

## الگوی مصرف انرژی در تولید گندم آبی در ایران

سلیم محمدی<sup>۱</sup>، محمدعلی میسمی<sup>۱\*</sup> و یحیی عجب‌شیرچی<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۹۵/۶/۱ تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۹

۱- گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

\*مسئول مکاتبه [maysami@tabrizu.ac.ir](mailto:maysami@tabrizu.ac.ir)

### چکیده

بخش کشاورزی سهم قابل توجهی از کل مصرف انرژی جوامع دارد و روز به روز هم بدان اضافه می‌شود. عوامل اصلی افزایش مصرف انرژی در این بخش عبارت‌اند از: ازدیاد جمعیت و ارتقاء سطح زندگی مردم و در نتیجه بالا رفتن تقاضا، محدودیت زمین‌های قابل کشت و نیاز به بهبود عملکرد در واحد سطح و ارزانی سوخت و سایر نهاده‌های انرژی‌بر، به‌خصوص در ایران. این مطلب اهمیت تجزیه و تحلیل انرژی و منابع آن در این بخش را می‌نمایاند. مطالعات متعددی در دنیا و نیز در نقاط مختلف ایران در مورد مصرف انرژی در مزارع کشاورزی انجام شده، اما جای مطالعه جامعی که از نتایج این مطالعات استفاده کرده و نتیجه‌گیری کلی کند خالی است. در این تحقیق انرژی مصرفی و تولیدی در یکی از محصولات عمده کشور ایران (گندم آبی) از طریق روش اسنادی (مقالات و پایان‌نامه‌ها) با بررسی شاخص‌های انرژی به‌دست آمده در آن‌ها مطالعه شد. شاخص‌های مورد نظر، نسبت انرژی خروجی به ورودی، کارایی انرژی، شدت انرژی و سود خالص انرژی تعیین گردیدند. نتایج بررسی‌ها نشان دادند، متوسط انرژی مصرفی کل برای تولید گندم آبی ۳۴۸۰۰ مگاژول بر هکتار است. در بین نهاده‌های ورودی، کود نیتروژن دارای بیش‌ترین سهم (۳۰ درصد) بوده و پس از آن سوخت دیزل (۲۲ درصد) و الکتریسیته (۱۵ درصد) قرار دارند. میانگین نسبت انرژی خروجی به ورودی برای گندم آبی کشور ۲/۰۹ بوده و بالاترین و پایین‌ترین مقدار این شاخص به ترتیب مربوط به استان‌های گلستان (۳/۷۲) و سیستان و بلوچستان (۰/۸۱) می‌باشد. میانگین شدت انرژی نیز برابر ۸/۲۳ مگاژول بر کیلوگرم است که استان سیستان و بلوچستان با ۱۷/۸ مگاژول بر کیلوگرم بیش‌ترین و استان گلستان با ۳/۹ مگاژول بر کیلوگرم کم‌ترین مقدار را دارند.

واژه‌های کلیدی: ایران، بیلان انرژی، گندم آبی

### ۱- مقدمه

در اختیار داشتن آمار و اطلاعات دقیق، صحیح و به‌روز امکان‌پذیر نخواهد بود.

بخش کشاورزی سهم قابل توجهی در مصرف انرژی دارد. در حال حاضر بهره‌وری در مزارع تولید گندم وابسته به مصرف انرژی، بالأخص انرژی‌های غیرقابل تجدید می‌باشد. در این راستا، تحلیل انرژی برای مدیریت صحیح منابع کمیاب به‌منظور بهبود تولید کشاورزی ضروری بوده و از این طریق فعالیت‌های تولیدی کارآمد و اقتصادی مشخص می‌شوند. دیگر مزایای تحلیل انرژی، تعیین انرژی مصرف شده در هر مرحله از فرآیند تولید، فراهم آوردن مبنا و اساسی به‌منظور محافظت از منابع و همچنین مساعدت در زمینه مدیریت پایدار و سیاست‌گذاری‌های مربوطه می‌باشند (چادوری و همکاران، ۲۰۰۶).

نظر به این‌که بخش کشاورزی از یک‌طرف با محدودیت منابع تولید روبه‌رو بوده و از سوی دیگر تأمین‌کننده امنیت غذایی جمعیت در حال رشد می‌باشد، باید تعادل و توازن بین جریان برداشت و

از اهداف اصلی سیاست‌های بخش کشاورزی، خودکفایی در تأمین مواد غذایی کشور است. گندم به‌عنوان اولین دانه غذایی است که مستقیماً در جیره غذایی انسان قرار گرفت (گورتیس و بریگل<sup>۱</sup>، ۱۹۸۷). در ایران زراعت گندم به‌دلیل سهمی که در تأمین غذای مردم و نیز کمک به زراعت‌های دیگر و هم‌چنین تحکیم زیربنای اقتصادی کشور دارد به‌تنهایی بیش از ۵۰ درصد اراضی مزروعی کشور را به خود اختصاص داده است (زینلی، ۲۰۰۹). به دلیل اهمیت این محصول راهبردی، کشت آن تقریباً در تمامی استان‌های ایران صورت گرفته و استان‌هایی از جمله خوزستان، فارس، خراسان رضوی، کردستان، آذربایجان شرقی، همدان، اردبیل و کرمانشاه در کشت این محصول پیشتاز هستند. بنابراین، برنامه‌ریزی و اعمال مدیریت به‌منظور افزایش تولید این محصولات اجتناب‌ناپذیر است و این مهم که متضمن استقلال اقتصادی و سیاسی کشور است بدون

<sup>1</sup>-Gurtis and Briggles

<sup>2</sup>-Chaudhary and et al

بنگلادش طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۰ انجام داده‌اند که نتایج حاصل بیانگر کاهش نسبت انرژی خروجی به ورودی در طی این سال‌ها از ۱۱/۲۸ به ۸/۱ بوده است.

هاتیرلی و همکاران (۲۰۰۵) نیز طی مطالعه مشابه بر روی محصولات کشاورزی طی سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۰ در ترکیه به این نتیجه رسیدند که مصرف نهاده‌ها از ۱۹۶۰۰ مگاژول در هکتار به ۷۴۵۰۰ مگاژول در هکتار افزایش یافته است. هم‌چنین شاخص نسبت انرژی خروجی به ورودی از ۱/۳۸ در سال ۱۹۷۵ به ۰/۸۵ در سال ۲۰۰۰ کاهش یافته است.

سینگ و همکاران (۲۰۰۷) نیز به بررسی عملکرد تولید گندم در نقاط مختلف هند پرداختند. نتایج حاکی از آن بودند که بیشترین میزان انرژی ورودی برای گندم در این کشور ۱۷/۸ گیگاژول در هکتار و بالاترین نسبت انرژی ۵/۲ می‌باشد.

از آنجا که تاکنون بررسی جامعی در مورد کاربرد مطالعات انجام شده در رابطه با بهره‌وری انرژی در تولید گندم کشور انجام نشده است این تحقیق با اهداف زیر انجام شد: الف) بررسی الگوی مصرف انرژی برای گندم تولیدی در استان‌های مختلف کشور (ب) مقایسه شاخص‌های مرتبط با انرژی شامل نسبت انرژی خروجی به ورودی، کارایی انرژی، شدت (تراکم) انرژی و سود خالص انرژی (ج) تعیین سهم نهاده‌های مهم از نظر مصرف انرژی در تولید گندم کشور به تفکیک استان‌های مختلف (د) ارائه پیشنهادها و راهکارهای مناسب برای کاربرد بهتر انرژی و نهاده‌ها در تولید گندم کشور.

## ۲- مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از لحاظ هدف، کاربردی است چون نتایج آن برای برنامه‌ریزان و دست‌اندرکاران سیاست‌های توسعه و کشاورزی کشور در خصوص محصول استراتژیک گندم قابل استفاده می‌باشد. در این تحقیق برای دستیابی به اطلاعات مورد نیاز مربوط به شاخص‌های انرژی گندم تولیدی در نقاط مختلف ایران از روش اسنادی (مطالعه مقالات، پایان‌نامه‌ها و ...) استفاده شد. با توجه به این‌که انرژی بیش-تری در کشت بوم‌های فاریاب این محصول مصرف می‌شود در تحقیق حاضر نیز به بررسی جریان مصرف انرژی گندم آبی کشت شده در نقاط مختلف ایران پرداخته شده است. پس از بررسی اسناد مربوطه، اطلاعات مربوط به نهاده‌های مؤثر ورودی و عملکرد گندم به نرم‌افزار اکسل منتقل و سپس سهم هر کدام از نهاده‌ها به تفکیک استان‌ها مشخص شد. متغیرهایی که در این تحقیق مورد تأکید قرار گرفتند شامل نهاده‌های مهم مصرفی (سوخ، الکتریسیته، کودشیمیایی،

بهره‌برداری از منابع تولید و میزان تولید محصولات کشاورزی ایجاد شود. در واقع روند استفاده از منابع تولید باید به گونه‌ای باشد که علاوه بر رفع نیازهای غذایی نسل کنونی، امنیت غذایی نسل آینده نیز تهدید نشود. این مسئله مبنای آنچه امروزه به آن کشاورزی پایدار گفته می‌شود را تشکیل می‌دهد (الماسی و همکاران، ۱۳۸۷).

طبق نتایج آمارنامه زراعی سال ۹۴-۱۳۹۳، سطح برداشت گندم کشور حدود ۵/۷ میلیون هکتار برآورد شده که معادل ۵۰/۲۴ درصد از کل سطح محصولات زراعی و ۷۱/۸۶ درصد از کل سطح غلات کشور می‌باشد که اراضی آبی ۳۹/۱۵ درصد و اراضی دیم ۶۰/۸۵ درصد است. استان کردستان با دارا بودن ۱۰/۲۵ درصد از کل سطح برداشت گندم، بیشترین سطح را در کشور به خود اختصاص داده است. پس از آن استان‌های آذربایجان شرقی با ۷/۷۵، گلستان با ۶/۹۸، خوزستان با ۶/۸۹، کرمانشاه با ۶/۸۳، آذربایجان غربی با ۶/۴۵ و اردبیل با ۶/۳۶ درصد از کل اراضی گندم کشور مقام‌های دوم تا هفتم را به خود اختصاص داده‌اند. به عبارت دیگر بیش از نیمی (۵۱/۵۱ درصد) از اراضی گندم در این هفت استان برداشت شده است. کمترین سطح برداشت با ۹۱۰۰ هکتار (۰/۱۶ درصد) از اراضی گندم کشور متعلق به استان قم است. عملکرد گندم آبی کشور ۳۵۲۶ کیلوگرم در هکتار و عملکرد گندم دیم ۱۰۴۴ کیلوگرم در هکتار برآورد شده است که بیشترین آن متعلق به استان البرز (۵۴۶۲ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن متعلق به استان گیلان (۱۵۶۸ کیلوگرم در هکتار) است. بیشترین عملکرد گندم دیم نیز با ۲۷۱۹ کیلوگرم در هکتار متعلق به استان البرز و کمترین آن با ۳۴۵ کیلوگرم در هکتار به استان کهگیلویه و بویراحمد تعلق دارد (بی‌نام، ۱۳۹۵). بنابراین می‌توان با افزایش مطالعات و مدیریت صحیح نهاده‌های مصرفی در مزارع گندم این هفت استان، گامی مؤثر در جهت مدیریت منابع انرژی و افزایش کارایی انرژی در رابطه با این محصول استراتژیک نهاد.

از دهه‌های گذشته در سرتاسر جهان مطالعاتی در زمینه تخمین میزان مصرف انرژی به اشکال مختلف در تولید محصولات کشاورزی و ارائه راهکارهای علمی و عملی برای افزایش کارایی در تولید محصولات کشاورزی انجام شده و هم‌چنان ادامه دارد. در ادامه به ذکر چند نمونه بسنده می‌شود:

کوسترز و لامل<sup>۱</sup> (۱۹۹۹) در مطالعه‌ای روی گندم زمستانه آلمان طی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۷ به این نتیجه رسیدند که انرژی ورودی در مزارع گندم این کشور بین ۷۵۰۰ تا ۱۷۵۰۰ مگاژول بر هکتار می‌باشد و نسبت انرژی خروجی به ورودی نیز بین ۶ تا ۱۳ متغیر است.

آلام و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۵) تحقیقاتی را روی محصولات کشاورزی

<sup>۴</sup>-Sing and et al

<sup>۱</sup>-Kuesters and Lammel

<sup>۲</sup>-Alam and et al

<sup>۳</sup>-Hatirli and et al

محسوس وجود دارد. از جمله این اختلافات می‌توان به ضرایب به‌کار برده شده برای نهاده‌های مصرفی اشاره کرد که مهم‌ترین و تأثیرگذارترین آن مربوط به کود نیتروژن می‌باشد. معادل‌های انرژی در نظر گرفته شده برای ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده در مطالعات مورد بررسی قرار گرفته در تحقیق حاضر به تفکیک هر استان در جدول ۱ آمده است. طبق نتایج جدول ۱، این ضریب برای نیتروژن در بازه ۳۳ تا ۷۸ مگاژول بر کیلوگرم، برای سوخت دیزل در بازه ۳۸ تا ۵۶ مگاژول بر لیتر و برای الکتروسیسته ۳/۶ تا ۱۲ مگاژول بر کیلووات ساعت منظور شده است. با توجه به سهم بالای این سه نهاده در انرژی ورودی کل، این طیف گسترده از ضرایب مورد استفاده می‌تواند نتایج مطالعات را نامعتبر سازد. روش‌های مختلف برآورد سوخت مصرفی یا آب مورد نیاز آبیاری و بعضاً عدم محاسبه شاخص‌های انرژی و تنها گزارش میزان انرژی مصرفی و تولیدی را می‌توان از جمله موارد دیگر ایجاد اختلاف در این مطالعات عنوان کرد. به‌عنوان نمونه در مطالعه زوله و همکاران (۱۳۹۰) روی گندم شهرستان ساوجبلاغ، ضرایب مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌ها و میزان مصرف هر یک از نهاده‌ها مشخص نشده و فقط به گزارش انرژی مصرفی هر یک بسنده شده است.

به‌طور کلی جهت دستیابی به نتیجه مطلوب در مطالعات مربوط به ارزیابی بیان انرژی یک محصول باید بعد از تعیین تمام عوامل مؤثر در مطالعه، برای هر عامل ضریب انرژی مناسبی در نظر گرفته شود. همسان‌سازی ضرایب و روش انجام کار در این مطالعات، ضمن دستیابی به نتایج مطلوب، امکان مقایسه نتایج مطالعات داخلی و خارجی را فراهم کرده و با مشخص شدن نهاده‌های انرژی بر، می‌توان تصمیمات عملی جهت کاهش این نهاده‌ها اتخاذ نمود. از نتایج این مقایسات می‌توان در جهت مدیریت بهتر انرژی در مزارع و همچنین افزایش کارایی انرژی در تولید محصولات استفاده کرد.

نتایج مربوط به شاخص‌های انرژی برای گندم دانه‌ای به تفکیک محل کشت در جدول ۲ ارائه شده است. طبق این جدول، بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد گندم آبی به ترتیب مربوط به استان‌های اردبیل و سیستان و بلوچستان با ۷۰۰۰ و ۱۸۲۶ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. متوسط عملکرد دانه گندم در کشت آبی ۴۲۳۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شد.

مطابق جدول ۲، میانگین نسبت انرژی خروجی به ورودی برای محصول گندم در نقاط مختلف ایران برابر ۲/۰۹ محاسبه شد. بالاترین نسبت انرژی خروجی به ورودی برابر ۳/۷۲ متعلق به استان اردبیل و پایین‌ترین آن برابر ۰/۸۱ برای استان سیستان و بلوچستان می‌باشد.

همان‌گونه که در جدول ۲ مشخص است، بیش‌ترین میزان شاخص شدت انرژی برابر ۱۷/۸ مگاژول بر کیلوگرم برای استان

آبیاری، بذر، ماشین‌های کشاورزی و سموم) بود. پس از گردآوری داده‌ها، برای به‌دست آوردن انرژی معادل هر ورودی و خروجی، از ضریب‌های معادل‌سازی انرژی که توسط محققان مختلف برای هر کدام از نهاده‌های ورودی و خروجی مشخص شده است، استفاده شد.

## ۲-۱- تجزیه و تحلیل انرژی

شاخص‌های انرژی به‌عنوان ابزاری هستند که امکان مقایسه بین سامانه‌ها و مقایسه جزء به جزء آن‌ها را با یکدیگر فراهم می‌کنند. در مکانیزاسیون کشاورزی چهار شاخص مهم انرژی وجود دارد که امکان شناخت جامع از وضعیت انرژی در کشاورزی را برای ما مهیا می‌سازد. با مطالعه شاخص‌های انرژی می‌توان مراحل مختلف تولید محصول، مقایسه کارایی انرژی در تولید محصولات مختلف را با روش‌های متفاوت در مناطق مختلف بررسی کرد (الام و همکاران، ۲۰۰۵). این شاخص‌ها به شرح ذیل تعریف می‌گردند:

**نسبت انرژی خروجی به ورودی<sup>۱</sup>:** این شاخص نشان‌دهنده نسبت انرژی تولید شده به انرژی مصرف شده در فرآیند تولید است. این شاخص بدون واحد بوده ولی معمولاً به‌صورت مگاژول خروجی بر مگاژول ورودی ( $MJ MJ^{-1}$ ) بیان می‌شود.

**شدت (تراکم) انرژی<sup>۲</sup>:** این شاخص نشان‌دهنده مقدار انرژی بکار رفته در تولید یک محصول یا کالا می‌باشد و برحسب مگاژول بر کیلوگرم بیان می‌شود. مهم‌ترین شاخص برای برآورد میزان کارایی در بخش کشاورزی است.

**کارایی انرژی<sup>۳</sup>:** کارایی انرژی میزان محصول تولیدی را در ازای مصرف مقادیر معینی انرژی تعیین می‌کند. این شاخص برحسب کیلوگرم بر مگاژول بوده و عکس شاخص شدت (تراکم) انرژی می‌باشد.

**سود یا عملکرد خالص انرژی<sup>۴</sup>:** این شاخص بیانگر تفاوت انرژی تولید شده و انرژی مصرف شده بوده و به‌صورت مگاژول بر هکتار بیان می‌شود.

## ۳- نتایج و بحث

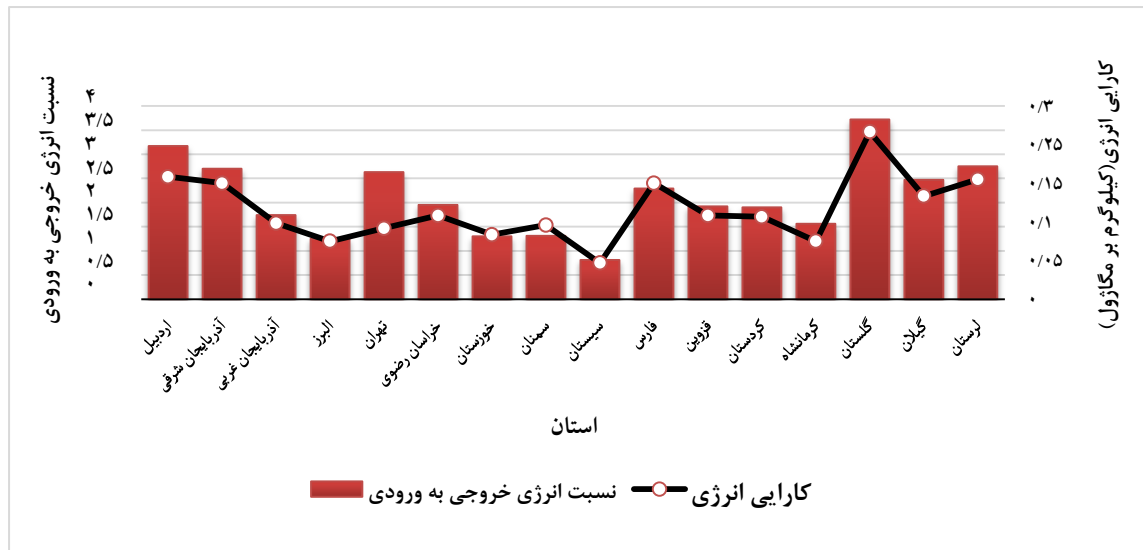
در این تحقیق، ارزیابی مصرف انرژی تولید گندم در نقاط مختلف ایران (با توجه به اسناد در دسترس از استان‌های مختلف) مورد بررسی قرار گرفت. با بررسی مطالعات صورت گرفته، اختلاف در روش‌های داده‌برداری، تبدیل داده‌ها و برآورد شاخص‌ها به‌طور

<sup>1</sup>-Energy output/Input ratio

<sup>2</sup>-Energy intensity

<sup>3</sup>-Energy productivity

<sup>4</sup>-Net energy yield or net energy gain



شکل ۱- بررسی شاخص‌های نسبت انرژی خروجی به ورودی و کارایی انرژی برای دانه گندم کشت فاریاب در استان‌های مختلف کشور

جدول ۱- معادل‌های انرژی در نظر گرفته شده برای ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده در مطالعات مختلف برای تولید گندم (مگاژول بر واحد)

منبع	نهاده						سوخت دیزل (l)
	کاه گندم (kg)	دانه گندم (kg)	بذر گندم (kg)	آبیاری (m <sup>3</sup> )	الکتریسیته (kWh)	کود نیتروژن (kg)	
(اصغری پور و صالحی، ۱۳۹۴)	۲/۲۵	۱۴/۴۸	۲۰/۱	۱/۰۲	۳/۶	۷۵/۴۶	۵۰/۲۳
(آذری پور، ۲۰۱۲)	۱۲/۵	۱۵/۷	۱۴/۷	۱/۰۲	-	۶۹/۵	۵۶/۳۱
(تقوی فرو مردانی، ۲۰۱۵)	-	۱۴/۷	۱۵/۷	-	۱۲/۱	۶۰/۶	۳۸
(حسین پناهی و همکاران، ۱۳۹۲)	۹/۲۵	۱۴/۴۸	۲۰/۱	۱/۰۲	-	۶۶/۱۴	۵۶/۳۱
(زوله و همکاران، ۱۳۹۰)	-	-	-	-	-	-	-
(سامی و همکاران، ۲۰۱۴)	-	-	۱۳	-	۱۲	۷۸/۴	۴۷/۸
(سلطانی و همکاران، ۱۳۹۱)	۹/۲۵	۱۴/۷	۱۵/۷	-	۱۲/۱	۶۰/۶	۳۸
(شم آبادی، ۲۰۱۲)	-	۱۸/۹۹	۱۱/۷۴	۲/۵۲	-	۳۳	-
(علیپور و همکاران، ۱۳۹۲)	۱۲/۵	۱۴/۷	۱۴/۷	۱/۰۲	۳/۶	۶۰/۶	۵۶/۳۱
(فیضی و همکاران، ۲۰۱۶)	۹/۲۵	۱۴/۷	۱۴/۷	۱/۰۲	۳/۶	۷۵/۴۶	۵۰/۲۳
(قبادی فر و همکاران، ۱۳۸۸)	۱۲/۵	۱۴/۷	۲۵	۱/۰۲	۱۲	۴۷/۱	۵۶/۳
(مقیمی و همکاران، ۲۰۱۳)	۹/۲۵	۱۴/۷	۱۴/۷	-	۱۱/۹۳	۶۶/۱۴	۵۶/۳۱
(ملائی و همکاران، ۱۳۹۱)	۱۲/۵	۱۳	۱۴/۷	۰/۶۳	-	۶۰/۶	۵۶/۳
(میسمی و همکاران، ۱۳۸۴)	۱۲/۵	۱۴/۷	۱۵/۷	۰/۶۳	۱۱/۹۳	۶۰/۶	۵۶/۳
(میسمی و همکاران، ۲۰۱۴)	۱۸/۵	۱۸/۲	۱۳	۰/۶۳	۸/۴	۷۸/۲	۴۷/۸
(ندرلو و همکاران، ۲۰۱۲)	۱۲/۵	۱۴/۷	۱۴/۷	۱/۰۲	۳/۶	۶۶/۱۴	۵۶/۳۱

انرژی ورودی به یک هکتار مزرعه گندم و سهم نهاده‌های مهم مصرفی در تولید دانه گندم آبی برای استان‌های مورد مطالعه در شکل ۲ آمده است. طبق نتایج، متوسط انرژی ورودی در نقاط مورد بررسی ۳۴۸۰۰ مگاژول در هکتار محاسبه شد. انرژی ورودی در استان‌های قزوین، البرز، تهران، کردستان، خوزستان و کرمانشاه به مراتب بیش از سایر استان‌ها می‌باشد. در تمامی مطالعات صورت گرفته نیز کودهای شیمیایی، سوخت دیزل و الکتریسیته بیشترین

سیستان و بلوچستان و کمترین آن ۳/۹ مگاژول بر کیلوگرم برای استان گلستان می‌باشد. این در حالی است که میانگین استان‌ها برابر ۸/۲۳ مگاژول بر کیلوگرم محاسبه گردید.

متوسط شاخص کارایی گندم برای نقاط مورد بررسی در تحقیق حاضر برابر ۰/۱۳۸ کیلوگرم بر مگاژول بوده و سایر استان‌ها بین ۰/۰۵۶ تا ۰/۲۶ کیلوگرم بر مگاژول گزارش شده است. شکل ۲ این شاخص را در استان‌های مختلف به صورت نمودار نشان می‌دهد. کل

نیز بیشترین میزان الکتریسیته مصرفی را دارا هستند که مربوط به آبیاری با پمپ‌های برقی می‌باشد.

سهم را در بین نهاده‌ها داشتند. بالاترین مصرف کودهای شیمیایی و سوخت دیزل در تولید گندم آبی به ترتیب مربوط به استان‌های قزوین و آذربایجان غربی می‌باشد. استان‌های کردستان، خوزستان و قزوین

جدول ۲- عملکرد و شاخص‌های انرژی در تولید گندم در کشت فاریاب (برگرفته از تعدادی مطالعات انجام شده در استان‌های مختلف)

استان	عملکرد (kg/ha)	نسبت انرژی (MJ/MJ)	کارایی انرژی (kg/MJ)	شدت انرژی (MJ/kg)	سود خالص انرژی (MJ/ha)	منبع
اردبیل	۷۰۰۰	۳/۱۷	۰/۱۷	۵/۷۴	۷۴۱۰۰	(میسمی و همکاران، ۲۰۱۴)
آذربایجان شرقی	۳۷۵۰	۲/۷	۰/۱۸	۵/۵۵	۳۴۷۰۱	(میسمی و همکاران، ۱۳۸۴)
آذربایجان غربی	۳۶۳۸	۱/۷۴	۰/۱۱۸	۸/۴	۲۲۸۵۴	(تقوی‌فرو مردانی، ۲۰۱۵)
البرز	۴۶۸۷/۵	۱/۲۵	۰/۰۹	۱۱/۰۶	۱۳۰۹۸/۷	(زوله و همکاران، ۱۳۹۰)
تهران	۵۵۶۹	۲/۶۳	۰/۱۱	۹/۱	۷۷۶۱۱/۶	(علیپور و همکاران، ۱۳۹۲)
خراسان رضوی	۴۲۵۰	۱/۹۵	۰/۱۳	۷/۵۴	۳۰۴۱۴	(فیضی و همکاران، ۲۰۱۶)
خوزستان	۳۹۸۵	۱/۳	۰/۱	۹/۹۴	۱۲۱۸۱	(سامی و همکاران، ۲۰۱۴)
سمنان	۲۹۷۵	۱/۳۱	۰/۱۱۵	۸/۸۵	۸۲۶۴/۶	(شم آبادی، ۲۰۱۲)
سیستان	۱۸۲۶	۰/۸۱	۰/۰۵۶	۱۷/۸	-۶۰۶۱	(حسین پناهی و همکاران، ۱۳۹۲)
فارس	۵۶۰۰	۲/۲۹	۰/۱۸	۵/۶	۴۱۰۶۵	(ملائی و همکاران، ۱۳۹۱)
قزوین	۵۹۵۲	۱/۹۲	۰/۱۳	۷/۹۷	۲۰۳۹۴	(ندرلو و همکاران، ۲۰۱۲)
کردستان	۵۵۳۷/۵	۱/۹	۰/۱۲۸	۷/۷۶	۳۸۴۰۳	(مقیمی و همکاران، ۲۰۱۳)
کرمانشاه	۳۹۱۵	۱/۵۶	۰/۰۹	۱۰/۷	۲۳۷۹۹	(اصغری پور و صالحی، ۱۳۹۴)
گلستان	۴۰۰۰	۳/۷۲	۰/۲۶	۳/۹	۴۲۵۰۰	(رجبی و همکاران، ۱۳۹۱)
گیلان	۲۸۲۵	۲/۴۷	۰/۱۶	۶/۳۶	۲۶۳۸۸	(آذریپور، ۲۰۱۲)
لرستان	۴۴۱۰	۲/۷۵	۰/۱۸۶	۵/۴۲	۴۰۴۲۳	(قبادی‌فر و همکاران، ۱۳۸۸)

۱۰٪ و ۶٪ برآورد گردید. باید در نظر داشت که گزارش مجزای سهم نهاده‌های مربوط به سوخت و الکتریسیته در این تحقیق بدین منظور است که نهاده‌های سوخت و الکتریسیته در سیستم آبیاری می‌تواند جایگزین یکدیگر شوند؛ یعنی در برخی مطالعات انرژی آبیاری بر حسب سوخت (به علت استفاده از پمپ‌های دیزلی) و در برخی بر حسب الکتریسیته (برای پمپ‌های آب برقی) عنوان می‌شود.

#### ۴- نتیجه‌گیری نهایی

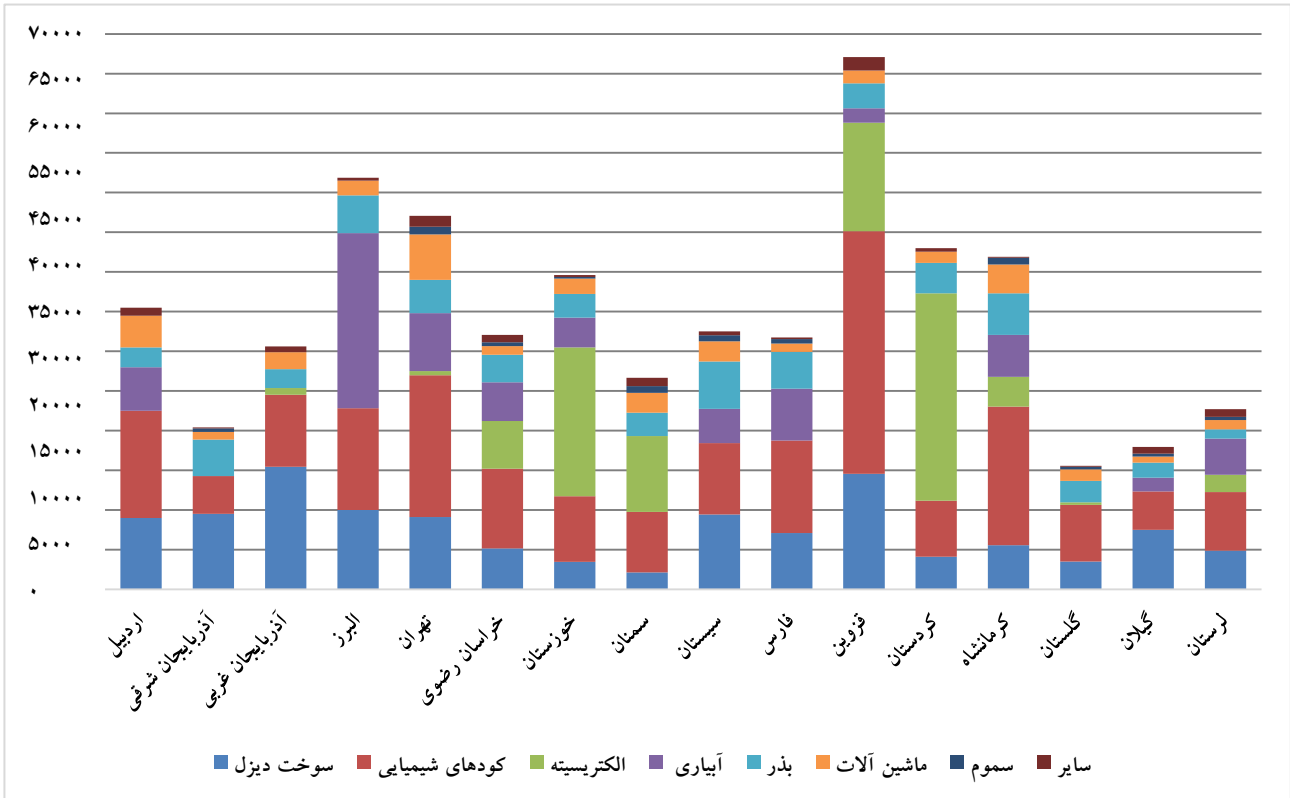
نتایج این تحقیق نشان داد که متوسط عملکرد دانه گندم در کشت فاریاب در مطالعات انرژی انجام شده در نقاط مختلف ایران حدود ۴۲۳۰ کیلوگرم در هکتار بوده که برای تولید این مقدار دانه گندم به‌طور متوسط ۳۴۸۰۰ مگاژول در هکتار انرژی ورودی نیاز است. از این میزان، کود شیمیایی با میانگین ۳۲ درصد از کل انرژی ورودی بیشترین سهم را به خود اختصاص داده است. هم‌چنین انرژی سوخت دیزل (۲۲ درصد) و الکتریسیته (۱۵ درصد) در رتبه‌های بعدی قرار دارند. این یافته با نتایج (میرینی و همکاران، ۲۰۱۱ و پیمنتل و برگس، ۱۹۸۰) مبنی بر این‌که بیشترین میزان انرژی غیرمستقیم ورودی در انواع بوم‌نظام‌های زراعی متعلق به کود نیتروژن می‌باشد، مطابقت دارد. این امر بیانگر وابستگی شدید این کشت بوم‌ها به منابع تجدید ناپذیر انرژی است که خود حاکی از

ذکر این نکته ضروریست که به‌دلیل عدم وجود مطالعات متعدد در رابطه با گندم آبی برخی استان‌ها یا به‌دلیل عدم دسترسی به برخی از این اسناد، نتایج به‌دست آمده در تحقیق حاضر برای برخی نقاط از یک مطالعه و برای برخی استان‌ها از مطالعات مختلف جمع‌آوری شده است. در صورت انجام چنین مطالعاتی در همه نقاط مستعد کشت گندم آبی، می‌توان تصویر بهتری از بهره‌وری گندم آبی کشور نشان داد. انجام و تکرار این مطالعات در رابطه با هفت استان پیشرو در کشت گندم (فارس، خوزستان، خراسان رضوی، گلستان، کرمانشاه، همدان و آذربایجان غربی) که بیش از ۵۰ درصد گندم کشور را تولید می‌کند، ضروری به‌نظر می‌رسد. هم‌چنین تنوع ضرایب مورد استفاده برای ورودی و خروجی‌های به‌کار رفته در این مطالعات تأثیر چشمگیری بر نتایج داشته است.

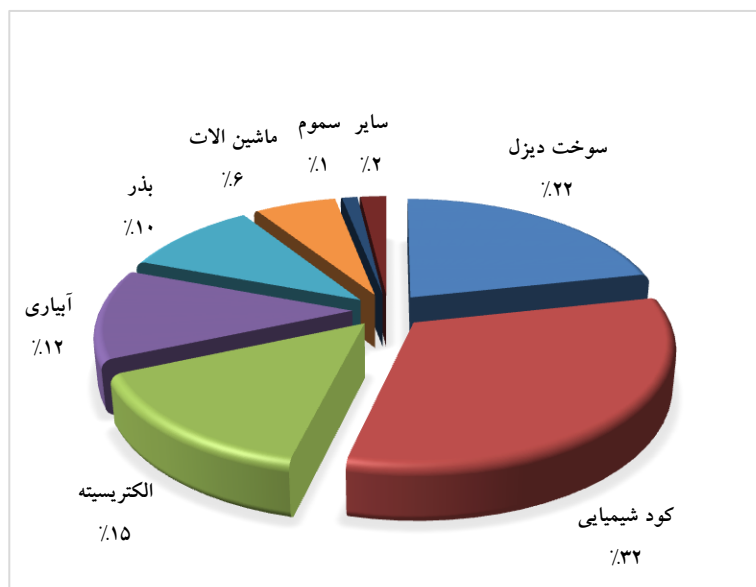
در شکل ۳ هم‌چنین متوسط سهم نهاده‌های مصرفی در کل استان‌های مورد بررسی ارائه شده است. طبق نتایج به‌دست آمده از این تحقیق از میانگین ۳۴۸۰۰ مگاژول انرژی مصرف شده در هکتار در مزارع آبی تولید دانه گندم، به‌طور متوسط حدود ۳۲ درصد مربوط به کودهای شیمیایی (نیتروژن با سهم ۳۰ درصد)، ۲۲ درصد انرژی کل سهم سوخت دیزل و ۱۵ درصد سهم الکتریسیته می‌باشد. انرژی مربوط به آب، بذر و ماشین‌های کشاورزی به ترتیب برابر ۱۲٪،

منابع ارزنده نیز می‌شود که این امر می‌تواند در آینده‌ای نه چندان دور سبب بروز انواع مشکلات اقتصادی و سیاسی برای این کشورها شود.

ناپایداری این سامانه‌های تولیدی می‌باشد. وابستگی تولید به انرژی- های تجدیدناپذیر در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران که سطح فناوری به‌ویژه در بخش کشاورزی در آنها بالا نیست، علاوه بر افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی، منجر به کاهش و تخلیه این



شکل ۲- کل انرژی ورودی به مزرعه و سهم نهاده‌های مهم مصرفی در سیستم تولید گندم آبی به تفکیک استان‌های مختلف



شکل ۳- میانگین سهم نهاده‌های مهم مصرفی در تولید دانه گندم آبی برای تمامی استان‌های مورد بررسی

تا حد امکان نیز می‌توان از منابع انرژی تجدیدپذیر از قبیل کودهای ارگانیک و دامی به‌جای کودهای شیمیایی استفاده شود تا در کنار افزایش بهره‌وری انرژی به توان به سود اقتصادی بیشتری نیز دست یافت. برای مدیریت مصرف سوخت نیز می‌توان با ترویج استفاده از ماشین‌های خاک‌ورزی مناسب (گاواهن قلمی و عمیق‌کار) در منطقه علاوه بر کاهش مصرف سوخت، ساختمان خاک و رطوبت آن را حفظ نمود. هم‌چنین به‌نظر می‌رسد با کاهش مصرف برخی از نهاده‌ها مثل کودهای شیمیایی، سوخت‌های فسیلی و الکتریسیته به‌توان شاخص ستاده به نهاده را افزایش داد.

با توجه به‌موارد مذکور و محاسبه سهم انرژی مصرفی هر یک از عوامل و نهاده‌ها در تولید گندم آبی در ایران می‌توان راهکارهایی به منظور کاهش مصرف انرژی در عوامل انرژی بر پیشنهاد کرد. با توجه به انرژی بر بودن دو نهاده کود و سوخت بایستی با مدیریت صحیح مصرف آن‌ها را بهینه کرد. به‌همین منظور برای مدیریت مصرف کود ازته در مزرعه، می‌توان با نمونه‌گیری از خاک هر مزرعه کود مورد نیاز آن را توصیه نمود. هم‌چنین به‌دلیل وابستگی میزان کود نیتروژن مصرفی به زمان و مقدار بارندگی توصیه می‌شود کود ازته به‌صورت سرک در دو مرحله جداگانه با توجه به بارندگی و زمان مصرف شود.

### منابع مورد استفاده

- اصغری پور، م. ر. و ف. صالحی. ۱۳۹۴. کاربرد انرژی در تولید گندم: مقایسه تحلیلی نظام تولید گندم دیم و آبی در شهرستان کرمانشاه. مجله کشاورزی بوم‌شناختی، ۵ (۱): ۱-۱۱.
- الماسی، م. ش. کیانی، و ن. لویمی. ۱۳۸۷. مبانی مکانیزاسیون کشاورزی. انتشارات جنگل.
- بی‌نام، ۱۳۹۵. آمارنامه کشاورزی: سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳. جلد اول، وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، ۱۷۴ صفحه.
- رجبی، م. ح. ا. سلطانی، ا. زینلی، و ا. سلطانی. ۱۳۹۱. ارزیابی مصرف انرژی در تولید گندم در گرگان. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، جلد نوزدهم، شماره سوم.
- زوله، م. ح. م. بهروزی لار و ز. خدارحم. ۱۳۹۰. بررسی انرژی مصرفی در تولید گندم آبی، مطالعه موردی: شهرستان ساوجبلاغ. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه.
- عبداله پور، ش و س. زارعی. ۱۳۸۷. ارزیابی بیلان انرژی در مزارع گندم دیم استان کرمانشاه. سومین همایش منطقه‌ای یافته‌های پژوهشی غرب کشور، دانشگاه کردستان.
- علیپور، ع. ر. کشاورزافشار، قلعه گلاب بهبهانی، م. کریمی نژاد و و. محمدی. ۱۳۹۲. بررسی جریان انرژی در کشت بوم‌های گندم آبی، مطالعه موردی: شهر ری. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، جلد ۲۳، شماره ۳، صفحه ۶۹-۶۰.
- قبادی‌فر، ا. ی. عجب‌شیرچی، ا. رنجبر و م. ولیزاده. ۱۳۸۸. بررسی شاخص‌های انرژی با در نظر گرفتن اندازه زمین بر محصول گندم آبی و دیم در دشت سیلاخور (شهرستان‌های بروجرد و دورود). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز، دانشکده کشاورزی.
- قلوژی، ش. ف. حسین‌پناهی و س. شرفی. ۱۳۹۱. ارزیابی بیلان انرژی در مزارع گندم آبی و دیم استان کردستان مطالعه موردی: دشت دهگلان. اولین همایش سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی.
- ملائی، ک. و ص. افضل‌نیا. ۱۳۹۱. تعیین شاخص‌های انرژی در تولید گندم و کلزا در کشت و صنعت دشت نمدان اقلید. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی سال چهارم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رفسنجان، شماره اول.
- میسیمی، م. ی. عجب‌شیرچی و ا. رنجبر. ۱۳۸۴. بررسی وضعیت موجود و ارائه راهکارهای مناسب برای مکانیزاسیون شهرستان بناب. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز، دانشکده کشاورزی.

Alam, M. R., MR. Alam and K. K. Islam. 2005. **Energy flow in agriculture: Bangladesh.** American Journal Sciences 1 (3) 213-220.

Azarpour, E., M. Moraditochae, and H. R. Bozorgi. 2012. **Evaluating energy balance and energy indices of wheat production in rain-fed farming in northern Iran.** African Journal of Agricultural Research Vol. 7(12), pp. 1950-1955, 26 March.

- Briggle, L. W and B. C. Curtis. 1987. **Wheat worldwide**. Wheat and wheat improvement, (wheatandwheatim), pp.1-32.
- Chaudhary, V. P., B. Gangwar and D. K. Pandey. 2006. **Auditing of energy use and output of different cropping systems in India**. Agricultural Engineering International: CIGR Journal.
- Hatirli, SA. 2005. **An econometric analysis of energy input- output in Turkish agriculture**. Renewable and Sustainable Energy Reviews 9(6): 608-623.
- Khoshnevisan, B., S. Rafiee, M. Omid, M. Yousefi and M. Movahedi. 2013. **Modeling of energy consumption and GHG (greenhouse gas) emissions in wheat production in Esfahan province of Iran using artificial neural networks**. Energy. 52, pp.333-338.
- Kuesters J and J. Lammel. 1999. **Investigations of the energy efficiency of the production of winter wheat and sugar beet in Europe**. European Journal of Agronomy 11: 35–43.
- Maysami, M.A. 2014. **Energy efficiency in dairy cattle farming and related feed production in Iran** (Doctoral dissertation, Humboldt University of Berlin).
- Moghimi, M.R., B. M. Alasti, M. A. H. Drafshi, M. A. Ghadim and M. Taki. 2013. **Energy consumption and assessment of econometric model between input and output for wheat production in Gorve country, Kordestan Province of Iran**. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5(20), p.2342.
- Mrini M, F. Senhaji and D. Pimentel. 2001. **Energy analysis of sugarcane production in Morocco**. Environment, Development and Sustainability 3: 109–126.
- Naderloo, L., R. Alimardani, M. Omid, F. Sarmadian, P. Javadikia, M. Yaser Torabi and F. Alimardani, 2012. **Application of ANFIS to predict crop yield based on different energy inputs**. Measurement 45, 1406-1413.
- Pimentel D, and M. Burgess. 1980. **Energy inputs in Corn production**. In Handbook of energy utilization in agriculture, eds. 67-84.CRC Press, Inc.
- Sahabi, H., H. Feizi and A. Karbasi. 2016. **Is saffron more energy and economic efficient than wheat in crop rotation systems in northeast Iran**. Sustainable Production and Consu
- Sami, M., M. J. Shiekh Davoodi and M. Almassi. 2014. **Analysis of energy and greenhouse gas balance as indexes for environmental assessment of wheat and maize farming: a case study**, Acta agriculture Slovenica. 103 - 2.
- Shahan, S., A. Jafari, H. Mobli, S. Rafiee and M. Karimi. 2008. **Energy use and economical analysis of wheat production in Iran: A case study from Ardabil province**. Journal of Agricultural Technology 4(1): 77-88.
- Shamabadi, Z. 2012. **Evaluation the effect of reduced tillage on irrigated wheat yield and energy efficiency**. Int. J. Agric. Crop Sci, 4(20), pp.1508-1511
- Sing, H., A. K. Sing, H. L. Kushwaha, and A. Sing. 2007. **Energy consumption pattern of wheat production in India**. Energy. 32:1848-1854.
- Taghavifar, H. and A. Mardani. 2015. **Energy consumption analysis of wheat production in West Azarbayjan utilizing life cycle assessment (LCA)**. Renewable Energy, 74, pp.208-213
- Zeinali, E., 2009. **Wheat Nitrogen Nutrition in Gorgan: Agronomical, Physiological, and Environmental Aspects (Doctoral dissertation, PhD**. Thesis, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources).



## Energy Consumption Patterns of Irrigated Wheat Production in Iran

S. Mohammadi<sup>1\*</sup>, M. A. Maysami<sup>1</sup> and Y. Ajabshirchi<sup>1</sup>

Received: 22 Aug 2016

Accepted: 30 may 2017

<sup>1</sup>Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

\*Corresponding author: Maysami@tabrizu.ac.ir

### Abstract

Agricultural sector has a considerable and increasing ratio of the total energy consumption of the societies. The main causes of the increase in energy consumption in this sector are: the growing population and living standards and therefore, increasing demands for agricultural products, the limitations of cultivatable land area and thus, the need for increase in the yield per area unit, and the low price of fuels and other energetic inputs, especially in Iran. This subject represents the importance of the energy and resources analysis in agriculture. Several researches have been done about the energy consumption in agricultural fields in the world and also different regions of Iran. However, there is a need for a comprehensive study on the obtained results of these researches. In this study, the consumed and produced energy for one of the main crop of Iran (wheat) through the energy indices, obtained from related papers and dissertations, were analyzed. The energy indices were determined as the energy output-input ratio (OIR), energy productivity (EP), energy intensity (EI) and net energy yield (NEY). The results indicated that, the average total energy consumption for wheat production was 34800 MJ/ha in Iran. The mean grain yield was about 4230 kg/ha for normal conditions on irrigated farms. The largest share of energy input was related to nitrogen fertilizer followed by diesel fuel and machinery, responsible for 32, 22 and 15% of the total energy input, respectively. The average OIR was 2.09 MJ/MJ for Iran with the highest and lowest values for provinces of Goldstein (3.72) and Sistan (0.81). The average EI was 8.23 MJ/kg, for Sistan and Baluchestan province being the highest with 17.8 MJ/kg and for Golestan province being the lowest with 3.9 MJ/kg.

**Keywords:** Energy balance, Iran, Irrigated wheat