نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار/ جلد ۳۰ شماره ۲ / سال ۱۳۹۹

ارزیابی انرژی ورودی– خروجی در کشت گندم درکشت و صنعت مزارع نوین ایرانیان (آق قلا گلستان)

محمدعلی میسمی[۱]، آرمان جلالی[۱*]

تاریخ دریافت: ۹۸/۷/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۳/۱۰
۱- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
*مسئول مکاتبه: E-mail: a.jalali@tabrizu.ac.ir

چکیده

اهداف: بهره‌وری انرژی در کشت گندم در شرکت مزارع نوین ایرانیان که از مناطق عمده کشت گندم در استان گلستان است مطالعه شد. هدف مقایسه روش تولید متداول در این شرکت با دیگر مناطق و بر اساس معیار شاخص‌های انرژی بود.

مواد و روش‌ها: مطالعه در کشت گندم در شرکت کشت و صنعت مزارع نوین ایرانیان (استان گلستان) در چهار واحد به مساحت‌های ۳۲۳، ۵۹، ۸۵۷ و ٦٧٣ هکتار و به‌ترتیب با نام گذاری مزارع A، B، C و D انجام گرفت. این واحدها بر اساس یکپارچگی مزرعه تقسیم بندی شده‌اند. کشت گندم در مزارع فوق به‌صورت دیم بود. داده برداری مستقیم نهاده‌ها و ستانده‌ها در کلیه مراحل کشت صورت گرفت. شاخص‌های انرژی برای جریان انرژی محاسبه گردید.

یافته‌ها: میانگین وزنی انرژی ورودی ۳۱/۷ $GJ.ha^{-1}$ برآورد شد. درحدود ٦٠ درصد از کل انرژی به صورت غیر مستقیم (کود، بذر، سم و ماشین) و ٤٠ درصد به صورت مستقیم (سوخت) وارد مزرعه شده است. میانگین وزنی عملکرد مزارع که به صورت دیم کاشته شده بودند ۲۲٤٤ $kg.ha^{-1}$ تعیین گردید. تراکم (شدت) انرژی در تولید گندم ۱٤/۱۲ $MJ.kg^{-1}$ (فقط دانه) برآورد شد. این اعداد در مقایسه با سایر کشت‌های گندم بالا است که نشانگر مصرف غیرمتداول نهاده‌ها برای کسب عملکرد بالا از مزارع دیم است. با تبدیل عملکرد دانه به انرژی (ستانده) نسبت انرژی خروجی به ورودی حدود ۱/۰٤ $MJ.MJ^{-1}$ محاسبه شد.

نتیجه‌گیری: بر اساس بررسی مصرف نهاده‌ها در مزارع مورد مطالعه، مصرف بهینه کود ازته و کاهش عملیات ماشینی می‌تواند باعث کاهش مصرف انرژی بدون کاهش عملکرد گردد. استفاده از کاه به‌عنوان محصول جانبی باید مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آق قلا، بهره‌وری انرژی، تراکم انرژی، عملکرد، گندم دیم

Evaluation of Energy Input-Output in Wheat Crop Cultivation in Agro-industry Company of Mazare Novin Iranian (Agh Ghalla)

Mohammadali Maysami[1*], Arman Jalali[1]

Received: October 15, 2019 Accepted: May 30, 2020
1-Assist. Prof., Dept. of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
*Corresponding Author Email: a.jalali@tabrizu.ac.ir

Abstract

Background & Objective: Energy efficiency in wheat cultivation in agro-industry Company of Mazrae Novin Iranian (Agh Ghalla in Golestan province, Iran) was investigated. The aim was comparison of the wheat production method in this company, according to calculated energy efficiency indices, with reported values from other places.

Materials & Methods: The company has four units each with an area of 323, 59, 857 and 673 ha, namely A, B, C and D units, respectively. These units were categorised according to their location and farms integration. All farms were rain-fed. Energy efficiency indices were calculated according to direct culled data from each unit.

Results: The weighted average of energy input for farms was estimated to be 31.7 $GJ.ha^{-1}$. Almost 60% of the energy input was indirect energy (in the form of fertilizers, seed, pesticides and machinery) and 40% was direct energy input from tractor fuel. The weighted average for grain yield in farms was 2244 $kg.ha^{-1}$. The energy intensity of only grain production was 14.12 $MJ.kg^{-1}$. This high energy intensity results from extra high inputs to achieve the mentioned high yield from rain-fed farms. By converting the grain yield to energy equivalent, the energy output/input ratio was about 1.04 $MJ.MJ^{-1}$.

Conclusion: Optimisation of nitrogen fertiliser consumption and reduction of machinery operations make opportunities to reduce energy input in company's rain-fed farms without reducing the grain yield. The use of straw as the by-product should be considered by the company.

Keywords: Agh Ghalla, Energy efficiency, Energy intensity, Rain-fed wheat, Yield

مقدمه

به‌طور کلی مکانیزاسیون کشاورزی و استفاده از تراکتور و ماشین در انجام عملیات زراعی، نیازمند مقادیر قابل توجهی مصرف انرژی می‌باشد که نگرانی‌های مربوط به حفاظت محیط زیست و انتشار گازهای گلخانه‌ای را در تولید محصولات کشاورزی به همراه دارد (کوگا ۲۰۰۸). مصرف بالای انرژی غیر مستقیم در استفاده از بذرهای اصلاح شده، کودها و سموم شیمیایی در کنار مصرف انرژی مستقیم سوخت توسط ماشین‌ها در مزارع، اهمیت شناخت و به‌کارگیری بهینه منابع انرژی را بیش از پیش نمایان ساخته است. با توجه به اینکه افزایش بهره‌وری انرژی از اهداف پیشرفت تکنولوژی

است، داشتن سیاست‌های مشخص در سطح کلان برای برآورد احتیاجات، جلوگیری از ضایعات و کاهش آن‌ها ضروری است. ارائه برنامه‌های دراز مدت برای به‌کارگیری تکنولوژی‌های پیشرفته در استفاده مؤثرتر از منابع موجود الزامی بوده و مصرف منابع جدید همراه با آموزش‌های لازم در استفاده صحیح از انرژی به صورت‌های مختلف آن و تشویق کارخانه‌ها و مصرف‌کنندگان انرژی در صرفه‌جویی در این منبع در سطح خرد، بسیار حیاتی است (الماسی و همکاران ۲۰۰٤، پراون‌چون و همکاران ۲۰۰۲).

انرژی از بعد دیگر به‌صورت ستانده یا انرژی خروجی از مزرعه طبقه‌بندی می‌گردد. در حقیقت انرژی خروجی از مزارع عبارت است از محصول تولید شده که با استفاده از ضرب عملکرد در معادل انرژی هر واحد آن که عموما ارزش حرارتی بالا[1] است، به‌دست می‌آید و با طرف دیگر که نهاده انرژی است مقایسه می‌شود (کیزیل آسلان ۲۰۰۹، کاظمی و همکاران ۲۰۱٦).

تحلیل انرژی تولید، به‌عنوان مبحثی مهم در علوم کشاورزی مطرح می‌گردد. این تحلیل بر اساس شاخص-هایی است که عبارت‌اند از نسبت انرژی خروجی به ورودی[2]، سود خالص انرژی[3]، شدت (تراکم) انرژی[4] وکارائی انرژی[5] (میسمی، ۲۰۱٤). این شاخص‌ها به‌عنوان ابزاری هستند که امکان مقایسه سیستم‌های مختلف را فراهم می‌کنند و با مطالعه آن‌ها می‌توان انرژی مراحل مختلف تولید محصول را در اکثر مناطق بررسی و مقایسه نمود.

تا کنون مطالعات زیادی در مورد انرژی مصرفی در بخش کشاورزی ایران و سایر کشورها صورت گرفته است. انرژی مصرفی کشاورزی با افزایش جمعیت و محدویت‌های منطقه‌ای مانند کم بودن بارش و حاصلخیز نبودن مزرعه و در نتیجه استفاده بیش از حد از آبیاری، کود و مواد شیمیایی و ... برای افزایش عملکرد در حال افزایش است. بنابراین، استفاده بهینه از انرژی بخصوص در بخش کشاورزی، یکی از مهمترین موارد در توسعه پایدار می‌باشد. طبق تحقیقات انجام گرفته توسط محققین در اکثر نقاط جهان، بیشترین مصرف انرژی مربوط به استفاده از کودهای شیمیایی و آبیاری و سپس استفاده از سوخت دیزل می باشد. تقاضای انرژی به فرم انسانی و ماشین آلات در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند (صفا و همکاران ۲۰۱۰، محمدی و همکاران ۲۰۱٦، کیزیل آسلان ۲۰۰۹، تیپی و همکاران ۲۰۰۹، یوسفی و مهدوی دامغانی ۲۰۱۳، علیپور و همکاران ۲۰۱۳).

در تحقیقی که توسط محمدی و همکاران (۲۰۱٦) در رابطه با بیلان انرژی کشت گندم آبی در ایران انجام گرفت به این نتیجه رسیدند که بیشترین میزان نهاده ورودی مربوط به کود ازت با ۳۰ درصد بوده است و پس از آن سوخت دیزل با ۲۲ درصد در رتبه دوم قرار دارد. نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که تولید گندم در استان گلستان با ۳/۹ مگاژول بر کیلوگرم کمترین مقدار شدت انرژی را به خود اختصاص داده بود. محمدی و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی تأثیر اندازه مزرعه را بر نسبت انرژی برای تولید گندم در استان اردبیل بررسی کردند. نتایج حاصل از تحقیق آنها نشان داد انرژی مصرف شده برای گندم GJ/ha ۳۸/۳٦ است؛ که ۳۸ درصد آن مربوط به مصرف انرژی کود و بعد از آن انرژی سوخت و ماشین‌آلات بود. شدت انرژی برابر ٦/۲۵ مگاژول بر کیلوگرم بود. مزارع با اندازه بزرگ‌تر نتایج رضایت بخش‌تری در انرژی مورد استفاده و نسبت انرژی داشتند. در مقایسه با ارزیابی بیلان انرژی در مزارع گندم کرمانشاه (عبداله‌پور و زارعی، ۲۰۱۰) بیشترین انرژی مصرفی در این مزارع، به ترتیب مربوط

[1] Higher Heating Value (HHV)
[2] Energy Output-Input ration
[3] Net Energy Gain
[4] Energy Intensity
[5] Energy Productivity

به ماشین آلات، کود ازته و سوخت گازوئیل و کمترین انرژی مصرفی متعلق به نیروی انسانی و علف کش بود.

فتحی و همکاران (۲۰۱٦) به مطالعه بررسی انرژی مصرفی تولید گندم با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها در شهرستان چرداول استان ایلام پرداختند. آن‌ها نشان دادند که انرژی مصرفی در حوزه سوخت، بذر و کود بیشترین و نیروی کارگری و حشره کش کمترین سهم را در میان انرژی ورودی به خود اختصاص دادند.

میسمی و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی در شهرستان بناب نسبت مصرف انرژی را برای گندم آبی برداشت شده با دست ۲/۹، برای گندم آبی برداشت شده با کمباین، ۲/۵ و گندم دیم ۱/۳ برآورد کردند. بر اساس نتایج این پژوهش سوخت بیشترین مقدار از انرژی ورودی را به خود اختصاص داده بود و بعد از آن کود ازته در رتبه بعدی قرار داشت. مشهوری‌آذر و همکاران (۲۰۰۷) نسبت انرژی را در شهرستان مراغه برای محصولات گندم آبی، جو آبی به ترتیب ۲/۸۹ و ۳/۱۷ برآورد کردند. بیشترین سهم در کل انرژی ورودی مزارع گندم و جو مربوط به سوخت فسیلی بود.

در تحقیقی به‌منظور بیشینه کردن عملکرد تولید گندم به مقایسه الگوهای مصرف انرژی در نقاط مختلف هند پرداخته شد (سینگ ۲۰۰٦). سطح تکنولوژی، انرژی نهاده و عوامل اقلیمی–زراعی مرتبط‌ترین پارامترهای تولید گندم محسوب گردیدند. همچنین در تحقیقی دیگر که توسط تیپی و همکاران (۲۰۰۹) که با آنالیز مصرف انرژی از ۹۷ مزرعه گندم واقع در ایالت مارمارای ترکیه نشان دادند که تولید گندم به میزان ۲۰/۷ گیگاژول بر هکتار انرژی مصرف می‌کند که از این میان انرژی ورودی، سوخت با ٤٥/۱٥ درصد بیشترین سهم را در کل انرژی مصرفی داشته و به دنبال آن کودهای شیمیایی با ۳٤/۲۱ درصد بودند. همچنین آنها نسبت انرژی را ۳/۰۹ برآورد کرده و به این نتیجه رسیدند که با افزایش اندازه مزارع گندم نسبت انرژی نیز افزایش خواهد یافت. در تحقیقی دیگر که در ترکیه بر روی میزان مصرف انرژی و بازدهی آن برای محصول گندم انجام شده است به این نتیجه رسیده‌اند که مصرف سوخت دیزل با ٤٤/٦۱ درصد و کود ازت با ۲۳/٥٤ درصد بیشترین سهم را در انرژی ورودی دارند. همچنین توصیه نموده‌اند که برای کاهش مصرف انرژی و اثرات کم زیست محیطی و انسانی از میزان کود کمتری استفاده گردد (ییلدز ۲۰۱٦).

استفاده کارا از انرژی در کشاورزی به خاطر صرفه‌جویی‌های اقتصادی، حفظ منابع نفتی و کاهش آلودگی هوا، یکی از شاخص‌های کشاورزی پایدار به‌شمار می‌رود. استان گلستان با دارا بودن ٦/۹۸ درصد مزارع گندم کل کشور بعد از استان‌های کردستان و آذربایجان شرقی قرار دارد (محمدی و همکاران ۲۰۱٦). شهرستان آق قلا با توجه به داشتن مزارع وسیع گندم و همچنین مراکز کشت و صنعت و در نتیجه تمایل به سمت کشاورزی پایدار در این شهرستان، مورد مطالعه قرار گرفت. بررسی روند مصرف انرژی و شاخص‌های انرژی در تولید گندم، تعیین سهم نهاده‌ها و ارایه پیشنهاد برای کاهش مصرف انرژی از اهداف این تحقیق می‌باشد.

مواد و روش‌ها

محدوده جغرافیایی این تحقیق، مزارع گندم دیم کشت و صنعت مزارع نوین ایرانیان شهرستان آق‌قلا در استان گلستان بود. آمار و اطلاعات موجود در گفتگو با مهندسین مکانیزاسیون شرکت و شناختی کلی از وضعیت مکانیزاسیون، وضعیت اقلیمی، ماشین‌آلات، سطح زیر کشت محصول گندم، مساحت قطعات اراضی به دست آمد. با توجه به ساختار مدیریتی و طبقه بندی اراضی کشت و صنعت، جامعه آماری مورد مطالعه چهار واحد صنعتی زراعی زیر کشت محصول گندم انتخاب گردید. اطلاعات مربوط به میزان نهاده‌های مصرفی در هر هکتار و عملکرد (میزان کارگر مورد نیاز در عملیات مختلف، میزان بذر، کود، سموم و انواع آنها) و عملکرد محصول در سال‌های مختلف و اطلاعات مربوط به عملیات‌های مختلف کشاورزی از خاک‌ورزی تا برداشت

(نحوه انجام عملیات، مدت‌زمان انجام عملیات، منبع توان، میزان سوخت مصرفی در عملیات مختلف، ماشین‌های به کار رفته در عملیات مختلف، تعداد انجام عملیات و کارگر مورد نیاز و ...) مستقیم از مزارع شرکت جمع‌آوری گردید.

برای محاسبه انرژی نهاده‌ها و نهایتاً محاسبه انرژی مصرفی در عملیات مختلف از روابط مربوط به هر نهاده استفاده گردید (برگرفته از میسمی ۲۰۱٤). ضرایب معادل انرژی نهاده‌ها مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده‌اند.

جدول ۱- معادل انرژی برای نهاده‌های ورودی و خروجی در کشت گندم (میسمی ۲۰۱۴)

نهاده‌ها	واحد	معادل انرژی (واحد/MJ)
نهاده‌های ورودی		
۱- ماشین‌ها		
-تراکتور	kg	۱۳۸/۱
-ماشین‌ها	h	۲۲۰/٥-۱۱٦/٤
۲- سوخت	L	٤۷/۸
۳- کودهای شیمیایی		
- ازت (N)	kg	۷۸/۲
- فسفات (P_2O_5)	kg	۱۳/۸
٤- آفت‌کش‌ها	kg	۲۸۸-۱۹٦
٥- بذر	kg	۱۳
نهاده‌های خروجی		
۱- گندم (۱٥٪ رطوبت)	kg	۱٤/۷

برای محاسبه انرژی ماشین‌ها و ادوات باید وزن ماشین‌های استفاده شده در مزرعه، مدت عمر مفید کاری و سطح متوسطی را که آن‌ها سالیانه تحت پوشش قرار می‌دهند، را به دست آورد. عمر مفید ماشین‌های مختلف بر اساس جداول ASABE در نظر گرفته شد و مدت زمان استفاده از آنها بر اساس اندازه‌گیری زمان هر عملیات در یک هکتار در مزارع ثبت گردید. انرژی ماشین‌ها و ادوات مطابق روابط زیر محاسبه شد:

$$E_{mach} = E_{tr} + E_{im} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$E_{tr} = \frac{W_{tr} \times EI_{tr}}{t_{tr} \times C_{atr}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$E_{im} = \frac{W_{im} \times EI_{im}}{t_{im} \times C_{aim}} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن:

E_{mach}: انرژی ماشین (MJ/ha)

E_{tr}: انرژی تراکتور (MJ/ha)

E_{im}: انرژی ادوات (MJ/ha)

W_{tr}: تراکتور (kg)

W_{im}: جرم ادوات (kg)

EI_{tr}: تراکم انرژی در تولید تراکتور جرم (MJ/kg)

EI_{im}: شدت انرژی ادوات (MJ/kg)

t_{tr}: عمر مفید تراکتور (h)

t_{im}: عمر مفید ادوات (h)

C_{atr}: ظرفیت واقعی تراکتور (ha/h)

C_{aim}: ظرفیت واقعی ادوات (ha/h)

ظرفیت واقعی تراکتور یا ادوات که به آن‌ها اشاره شده است، منظور سطحی است که در یک ساعت تراکتور یا ادوات پوشش می‌دهند و از تقسیم سطح کار شده بر زمان عملیات به دست می‌آید. در برخی منابع یک ضریب متوسط برای تمام ماشین‌ها در نظر گرفته شده که شدت انرژی را برحسب ساعت ارائه می‌کند (سینگ ۲۰۰۲). با استفاده از این ضریب اگر ساعات کار

رابطه (٤)

که در آن:

E_{fuel}: انرژی سوخت (MJ/ha)

Q_i: مقدار سوخت مصرف شده (l/ha)

ماشین در یک هکتار موجود باشد، مقدار انرژی ماشین در هکتار به دست می‌آید.

برای محاسبه انرژی سوخت در عملیات مختلف زراعی، متوسط مقدار سوخت مصرفی در عملیات مختلف محاسبه گردید که با استفاده از رابطه (٤) مقدار انرژی آن محاسبه گردید.

$$E_{fuel} = Q_i \times E_i$$

E_i: شدت انرژی سوخت (MJ/l)

استفاده از کودهای شیمیایی در کشاورزی به‌شدت افزایش یافته است. تولید کودهای شیمیایی با مصرف انرژی زیادی همراه است. از انواع کودهای مورد استفاده در کشاورزی تنها به سه نوع کود عناصر اصلی یعنی ازت، فسفر و پتاسیم اشاره شده است. برای محاسبه انرژی کودهای شیمیایی، مقدار متوسط کود مصرفی و همچنین نوع کود مصرفی در دوره‌های مختلف رشد گندم محاسبه شد و مقدار وزنی عناصر موجود محاسبه و نهایتاً با استفاده از ضرایب ارائه شده مقدار انرژی کودهای شیمیایی محاسبه گردید. مقدار متوسط کود مصرفی که درمراحل کاشت و داشت استفاده می‌شود مشخص گردید و مقدار انرژی محاسبه شد.

رابطه (٥)

$$E_{fer} = W_t \times E_i$$

که در آن:

E_{fer}: انرژی کود (MJ/ha)

W_t: جرم کود مصرفی (kg/ha)

E_i: شدت انرژی کود (MJ/kg)

برای تعیین میزان انرژی مصرفی آفت‌کش‌ها در هکتار، مصرف متوسط آفت‌کش‌ها در هر هکتار محاسبه شد. برای آفت‌کش‌های مختلف با توجه به فرمولاسیون مقدار انرژی مختلفی ذکر شده است. در منابع آفت‌کش‌ها به سه دسته کلی علف‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها تقسیم شده‌اند (سارتوری و همکاران، ۲۰۰۵). به‌دلیل سهم پایین انرژی آفت‌کش‌های شیمیایی در انرژی ورودی در برخی از تحقیقات از یک میانگین برای کلیه آن‌ها استفاده شده است. برای محاسبه انرژی آفت‌کش‌ها از مصرف متوسط آفت‌کش در هر هکتار و شدت انرژی هر واحد، مطابق رابطه انرژی ٦ انرژی مصرفی در هر هکتار محاسبه گردید.

رابطه (٦)

$$E_{pes} = W_i \times E_i$$

که در آن:

E_{pes}: انرژی آفت‌کش مصرفی (MJ/ha)

E_i: شدت انرژی آفت‌کش (MJ/kg)

W_i: جرم ماده مؤثره آفت‌کش مصرفی (kg/ha)

بذر مورد استفاده در منطقه توسط خود شرکت تولید می‌شود. همان‌طور که قبلاً اشاره شد گندم در مراحل اولیه نیاز به مراقبت‌های ویژه دارد و ممکن است برخی از بذور کاشته شده به هر دلیلی رشد نکنند که در بهار سال بعد، کاشت مجدد در آن مناطق انجام می‌گیرد. جرم بذر کاشته شده اضافه نیز در محاسبات لحاظ شد. برای محاسبه انرژی بذر، مقدار متوسط بذر استفاده شده توسط شرکت محاسبه گردید و با استفاده از رابطه و ضریب ذکر شده انرژی بذر محاسبه شد.

رابطه (۷)

$$E_s = W_i \times E_i$$

که در آن:

E_s: انرژی بذر مصرفی (MJ/ha)

E_i: شدت انرژی بذر (MJ/kg)

W_i: جرم بذر مصرفی (kg/ha)

شاخص‌های انرژی محاسبه شده:

برای بررسی کمی بهره‌وری انرژی، شاخص‌های مهم انرژی که در اکثر مطالعات انرژی در کشاورزی استفاده می‌شوند طبق تعاریف زیر (برگرفته از: میسمی و برگ ۲۰۱٤) در این مطالعه نیز مورد استفاده قرار گرفتند**الف)** **شاخص نسبت انرژی خروجی به ورودی (OIR[1])**: شاخص نسبت انرژی خروجی به ورودی نشان می‌دهد که وضعیت نهاده‌های انرژی در رابطه با ستانده چه وضعیتی دارند و از رابطه ۸ بدست می‌آید و برای فهم راحت با واحد مگاژول بر مگاژول بیان می‌شود.

رابطه (۸)

$$\text{نسبت انرژی خروجی به ورودی} = \frac{\text{انرژی ستانده}}{\text{انرژی نهاده}}$$

ب) شاخص سود خالص انرژی (NEG[2]): سود خالص انرژی عبارت است از مقدار کل انرژی تولیدی (ستانده) منهای انرژی نهاده که واحد آن ژول بر هکتار است و از رابطه ۹ محاسبه می‌شود.

رابطه (۹) انرژی نهاده – انرژی ستاده = سود خالص انرژی

ج) شاخص کارائی انرژی (EP[3]): کارائی انرژی عبارت است از محصول تولیدی به ازاء هر واحد مصرف انرژی و از رابطه ۱۰ محاسبه می‌شود. واحد آن کیلوگرم بر مگاژول می‌باشد.

رابطه (۱۰)

$$\text{کارائی انرژی} = \frac{\text{عملکرد جرمی محصول}}{\text{انرژی نهاده}}$$

[1] Energy Output-Input Ratio
[2] Net Energy Gain
[3] Energy Productivity

شاخص تراکم (شدت) انرژی[1] (EI): سازمان بهره وری آسیایی[2] (APO)، برای محاسبه بهره‌وری هر یک از عوامل تولید، ارزش افزوده را به مقدار هر یک از نهاده‌های مصرفی تقسیم کرده و میزان بهره‌وری را به دست آورده است. بهره‌وری انرژی نیز معمولاً به دو روش اندازه‌گیری می‌شود، در یک روش ارزش افزوده ایجاد شده به مقدار انرژی مصرف شده تقسیم و نتیجه سطح بهره‌وری انرژی نامیده می‌شود. در روش دوم مقدار انرژی به مصرف رسیده، به ارزش افزوده یا عملکرد محصول تقسیم می‌شود و حاصل شدت یا تراکم انرژی نامیده می‌شود. در این مطالعه، همانند اکثر مطالعات انرژی مطابق رابطه ۱۱ نسبت انرژی نهاده به عملکرد محصول با واحد مگاژول بر کیلوگرم به عنوان مهمترین شاخص ارزیابی مورد استفاده قرار گرفت.

$$\text{تراکم انرژی} = \frac{\text{انرژی نهاده}}{\text{محصول عملکرد}} \qquad \text{رابطه (۱۱)}$$

نتایج و بحث

در شهرستان آق‌قلا گندم بیشتر به صورت دیم کاشته می‌شود. در شرکت کشت و صنعت مزارع نوین ایرانیان در شهرستان آق قلا نیز کشت غالب گندم می‌باشد. از آنجائیکه کاه گندم بدون استفاده در این مزارع باقی می‌ماند و در خاک‌ورزی با خاک مخلوط می‌گردد، لذا تنها محصول تولیدی دانه گندم بوده و کاه در انرژی ستانده محاسبه نمی‌گردد. انرژی آبیاری به دلیل کشت دیم محاسبه نگردید. آبیاری گاها در سال‌هایی که مقدار ریزش باران کمتر از حد معمول می‌باشد، انجام می‌گیرد.

مقدار انرژی ورودی به مزارع در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است. به طور متوسط با میانگین‌گیری وزنی مقدار انرژی ورودی مزارع متشکل از سه گروه ماشینی، سوخت و مجموع کود، بذر و سم به ترتیب ۱۱۸۷، ۱۲٤۱۳ و ۱۸۰۹٤ مگاژول بر هکتار بود. با مقایسه این اعداد مشخص است که در تمامی واحدهای زراعی بیشترین مقدار انرژی ورودی با متوسط ۵۷ درصد مربوط به گروه سوم یعنی نهاده‌های کود و سم و بذر می‌باشد. با مقایسه اعداد جدول ۲ می‌توان به‌راحتی تشخیص داد که اختلاف چندانی بین واحدها از لحاظ ورود انرژی از گروه سوم وجود ندارد. دلیل آن می‌تواند برنامه یکسانی باشد که از نظر توزیع نهاده‌ها در هر چهار واحد رعایت می‌شود. در گروه ماشینی مزارع کوچک نسبت به مزارع بزرگ ورودی انرژی کمتری داشتند. چرا که در این مزارع از تراکتورهای کوچک با توان کمتر (و قدیمی) و در مزارع بزرگ از تراکتورهای بزرگ و مدرن استفاده می‌کردند اما در عمل اولا زمان انجام عملیات تفاوت چندانی نداشت و در ثانی در مزارع بزرگ و با در دسترس بودن تراکتورهای مدرن و بزرگ، عملیات ماشینی چند مرحله تکرار می‌شد. در نتیجه انرژی وردی از ماشین در واحدهای C و D با مزارع بزرگ سه تا چهار برابر بیشتر از دو واحد دیگر بود (جدول ۲). ولی در مورد سوخت، با توجه به استفاده از تراکتورهای جدید و بهینه شده و انجام عملیات در سرعت نسبتا زیاد در مقایسه با تراکتورهای کوچک و قدیمی، مقدار سوخت مصرفی در مزارع بزرگ نسبت به مزارع کوچکتر کمتر بوده است.

[1] Energy Intensity

[2] Asian Productivity Organization

جدول ۲- سهم انرژی‌های ورودی در واحدها برای تولید گندم ($MJ.ha^{-1}$)

واحد A (۳۲۳ هکتار)				واحد B (۵۹ هکتار)			
نهاده	انرژی	درصد از کل	رتبه	نهاده	انرژی	درصد از کل	رتبه
ماشین‌آلات	٤٢٠	٪۱/۳	۳	ماشین‌آلات	٤۱۸	٪۱/۳	۳
سوخت	۱٤۰٦۸	٪٤٤/۸	۲	سوخت	۱٤۹۸۹	٪٤٦/٥	۲
بذر، کود و سم	۱٦۸۹۲	٪٥۳/۸	۱	بذر، کود و سم	۱٦۸۱۱	٪٥۲/۲	۱
بذر	۳۲۲۹	٪۱۹/۱		بذر	۳۲۱۸	٪۱۹/۱	
کود ازته	۷٥۸۳	٪٤٤/۹	۱	کود ازته	۷٥۳٦	٪٤٤/۸	۱
کود فسفات	٥۱۰۳	٪۳۰/۲		کود فسفات	٥۰۸٤	٪۳۰/۲	
قارچ‌کش	٤٦٥	٪۲/۸		قارچ‌کش	٤٦۳	٪۲/۸	
علف‌کش	٥۱۲	٪۳/۰		علف‌کش	٥۱۰	٪۳/۰	
مجموع	۳۱۳۸۰			مجموع	۳۲۲۱۸		

واحد C (۸٥۷ هکتار)				واحد D (٦۷۳ هکتار)			
نهاده	انرژی	درصد از کل	رتبه	نهاده	انرژی	درصد از کل	رتبه
ماشین‌آلات	۱٥۱۰	٪٤/٤	۳	ماشین‌آلات	۱۲۱۲	٪٤/۲	۳
سوخت	۱۲٥۸۹	٪۳۷/۰	۲	سوخت	۱۱۱۷۱	٪۳۸/۷	۲
بذر، کود و سم	۱۹۹۰۰	٪٥۸/٥	۱	بذر، کود و سم	۱٦٤۸٤	٪٥۷/۱	۱
بذر	۳۷۹۹	٪۱۹/۱		بذر	۳۱٥۳	٪۱۹/۱	
کود ازته	۸۹٤۹	٪٤٥/۰	۱	کود ازته	۷۳۹٤	٪٤٤/۹	۱
کود فسفات	٦۰۰۳	٪۳۰/۲		کود فسفات	٤۹۸۳	٪۳۰/۲	
قارچ‌کش	٥٤۷	٪۲/۷		قارچ‌کش	٤٥٤	٪۲/۸	
علف‌کش	٦۰۲	٪۳/۰		علف‌کش	٥۰۰	٪۳/۰	
مجموع	۳۳۹۹۹			مجموع	۲۸۸٦۷		

در بررسی کلی، انرژی نهاده سوخت در بین نهاده‌های دیگر دارای بیشترین مقدار می‌باشد. این به‌دلیل انجام حداکثری عملیات خاک‌ورزی- که انرژی و سوخت بیشتری را به خود اختصاص می‌دهد - و همچنین تردد زیاد ماشین‌ها در مزرعه است. بر اساس این جداول، رتبه دوم انرژی ورودی به کود ازته اختصاص می‌یابد. یکی از دلایل این موضوع کوددهی زیاد به مزارع می‌باشد که سه بار در سال مقادیر زیادی کود در مزارع پخش می‌شود.

میانگین وزنی کل انرژی وارده برای محصول گندم به ازای هر هکتار در مزارع برابر ۳۱/۷ گیگاژول بود. مقدار انرژی ورودی برای هر هکتار گندم آبی از۱۵ تا ٦۳ گیگاژول بر هکتار گزارش شده است (سینگ و همکاران ۲۰۰۸، شاهین و همکاران ۲۰۰۸). مطابق یافته حیدرقلی‌نژاد و حسن‌زاده (۲۰۰۳) مقدار انرژی ورودی برای مزارع دیم در استان مازندران به مقدار ۲۲ گیگاژول برای برداشت ۲۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار دانه گندم بوده است. میسمی و همکاران (۲۰۰۷) انرژی ورودی را برای برداشت ۱۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار دانه گندم در مزارع دیم ۱۳/٤ گیگاژول بر هکتار گزارش کردند. یکی از دلایل اینکه مقدار انرژی مصرفی در این

شـــرکت نســـبت به مطالعات دیگر مربوط به مزارع دیم بیشـتر اسـت اسـتفاده از تراکتورهای بزرگ و در نتیجه مصـرف سوخت بیشتر و استفاده از سه مرتبه کوددهی و همچنین افراط در انجام عملیات خاک‌ورزی است که با هدف نیل به عملکرد بالا (۲۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار) انجام می‌گیرد.

جدول ۳- میانگین وزنی سهم انرژی‌های ورودی در کل مزارع تولید گندم ($MJ.ha^{-1}$)

ماشین	انرژی	درصد از کل	رتبه
ماشین‌آلات	۱۱۸۷/۳	٪۳/۷	۳
سوخت	۱۳٤۱۳/۸	٪۳۹/۲	۲
بذر، کود و سم	۱۸۰۹٤/۱٤	٪۵۷/۱	۱
بذر	۳٤۵۷/٤	٪۱۹/۱	
کود ازته	۸۱۲۷/۳	٪٤٤/۹	۱
کود فسفات	۵٤٦۳/٦	٪۳۰/۲	
قارچ‌کش	٤۹۷/۸	٪۲/۸	
علف‌کش	۵٤۸	٪۳/۰	
مجموع	۳۱٦۹۵/۲۰	۱۰۰	

در کل، انرژی نهاده ماشـین ٤ درصـد، سوخت ٤۰ درصـد و بذر و کود و سـم ۵٦ درصد انرژی ورودی را به خود اختصـــاص داده‌اند. در تمامی واحدهای زراعی، انرژی غیر مســـتقیم ورودی بیشـــتر از انرژی ورودی مســـتقیم (ســـوخت) می‌باشـد. در یافته‌های جاناکجی و همکـاران (۲۰۰۵) میزان انرژی کود با ۵٤/۱ درصـــد و سـپس سـوخت با ۲۵/۲ درصـد بیشـترین مقادیر انرژی ورودی را بـه خود اختصـــاص می‌دهند. راه‌های کاهش انرژی ورودی بـا هـدف حرکت به ســـمت کشـــاورزی پایدار، اسـتفاده کمتر از ماشـین‌ها و کود می‌باشـد. البته تعادلی باید در رابطه با کاهش احتمالی عملکرد و کاهش مصـــرف انرژی در مزارع بـاید برقرار گردد که نیاز به مطـالعـات بیشـــتر و تعیین اولویـت در اهـداف کشـــت می‌باشد.

انرژی ستانده

در جـدول ٤ مقدار عملکرد دانه واحدهای زراعی و انرژی تولیدی نشـان داده شـده اسـت. میانگین عملکرد واحدهای زراعی حدود ۲۲٤٤ کیلوگرم بر هکتار بوده که واحد B کمترین عملکرد و واحد C بیشـترین عملکرد را بـه ترتیـب بـا مقـادیر ۱۹۰٤ و ۲۳۲۷ کیلوگرم بر هکتـار داشـــته‌اند. بنابراین، بالاترین انرژی ســـتانده مربوط به واحـد C و کمترین مقدار مربوط به واحد B می‌باشـــد. یکی از دلایل بالا بودن عملکرد، همانطور که اشـاره شد، استفاده بیشتر از کود ازت و همچنین کشت مجدد مناطق جوانه نزده می‌تواند باشـــد که نیازمند به‌کارگیری مجدد ماشـین‌ها در مزارع و در نتیجه مصـرف سوخت بیشتر است.

جدول ۴- انرژی ستانده از هر هکتار مزرعه تولید گندم

واحد	عملکرد *(kg)*	انرژی واحد *(MJ)*	معادل انرژی *(MJ)*	رتبه
A	۲۱۵۰	۱٤/۷	۳۱٦۰۵	۳
B	۱۹۰٤	۱٤/۷	۲۷۹۸۸/۸	٤
C	۲۳۲۷	۱٤/۷	۳٤۲۰٦/۹	۱
D	۲۱۳۷	۱٤/۷	۳۱٤۱۳/۹	۲
میانگین وزنی	۲۲٤٤/٤٤	۱٤/۷	۳۲۹۹۳/۲٦۸	

انرژی خروجی برای دانـه گنـدم در کـل مزارع ۳۳ گیگاژول بر هکتار اسـت. واحد C دارای بیشـترین مقدار عملکرد نسـبت به سـایر واحدها می‌باشـد. در مطالعه کـاظمی و همکـاران (۲۰۰٦) مقـدار انرژی ورودی برای کشـت گندم دیم ۱۹/۲۵ گیگاژول و مقدار انرژی سـتانده ۱۹/٤ گیگاژول بر هکتار بوده اسـت. در تحقیق حاظر نیز بـا ورودی ۳۱/۷ گیگـاژول مقدار سـتانده ۳۳ گیگاژول بوده اسـت. در کشت آبی در ناحیه استان گلستان برای کشت آبی محصول گندم به مقدار ۳۲ گیگاژول بر هکتار بود که انرژی سـتانده آن معادل ۹٤ گیگاژول بر هکتار بود که این مقدار بیشـتر بودن انرژی سـتانده، به دلیل کشـت آبی بودن گنـدم اسـت (کاظمی و زارع ۲۰۱٤). انرژی سـتانده این شـرکت در مقایسـه با کشت‌های دیم بیشـتر ولی نسـبت به کشت‌های آبی کمتر بود است. در تحقیق دیگر در اسـتان مازندران که به بررسـی انرژی کشت دیم گندم پرداخته است مقدار انرژی ورودی برابر ۲۲ گیگاژول و انرژی سـتانده ۲۹ گیگاژول بوده اسـت (حیدرقلی‌نژاد و حسن‌زاده ۲۰۰۳).

تحلیل شاخص‌های انرژی تولید گندم

بنابر نتایج حاصل از انرژی نهاده و ستانده، شاخص‌های انرژی در کشت گندم با استفاده از تعاریف ارائه شده و فرمول‌های ۱ تا ۸ برای این شاخص‌ها، محاسبه شد و در جدول ۵ نشان داده شده است. نسبت انرژی خروجی به ورودی برای کل مزارع با میانگین‌گیری وزنی برابر است ۱/۰٤ می‌باشد. با توجه به عملکرد بالاتر واحد C مشاهده می‌شود که این واحد نسبت انرژی خروجی به ورودی بهتر و بالاتر از یک را دارد در حالیکه برای سایر واحدها به دلیل عملکرد پایین‌تر این نسبت کمتر یا برابر یک است. در نتیجه برای واحد B سود خالص انرژی منفی شده‌است. اما با میانگین گیری وزنی در کل شرکت شاخص سود خالص انرژی مثبت و به مقدار ۱۲۹۸ مگاژول بر هکتار محاسبه شد.

جدول ۵- شاخص‌های انرژی در یک هکتار مزرعه تولید گندم

	واحد	A	B	C	D	کل
نسبت انرژی خروجی به ورودی	(MJ/MJ)	۱/۰۱	۰/۸۷	۱/۰۱	۱/۰۹	۱/۰٤
کارائی انرژی	(kg/MJ)	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷
تراکم (شدت) انرژی	(MJ/kg)	۱٤/٦۰	۱٦/۹۲	۱٤/٦۱	۱۳/۵۱	۱٤/۱۲
سود خالص انرژی	(MJ)	۲۲۵/۰۰	-٤۲۲۹/۲۰	۲۰۷/۹۰	۲۵٤٦/۹۰	۱۲۹۸/۲۷

نسبت انرژی خروجی به ورودی به دست آمده در این تحقیق در مقایسه با نتیجه به دست آمده توسط شاهین و همکاران (۲۰۰۸) در اردبیل، مشهوری آذر و همکاران (۲۰۰۷) در مراغه و صادقی (۲۰۰۸) در دشت مهیار شهرضا که در آن‌ها نسبت انرژی برای گندم به ترتیب ۳/۱۳، ۳/۱۷ و ۱/٦٤ به دست آمده، کمتر است. یکی از دلایل این مقدار کمتر، کشت آبی آنها می‌باشد که عملکرد بیشتری را داشته‌اند. ولی در مقایسه با کشت دیم، میزان ۱/۰۳ در شهر کرد، ۰/٦۸ در آذربایجان غربی، ۰/۸۱ در کرمانشاه و ۰/۹۹ در ساوه گزارش نموده‌اند که این مقدار در این تحقیق در مقایسه با تحقیقات انجام گرفته بیشتر می‌باشد (کاظمی و همکاران ۲۰۱٦).

در این تحقیق کارائی انرژی متوسط برابر ۰/۰۷ کیلوگرم بر مگاژول می‌باشد. این مقدار در مقایسه با تحقیق شاهین و همکاران (۲۰۰۸) در شکت آبی گندم، در منطقه اردبیل که کارائی را ۰/۰۹٦کیلوگرم بر مگاژول

گزارش کرده‌اند، کارائی کمتر را نشان می‌دهد. همچنین در مقایسه با کشت دیم در منطقه شهرکرد این مقدار ۰/۰۷ به‌دست آمده است (کاظمی و همکاران ۲۰۱۶). میانگین وزنی شاخص تراکم یا شدت انرژی برای کلیه مزارع برابر ۱۴/۱۲ مگاژول بر کیلوگرم محاسبه همچنین برای کشت دیم شهر کرد نیز ۱۵/۶۷ گزارش شده است. این در مقایسه با گندم دیم در منطقه کرمانشاه (فتحی و همکاران ۲۰۱۸) که عدد ۸/۲۱ را گزارش کرده‌اند نیز تراکم انرژی بالاتری را نشان می‌دهد. در حقیقت می‌توان دوباره چنین استنتاج کرد که در شرکت مزارع نوین ایرانیان آق قلا با استفاده از نهاده‌های فراوان سعی شده عملکرد دیم بالایی به‌دست بیاید که با مرور عملکرد بیش از دو تنی از هر هکتار مزرعه دیم می‌توان آنرا خیلی بالاتر از عملکردهای گزارش شده برای مزارع دیم دید که معمولا در محدوده یک تن بر هکتار قرار دارند.

یکی از راه‌هایی که می‌توان شاخص‌های انرژی را در تولید گندم در این شرکت بهتر نمود و تراکم انرژی در تولید گندم را پایین آورد استفاده از کاه به‌عنوان محصول جانبی است که در آن صورت با اختصاص بخشی از انرژی ورودی به محصول جانبی از تراکم انرژی تولید دانه گندم کاسته می‌شود. در این مورد باید مزایای عدم جمع آوری کاه بر مزارع را با کاهش تراکم انرژی در نتیجه جمع‌آوری کاه مقایسه و تصمیم مناسب را اتخاذ نمود. البته در مطالعات اگر اشاره به تخصیص کل انرژی به دانه شده و از کاه صرف‌نظر شده باشد خللی در مقایسه نتایج بوجود نخواهد آمد.

فرصت دیگر برای کاهش مصرف انرژی در مزارع، توجه مصرف سوخت در عملیات ماشینی است. بیشترین مصرف سوخت مربوط به عملیات تهیه زمین بود که کلیه روش‌های خاک‌ورزی اولیه و ثانویه را شامل می‌شد. عملیات داشت و برداشت در رتبه های بعدی قرار داشتند. بر اساس زمان بیشترین زمان عملیات مربوط به مرحله داشت و کوددهی بود که در هر سال زراعی سه مرتبه استفاده می‌شد. کاهش دفعات شخم زنی و در کل خاک‌ورزی و کاهش دفعات کوددهی می تواند به کاهش قابل ملاحظه در مصرف سوخت منجر شود.

نتیجه‌گیری

نتیجه مطالعه بهره‌وری انرژی در تولید گندم در مزارع دیم کشت و صنعت ایرانیان نشان داد، میانگین انرژی ورودی به مزارع قریب به ۳۰ گیگاژول بر هکتار می‌باشد. عملکرد دانه این مزارع دیم حدود ۲ تن بر هکتار برآورد گردید که در مقایسه با میانگین کشوری علمکرد مزارع دیم که در حدود ۸۰۰ کیلوگرم بر هکتار است (امار وزارت جهاد کشاورزی) مقدار بالایی است. این عملکرد دیم بالا ناشی از بارندگی بهتر نسبت به میانگین کشوری و نیز مصرف زیاد نهاده‌ها است. با توجه به مقادیر انرژی ورودی و عملکرد مزارع، تراکم انرژی در تولید دانه گندم (بدون احتساب کاه به‌عنوان محصول جانبی) ۱۴/۱۲ مگاژول بر کیلوگرم محاسبه گردید. مقایسه این عدد با سایر مطالعات، نشانگر بالا بودن آن در این مطالعه است. در بین نهاده‌ها بیشترین ورود انرژی از ناحیه کودهای شیمیایی ازته (با ۲۵ درصد) و سوخت مصرفی در عملیات ماشینی (با ۴۰ درصد) قرار دارد. بنابراین، برای کاهش شدت انرژی و نتیجتا افزایش بهره‌وری انرژی، روش‌های جایگزین باید مورد توجه قرار گیرند به‌طوری که بدون کاهش قابل توجه عملکرد گندم، تراکم انرژی پایین بیاید. یکی از این روش‌ها می‌تواند استفاده از کاه به‌عنوان محصول جانبی باشد. استفاده بهینه از کودهای شیمیایی و کاهش عملیات ماشینی بیشترین پتانسیل را در بحث کاهش انرژی ورودی دارند.

منابع مورد استفاده

Alipour A, Afshar RK, Nejad MK, Behbahani AG, and Mohammadi V, 2014. Evaluation of Energy Flow in Irrigated Wheat Agro Ecosystems. A case study: Shahr-e-Rey City. Journal of Agriculture Science and Sustainable Production, 23, 59-69.

Almasi M, Kiani S, and Lvymy N, 2008. Basics of agricultural mechanization. *Iran:* Forest Publication, 248. (In Persian).

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 Convers Manage 46: 655–66.

Fathi R, Amjadpor F, Kouchakzadeh A and Azizpanah A, 2018. The pattern and efficiency of energy use for wheat production by data envelopment analysis, case study: Chardavol Township, Ilam Province. Iranian Dryland Agronomy Journal, 7(1), 33-46. (In Persian).

HeydarGholinezhad Kenari M and Hasanzadeh Ghourt Tapeh A, 2003. The evaluation of energy balance of wheat under rainfed farming in Mazandaran province. Pajouhesh-va-Sazandegi, 16(58) 63-65.

Kazemi H, Alizadeh P and Nehbandani A, 2016. Assessing energy flow in rainfed and irrigated wheat fields of Shahrekourd Township under two tillage systems. Agroecology, 8(2), 281-295.

Kazemi H and Zare S, 2014. Investigation and comparison of energy flow in wheat fields of Gorgan and Marvdasht Townships. A Quarterly Journal Cereal Research. 4(3), 211-227. (In Persian).

Kızılaslan N, 2009. Energy use and input-output energy analysis for apple production in Turkey. Journal of Food, Agriculture & Environment, 7(2), 419-423.

Koga N, 2008. An energy balance under a conventional crop rotation system in northern Japan: Perspectives on fuel ethanol production from sugar beet. Agriculture, Ecosystems & Environment, 125(1-4), 101-110.

Maysami MA, 2014. Energy efficiency in dairy cattle farming and related feed production in Iran. Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät.

Maysami MA and Berg W, 2012. Principles of Energy Efficiency Studies Introduced by Scientific Standards. In Proceedings of 8th National Congress on Agricultural Engineering and Mechanization, Mashhad, Iran. (In Persian).

Maysami MA, Ahabshirchi Y and Ranjbar I, 2007. Energy Consumption Pattern in Some Agricultural production by Efficiency Indices Investigation: Case Study in Bonab Township. Proceedings of 5th National Congress on Agricultural Engineering and Mechanization, Mashhad, Iran. (In Persian).

Mahajerdoost V, Akram A and Mashhouri Azar M, 2007. Estimating mechanization capacity for Maraghe Township. In Proceedings of 5th National Congress on Agricultural Engineering and Mechanization, Mashhad, Iran. (In Persian).

Mohammadi S, Maysami MA, and Ajabshirchi Y, 2016. Energy consumption patterns of irrigated wheat production in Iran. Journal of Agricultural Mechanization, 3(2), 33-41. (In Persian).

Mohammadi A, Tabatabaeefar A, Shahin S, Rafiee S and Keyhani A, 2008. Energy use and economic analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. Energy Conversion and Management, 49(12), 3566-3570.

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(2), 149-172.

Tipi T, Çetin B and Vardar A, 2009. An analysis of energy use and input costs for wheat production in Turkey. Journal of Food, Agriculture & Environment, 7(2), 352-356.

Safa M, Mohtasebi SS and Lar M B, 2010. Energy Use in Wheat Production (A Case Study for Saveh, Iran). World Journal of Agricultural Sciences, 6(1), 98-104.

Sartori L, Basso B, Bertocco M, Oliviero G, 2005. Energy use and economic evaluation of a three year crop rotation for conservation and organic farming in NE Italy. Biosystem Engineering. 91, 245–256.

Shahin S, Jafari H, Mobli S, Rafiee S and Karimi M, 2008. Effect of farm size on energy ratio for wheat production: a case study from Ardabil province of Iran. American Eurasian Journal of Agriculture & Environment Science 3(4): 604-608.

Singh S, Singh G, Singh P and Singh N, 2008. Effect of water stress at different stages of grain development on the characteristics of starch and protein of different wheat varieties. Food Chemistry, 108(1), 130-139 108(1): 130-139.

Singh G, 2006. Estimation of mechanization index and its impact on production and economic factors: A case study in India. Biosystems engineering, 93 (1): 99-106.

Singh JM, 2002. On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. Master of Science. International Institute of Management, University of Flensburg, Germany.

Yıldız T, 2016. An input-output energy analysis of wheat production in Çarşamba district of Samsun province. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 33(3), 10-20.

Yousefi M and Damghani AM, 2012. Evaluation of energy flow and indicators of chickpea under rainfed condition in Iran. International Journal of Farming and Allied Sciences. *1*(2), 57-61.