ارزیابی جریان انرژی در تولید گندم در منطقه آق‌قلا استان گلستان

ارمان جلالی*[1]، محمد علی میسمی[2]، سیدباقر سیفی[3]

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تبریز

۲- عضو هئیت علمی گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تبریز

۳- کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

* ایمیل نویسنده مسئول: a.jalali@tabrizu.ac.ir

چکیده

این تحقیق در مزارع گندم آق‌قلا (استان گلستان) در چهار واحد بزرگ به مساحت‌های ۳۲۳، ۵۹، ۸۵۷ و ۶۷۳ هکتار به نام‌های A، B، C و D انجام گرفته و به بررسی شاخص‌های انرژی پرداخته شده است. مقدار متوسط وزنی ورودی انرژی برابر ۳۰/۷۹۹ GJ/ha می‌باشد. در کشت گندم، حدود ۷۵/۰۶ درصد کل انرژی ورودی به صورت غیر مستقیم (کود، بذر، سم و ماشین) و ۲۴/۹۲ درصد به صورت مستقیم (سوخت) وارد مزرعه می‌گردد. میانگین عملکرد مزارع ۲۱۴۴/۴۴ kg/ha بوده که به صورت دیم کاشته شده بود. با تبدیل عملکرد دانه به انرژی (ستانده) خالص انرژی و بهره‌وری انرژی به ترتیب حدود ۷۰۳/۸۷ MJ/ha و ۰/۰۷ kg/MJ بوده است. نسبت انرژی ورودی به خروجی حدود ۰/۹۷ می‌باشد. همچنین مرحله داشت گندم با مصرف ۴۵ درصد انرژی بیشترین مقدار مصرف را به خود اختصاص داده که به دلیل مصرف زیاد کود نیتروژنه می‌باشد و بعد از آن خاک‌ورزی حدود ۲۶ درصد از انرژی ورودی را به خود اختصاص می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: انرژی، بهره‌وری انرژی، خاک‌ورزی، کود.

مقدمه

به‌طور کلی مکانیزاسیون کشاورزی و استفاده از تراکتور و ماشین‌ها در انجام عملیات زراعی نیازمند مقادیر قابل‌توجهی انرژی می‌باشد. در کنار این‌ها، استفاده از بذرهای اصلاح شده، کودها و سموم شیمیایی، اهمیت شناخت و به‌کارگیری بهینه منابع انرژی را بیش از پیش نمایان ساخته است. با توجه به اینکه بازده انرژی معیار پیشرفت تکنولوژی است، داشتن سیاست‌های مشخص در سطح کلان برای برآورد احتیاجات، جلوگیری از ضایعات و کاهش آن‌ها، ارائه برنامه‌های درازمدت برای به‌کارگیری تکنولوژی پیشرفته در استفاده مؤثرتر از منابع موجود و نیز به‌کارگیری منابع جدید در کنار آموزش‌های لازم در به‌کارگیری صحیح از انرژی به صورت‌های

مختلف آن و تشویق کارخانه‌ها و مصرف‌کنندگان انرژی در جهت صرفه‌جویی در این منبع در سطح خرد، بسیار حیاتی است (الماسی و همکاران، ۱۳۸۴).

آنالیز انرژی به‌عنوان مبحثی مهم در علوم کشاورزی مطرح می‌باشد. برای محاسبه صحیح انرژی شاخص‌های اصلی استفاده می‌گردند، این شاخص‌ها عبارت‌اند از نسبت انرژی خروجی به ورودی، سود خالص انرژی، شدت (تراکم) انرژی و بهره‌وری انرژی. شاخص‌ها به‌عنوان ابزاری هستند که امکان مقایسه سیستم‌ها و مطالعه جزء‌به‌جزء آن‌ها را با یکدیگر فراهم می‌کنند. با مطالعه شاخص های انرژی می‌توان مراحل مختلف تولید محصول و مقایسه بازدهی انرژی را در تولید محصولات مختلف در اکثر مناطق بررسی کرد (پاشایی و همکاران، ۱۳۸۷).

در تحقیقی به‌منظور بیشینه کردن عملکرد تولید گندم به مقایسه الگوهای مصرف انرژی در نقاط مختلف هند پرداخته شد. سطح تکنولوژی، انرژی نهاده و عوامل اقلیمی – زراعی مرتبط‌ترین پارامترهای تولید گندم محسوب گردیدند. بیش‌ترین میزان انرژی نهاده برای گندم ۱۷/۷۸۸ گیگاژول در هکتار و بالاترین نسبت انرژی ۵/۲ برای محصول گندم به دست آمد (Singh., 2006).

در تحقیقی تأثیر اندازه مزرعه را بر نسبت انرژی برای تولید گندم در استان اردبیل بررسی شد. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد انرژی مصرف شده برای گندم ۳۸/۳۶GJ/ha است؛ که ۳۸/۴۵ درصد آن مربوط به مصرف انرژی کود و بعدازآن انرژی سوخت و ماشین‌آلات بود. نسبت انرژی و بهره‌وری انرژی به ترتیب برابر ۳/۱۳ و ۰/۱۶Kg/MJ بود. اندازه مزارع بزرگ‌تر نتایج رضایت بخش‌تری در انرژی مورد استفاده و نسبت انرژی داشتند (Shahin *et al*., 2008).

میسمی و همکاران (۱۳۸۷) 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 بیشتر مقدار از انرژی ورودی را به خود اختصاص داده بود و بعد از آن کود نیتروژنه در رتبه بعدی قرار داشت. مشهوری‌آذر و همکاران (۱۳۸۷) نسبت انرژی را در شهرستان مراغه برای محصولات گندم آبی، جو آبی و یونجه به ترتیب ۲/۸۹، ۳/۱۷ و ۵/۱۶ برآورد کردند. بیشترین سهم در کل انرژی ورودی برای گندم و جو به سوخت فسیلی و برای یونجه کود ازته بود. در تحقیقی دیگر با آنالیز مصرف انرژی از ۹۷ مزرعه گندم واقع در ایالت مارمارای ترکیه نشان دادند که تولید گندم به میزان ۲۰۶۵۳۳/۵ مگاژول بر هکتار انرژی مصرف می‌کند که از این میان انرژی ورودی سوخت با ۴۵/۱۵ درصد بیشترین سهم را در کل انرژی مصرفی داشته و به دنبالان کودهای شیمیایی با ۳۴/۲۱ درصد بودند. همچنین نسبت انرژی را ۳/۰۹ برآورد کرده و به این نتیجه رسید که با افزایش اندازه مزارع گندم نسبت انرژی نیز افزایش خواهد یافت (Tipi *et al*., 2009).

در تحقیقی با عنوان تقاضای انرژی برای تولید محصولات کشاورزی، شش محصول عمده را مورد بررسی قرار دادند و منابع انرژی و درصد مصرف هر نهاده را به‌صورت جداگانه برای هر محصول محاسبه کرده‌اند. بر اساس این تحقیق در مورد گندم به‌طور متوسط در هر ایکر، ۱۰/۹۲ درصد از کل انرژی مصرفی شامل استفاده از ماشین‌های کشاورزی بوده است (Birthal *et al.*, 1998).

استفاده کارا از انرژی در کشاورزی به خاطر صرفه‌جویی‌های اقتصادی، حفظ منابع نفتی و کاهش آلودگی هوا، یکی از شاخص‌های کشاورزی پایدار به‌شمار می‌رود. هدف از این تحقیق افزایش عملکرد محصول با حرکت به سمت کشاورزی پایدار و مطالعه بررسی روند مصرف انرژی و شاخص‌های انرژی در تولید گندم در استان گلستان که سطح وسیعی از مزارع به کشت گندم اختصاص دارد، می‌باشد.

مواد و روش‌ها

محدوده جغرافیایی این تحقیق مزارع گندم شهرستان آق‌قلای در استان گلستان می‌باشد. آمار و اطلاعات موجود در گفتگو با مهندس مکانیزا سیون و شناختی کلی از و ضعیت مکانیزا سیون، و ضعیت اقلیمی، ما شین‌آلات، سطح زیر ک شت مح صول گندم، مساحت قطعات اراضی به دست آمد؛ بنابراین جامعه آماری مورد مطالعه را چهار واحد زراعی تشکیل می‌دهند.

برای توصیف ویژگی‌های کلی و عمومی منطقه مورد مطالعه، نیازمند آمار و اطلاعاتی در زمینه فعالیت‌های زراعی شرکت از جمله سطح زیر کشت محصولات، عملکرد محصولات، تعداد و انواع ماشین‌های کشاورزی و ... همچنین آمار مربوط به‌صورت جغرافیایی، اطلاعات مربوط به و ضعیت اقلیمی و جوی بود که این جمع‌آوری شدند. متغیرها یا صفات مورد مطالعه عبارت بودند از: کل سطح مالکیت، سطح زیر کشت گندم، تعداد قطعات زراعی، اندازه قطعات، نوع عملیات به‌کاررفته در مراحل آماده سازی، کا شت، دا شت و برداشت، نوع و اندازه تراکتور و ادوات، مدت‌زمان انجام عملیات، میزان نهاده‌های استفاده شده از قبیل بذر، کود، سم، نیروی انسانی و غیره. سایر داده‌ها و اطلاعات جمع‌آوری به شرح ذیل می‌باشند:

اطلاعات مربوط به کشاورز (تجربه، نظام بهره‌برداری، سطح زیر کشت، تعداد قطعات زمین، مالکیت زمین، نوع تراکتور و ادوات، روش استحصال آب، روش آبیاری و...)،

اطلاعات مربوط به میزان نهاده‌های مصرفی در هکتار و عملکرد (کارگر مورد نیاز میزان در عملیات مختلف، میزان بذر و نوع آن، میزان کود و نوع آن، مقدار سموم، مقدار کود حیوانی، عملکرد محصول در چین‌ها و سال‌های مختلف و ...)،

اطلاعات مربوط به عملیات‌های مختلف کشاورزی از خاک‌ورزی تا برداشت (نحوه انجام عملیات، مدت‌زمان انجام عملیات، تعداد نیروی انسانی به‌کاررفته، منبع توان، میزان سوخت مصرفی جهت عملیات‌های مختلف، ماشین‌های به‌کاررفته در عملیات‌های مختلف، تعداد انجام عملیات و کارگر مورد نیاز و ...).

برای محاسبه انرژی نهاده‌ها و نهایتاً محاسبه انرژی مصرفی در عملیات مختلف از ضرایبی که در منابع موجود ذکر شده استفاده گردید (جدول ۱) (Maysami., 2014).

جدول ۱- انرژی برای نهاده‌های ورودی و خروجی

نهاده‌ها	واحد	محتوای انرژی (MJ/ unit)	مرجع
نهاده‌های ورودی			
۱- ماشین‌ها			
-تراکتور	h	۱۳۸/۱	(Maysami., 2014)
-ماشین	h	۱۱۶/۴-۲۲۰/۵	(Maysami., 2014)
۲- سوخت	L	۴۷/۸	(Maysami., 2014)
۳- کودهای شیمیایی	kg		(Maysami., 2014)
- نیتروژن (N)	kg	۷۸/۲	(Maysami., 2014)
- فسفات (P_2O_5)	kg	۱۳/۸	(Maysami., 2014)
۴- آفت‌کش	kg	۱۹۶	(Maysami., 2014)
۵- بذر	kg	۲۸/۱	(Maysami., 2014)
نهاده‌های خروجی			
۱- گندم (۱۵٪ رطوبت)	kg	۱۴/۷	(Maysami., 2014)

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، به دست آورد. انرژی ماشین‌ها و ادوات مطابق روابط زیر محاسبه می‌شود (Maysami., 2014):

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

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

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

که در آن:

E_{mach}: انرژی ماشین (MJ/ha)

E_{tr}: انرژی تراکتور (MJ/ha)

E_{im}: انرژی ادوات (MJ/ha)

W_{tr}: جرم تراکتور (kg)

W_{im}: جرم ادوات (kg)

EI_{tr}: شدت انرژی تراکتور (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 (Singh., 2002). با استفاده از این ضریب اگر ساعات کار 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 از پرسش‌نامه‌ها به‌دست‌آمده بود با استفاده از رابطه (۴) مقدار انرژی آن محاسبه گردید (Maysami., 2014).

$$E_{fuel} = Q_i \times E_i \qquad (۴)$$

که در آن:

E_{fuel}: انرژی سوخت (MJ/ha)

E_i: شدت انرژی سوخت (MJ/l)

Q_i: مقدار سوخت مصرف شده (l/ha)

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، متوسط مقدار 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. برای محاسبه انرژی کودهای حیوانی هم به روش مشابه انجام شد و مقدار متوسط کود مصرفی که معمولاً در حین کاشت استفاده می‌شود مشخص گردید و مقدار انرژی محاسبه شد (Maysami., 2014).

$$E_{fer} = W_t \times E_i \quad (۵)$$

که در آن:

E_{fer}: انرژی کود (MJ/ha) E_i: شدت انرژی کود (MJ/kg)

W_t: جرم کود مصرفی (kg/ha)

برای تعیین میزان انرژی مصرفی آفت‌کش‌ها در هکتار، متوسط آفت‌کش‌های مصرفی در هکتار محاسبه شد که از اطلاعات پرسش‌نامه‌ها به‌دست‌آمده بود. برای آفت‌کش‌های مختلف با توجه به فرمولاسیون مقدار انرژی مختلفی ذکر شده است. در برخی منابع آفت‌کش‌ها به سه دسته کلی علف‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها تقسیم شده‌اند (Sartori *et al*., 2005). به‌دلیل سهم پایین انرژی آفت‌کش‌های شیمیایی در انرژی ورودی در بسیاری از تحقیقات از یک میانگین برای کلیه آن‌ها استفاده شده است. برای محاسبه انرژی آفت‌کش‌ها با توجه به متوسط آفت‌کش مصرفی در هکتار، با توجه به رابطه انرژی مصرفی در هکتار محاسبه گردید.

$$E_{bio} = W_i \times E_i \quad (۶)$$

که در آن:

E_{bio}: 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 کشاورزان 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 نشو و نما نکنند که در بهار سال بعد از کاشت مقداری بذر در نقاطی به کار برده می‌شود که بذور اصلی جوانه نزده‌اند. باید توجه داشت که این مقدار به وزن بذر کاشته شده اضافه شود. برای محاسبه انرژی بذر متوسط مقدار بذر استفاده شده توسط کشاورزان محاسبه گردید که از طریق پرسش‌نامه‌ها تکمیل شده بود و با استفاده از رابطه و ضریب ذکر شده انرژی بذر محاسبه شد (Maysami., 2014).

$$E_s = W_i \times E_i \quad (۷)$$

که در آن:

E_s: انرژی بذر مصرفی (MJ/ha) E_i: شدت انرژی بذر (MJ/kg)

W_i: جرم بذر مصرفی (kg/ha)

نسبت انرژی (ER[1]):

$$\text{نسبت انرژی} = \frac{\text{انرژی ستانده}}{\text{انرژی نهاده}} \quad (۸)$$

طبق تعریف، این شاخص نشان می‌دهد که وضعیت نهاده‌های انرژی در رابطه با ستاده چه وضعیتی دارند (Maysami., 2014).

سود خالص انرژی (NEG[2])

$$\text{سود خالص انرژی} = \text{انرژی ستاده} - \text{انرژی نهاده} \quad (۹)$$

طبق تعریف عبارت است از مقدار کل انرژی تولیدی (ستاده) منهای انرژی نهاده، واحد آن ژول بر هکتار است (Maysami., 2014).

بهره‌وری انرژی (EP [3]):

$$\text{بهره‌وری انرژی} = \frac{\text{عملکرد وزنی}}{\text{محصول}} \quad (۱۰)$$

عبارت از انرژی تولیدی به ازا هر واحد مصرف انرژی که رابطه مستقیمی با نسبت انرژی دارد و نسبت آن‌ها ارزش انرژی تولید است. بهره‌وری به‌صورت یک معیار ارزیابی در چگونگی بازدهی انرژی در سیستم‌های مختلف تولیدی که محصول بخصوصی به ما می‌دهند، در نظر گرفته می‌شود (Maysami., 2014).

شدت (تراکم) انرژی[4] (EI):

سازمان بهره‌وری آسیایی[5] (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 تقسیم و حاصل شدت انرژی نامیده می‌شود (Maysami., 2014).

[1] Energy Ratio
[2] Net Energy Gain
[3] Energy productivity
[4] Energy Intensity
[5] Asian Productivity Organization

(۱۱) $$\text{نسبت انرژی} = \frac{\text{انرژی نهاده}}{\text{افزوده}}$$

نتایج و بحث

گندم به صورت دیم در این زارع کا شته می شود. کاه گندم بدون ا ستفاده در مزرعه باقی می‌ماند و در خاک‌ورزی با خاک مخلوط می‌گردد لذا در انرژی ستانده محاسبه نمی‌گردد.

مقدار انرژی ورودی به مزارع در جدول ۲ و ۳ نشان داده شده است. به طور متوسط با میانگین‌گیری وزنی مزارع مقدار انرژی ورودی ماشـــینی، ســـوخت و کود و بذر و ســـم به ترتیب ۴۶۳۷/۷۴، ۷۶۷۷/۵۴ و ۱۸۴۸۳/۸۲ مگاژول بر هکتار لازم می‌باشـــد. در تمامی واحدهای زراعی بی شترین مقدار انرژی ورودی مربوط به نهاده کود و سم و بذر می‌با شد. واحد D بی شترین مقدار انرژی ورودی و واحد B کمترین مقدار انرژی ورودی را به ازای هکتار داشته‌اند.

جدول ۲- سهم انرژی‌های ورودی در واحدها برای تولید گندم (MJ/ha)

واحد A (۳۲۳ هکتار)				واحد B (۵۹ هکتار)			
نهاده	انرژی	درصد از کل	رتبه	نهاده	انرژی	درصد از کل	رتبه
ماشین‌آلات	۴۴۹۲/۱۲	۱۴/۳۷	۳	ماشین‌آلات	۲۵۸۷/۰۳	۹/۱۱	۳
سوخت	۹۹۸۲/۰۴	۲۶/۵۴	۲	سوخت	۷۳۱۳/۴	۲۵/۷۸	۲
بذر، کود و سم	۱۸۴۶۸/۷۵	۵۹/۰۸	۱	بذر، کود و سم	۱۸۴۶۷/۴۳	۶۵/۰۹	۱
بذر	۵۰۰۰	۱۵/۹۹		بذر	۵۰۰۰	۱۷/۶۲	
کود نیتروژنه	۱۱۷۳۰	۳۷/۵۲	۱	کود نیتروژنه	۱۱۷۳۰	۴۱/۳۴	۱
کود فسفات	۱۳۸۰	۴/۴۱		کود فسفات	۱۳۸۰	۴۷/۸۶	
قارچ‌کش	۱۰۵/۵۱	۰/۳۳		قارچ‌کش	۱۰۵/۱۲	۰/۳۷	
علف‌کش	۲۵۳/۲۳	۰/۸۱		علف‌کش	۲۵۲/۳۰	۰/۸۸	
مجموع	۳۱۲۵۹/۹۱			مجموع	۲۸۳۶۷/۸۷		

واحد C (۸۵۷ هکتار)				واحد D (۶۷۳ هکتار)			
نهاده	انرژی	درصد از کل	رتبه	نهاده	انرژی	درصد از کل	رتبه
ماشین‌آلات	۴۶۶۴/۵۸	۱۵/۲۵	۳	ماشین‌آلات	۴۸۸۹/۱۱	۱۵/۶۹	۳
سوخت	۷۴۵۶/۸	۲۴/۳۸	۲	سوخت	۷۷۲۰/۴۲	۲۴/۷۹	۲
بذر، کود و سم	۱۸۴۶۰/۳۱	۶۰/۳۶	۱	بذر، کود و سم	۱۸۵۳۱/۹۹	۵۹/۵۰	۱
بذر	۵۰۰۰	۱۶/۳۴		بذر	۵۰۰۰	۱۶/۰۶	
کود نیتروژنه	۱۱۷۳۰	۳۸۱/۳۵		کود نیتروژنه	۱۱۷۳۰	۳۷/۶۷	۱
کود فسفات	۱۳۸۰	۴/۵۱		کود فسفات	۱۳۸۰	۴/۴۳	
قارچ‌کش	۱۰۳/۰۳	۰/۳۳		قارچ‌کش	۱۲۴/۱۱	۰/۳۹	
علف‌کش	۲۴۷/۲۷	۰/۸۰		علف‌کش	۲۹۷/۸۷	۰/۹۵	
مجموع	۳۰۵۸۱/۶۹			مجموع	۳۱۱۴۱/۵۲		

جدول ۳- میانگین سهم انرژی‌های ورودی در کل واحدها برای تولید گندم (MJ/ha)

ماشین	انرژی	درصد از کل	رتبه
ماشین‌آلات	۴۶۳۷/۷۴	۱۵/۰۵	۳
سوخت	۷۶۷۷/۵۴	۲۴/۹۲	۲
بذر، کود و سم	۱۸۴۸۳/۸۲	۶۰/۰۱	۱
بذر	۵۰۰۰	۱۶/۲۳	
کود نیتروژنه	۱۱۷۳۰	۳۸/۰۸	۱
کود فسفات	۱۳۸۰	۴/۴۸	
قارچ‌کش	۱۱۰/۹۲	۰/۳۶	
علف‌کش	۲۶۶/۲۳	۰/۸۶	
مجموع	۳۰۷۹۹/۱۲	۱۰۰,۰۰	

همان‌طور که از جداول ۲ و ۳ مشاهده می‌شود، بیشترین میزان مصرف انرژی مربوط به نهاده بذر، کود و سموم شیمیائی است، این نهاده ۶۰/۰۱ در صد از کل انرژی مصرفی را به خود اختصاص داده است؛ که دلیل آن را می‌توان استفاده بیشتر از کود و سموم شیمیائی در این سطح زیر کشت بیان نمود. بر اساس این جداول نهاده سوخت در رده‌های بعدی قرار دارد کل انرژی وارده برای محصول گندم در مزارع برابر ۳۰۷۹۹/۱۲ مگاژول بر هکتار می‌باشد. در تمامی واحدهای زراعی، انرژی غیر مستقیم ورودی حدود سه برابر انرژی ورودی مستقیم (سوخت) می‌باشد. یکی از راه‌های کاهش انرژی ورودی غیرمستقیم حرکت به سمت کشاورزی پایدار و استفاده کمتر از ماشین‌آلات و کود می‌باشد. در کل ماشین‌آلات ۱۵ درصد، سوخت ۲۵ و بذر و کود و سم ۶۰ درصد انرژی ورودی را به خود اختصاص داده‌اند. مطابق یافته‌های (singh *et al* به نقل از Shahan *et al*., 2008) مقدار انرژی ورودی برای هر هکتار تولید گندم برابر ۱۵۵۷۲/۲ تا ۶۳۸۴۶/۰۲ مگاژول بر هکتار می‌باشد. مطابق یافته‌های Canakci *et al* (2005) میزان انرژی کود با ۵۴/۱ درصد و سپس سوخت با ۲۵/۲ درصد بیشترین مقادیر انرژی ورودی را به خود اختصاص می‌دهند.

انرژی ستانده

جدول ٤- سهم انرژی ستانده در واحدها و کل مساحت برای تولید گندم

واحد	عملکرد	انرژی واحد	معادل انرژی	رتبه
A	۲۰۱۵٫۲۳	۱۴٫۷	۲۹۶۲۳٫۹۱	۴
B	۲۸۰۴٫۹۱	۱۴٫۷	۴۱۲۳۲٫۱۶	۱
C	۲۲۲۷٫۵۲	۱۴٫۷	۳۲۷۴۴٫۶۲	۲
D	۲۰۳۷٫۲۵	۱۴٫۷	۲۹۹۴۷٫۵۸	۳
کل	۲۱۴۴/۴۴	۱۴٫۷	۳۱۵۲۳/۳۳	

در جدول ۴ مقدار عملکرد دانه واحدهای زراعی و انرژی تولیدی نشان داده شده است. میانگین عملکرد واحدهای زراعی حدود ۲۱۴۴/۴۴ کیلوگرم بر هکتار بوده که واحد B بیشترین عملکرد و واحد C کمترین عملکرد را به ترتیب با مقادیر ۲۸۰۴/۹۱ و

۲۰۱۵/۳۳ کیلوگرم بر هکتار داشته‌اند.بر طبق جدول ۳ بالاترین انرژی ستانده مربوط به واحد B و کمترین مقدار مربوط به واحد A می‌باشد. انرژی خروجی برای دانه گندم در کل مزارع ۳۱۵۲۳/۳۳ مگاژول بر هکتار است. واحد B دارای بیشترین مقدار عملکرد نسبت به سایر واحدها می‌باشد. به طور میانگین ۳۱۵۳۳/۳۳ مگاژول بر هکتار انرژی خروجی از واحدهای زراعی به دست آمده است. مطابق یافته‌های (singh *et al* به نقل از Shahan *et al*., 2008) مقدار متوسط عملکرد گندم برای مقدار انرژی ورودی بین ۱۵۵۷۲/۲ تا ۶۳۸۴۶/۰۲ برابر ۲۵۵۰/۵ کیلوگرم بر هکتار می‌باشد

آنالیز 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 ۴ نشان داده شده است. نسبت انرژی متوسط برابر ۰/۹۷ می‌باشد نسبت انرژی به دست آمده در این تحقیق در مقایسه با نتیجه به دست آمده توسط شاهین و همکاران ۲۰۰۸ در اردبیل، مشهودی آذر و همکاران ۱۳۸۷ در مراغه و صادقی ۱۳۸۸ در دشت مهیار شهرضا که در آن‌ها نسبت انرژی برای گندم به ترتیب ۳/۱۳، ۳/۱۷ و ۱/۶۴ به دست آمده، کمتر است. در این تحقیق بهره‌وری انرژی متوسط برابر ۰/۰۷ کیلوگرم بر مگاژول می‌باشد ه یکی از دلایل کم بودن این مقدار عدم استفاده از کاه در مزرعه می‌باشد؛ که در مقایسه با تحقیق شاهان و همکاران ۰/۰۹۶ در منطقه اردبیل مناسب است. متوسط شدت انرژی و خالص انرژی به ترتیب برابر ۱۴/۳۷ مگاژول بر کیلوگرم و ۷۰۳/۸۷ مگاژول بر هکتار می‌باشد. یکی از دلایل بیشتر بودن شدت انرژی در مقایسه با سایر مطالعات با مقادیر ۵/۲۴ Canakci *et al* (2005) و شاهان ۱۰/۴۳ عدم استفاده از کاه و محاسبه انرژیان می‌باشد ولی در مقایسه با تحقیق شاهان در منطقه اردبیل خوب ارزیابی می‌گردد. در بین واحدها و با توجه به جدول ۵ واحد A نامناسب‌ترین و واحد B مناسب‌ترین و بهترین واحد از لحاظ مصرف انرژی معرفی می‌گردند.

جدول ۵- شاخص‌های انرژی در تولید گندم

	واحد	A	B	C	D	کل
نسبت انرژی	(MJ/MJ)	۱/۰۵	۰/۶۸	۰/۹۳	۱/۰۴	۰/۹۷
بهره‌وری انرژی	(kg/MJ)	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۷
شدت انرژی	(MJ/kg)	۱۵/۵۱	۱۰/۱۱	۱۳/۷۲	۱۵/۲۸	۱۴/۳۷
خالص انرژی	(MJ/ha)	-۱۶۳۵/۹۹	۱۲۸۶۴/۳	۲۱۶۲/۹۲	-۱۱۹۳/۹۴	۷۰۳/۸۷

بر اساس جدول ۵، در این تحقیق واحد B بهترین بازده را دارد واحدها A و D کمترین بازده را دارند. خالص افزوده در واحدهای A و D منفی است یعنی ما در این واحدها انرژی زیادی صرف می‌نماییم درحالی‌که انرژی کمتری به دست می‌آوریم و از لحاظ انرژی در حال ضرر می‌باشد. شدت انرژی میزان انرژی مصرفی به ازای عملکرد را نشان می‌دهد که در واحد B به ازای انرژی کمتری

محصول بیشتری تولید شده است. یکی از دلایل پایین بودن شاخص‌های انرژی عدم استفاده از کاه در این مزارع می‌باشد که در خاک‌ورزی با خاک مخلوط می‌گردد؛ بنابراین، انرژی خروجی هم از بابت کاه در محاسبات اعمال نشده است.

جدول ٦- انرژی مصرفی در مراحل مختلف تولید گندم

	مقدار مصرف انرژی (مگاژول بر هکتار)				مصرف انرژی درصد					
	A	B	C	D	کل	A	B	C	D	کل
خاک‌ورزی	۹۲۶۴/۵۴	۸۸۶۳/۱۱	۹۳۹۲/۷۴	۹۸۸۰/۸۹	۹۵۲۳/۴۶	۲۶/۹۶	۲۳/۹۹	۲۶/۶۵	۲۷/۶۰	۲۶/۹۴
کاشت	۶۹۸۸/۸۶	۸۷۷۰/۴۵	۸۹۷۴/۹۹	۸۹۷۴/۹۹	۸۶۴۰/۷۶	۲۰/۳۴	۲۳/۷۴	۲۵/۴۷	۲۵/۰۷	۲۴/۴۴
داشت	۱۶۸۷۱/۷۴	۱۸۰۷۸/۲۰	۱۵۶۳۹/۷۴	۱۵۷۱۱/۴۲	۱۵۹۴/۵	۴۹/۱۰	۴۸/۹۳	۴۴/۳۸	۴۳/۸۸	۴۵/۱۰
برداشت	۱۲۳۵/۱۰	۱۲۳۵/۱۰	۱۲۳۵/۱۰	۱۲۳۵/۱۰	۱۲۳۵/۱	۳/۵۹	۳/۳۴	۳/۵۰	۳/۴۵	۳/۴۹

با توجه به جدول ۶، انرژی مصرفی در هر واحد در تمام مراحل کشت محصول به تفکیک نشان داده شده است. همان‌طور که معلوم است بیشترین مقدار مصرف انرژی مربوط به مرحله داشت می‌باشد که به دلیل مصرف زیاد کود نیتروژن می‌باشد؛ و کمترین مقدار مصرف انرژی در مرحله برداشت است که مقدار آن ۳/۴۹ درصد می‌باشد. با فرض ثابت نگه داشتن عملکرد، اگر در مقدار مصرف کود در مرحله داشت صرفه‌جویی شود مقدار انرژی مصرفی کاهش می‌یابد. انرژی مصرفی در مرحله خاک‌ورزی در رتبه دوم قرار دارد؛ که اگر از روش‌های بی‌خاک‌ورزی استفاده شود در حدود ۲۵ درصد از مصرف انرژی کاهش خواهد یافت.

نتیجه‌گیری

مقدار متوسط وزنی ورودی انرژی برابر ۳۰/۷۹۹ GJ/ha می‌باشد. در کشت گندم، حدود ۷۵/۰۶ درصد کل انرژی ورودی به صورت غیر مستقیم (کود، بذر، سم و ماشین) و ۲۴/۹۲ درصد به صورت مستقیم (سوخت) وارد مزرعه می‌گردد. در کل ماشین‌آلات ۱۵ درصد، سوخت ۲۵ و بذر و کود و سم ۶۰ درصد انرژی ورودی را به خود اختصاص داده‌اند. میانگین عملکرد مزارع ۲۱۴۴/۴۴ kg/ha بوده که به صورت دیم کاشته شده بود. با تبدیل عملکرد دانه به انرژی (ستانده) خالص انرژی به ترتیب حدود ۷۰۳/۸۷ MJ/ha بوده است. نسبت انرژی ورودی به خروجی حدود ۰/۹۷ می‌باشد. در این تحقیق بهره‌وری انرژی متوسط برابر ۰/۰۷ کیلوگرم بر مگاژول می‌باشد ه یکی از دلایل کم بودن این مقدار عدم استفاده از کاه در مزرعه می‌باشد. همچنین مرحله داشت گندم با مصرف ۴۵ درصد انرژی بیشترین مقدار مصرف را به خود اختصاص داده که به دلیل مصرف زیاد کود نیتروژنه می‌باشد و بعد از آن خاک‌ورزی حدود ۲۶ درصد از انرژی ورودی را به خود اختصاص می‌دهد.

منابع

الماسی، م. کیانی، ش. لویمی، ن. ۱۳۸۴. مبانی مکانیزاسیون کشاورزی. موسسه انتشارات حضرت معصومه.

پاشایی، ف. رحمتی، م.ه. پاشایی، پ. ۱۳۸۷. بررسی و تعیین میزان مصرف انرژی برای تولید گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در گلخانه‌های استان کرمانشاه. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون.

مشهوری اذر، م. مهاجر دوست، م. اکرم، ا. ۱۳۸۷. آنالیز انرژی مصرفی و هزینه‌های تولید محصولات عمده زراعی شهرستان مراغه. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه فردوسی مشهد.

میسمی، م. ع. عجب شیرچی، ی. رنجبر، ا. ۱۳۸۷. الگوی مصرف انرزی در برخی تولید محصولات کشاورزی و برآورد شاخص‌های انرزی مطالعه موردی در سطح شهر ستان بناب. پنجمین کنگره ملی مهند سی ما شین‌های ک شاورزی و مکانیزا سیون. دان شگاه فردوسی مشهد.

Birthal, P. s. Pal, S. and Padeny, l. M. 1998. Energy demand for crops production in rainfed area, indian journal of agricultural economics, 53 (3):256-264.

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

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

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. Biosyst. Eng. 91, 245–256.

Shahan, S. Jafari, A. Mobli, H. Rafiee, S. Karimi, M. 2008. Energy use and economical analysis of wheat production in Iran: A case study from Ardabil province. J. Agric. Techn. 4, 77–88.

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. AmericanEurasian Journal of Agriculture & Environment Science 3(4): 604-608.

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

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

Tipi, T., Cetin, B. and Vardar, A. 2009. An analysis of energy use and input costs for wheat production in Turkey. J.Agric. Environ. 7: 352-356.