doi: 10.22124/c.2019.13193.1489

دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات

دوره نهم/ شماره دوم/ تابستان ۱۳۹۸ (۱۲۸-۱۱۵)

ارزیابی انرژی مصرفی و تحلیل اقتصادی تولید گندم آبی در کشور

عادل واحدی [1*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۰۳

چکیده

با افزایش روزافزون جمعیت و محدودیت‌های انرژی، دسترسی به انرژی کافی در آینده مشکل خواهد بود. ارزیابی بیلان انرژی می‌تواند یک روش علمی برای اندازه‌گیری میزان ثبات و پایداری یک اکوسیستم زراعی باشد. هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی روند انرژی مصرفی و تحلیل اقتصادی تولید گندم آبی در هفت استان کشور شامل البرز، اصفهان، اردبیل، خراسان‌رضوی، خوزستان، گلستان و همدان بود. اطلاعات مورد نیاز این تحقیق از طریق تکمیل پرسشنامه و مصاحبه حضوری با کشاورزان تولیدکننده گندم آبی در استان‌های مورد مطالعه جمع‌آوری شد. سپس با استفاده از معادلات هم‌ارز انرژی، مقدار نهاده‌های مصرفی و ستانده‌های تولید، انرژی ورودی و خروجی و شاخص‌های انرژی ارزیابی شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین انرژی ورودی با مقادیر ۱۰۴۷۰۱ و ۲۶۱۹۸/۰۷ مگاژول بر هکتار به‌ترتیب از استان‌های خراسان‌رضوی و گلستان به‌دست آمد. استان‌های البرز و خراسان‌رضوی با مقادیر ۱۶۲۱۶۹/۲۸ و ۱۲۲۲۹۷/۵۳ مگاژول بر هکتار به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین انرژی ستانده را در تولید گندم آبی داشتند. بیش‌ترین سهم انرژی نهاده‌های مصرفی برای استان‌های البرز، اردبیل، خوزستان، گلستان و همدان مربوط به انرژی کودهای شیمیایی و برای استان‌های اصفهان و خراسان رضوی انرژی آبیاری بود. میانگین انرژی ورودی، انرژی ستانده، کارایی انرژی، بهره‌وری انرژی و افزوده خالص انرژی در استان‌های مورد مطالعه به‌ترتیب ۵۸۳۰۸/۸۳ مگاژول بر هکتار، ۱۳۶۰۹۲/۱۵ مگاژول بر هکتار، ۲/۸۷، ۰/۲۱۲ کیلوگرم بر مگاژول و ۷۷۷۸۳/۳۱ مگاژول بر هکتار به‌دست آمد. ماشین‌های کشاورزی با ۳۴/۸۷ درصد بیش‌ترین سهم هزینه تولید را داشتند. بیش‌ترین و کم‌ترین بهره‌وری انرژی ورودی برای استان‌های گلستان و خراسان‌رضوی به‌ترتیب با مقادیر ۰/۳۸ و ۰/۰۸ کیلوگرم بر مگاژول تعیین شد. میانگین نسبت فایده به هزینه ۲/۱۶ و شاخص بهره‌وری اقتصادی ۰/۱۵۴ کیلوگرم در هزار ریال به‌دست آمد. به‌طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که تولید گندم آبی در مناطق مورد مطالعه از نظر بیلان انرژی، توجیه‌پذیر و از نظر اقتصادی، مقرون به‌صرفه است. بنابراین، ضمن حفظ پایداری انرژی در تولید و اصول کشاورزی حفاظتی، می‌توان اقدام به افزایش سطح زیر کشت تولید گندم آبی در مناطق مورد مطالعه کرد.

واژه‌های کلیدی: افزوده خالص انرژی، بهره‌وری اقتصادی، شاخص انرژی، نسبت فایده به هزینه

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

* نویسنده مسئول: vahedi_adel@yahoo.com

مقدمه

گندم به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین مواد غذایی و عمده زراعی از جایگاه ویژه‌ای در دنیا برخوردار است و در شمار اصلی‌ترین غذا برای تأمین انرژی انسان‌ها قرار گرفته است. در ایران نیز گندم مهم‌ترین گیاه زراعی به‌شمار می‌رود، به‌طوری که هر ساله بیش از ۵۰ درصد از کل زمین‌های قابل کشت به زراعت گندم اختصاص داده می‌شود (Zeinali, 2009; FAO, 2013). گندم به‌عنوان محصولی راهبردی (استراتژیک)، با سطح زیر کشت ۵/۹۲۸ میلیون هکتار، ۵۰/۳۹ درصد از سطح زیر کشت محصولات زراعی را به‌خود اختصاص داده است و با تولید ۱۴/۵۹۲ میلیون تن، ۱۷/۵۸درصد از تولید محصولات زراعی کشور را شامل می‌شود (Ministry of Jihad-e-Agriculture, 2016). با توجه به تنوع اقلیم‌های کشت گندم آبی در کشور، در پژوهش حاضر استان‌هایی با پراکنش اقلیمی مختلف و وسعت سطح کشت در هر منطقه انتخاب شد.

مطالعاتی که تا کنون در مورد مصرف انرژی در بخش کشاورزی کشور صورت پذیرفته‌اند، این واقعیت را منعکس می‌کنند که مصرف انرژی در بخش کشاورزی هر ساله در حال افزایش است (Taheri Asl and Sadeghi, 2011). سیستم تولید محصولات کشاورزی در ایران در سال‌های اخیر به‌دلیل کاربرد مکانیزاسیون، کودهای شیمیایی و حشره‌کش‌ها دستخوش تغییر و تحولات عمده‌ای شده است. وقوع این تحولات سبب تغییر جریان انرژی در بخش کشاورزی و وابستگی بیش‌تر این بخش به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم به الکتریسیته، سوخت‌های فسیلی و سایر شکل‌های انرژی شده است (Mehrabi Boshrabadi and Ismaili, 2010). این تنوع نهاده‌ها تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای در الگوی مصرف انرژی در بخش کشاورزی ایجاد کرده و موجب وابستگی بیش‌تر به منابع انرژی سوخت‌های فسیلی شده است (Mousavi-Avval *et al.*, 2011). این موضوع می‌تواند آثار منفی بر محیط زیست و سلامت عمومی ایجاد کند و منجر به استفاده مازاد از منابع طبیعی شود. این مساله اهمیت و ضرورت بررسی الگوی مصرف انرژی به‌منظور استفاده موثر از آن در بخش کشاورزی را آشکار می‌سازد (Rafiee *et al.*, 2010). محدودیت زمین‌های زراعی، افزایش جمعیت، تغییر در زیرساخت‌ها و تمایل به استانداردهای بالای زندگی عواملی هستند که مصرف انرژی در بخش کشاورزی را افزایش داده‌اند. استفاده موثر از انرژی در کشاورزی یکی از مهم‌ترین نیازهای توسعه پایدار در کشاورزی است (Mohammadi *et al.*, 2011). عرضه انرژی در کشاورزی به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر طبقه‌بندی می‌شود. ممیزی انرژی یکی از رایج‌ترین روش‌ها به‌منظور بررسی کارآیی انرژی و آثار زیست‌محیطی سامانه تولید است (Hamedani *et al.*, 2011). تجزیه و تحلیل انرژی نشان خواهد داد که چه مقدار انرژی به‌صورت موثر استفاده شده است. بنابراین کشاورزی و انرژی دارای یک ساختار مکمل هستند و بر یکدیگر اثر می‌گذارند (Moghimi *et al.*, 2013).

ملایی و همکاران به بررسی انرژی گندم دیم در سه منطقه شهرستان اقلید استان فارس پرداختند. نسبت انرژی در مناطق خسروشیرین، سده و دژکرد به‌ترتیب ۱/۰۶۸، ۱/۱۹ و ۰/۹۱ به‌دست آمد که کود و سوخت بیش‌ترین سهم انرژی مصرفی را در هر سه منطقه را داشتند (Mollaei *et al.*, 2009). قربانی و همکاران نیز به تحلیل اقتصادی و انرژی مصرفی گندم دیم و آبی در خراسان شمالی پرداختند و نسبت انرژی را برای گندم دیم ۳/۳۸ و برای گندم آبی ۱/۴۴ به‌دست آوردند (Ghorbani *et al.*, 2011). سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 2004) نشان دادند که استفاده از ارقام پرمحصول، سیستم‌های کشت فشرده، افزایش مصرف کودها و سموم شیمیایی و سطح بالای مکانیزاسیون کشاورزی، موجب افزایش مصرف انرژی در کشاورزی مدرن شده‌اند. ازکان و همکاران (Ozkan *et al.*, 2004) اعلام کردند که میزان انرژی ورودی در کشت ۳۶ محصول عمده ترکیه از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۰ میلادی، به‌ازای هر هکتار از ۱۷/۴ به ۴۷/۴ گیگاژول در هکتار افزایش یافته است. در حالی که میزان خروجی انرژی طی همین مدت با رشدی کم‌تر از ۳۸/۸ به ۵۵/۸ گیگاژول در هکتار رسیده است. به این ترتیب، طی ۲۵ سال کارآیی انرژی در ترکیه از ۲/۲۳ به ۱/۱۸ کاهش یافته است. شاهین و همکاران (Shahin *et al.*, 2008) نیز انرژی مصرفی و تحلیل اقتصادی تولید گندم آبی را در شهرستان اردبیل بررسی و گزارش کردند که مقدار کل انرژی ورودی ۴۷/۰۸ گیگاژول بر هکتار بود که حدود ۳۱/۱۹ درصد مربوط به کودهای شیمیایی و ۲۶/۰۵ درصد مربوط به سوخت دیزل بود. هم‌چنین، انرژی‌های غیرمستقیم و مستقیم به‌ترتیب ۷۳/۲۷ و ۲۶/۷۳ درصد را شامل شدند. نسبت انرژی خروجی به ورودی ۱/۹۷ و بهره‌وری انرژی ۰/۰۹۶ کیلوگرم بر مگاژول بود. مقدار هزینه تولید در هر هکتار نیز ۸۰۹/۴۴ دلار و نسبت سود به هزینه برابر ۱/۴۳ گزارش شد.

با توجه به مرور منابع و سطح کشت گسترده محصول راهبردی (استراتژیک) گندم در کشور، انجام تحقیقی جامع در مورد روند مصرف انرژی در تولید گندم آبی اقلیم‌های مختلف کشور و تجزیه و تحلیل انرژی مصرفی به‌منظور مدیریت منابع تولید و برنامه‌ریزهای مدیریتی در کاهش انرژی مصرفی بخش کشاورزی ضروری است.

مواد و روش‌ها

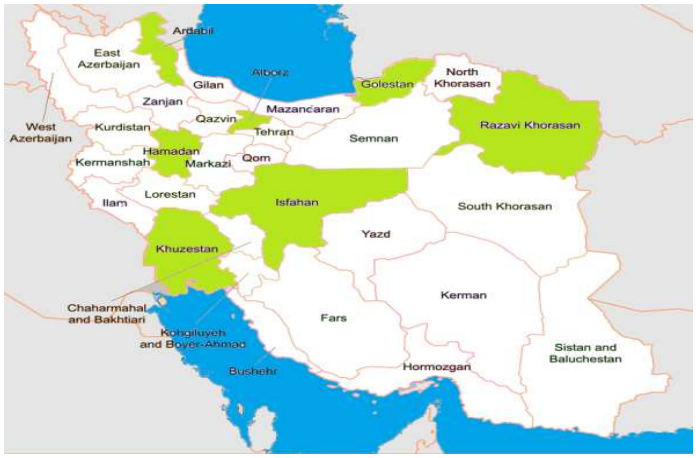
مشخصات مناطق و نوع مدیریت زراعی

مطالعه حاضر به‌صورت میدانی در مزارع تولید گندم آبی استان‌های البرز، اصفهان، اردبیل، خراسان‌رضوی، خوزستان، گلستان و همدان در سال ۱۳۹۷ انجام گرفت. موقعیت جغرافیایی هفت استان مورد مطالعه در این تحقیق در شکل ۱ و سطح زیر کشت و میزان تولید محصولات زراعی و گندم آبی و دیم در استان‌های مطالعه شده در این تحقیق در جدول ۱ ارایه شده است.

نحوه جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های مورد نیاز تحقیق حاضر از طریق تکمیل پرسش‌نامه و مصاحبه چهره به چهره با کشاورزان تولیدکننده گندم آبی جمع‌آوری شد. سایر اطلاعات مورد نیاز با مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای و مراجعه به کارشناسان سازمان‌های جهاد کشاورزی استان‌ها به‌دست آمد.

برای نمونه‌گیری از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد. این روش در واقع آسان‌ترین روش نمونه‌گیری است (Ghahdarijani *et al.*, 2009). جامعهٔ آماری این تحقیق شامل تمام زارعین گندم آبی در استان‌های البرز، اصفهان، اردبیل، خراسان رضوی، خوزستان، گلستان و همدان بود که عملیات زراعی تهیه زمین، کاشت، داشت و برداشت آن‌ها به‌صورت کاملاً مکانیزه انجام شد و از بذرهای مادری گندم استفاده کردند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان‌های مورد مطالعه در این تحقیق

Figure 1. Geographical location of the studied provinces in this research

جدول ۱- میزان تولید و سطح زیر کشت گندم و گیاهان زراعی در استان‌های مورد مطالعه در این تحقیق*

Table 1. Production and cultivation area of wheat and crop plants in the studied provinces in this research*

Province	Total Crop area (1000 ha)	Total Crop production (10^6 ton)	Irrigated wheat area (ha)	Rainfed wheat area (ha)	Irrigated wheat production (ton)	Rainfed wheat production (ton)	Total wheat area (ha)	Total wheat production (ton)
Alborz	38	0.91	10437	-	55761	-	10437	55761
Isfahan	236	3.22	52700	17200	263076	16994	69900	280070
Ardabil	611	2.93	73200	247241	309375	406298	320441	715673
Khorasan-e-razavi	710	5.72	175090	125000	647865	160005	300090	807870
Khuzestan	1010	14.96	384000	151300	1691861	168150	535300	1860012
Golestan	676	3.57	159688	220311	714690	795607	379999	1510297
Hamedan	654	3.31	80110	322820	362892	316892	402930	697270
The whole of Iran	11766.49	82.99	2127990	3800738	8843253	5728750	5928728	14592003

* Ministry of Jihad-e-Agriculture, 2016

برای به‌دست آوردن حجم نمونه و تعداد پرسشنامه‌هایی که باید در هر استان تکمیل شوند، از فرمول کوکران طبق رابطه (۱) استفاده شد (Cochran, 1997; Ghasemi Mobtaker *et al.*, 2010):

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

که در آن، n حجم نمونه، N حجم جامعه، S انحراف معیار جامعه، d دقت احتمالی مطلوب و t برابر ۱/۹۶ است.

برای به‌دست آوردن انحراف معیار جامعه، یک نمونه تصادفی شامل سی بهره‌بردار گندم آبی انتخاب و انحراف معیار عملکرد گندم این مزارع تعیین شد. پس از تجزیه و تحلیل داده‌های نمونه‌گیری مقدماتی و به‌دست آوردن تقریبی پارامترهای صفت مورد مطالعه در جامعه مورد نظر و قرار دادن آن‌ها در فرمول کوکران، حجم نمونه لازم برای استان‌های مختلف به شرح جدول ۲ تعیین شد.

انرژی‌های ورودی به‌منظور تولید گندم در منطقه شامل انرژی نیروی کارگری، ماشین‌ها و ادوات، سوخت، آب آبیاری، الکتریسیته مورد نیاز جهت پمپاژ آب، کودهای شیمیایی (نیتروژن، فسفات، پتاسیم و ریزمغذی‌ها)، سموم شیمیایی(علف‌کش، حشره‌کش و قارچ‌کش) و بذر و انرژی خروجی شامل انرژی دانه و کاه گندم است. برای محاسبه انرژی‌های ورودی و خروجی در واحدهای تولید، مقدار هر کدام از نهاده‌های مصرفی یا محصول تولیدی در هم‌ارز انرژی آن ضرب شد. مقادیر هم‌ارز انرژی نهاده‌های مصرفی و محصولات تولید شده در جدول ۳ ارایه شده است.

محاسبه شاخص‌های انرژی

به‌منظور تعیین روابط بین انرژی ستانده‌ها و نهاده‌ها، شاخص‌هایی تعریف و به‌کار برده می‌شوند که با استفاده از آن‌ها می‌توان وضعیت انرژی محصولات مختلف را در سامانه‌های زراعی مختلف مقایسه کرد. این شاخص‌ها طبق روابط ۲ تا ۵ محاسبه شدند (Mandal *et al.*, 2002; Ghasemi Mobtaker *et al.*, 2010):

$$EE = \frac{TOE}{TIE} \quad (۲)$$

$$EP = \frac{PY}{TIE} \quad (۳)$$

$$NEG = TOE - TIE \quad (۴)$$

$$EI = \frac{TIE}{PY} \quad (۵)$$

در این روابط، EE کارآیی انرژی، TOE کل انرژی ستانده‌ها، TIE کل انرژی نهاده‌ها، EP بهره‌وری انرژی، PY عملکرد وزنی محصول تولیدی، NEG افزوده خالص انرژی و EI شدت انرژی است. معادل یا هم‌ارز در نظر گرفته شده برای نهاده‌ها از محاسبه میزان انرژی مصرف شده برای تولید هر واحد آن‌ها به‌دست آمد. برای نمونه، هم‌ارز هر لیتر گازوییل ۵۶/۳۱ مگاژول است (Ozkan *et al.*, 2004; Yilmaz *et al.*, 2005). محققین بازده انرژی را معیار پیشرفت فناوری می‌دانند. بنابراین، کارآیی انرژی مهم‌ترین شاخص در ارزیابی انرژی در سیستم‌های کشاورزی است.

با توجه به قیمت نهاده‌های به‌کار رفته و بر اساس اطلاعات پرسش‌نامه‌ها، هزینه‌های تولید برآورد و با استفاده از داده‌های قیمت فروش محصولات و عملکرد آن‌ها، درآمد کل نیز محاسبه شد. هزینه کل شامل هزینه‌های ماشین‌ها، کودهای شیمیایی، سموم، بذر، کارگری، آب و حمل و نقل است. هزینه‌های ماشین شامل هزینه‌های ثابت و متغیر است. هزینه‌های متغیر ماشین شامل هزینه سوخت، روغن، تعمیر و نگهداری ماشین‌ها و هزینه‌های ثابت شامل هزینه استهلاک، سود سرمایه، بیمه، مالیات و سایبان است. برای محاسبه شاخص‌های اقتصادی از روابط ۶ تا ۸ استفاده شد (Kitani, 1999):

$$\text{Net Return} = TR - TC \quad (۶)$$

$$\text{B/C Ratio} = \frac{TR}{TC} \quad (۷)$$

$$\text{Productivity} = \frac{T}{TC} \quad (۸)$$

در این روابط، Net Return درآمد خالص، TR درآمد کل (Rial /ha)، TC هزینه کل (Rial /ha)، B/C Ratio نسبت فایده به هزینه، Productivity بهره‌وری اقتصادی (kg/Rial) و Y عملکرد گندم آبی (kg/ha) است. داده‌های جمع‌آوری شده در نرم‌افزار Excel وارد شدند و محاسبات لازم انجام گرفت.

جدول ۲- تعداد نمونه‌های ارزیابی شده در هر استان

Table 2. Number of samples studied in each province

Province	No. of sample
Alborz	24
Isfahan	20
Ardabil	100
Khorasan-razavi	24
Khuzestan	57
Golestan	35
Hamedan	29

جدول ۳- هم‌ارز انرژی نهاده‌های مصرفی و ستانده‌ها در تولید گندم آبی

Table 3. Energy equivalent of inputs and outputs in irrigated wheat production

Inputs/Outputs	Energy equivalent	Unit (MJ/unit)	Reference
Inputs			
Labor	1.96	h	Ozkan *et al.*, 2004; Yilmaz *et al.*, 2005; Singh *et al.*, 2002*
Diesel	56.31	L	Singh *et al.*, 2002; Singh, 2002*; Erdal *et al.*, 2007
Machiney	62.7	kg	Singh *et al.*, 2002
Chemical fertilizers			
Nitrogen (N)	66.14	kg	Yilmaz *et al.*, 2005*; Esengun *et al.*, 2007
Phosphorus (P_2O_5)	12.4	kg	Yilmaz *et al.*, 2005*; Esengun *et al.*, 2007
Potassium (K_2O)	11.15	kg	Yilmaz *et al.*, 2005*; Esengun *et al.*, 2007
Pesticide	120	kg	Mandal *et al.*, 2002; Singh *et al.*, 2002*;Canakci *et al.*, 2005
Seed	25	kg	Burhan *et al.*, 2004
Electrisity	11.93	kWh	Burhan *et al.*, 2004
Transportation	3.05	Ton.km	Kitani, 1999*
Outputs			
Grain	14.7	kg	Burhan *et al.*, 2004
Straw	12.5	kg	Burhan *et al.*, 2004

* Quotation from Vahedi and Younesi Alamooti (2016).

نتایج و بحث

مقدار نهاده‌های مصرفی، محتوای انرژی نهاده‌ها و سهم انرژی هر نهاده از کل انرژی ورودی در تولید گندم آبی در استان‌های مطالعه‌شده در این پژوهش در جدول ۴ ارایه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، بیش‌ترین سهم انرژی نهاده‌های مصرفی در استان‌های البرز، اردبیل، خوزستان، گلستان و همدان مربوط به انرژی کودهای شیمیایی به‌ترتیب با ۴۳/۰۶، ۴۳/۱۴، ۵۸/۳۳، ۳۸/۰۵ و ۴۷/۵۷ درصد از کل انرژی ورودی نهاده‌ها بود. برای استان‌های اصفهان و خراسان رضوی، بیش‌ترین سهم انرژی نهاده‌های ورودی به‌ترتیب با ۶۲/۳۶ و ۵۷/۱۷ درصد مربوط به انرژی آبیاری بود. کم‌ترین سهم انرژی نهاده‌های مصرفی در استان‌های البرز، اصفهان، اردبیل، خراسان رضوی و گلستان مربوط به انرژی نیروی انسانی به‌ترتیب با ۰/۳۹، ۰/۲۰، ۰/۸، ۰/۱۸ و ۰/۲۶درصد بود، در حالی‌که در استان‌های خوزستان و همدان، انرژی مصرفی سموم شیمیایی به‌ترتیب با ۰/۵۵ و ۰/۸۹درصد کم‌ترین سهم انرژی نهاده‌های ورودی را داشت (جدول ۴). در بین کودهای شیمیایی مصرفی، سهم انرژی مصرفی کودهای نیتروژنه بسیار بیش‌تر از سایر انواع کودهای شیمیایی بود. علت سهم زیاد انرژی مصرفی آبیاری در استان‌های اصفهان و خراسان رضوی، خشک‌سالی‌های اخیر بود که منجر به پایین رفتن سطح آب‌های زیرزمینی و افزایش ارتفاع استحصال آب از چاه‌ها و نهایتاً افزایش انرژی مصرفی آب شد. بنابراین، تغییر الگوی کشت، استفاده از ارقام گندم متحمل به خشکی و کم آب‌بر، استفاده از روش‌های نوین آبیاری و مدیریت صحیح آبیاری مزارع گندم توصیه می‌شود.

قاسمی مبتکر و همکاران (Ghasemi Mobtaker *et al.*, 2010)، نیز بیش‌ترین سهم انرژی مصرفی در بین نهاده‌های ورودی محصول جو را کودهای شیمیایی عنوان کردند. عبدی و همکاران (Abdi *et al.*, 2013) نیز در بررسی انرژی مصرفی تولید گندم در کرمانشاه، کودهای شیمیایی را با ۳۱/۵۵ درصد، اولین و سوخت و آب آبیاری را به‌ترتیب با ۳۰/۰۴ و ۱۶/۷۱ درصد، دومین و سومین نهاده‌های دارای بیش‌ترین سهم انرژی مصرفی در تولید گندم معرفی کردند. کاظمی و زارع (Kazemi and Zare, 2014) بیش‌ترین سهم انرژی مصرفی تولید گندم در گرگان را ابتدا سوخت مصرفی با سهم ۲۶/۲ درصد و سپس کودهای شیمیایی با سهم ۲۴/۵ درصد عنوان کردند، در حالی‌که در شهرستان مرودشت، کودهای شیمیایی با ۲۸/۳۲ درصد و سپس سوخت با ۲۶/۹۱ درصد دارای بیش-ترین سهم بودند. محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2017) نیز به‌منظور تعیین الگوی مصرف انرژی تولید گندم آبی در ایران، متوسط انرژی مصرفی را ۳۴۸۰۰ مگاژول بر هکتار گزارش کردند. در بین نهاده‌های ورودی، کود نیتروژن با ۳۰ درصد و پس از آن سوخت با ۲۲ درصد و الکتریسیته با ۱۵ درصد، به‌ترتیب بیش‌ترین سهم از کل انرژی ورودی را به‌خود اختصاص دادند.

جدول ۴ - محتوای انرژی نهاده‌های مصرفی در تولید گندم آبی در استان‌های مورد مطالعه در این تحقیق

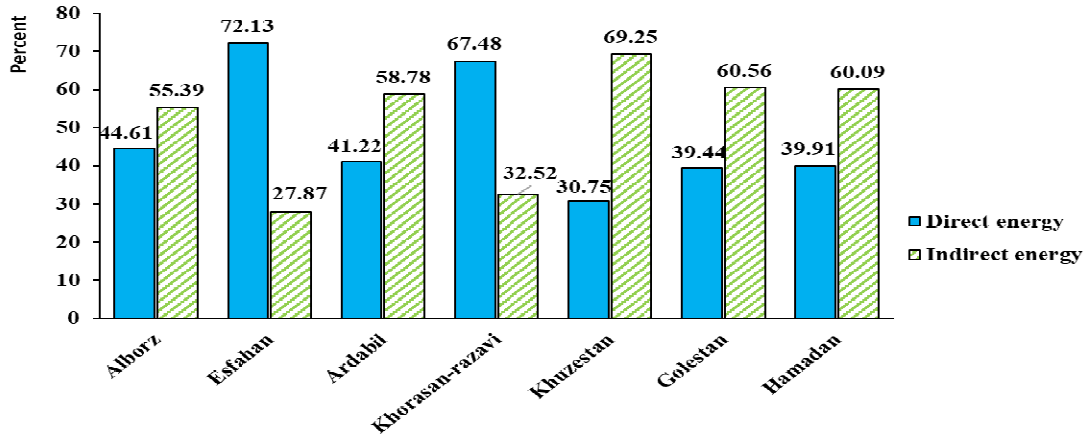
Table 4. Energy content of consumption inputs in irrigated wheat production in the studied provinces in current research

Input	Unit / Scale	Alborz			Isfahan			Ardabil			Khorasan-e-Razavi			Khuzestan			Golestan			Hamedan		
		Input content (Unit/ha)	Input energy (MJ/ha)	Ratio (%)	Input content (Unit/ha)	Input energy (MJ/ha)	Ratio (%)	Input content (Unit/ha)	Input energy (MJ/ha)	Ratio (%)	Input content (Unit/ha)	Input energy (MJ/ha)	Ratio (%)	Input content (Unit/ha)	Input energy (MJ/ha)	Ratio (%)	Input content (Unit/ha)	Input energy (MJ/ha)	Ratio (%)	Input content (Unit/ha)	Input energy (MJ/ha)	Ratio (%)
Labor	(h/ha)	89.33	175.09	0.39	92.96	182.20	0.20	158.13	309.93	0.80	93.74	183.73	0.18	171.43	336.00	0.66	34.75	68.11	0.26	235.76	462.09	0.94
Machine	(h/ha)	35.17	2205.16	4.85	30.28	1898.56	2.05	28.28	1773.16	4.58	58.97	3697.42	3.53	31.61	1981.95	3.89	17.13	1074.01	4.10	28.47	1785.07	3.62
Fuel	(L/ha)	185.15	10425.66	22.93	157.57	8872.9	9.57	131.07	7380.55	19.04	188.29	10602.61	10.13	162.7	9161.64	17.97	104.45	5881.47	22.45	111.92	6302.22	12.77
Fertilizer																						
Nitrogen (N)	(kg/ha)	240.19	15886.32	34.95	275.50	18221.57	19.65	236.6	15648.72	40.38	352	23281.28	22.24	397.1	26264.19	51.53	129.12	8539.99	32.60	297	19643.58	39.79
Phosphorus (P_2O_5)	(kg/ha)	197.50	2456.88	5.40	112.55	1400.12	1.51	76.04	945.94	2.44	151.6	1885.90	1.80	158.87	1976.34	3.88	70.00	870.8	3.32	263	3271.72	6.63
Potassium (K_2O)	(kg/ha)	110.58	1233	2.71	59.45	662.87	0.71	11.27	125.66	0.32	103.75	1156.81	1.10	133.5	1488.53	2.92	50.01	557.61	2.13	50.93	567.87	1.15
Electricity	(kWh)	410.40	4896.07	10.77	4322.73	51570.17	55.62	275	3280.75	8.47	4420.39	52735.25	50.37	173.87	2074.27	4.07	0	0	0.00	674.05	8041.42	16.29
Chemical																						
Herbicide	(kg/ha)	1.21	287.98	0.63	1.6	380.8	0.41	1.05	249.90	0.64	1.3	309.4	0.30	1.01	240.38	0.47	0.35	83.3	0.32	1.37	326.06	0.66
Fungicide	(kg/ha)	0.70	151.2	0.33	0.56	120.96	0.13	0.27	58.32	0.15	1	216	0.21	0.1	21.6	0.04	0.15	32.4	0.12	0.06	12.96	0.03
Pesticide	(kg/ha)	0.86	87.03	0.19	0.44	44.53	0.05	0.35	35.42	0.09	1.36	137.632	0.13	0.2	20.24	0.04	0.10	10.12	0.04	0.98	99.18	0.20
Water	(m^3/ha)	4687.70	4781.45	10.52	6125.62	6248.13	6.74	4904.88	5002.98	12.91	6986	7125.72	6.81	4021.1	4101.52	8.05	4297.00	4382.94	16.73	4799.7	4895.69	9.92
Seed	(kg/ha)	195.44	2873	6.32	211.7	3111.99	3.36	268.3	3944.01	10.18	229.2	3369.24	3.22	224.8	3304.56	6.48	319.55	4697.32	17.93	269.03	3954.74	8.01

در تحقیق دیگری که به‌منظور ارزیابی مصرف انرژی در تولید گندم در گرگان انجام شد، کود شیمیایی با ۴۵/۸ درصد بیش‌ترین سهم را در انرژی ورودی نهاده‌های مصرفی داشت (Rajaby *et al.*, 2012). در تحقیق حاضر نیز به‌جز استان‌های خراسان رضوی و اصفهان که بیش‌ترین مقدار انرژی مصرفی در آن‌هابه نهاده آبیاری تعلق گرفت، در سایر استان‌ها، کود شیمیایی بیش‌ترین سهم را در انرژی مصرفی نهاده‌های ورودی داشت.

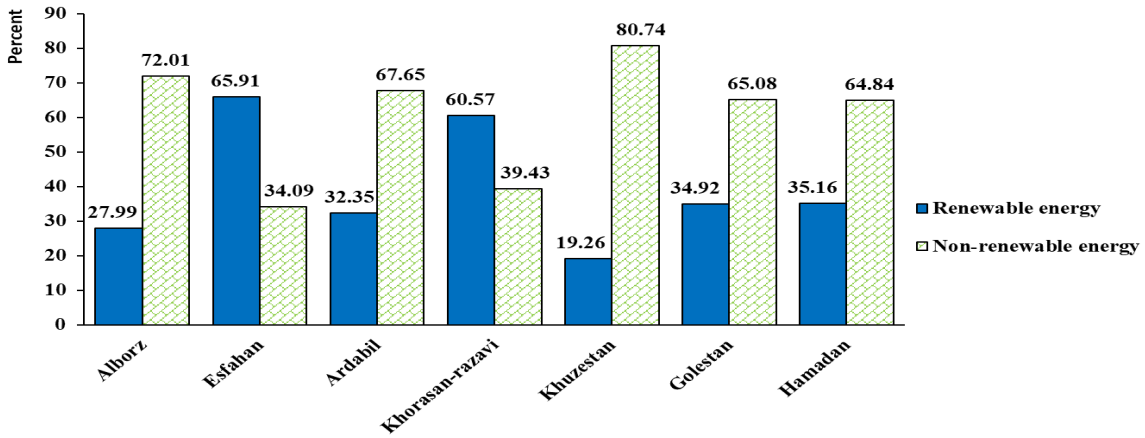
سهم انواع انرژی در تولید گندم آبی در شکل‌های ۲ و ۳ ارایه شده است. ملاحظه می‌شود که به‌جز استان‌های اصفهان و خراسان رضوی، در سایر استان‌ها سهم انرژی غیرمستقیم بیش‌تر از انرژی مستقیم و سهم انرژی تجدیدناپذیر بیش‌تر از انرژی تجدیدپذیر بود. بیش‌ترین و کم‌ترین سهم انرژی مستقیم به‌ترتیب با ۷۲/۱۳ و ۳۰/۷۵ درصد و بیش‌ترین و کم‌ترین سهم انرژی تجدیدپذیر به‌ترتیب با ۶۵/۹۱ و ۱۹/۲۶ درصد برای استان‌های اصفهان و خوزستان تعیین شد. میانگین انرژی مستقیم و غیرمستقیم در استان‌های مورد مطالعه نیز به‌ترتیب ۴۷/۹۳ و ۵۲/۰۷ درصد و میانگین انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر به‌ترتیب ۳۹/۴۵ و ۶۰/۵۵ درصد محاسبه شد.

در استان‌های اصفهان و خراسان رضوی، به‌دلیل مصرف زیاد انرژی در استحصال آب، سهم انرژی آبیاری و در نتیجه سهم انرژی‌های مستقیم و تجدیدپذیر به‌طور قابل توجهی بالا بود. بنابراین، تغییر الگوی کشت، استفاده از ارقام گندم متحمل به خشکی و کم‌آب‌بر، استفاده از روش‌های نوین آبیاری و مدیریت صحیح آبیاری مزارع گندم توصیه می‌شود. دلیل بالا بودن سهم انرژی تجدیدناپذیر در بیش‌تر استان‌ها، انرژی مصرفی زیاد کودهای شیمیایی و سوخت فسیلی بود.



شکل۲- سهم انرژی مستقیم و غیرمستقیم مصرفی در تولید گندم آبی در استان‌های مورد مطالعه

Figure 2. Contribution of direct and indirect energy use in irrigated wheat production in the studied provinces



شکل ۳- سهم انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر مصرفی در تولید گندم آبی در استان‌های مورد مطالعه

Figure 3. Contribution of renewable and non-renewable energy use in irrigated wheat production in the studied provinces

به‌منظور کاهش سهم انرژی غیرمستقیم و انرژی تجدیدناپذیر باید مصرف کودهای آلی را جایگزین کودهای شیمیایی کرد و حتی‌المقدور متناسب نیاز و با مصرف بهینه کودهای شیمیایی اقدام به استفاده از آن‌ها کرد (شکل‌های ۲ و ۳). با مدیریت بقایای گیاهی و کشاورزی حفاظتی می‌توان مصرف کودهای شیمیایی را کاهش داد. استفاده از روش‌های کم‌خاک‌ورزی به کاهش مصرف سوخت در عملیات تهیه زمین کمک می‌کند و بیشینه بقایای گیاهی را در سطح مزرعه نگه می‌دارد که علاوه بر کاهش فرسایش و حفظ رطوبت خاک، سبب کاهش مصرف کودهای شیمیایی می‌شود. سرویس و نگهداری به‌موقع و مناسب ماشین‌ها و ادوات و به‌کارگیری بیشینه ظرفیت مزرعه‌ای ماشین‌ها سبب کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی می‌شود.

نتایج این تحقیق نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه گندم آبی در استان خراسان رضوی به‌میزان ۶۱۹۰/۱۷ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین عملکرد دانه در استان گلستان به‌میزان ۴۰۶۸/۴۲ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۵). میانگین انرژی ورودی و خروجی برای هفت استان مورد بررسی در این تحقیق نیز به‌ترتیب ۵۸۳۰۸/۸۳ و ۱۳۶۰۹۲/۱۵ مگاژول بر هکتار به‌دست آمد. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار انرژی ورودی برای استان‌های خراسان رضوی و گلستان به‌ترتیب با ۱۰۴۷۰۱ و ۲۶۱۹۸/۰۷ مگاژول بر هکتار محاسبه شد. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار انرژی خروجی نیز برای استان‌های البرز و اردبیل به‌ترتیب با مقدار ۱۶۲۱۶۹۱/۲۸ و ۱۲۲۲۹۷/۵۳ مگاژول بر هکتار تعیین شد (جدول ۵). با وجود این‌که استان خراسان رضوی بیش‌ترین تولید عملکرد دانه گندم را داشت، ولی بیش‌ترین انرژی ستانده برای استان البرز به‌دست آمد که علت آن عملکرد بالای تولید کاه گندم در این استان بود. به‌طور کلی استان خراسان رضوی با وجود عملکرد بالا در تولید دانه گندم، از نظر شاخص‌های انرژی وضعیت مناسبی ندارد که علت آن عملکرد پایین تولید کاه گندم و انرژی بالای نهاده‌های مصرفی در تولید گندم است.

نسبت انرژی ستانده دانه گندم به انرژی ستانده دانه و کاه برای استان‌های البرز، اصفهان، اردبیل، خراسان رضوی، خوزستان، گلستان و همدان به‌ترتیب با ۰/۴۸، ۰/۴۹، ۰/۴۹، ۰/۷۴، ۰/۴۶، ۰/۴۴ و ۰/۷۱ به‌دست آمد. افزوده خالص انرژی برای همه استان‌های مورد مطالعه مثبت بود، به این معنی که تولید گندم آبی در این استان‌ها از نقطه نظر بیلان انرژی توجیه دارد. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار افزوده خالص انرژی برای استان‌های البرز و خراسان رضوی به‌ترتیب با مقدار ۱۱۶۷۱۰/۴۴ و ۱۷۵۹۶/۵۳ مگاژول بر هکتار تعیین شد. میانگین افزوده خالص انرژی در استان‌های بررسی شده در این تحقیق نیز ۷۷۷۸۳/۳۱ مگاژول بر هکتار بود (جدول ۵). شاهین و همکاران (Shahin *et al.*, 2008) افزوده خالص انرژی در تولید گندم استان اردبیل را ۴۵/۷۱ گیگاژول بر هکتار و ملایی و همکاران (Mollaei *et al.*, 2009) افزوده خالص انرژی برای گندم دیم شهرستان اقلید را ۷/۵۴ گیگاژول بر هکتار گزارش کردند. قربانی و همکاران (Ghorbani *et al.*, 2011) نیز مقدار کل انرژی ورودی در تولید گندم دیم و آبی در خراسان شمالی را به‌ترتیب ۹۳۵۴/۲ و ۴۵۳۶۷/۶ مگاژول بر هکتار به‌دست آوردند.

کارآیی انرژی برای تمام استان‌های مورد مطالعه بیش‌تر از یک محاسبه شد، به‌عبارتی در این استان‌ها انرژی کل ستانده بیش از انرژی کل نهاده‌های ورودی بود. از این‌رو تولید گندم آبی در تمامی استان‌های مورد مطالعه در این تحقیق توجیه‌پذیر است. بیش‌ترین و کم‌ترین کارآیی انرژی تولید گندم آبی برای استان‌های گلستان و خراسان رضوی به‌ترتیب با مقدار ۵/۱۲ و ۱/۱۷ تعیین شد و میانگین آن در تمام استان‌ها ۲/۸۷ بود (جدول ۵). هر چه مقدار کارآیی انرژی در مزارع بیش‌تر باشد، تولید آن مزارع در راستای پایداری در کشاورزی است و بر عکس هر قدر این نسبت کوچک‌تر باشد، ناپایداری بوم‌شناختی و تخریب محیط زیست در آینده نزدیک اتفاق خواهد افتاد. شاخص کارآیی مصرف انرژی در مناطق مختلف و بر اساس روش‌های مختلف مدیریتی متغیر است. قربانی و همکاران (Ghorbani *et al.*, 2011) در مطالعه بررسی انرژی مصرفی گندم آبی و دیم در خراسان شمالی، کارآیی انرژی را در مزارع گندم دیم ۳/۳۸ و در مزارع گندم آبی۱/۴۴ اعلام کردند. در تحقیق رجبی و همکاران (Rajaby *et al.*, 2012) به‌منظور ارزیابی مصرف انرژی در تولید گندم در گرگان، متوسط انرژی ورودی ۱۵۵۷۸/۶ مگاژول بر هکتار، بیشینه انرژی ورودی ۲۱۱۷۹/۳ مگاژول بر هکتار و بیشینه انرژی خروجی ۱۲۰۵۳۱/۳ مگاژول بر هکتار گزارش شد. آن‌ها متوسط نسبت انرژی را ۶/۳ و کمینه و بیشینه آن‌را به‌ترتیب ۹/۳ و ۳/۷ بیان کردند. کاظمی و زارع (Kazemi and Zare, 2014) نیز کارآیی انرژی تولید گندم را در شهرستان‌های مرودشت و گرگان به‌ترتیب ۲/۵۶ و ۲/۹۱ گزارش کردند.

بهره‌وری انرژی در تمام استان‌های مورد بررسی در تحقیق حاضر، کم‌تر از یک کیلوگرم بر مگاژول و میانگین بهره‌وری انرژی ۰/۲۱۲ کیلوگرم بر مگاژول به‌دست آمد (جدول ۵). بیش‌ترین بهره‌وری انرژی تولید گندم آبی برای استان گلستان با مقدار ۰/۳۸ کیلوگرم برمگاژول و کم‌ترین مقدار آن برای استان خراسان رضوی با ۰/۰۸ کیلوگرم بر مگاژول تعیین شد. به‌منظور افزایش بهره‌وری انرژی باید عملکرد در واحد سطح را افزایش و یا مقدار انرژی نهاده‌های ورودی را کاهش داد. برای تحقق این اهداف، استفاده از ارقام پرمحصول گندم و مقاوم به ریزش و خشکی، بهینه‌سازی مصرف کودهای شیمیایی و مدیریت مصرف آب با به‌کارگیری روش‌های نوین آبیاری توصیه می‌شود. شاخص بهره‌وری انرژی جهت مقایسه روش‌ها و سیستم‌های تولید محصول به‌کار می‌رود. میزان بهره‌وری انرژی حاصل در این تحقیق نشان داد که می‌توان با نظارت بر شیوه مدیریت و تولید محصول و مدیریت صحیح انرژی و تلاش جهت بالا بردن تولید در واحد سطح، میزان بهره‌وری را افزایش داد.

رجبی و همکاران (Rajaby *et al.*, 2012)، بهره‌وری انرژی را ۰/۳ تن بر گیگاژول بیان کردند. آن‌ها در بررسی خود، میانگین شدت انرژی را ۴/۰۲ گیگاژول بر تن و بیشینه و کمینه شدت انرژی را به‌ترتیب ۶/۲ و ۲/۵ گیگاژول بر تن گزارش کردند. در تحقیقی که توسط نادرلو و همکاران (Naderloo *et al.*, 2012)، برای تحلیل انرژی گندم آبی در دشت قزوین صورت گرفت، نسبت انرژی ۱/۹۲ و میزان بهره‌وری انرژی ۰/۱۳ کیلوگرم بر مگاژول بود که نتایج این پژوهش با آن مطابقت داشت. کاظمی و زارع (Kazemi and Zare, 2014)، بهره‌وری انرژی تولید گندم را برای شهرستان مرودشت و گرگان به‌ترتیب ۰/۱۲۳ و ۰/۱۲۵ کیلوگرم بر مگاژول گزارش کردند. رحمان و همکاران (Rahman and Hasan, 2014) در بنگلادش نسبت انرژی و بهره‌وری انرژی را برای محصول گندم به‌ترتیب ۲/۳ و ۰/۲ مگاژول بر هکتار به‌دست آوردند. در مطالعه محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2017) نیز نسبت انرژی تولید گندم آبی در ایران ۲/۰۹ به‌دست آمد و استان‌های گلستان (۳/۷۲) و سیستان و بلوچستان (۰/۸۱) به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار این شاخص داشتند. میانگین شدت انرژی تولید گندم آبی کشور در این تحقیق ۸/۲۳ مگاژول بر کیلوگرم به‌دست آمد. نتایج این پژوهش‌ها حاکی از آن است که کشاورزان در تولید این محصول روش‌های تقریباً یکسانی را مورد استفاده قرار می‌دهند.

متوسط هزینه، درآمد کل و سود خالص تولید گندم آبی در استان‌های مورد مطالعه به‌ترتیب ۳۵۰۰۶/۶۳۵، ۷۰۹۷۲/۸۶۵ و ۳۵۹۶۶/۲۲۹ هزار ریال در هکتار به‌دست آمد. بیش‌ترین و کم‌ترین سود خالص تولید گندم آبی مربوط به استان‌های خراسان رضوی و اصفهان به‌ترتیب با ۵۳۲۶۵/۸ و ۲۰۷۰۳ هزار ریال در هکتار به‌دست آمد (جدول ۶). بررسی شاخص‌های اقتصادی تولید گندم آبی در این تحقیق نشان داد که میانگین نسبت فایده به هزینه و بهره‌وری اقتصادی در تولید گندم استان‌های مورد بررسی به‌ترتیب ۲/۱۶ و ۰/۱۵۴ کیلوگرم در هزار ریال می‌باشد. بررسی نسبت هزینه به فایده در این تحقیق نشان داد که تولید گندم آبی در این استان‌ها مقرون به‌صرفه است.

بیش‌ترین نسبت فایده به هزینه برای استان خراسان رضوی ۲/۸۵ به‌دست آمد. بیش‌ترین مقدار بهره‌وری اقتصادی تولید گندم برای استان گلستان با ۰/۵۰۸ و سپس استان خوزستان با ۰/۴۲۲ کیلوگرم در هزار ریال هزینه تعیین شد. کم‌ترین مقدار بهره‌وری اقتصادی نیز برای استان همدان با ۰/۲۱۴ کیلوگرم به‌ازای هزار ریال هزینه به‌دست آمد. اگرچه استان‌های گلستان و خوزستان بیش‌ترین بهره‌وری اقتصادی را داشتند، ولی استان خراسان‌رضوی بیش‌ترین بهره‌وری اقتصادی را بر مبنای تولید دانه گندم داشت که علت آن از یک سو عملکرد دانه بالا و عملکرد کاه نسبتاً پایین در استان خراسان رضوی و از سوی دیگر هزینه تولید پایین در استان گلستان بود (جدول ۶). سهم هزینه عملیات مختلف زراعی از کل هزینه تولید گندم آبی در شکل ۴ ارایه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، بیش‌ترین سهم هزینه‌ها مربوط به ماشین‌های کشاورزی با ۳۴/۸۷ درصد و سپس هزینه کودهای شیمیایی با ۲۰/۲۴ درصد بود و کم‌ترین سهم را نیز هزینه حمل و نقل با ۲/۶۷ درصد هزینه‌ها به‌خود اختصاص داد.

جدول ۵- عملکرد دانه و کاه گندم، مقدار انرژی ورودی - خروجی و شاخص‌های انرژی در تولید گندم آبی در استان‌های مورد مطالعه

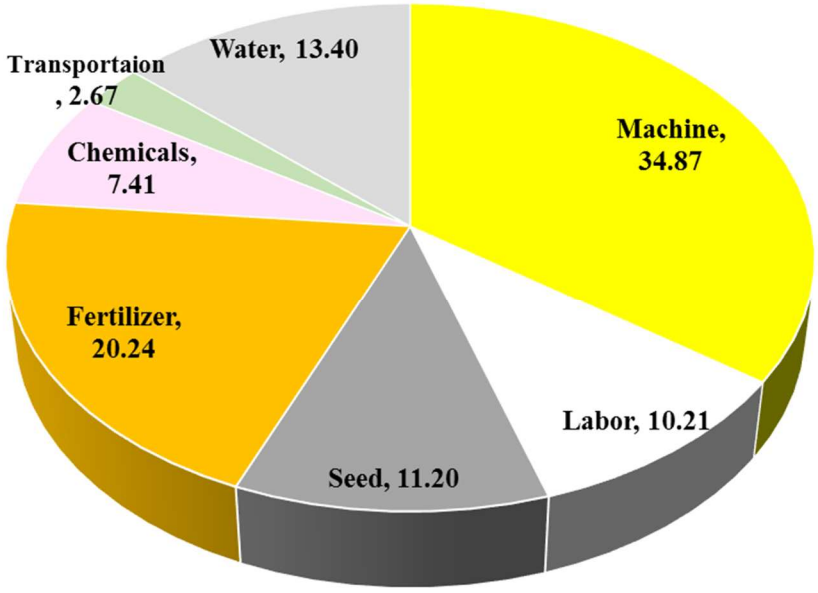
Table 5. Wheat grain and straw yield, input-output energy and energy indices in irrigated wheat production in the studied provinces

Province	Grain yield (Kg/ha)	Straw yield (Kg/ha)	Input energy (MJ/ha)	Output energy (MJ/ha)	Net energy gain (MJ/ha)	Energy efficiency	Energy efficiency based on grain	Energy productivity (kg/MJ)	Energy productivity based on grain (kg/MJ)	Energy intensity (MJ /kg)
Alborz	5341	6692.52	45458.84	162169.28	116710.44	3.57	1.73	0.26	0.12	3.78
Isfahan	4442.3	5331.66	92714.8	131958.8	39244	1.42	0.7	0.11	0.05	9.49
Ardabil	4490	5495.7	38755.34	134700.1	95944.76	3.48	1.7	0.26	0.12	3.88
Khorasan-e-Razavi	6190.17	2504.16	104701	122297.53	17596.53	1.17	0.87	0.08	0.06	12.04
Khozestan	4512	6046.38	50971.2	141901.8	90930.6	2.78	1.3	0.21	0.09	4.83
Golestan	4068.42	5944	26198.07	134105.9	107907.83	5.12	2.28	0.38	0.16	2.62
Hamedan	6116.2	2848.27	49362.64	125511.69	76149.05	2.54	1.82	0.18	0.12	5.51
Average	5022.97	4887.37	58308.83	136092.15	77783.31	2.87	1.487	0.212	0.101	6.02

جدول ۶- هزینه‌ها، درآمدها و شاخص‌های اقتصادی تولید گندم آبی در استان‌های مورد مطالعه

Table 6. Cost, return and economical indices of irrigated wheat production in the studied provinces

Province	Total cost (10^3 Rials/ha)	Seed return (10^3 Rials/ha)	Straw return (10^3 Rials/ha)	Total return (10^3 Rials/ha)	Net return (10^3 Rials/ha)	Benefit to cost ratio	Productivity (kg/10^3 Rials)	Productivity (kg/10^3 Rials)
Alborz	47885.502	70501.2	8031.024	78532.224	30646.722	1.64	0.251	0.112
Isfahan	42120	56427	6396	62823	20703	1.49	0.232	0.105
Ardabil	39015.747	59268.792	6594.84	65863.632	26847.885	1.69	0.256	0.115
Khorasan-e-Razavi	28850	79111	3004.8	82115.8	53265.8	2.85	0.301	0.215
Khuzestan	25534	60908	7509.684	68417.684	42883.684	2.68	0.422	0.177
Golestan	19704.197	52889.571	2577.142	55466.713	35762.515	2.81	0.508	0.206
Hamedan	41937	78850	4741	83591	41654	1.99	0.214	0.146
Average	35006.635	65422.224	5550.641	70972.865	35966.229	2.16	0.312	0.154



شکل ۴- سهم عملیات مختلف (درصد) در هزینه تولید گندم آبی در استان‌های مورد مطالعه در این تحقیق

Figure 4. Contribution of different operations (percent) at the cost of irrigated wheat production in the studied provinces in this research

نتیجه‌گیری کلی

میانگین انرژی ورودی و خروجی تولید گندم آبی در استان‌های مورد مطالعه در این تحقیق به‌ترتیب ۵۸۳۰۸/۸۳ و ۱۳۶۰۹۲/۱۵ مگاژول بر هکتار محاسبه شد. میانگین شاخص‌های کارآیی انرژی، بهره‌وری انرژی، افزوده خالص انرژی و شدت انرژی در هفت استان البرز، اصفهان، اردبیل، خراسان رضوی، خوزستان، گلستان و همدان به‌ترتیب ۲/۸۷، ۰/۲۱۲ کیلوگرم بر مگاژول، ۷۷۷۸۳/۳۱ مگاژول بر هکتار و ۶/۰۲ مگاژول بر کیلوگرم به‌دست آمد. کارآیی انرژی در تمامی استان‌های مورد مطالعه بیش از یک محاسبه شد و نشان می‌دهد که تولید گندم آبی در استان‌های مورد مطالعه از نظر بیلان انرژی توجیه‌پذیر است. میانگین نسبت فایده به هزینه نیز در این پژوهش ۲/۱۶ ارزیابی شد که نشان می‌دهد تولید گندم آبی در مناطق مورد مطالعه توجیه اقتصادی دارد. بیش‌ترین سهم هزینه تولید گندم آبی با ۳۴/۸۷ درصد مربوط به هزینه عملیات ماشینی بود. نهاده‌های کودهای شیمیایی، سوخت فسیلی و آبیاری بیش‌ترین سهم انرژی مصرفی را از کل انرژی نهاده‌های ورودی در تولید گندم آبی استان‌های مورد مطالعه داشتند. بنابراین، به‌منظور کاهش سهم انرژی‌های غیرمستقیم و تجدیدناپذیر، افزایش کارایی انرژی و بهره‌وری انرژی در تولید گندم آبی، می‌توان توام با افزایش عملکرد یا حفظ عملکرد در سطح موجود، مصرف این نهاده‌های انرژی‌بر را کاهش داد. در این راستا، به‌منظور کاهش مصرف نهاده‌های کود شیمیایی، سوخت‌های فسیلی و آبیاری، استفاده از کودهای آلی، حفظ بقایای گیاهی در سطح مزرعه، عملیات کم‌خاک‌ورزی در تهیه زمین و روش‌های نوین آبیاری پیشنهاد می‌شوند.

References

Abdi, R., Zarei Shahamat, E., Hematian, A. and Ghasemi Mobtaker, H. 2013. Optimization of energy required for wheat production in Kermanshah province of Iran. **International Journal of Agriculture: Research and Review** 3 (2): 414-422.

Burhan, O., Akcaoz, H. and Cemal, F. 2004. Energy input–output analysis in Turkish agriculture. **Renewable Energy** 29 (1): 39-51.

Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I. and Ozmerzi, A. 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: Case study for Antalya region, Turkey. **Energy Conversion and Management** 46 (4): 655-666.

Cochran, W. G. 1997. Sampling techniques. 3rd Edition. John Wiley & Sons. New York. 428 p.

Erdal, G., Esengün, K., Erdal, H. and Gündüz, O. 2007. Energy use and economic analysis of sugarbeet production in Tokat Province of Turkey. **Energy** 32 (1): 35-41.

Esengun,K., Gunduz, O. and Erdal, G. 2007. Input–output energy analysis in dry apricot production of Turkey. **Energy Conversion and Management** 48 (2): 592-598.

FAO. 2013. Food and Agriculture Organization. Available from: http://www.fao.org.

Ghahdarijani, M., Keyhani, A. R., Tabatabaeefar, A. and Omid, M. 2009. Evaluation and determination of energy consumption for potato production in various levels of cultivated areas in Isfahan province of Iran (Case study: West of Isfahan province). **Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources** 16 (1): 183-195. (In Persian with English Abstract).

Ghasemi 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 (3-4): 367-372.

Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, S., Feizi, H., Khorramdel, S., Teimouri, M. and Aghel, H. 2011. A case study of energy use and economical analysis of irrigated and dryland wheat production systems. **Applied Energy** 88 (1): 283-288**.**

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

Kazemi , H. and Zare, S. 2014. Investigation and comparison of energy flow in wheat fields of Gorgan and Marvdasht townships. **Cereal Research** 4 (3): 211-227. (In Persian with English Abstract).

Kitani, O. 1999. CIGR handbook of agricultural engineering. Vol. 5. Energy and biomass engineering. ASAE Publication, St Joseph, MI.

Mandal, K. G., Saha, K. P., Ghosh, P. K., Hati, K. M. and Bandyopadhyay, K. K. 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean based crop production systems in central India. **Biomass Bioenergy** 23 (5): 337-345.

Mehrabi Boshrabadi, H. and Ismaili, A. 2010. Analysis energy output-input in the agricultural sector of Iran. **Journal of Agricultural and Development Economics** 19 (74): 1-28. (In Persian with English Abstract).

Mohammadi, S., Maysami, M. A. and Ajabshirchi, Y. 2017. Energy consumption patterns of irrigated wheat production in Iran. **Journal of Agricultural Mechanization** 3 (2): 33-41. (In Persian with English Abstract).

Mohammadi, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S. S. and Mousavi-Avval, S. H. 2011. Energy efficiency improvement and input cost saving in kiwifruit production using data envelopment analysis approach. **Renewable Energy** 36 (9): 2573-2579.

Moghimi, M. R., Alasti, B. M. and Hadad Drafshi, M. A. 2013. Energy input-output and study on energy use efficiency for wheat production using DEA. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences** 5 (18): 2064-2070.

Mollaei, K., Keyhani, A., Karimi, M., Kheir Alipour, K. and Ghasemi, M. 2009. Energy ratio in rainfed wheat: Case study of Eghlid region. **Iranian Journal of Agricultural Science** 39 (1): 13-19. (In Persian with English Abstract).

Mousavi-Avval, S. H., Rafiee, S., Jafari, A. and Mohammadi, A. 2011. Optimization of energy consumption for soybean production using data envelopment analysis (DEA) approach. **Applied Energy** 88 (11): 3756-3772.

Naderloo, L., Alimardani, R., Omid, M., Sarmadian, F., Javadikia, P., Torabi, M. Y. and Alimardani, F. 2012. Application of ANFIS to predict crop yield based on different energy inputs. **Measurement** 45 (6): 1406-1413.

Ozkan, B., Akcaoz, H. and Fert, C. 2004. Energy input - output analysis in Turkish agriculture. **Renewable Energy** 29 (1): 39-51.

Rahman, S. and Hasan, M. K. 2014. Energy productivity and efficiency of wheat farming in Bangladesh. **Energy** 66: 107-114.

Rafiee, S., Mousavi-Avval, S. H. and Mohammadi, A. 2010. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. **Energy** 35 (8): 3301-3306.

Rajaby, M. H., Soltani, A., Zeinali, E. and Soltani, E. 2012. Evaluation of energy use in wheat production in Gorgan. **Journal of Plant Production** 19 (3): 143-172. (In Persian with English Abstract).

Shahin, S., Jafari, A., Mobli, H., Rafiee, S. and Karimi, M. 2008. Energy use and economic analysis of wheat production in Iran: A case study from Ardabil province. **Journal of Agricultural Technology** 4 (1): 77-88.

Singh, G., Singh, S. and Singh, J. 2004. Optimization of energy inputs for wheat crop in Punjab. **Energy Conversion and Management** 45: 453-465.

Singh, H., Mishra, D. and Nahar, N. M. 2002. Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone, India-Part I. **Energy Conversion and Management** 43 (16): 2275-2286.

Ministry of Jihad-e-Agriculture 2016. Statistic reports of agriculture. Vol. 1. Department of Planning and Economy. Statistics and Information Technology Office, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran, Iran. Available from: http://dpe.agri-jahad.ir/portal/Home/ Default. (In Persian).

Taheri Asl, A. and Sadeghi, A. 2011. Requirements and solutions to optimize energy consumption in the agricultural sector. Proceedings of the 8th National Conference on Energy. National Energy Committee, Tehran, Iran. (In Persian).

Vahedi, A. and Younesi Alamooti, M. 2016. Determining energy indices of broiler units in the province of Alborz. **Agricultural Mechanization and Systems Research** 17 (67): 41-54. (In Persian with English Abstract).

Yilmaz, I., Akcaoz, H. and Ozkan, B. 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton productionin Turkey. **Renewable Energy** 30 (2): 145-155.

Zeinali, E. 2009. Wheat nitrogen nutrition in Gorgan: Agronomic, physiologic, and environmental aspects. Ph. D. Dissertation. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Golestan, Gorgan, Iran. 201 p. (In Persian).

University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

doi: 10.22124/c.2019.13193.1489

Cereal Research
Vol. 9, No. 2, Summer 2019 (115-128)

Energy consumption assessment and economic analysis of irrigated wheat production in Iran

Adel Vahedi[1*]

Received: May 6, 2019 Accepted: August 25, 2019

Abstract

With increasing world population and energy limitations, access to sufficient energy in the future will be difficult. Assessing the energy balance can be a scientific method to measure the stability and sustainability of an agroecosystem are considered. The objective of this study was to evaluate the energy consumption and economic analysis of irrigated wheat production in seven provinces of Iran including Alborz, Isfahan, Ardebil, Khorasan-e-Razavi, Khuzestan, Golestan, and Hamadan. Required information of this study was collected via questionnaires and face to face interviews with irrigated wheat farmers in the studied provinces. Then, using energy equivalence equations, input and output energies and energy indices were calculated. The results showed that the highest and lowest input energy were obtained from Khorasan-e-Razavi and Golestan provinces with 104701 and 26198.07 $MJ.ha^{-1}$, respectively. Alborz and Khorasan-e-Razavi provinces had the highest and lowest output energy in irrigated wheat production with 162169.28 and 122297.53 $MJ.ha^{-1}$, respectively. The maximum contribution of input energy for Alborz, Ardebil, Khuzestan, Golestan and Hamadan provinces was regarding to chemical fertilizers, while for Isfahan and Khorasan-e-Razavi was irrigation energy. Average input energy, output energy, energy ratio, energy productivity and net energy gain for all the studied provinces were 58308.83 $MJ.ha^{-1}$, 136092.15 $MJ.ha^{-1}$, 2.87, 0.212 $kg.MJ^{-1}$ and 77783.31 $MJ.ha^{-1}$, respectively. Agricultural machinery with 34.87% had the largest contribution of production cost. The highest and lowest energy productivity values were obtained from Golestan and Khorasan-e-Razavi provinces with 0.38 and 0.08 $kg.MJ^{-1}$, respectively. The average benefit to cost ratio was 2.16 and the economic productivity index was 0.154 kg per 10^3 Rials. The results of current study showed that the production of irrigated wheat in the studied areas of Iran is justifiable in terms of economic and energy balance. Therefore, with respect to energy sustainability in production and conservation agriculture principles, it is possible to increase the cultivation area of irrigated wheat production.

Keywords: Benefit to cost ratio, Economic productivity, Energy index, Net energy gain

1. Research Assist. Prof., Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
* Corresponding author: vahedi_adel@yahoo.com