Journal of Water and Soil Science
Vol. 30, No. 2, 2026, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. DOI: 10.47176/jwss.30.2.71432

Evaluation of Energy Indicators and Productivity of Water of wheat in Khorasan Razavi Province (Case study: Mashhad, Torbat-e Jam, Taybad, and Bakharz Cities)

Vahid Shamsabadi*[1], Mohammad Naser Modoodi[2] and Mehdi Moradi[2]

(Received: December 17-2025; Revised: May 31-2026; Accepted: June 7-2026)

1. Department of Water Sciences and Engineering, University of Torbat-e Jam, Torbat-e Jam, Iran.
2 . Department of Horticulture Sciences and Engineering, University of Torbat-e Jam, Torbat-e Jam, Iran.
* Corresponding Author, E-mail: v_shamsabadi@tjamcaas.ac.ir

Abstract
Greenhouse gas emissions and achieving acceptable water and energy efficiency are among the most important challenges facing the agricultural sector. The objective of the current research was to investigate the indicators of water physical and economic productivity and energy of wheat in Khorasan Razavi Province. To evaluate these indicators, a questionnaire was used in this research. A total of 200 questionnaires, including 50 for each city, were distributed, and the amount of input consumption and production was collected. The results showed that the physical productivity of water in the plains of Mashhad, Torbat Jam, Taybad, and Bakharz was 0.57, 0.72, 0.7, and 0.46 kg/m3, respectively. Also, the results showed that the highest Energy efficiency and energy productivity were 2.18 and 0.148 kg/MJ, respectively, for the Taybad Plain, and the highest specific energy was 10.92 MJ/kg for the Bakharz Plain. The highest (1539/68 kg/ha) and lowest (964/79 kg/ha) greenhouse gas emissions were obtained in the Mashhad and Taybad plains, respectively. The overall results showed that crop yield in relatively arid areas such as Torbat-e Jam and Taybad is higher than in semi-arid areas with higher altitudes, similar to Mashhad and Bakhrez.

Keywords: Energy, Efficiency, Greenhouse gases, Water management

How to cite this article: Shamsabadi1, V., Modoodi, M.N. and Moradi, M. 2026. Evaluation of Energy Indicators and Productivity of Water of wheat in Khorasan Razavi Province (Case study: Mashhad, Torbat-e Jam, Taybad, and Bakharz Cities). *J. Water and Soil Sci.* 30(2): 203-215. DOI: 10.47176/jwss.30.2.71432

Copyright © 2026 Shamsabadi et al. Published by Isfahan University of Technology.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

نشریه علوم آب و خاک
سال سی‌ام/ شماره دوم / تابستان ۱۴۰۵/مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۲۰۳ تا ۲۱۵ 10.47176/jwss.30.2.71432

بررسی شاخص‌های انرژی و بهره‌وری آب گندم آبی در استان خراسان رضوی (مطالعه موردی: شهرستان‌های مشهد، تربت جام، تایباد و باخرز)

وحید شمس‌آبادی[1*]، محمدناصر مودودی[2] و مهدی مرادی[2]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۹/۲۶ ؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۳/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۳/۱۷)

۱. گروه علوم و مهندسی آب، مجتمع آموزش عالی تربت جام، تربت جام، ایران.
۲. گروه علوم و مهندسی باغبانی، مجتمع آموزش عالی تربت جام، تربت جام، ایران
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: v_shamsabadi@tjamcaas.ac.ir

چکیده

انتشار گازهای گلخانه‌ای و حصول بهره‌وری قابل قبول آب و انرژی از مهم‌ترین چالش‌های پیش رو در بخش کشاورزی است. هدف از پژوهش حاضر بررسی شاخص‌های انرژی و بهره‌وری آب گندم آبی در استان خراسان رضوی است. به منظور بررسی این شاخص‌ها در این پژوهش از پرسشنامه استفاده شد. پرسشنامه‌ها به تعداد ۲۰۰ پرسشنامه (شامل منطقه مشهد: ۵۰، منطقه تربت جام: ۵۰، منطقه تایباد: ۵۰ و منطقه باخرز: ۵۰) بود که اطلاعات جمع‌آوری‌شده شامل مقدار مصرف نهاده‌ها و نیز مقدار تولید بود. نتایج نشان داد که میزان بهره‌وری فیزیکی آب در دشت‌های مشهد، تربت جام، تایباد و باخرز به ترتیب برابر با ۰/۵۷، ۰/۷۲، ۰/۷ و ۰/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب است. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین کارایی مصرف انرژی و بهره‌وری انرژی به ترتیب به میزان ۲/۱۸ و ۰/۱۴۸ کیلوگرم بر مگاژول مربوط به دشت تایباد و بیشترین انرژی مخصوص به میزان ۱۰/۹۲ مگاژول بر کیلوگرم مربوط به دشت باخرز بود. نتایج حاصل برای انتشار گازهای گلخانه‌ای نشان داد که بیشترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در دشت مشهد و به میزان معادل ۱۵۳۹/۶۸ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در دشت تایباد به میزان معادل ۹۶۴/۷۹ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. نتایج کلی نشان داد که عملکرد محصول در مناطق نسبتاً خشک مانند تربت جام و تایباد نسبت به مناطق با ارتفاع بالاتر از سطح دریا و نیمه خشک، شبیه مشهد و باخرز بیشتر است.

واژه‌های کلیدی: انرژی، راندمان، گازهای گلخانه‌ای، مدیریت آب

حق انتشار این مستند، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. ۱۴۰۴ ©.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط به استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است: (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

مقدمه

امروزه مشکلات مرتبط با کشاورزی، امنیت غذایی، منابع آب و انرژی، بهره‌وری و انتشار گازهای گلخانه‌ای به عنوان چالش‌های مهمی برای جوامع جهانی بروز کرده‌اند (۹). اقتصاددانان برای حل این چالش‌ها به ویژه حل مشکل تولید غذا از منابع محدود آب و نیز جلوگیری از واردات بی‌رویه محصولات کشاورزی، افزایش بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب را توصیه می‌کنند (۲). ارتقای بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب از جمله مسائل اساسی در کشورهای کم‌آب دنیا و به خصوص در ایران است؛ درنتیجه محاسبه و تحلیل شاخص‌های فیزیکی و اقتصادی آب از جایگاه ویژه‌ای در ایران برخوردار است (۳). در بخش کشاورزی انرژی نهاده‌ای است که به دلایل مختلف مانند افزایش تولید، افزایش امنیت غذایی و کمک به توسعه اقتصاد روستایی به کار رفته و طی سال‌های اخیر مصرف آن در کشاورزی افزایش یافته است. در مقیاس جهانی، نزدیک به ۵ درصد از کل انرژی در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین حدود ۱۱ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به کشاورزی است (۲۶). انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، الکتریسیته، کودها، سموم کشاورزی، عملیات زراعی و خاکورزی است (۱۴). پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ کمبود آب و انرژی از جمله چالش‌های پیشِ روی بشر باشد؛ بنابراین، مدیریت هدفمند منابع محدود آب و انرژی و پاسخگویی به نیازهای آینده یکی از اهداف مهم کشاورزی آینده به‌شمار می‌آید (۲۴). نخجوانی مقدم و همکاران طی مطالعه‌ای که در برخی از استان‌های کشور برای بررسی بهره‌وری فیزیکی آب انجام دادند، دریافتند که میزان بهره‌وری آب در کشت گندم برای سه شهرستان کرج ۲/۱، شهرستان کرمان ۰/۴ و شهرستان مشهد ۱/۹ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد (۲۲). در پژوهش سینگ و همکاران بهره‌وری فیزیکی محصولات گندم، برنج و پنبه در هند به ترتیب ۱/۰۴، ۰/۸۴ و ۰/۲۱ کیلوگرم بر متر مکعب به‌دست آمد (۲۵). حسن و همکاران در پژوهشی که برای ارزیابی بهره‌وری آب و عملکرد گندم تحت تیمارهای مختلف آبیاری و خاک‌ورزی در کشور بنگلادش روی محصول گندم انجام دادند، دریافتند که میزان بهره‌وری این محصول بین ۱/۴۷ تا ۲/۹۳ کیلوگرم بر متر مکعب است (۱۰). واحدی و ظریف نشاط در مطالعه‌ای که در استان‌های البرز، اصفهان، اردبیل، خراسان رضوی، خوزستان، گلستان و همدان روی گندم آبی صورت دادند، میزان میانگین انرژی ورودی، انرژی خروجی کارایی انرژی، بهره‌وری انرژی و خالص انرژی را در استان‌های مورد مطالعه به ترتیب برابر با ۵۸۳۰/۸۳ مگاژول بر هکتار، ۱۳۶۰۹۲/۱۵ مگاژول بر هکتار، ۲/۸۷، ۰/۲۱۲ کیلوگرم بر مگاژول و ۷۷۷۸۳/۳۱ مگاژول بر هکتار به دست آوردند (۲۹). رجبی و همکاران در مطالعه‌ای که در گرگان روی گندم برای به‌دست‌آوردن انرژی ورودی انجام دادند، دریافتند که انرژی مربوط به سوخت عملیات زراعی با میانگین ۳۳۹۰ مگاژول بر هکتار در بین کل انرژی‌های ورودی مستقیم دارای بیشترین میزان است. آنها در ادامه با ارزیابی انرژی‌های ورودی غیرمستقیم کود نیتروژن (۹۵ کیلوگرم) با استفاده از ضرایب تبدیل، میزان انرژی ورودی را ۵۹۶۴ مگاژول بر هکتار به‌دست آوردند که در بین کودها بیشترین میزان را به خود اختصاص داده بود (۲۳). خدائی جوقان و همکاران در مطالعه‌ای که برای بررسی کارایی مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در مزراع گندم و کلزا در شهرستان خرمشهر انجام دادند، دریافتند که میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در یک هکتار مزارع گندم و کلزا به ترتیب ۱۴۳۸/۵ و ۱۴۶۶ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار و پتانسیل گرمایش جهانی به ترتیب ۱۸۲۲۳ و ۲۲۳۸ تن دی‌اکسید کربن به دست آمد (۱۶). قربانی و همکاران در مطالعه‌ای گزارش کردند که کل انرژی مصرفی در سیستم‌های تولید گندم آبی و دیم در استان خراسان شمالی به ترتیب ۴۵۳۶۷ و ۹۳۴۵۴ مگاژول در هکتار به دست آمد (۸). فان و همکاران در مطالعه‌ای که با هدف بررسی تأثیر زمین – آب – انرژی در مدیریت کشاورزی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای روی چهار محصول برنج، گندم، ذرت و سویا انجام دادند،

دریافتند که مزارع برنج به دلیل ورودی زیاد منابع و کشت غرقابی، ۲۹ درصد از کل پروتئین محصول را تولید کرده؛ اما ۵۱ درصد از کل مصرف آب، ۴۳ درصد از کل مصرف انرژی و ۵۴ درصد از کل گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص داده است (۷). بنابراین به منظور دستیابی به کشاورزی پایدار توجه به شاخص‌های انرژی، بهره‌وری آب و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ضروری است. با کاهش مصرف انرژی غیرضروری و افزایش بهره‌وری، می‌توان هزینه‌ها را کاهش داد و به تولید پایدارتر و اقتصادی‌تر دست یافت. گندم به عنوان محصول محوری و کلیدی کشاورزی، جایگاه ویژه‌ای در تولید و مصرف مواد غذایی ملل جهان دارد. این محصول از جمله محصولات راهبردی غذایی در سطح جهان است که تولید و صادرات آن اهمیت ویژه‌ای برای کشورها دارد. در ایران هم با توجه به اهمیت گندم در سفره غذایی مردم، این محصول همواره از اهمیت فراوانی در سیاست‌گذاری‌ها و جهت‌گیری دولت‌ها و متولیان بخش کشاورزی برخوردار بوده است. گندم از لحاظ تولید و سطح زیر کشت مهم‌ترین محصول کشاورزی ایران است. در حال حاضر حدود ۵۰ درصد سطح زیر کشت ایران به کشت گندم اختصاص دارد و این محصول استراتژیک در همه استان‌ها تولید می‌شود. طی بیست سال اخیر به طور متوسط سالیانه ۸ میلیون تن گندم آبی در کشور تولید شده است. همچنین میانگین عملکرد کشت گندم آبی حدود ۳۲۶۰ کیلوگرم در هکتار است. هدف مطالعه حاضر بررسی شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب، انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای محصول گندم در شهرستان‌های مشهد، تربت جام، تایباد و باخرز بود تا بتوان به مقایسه این مناطق با هم پرداخت.

مواد و روش‌ها

شهرستان مشهد با طول و عرض جغرافیایی ۵۶/۲۸ و ۳۶/۱۵ و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا، شهرستان تربت جام با طول و عرض جغرافیایی ۶۰/۰۱ و ۳۴/۵۸ و ارتفاع ۹۵۰ متر از سطح دریا، شهرستان تایباد با طول و عرض جغرافیایی ۶۰/۷۷ و ۳۴/۷۴ و ارتفاع ۸۰۶ متر از سطح دریا و شهرستان باخرز با طول و عرض جغرافیایی ۶۰/۱۹ و ۳۵/۱۲ و ارتفاع ۱۲۷۹ متر از سطح دریا، در استان خراسان رضوی واقع شده‌اند. کشاورزی و دامپروری در زمره اصلی‌ترین ارکان این مناطق به شمار می‌آید. سطح زیر کشت محصول گندم آبی در شهرستان‌های مشهد، تربت جام، تایباد و باخرز به ترتیب ۱۲۰۰۰، ۱۰۴۳۵، ۷۰۰۰ و ۱۹۰ هکتار است (۱۳). به منظور بررسی شاخص‌های انرژی و بهره‌وری آب گندم آبی در استان خراسان رضوی (مطالعه موردی: شهرستان‌های مشهد، تربت جام، تایباد و باخرز) در این پژوهش از پرسشنامه استفاده شد. پرسشنامه از جمله ابزارهای رایج پژوهش برای به‌دست‌آوردن داده‌های پژوهش با مجموعه‌ای از اطلاعات است که پاسخ‌دهنده با ملاحظهٔ آنها پاسخ لازم را ارائه می‌دهد و این پاسخ، داده‌های مورد نیاز پژوهشگر را فراهم می‌آورد. پرسشنامه‌ها به تعداد ۲۰۰ پرسشنامه (منطقه مشهد: ۵۰، منطقه تربت جام: ۵۰، منطقه تایباد: ۵۰ و منطقه باخرز: ۵۰) بود که اطلاعات جمع‌آوری‌شده شامل مقدار مصرف نهاده‌ها و نیز مقدار تولید بود. درنهایت پرسشنامه‌ها، توسط کارشناسان خبره مورد بررسی و تائید قرار گرفت. نهاده‌های مورد بررسی شامل نفر – روز نیروی انسانی، ساعات کاری استفاده از ماشین‌آلات، مصرف سوخت ماشین‌آلات، مقدار مصرف کودهای نیتروژن، فسفات و پتاسیم برحسب کیلوگرم در هکتار، مقدار مصرف انواع سموم شیمیایی شامل علف‌کش، قارچ‌کش و حشره‌کش برحسب لیتر در هکتار، الکتریسیته و مقدار آب مصرفی برحسب مترمکعب در هکتار بود. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای EXCEL و SPSS استفاده شد. **بهره‌وری فیزیکی آب**

عملکرد به ازای واحد حجم آب (CPD)

در این پژوهش برای سنجش بهره‌وری فیزیکی آب محصول گندم از شاخص عملکرد به ازای واحد حجم آب آبیاری (CPD)

شکل ۱. موقعیت شهرستان‌های مشهد، تربت جام، تایباد و باخرز در استان خراسان رضوی

استفاده شد. این شاخص نسبت میزان محصول تولید شده، به حجم آب آبیاری را بیان می‌کند (۲).

$$CPD = \frac{Y}{CW} \quad (۱)$$

در معادله ۱، Y عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)، CW میزان آب مصرفی (نیاز ناخالص آبیاری) برحسب مترمکعب در هکتار و CPD برحسب کیلوگرم بر مترمکعب است.

بهره‌وری اقتصادی آب (EWP)

$$EWP = \frac{BY}{CW} \quad (۲)$$

در معادله ۲، BY میزان سود محصول برحسب تومان، CW میزان آب مصرفی محصول برحسب مترمکعب و EWP برحسب تومان بر مترمکعب است.

شاخص‌های انرژی

به منظور محاسبه و تهیه شاخص‌های انرژی محصول گندم آبی در دشت‌های مشهد، تربت جام، تایباد و باخرز مقدار انرژی نهاده‌های مصرفی به همراه عملکرد محصول با توجه به معادل انرژی مربوط به هر کدام محاسبه شد (جدول ۱). تمام داده‌های ورودی و خروجی مربوط به تولید محصولات زراعی به منظور ایجاد قابلیت مقایسه بین شاخص‌های انرژی، به صورت میانگین بیان شده‌اند.

بر مبنای معادل‌های انرژی ورودی و خروجی جدول ۱، شاخص‌های انرژی طبق معادلات ۳ تا ۶ محاسبه شد (۸).

$$\text{کارایی مصرف انرژی} = \frac{\text{انرژی خروجی (مگاژول در هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)}} \quad (۳)$$

$$\text{بهره‌وری انرژی} = \frac{\text{عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)}} \quad (۴)$$

$$\text{انرژی خالص} = \text{انرژی خروجی} - \text{انرژی ورودی} \quad (۵)$$

$$\text{انرژی مخصوص} = \frac{\text{انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)}}{\text{عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)}} \quad (۶)$$

در جدول ۲ متوسط نتایج حاصل از شیوه‌ها و نیز نحوه اجرای عملیاتی در دشت‌های مشهد، تربت جام، تایباد و باخرز ارائه شده است.

انتشار گازهای گلخانه‌ای

مقادیر انتشار گازهای گلخانه‌ای نهاده‌های شیمیایی با توجه به ضرایب انتشار گازها در جدول ۳ محاسبه می‌شوند. توان گرمایش جهانی در یک هکتار، با توجه به میزان انتشار هریک از گازهای گلخانه‌ای و ضریب تاثیر آنها برای یک دوره ۱۰۰ ساله، با فرض مقادیر CO_2 برابر ۱، N_2O برابر ۳۰ و CH_4 برابر ۲۱ محاسبه شد (۱۲). در انتها، توان گرمایش جهانی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای محصول گندم در دشت‌های مشهد،

جدول ۱. انرژی‌های ورودی و خروجی و معادل این انرژی‌ها (برحسب مگاژول) در تولید گندم

انرژی‌های مورد مطالعه	معادل انرژی (مگاژول/واحد)	منبع مورد بررسی
الف) انرژی‌های ورودی	–	–
نیروی انسانی (ساعت)	۱/۹۶	(۵)
ماشین آلات (ساعت)	۶۲/۷۰	(۲۰)
سوخت گازوئیل (لیتر)	۴۷/۸	(۱۷)
نیتروژن (کیلوگرم)	۶۶/۱۴	(۱۱)
فسفر (کیلوگرم)	۱۲/۴۴	(۱۱)
پتاسیم (کیلوگرم)	۱۱/۱۵	(۱۱)
علف‌کش (لیتر)	۸۵	(۱۷)
آفت‌کش (لیتر)	۲۲۹	(۱۷)
قارچ‌کش (لیتر)	۲۱۶	(۲۱)
آب آبیاری (متر مکعب)	۱/۰۲	(۱)
الکتریسیته (کیلووات ساعت)	۳/۶	(۲۵)
بذر مصرفی (کیلوگرم)	۲۰/۱	(۲۵)
ب) انرژی خروجی	–	–
عملکرد گندم (کیلوگرم)	۱۴/۷	(۲۵)

جدول ۲. متوسط نتایج حاصل از شیوه‌ها و نحوه اجرای عملیات مدیریتی برای تولید گندم در دشت مشهد، تربت جام، تایباد و باخرز

نام دشت	شیوه‌ها / عملیات	توضیحات
دشت مشهد	نام رقم	میهن، پیشگام، سیروان، حیدری
	زمان آماده‌سازی زمین	۰۶/۱۵ لغایت ۰۷/۰۵
	متوسط تعداد دفعات شخم	۱ مرتبه
	زمان کاشت	۰۷/۲۰ لغایت ۰۸/۳۰
	زمان کوددهی	مرحله کاشت کودهای پایه، کود سرک طی مرحله پنجه زنی
	متوسط تعداد دفعات کوددهی	۳ مرحله
	زمان آبیاری	سبز شدن، پنجه‌زنی، ساقه رفتن، خوشه‌دهی، پر شدن دانه آبیاری
	متوسط تعداد دفعات آبیاری	متوسط ۹-۷ مرتبه
	زمان سم‌پاشی	پس از مشاهده علف‌های هرز، آفات شته و سن گندم
	متوسط تعداد دفعات سم‌پاشی	۴-۳ مرحله
	زمان برداشت	۰۳/۱۵ لغایت ۰۴/۱۰

جدول ۲. متوسط نتایج حاصل از شیوه‌ها و نحوه اجرای عملیات مدیریتی برای تولید گندم در دشت مشهد، تربت جام، تایباد و باخرز **(ادامه جدول ۲)**

دشت تربت جام	نام رقم	میهن، پیشگام، زرینه، رخشان
	زمان آماده‌سازی زمین	۰۶/۱۵ لغایت ۰۷/۲۰
	متوسط تعداد دفعات شخم	۱ مرتبه
	زمان کاشت	۰۷/۱۰ لغایت ۰۹/۲۰
	زمان کوددهی	مرحله کاشت کودهای پایه، کود سرک طی مرحله پنجه زنی
	متوسط تعداد دفعات کوددهی	۳ مرحله
	زمان آبیاری	سبز شدن، پنجه‌زنی، ساقه رفتن، خوشه‌دهی و...آبیاری
	متوسط تعداد دفعات آبیاری	متوسط ۹-۷ مرتبه
	زمان سم‌پاشی	پس از مشاهده علف‌های هرز، آفات شته و سن گندم
	متوسط تعداد دفعات سم‌پاشی	۳ مرحله
	زمان برداشت	۰۳/۲۷ لغایت ۰۴/۲۰
دشت تایباد و باخرز	نام رقم	پیشگام، زرینه، رخشان
	زمان آماده‌سازی زمین	۰۶/۱۵ لغایت ۰۷/۲۰
	متوسط تعداد دفعات شخم	۱ تا ۲ مرتبه
	زمان کاشت	۰۷/۱۵ لغایت ۰۹/۳۰
	زمان کوددهی	مرحله کاشت کودهای پایه، کود سرک طی مرحله پنجه زنی
	متوسط تعداد دفعات کوددهی	۳ مرحله
	زمان آبیاری	سبز شدن، پنجه‌زنی، ساقه رفتن، خوشه‌دهی و ...آبیاری
	متوسط تعداد دفعات آبیاری	متوسط ۶-۵ مرتبه
	زمان سم‌پاشی	پس از مشاهده علف‌های هرز، آفات شته و سن گندم
	متوسط تعداد دفعات سم‌پاشی	۳ مرحله
	زمان برداشت	۰۳/۱۰ لغایت ۰۴/۳۰

جدول ۳- انتشار گازهای گلخانه‌ای به ازای مصرف هر واحد نهاده ورودی (گرم)

ورودی	CH_4	N_2O	CO_2	منبع
گازوئیل (لیتر)	۵/۲	۰/۷	۳۵۶۰	(۱۸)
نیتروژن (کیلوگرم)	۳/۷	۰/۰۳	۳۱۰۰	(۲۷)
فسفر (کیلوگرم)	۱/۸	۰/۰۲	۱۰۰۰	(۲۷)
پتاسیم (کیلوگرم)	۱	۰/۰۱	۷۰۰	(۲۷)
علف‌کش (کیلوگرم)	-	-	۶۳۰۰	(۱۹)
حشره‌کش (کیلوگرم)	-	-	۵۱۰۰	(۱۹)

تربت جام، تایباد و باخرز برای یک هکتار بر اساس معادل CO_2 محاسبه شد.

نتایج و بحث

بر اساس جدول ۴، نتایج آمار توصیفی مقدار مصرف نهاده‌ها در دشت‌های مشهد، تربت جام، تایباد و باخرز در محصول گندم آبی نشان داد که بیشترین نهاده مصرفی نیروی انسانی در کشت گندم آبی در دشت تربت جام و باخرز با میانگین ۴۰ ساعت در هکتار، بیشترین میزان مصرف کود نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب مربوط به دشت مشهد با ۳۰۰ ، ۱۰۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار، بیشترین مصرف سوخت ماشین‌آلات مربوط به دشت تایباد و باخرز با میانگین ۷ لیتر در هکتار، بیشترین آب آبیاری (نیاز ناخالص آبیاری) مربوط به دشت مشهد با میانگین ۷۰۰۰ مترمکعب در هکتار (با احتساب راندمان ۷۰ درصدی آبیاری، نیاز خالص آبیاری برای دشت‌های مشهد، تربت جام، تایباد و باخرز به ترتیب ۴۹۰۰ ، ۴۲۰۰، ۴۲۰۰ و ۴۵۵۰ مترمکعب در هکتار به دست آمد) و بیشترین عملکرد در دشت تربت جام با ۴۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. حبیبی و همکاران حجم آب آبیاری گندم را در دشت ساری ۶۰۴۰ مترمکعب در هکتار و میانگین عملکرد گندم در این دشت را ۴۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آورد (۹). کریمی و جلینی میزان عملکرد گندم در دشت مشهد را به صورت میانگین ۲۷۱۵ کیلوگرم در هکتار و حجم آب مصرفی در هکتار را ۶۰۰۰ متر مکعب به دست آوردند (۱۵).

شاخص‌های انرژی

مطابق جدول ۵، برای مجموع شاخص‌های انرژی ورودی، نهاده‌های کود نیتروژن، آب مصرفی، سوخت ماشین‌آلات، بذر مصرفی، کود فسفر، کود پتاسیم، حشره‌کش، ماشین‌آلات، علف‌کش، قارچ‌کش و نیروی انسانی به ترتیب دارای بیشترین میزان انرژی ورودی بودند. بیشترین انرژی ورودی، مربوط به کود نیتروژن در دشت مشهد با ۱۹۸۴۲ مگاژول در هکتار به دست آمد. همچنین مطابق با نتایج به‌دست‌آمده، سوخت مصرفی مربوط به دشت تربت جام با ۶۲۱۴ مگاژول از سایر دشت‌ها بیشتر به دست آمد. نتایج نشان داد که بیشترین انرژی در نهاده آب مصرفی مربوط به دشت مشهد با میزان ۷۱۴۰ مگاژول در هکتار بوده است. درنهایت بیشترین میزان انرژی در خصوص عملکرد گندم در دشت تربت جام و به میزان ۶۳۲۱۰ مگاژول در هکتار به دست آمد. حبیبی و همکاران در مطالعه‌ای که روی محصول گندم در دشت ساری انجام دادند، دریافتند که انرژی مربوط به سوخت عملیات زراعی با ۱۲۶۶۷ مگاژول در هکتار و کود نیتروژن با ۹۵۹۰ مگاژول در هکتار در بین کل انرژی‌های ورودی مستقیم دارای بیشترین میزان بود (۹) که نتایج آنها با این پژوهش مطابقت داشت. در پژوهش دیگری رجبی و همکاران در مطالعه‌ای که روی محصول گندم در دشت گرگان انجام دادند، دریافتند که انرژی مربوط به سوخت زراعی با میانگین ۳۳۹۰ مگاژول در هکتار و کود نیتروژن با ۵۹۶۴ مگاژول در هکتار در بین کل انرژی‌های ورودی، دارای بیشترین مقدار بودند (۲۴). نتایج این پژوهش نیز با پژوهش حاضر مطابقت داشت. بهشتی‌تبار و همکاران (۴) در مطالعه خود نشان دادند که سهم آفت‌کش‌ها از کل انرژی‌های ورودی کمتر از سایر ورودی‌ها بود. نتایج این پژوهش نیز با پژوهش حاضر مطابقت داشت.

نتایج جدول ۶ نشان داد که بیشترین انرژی ورودی مربوط به دشت مشهد و به میزان ۴۱۲۳۳ مگاژول در هکتار و بیشترین انرژی خروجی مربوط به دشت تربت جام و به میزان ۶۳۲۱۰ مگاژول در هکتار بود. همچنین بیشترین کارایی مصرف انرژی و بهره‌وری انرژی به ترتیب به میزان ۲/۱۸ و ۰/۱۴۸ کیلوگرم بر مگاژول مربوط به دشت تایباد و بیشترین انرژی مخصوص به میزان ۱۰/۹۲ مگاژول بر کیلوگرم مربوط به دشت باخرز بود. خدائی جوگان و همکاران در مطالعه‌ای، شاخص‌های انرژی روی محصول گندم در خرم‌شهر را انجام دادند، نتایج نشان داد که میزان کارایی مصرف انرژی برای گندم ۱/۳۲ بود (۱۶). نتایج این مطالعه با مطالعه حاضر مطابقت داشت. در مطالعه دیگری روی

جدول ۴. میانگین مصرف نهاده‌ها در هر هکتار زراعت گندم در دشت مشهد، تربت جام، تایباد و باخرز

دشت	مشهد	تربت جام	تایباد	باخرز
نهاده				
نیروی انسانی (ساعت)	۳۵	۴۰	۳۵	۴۰
ماشین آلات (ساعت)	۶	۶/۵	۷	۷
سوخت ماشین آلات (لیتر)	۱۲۰	۱۳۰	۱۲۰	۱۲۵
نیتروژن (کیلوگرم)	۳۰۰	۲۵۰	۱۳۵	۲۰۰
فسفر (کیلوگرم)	۱۰۰	۸۵	۶۰	۵۰
پتاسیم (کیلوگرم)	۷۵	۷۵	۵۰	۵۰
علف‌کش‌ها (لیتر)	۲	۲/۵	۳	۰
حشره‌کش‌ها (لیتر)	۳	۲	۰/۷۵	۱
قارچ‌کش‌ها (لیتر)	۰/۵	۲	۰/۷۵	۰
آب آبیاری (مترمکعب)	۷۰۰۰	۶۰۰۰	۶۰۰۰	۶۵۰۰
بذر مصرفی در هکتار (کیلوگرم)	۲۵۰	۲۲۰	۲۵۰	۲۵۰
عملکرد گندم در هکتار (کیلوگرم)	۴۰۰۰	۴۳۰۰	۴۲۰۰	۳۰۰۰

گندم آبی در استان‌های البرز، اصفهان، اردبیل، خراسان رضوی، خوزستان، گلستان و همدان، واحدی و ظریف نشاط دریافتند میزان میانگین انرژی ورودی، انرژی خروجی، کارایی انرژی، بهره‌وری انرژی و خالص انرژی در استان‌های مورد مطالعه به ترتیب برابر با ۵۸۳۰ مگاژول بر هکتار، ۱۳۶۰۹۲ مگاژول بر هکتار، ۲/۸۷، ۰/۲۱۲ کیلوگرم بر مگاژول و ۷۷۷۸۳ مگاژول بر هکتار به دست آمد (۳۰). نتایج این مطالعه با مطالعه حاضر در برخی پارمترها منطبق و در برخی تفاوت جزئی داشت که این امر می‌تواند به دلیل شرایط اقلیمی متفاوت، منابع آب و خاک متفاوت و سایر عوامل موثر باشد.

بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب

نتایج جدول ۷ نشان داد که میزان بهره‌وری فیزیکی آب در دشت‌های مشهد، تربت جام، تایباد و باخرز به ترتیب برابر با ۰/۵۷، ۰/۷۲، ۰/۷ و ۰/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. همچنین نتایج بهره‌وری اقتصادی حاکی از آن بود که بیشترین بهره‌وری اقتصادی در دشت تربت جام و به میزان ۶۷۷۸ تومان بر مترمکعب و کمترین آن در دشت باخرز و به میزان ۲۷۲۳ تومان بر مترمکعب حاصل شد. حبیبی و همکاران در مطالعه‌ای میزان بهره‌وری فیزیکی محصول گندم را در دو دشت ساری و شریف آباد به ترتیب ۱/۱۳ و ۰/۸۳ بدست آوردند (۹). توکلی و همکاران در مطالعه دیگری میزان بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب را برای محصول گندم در دشت سمنان به ترتیب ۰/۳۹۶ کیلوگرم بر مترمکعب و ۴۵۷ تومان بر متر مکعب به دست آوردند (۲۹). در پژوهش دیگری فرحزا و همکاران میزان بهره‌وری فیزیکی محصول گندم در دشت مغان را ۱/۲۷ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آوردند (۶). سلامتی و همکاران در پژوهش خود بهره‌وری فیزیکی آب را در محصول گندم آبی در دشت بهبهان معادل ۰/۹۲ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آورد (۲۵). نتایج پژوهش حاضر با پژوهش یادشده از لحاظ بهره‌وری فیزیکی آب مطابقت داشت؛ اما به دلیل افزایش قیمت‌ها و هزینه‌ها، مطابقتی در بهره‌وری اقتصادی دیده نشد.

جدول ۵. مقدار و کل معادل انرژی ورودی و خروجی در تولید محصول گندم در دشت‌های مشهد، تربت جام، تایباد و باخرز

دشت		مشهد		تربت جام		تایباد		باخرز	
نهاده	واحد	گندم (مگاژول در هکتار)	درصد از کل انرژی ورودی	گندم (مگاژول در هکتار)	درصد از کل انرژی ورودی	گندم (مگاژول در هکتار)	درصد از کل انرژی ورودی	گندم (مگاژول در هکتار)	درصد از کل انرژی ورودی
الف) ورودی									
نیروی انسانی (ساعت)	hr	۶۸/۶	۰/۱۶	۷۸/۴	۰/۲۱۳	۶۸/۶	۰/۲۴	۷۸/۴	۰/۲۴
ماشین آلات (ساعت)	hr	۳۷۶/۲	۰/۹۱	۴۰۷/۵۵	۱/۱۰۸	۴۳۸/۹	۱/۵۵	۴۳۸/۹	۱/۳۴
سوخت ماشین آلات (لیتر)	L	۵۷۳۶	۱۳/۹۱	۶۲۱۴	۱۶/۸۹	۵۷۳۶	۲۰/۳۳	۵۹۷۵	۱۸/۲۲
نیتروژن (کیلوگرم)	kg	۱۹۸۴۲	۴۸/۱۲	۱۶۵۳۵	۴۴/۹۶	۸۹۲۸/۹	۳۱/۶۵	۱۳۲۲۸	۴۰/۳۴
فسفر (کیلوگرم)	kg	۱۲۴۴	۳/۰۱	۱۰۵۷/۴	۲/۸۷	۷۴۶/۴	۲/۶۴	۶۲۲	۱/۸۹
پتاسیم (کیلوگرم)	kg	۸۳۶/۲۵	۲/۰۲	۸۳۶/۲۵	۲/۲۷	۵۵۷/۵	۱/۹۷	۵۵۷/۵	۱/۷۰
علف‌کش‌ها (لیتر)	L	۱۷۰	۰/۴۱	۲۱۲/۵	۰/۵۷	۲۲۵	۰/۹۰	۰	۰
حشره‌کش‌ها (لیتر)	L	۶۸۷	۱/۶۶	۴۵۸	۱/۲۴	۱۷۱/۲۵	۰/۶۰	۲۲۹	۰/۶۹
قارچ‌کش‌ها (لیتر)	L	۱۰۸	۰/۲۶	۴۳۲	۱/۱۷	۱۶۲	۰/۵۷	۰	۰
آب آبیاری (مترمکعب)	M^3	۷۱۴۰	۱۷/۳۱	۶۱۲۰	۱۶/۶۴	۶۱۲۰	۲۱/۶۹	۶۶۳۰	۲۰/۲۲
بذر مصرفی (کیلوگرم)	kg	۵۰۲۵	۱۲/۱۸	۴۴۲۲	۱۲/۰۲	۵۰۲۵	۱۷/۸۱	۵۰۲۵	۱۵/۳۲
کل انرژی ورودی (مگاژول)	Mj	۴۱۲۳۳/۰۵	۱۰۰	۳۶۷۷۳/۱	۱۰۰	۲۸۲۱۰/۰۵	۱۰۰	۳۲۷۸۳/۸	۱۰۰
ب) خروجی									
عملکرد گندم (کیلوگرم)	kg	۴۰۰۰	۱۰۰	۴۳۰۰	۱۰۰	۴۲۰۰	۱۰۰	۳۰۰۰	۱۰۰
کل انرژی خروجی (مگاژول)	Mj	۵۸۸۰۰	۱۰۰	۶۳۲۱۰	۱۰۰	۶۱۷۴۰	۱۰۰	۴۴۱۰۰	۱۰۰

جدول ۶. شاخص‌های انرژی در تولید محصول گندم در دشت‌های مشهد، تربت جام، تایباد و باخرز

دشت		مشهد	تربت جام	تایباد	باخرز
انرژی	واحد	گندم	گندم	گندم	گندم
انرژی ورودی	$MJ.ha^{-1}$	۴۱۲۳۳/۰۵	۳۶۷۷۳/۱	۲۸۲۱۰/۰۵	۳۲۷۸۳/۸
انرژی خروجی	$MJ.ha^{-1}$	۵۸۸۰۰	۶۳۲۱۰	۶۱۷۴۰	۴۴۱۰۰
عملکرد گندم	$Kg.ha^{-1}$	۴۰۰۰	۴۳۰۰	۴۲۰۰	۳۰۰۰
انرژی خالص	$MJ.ha^{-1}$	۱۷۵۶۶/۹۵	۲۶۴۳۶/۹	۳۳۵۲۹/۹۵	۱۱۳۱۶/۲
کارای مصرف انرژی	-	۱/۴۲	۱/۷۱	۲/۱۸	۱/۳۴
بهره‌وری انرژی	$Kg.MJ^{-1}$	۰/۰۹۷	۰/۱۱۶	۰/۱۴۸	۰/۰۹۱
انرزی مخصوص	$MJ.Kg^{-1}$	۱۰/۳۰	۸/۵۵	۶/۷۱	۱۰/۹۲

جدول ۷. بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در کشت گندم در دشت‌های مشهد، تربت جام، تایباد و باخرز

دشت	درآمد (تومان در هکتار)	هزینه (تومان در هکتار)	بهره‌وری فیزیکی (کیلوگرم بر مترمکعب)	سود خالص (تومان در هکتار)	بهره‌وری اقتصادی (تومان بر متر مکعب)
مشهد	۷۰/۰۰۰/۰۰۰	۲۸/۴۱۹/۷۲۵	۰/۵۷	۴۱/۵۸۰/۲۷۵	۵۹۴۰
تربت جام	۷۵/۲۵۰/۰۰۰	۳۴/۵۸۵/۰۰۰	۰/۷۲	۴۰/۶۶۵/۰۰۰	۶۷۷۸
تایباد	۷۳/۵۰۰/۰۰۰	۳۸/۳۱۳/۱۳۵	۰/۷۰	۳۵/۱۸۶/۸۶۵	۵۸۶۴
باخرز	۵۲/۵۰۰/۰۰۰	۳۴/۸۰۱/۰۰۰	۰/۴۶	۱۷/۶۹۹/۰۰۰	۲۷۲۳

انتشار گازهای گلخانه‌ای

بیشترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در دشت مشهد و به میزان معادل ۱۵۳۹/۱ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در دشت تایباد به میزان معادل ۹۶۴/۷۹ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۷). مقایسه نشان می‌دهد که میزان پتانسیل گرمایش جهانی در دشت مشهد بیشتر از سایر دشت‌ها است. این اختلاف ممکن است به استفاده بیشتر از کودهای نیتروژن، پتاسیم و فسفر و حشره‌کش‌ها در دشت مشهد باشد.

نتیجه‌گیری

در کشاورزی، مدیریت آب و انرژی در بین منابع و نهاده‌ها، همواره جایگاه ویژه و مهمی داشته‌اند. نتایج بهره‌وری فیزیکی آب نشان داد که میزان بهره‌وری فیزیکی آب در دشت‌های مشهد، تربت جام، تایباد و باخرز به ترتیب برابر با ۰/۵۷، ۰/۷۲، ۰/۷ و ۰/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. همچنین نتایج بهره‌وری اقتصادی حاکی از آن بود که بیشترین بهره‌وری اقتصادی در دشت تربت جام و به میزان ۶۷۷۸ تومان بر مترمکعب و کمترین آن در دشت باخرز و به میزان ۲۷۲۳ تومان بر مترمکعب حاصل شد. هم‌چنین نتایج نشان داد که بیشترین کارایی مصرف انرژی و بهره‌وری انرژی به ترتیب به میزان ۲/۱۸ و ۰/۱۴۸ کیلوگرم بر مگاژول مربوط به دشت تایباد و بیشترین انرژی مخصوص به میزان ۱۰/۹۲ مگاژول بر کیلوگرم مربوط به دشت باخرز بود. نتایج حاصل از انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز نشان داد که بیشترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در دشت مشهد و به میزان معادل ۱۵۳۹/۶۸ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در دشت تایباد به میزان معادل ۹۶۴/۷۹ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که علت این مساله استفاده بیشتر از حد کود و سموم در دشت مشهد باشد. نتایج کلی نشان داد که عملکرد محصول در مناطق نسبتاً خشک مانند تربت جام و تایباد نسبت

به مناطق با ارتفاع بالاتر از سطح دریا و نیمه خشک، شبیه مشهد و باخرز بیشتر است و این شاخص علاوه بر وضعیت آب و هوا به شاخص‌های دیگری از جمله مصرف آب و مسائل مدیریتی نیز وابسته است. همچنین مصرف آب نیز در این مناطق کمتر می‌باشد که این امر موجب افزایش بهره‌وری در این مناطق می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

1. Acaroglu, M. and A.S Aksoy. 2005. The cultivation and energy balance of Miscanthus giganteus production in Turkey. Biom. *Bioenergy* 29: 42–48.
2. Asadi H., M. Mahmoodi M. and S. zare. 2022. Determining Profitability and the Economic Productivity of Agricultural Water in Crop Production. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage* 15(6):1404-1411 (in Farsi).
3. Basereh, F., H. Ahmadpari and M. sharifi. 2024. Investigating virtual water content and agricultural water productivity indicators in crops (Case study: Dehloran County, Ilam Province). *Water and Soil Management and Modelling* 4(3): 1-18 (in Farsi).
4. Beheshti Tabar, I., A. Keyhani and S. Rafiee. 2010. Energy balance in Iran's agronomy (1990–2006). *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14: 849– 55.
5. De, D., R. Singh and H. Chandra. 2001. Technological impact on energy consumption in rainfed soybean cultivation in Madhya Pradesh. *Applied Energy* 70:193-213.
6. Farahza M. N., B. Nazari, M.R. Akbari, M.S. Naeini and A. Liaghat. 2020. Assessing the Physical and Economic Water Productivity of Annual Crops in Moghan Plain and Analyzing the Relationship between Physical and Economic Water Productivity. *Irrigation and Water Engineering*.11(2): 166-179 (in Farsi).
7. Fan, X., W. Zhang, W. Chen and B. Chen. 2020. Land–water–energy nexus in agricultural management for greenhouse gas mitigation. *Applied Energy* 265:114796.
8. Ghorbani, R., F. Mondani, S. Amirmoradi, H. Feizi, S. Khorramdel, M. Teimouri, S. Sanjani, S. Anvarkhah and H. Aghel. 2011. A case study of energy use and economical analysis of irrigated and dryland wheat production systems. *Applied Energy* 88: 283–288.
9. Habibi, S., M. Khoshravesh and R. Nouri Khajebelagh. 2024. An Investigation on Physical Productivity of Water and Energy Indices in Two Contrasting Climates. *Journal of Water Research in Agriculture* 38 (1): 1-14 (in Farsi).
10. Hasan, M.M., K. Mahmud, M.N. Islam, P.K. Sarkar and M.S.U. Shariot-Ullah. 2017. Water productivity and yield performances of wheat under different irrigation and tillage treatments. *Fundamental and Applied Agriculture* 2(1): 196-201.
11. Hatirli, S.A., B. Ozkan and C. Fert. 2006. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. *Renewable Energy* 31: 427-438.
12. IPCC. 1995. Climate change, the science of climate change. PP. 110-132. *In*: Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Callander, B.A., Harris, N., Kattenberg, A., and Maskell, K. (Eds). Intergovernmental panel on climate change, Cambridge University Press, Cambridge.
13. Jahad-e- Keshavarzi Organization in Khorasan-e-Razavi Province .2023. Statistical yearbook of agricultural products.
14. Kahramanoğlu, İ., S. Usanmaz and T. Alas. 2020. Water footprint and irrigation use efficiency of important crops in Northern Cyprus from an environmental, economic and dietary perspective. *Saudi Journal of Biological Sciences* 27(1): 134-141.
15. karimi, M. and M. Jolaini. 2017. Evaluation of Agricultural Water Productivity Indices in Major Field Crops in Mashhad Plain (Technical Note). *Journal of Water and Sustainable Development* 4(1): 133-138 (in Farsi).
16. Khodaei joghan, A., M. taki and H. matoorian. 2022. Evaluating energy productivity, greenhouse gas emission, global warming potential and sustainability index of Wheat and Rapeseed agroecosystems in Khorramshahr. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 32(1): 309-324 (in Farsi).
17. Kitani, O. 1999. CIGR Handbook of Agricultural Engineering. American Society of Agricultural Engineers, United States of America.

18. Kramer, K.J., H.C. Moll and S. Nonhebel. 1999. Total greenhouse gas emissions related to the Dutch crop production system. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 72: 9-16.
19. Lal, R. 2004. Carbon emission from farm operations. *Environment International* 30: 981-990.
20. Mandal, K., K. Saha, P. Ghosh, K. Hati and K. Bandyopadhyay. 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. *Biomass and Bioenergy* 23: 337-345.
21. Mohammadi, A., S. Rafiee, A. Jafari, A. Keyhani, S.H. Mousavi-Avval and S. Nonhebel. 2014. Energy use efficiency and greenhouse gas emissions of farming systems in north Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30: 724-733.
22. Nakhjavanimoghaddam, M. M. and B. gh and Z, gh. 2017. Wheat Water Productivity Analysis under Different Irrigation Management Practices in Some Regions of Iran. *Journal of Water Research in Agriculture* 31(1): 43-57 (in Farsi).
23. Rajabi, M. H., E. Zeinali and E. Soltani. 2012. Evaluation of energy use in wheat production in Gorgan, *Journal of Plant Production Research* 19(3): 143-171 (in Farsi).
24. Salamati, N., J. Baghani and F. Abbasi. 2018. Determination of wheat water productivity in sprinkler and surface irrigation systems (Case Study in Behbahan). *Iranian Journal of Soil and Water Research* 49(4): 821-830 (in Farsi).
25. Singh, R. J.C. Van Dam and R.A. Feddes. 2006. Water productivity analysis of irrigated crops in Sirsa District. *Indian Agricultural Water Management* 82: 253-278.
26. Smith, P., M. Bustamante, H. Ahammad, H. Clark, H. Dong, E. Elsiddig, H. Haberl, R. Harper, J. House and M. Jafari. 2014. Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
27. Snyder, C., T. Bruulsema, T. Jensen and P. Fixen. 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 133: 247-266.
28. Tavakoli, A., H. Hokmabadi, A. naderi Arefi and A. Hajji. 2021. Assessment of Comparative Advantage of Agricultural Crops in Semnan Province Based on Water Productivity. *Journal of Water and Soil Science* 25 (4) :63-81 (in Farsi).
29. Vahedi, A. and S. Zarifneshat. 2021. Evaluation Energy Flow and Analysis of Energy Economy for Irrigated Wheat Production in Different Geographical Regions of Iran. *Journal of Agricultural Machinery* 11(2): 505-523 (in Farsi).