نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 3، پاییز 1393، ص. 633-622

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 622-633

ارزیابی حساسیت انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید چای در استان گیلان

امین نیکخواه[1]، باقر عمادی[2*]، فرشاد شعبانیان[3] و هانی حمزه کلکناری[3]

تاریخ دریافت:1392/09/29
تاریخ پذیرش:1393/02/23

چکیده

تولید پایدار یک محصول در هر منطقه مستلزم توجه به سیر انرژی سامانه تولیدی آن است، در عین حال توجه به نهاده‌های ورودی سامانهٔ تولیدی با نگرش مدیریت محیط زیست نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این تحقیق انرژی مصرفی و انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید چای در استان گیلان مورد بررسی قرار گرفت. اطلاعات از طریق مصاحبه حضوری با 75 چای‌کار گیلانی و تطبیق اطلاعات با دفترچه چای هر کشاورز جمع‌آوری شد. مجموع انرژی‌های ورودی در جریان تولید چای 39060/60 مگاژول بر هکتار و میزان کارایی انرژی 0/22 محاسبه شد. کودهای شیمیایی بیشترین سهم را در انرژی‌های مصرفی و انتشار گازهای گلخانه‌ای به ترتیب با 58/55 و 74/22 درصد در تولید چای به خود اختصاص دادند. مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید چای در منطقه 1281/82 کیلوگرم معادل دی‌اکسید کربن در هکتار بود. نتایج استفاده از تابع کاب داگلاس و تحلیل حساسیت انرژی تولید چای در استان گیلان نشان داد که تأثیر تمامی نهاده‌های انرژی ورودی به غیر از سموم شیمیایی بر عملکرد مثبت بود. نهاده نیروی کارگری، حساس‌ترین و بنابراین موثرترین نهاده بر عملکرد چای بود و پس از آن نهاده‌های انرژی ماشین‌ها و سموم شیمیایی قرار داشتند.

واژه‌های کلیدی: انتشار دی اکسید کربن، انرژی ورودی، کارایی انرژی، مدیریت محیط زیست

مقدمه

تولید پایدار محصولات کشاورزی از جمله چای (*Camellia sinensis* L.) نیازمند توجه به روند و جریان انرژی مصرفی در طی فرآیند تولید آن‌ها می‌باشد. سطح زیر کشت باغات چای ایران در حدود 32000 هکتار است که استان گیلان با سطح زیر کشت 24000 هکتار، بزرگ‌ترین تولید کننده این محصول در سطح کشور می‌باشد (MAJ, 2011). ایران یکی از بزرگ‌ترین کشورهای تولیدکننده انرژی از منابع تجدیدناپذیر است و در حدود 99 درصد انرژی در ایران از منابع تجدیدناپذیر تأمین می‌شود (Bakhoda et al., 2012). با در نظر گرفتن این موضوع که ایران جزو ده کشور بزرگ تولیدکننده گازهای گلخانه‌ای است (IEA, 2012)، توجه دقیق به بخش‌های مختلف تولیدی با رویکرد مدیریت در انتشار این نوع گازها ضرورت دارد. ایران با داشتن شرایط متنوع آب و هوایی، بستر مناسبی را برای تولید انواع محصولات کشاورزی دارد. در کشت و کار این محصولات نهاده‌هایی با پتانسیل آلودگی زیست محیطی و نشر گازهای گلخانه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین، توجه به نحوه و مدیریت مصرف این نهاده‌ها و اتخاذ تصمیماتی در جهت افزایش کارایی هر یک از این نهاده‌ها در تولید محصول از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

در مطالعه‌ای کارایی انرژی تولید برنج (*Oryza sativa* L.) در استان گیلان بررسی و دو نهاده سوخت و کودهای شیمیایی به عنوان موثرترین نهاده‌های مصرف‌کننده انرژی در تولید گزارش شدند. همچنین، مجموع انرژی ورودی و کارایی انرژی[4] به ترتیب 39333/36 مگاژول بر هکتار و 1/53 گزارش شد (Pishgar-Komleh et al., 2011a). در تحقیق بر روی انرژی مصرفی جهت تولید بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) در استان گیلان، مجموع انرژی‌های ورودی و کارایی انرژی به ترتیب 19407/36 مگاژول بر هکتار و 3/92 گزارش شد. افزون بر این، با تخمین رابطه بین انرژی‌های ورودی و عملکرد با استفاده از تابع کاب داگلاس، تأثیر نهاده‌های نیروی کارگری، ماشین‌ها، کودهای شیمیایی و الکتریسیته

1- عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت
2- دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد
3- دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: Emadi-b@ferdowsi.um.ac.ir)

4- Energy efficiency

بر روی عملکرد مثبت و تأثیر نهاده‌های بذر، سوخت دیـزل و سـموم شیمیایی بر روی عملکرد منفی گزارش شد (Emadi et al., 2015). در پژوهشی برای تولیـد آفتـابگردان (*Helianthus annuus* L.) در استان گلستان کارایی انرژی (4/52)، بهره‌وری انرژی[1] (0/17 کیلوگرم بر مگاژول)، انرژی ویژه[2] (5/28 مگاژول بر کیلوگرم) و افزوده انرژی[3] (33309 مگاژول بر هکتـار) اعـلام شـد (Mousavi Avval et al., 2011a). در مطالعهٔ دیگری کـارایی انـرژی تولیـد کلـزا (*Brasica napus* L.) در استان گلستان 3/02 و سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید این محصول 5/20 درصد گـزارش شـد (Mousavi-Avval et al., 2011b). در بسیاری از مطالعات صورت گرفتـه بـر روی انـرژیِ مصرفی برای تولید محصولات کشاورزی در ایران، سهم انرژی‌هـای تجدیدپـذیر در تولیـد کـم‌تـر از 20 درصـد گـزارش شـده اسـت (Mohammadi and Omid, 2010; Tabatabaie et al., 2012; Khoshnevisan et al., 2013).

در مورد انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز در مطالعـه بـر روی تولیـد گندم (*Triticum aestivum* L.) در اصفهان دو نهادهٔ الکتریسـیته و کودهـای شـیمیایی و در تولیـد ذرت (*Zea mays* L.) در تهـران دو نهاده ماشین‌ها و سوخت مصرفی بیشترین نقش را در انتشار گازهای گلخانـــه‌ای داشـــتند (Pishgar Komleh et al., 2011b; Khoshnevisan et al., 2013). در بررسـی روی انتشـار گازهـای گلخانه‌ای در طی تولید کلزا در سه منطقه تراکیا ترکیه، اسـتان‌هـای گلستان و مازندران ایران میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بـه ترتیـب 562/85، 652/86 و 887/30 کیلـوگرم معـادل دی‌اکسـید کـربن در هکتار[4] گزارش شد (Khojastehpour et al., 2014).

با توجه به این‌که تاکنون مطالعه‌ای بر روی میزان انرژی مصرفی و نیز انتشار گازهای گلخانه‌ای در فرآیند تولید چای در ایران صـورت نگرفته است، هدف از انجام این مطالعه بررسی انرژی‌هـای ورودی و خروجی تولید چای و تخمین رابطه بین انرژی‌های ورودی و عملکرد بود. همچنین برآورد میزان کل انتشار گازهای گلخانه‌ای و نیز تعیین سهم هریک از نهاده‌هـای ورودی در انتشـار گازهـای گلخانـه‌ای در جریان تولید چای از دیگر اهداف این پژوهش بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و روش نمونه‌گیری

منطقه مورد بررسی شهرستان چابکسر در استان گیلان با عرض جغرافیایی حداکثر و حداقل بـه ترتیـب 36 درجـه و 38 دقیقـه و 37 درجه و 12 دقیقه شمالی و همچنین طول جغرافیایی حداکثر و حداقل به ترتیب 50 درجه و 37 دقیقه و 50 درجه و 6 دقیقه شرقی انتخاب شـد (GSY, 2011) حجـم نمونـه بـا اسـتفاده از فرمـول کـوکران (Snedecor & Cochran, 1980) 75 نفر تعیین گردید (معادلات 1 و2). اطلاعات مورد نظر شامل میزان مصرف نهاده‌هـای مختلـف در فرآیند تولید چای توسط پرسشنامه و مصاحبه حضوری جمع‌آوری و با دفترچه چای کشاورز مربوطـه تطبیـق داده شـد. محتویـات دفترچـه مذکور حاوی اطلاعات اخذ شده سازمان چـای کشـور از هـر یـک از چایکاران بود. در جدول 1 نحوه و تاریخ انجام عملیات مختلف تولیـد چای در استان گیلان ارائه شده است.

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

معادلهٔ (2)
$$d = \frac{t \times s}{\sqrt{n}}$$

در این معادلات، t: 1/96(در سطح اطمینان 95%)، s: پیش برآورد انحراف معیار جامعه (تعیین از طریق تکمیل پرسشنامه‌های اولیه)، d: دقت احتمالی مطلوب، N: حجم جامعه و n: حجم نمونه است.

روش تحلیل انرژی مصرفی

معادل‌های انرژی نهاده‌های ورودی و خروجی مـورد اسـتفاده در تولید چای در استان گیلان در جدول 2 ارائه شده است. پس از تعیین انرژی‌های ورودی و خروجی تولید چای در استان گیلان، شاخص‌های انرژی از طریق معادله‌های (3) تا (6) محاسبه شـد (Royan et al., 2012; Mobtaker et al., 2012). سپس سهم شکل‌هـای مسـتقیم (نیروی کارگری و سوخت بنزین)، غیرمستقیم (کودهای شیمیایی، کود حیوانی، سموم شیمیایی و ماشین‌ها)، تجدیدپذیر (نیـروی کـارگری و کود حیوانی) و تجدیدناپذیر (سوخت بنزین، کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی و ماشین‌ها) انرژی در تولید چـای در اسـتان گـیلان مـورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه مقدار مواد موثر کودهای شـیمیایی در نظر گرفته شـد (Erdal et al., 2007; Khajepour, 1997). بـا توجه به شرایط مساعد آب و هـوایی، بـرای تولیـد چـای در منطقـه چابکسر آبیاری صورت نمی‌گیرد.

1- Energy productivity
2- Specific energy
3- Net energy
4- kg CO_2eq ha^{-1}

جدول 1- نوع و تاریخ عملیات مختلف تولید چای در استان گیلان

Table 1- Type and date of different operations for tea production in Guilan province

نوع عملیات Operations type	تاریخ Date	
شخم Plowing	1 الی 30 اسفند	20 Feb to 20 March
کوددهی Fertilizer application	1 الی 15 اسفند	20 Feb to 5 March
سم پاشی Spraying	15 فروردین الی 15 اردیبهشت	To 5 May 4 Apr
وجین Weeding	1 خرداد الی 15 خرداد	22 May to 5 June
میانگین تعداد دفعات وجین Mean Frequency of weeding	2.71	
برداشت اول First harvesting	25 خرداد الی 5 تیر	15 June to 26 June
برداشت دوم Second Harvesting	1 الی 15 مرداد	23 July to 6 Aug
برداشت سوم Third harvesting	1 الی 15 شهریور	23 Aug to 6 Sep
برداشت چهارم Fourth harvesting	15 شهریور الی 15 مهر	6 Sep 7 Oct
میانگین تعداد دفعات برداشت Mean number of harvesting	2.19	
میانگین مساحت اراضی Mean of farm size	0.20	

جدول 2- معادل انرژی ورودی‌ها و خروجی

Table 2- Energy equivalent of inputs and outputs

ورودی‌ها و خروجی‌ها Inputs and output	معادل انرژی (مگاژول بر هکتار) Energy equivalent (MJ unit−1)	منبع Reference
ورودی‌ها Inputs		
نیروی کارگری (ساعت) Human Labor (h)	1.96	(Singh et al., 1994)
کودهای شیمیایی Chemical Fertilizer		
نیتروژن (کیلوگرم) N (kg)	66.14	(Ozkan et al., 2011)
فسفات (کیلوگرم) P2O5 (kg)	12.44	(Ozkan et al., 2011)
سموم شیمیایی (کیلوگرم) Biocide (kg)	120	(Khoshnevisan et al., 2013)
کود حیوانی (کیلوگرم) Farmyard manure	0.3	(Khoshnevisan et al., 2013)
سوخت بنزین (لیتر) Gasoline (L)	46.3	(Pishgar-Komleh et al., 2011a)
ماشین‌ها (ساعت) Machinery (h)	62.7	(Singh and Mittal., 1992)
خروجی Output		
چای (کیلوگرم) Tea (kg)	0.8	(Ozkan et al., 2004)

$$\text{کارایی انرژی} = \frac{\text{انرژی خروجی (مگاژول بر هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)}}$$ معادلهٔ (3)

$$\text{بهره وری} = \frac{\text{عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)}}$$ معادلهٔ (4)

$$\text{انرژی ویژه} = \frac{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)}}{\text{عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)}}$$ معادلهٔ (5)

$$\text{افزوده انرژی} = \text{انرژی خروجی (مگاژول بر هکتار)} - \text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)}$$ معادلهٔ (6)

$$y = f(x)\exp(u)$$ معادلهٔ (7)

$$Lny_i = \alpha_0 + \sum_{j=1}^{n} \alpha_j \ln(x_{ij}) + e_i \quad i = 1,2,\dots,n$$ معادلهٔ (8)

$$Lny_i = a_0 + a_1 lnx_1 + a_2 lnx_2 + a_3 lnx_3 + a_4 lnx_4 + a_5 lnx_5 + a_6 lnx_6 + e_i$$ معادلهٔ (9)

در این مطالعه، برای تخمین رابطه بین انرژی‌های ورودی نیروی کارگری (X_1)، کودهای شیمیایی (X_2)، سموم شیمیایی (X_3)، سوخت بنزین (X_4)، کود حیوانی (X_5) و ماشین‌ها (X_6) با عملکرد چای از تابع کاب داگلاس استفاده شد که یک مدل پذیرفته شده توسط بسیاری از محققان در بررسی انرژی مصرفی تولید محصولات کشاورزی است (Mousavi-Avval et al., 2011b; Pishgar-Komleh et al., 2013; Ramedani et al., 2011). شکل کلی این تابع در معادله (7) ارائه شده است. با لگاریتم‌گیری از دو طرف آن، معادله (8) نتیجه می‌شود. با جایگذاری شش نهاده انرژی ورودی برای تولید چای در استان گیلان، معادله (9) حاصل می‌شود. در این فرمول a_0 و e_i به ترتیب ضریب ثابت و ضریب خطا هستند و $\alpha_0, \dots, \alpha_2, \alpha_1$ به ترتیب ضرایب رگرسیونی نهاده‌های انرژی ورودی می‌باشند. در این مطالعه، نرخ بازگشت به مقیاس[1] نیز مورد بررسی قرار گرفت. به این معنا که با تغییر مقدار انرژی تمام نهاده‌های ورودی، مقدار عملکرد به چه اندازه تغییر می‌یابد. اگر این عدد بزرگ‌تر از یک محاسبه شود، نرخ بازگشت به مقیاس افزایشی خواهد بود و با افزایش یک درصد در انرژی تمام نهاده‌های ورودی عملکرد به میزان بیش از یک درصد افزایش می‌یابد. نرخ بازگشت به مقیاس مساوی یک و کم‌تر از یک به ترتیب بیانگر نرخ بازگشت به مقیاس ثابت و کاهشی هستند (Royan et al., 2012; Emadi et al., 2015).

در این مطالعه برای تعیین حساسیت نهاده‌های انرژی ورودی در تولید چای در استان گیلان از روش بهره‌وری فیزیکی حاشیه‌ای[2] بر پایه ضرایب رگرسیونی محاسبه شده در معادله (9) استفاده شد. از طریق MPP مشخص می‌شود که با افزایش یک واحد در یکی از نهاده‌های انرژی، با ثابت بودن سایر عوامل تولید، مقدار تغییر در عملکرد چه میزان است. MPP از طریق معادله (10) محاسبه شد (Mobtaker et al., 2012; Tahri-Rad al., 2014 et):

$$MPP_{xj} = \frac{GM(Y)}{GM(X_{ij})} \times \alpha_{ij}$$ معادلهٔ (10)

در این معادله، MPP_{xj}: مقدار بهره‌وری فیزیکی حاشیه‌ای به ازای نهاده Jام، α_{ij}: ضریب رگرسیونی نهاده، GM_Y: میانگین هندسی عملکرد چای در هکتار و $GM(X_{ij})$: میانگین هندسی نهاده انرژی ورودی است. همچنین میزان تأثیرگذاری انرژی نهاده‌های ورودی بر عملکرد با استفاده از بتا استاندارد مورد بررسی قرار گرفت.

روش ارزیابی انتشار گازهای گلخانه‌ای

در جدول 3 ضریب انتشار گازهای گلخانه‌ای نهاده‌های ورودی برای تولید چای در استان گیلان آورده شده است. انتشار گازهای گلخانه‌ای نهاده ماشین‌ها مربوط به فرآیند ساخت، نگه‌داری و حمل‌ونقل آن‌ها بود (Dyer & Desjardins, 2006). مصرف بنزین نیز برای حمل و نقل و سم‌پاشی صورت گرفت. با استفاده از ضرایب انتشار و مقدار نهاده‌های ورودی، مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید چای در منطقه به ازای یک هکتار محاسبه شد.

در پایان اطلاعات اولیه به محیط نرم‌افزار Excel 2007 انتقال یافت. سپس تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از طریق نرم‌افزار JMP8 انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل انرژی تولید

یکی از مسائل مهم در تولید پایدار محصولات زراعی مساحت بهینهٔ اراضی کشاورزی می‌باشد. میانگین وسعت کشت باغات چای در استان گیلان 0/20 هکتار محاسبه شد (جدول 1).

1- Returns to scale

2- Marginal physical productivity

جدول 3- ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای
Table 3- Greenhouse gas emission coefficients

ورودی‌ها Inputs	واحد Unit	ضریب انتشار گازهای گلخانه‌ای ($kg\ CO_2eq\ unit^{-1}$)	منبع Reference
ماشین‌های کشاورزی Agricultural machinery	مگاژول MJ	0.071	(Dyer & Desjardins, 2006)
سوخت بنزین Gasoline	لیتر liter	2.3	(EAI, 2013)
کودهای شیمیایی Chemical Fertilizer			
نیتروژن N	کیلوگرم	1.3	(Lal, 2004)
فسفات P_2O_5	کیلوگرم	0.2	(Lal, 2004)
سموم شیمیایی Biocide			
قارچ کش Fungicides	کیلوگرم	3.9	(Lal, 2004)
حشره‌کش Insecticides	کیلوگرم	5.1	(Lal, 2004)
علف‌کش Herbicides	کیلوگرم	6.3	(Lal, 2004)
کود حیوانی Farmyard manure	کیلوگرم	0.126	(Xiaomei & Kotelko, 2003; Pishgar-Komleh et al., 2013)

میانگین پایین مساحت اراضی کشاورزی استان گیلان به ویژه باغات چای منطقه، چای‌کاران گیلانی را با چالش‌هایی روبه‌رو نموده است که از بارزترین این موارد می‌توان به استفاده نسبتاً پایین از ماشین‌های کشاورزی در منطقه اشاره کرد، به نحوی که استفاده از بسیاری ماشین‌های کشاورزی از جمله تراکتورهای کشاورزی در منطقه رایج نیست و بیشتر عملیات کشت و کار چای به صورت دستی صورت می‌گیرد. مشابه با اراضی تحت کشت چای، میانگین مساحت مزارع برنج نیز در استان گیلان 0/7 هکتار است (MAJ, 2011)، که در مطالعه‌ای میزان بهینه آن در استان، 2/17 هکتار اعلام شد (Hosseinzad et al., 2009). در منطقه چابکسر چای درجه یک، طی یک تا دو مرحله برداشت می‌شود و در برداشت سوم و چهارم، چای درجه دو به‌دست می‌آید. میانگین عملکرد چای در منطقه 10798/52 کیلوگرم بر هکتار محاسبه شد.

میزان انرژی‌های ورودی و خروجی تولید چای در استان گیلان در جدول 4 آورده شده است. کودهای شیمیایی با 22871/34 مگاژول بر هکتار، 58/55 درصد از انرژی‌های ورودی در تولید چای در استان گیلان را به خود اختصاص دادند. حدود 97 درصد انرژی‌های ورودی کودهای شیمیایی مربوط به کود نیتروژن بود، به نحوی که چایکاران منطقه در زمین‌های نسبتاً کوچک خود مقدار زیادی از این نهاده شیمیایی را مصرف می‌نمودند. سوخت بنزین دومین منبع پرمصرف انرژی در تولید چای در استان گیلان بود. این منبع انرژی در فرآیند تولید چای برای حمل و نقل و سم‌پاشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. 18/36 درصد از انرژی‌های ورودی تولید چای مربوط به این نهاده بود (جدول 4). در مطالعه مشابهی بر روی تولید برنج در استان گیلان، سوخت و کودهای شیمیایی به عنوان پرمصرف‌ترین منابع انرژی در تولید گزارش شدند (Pishgar-Komleh et al., 2011a). در پژوهش دیگری در همدان دو نهاده الکتریسیته و کودهای شیمیایی به عنوان اصلی‌ترین منابع انرژی مصرفی در تولید یونجه معرفی شدند (Mobtaker et al., 2012).

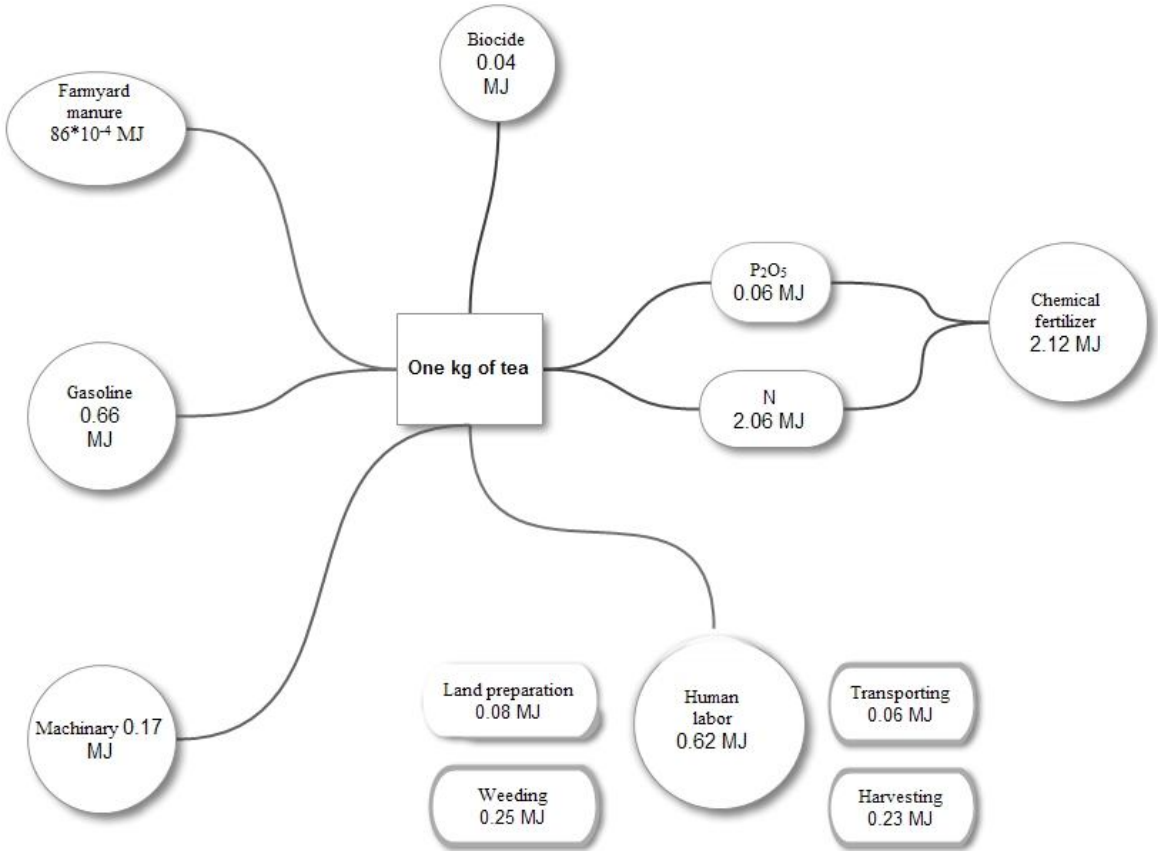
نیروی کارگری سومین نهاده پرمصرف انرژی در تولید چای در استان گیلان برآورد شد. میانگین مصرف این نهاده معادل 6672/21 مگاژول بر هکتار بود که این میزان انرژی مصرفی از میزان انرژی مصرف شده برای تولید محصولات آفتابگردان در استان گلستان، سیب (*Pyrus malus* L.) در تهران، جو (*Hordeum vulgare* L.) در همدان و برنج در گیلان بیشتر است (Mobtaker et al., 2010; Mousavi-Avval et al., 2011c; Mousavi Avval et al.,

.(2011a; Pishgar-Komleh et al., 2011a

جدول 4- انرژی‌های ورودی و خروجی تولید چای در استان گیلان

Table 4- Energy inputs and output for Tea production in Guilan province

ورودی‌ها و خروجی‌ها Inputs and output	مقدار مصرف بر واحد سطح (هکتار) Quantity per unit area (ha)	معادل کل انرژی (مگاژول بر هکتار) Total energy equivalent (MJ ha^{-1})	انحراف معیار Standard deviation	درصد percentage
ورودی‌ها **Inputs**				
1- نیروی کارگری (hr) 1-Human Labor (hr)	3404.18	6672.21	12013.55	17.08
الف- آماده‌سازی زمین (hr) A- Land preparation (hr)	420.39	823.97		
ب- وجین (hr) B-Weeding (hr)	1382.06	2708.84		
ج- برداشت (hr) C-Harvesting (hr)	1272.72	2494.54		
د- حمل و نقل (hr) D-Transporting (hr)	329.00	644.85		
2- سوخت بنزین (Lit) 2-Gasoline (Lit)	154.89	7171.50	27647.71	18.36
3- ماشین‌ها (hr) 3-Machinery (hr)	29.27	1835.54	4813.73	4.69
4- کودهای شیمیایی Chemical Fertilizer		22871.34	59784.26	58.55
الف- نیتروژن (Kg) A-N (Kg)	336.64	22265.55		
ب- فسفات (Kg) B-P_2O_5 (Kg)	46.70	605.79		
5-کود حیوانی (Kg) 5-Farmyard manure (kg)	297.87	89.36	245.90	0.22
6- سموم شیمیایی (Kg) 6-Biocide (Kg)	3.50	420.65	682.27	1.08
خروجی Output				
کل عملکرد چای (kg) Total yield of tea (kg)	10798.52	8638.82	17158.71	
برداشت اول (چای درجه یک) (kg) First harvesting (The first degree) (kg)	2895.74	2316.60		
برداشت اول (چای درجه دو) (kg) First harvesting (The second degree) (kg)	1693.02	1354.41		
برداشت دوم (چای درجه یک) (kg) Second harvesting (The first degree) (kg)	107.82	86.26		
برداشت دوم (چای درجه دو) (kg) Second harvesting (The second degree) (kg)	3623.91	2899.13		
برداشت سوم (چای درجه دو) (kg) Third harvesting (The second degree) (kg)	1823.06	1458.45		
برداشت چهارم (چای درجه دو) (kg) Fourth harvesting (The second degree) (kg)	654.97	523.97		



شکل 1- سهم نهاده‌های انرژی در تولید یک کیلوگرم چای در استان گیلان

Fig. 1- The share of energy inputs for one kg of tea production in Guilan province

انرژی مصرفی نسبتاً زیاد نیروی کارگری برای تولید چای در استان گیلان به دلیل سنتی بودن اکثر عملیات زراعی در منطقه است، به گونه‌ای که برای تولید چای در منطقه، دو تا چهار بار وجین دستی و یک تا چهار بار برداشت دستی انجام می‌شود. ماشین‌های کشاورزی چهارمین نهاده پرمصرف انرژی در تولید چای در منطقهٔ چابکسر بود. میزان انرژی مصرفی این نهاده 1835/54 مگاژول بر هکتار تعیین شد. بیشترین انرژی مصرفی ماشین‌ها برای تولید چای در استان گیلان مربوط به حمل‌ونقل و سم‌پاشی است. سموم شیمیایی با 420/65 مگاژول بر هکتار، 1/08 درصد انرژی مصرفی تولید چای در استان گیلان را به خود اختصاص داد. با توجه به عدم استفاده از کود حیوانی توسط برخی از چایکاران منطقه، انرژی ورودی این نهاده کم‌ترین مقدار را در بین تمامی ورودی‌های تولید چای به خود اختصاص داد. در شکل 1 جریان انرژی برای تولید یک کیلوگرم چای در استان گیلان ارائه شده است.

همان‌طور که در جدول 5 ملاحظه می‌شود، مجموع انرژی‌های ورودی برای تولید چای در استان گیلان 39060/60 مگاژول بر هکتار به دست آمد. میانگین کارایی انرژی تولید چای در استان گیلان 0/22 محاسبه شد. بهره‌وری انرژی تولید چای در منطقه 0/28 کیلوگرم بر مگاژول بود. انرژی ویژه و افزوده انرژی نیز برای تولید چای به ترتیب 3/62 مگاژول بر کیلوگرم و 30422- مگاژول بر هکتار به دست آمد.

در پژوهش‌های مشابهی مجموع انرژی‌های ورودی برای تولید برنج در گیلان، کلزا در مازندران و کلزا در گلستان به ترتیب 33933 ، 28705 و 17786 مگاژول بر هکتار گزارش شد (Mousavi-Avval et al., 2011b; Pishgar-Komleh et al., 2011a; Taheri-Garavand et al., 2010)، که در تمامی این موارد انرژی ورودی بیشتری در استان گیلان برای تولید چای مصرف می‌شود. در مطالعاتی میانگین کارایی انرژی تولید محصولات برنج در گیلان

(1/53)، بادام‌زمینی در گیلان (3/92)، کلزا در گلستان (3/02)، کلزا در مازندران (1/44) و تولید سویا در کردکوی گلستان (4/62) گزارش شد (Emadi et al., 2015; Mousavi-Avval et al., 2011b; Pishgar-Komleh et al., 2011a; Taheri-Garavand et al., 2010). از دلایل کارایی انرژی نسبتاً پایین تولید چای در استان گیلان می‌توان به خرده مالکی باغات چای و میزان مصرف نسبتاً زیاد نهاده‌های ورودی در تولید این گیاه اشاره کرد. در مطالعات انجام شده بر روی تولید محصولات برنج در گیلان، سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در اصفهان و ذرت در تهران اعلام شد که با افزایش مساحت زمین، میزان انرژی‌های ورودی بر واحد سطح کاهش و کارایی انرژی افزایش می‌یابد (Pishgar Komleh et al., 2011a; Pishgar-Komleh et al., 2011b; Pishgar-Komleh et al., 2012a; Emadi et al., 2015). در پژوهشی بهره‌وری انرژی تولید برنج در استان گیلان 0/09 گزارش شد. این موضوع با توجه به عملکرد بیشتر چای نسبت به برنج، قابل انتظار است، ولی با توجه به محتوی انرژی بالاتر برنج (17 مگاژول بر کیلوگرم) نسبت به چای (0/8 مگاژول بر کیلوگرم)، کارایی انرژی تولید چای در منطقه کم‌تر از این شاخص در تولید برنج بود (Pishgar-Komleh et al., 2011b). افزوده انرژی محاسبه شده در این مطالعه نیز در مقایسه با بسیاری از مطالعات مشابه صورت گرفته بر روی محصولات کشاورزی، کوچک‌تر است (Mobtaker et al., 2010; Mohammadi et al., 2010; Samavatean et al., 2011). این بدین معنا است که انرژی برای تولید چای در منطقه به صورت کارا مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. میزان انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم برای تولید چای به ترتیب 13844 و 25217 مگاژول بر هکتار محاسبه شد. سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر مصرفی نیز به ترتیب 6762 و 32299 مگاژول بر هکتار برآورد شد.

تأثیر تمامی نهاده‌های انرژی ورودی به غیر از سموم شیمیایی بر روی عملکرد چای در استان گیلان مثبت به دست آمد (جدول 6). در تحقیق مشابهی بر روی انرژی تولید برنج در استان گیلان تأثیر نهاده‌های ماشین‌ها، سوخت، سموم شیمیایی، کودهای شیمیایی و بذر بر روی عملکرد مثبت و تأثیر نهاده نیروی کارگری بر روی عملکرد منفی گزارش شد (Pishgar-Komleh et al., 2011a). نرخ بازگشت به مقیاس در این مطالعه 1/13 محاسبه شد که بیانگر این موضوع است که با افزایش یک درصدی در انرژی ورودی تمام نهاده‌ها، عملکرد به میزان 1/13 درصد افزایش می‌یابد.

جدول 5- شاخص‌ها و شکل‌های مختلف انرژی تولید چای در استان گیلان

Table 5- Energy indicators and forms for tea production in Guilan, Iran

	واحد Unit	میانگین Average	درصد Percentage
مجموع انرژی ورودی Total energy input	مگاژول بر هکتار MJ ha^{-1}	39060.60	
مجموع انرژی خروجی Total energy output	مگاژول بر هکتار MJ ha^{-1}	8638.82	
کارایی انرژی Energy ratio	-	0.22	
بهره‌وری انرژی Energy productivity	کیلوگرم بر مگا ژول kg Mj^{-1}	0.28	
انرژی ویژه Specific energy	مگا ژول بر کیلوگرم MJ kg^{-1}	3.62	
افزوده انرژی Net energy	مگا ژول بر هکتار MJ ha^{-1}	-30421.78	
انرژی مستقیم Direct energy	مگا ژول بر هکتار MJ ha^{-1}	13843.71	35
انرژی غیرمستقیم Indirect energy	مگا ژول بر هکتار MJ ha^{-1}	25216.89	65
انرژی تجدیدپذیر Renewable energy	مگا ژول بر هکتار MJ ha^{-1}	6761.57	17
انرژی تجدیدناپذیر Non-renewable energy	مگا ژول بر هکتار MJ ha^{-1}	32299.03	83

نهاده انرژی نیروی کارگری بیشترین مقدار حساسیت را در بین سایر نهاده‌ها داشت و به عنوان حساس‌ترین نهاده در تولید چای در منطقه شناخته شد، به طوری‌که با افزایش یک مگاژول در انرژی ورودی این نهاده، عملکرد به میزان 0/93 کیلوگرم بر هکتار افزایش می‌یابد. در تحقیقات دیگری نیز بر روی انرژی تولید محصولات کشاورزی نهاده نیروی کارگری بیشترین حساسیت را در تولید داشت (Mobtaker et al., 2010; Mobtaker et al., 2012). مقدار حساسیت برای نهاده انرژی ماشین‌ها و سموم شیمیایی به ترتیب 0/79 و 0/18- محاسبه شد. تأثیر سموم شیمیایی بر روی عملکرد منفی برآورد شد، به طوری‌که با افزایش یک مگاژول در انرژی ورودی این نهاده، عملکرد به میزان 0/18 کیلوگرم بر هکتار کاهش می‌یابد (جدول 6). نیروی کارگری بیشترین بتا استاندارد (0/75) را در بین نهاده‌های انرژی ورودی به خود اختصاص داده و درنتیجه بیشترین تأثیر را بر روی عملکرد چای در استان گیلان داشت. نهاده‌های ماشین‌ها و سموم شیمیایی نیز به ترتیب دومین و سومین نهاده‌های انرژی تأثیرگذار بر روی عملکرد چای در استان گیلان بودند (جدول 6). در پژوهش مشابهی سموم شیمیایی، سوخت دیزل و ماشین‌ها به ترتیب با بتا استاندارد 0/67- ، 0/38- و 0/32 تأثیرگذارترین نهاده‌های انرژی در تولید بادام‌زمینی در استان گیلان گزارش شدند (Emadi et al., 2015).

انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید چای در استان گیلان

بر اساس نتایج مطالعه، بیشترین سهم انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید چای مربوط به کودهای شیمیایی می‌باشد (جدول 7). سهم انتشار گازهای گلخانه‌ای این نهاده در تولید چای در حدود 76 درصد به دست آمد. انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از ماشین‌های کشاورزی، $341/77 kgCO_2eq. ha^{-1}$ برآورد گردید که دومین رتبه را از نظر انتشار در بین نهاده‌های مختلف دارا بود (جدول 7). در پژوهش‌های مشابهی برای تولید محصول ذرت در تهران نهاده‌های ماشین‌ها و سوخت، تولید گندم در اصفهان نهاده‌های الکتریسیته و کودهای شیمیایی، برای تولید سیب زمینی در اصفهان نهاده‌های کودهای شیمیایی و سوخت دیزل و برای تولید پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در البرز نهاده‌های ماشین‌ها و سوخت دیزل به عنوان نهاده‌هایی با بیشترین انتشار گازهای گلخانه‌ای گزارش شدند (Pishgar-Komleh et al., 2011b; Khoshnevisan et al., 2013; Pishgar-Komleh et al., 2012a; Pishgar-Komleh et al., 2012b).

جدول 6- تخمین رابطه بین انرژی‌های ورودی و عملکرد چای در استان گیلان

Table 6- Estimation of the relationship between energy inputs and yield of tea production in Guilan province

	ضریب رگرسیونی Coefficient	آماره t t-ratio	P-Value	MPP	بتا استاندارد Standard Beta
$Lny_i = \alpha_0 + \alpha_1 lnx_1 + \alpha_2 lnx_2 + \alpha_3 lnx_3 - \alpha_4 lnx_4 + \alpha_5 lnx_5 + \alpha_6 lnx_6 + e_i$					
نیروی کارگری Human labor	0.9616	6.21	0.0001	0.931	0.7516
کود های شیمیایی Chemical Fertilizers	0.0159	0.91	0.3691	-0.002	0.0583
سموم شیمیایی Biocide	0.0293-	1.44-	0.1575	-0.181	0.0917-
سوخت بنزین Gasoline	0.0548	0.68	0.4997	0.105	0.0663
کود حیوانی Farmyard manure	0.0046	0.24	0.8128	0.073	0.0125
ماشین‌ها Machinery	0.1235	1.41	0.1658	0.787	0.1611
R^2	0.89				
دوربین واتسون Durbine Watson	1.50				
نرخ بازگشت به مقیاس Return to scale	1.13				

جدول 7- انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید چای در استان گیلان

Table 7- Greenhouse gas emission of Tea production in Guilan province

درصد (%) percentage	انحراف معیار Standard deviation	میانگین Average ($kgCO_2eq.\ ha^{-1}$)	
10.17	341.77	130.32	ماشین‌ها Machinery
9.64	504.90	123.54	سوخت بنزین Gasoline
			کودهای شیمیایی Chemical Fertilizer
74.22	2555.65	951.38	نیتروژن N
1.65	47.72	21.17	فسفر P_2O_5
1.39	29.00	17.88	سموم شیمیایی Biocide
2.93	103.28	37.53	کود حیوانی Farmyard manure
100	2980.38	1281.82	مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای Total GHG emissions

نهاده سوخت بنزین نیز با $504/90 kgCO_2eq.ha^{-1}$، 9/46 درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای را در تولید چای در اختیار داشت. چهارمین نهادهٔ با بیشترین انتشار گازهای گلخانه‌ای کود حیوانی با سهم 2/93 درصد در تولید چای در استان گیلان بود. سموم شیمیایی نیز کم‌ترین انتشار گازهای گلخانه‌ای را در بین سایر نهاده‌ها در تولید چای در منطقه چابکسر داشت.

مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید چای در استان گیلان $1281/82 kgCO_2eq.\ ha^{-1}$ محاسبه شد (جدول 7). در مطالعات مشابهی مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولید محصولات پنبه در استان گلستان، گندم و سیب زمینی در اصفهان به ترتیب $1195/25$، $2711/58$ و $992/88$ $kgCO_2eq.ha^{-1}$ گزارش شد. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید چای در استان گیلان از تولید پنبه در البرز، تولید کلزا در تراکیا ترکیه و استان‌های گلستان و مازندران ایران و سیب‌زمینی در اصفهان بیشتر و از تولید گندم در اصفهان کم‌تر بود (Khoshnevisan et al., 2013; Khojastehpour et al., 2014) (Pishgar-Komleh et al., 2012a; Pishgar-Komleh et al., 2012b).

نتیجه‌گیری

میانگین مالکیت باغات چای در استان گیلان 0/2 هکتار به دست آمد و یکی از دلایل عمده عدم مکانیزاسیون عملیات مختلف تولید این محصول را می‌توان به سطوح کوچک مالکیت نسبت داد. نهاده کودهای شیمیایی بیشترین مقدار مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را به ترتیب با 58/5 و 75/9 درصد در تولید چای در استان گیلان داشت. کارایی انرژی تولید چای در استان گیلان 0/22 محاسبه شد و این امر بیانگر کارایی پایین انرژی در تولید این محصول در منطقه است.

منابع

Bakhoda, H., Almassi, M., Moharamnejad, N., Moghaddasi, R., and Azkia, M. 2012. Energy production trend in Iran and its effect on sustainable development. Renewable and Sustainable Energy Reviews 16: 1335-1339.

Dyer, J.A., and Desjardins, L. 2006. Carbon dioxide emissions associated with the manufacturing of tractors and farm machinery in Canada. Biosystems Engineering 93: 107-118.

EAI. 2013. U.S. Energy Information Administration estimate. Available from: http://www.eia.gov

Emadi, B., Nikkhah, A., Khojastehpour, M., and Payman, S.H. 2015. Effect of farm size on energy consumption and input costs of peanut production in Guilan province. Journal of Agricultural Machinery Engineering 5(1). (In press)

(In Persian with English Summary)

Erdal, G., Esengün, K., Erdal, H., and Gündüz, O. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy 32: 35-41.

GSY. 2011. Guilan's of statistical yearbook. Available at: http://amar.gilan.ir (In Persian)

Hosseinzad, J., Aref-Eshghi, T., and Dashti, G. 2009. Determination of optimum size for rice farms in Guilan province. Journal of Economics and Agricultural Development 23(2): 117-127. (In Persian with English Summary)

IEA. 2012. International Energy Agency. CO_2 Emissions From Fuel Combustion, 2012 edition. available online at http://www.iea.org/termsandconditionsuseandcopyright

Khajepour, M.R. 1997. Principles of Agronomy. University Publishing of Isfahan Industrial. Esfahan, Iran 398 pp. (In Persian)

Khojastehpour, M., Nikkhah, A., and Emadi, B. 2014. Comparing energy and greenhouse gas emission of canola production between Iran and Turkey. The 8th National Congress on Agricultural Machinery Engineering. (Biosystem) & Mechanization, 29-31 January, Mashhad, Iran, P. 396- 405 (In Persian with English Summary)

Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., Yousefi, M., and Movahedi, M. 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.

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

MAJ. 2011. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran. Annual agricultural statistics. Available at: http://www.maj.ir (In Persian)

Michael, H., and Dworkin, J.D. 2007. The farmer's handbook for energy self-reliance. The Institute for Energy and the Environment. Available for online download at: www.agenergysolutions.org

Mobtaker, H.G., Akram, A., and Keyhani, A. 2012. Energy use and sensitivity analysis of energy inputs for alfalfa production in Iran. Energy for Sustainable Development 16: 84-89.

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

Mohammadi, A., and Omid, M. 2010. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. Applied Energy 87: 191-196.

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

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

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

Mousavi-Avval, S. H., Rafiee, S., and Mohammadi, A. 2011c. Optimization of energy consumption and input costs for apple production in Iran using data envelopment analysis. Energy 36: 909-916.

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

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

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

Pishgar-Komleh, S. H., Keyhani, A., Rafiee, S., and Sefeedpari, P. 2011b. Energy use and economic analysis of corn silage production under three cultivated area levels in Tehran province of Iran. Energy 36: 3335-3341.

Pishgar-Komleh, S. H., Ghahderijani, M., and Sefeedpari, P. 2012a. Energy consumption and CO_2 emissions analysis of potato production based on different farm size levels in Iran. Journal of Cleaner Production 33: 183-191.

Pishgar-Komleh, S.H., Sefeedpari, P., and Ghahderijani, M. 2012b. Exploring energy consumption and CO_2 emission of cotton production in Iran. Journal of Renewable and Sustainable Energy 4(3): 033115-14.

Pishgar-Komleh, S. H., 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.

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

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

Samavatean, N., Rafiee, S., Mobli, H., and Mohammadi, A. 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.

Sims, R.E.H., and Sayigh, A. 2003. Bioenergy options for a cleaner environment: in developed and developing countries. Elsevier Science; 1 edition, Translated by: M.H. Abbaspour-fard, M.A. Ebrahimi Nik and M. Khojastehpour.

Singh, S., and Mittal, J.P. 1992. Energy in Production Agriculture. Mittal Publications.

Singh, S., Singh, S.J., Mittal, P., Pannu, C.J.S., and Bhangoo, B.S. 1994. Energy inputs and crop yield relationships for rice in Punjab. Energy 19: 1061-1065.

Snedecor, G.W., and Cochran, W.G. 1980. Statistical methods. Iowa State University Press.

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

Taheri-Garavand, A., Asakereh, A., and Haghani, K. 2010. Energy elevation and economic analysis of canola production in Iran a case study: Mazandaran province. International Journal of Environmental Sciences 1: 236-242.

Tahri-Rad, A., Nikkhah, A., Khojastehpour, M., and Noruozie, S. 2014. Assessing the GHG emissions, the energy and economic analysis of cotton production in Golestan province. The 8th National Congress on Agricultural Machinery Engineering (Biosystem) & Mechanization, 29-31 January, Mashhad, Iran, P. 311-327 (In Persian with English Summary)

Xiaomei, 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, 17e21 November. (Lecture No.: AG056).