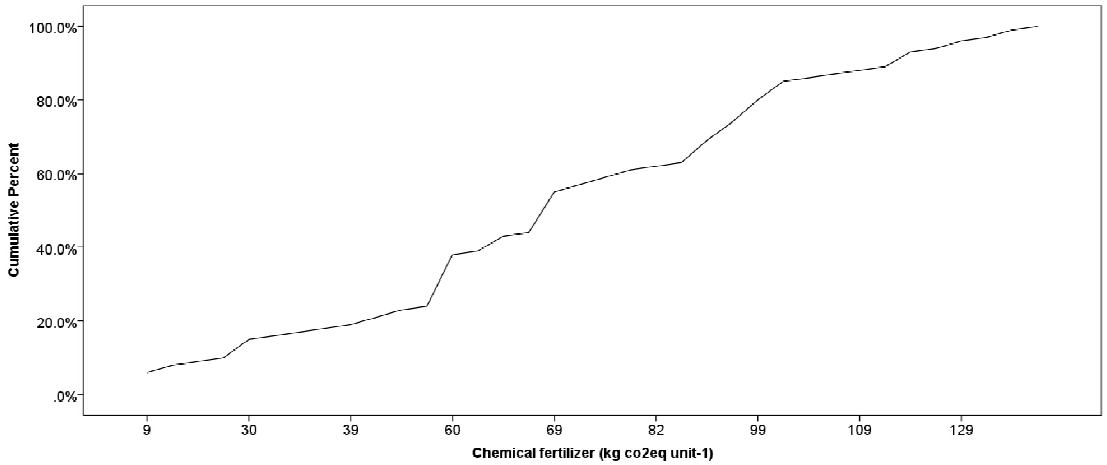


شکل 4- باکس پلات انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از استفاده از ماشین آلات، سوخت، حشره‌کش‌ها، کود حیوانی و علف‌کش‌ها در مزارع پنبه

Fig. 4- Box plot of greenhouse gas emissions resulting from the use of machinery, fuels, pesticides, manure and herbicides in cotton fields

نتایج تحقیقات نشان داد در 60 درصد مزارع کود دامی استفاده نشده است که متعاقب آن میزان انتشار گازگلخانه‌ای در این مزارع صفر می باشد (شکل 3) حداقل میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای با کمترین پراکندگی مربوط به نهاده علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها می‌باشد(شکل 4) و همچنین نتایج مقایسه بین انرژی خروجی و پتانسیل گرمایش جهانی خاصل از نهاده کود حیوانی نشان داد که بین انرژی خروجی در مزارع تولید پنبه و GWP ناشی از آن ارتباط مستقیم و بسیار معنی‌داری وجود دارد (جدول 5).

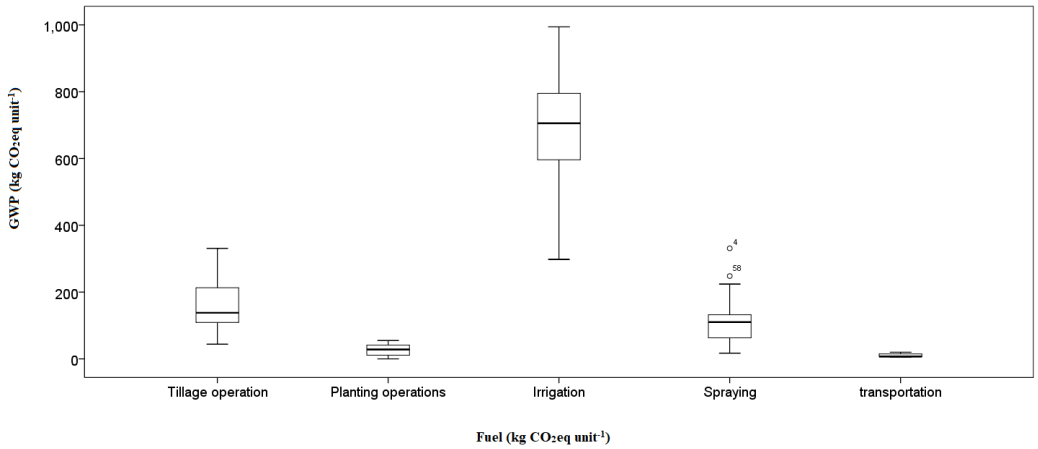
نتایج بررسی‌های انجام شده نشان داد که بیشترین انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به نهاده کود شیمیایی با میانگین 1019 کیلوگرم دی‌اکسید-کربن در هکتار گرمایش جهانی می‌باشد (شکل 3 و جدول 4). میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای منتشر شده حاصل از نهاده کود شیمیایی در 20 درصد از مزارع مورد تحقیق بیش از یک تن در هکتار بود (شکل 5).



شکل 5- فراوانی تجمعی کود شیمیایی (کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار) در مزارع پنبه

Fig. 5- The cumulative frequency fertilizer (kg carbon dioxide equivalent per hectare) in cotton fields

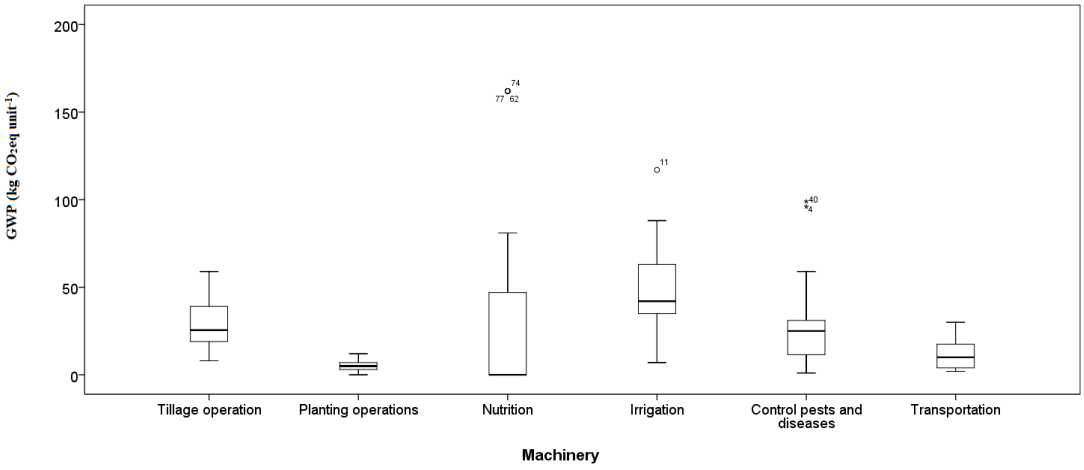
علاوه بر این، نتایج تحقیقات مشابه در سایر محصولات زراعی نیز نشان داد که مصرف کود های شیمیایی (به‌ویژه کود نیتروژن) و سوخت‌های فسیلی بیشترین اثر را در انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی داشته است (Tzilivakis et al., 2005A; Tzilivakis et al., 2005B; Kaltsas et al., 2007; Lal, 2004). رجبی و همکاران (Rajabi et al., 2013) در مطالعه خود، مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف کود نیتروژن، فسفر و پتاسیم به منظور تولید گندم درگرگان را به‌ترتیب 97، 67 و 64 کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار گزارش کردند. صفا و همکاران (Safa et al., 2012) میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از کودهای شیمیایی را در تولید گندم در نیوزیلند 52 درصد و برابر 539 کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار گزارش نمود که 48 درصد از این میزان به کاربرد کودهای نیتروژنه اختصاص داشت. عبدالله پور و آذری (Abdullahpour & Azeri, 2010) در تولید گندم دیم سهم کودهای نیتروژنه از مصرف انرژی را 20 درصد گزارش کردند.



شکل 6- باکس پلات انتشار گازهای گلخانه‌ای نهاده مصرفی سوخت در مزارع پنبه در عملیات‌های مختلف زراعی

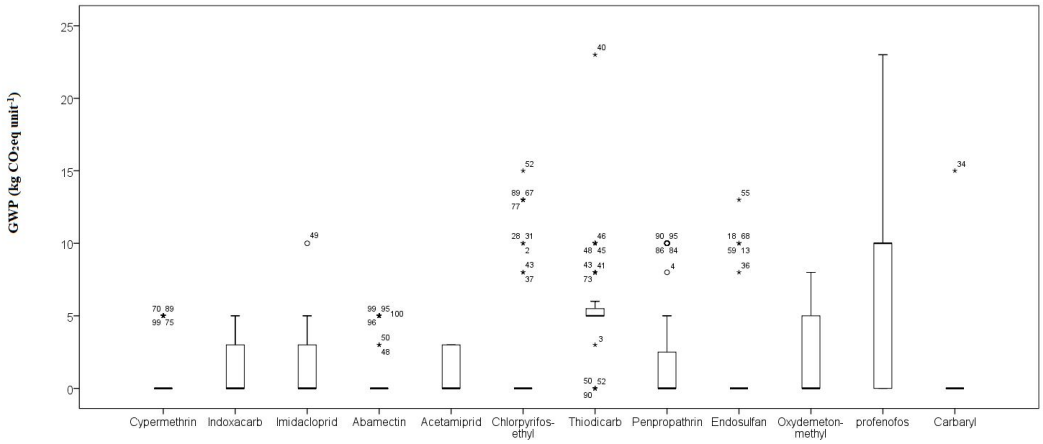
Fig. 6- Box plot of greenhouse gas emissions and fuel consumption of inputs in the production of cotton field for various operations

در کل مزارع مورد مطالعه میانگین مقدار گازهای گلخانه ای منتشر شده از محل مصرف نهاده سوخت برابر 983 کیلوگرم دی-اکسیدکربن در هکتار گرمایش جهانی به‌دست آمد که از این مقدار 678 کیلوگرم در هکتار مربوط به عملیات آبیاری و عملیات‌های خاکورزی و سم‌پاشی در رتبه‌های بعدی قرار دارند (شکل 6). در صورت استفاده از روش‌های آبیاری مختلف، مقادیر انتشار گازهای گلخانه‌ای برای بخش استفاده از سوخت جهت انجام این عملیات در مزارع نیز تغییر خواهد کرد.



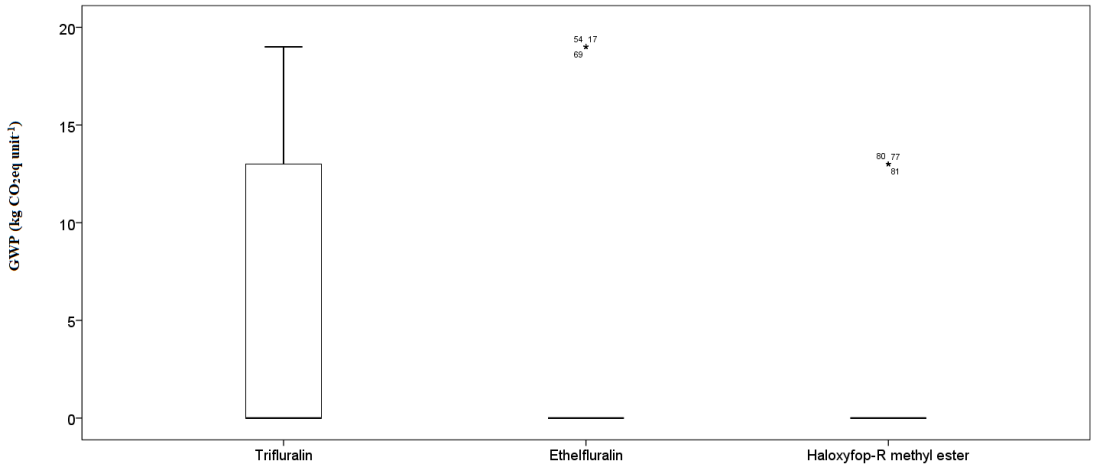
شکل 7- باکس پلات انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از استفاده از ماشین‌ها در مزارع تولید پنبه
Fig. 7- Box plot of greenhouse gas emissions resulting from the use of machines in cotten field

در مزارع مورد مطالعه مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش استفاده از ماشین‌ها به‌منظور عملیات آبیاری با 49 کیلوگرم دی‌اکسید-کربن در هکتار گرمایش جهانی در بیشترین و عملیات خاک‌ورزی، تغذیه و کنترل علف‌های هرز و آفات به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار داشتند.



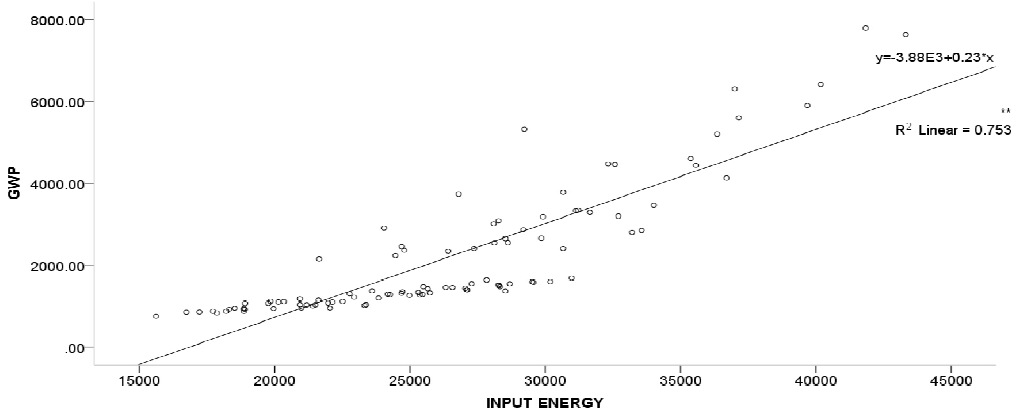
شکل 8- باکس پلات انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از نهاده آفت‌کش‌ها در مزارع پنبه
Fig. 8- Box plot of greenhouse gas emissions resulting from inputs of pesticides in cotton fields

نتایج بررسی میزان دی‌اکسیدکربن منتشر شده توسط نهاده آفت-کش‌ها نشان داد که بیشترین انتشار گازگلخانه‌ای مربوط به آفت‌کش کواکرون و لاروین می باشد (شکل 8) میانگین کل گاز منتشر شده معادل 23 کیلوگرم دی‌اکسیدکربن گرمایش جهانی بود. صفا و همکاران (Safa et al., 2012) میزان انتشار گازهای گلخانه ای را 55 کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار ارزیابی نمودند. برخی از محقین گزارش نمودند که با به‌کارگیری روش‌های طبیعی در کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی می‌توان مصرف سموم کشاورزی را تا حد قابل توجهی کاهش داد این روش‌ها شامل؛ افزایش ژن‌های مقاومت گیاهان زراعی نسبت به آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، تقویت دشمنان طبیعی آن‌ها. به کارگیری تناوب صحیح زراعی، تلفیق خاک-ورزی حفاظتی و کشت برخی از گیاهان علوفه‌ای و درختان در مزارع (Pimental & Pimental, 2008; Safa et al., 2011; Kitani, 1999) می‌باشد بیشترین علف‌کش متعاقب آن با بیشترین انتشار گازهای مربوط به علف‌کش ترفلان معادل 6/26 کیلوگرم دی‌اکسید-کربن در هکتار گرمایش جهانی می‌باشد (شکل 9).



شکل 9- باکس پلات انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از نهاده علف‌کش‌ها در مزارع پنبه

Fig. 9- Box plot of greenhouse gas emissions resulting from inputs of herbicides in cotton fields



شکل 10- رابطه بین مقدار GWP و انرژی ورودی در مزارع پنبه

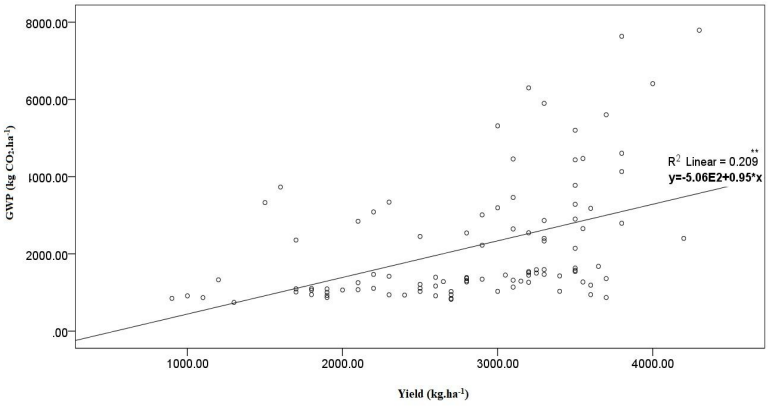
Fig. 10- The relationship between GWP and the amount of input energy production in cotton fields

نتایج مقایسه بین انرژی‌های ورودی و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از آن نشان داد (شکل 10) که بین انرژی‌های ورودی در مزارع تولید پنبه و GWP ناشی از آن ارتباط مستقیمی و بسیار معنی‌داری وجود دارد. به عبارتی، افزایش انرژی مصرفی در تولید محصول پنبه باعث افزایش انتشار گازهای‌گلخانه‌ای خواهد شد متمرکز بودن نقاط اطراف خط نشان از وجود رابطه کامل و مهم بین انرژی ورودی و میزان انتشار گاز-های گلخانه‌ای می‌باشد. همان‌گونه که در جدول 5 مشاهده می‌شود، انرژی ورودی با گازهای‌گلخانه‌ای منتشر شده توسط نهاده‌های سوخت، ماشین‌ها و کود حیوانی در سطح یک درصد معنی-دار می‌باشد. تزیلیوکیس و همکاران (Tzilivakis et al., 2005) نیز با بررسی مقادیر GWP در تولید چغندر (*Beta vulgaris* L.) در انگلستان بیان داشتند که مقادیر GWP ارتباط مستقیمی با میزان انرژی ورودی در تولید چغندر دارد. سایر محققان نیز با ارزیابی انرژی ورودی و GWP به‌دست آمده از آن در محصولات مختلف، نظری مشابه با یافته‌های این پژوهش داشتند (Kaltsas et al., 2007; Lal, 2004; Pathak & Wassmann, 2007). انرژی خروجی نیز با انرژی ورودی رابطه مستقیم داشته به عبارتی، افزایش انرژی‌های ورودی باعث افزایش عملکرد محصول و متعاقب آن باعث افزایش انرژی خروجی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای خواهد شد (جدول 5). شکل 11 رابطه مستقیم و معنی‌داری بین عملکرد و گازهای گلخانه‌ای منتشر شده از تولید پنبه را نشان می‌دهد، با افزایش عملکرد میزان پراکندگی نقاط از خط نیز افزایش می‌یابد. این افزایش پراکندگی نقاط نشان از وجود تنوع زیاد در مصرف انرژی در عملکردهای بالا می‌باشد.

جدول 6 مقادیر GWP کل را در واحد سطح، وزن، انرژی ورودی و انرژی خروجی ارائه می‌دهد میزان GWP در واحد وزن نشان‌دهنده میزان انتشار دی‌اکسیدکربن به ازای هر تن محصول می‌باشد که طی برآوردهای این تحقیق به‌ازای یک تن پنبه معادل 2178 کیلوگرم دی‌اکسیدکربن در تن محصول پنبه تولید گردید است. میزان انتشار گازهای‌گلخانه‌ای در واحد سطح، انرژی ورودی و انرژی خروجی به-ترتیب معادل 768 کیلوگرم دی‌اکسیدکربن در هکتار، 76 کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در گیگاژول و 14 کیلوگرم معادل دی‌اکسید-کربن در گیگاژول برآورد گردید.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، ارزیابی انرژی ورودی و خروجی انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از فعالیت های زراعی در مزارع پنبه در استان گلستان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که متوسط انرژی ورودی در هکتار برابر 26 گیگاژول در هکتار و میزان انرژی خروجی برابر 154 گیگاژول در هکتار و انرژی خروجی شش برابر انرژی ورودی به‌دست آمد.



شکل 11- رابطه بین عملکرد با گازهای‌گلخانه‌ای منتشر شده در مزارع پنبه

Fig. 11- The relationship between yield and greenhouse gas emissions for cotton fields

جدول 5- ضریب همبستگی ساده بین میزان تولید گازهای گلخانه‌ای بین عملیات‌های زراعی تولید پنبه

Table 5- Pearson correlation coefficients between the emissions for operations of cotton fields

نوع عملیات Type of operation	سوخت‌ها CO_2(کیلوگرم در هکتار) Diesel fuel (kg CO_2eq. unit^{-1})	ماشین آلات (کیلوگرم CO_2 در هکتار) Machinery (kg CO_2eq. unit^{-1})	حشره‌کش‌ها (کیلوگرم CO_2 در هکتار) Pesticides (kg CO_2eq. unit^{-1})	کود حیوانی (کیلوگرم CO_2 در هکتار) Animal manure (kg CO_2eq. unit^{-1})	علف‌کش‌ها (CO_2کیلوگرم در هکتار) Herbicides (kg CO_2eq. unit^{-1})	کود شیمیایی (کیلوگرم CO_2 در هکتار) Chemical fertilizer (kg CO_2eq. unit^{-1})	انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) Energy input (MJ.ha^{-1})	عملکرد وش Yield	کل انتشار گازهای گلخانه‌ای Total greenhouse gas emissions
سوخت (کیلوگرم CO_2 در هکتار) Diesel fuel (kg CO_2eq. unit^{-1})	1								
ماشین (کیلوگرم CO_2 در هکتار) Machinery (kg CO_2eq. unit^{-1})	0.452**	1							
حشره‌کش (کیلوگرم CO_2 در هکتار) Pesticides (kg CO_2eq. unit^{-1})	0.367**	0.176	1						
کود حیوانی (کیلوگرم CO_2 در هکتار) Animal manure (kg Co_2eq. unit^{-1})	0.050	0.701**	-0.055	1					
علف کش (کیلوگرم CO_2 در هکتار) Herbicides (kg CO_2eq. unit^{-1})	-0.054	-0.095	-0.070	-0.064	1				
کود شیمیایی (کیلوگرم CO_2 در هکتار) Chemical fertilizer (kg CO_2eq. unit^{-1})	-0.142	-0.104	-0.082	-0.008	-0.163	1			
انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) Energy input (MJ.ha^{-1})	0.560**	0.827**	0.169	0.798**	-0.108	0.177	1		
عملکرد وش Yield	.٣٨٤**	.٥٣١**	.٢٣٨*	.٤٠٨**	0.045	0.022	0.593**	1	
کل انتشار گاز های گلخانه ای Total greenhouse gas emissions	0.179	0.762**	0.002	0.990**	-0.078	-0.006	0.868**	0.457**	1

** و *: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

** and *: correlation are significant at the 0.05 and 0.01 levels, respectively.

جدول 6- مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی به صورت کیلوگرم معادل CO_2 در واحد سطح، وزن، انرژی ورودی و انرژی خروجی برای تولید پنبه

Table 6- Global Warming Potential values for kg of CO_2 per unit area, weight, energy input and energy output

پتانسیل گرمایش جهانی GWP	واحد Unit (in ha)	میانگین Average	حداقل Minimum	حداکثر Maximum
گرمایش جهانی در واحد وزن Global warming per unit weight	کیلوگرم معادل CO_2 در تن محصول پنبه kg CO_2 equivalent per ton of cotton	2178.65	741.65	7790.81
گرمایش جهانی در واحد سطح Global warming per unit area	کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار kg CO_2 equivalent per hectare	768.05	234.91	2331.44
گرمایش جهانی در واحد انرژی ورودی Global Warming per unit energy input	کیلوگرم معادل CO_2 در گیگا ژول kg of CO_2 equivalent in GJ	76.38	42.85	186.21
گرمایش جهانی در واحد انرژی خروجی Global Warming energy per unit of output	کیلوگرم معادل CO_2 در گیگا ژول kg of CO_2 equivalent in GJ	14.09	4.31	42.78

میانگین انتشار گازهای‌گلخانه‌ای برای تولید پنبه برابر 2181 کیلوگرم دی‌اکسیدکربن در هکتار برآورد شد که بیشترین آن با 33 درصد از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به نهاده کودشیمیایی بود نهاده‌های سوخت و کود حیوانی در رتبه‌های بعدی قرار داشت عملیات‌های آبیاری، تغذیه و آماده‌سازی بیشترین مصرف سوخت را داشته که متعاقب آن باعث افزایش گازهای گلخانه‌ای می‌شود. از نتایج این تحقیق می‌توان به این نتیجه رسید که از طریق کاهش مصرف سوخت و کاهش مصرف کودهای شیمیایی میزان مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش داد. راه‌های مدیریتی کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و کودهای شیمیایی که باعث

انتشار گازهای‌گلخانه‌ای در کشاورزی می‌شود عبارتند از؛ خاک‌ورزی حفاظتی که باعث می‌شود ترافیک در مزرعه کم شود در نتیجه سوخت کاهش یابد، استفاده از بقولات در زراعت که باعث کاهش مصرف نیتروژن می شود، استفاده از روش‌های جدید آبیاری و افزایش راندمان آبی، استفاده از تناوب زراعی و روش‌های بیولوژیک جهت کنترل آفات و علف‌های هرز، استفاده از کودهای نیتروژن براساس آزمون خاک، انطباق داد زمان کوددهی با نیاز گیاه، بهبود در روش-های کوددهی مانند جای‌گذاری در خاک به جای پخش دستی و سانتریفیوژ، استفاده از ترکیبات بازدارنده نیترویفیکاسیون یا کودهای پوشش دار، استفاده از کودهای سبز می‌باشد.

منابع

Abdollahpour, S., and Zaree, S. 2009. Evaluation of wheat energy balance under rain fed farming in Kermanshah. Journal of Agricultural and Sustainable Production 20: 106-96.

Ahmadi, M., and Aghaalikhani, D. 2013. Analysis of energy consumption of cotton in golestan province in order to provide a solution for increasing resource efficiency. Journal of Agroecology 4(2): 151-158. (In Persian with English Summary)

Akcaoz, H., Ozcatalbas, O., and Kizilay, H. 2009. Analysis of energy use for pomegranate production in Turkey. Journal of Food Agricultural and Environmental 7: 475-480.

Azarpour, A. 2012. Evaluation energy balance of canola production under rain fed farming in north of. Journal of Agricultural Biological Science 7: 285-288. (In Persian with English Summary)

Barut, Z.B., Ertekin, C., and Karaaga, H.A. 2011. Tillage effects on energy use for corn silage in Mediterranean Coastal of Turkey. Energy 36: 5466-5475.

Beheshti Tabar, I., Keyhani, A., and Rafiee, S. 2010. Energy balance in Iran s agronomy (1990-2006). Renewable and Sustainable Energy Reviews 14: 849-588.

Dagistan, E., Akcaoz, H., Demirtas, B., and Yilmaz, Y. 2009. Energy usage and benefit-cost analysis of cotton. Production in Turkey. African Journal of Agricultural Research 4: 599-604

Darvin, R., Tsigas, M., Lewandrowski, J., and Raneses, A. 1995. World agriculture and climate change: Economic adaptations. Natural Resources and Environment Division, Economic Research Service, U.S. Department of Journal of Agricultural Economics 703 pp.

Dastan, S., Soltani, A., Normohamadi, G., and Madani, H. 2014. Global warming potential of carbon dioxide emissions and energy consumption in systems of culture paddy. Journal of Agroecology 4: 823-835. (In Persian with English Summary)

Dayar, J.A., and Desjardins, R.L. 2006. Carbon dioxide emissions associated with the manufacturing of tractors and farm machinery in Canada. Bio =systems Engineering 93: 107-118.

Dayar, J.A., and Desjardis, R.L. 2003. The impact of from machinery management on the greenhouse gas emissions from Canadian agriculture. Agriculture for Sustainable Development Journal 22: 59-74.

Dyer, J.A.A., and Desjardins, R.L. 2003. Simulated farm fieldwork, energy consumption and related greenhouse gas emission in Canada. Bio systems Engineering 85: 503-513.

Fezbakhash, M.T., and Soltani, A. 2014. Energy flow and global warming potential of corn farm (Gorgan City). Journal of Crop Production 6(3): 89-107.

Haidari, M.D., and Omid, M. 2011. Energy use patterns and econometric models of major greenhouse vegetable productions in Iran. Energy 36: 220-225.

Hydrocarbon balance sheet, the Institute for International Energy Studies, Ministry of Petroleum, 2088.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1996. Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Cambridge University Press, UK.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1996a. Climate change 1995. The science of climate change, contribution of working group I to the second. Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Great Britain.

Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller Eds. Cambridge

University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA 996 pp.

Johnson, J.M.F., Franzluebbers, A.J, Weyers, S.L, and Reicosky, D.C. 2007. Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions. Environmental Pollution 150(1): 107-24.

Kaltsas, A.M., Mamolos, A.P., Tsatsarelis, C.A., Nanos, G.D., and Kalburtji, K.L. 2007. Energy budget in organic and conventional olive groves. Agriculture, Ecosystems and Environment 122: 243-251.

Kitani, O. 1999. CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Energy and Biomass Engineering. ASAE Publication 5: 95-101.

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

Marashi, M.R., and Vaghefi, H. 1981. Trade cotton - cotton- cotton crops - Iran. (In Persian)

Meisterling, K., Samaras, C., and Schwizer, V. 2008. Decisions to reduce greenhouse gases from agriculture and product transport: LCA case study of organic and conventional wheat. Journal of Cleaner Production 17: 222-230.

Monthly Clean Development Mechanism. 2009. Volume 6. (In Persian)

Mousavi-Avval, S.H., Rafiee, S., Jafari, A., and Mohammadi, A. 2011a. Optimization of energy consumption for soybean production using Data Envelopment Analysis (DEA) approach. Energy 88: 3765-3772.

Nikkhah, A., Emadi, B., Shabanyan, F., and HamzehKalknari, H. 2014. Sensitivity assessment of energy and greenhouse gas emissions tea production in Gilan province. Journal of Agroecology 6(3): 622-632. (In Persian with English Summary)

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

Ozkan, B., Akcaoz, H., and Karadeniz, F. 2005. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. Energy Conversion Management 45: 1821-1830.

Pathak, H., and Wassmann, R. 2007. Introducing greenhouse gas mitigation as a development objective in rice-based agriculture: I. Generation of technical coefficients. Agricultural Systems 94: 807-825.

Pervanchon, F., Bockstaller, C., and Girardin, P. 2002. Assessment of energy use in arable farming systems by means of an agro-ecological indicator: the energy indicator. Agricultural Systems 72: 149-172.

Pimental, D., and Pimental, M.H. 2008. Food, Energy and Society. Taylor and Francis 266 pp.

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

Pishgar-Komleh, S.H. and Sefeedpari, P., and Ghahderijani, M. 2012. Exploring energy consumption and CO emission of cotton production in Iran. Journal of Renewable and Sustainable Energy 4: 033115-033114.

Rajabi, M.H., Soltani, A., Zeinali, A., and Soltani, A. 2013. Evaluation of greenhouse gas emission and global warming potential in wheat production in Gorgan, Iran. Electronic Journal of Crop Production 5(3): 23-44. (In Persian)

Rathke, G.W., and Diepenbrock, W. 2006. Energy balance of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. European Journal of Agronomy 24(1): 35-44.

Safa, M., Samarasinghe, S., and Mohsen, M. 2011. Determination of fuel consumption and indirect factors affecting it in wheat production in Canterbury, New Zealand Energy Corp 35: 5400-5405.

Safa, M., Samarasinghe, S., and Mohsen, M., 2011. A field study of energy consumption in wheat production in Canterbury. New Zealand. Energy Conversion Management 52: 2526-2532.

Soltani, A., Rajabi, M.H., Zeinali, E., and Soltani, E. 2013. Energy inputs and greenhouse gases emissions in wheat production in Gorgan, Iran. Energy. 50 pp. (In Persian)

Strapatsa, A.V., Nanos, G.D., and Tsatsarelis, C.A. 2006. Energy flow for integrated apple production in Greece. Agriculture, Ecosystems and Environment 116: 176-180.

Taheri-Rad, A.R., Nikkhah, A., Khojastehpour, M., and Nourozieh, S. 2014. Assessing GHG emissions, and energy and economic analysis of cotton production in the Golestan province. Journal of Agricultural Machinery 5(2): 428-445.

Tzilivakis, J., Warner, D.J., May, M., Lewis, K.A., and Jaggard, K. 2005a. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emission in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. Agricultural Systems 85: 101-119.

Tzilivakis, J., Jaggard, K., Lewis, K.A., May, M., and Warner, D.J. 2005b. Environmental impact and economic assessment for UK sugar beet production systems. Agriculture, Ecosystems and Environment 107: 341-358.

Xiamei, L., and 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, 17-21 November; (Lecture No: AG056).

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

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.2, Summer 2018, p. 529-546

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 10، شماره 2، تابستان 1397، ص. 546-529

Carbon Dioxide Emission and Global Warming Potential of Energy Consumption in the Cotton Production in Golestan Province

R. Arefi[1*], A. Soltani[2], and H. Ajam Norozei[3]
Submitted: 15-03-2017
Accepted: 10-06-2017

Arefi, R., Soltani, A., and Ajam Norozei, H. 2018. Carbon dioxide emission and global warming potential of energy consumption in the cotton production in Golestan province. Journal of Agroecology. 10(2): 529-546.

Introduction

Nowadays, due to population growth, decreased the arable lands and improved living standards, energy consumption in the agricultural sectors has been increased. Therefore, intensive use of chemical fertilizers, pesticides, agricultural machinery, energy and natural resources are required in order to supply the nutritional demands of the increasing population. Ahamadi & Aghaalikhani (2013) investigated the energy consumption in cotton production in Golestan province and showed that energy consumption for tractor and engine pump fuel was 24% and 30%, respectively, or totally 54% for diesel fuel. Also, fertilizers and chemical materials with 13% energy consumption had the second and third rank, respectively and total energy input for cotton production in Alborz province was 31 GJ/ha. Dastan et al., (2014) carried out a study on the rate of energy consumption in rice planting systems and the rate of carbon dioxide emission and concluded that the highest values of energy input in the production systems was related to the electric power to pump water for irrigation that had the highest value in terms of carbon dioxide emission and global warming potential and Nitrogen fertilizer and fuel also had the second and third rank in terms of carbon dioxide emission.

Materials and Methods

One hundred cotton fields around the cities of Aliabad and Aq Qala in Golestan province were selected during two sowing years 2014 and 2015. All operations and events were observed during the growing season in these fields and detailed data of typical production methods and cultivation practices was collected in past years, this data included the use of equipment, fuel, fertilizers, and pesticides and so on. To this end, at first, all agricultural practices were divided into eight categories, including preparing the land, planting, fertilizing, plant protection, weed control, irrigation, harvesting and transport to the factory to crop delivery, then, different amounts of input use and more comprehensive information were collected and recorded at every stage from planting to harvesting and they were processed by Excel software, data analysis in three parts of energy input (consumption), energy output (production) and Global warming potential (GWP) of GHG emissions.

Results and Discussion

In this study, input and output energy of GHGs emission and the GWP of agricultural activities in the cotton fields of Golestan province were investigated. The results revealed that the average energy input per hectare is 26 GJ/ha and the ratio of output energy to input energy was 154 GJ/ha and energy output was six times more than the input energy. There was a direct relationship between input energy and energy output, in other words, an increase in energy input, increases the crop performance, thereby increasing the output energy and GHG emission (Table 5). Figure 11 shows a significant direct relationship between performance and GHG emitted from the cotton production. The average of the GHG emission for cotton production was estimated 2181kg/ha that the maximum rate was 33% of total GHGs of chemical fertilizer inputs. Fuel and manure inputs had lower rates. Maximum energy was consumed for irrigation, nutrition and preparation that increased the GHGs. The comparison between energy output and a GWP of manure input showed a significant direct relationship difference between the output energy in cotton farms and its GWP.

Conclusion

The results of this study indicated that by reducing the fuel consumption and chemical fertilizers, energy consumption and GHG emissions can be reduced. A number of management solutions for reducing the fossil

1, 2 and 3- Ph.D. Student, Professor and Assistant Professor, Department of Agriculture, Gorgan Branch, Islamic Azad University of Gorgan, Gorgan, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: Arefi.reza@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jag.v10i2.61846

fuel consumption and chemical fertilizers that result in GHG emission in agriculture include: conservation tillage that reduces the farm traffic, and consequently, reduces the fuel; use of legumes in agriculture that reduces nitrogen use, use of new methods of irrigation and increase in water efficiency, use of crop rotation and biological methods to control pests and weeds, application of nitrogen fertilizers based on soil test, adaptation of the fertilizing time to the plants' needs, improvement of fertilization methods such as placement in the soil rather than manual distribution and centrifuge, the use of inhibitors combinations of Nitrification or coated fertilizers, use of green manure.

Keywords: Cotton, Energy Input, Energy Output, Greenhouse Gas (GHG) Emission