Crop Science Research in Arid Regions

homepage: https://cropscience.uoz.ac.ir/

Research Article
Volume 7, Issue 3, 2025, P. 463-477

Comparition of two semi-traditional and mechanized rice farming systems using energy and economic indices (case study: Dorud county)

Marzieh Hadifard [a], Khosro Azizi [a], Sajjad Rahimi-Moghaddam [*a], Hamed Eyni-Nargeseh [b]

[a] Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, Khorramabad, Iran
[b] Department of Agricultural Engineering, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran

[*]Corresponding Author: rahimi.s@lu.ac.ir

Received: 11 March 2024 Accepted: 20 August 2024 **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.389574.1330**

How to cite this article:
Hadifard, M., Azizi, K., Rahimi-Moghaddam, S. and Eyni-Nargeseh, H., 2025. Comparition of two semi-traditional and mechanized rice farming systems using energy and economic indices (case study: Dorud County). *Crop Science Research in Arid Regions, 7*(3), 463-477. https://doi.org/10.22034/csrar.2024.389574.1330

Abstract

Introduction: Today, agriculture is one of the main consumers of energy in the world. Due to the limitations of energy resources and the growing trend of the world population, the importance of studying energy in the agricultural sector becomes apparent. Analyzing energy input flows to agricultural systems can improve energy use efficiency by understanding more details about inputs and their contribution in total energy input to the farm.

Materials and Methods: The present research aimed to analyze energy and economic indicators in semi-traditional and mechanized rice farming systems in Durood County, Lorestan Province, in 2022. The data used in this study were obtained using a questionnaire and face to face in the studied region. In this research, different energy indicators (net energy, energy efficiency, energy consumption efficiency, specific energy, and water efficiency) and economic indicators (total production cost, gross income, net income, and income-cost ratio) were used to compare the energy flow in two systems of semi-traditional and mechanized rice cultivation.

Results and Discussion: The results showed that the total energy input entering the semi-traditional and mechanized farming systems was calculated as 139666.34 and 136228.19 MJ ha^{-1}, respectively. The highest amount of energy use in the semi-traditional and mechanized systems is related to fossil fuel (65.96 and 66.49%), irrigation water (17.17 and 16.62%), and nitrogen fertilizer (10.97 and 10.97%), respectively. The results of this research showed that in both semi-traditional and mechanized farming systems, the share of direct energies was significantly higher than indirect energies, which was due to the excessive use of resources such as human labor, fossil fuel, and irrigation water. In addition, non-renewable energies also made up about 80% of the input energies entering the semi-traditional and mechanized farming systems in Durood county, while the share of renewable energies was calculated to be about 20%. The higher share of non-renewable energies can be attributed to the excessive use of chemical fertilizers (nitrogen, phosphorus, and potash), fossil fuels, pesticides, herbicides, and fungicides. The results of the analyzing energy indicators revealed that the amounts of net energy, energy productivity, energy use efficiency, and specific energy in the semi-traditional farming system were equal to 11381.66 MJ ha^{-1}, 0.04 kg MJ^{-1}, 1.08, and 22.92 MJ ha^{-}

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

[1], while they were calculated as 29419.81 MJ ha^{-1}, 0.05 kg MJ^{-1}, 1.22 and 21.49 MJ ha^{-1} in the mechanized farming system, respectively. Moreover, the water use efficiency was equal to 0.248 and 0.285 kg m^3 in semi-traditional and mechanized systems, respectively. The net income in the mechanized farming system (989714780 Rials) was higher than the net income obtained from the semi-traditional rice farming system (813695300 Rials) due to the higher economic performance of grain and straw. The income-to-cost ratio was also higher in the mechanized system than in the semi-traditional system, indicating more income per unit of cost in the mechanized system.

Conclusion: Altogether and according to the findings of this research, the mechanized cultivation method was superior as compared with the semi-traditional rice cultivation method based on economic and energy indicators. It is suggested that in order to increase the share of renewable energies and increase the energy use efficiency in both mechanized and semi-traditional systems, farmers should use less fossil fuel for irrigating the fields by using irrigation water based on the plant's irrigation requirement.

Keywords: Energy use efficiency, Fossil fuel, Irrigation water, Renewable energies, Seed yield

تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد هفتم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۴، ص ۴۷۷-۴۶۳

مقاله پژوهشی

مقایسه دو سیستم کشت نیمه‌سنتی و مکانیزه برنج با استفاده از شاخص‌های انرژی و اقتصادی (مطالعه موردی: شهرستان دورود)

مرضیه هادی‌فرد[۱]، خسرو عزیزی[۱]، سجاد رحیمی مقدم*[۱]، حامد عینی نرگسه[۲]

۱- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

۲- گروه مهندسی کشاورزی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران

* مسئول مکاتبه: rahimi.s@lu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۳۰ **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.389574.1330**

چکیده

با توجه به روند رو به رشد جمعیت جهان، اهمیت مطالعات انرژی در بخش کشاورزی روبه افزایش است. این تحقیق در سال ۱۴۰۱ به‌منظور مقایسه دو سیستم کشت نیمه‌سنتی و مکانیزه برنج در شهرستان دورود با استفاده از شاخص‌های انرژی و اقتصادی انجام شد. بدین منظور، از شاخص‌های مختلف انرژی (انرژی خالص، بهره‌وری انرژی، کارایی مصرف انرژی، انرژی مخصوص و کارایی مصرف آب) و اقتصادی (کل هزینه‌های تولید، درآمد ناخالص، درآمد خالص و نسبت سود به هزینه) استفاده شد. میزان کل انرژی ورودی به سیستم‌های کشت نیمه‌سنتی و مکانیزه به‌ترتیب ۱۳۹۶۶۶/۳۴ و ۱۳۶۲۲۸/۱۹ مگاژول در هکتار بود. بیش‌ترین میزان مصرف انرژی در سیستم‌های نیمه‌سنتی و مکانیزه به‌ترتیب مربوط به سوخت فسیلی (۶۵/۹۶ و ۶۶/۴۹ درصد)، آب آبیاری (۱۷/۱۷ و ۱۶/۶۲ درصد) و کود نیتروژن (۱۰/۹۷ و ۱۰/۹۴ درصد) بود. میزان انرژی خالص، بهره‌وری انرژی، کارایی مصرف انرژی و انرژی مخصوص در سیستم کشت نیمه‌سنتی برابر ۱۱۳۸۱/۶۶ مگاژول بر هکتار، ۰/۰۴ کیلوگرم بر مگاژول، ۱/۰۸ و ۲۳/۹۲ مگاژول در هکتار بود. این درحالی بود که در سیستم کشت مکانیزه این مقادیر برابر ۲۹۴۱۹/۸۱ مگاژول بر هکتار، ۰/۰۵ کیلوگرم بر مگاژول، ۱/۲۲ و ۲۱/۴۹ مگاژول در هکتار بدست آمد. درآمد خالص در سیستم‌های کشت مکانیزه و نیمه‌سنتی برابر ۹۸۹۷۱۴۷۸۰ و ۸۱۳۶۹۵۳۰۰ ریال بدست آمد. روی هم، روش کشت مکانیزه بر اساس شاخص‌های اقتصادی و انرژی نسبت به روش کشت نیمه‌سنتی برتر بود. برای افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و کارایی مصرف انرژی نیز می‌توان با آبیاری بر اساس نیاز گیاه و کاهش سوخت فسیلی برای آبیاری مزارع به این مهم دست یافت.

واژه‌های کلیدی: آب آبیاری، سوخت فسیلی، عملکرد دانه، کارایی مصرف انرژی

مقدمه

تولید محصولات کشاورزی و به دنبال آن تأمین امنیت غذایی برای همه افراد هر جامعه یکی از چالش‌های مهم در بخش کشاورزی به‌شمار می‌رود و برای نیل به این هدف، حفظ منابع محیطی مانند زمین و آب از یک سو و اثرات محیط زیستی کمتر از سوی دیگر باید مورد توجه کافی قرار گیرند (Mohammadzadeh *et al.*, 2017). در همین زمینه، افزایش مصرف انرژی در بخش کشاورزی برای تولید بیشتر و محدودیت منابع انرژی مباحث مهمی هستند که توجه محققین را به خود جلب کرده‌اند. موازنه انرژی زمانی آغاز شد که انسان به محدودیت در منابع سوخت‌های فسیلی پی برد و به همین دلیل برنامه‌ریزی‌ها برای مصرف بهینه آن‌ها در بخش‌های مختلف افزایش یافت (Platis *et al.*, 2019). مشکلات محیط‌زیستی را می‌توان از طریق استفاده مطلوب از انرژی در بخش کشاورزی به حداقل رساند و در جهت اهداف کشاورزی پایدار حرکت کرد (Kizilaslan, 2009).

به‌منظور تولید محصولات کشاورزی برخی از نهاده‌های ورودی به بوم‌نظام‌ها مانند سوخت فسیلی، الکتریسیته، ماشین‌آلات، انواع کودها و سموم شیمیایی، نیروی انسانی و بذر بخش قابل توجهی از انرژی مصرفی را به خود اختصاص می‌دهند (Soni *et al.*, 2021). انرژی‌های ورودی در سیستم‌های زراعی به چهار گروه انرژی‌های مستقیم، غیر مستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم می‌شوند (Kazemi *et al.*, 2015). این تقسیم‌بندی‌ها یکی از روش‌های متداول برای تجزیه و تحلیل جریان انرژی و اثرات محیط‌زیستی بوم‌نظام‌های تولیدی است (Vahedi and Zarifneshat, 2021) و در نهایت می‌توان به این مهم دست یافت که چه مقدار از انرژی ورودی به‌طرز موثری مورد استفاده قرار گرفته

است (Htwe *et al.*, 2021).

برنج یکی از مهم‌ترین محصولات غذایی در دنیا است که تولید سالانه آن بیش از ۵۰۰ میلیون تن می‌باشد (FAO, 2021). سطح زیر کشت و تولید برنج کشور در آخرین گزارش وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ به‌ترتیب معادل ۶۵۰ هزار هکتار و ۳/۰۳ میلیون تن بوده است و استان لرستان با سطح زیر کشت حدود ۸ هزار هکتار مقام ششم را در بین استان‌های تولید کننده برنج به خود اختصاص داده است (Ministry of Agriculture Jihad, 2021). در شالیزارهای سراسر کشور، شیوه‌های کشت بسته به منطقه و شرایط موجود مانند دسترسی به ماشین‌آلات کشاورزی و نیروی کارگری متفاوت است. انواع روش‌های کشت به‌طور قابل توجهی بر جریان انرژی‌های ورودی و خروجی به مزرعه تأثیر می‌گذارند (Soni *et al.*, 2018; Sharifi *et al.*, 2021). برخی از پژوهش‌ها نشان داده‌اند که با افزایش سطح مکانیزاسیون و استفاده نامناسب از کودهای شیمیایی، کارایی مصرف انرژی در مقایسه با سیستم‌های سنتی‌تر کاهش می‌یابد (Tabatabaie *et al.*, 2013) در حالی‌که برخی دیگر (Pishgar-Komleh *et al.*, 2011) نشان‌دهنده بالاتر بودن کارایی مصرف انرژی در سیستم‌های مکانیزه است. یافته‌های حاصل از بررسی نظام‌های مختلف کشت ذرت با استفاده از شاخص‌های اقتصادی و انرژی نشان داد که سیستم خاک‌ورزی حداقل به‌همراه کود زیستی کارایی مصرف انرژی و بهره‌وری انرژی بیشتری نسبت به سایر نظام‌های رایج داشت (Mazarei *et al.*, 2019). در پژوهشی دیگر دو سیستم نیمه سنتی و نیمه مکانیزه برنج از نظر جریان انرژی و اثرات محیط زیستی مورد بررسی قرار گرفتند و نتایج این تحقیق نشان داد که میزان مصرف انرژی در سیستم نیمه سنتی حدود ۳۱ درصد بیشتر بود (Pourshirazi and Rasam, 2013). ارزیابی سه سیستم ارگانیک، کم نهاده و متداول برنج در استان مازندران با استفاده از شاخص‌های انرژی ارزیابی نشان از بالاتر بودن میزان انرژی ورودی به سیستم متداول (۶۰۲۲۵/۴۲ مگاژول بر هکتار) در مقایسه با سیستم ارگانیک (۱۸۶۶۲/۱۴ مگاژول بر هکتار) داشت (Saber *et al.*, 2022).

تجزیه و تحلیل جریان‌های ورودی انرژی به سیستم‌های کشاورزی می‌تواند از طریق آگاهی از جزئیات بیشتر مربوط به هر ورودی و سهم آن‌ها در کل انرژی ورودی به مزرعه، زمینه را برای بهبود کارایی مصرف انرژی فراهم کند. همان‌گونه که پیش‌تر اشاره شد، برنج به‌عنوان یک محصول راهبردی، سهم بسزایی در تأمین امنیت غذایی کشور دارد؛ از طرفی با توجه به میزان مصرف انرژی زیاد برای تولید این محصول بخصوص در بخش آبیاری، نیروی انسانی و سوخت فسیلی لازم است در هر منطقه سیستم‌های کشت مختلف از نظر شاخص‌های انرژی و اقتصادی بررسی شده و بهینه‌ترین سیستم شناسایی شود. بر همین اساس و با توجه به اهمیت محصول برنج از نظر غذایی و همچنین منافع اقتصادی آن برای کشاورزان در استان لرستان، این مطالعه با هدف بررسی شاخص‌های انرژی و اقتصادی دو سیستم کشت برنج به‌صورت مکانیزه و نیمه‌سنتی در بوم‌نظام‌های برنج شهرستان دورود در استان لرستان و معرفی سیستم برتر از لحاظ شاخص‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در سال ۱۴۰۱ در شهرستان دورود واقع در استان لرستان انجام شد. شهرستان دورود در شرق استان لرستان واقع شده که مساحت آن حدود ۱۳۲۶ کیلومتر مربع است. این شهرستان از غرب به شهرستان خرم‌آباد، از شمال به شهرستان‌های بروجرد و شازند، از شرق به شهرستان ازنا و از جنوب به شهرستان الیگودرز متصل است و از نظر موقعیت جغرافیایی بین ۴۹ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. برنج یکی از محصولات مهم شهرستان دورود است که پس از گندم و جو بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده است. برنج این شهرستان دورود به دو روش کشت نیمه‌سنتی (مرسوم) توسط کارگر به‌صورت دستی و مکانیزه با استفاده از دستگاه نشاءکار کشت می‌گردد. بر همین اساس تحقیق حاضر دو سیستم کشت نیمه‌سنتی و مکانیزه را با استفاده از شاخص‌های انرژی و اقتصادی مورد بررسی و تحلیل قرار داد.

همانگونه که قبلاً اشاره شد، برنج یکی از محصولات مهم در استان لرستان به‌شمار می‌رود و شهرستان دورود حدود نیمی از

سطح زیر کشت مزارع برنج را به خود اختصاص می‌دهد. در این شهرستان ارقام مورد استفاده در هر دو سیستم کشت، صدری و علی کاظمی هستند. عملیات آماده‌سازی زمین (مرزبندی، شخم، دوغاب، تسطیح) در سیستم نیمه‌سنتی با استفاده از مرزبند، گاوآهن برگردان سه خیش و لولر و در سیستم مکانیزه توسط مرزبند، گاوآهن برگردان شش خیش، چیزل و لولر صورت می‌پذیرد. در شهرستان دورود خزانه برنج حدودا در نیمه اول اردیبهشت تهیه می‌شود و پس از ۳۰ الی ۳۵ روز نشاءهای برنج به زمین اصلی منتقل می‌گردند. در کشت مکانیزه این عمل توسط نشاءکار و در سیستم نیمه‌سنتی توسط نیروی انسانی انجام می‌شود. در سیستم مکانیزه عملیات کودپاشی با استفاده از کودپاش‌های پشت تراکتوری و سمپاشی علیه آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز با استفاده از سمپاش‌های پشت تراکتوری یا پهباد و در سیستم نیمه‌سنتی عملیات کودپاشی و سمپاشی علیه آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز به‌صورت دستی و توسط کارگر صورت می‌گیرد. برداشت نهایی در هر دو سیستم به‌طور تقریبی در اوایل مهر صورت می‌پذیرد؛ برای این منظور در هر دو سیستم از کمباین مخصوص برداشت برنج استفاده می‌شود. ادوات مورد استفاده در هر دو سیستم در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- ماشین‌آلات مورد استفاده، ساعت کاری و سوخت مورد استفاده در دو سیستم نیمه‌سنتی و مکانیزه برنج

Table 1- Used machinery, hour working, and used fossil fuel in two semi-traditional and mechanized systems

مکانیزه Mechanized			نیمه سنتی Semi-traditional		
ادوات مورد استفاده Used machinery	ساعت کاری Hour working	سوخت استفاده شده Used fossil fuel (L)	ادوات مورد استفاده Used machinery	ساعت کاری Hour working	سوخت استفاده شده Used fossil fuel (L)
تراکتور فرگوسن Tractor Ferguson 285			تراکتور فرگوسن Tractor Ferguson 285		
چیزل Chisel plow	2.51	16	گاوآهن برگردان Moldboard Plow	4.55	17.83
روتاری Rotavator	8.25	38.16	روتاری Rotavator	8.23	37.74
تسطیح کننده زمین Land leveler	2.07	16.17	تسطیح کننده زمین Land leveler	2.35	15.86
مرزبند Slider disk border	8.12	48.23	مرزبند Slider disk border	8.22	48.34
کودپاش پشت تراکتوری Tractor mounted fertilizer	2.43	14.58	خزانه Nursery	3.58	14.46
سمپاش پشت تراکتوری Tractor mounted sprayer	2.43	14.58	کمباین مخصوص برنج Rice combine	8.30	96.96
نشاءکاری Transplanting	7.30	29.6			
کمباین مخصوص برنج Rice combine	8.14	96.80			
مجموع Total	41.25	274.12		35.23	231.19

جامعه آماری و جمع‌آوری داده‌ها

در ابتدا و برای طراحی پرسشنامه و جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، اطلاعات مربوط به کاشت برنج از مرحله تهیه خزانه تا برداشت نهایی محصول با استفاده از منابع گوناگون شامل مطالعات کتابخانه‌ای، اطلاعات موجود در جهاد کشاورزی استان و منطقه و مصاحبه با برخی از کشاورزان برنج‌کار گردآوری شد. در ادامه، پرسشنامه‌ای طراحی گردید و تمامی جریان‌های ورودی و خروجی موثر بر میزان انرژی ورودی و خروجی به هر دو سیستم مورد مطالعه جمع‌آوری شد. این اطلاعات شامل اطلاعات پایه (مساحت مزرعه و شیوه کشت)، تمام ورودی‌های مستقیم و غیر مستقیم انرژی (شامل: نیروی کارگری، ماشین‌آلات، کود نیتروژن، کود فسفر، کود پتاسیم، کود آلی، حشره‌کش، قارچ‌کش، علف‌کش، سوخت، الکتریسیته، آب آبیاری و بذر) و خروجی‌های انرژی (شامل: شلتوک، کاه و کلش) بود.

جامعه آماری این پژوهش شامل تمامی برنج‌کاران شهرستان دورود بود و برای به دست آوردن حجم نمونه برنج‌کاران از معادله کوکران استفاده شده است:

$$n = \frac{\frac{Z^2 pq}{d^2}}{1+\frac{1}{N}(\frac{Z^2 pq}{d^2}-1)} \quad (۱)$$

در این معادله n حجم نمونه آماری، N حجم جامعه آماری، d اشتباه مجاز برابر با ۰/۰۵، z مقدار متغیر نرمال با سطح اطمینان α-۱ است. در آزمون دو دامنه مقدار z برای سطح اطمینان ۹۵ درصد برابر ۱/۹۶ و برای سطح اطمینان ۹۹ درصد برابر ۲/۵۸ است که در این مطالعه برابر با ۱/۹۶ بود. همچنین p نسبت برخورداری از صفت مورد نظر و q (1-p) نسبت عدم برخورداری از صفت مورد نظر است که در این مطالعه مقدار p و q برابر با ۰/۰۵ درنظر گرفته شد. با توجه به حجم جامعه آماری (۱۳۰۰ کشاورز برنج‌کار) تعداد ۲۹۶ پرسشنامه در بین کشاورزان توزیع و تکمیل شد. شایان ذکر است با توجه به برابر بودن کشاورزان برنجکار در هر دو سیستم، ۱۴۸ پرسشنامه برای سیستم کشت نیمه‌سنتی و ۱۴۸ پرسشنامه برای سیستم مکانیزه تمکیل شد.

جدول ۲- معادل‌های انرژی برای ورودی‌های استفاده شده و خروجی‌های بدست آمده در سیستم‌های تولید برنج

Table 2- Energy equivalent for used inputs and obtained outputs in rice production systems

نوع Item	مقدار Value: نیمه‌سنتی Semi-traditional	مکانیزه Mechanized	معادل انرژی Energy equivalent (MJ)	منبع Reference
ورودی Input				
نیروی کارگری (ساعت) Human labor (hr)	1100.95	982.14	1.96	Singh *et al.*, 1994
ماشین‌آلات (ساعت) Machinery (hr)	35.23	41.25	62.7	Singh and Mittal, 1992
سوخت دیزل (لیتر) Fossil fuel (L)	1635.99	1608.68	56.31	Mobtaker *et al.*, 2010
بذر (کیلوگرم) Seed (kg ha^{-1})	69.59	59.12	14.7	Ozkan *et al.*, 2004
آب آبیاری (متر مکعب) Irrigation water (m^3)	23507	22194.20	1.02	Acaroglu, 1998
علف‌کش (کیلوگرم ماده موثر) Herbicide (kg active ingredient)	0.20	0.21	238	Gundogmus, 2006
قارچ‌کش (کیلوگرم ماده موثر) Fungicide (kg active ingredient)	1.07	1.07	216	Pathak and Binning, 1985
حشره‌کش (کیلوگرم ماده موثر) Pesticide (kg active ingredient)	1.58	1.95	101.2	Erdal *et al.*, 2007
کودهای شیمیایی (کیلوگرم) Chemical fertilizers (kg)				
نیتروژن Nitrogen (kg)	231.68	225.40	66.14	Ozkan *et al.*, 2011
فسفات Phosphorous (kg)	72.22	58.28	12.44	Ozkan *et al.*, 2011
پتاسیم Potassium (kg)	26.00	38.30	11.15	Ozkan *et al.*, 2011
گوگرد Sulfur (kg)	0.20	0.60	1.12	Singh *et al.*, 2002
کود آلی (کیلوگرم) Organic manure (kg)	4090	3620	0.3	Ozkan *et al.*, 2004
خروجی Output				
کاه (کیلوگرم) Straw (kg)	5216	5796	12.5	Ozkan *et al.*, 2004; Sayin *et al.*, 2005
شلتوک برنج (کیلوگرم) Rough rice (kg)	5840	6340	14.7	Ozkan *et al.*, 2004; Sayin *et al.*, 2005

تجزیه و تحلیل داده‌ها و محاسبه شاخص‌های انرژی و اقتصادی

پس از جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز از کشاورزان با استفاده از پرسشنامه، این داده‌ها وارد صفحات اکسل شد. در این مرحله میزان هر یک از ورودی‌ها و خروجی‌ها به ازای یک هکتار زمین زراعی محاسبه شد؛ با توجه به اینکه ورودی‌ها و خروجی‌های مختلف یک بوم‌نظام دارای واحدهای متفاوت هستند و انجام مقایسات در این شرایط دشوار است، تمام ورودی‌ها و خروجی‌ها از طریق ضرایب مخصوص به معادل انرژی آن‌ها تبدیل شد. مقادیر ورودی‌ها و همچنین خروجی‌های مربوط به دو سیستم نیمه‌سنتی و مکانیزه و ضرایب تبدیل آن‌ها بر حسب مگاژول بر هکتار در جدول ۲ ارائه شده است.

پس از محاسبه انرژی‌های ورودی و خروجی بر حسب یک واحد یکسان، شاخص‌های مختلف انرژی شامل کارایی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی مخصوص، انرژی خالص و کارایی مصرف آب با استفاده از معادلات زیر (جدول ۳) محاسبه شدند (Asgharipour *et al.*, 2012):

جدول ۳- شاخص‌های انرژی مورد استفاده و کارایی مصرف آب

Table 3- Used energy indicators and water use efficiency

شاخص Indicator	فرمول Formula
کارایی مصرف انرژی Energy use efficiency (EUE)	EUE= Total Output Energy (MJ ha^{-1})/Total Input Energy (MJ ha^{-1})
بهره‌وری انرژی Energy productivity (EP)	EP (Kg MJ) = Crop output (Kg ha^{-1}) / Input energy (MJ ha^{-1})
انرژی مخصوص Specific energy (SE)	SE (MJ kg^{-1}) = Total Input Energy (MJ ha^{-1}) / Total main product yield (kg ha^{-1})
انرژی خالص Net energy (NE)	NE (MJ kg^{-1}) = Total output energy (MJ kg^{-1}) – Total input energy (MJ kg^{-1})
کارایی مصرف آب Water use efficiency (WUE)	WUE (kg m^{-3}) = Grain yield (kg) / Irrigation water (m^3)

در ادامه سهم هر کدام از اشکال انرژی‌های ورودی به‌صورت مستقیم (نیروی انسانی، سوخت دیزلی و آب آبیاری)، غیرمستقیم (ماشین‌آلات، بذر، کودهای شیمیایی، کود حیوانی و آفت‌کش‌ها)، تجدیدپذیر (نیروی انسانی، بذر، آب آبیاری و کود دامی) و تجدیدناپذیر (کودهای شیمیایی، سوخت دیزلی، آفت‌کش‌ها) محاسبه و مورد ارزیابی واقع شدند (Asgharipour *et al.*, 2012; Yilmaz *et al.*, 2005; Azizi *et al.*, 2023).

به منظور بررسی و تحلیل بهتر نظام‌های مختلف کشت برنج در شهرستان دورود شاخص‌های اقتصادی مختلفی شامل درآمد ناخالص، درآمد خالص، کل هزینه‌های تولید، و نسبت سود به هزینه استفاده شد (جدول ۴) (Asgharipour *et al.*, 2012):

جدول ۴- شاخص‌های اقتصادی مورد استفاده

Table 4- Used economic indicators

شاخص Indicator	فرمول Formula
درآمد ناخالص Gross income (GI)	GI (Rials ha^{-1}) = Rice yield (kg ha^{-1}) × Rice price (Rials)
درآمد خالص Net income (NI)	NI = Gross value of production (Rials ha^{-1}) – Total cost of production (Rials ha^{-1})
کل هزینه‌های تولید Total cost of production (TCP)	TCP = Variable cost of production (Rials ha^{-1}) + Fixed cost of production (Rials ha^{-1})
نسبت سود به هزینه Income to cost ratio (ICR)	ICR = Gross value of production (Rials ha^{-1}) / Total cost of production (Rials ha^{-1})

نتایج و بحث

در جدول ۵ مقادیر جریان‌های انرژی ورودی و خروجی به هر دو سیستم کشت مکانیزه و نیمه‌سنتی برنج ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، مجموع انرژی‌های ورودی به دو سیستم نیمه‌سنتی و مکانیزه به‌ترتیب معادل ۱۳۹۶۶۶/۳۴ و ۱۳۶۲۲۸/۱۹ مگاژول در هکتار بود. نتایج این تحقیق نشان داد بیشترین سهم در بین انرژی‌های ورودی به هر دو سیستم نیمه‌سنتی و مکانیزه با میانگین‌های ۶۵/۹۶ و ۶۶/۴۹ درصد متعلق به سوخت دیزلی بود. پس از آن نیز آب آبیاری با میانگین‌های ۱۷/۱۷ و ۱۶/۶۲ درصد و نیتروژن با میانگین‌های ۱۰/۹۷ و ۱۰/۹۴ درصد بیشترین سهم را در میان انرژی‌های ورودی به خود اختصاص دادند (جدول ۵). از آنجایی‌که نیاز آبی برنج در مقایسه با سایر محصولات زراعی بالا است و در منطقه مورد مطالعه برای آبیاری مزارع از پمپ‌های دیزلی با مصرف گازوئیل استفاده می‌شود، این ورودی بیشترین سهم را در بین مجموع انرژی ورودی به سیستم‌ها داشت. شایان ذکر است که بخش کوچکی از کل سوخت دیزلی مصرف شده در هر دو سیستم مورد بررسی مربوط به استفاده ماشین‌آلات در مراحل مختلف کاشت تا برداشت بود (به‌ترتیب ۱۴ و ۱۷ درصد برای نیمه‌سنتی و مکانیزه)، درحالی‌که سهم اصلی مصرف سوخت فسیلی در این بوم‌نظام‌ها به استخراج آب از رودخانه برای آبیاری مزارع تعلق داشت (به‌ترتیب ۸۶ و ۸۳ درصد برای نیمه‌سنتی و مکانیزه).

به‌طورکلی سوخت فسیلی یکی از ورودی‌های مهم در بوم‌نظام‌های کشاورزی است که مقدار مصرف آن به‌طور مستقیم به استفاده از ماشین‌آلات از کاشت تا برداشت و همچنین میزان و نحوه تأمین آب مورد نیاز محصولات بستگی دارد (Soni *et al.*, 2018; Tavakoli Kakhaki and Ghodsi, 2020).

در همین زمینه در تحقیقی دو بوم‌نظام پاییزه و بهاره کشت سیب‌زمینی با استفاده از تحلیل انرژی مورد مقایسه قرار گرفتند و نتایج آن نشان داد که بیشترین سهم از انرژی‌های ورودی به هر دو نظام متعلق به سوخت فسیلی (حدود ۳۰ درصد) بود (Shahhoseini *et al.*, 2021). نتایج حاصل از یک پژوهش دیگر در زمینه مقایسه سه سیستم متداول، کم‌نهاده و ارگانیک برنج در استان مازندران نیز نشان داد که سوخت فسیلی با میانگین ۴۳/۳۷، ۴۴/۵۶ و ۶۲/۸۹ درصد، بیشترین سهم را در بین کل انرژی‌های ورودی به خود اختصاص داد (Saber *et al.*, 2022) که با نتایج مطالعه جاری مطابقت دارد.

انرژی خروجی حاصل از کاه و شلتوک برنج برای کشت مکانیزه بیشتر از کشت نیمه‌سنتی بود. در هر دو سیستم سهم انرژی شلتوک برنج بیشتر از کاه بود.

انرژی‌های ورودی به هر دو سیستم به دسته‌های مستقیم و غیر مستقیم و همچنین تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم شدند (جدول ۶). نتایج این تحقیق نشان داد که در هر دو سیستم نیمه‌سنتی و مکانیزه سهم انرژی‌های مستقیم به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از انرژی‌های غیر مستقیم بود که این موضوع به استفاده بیش از حد از منابعی مانند نیروی انسانی، سوخت دیزلی و آب آبیاری ارتباط دارد. علاوه بر این، انرژی‌های تجدیدناپذیر نیز حدود ۸۰ درصد از انرژی‌های ورودی به مزارع نیمه‌سنتی و مکانیزه شهرستان دورود را تشکیل دادند و سهم انرژی‌های تجدیدپذیر حدود ۲۰ درصد محاسبه شد (جدول ۶). بیشتر بودن سهم انرژی‌های تجدیدناپذیر را می‌توان به استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی (نیتروژن، فسفر و پتاس)، سوخت دیزل، آفت‌کش، علف‌کش و قارچ‌کش نسبت داد. از آنجایی‌که برنج نیاز آبی بالایی دارد و همان‌گونه که اشاره شد بخش عمده‌ای از سوخت فسیلی استفاده شده برای آبیاری مزارع بکار می‌رود و ناگزیر مصرف سوخت فسیلی در کشت برنج بالا می‌رود، می‌توان با کاهش در میزان سایر ورودی‌ها مانند کود نیتروژن و جایگزین کردن آن با کودهای آلی و همچنین مدیریت تلفیقی آفات، بیماری‌های و علف‌های هرز در سطح مزارع از میزان مصرف این دو متغیر مهم و تأثیرگذار بر میزان انرژی‌های تجدیدناپذیر کاست. همسو با یافته‌های این تحقیق، نتایج یک مطالعه از بررسی تحلیل انرژی سه سیستم کشت متداول، کم‌نهاده و ارگانیک برنج در استان مازندران حاکی از بیشتر بودن سهم انرژی‌های مستقیم و تجدیدناپذیر در مقایسه با انرژی‌های غیرمستقیم و تجدیدپذیر در هر سه سیستم مورد مطالعه بود (Saber *et al.*, 2022). سهم بیشتر انرژی‌های مستقیم نسبت به انرژی‌های غیرمستقیم و همچنین انرژی‌های تجدیدناپذیر نسبت به انرژی‌های تجدیدپذیر در بوم‌نظام‌های زراعی مختلفی مانند گندم، جو، کلزا، یونجه، ذرت علوفه‌ای و پنبه در دشت شریف‌آباد در استان تهران نیز گزارش شده است (Vafabakhsh and Mohammadzadeh, 2019).

جدول ۵- مقادیر ورودی و خروجی انرژی مصرف شده در سیستم‌های کشت مکانیزه و نیمه‌سنتی برنج در شهرستان دورود

Table 5- Input and output values of energy used in semi-traditional and mechanized rice farming systems in Dorud county

نوع Item	نیمه‌سنتی Semi-traditional (MJ ha^{-1})	درصد از کل Percentage of total	مکانیزه Mechanized (MJ ha^{-1})	درصد از کل Percentage of total
نیروی کارگری Human labor	2157.86	1.55	1924.99	1.41
ماشین‌آلات Machinery	2208.92	1.58	2586.38	1.90
سوخت دیزل Fossil fuel	92122.60	65.96	90584.77	66.49
بذر Seed	1022.97	0.73	869.06	0.64
آب آبیاری Irrigation water	23977.14	17.17	22638.08	16.62
علف کش Herbicide	47.60	0.03	49.98	0.04
قارچ کش Fungicide	230.90	0.17	230.90	0.17
حشره کش Pesticide	101.20	0.11	197.340	0.14
نیتروژن Nitrogen	15323.32	10.97	14907.96	10.94
فسفات Phosphorus	898.42	0.64	725.00	0.53
پتاسیم Potassium	289.90	0.21	427.05	0.31
گوگرد Sulfur	0.22	0	0.67	0
کود دامی Organic manure	1227.00	0.88	1086.00	0.80
کل انرژی ورودی Total input energy	139666.34	100	136228.19	100
کاه و کلش Straw	65200.00	43.17	72450.00	43.74
شلتوک برنج Rough rice	85848.00	56.83	93198.00	56.26
کل انرژی خروجی Total output energy	151048.00	100	165648.00	100

جدول ۶- سهم انرژی‌های مستقیم، غیر مستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در سیستم‌های کشت مکانیزه و نیمه‌سنتی برنج در شهرستان دورود

Table 6- Contribution of direct, indirect, renewable, non-renewable energies in semi-traditional and mechanized rice farming systems in Dorud county

نوع Item	نیمه‌سنتی Semi-traditional		مکانیزه Mechanized	
	انرژی Energy (MJ ha^{-1})	درصد از کل Percentage of total	انرژی Energy (MJ ha^{-1})	درصد از کل Percentage of total
مستقیم* Direct*	118257.60	84.67	115147.85	84.53
غیر مستقیم* Indirect*	21408.75	15.33	21080.34	15.47
تجدیدپذیر Renewable	27157.98	20.32	25432.14	19.47
تجدیدناپذیر None-renewable	112508.37	79.68	110796.05	80.53

*انرژی‌های مستقیم شامل نیروی انسانی، سوخت و حجم آب مصرفی بودند؛ انرژی‌های غیر مستقیم شامل بذر، ساعات کار ماشین‌آلات، علف‌کش، حشره‌کش، قارچ‌کش، کود نیتروژن، کود فسفر، کود پتاس، کود گوگرد و کود دامی بودند.

*Direct energies consisted of human labor, fossil fuel, and irrigation water. Indirect energies included seed, machinery working hours, herbicide, pesticide, fungicide, nitrogen, phosphorous, potassium, sulfate, and organic fertilizer.

شاخص‌های انرژی مختلفی برای تجزیه و تحلیل دو بوم‌نظام نیمه‌سنتی و مکانیزه برنج استفاده شدند. انرژی خالص نشان‌دهنده بیلان انرژی در یک سیستم است و مثبت بودن آن بر بیشتر بودن خروجی دلالت می‌کند. یافته‌های حاصل از مطالعه حاضر بیانگر انرژی خالص بیشتر در سیستم کشت مکانیزه برنج در مقایسه با نیمه‌سنتی بود (جدول ۷). انرژی خالص بیشتر سیستم مکانیزه را می‌توان از یک سو با عملکرد دانه و کاه بیشتر مرتبط دانست و از سوی دیگر انرژی ورودی (نیروی کارگری، سوخت فسیلی، آب آبیاری، بذر، نیتروژن و فسفر) کمتری وارد این سیستم زراعی می‌شود. برخی از فعالیت‌های به‌زراعی مانند استفاده دقیق بر اساس توصیه‌های متخصصین بخش کشاورزی از نهاده‌هایی مانند کودهای شیمیایی، بذر و آب آبیاری می‌تواند علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف و جلوگیری از اتلاف انرژی، موجب افزایش عملکرد محصول و در نهایت افزایش انرژی خالص در مزرعه شود (Shahhoseini *et al.*, 2021). در همین راستا در تحقیقی رلندمان انرژی تولید سیب‌زمینی با روش‌های مختلف آبیاری مورد ارزیابی قرار گرفت و گزارش شد در مزارعی که بصورت مکانیزه آبیاری می‌شوند انرژی خالص بالاتری مشاهده می‌گردد (Karimi *et al.*, 2019).

جدول ۷- شاخص‌های مختلف انرژی و کارایی مصرف آب برای سیستم‌های کشت مکانیزه و نیمه‌سنتی برنج در شهرستان دورود

Table 7- Different energy indicators and water use efficiency for semi-traditional and mechanized rice farming systems in Dorud county

شاخص Indicator	نیمه‌سنتی Semi-traditional	مکانیزه Mechanized
انرژی خالص (مگاژول بر هکتار) Net energy (MJ ha^{-1})	11381.66	29419.81
بهره وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول) Energy productivity (kg MJ^{-1})	0.04	0.05
کارایی مصرف انرژی Energy use efficiency	1.08	1.22
انرژی مخصوص (مگاژول بر کیلوگرم) Specific energy (MJ kg^{-1})	23.92	21.49
کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب) Water use efficiency (kg m^3)	0.248	0.285

بهره‌وری انرژی بیانگر مقدار عملکرد اقتصادی تولید شده به ازای مصرف هر واحد انرژی می‌باشد (Khan *et al.*, 2009). بر اساس نتایج این مطالعه، بهره‌وری انرژی برای کشت مکانیزه بیش‌تر از کشت نیمه‌سنتی بدست آمد به‌طوری‌که میزان شلتوک تولید شده به ازای یک مگاژول انرژی ورودی به سیستم برای کشت مکانیزه ۰/۰۵ کیلوگرم (۵۰ گرم) و در کشت نیمه‌سنتی ۰/۰۴ کیلوگرم (۴۰ گرم) بود (جدول ۸). به عبارتی در کشت مکانیزه به ازای هر واحد انرژی مصرفی، عملکرد بیش‌تر و در کشت نیمه‌سنتی عملکرد کم‌تری حاصل شده است. نتایج تحقیقی در همدان روی سیب‌زمینی نشان داد که بهره‌وری انرژی (۰/۳۲ کیلوگرم بر مگاژول) در مزارعی با سطح مکانیزاسیون بالاتر بیشتر از مزارعی بود که سطح مکانیزاسیون پایین‌تری (۰/۲۷ کیلوگرم بر مگاژول) داشتند که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی داشت. مقدار عددی کارایی مصرف انرژی بیانگر این است که به ازای مصرف هر واحد انرژی، چه مقدار انرژی تولید شده است. برای کشت برنج به روش مکانیزه، کارایی انرژی برابر ۱/۲۲ بود، در حالی‌که این مقدار در کشت نیمه‌سنتی برنج معادل ۱/۰۸ بدست آمد (جدول ۸). مقایسه این شاخص نشان می‌دهد که کشت مکانیزه از لحاظ کارایی مصرف انرژی که مهم‌ترین شاخص در ارزیابی انرژی سیستم های کشاورزی می‌باشد، نسبت به کشت نیمه‌سنتی کاراتر بود. از جمله دلایل این برتری را می‌توان استفاده کمتر سیستم مکانیزه از نیروی انسانی، سوخت دیزل، آب آبیاری، بذر، کودهای شیمیایی بخصوص نیتروژن و فسفر و همچنین عملکرد دانه بالاتر دانست. در همین راستا در مطالعه‌ای که در منطقه‌ی رامهرمز انجام شد، مقدار این شاخص برای محصول برنج به روش خشکه‌کاری و نشاءکاری به ترتیب ۱ و ۱/۲۵ بیان شده است (Attar *et al.*, 2010). همچنین در تحقیقی دیگر در

منطقه‌ی انزلی برای دو رقم بومی و پرمحصول برنج، به ترتیب کارایی مصرف انرژی معادل ۱/۶ و ۱/۸۱ بدست آمد (Boluki *et al.*, 2010). شاخص انرژی مخصوص (ویژه) عکس شاخص بهره‌وری انرژی است و نشان می‌دهد که به ازای هر کیلوگرم دانه‌ی تولید شده، چه مقدار انرژی مصرف می‌شود. بنابراین هر چه مقدار این شاخص کم‌تر باشد، سیستم کشت مورد نظر بهره‌وری بالاتری در مصرف انرژی دارد. مقدار این شاخص برای کشت مکانیزه برنج ۲۱/۴۹ مگاژول بر کیلوگرم و برای کشت نیمه‌سنتی ۲۳/۹۲ مگاژول بر کیلوگرم به دست آمد (جدول ۸) که به‌نظر می‌رسد در مقایسه با سیستم‌های با بهره‌وری بالای انرژی، این اعداد بزرگ می‌باشند. دلیل این موضوع را می‌توان به عدم مدیریت صحیح در مصرف منابع ورودی نسبت داد که در نهایت به ازای هر کیلوگرم محصول، انرژی بیشتری مصرف شده است. مقایسه دو سیستم نیز از نظر میزان انرژی مخصوص نشان می‌دهد در سیستم مکانیز به ازای هر کیلوگرم برنج تولید شده، انرژی کمتری مصرف شده است. در همین زمینه، با بررسی جریان انرژی ورودی به سه سیستم متداول، کم نهاده و ارگانیک برنج در استان مازندران گزارش شد که انرژی مخصوص برای این سه سیستم به ترتیب ۱۳/۰۵، ۸/۲۳ و ۵/۷۱ مگاژول بر کیلوگرم بدست آمد (Saber *et al.*, 2022). در نهایت کارایی مصرف آب در سیستم‌های نیمه‌سنتی و مکانیزه برنج معادل ۰/۲۴۸ و ۰/۲۸۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود که دلیل بیشتر بودن کارایی مصرف آب در سیستم مکانیزه مصرف آب کمتر و عملکرد دانه بیشتر نسبت به کشت نیمه‌سنتی بود.

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی نشان داد که عملکردهای اقتصادی دانه و کاه در سیستم مکانیزه بیشتر از سیستم نیمه‌سنتی بود (جدول ۸). درآمد خالص در کشت مکانیزه به دلیل عملکرد اقتصادی دانه و کاه بیشتری که در آن تولید شد بیشتر از درآمد خالص حاصل از کشت نیمه‌سنتی برنج بود. نسبت سود به هزینه نیز در سیستم مکانیزه بیشتر از سیستم نیمه‌سنتی بود که نشان‌دهنده درآمد بیشتر به ازای هر واحد هزینه در سیستم مکانیزه بود. به‌طورکلی برتری اقتصادی سیستم مکانیزه کشت برنج نسبت به سیستم نیمه‌سنتی را می‌توان در عملکرد دانه و کاه بیشتر و در نهایت منافع اقتصادی بیشتر برشمرد. در تحقیقی با مطالعه عوامل موثر بر توسعه مکانیزاسیون برنج در استان گیلان بر رفع موانع کشت مکانیزه برنج برای کاهش هزینه‌های تولید، افزایش عملکرد و در نتیجه افزایش پایداری مزارع برنج استان گیلان تأکید شد (Yousefzadeh and Firouzi, 2016).

جدول ۸- نتایج شاخص‌های اقتصادی برای سیستم‌های کشت مکانیزه و نیمه‌سنتی برنج در شهرستان دورود

Table 8- Results of economic indicators for semi-traditional and mechanized rice farming systems in Dorud county

شاخص Indicator	نیمه‌سنتی Semi-traditional	مکانیزه Mechanized
عملکرد اقتصادی دانه (ریال) Economic performance of seed (Rial)	3,184,950,000	3,451,850,000
عملکرد اقتصادی کاه (ریال) Economic performance of straw (Rial)	104,320,000	115,920,000
درآمد ناخالص (ریال) Gross income (Rial)	3,289,270,000	3,567,770,000
درآمد خالص (ریال) Net income (Rial)	813,695,300	989,714,780
کل هزینه‌های تولید (ریال) Total cost of production (Rial)	2,475,574,700	2,578,055,220
نسبت سود به هزینه Income to cost ratio	1.328	1.383

نتیجه‌گیری کلی

یافته‌های این مطالعه نشان داد که کل انرژی ورودی برای تولید برنج در سیستم‌های کشت مکانیزه و نیمه‌سنتی به‌ترتیب معادل ۱۳۹۶۶۶/۳۴ و ۱۳۶۲۲۸/۱۹ مگاژول در هکتار بود. بیش‌ترین میزان مصرف انرژی در سیستم‌های نیمه‌سنتی و مکانیزه به ترتیب مربوط به سوخت فسیلی (۶۵/۹۶ و ۶۶/۴۹

درصد)، آب آبیاری (۱۷/۱۷ و ۱۶/۶۲ درصد) و کود نیتروژن (۱۰/۹۷ و ۱۰/۹۴ درصد) بود. در هر دو سیستم، از مجموع انرژی‌های ورودی به مزارع، سهم انرژی‌های غیر مستقیم بیشتر از انرژی‌های مستقیم و انرژی‌های تجدیدناپذیر بیشتر از تجدیدپذیر بدست آمد. سیستم کشت مکانیزه برنج در شهرستان دورود از نظر تمامی شاخص‌های انرژی شامل انرژی خالص، بهره‌وری انرژی، کارایی مصرف انرژی، انرژی مخصوص و همچنین کارایی مصرف آب برتر از سیستم نیمه‌سنتی بود. بررسی شاخص‌های اقتصادی نیز نشان از برتری سیستم مکانیزه نسبت به سیستم نیمه‌سنتی داشت. در پایان بنظر می‌رسد برای افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و به‌دنبال آن افزایش کارایی مصرف انرژی در هر دو سیستم مکانیزه و نیمه‌سنتی کشاورزان می‌توانند در کنار مصرف دقیق آب بر اساس نیاز آبی گیاه ضمن کاهش مصرف آب، سوخت فسیلی کمتری جهت آبیاری مزارع استفاده کنند. علاوه بر این مدیریت تلفیقی آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز و کاربرد کودهای آلی به جای کودهای شیمیایی می‌تواند به افزایش کارایی استفاده از انرژی و پایداری مزارع برنج شهرستان دورود منجر شود.

سپاس‌گذاری

این مقاله بر اساس نتایج یک پایانامه کارشناسی ارشد تحت حمایت دانشگاه لرستان می‌باشد.

References

Acaroglu, M., 1998. *Energy from biomass, and applications*. University of Selcuk, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Turkey.

Asgharipour, M.R., Mondani, F. and Riahinia, Sh., 2012. Energy use efficiency and economic analysis of sugar beet production system in Iran: A case study in Khorasan Razavi province. *Energy*, *44*, pp.1078-1084. https://doi:10.1016/j.energy.2012.04.023

Attar, S., Sheikh Davoodi, M.J. and Almassi, M., 2010. Energy analysis two different rice production system in Khouzestan province east (A case study in Ramhormoz restrict). In *Proceedings of the 6th National Conference of Mechanic and Mechanization of Agricultural Machinery*, University of Tehran, Sep. 15–16, Karaj, Iran. [In Persian].

Azizi, Kh., Rahimi, L., Goodarzi, D., Daneshvar, M. and Hydari, S., 2023. Evaluation of energy efficiency and ecological productivity of wheat and potato agroecosystem ecosystems in Borujerd city, Lorestan province. *Crop Science Research in Arid Regions*, *5*(3), pp.761–774. https://doi.org/10.22034/csrar.2023.349325.1252

Boluki, M.S., Keyhani, A. and Rafiee, Sh., 2010. Energy consumption and economic analysis of rice paddy production; A case study of port Anzali. In *Proceedings of the 6th National Conference of Mechanic and Mechanization of Agricultural Machinery*, University of Tehran, Sep. 15–16, Karaj, Iran. [In Persian].

Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H. and Gunduz, O., 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy*, *32*, pp.35–41. https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.01.007

FAO., 2021. *Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Data*. www.faostat.fao.org

Gundogmus, E., 2006. Energy use on organic farming: A comparative analysis on organic versus conventional apricot production on small holdings in Turkey. *Energy Conversion and Management*, *47*, pp.3351–3359. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2006.01.001

Htwe, T., Sinutok, S., Chotikarn, P., Amin, N., Akhtaruzzaman, M., Techato, K. and Hossain, T., 2021. Energy use efficiency and cost-benefits analysis of rice cultivation: A study on conventional and alternative methods in Myanmar. *Energy*, *214*, 119104. https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119104

Karimi, V., Sadrabadi Haghighi, R., Barzegar, A.B., Dargahi, M., 2019. Energy efficiency comparison of potato (*Solanum tuberosum* L.) production in different irrigation methods in Jolgeh Rokh Torbat Heidarieh region. *Journal of Agroecology*, *11* (3), pp.859-876. [In Persian]. https://doi.org/10.22067/jag.v11i3.71190

Kazemi, H., Kamkar, B., Lakzaei, S., Badsar, M. and Shahbyki, M., 2015. Energy flow analysis for rice production in different geographical regions of Iran. *Energy*, *84*, pp.390–396. https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.03.005

Khan, S., Khan, M.A., Hanjra, M.A. and Mu, J., 2009. Pathways to reduce the environmental footprints of water and energy input in food production. *Food Policy*, *34*, pp.141–149. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2008.11.002

Kizilaslan, H., 2009. Input–output energy analysis of cherries production in Tokat Province of Turkey. *Applied Energy*, *86*, pp.1354–1358. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.07.009

MAJ [Ministry of Agriculture Jihad]., 2021. *Agricultural statistics, 2020–2021, Volume 1*. http://www.maj.ir/portal/home/

Mazarei, M., Ghanbari, A., Dahmardeh, M., Siadat, S.A. and Dehdari, S., 2019. Assessment of yield and input-output energy and economic indicators in different tillage and fertilizer systems of corn (*Zea mays* L.). *Journal of Agroecology*, *11*(2), pp.417–434. https://doi.org/10.22067/jag.v11i2.68001

Mobtaker, H. G., Akram, A., Keyhani, A. and Mohammadi, A., 2012. Optimization of energy required for alfalfa production using data envelopment analysis approach. *Energy for Sustainable Development*, *16*(2), pp.242–248. https://doi.org/10.1016/j.esd.2012.02.001

Mohammadzadeh, A., Damghani, A.M., Vafabakhsh, J. and Deihimfard, R., 2017. Assessing energy efficiencies, economy, and global warming potential (GWP) effects of major crop production systems in Iran: A case study in East Azerbaijan province. *Environmental Science and Pollution Research*, *24*, pp.16971–16984. https://doi.org/10.1007/s11356-017-9253-5

Ozkan, B., Akcaoz, H. and Fert, C., 2004. Energy input-output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy*, *29*, pp.39–51. https://doi.org/10.1016/s0960-1481(03)00135-6

Ozkan, B., Ceylan, R.F. and Kizilay, H., 2011. Comparison of energy inputs in glasshouse double crop (fall and summer crops) tomato production. *Renewable Energy*, *36*, pp.1639–1644. https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.11.022

Pathak, B.S. and Binning, A.S., 1985. Energy use pattern and potential for energy saving in rice–wheat cultivation. *Energy in Agriculture*, *4*, pp.271–278. https://doi.org/10.1016/0167-5826(85)90022-1

Pishgar-Komleh, S.H., Sefeedpari, P. and Rafiee, S., 2011. Energy and economic analysis of rice production under different farm levels in Guilan province of Iran. *Energy*, *36*, pp.5824–5831. https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.08.044

Platis, D.P., Anagnostopoulos, C.D., Tsaboula, A.D., Menexes, G.C., Kalburtji, K.L. and Mamolos, A.P., 2019. Energy analysis, and carbon and water footprint for environmentally friendly farming practices in agroecosystems and agroforestry. *Sustainability*, *11*, 1664. https://doi.org/10.3390/su11061664

Pourshirazi, Sh. and Rasam, Gh., 2013. Investigation of environmental effects and energy use in rice production systems. In *The first national conference and specialized exhibition of environment, energy and clean industry*, 2 December, Tehran, Iran. [In Persian].

Saber, Z., Esmaeili, M.A., Pirdashti, H., Motevali, A. and Nabavi-Pelesaraei, A., 2022. Assessing the energy components and the environmental impacts of the different rice (*Oryza sativa* L.) production systems using the life cycle assessment (LCA) method. *Journal of Agroecology*, *14*(3), pp.429–448. https://doi.org/10.22067/agry.2021.68179.1010

Sayin, C., Mencet, M.N. and Ozkan, B., 2005. Assessing of energy policies based on Turkish agriculture: Current status and some implications. *Energy Policy*, *33*, pp.2361–2373. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2004.05.005

Shahhoseini, H.R., Ramroudi, M. and Kazemi, H., 2021. Evaluating and comparing the sustainability of autumn and spring potato agroecosystems using energy analysis (Case study: Golestan Province). *Agricultural Science and Sustainable Production*, *30*(4), pp.265–279. https://doi.org/10.22034/saps.2020.12316

Sharifi, M., Soodmand-Moghaddam, S., Izadi, M. and Abbaszadeh, R., 2021. Analysis of economic and energy indicators in different methods of protective tillage in wheat cultivar (Case study: Dasht-e Naz Sari agro industrial company). *Journal of Agroecology*, *13*(2), pp.195–210. https://doi.org/10.22067/jag.v13i2.81534

Singh, H., Mishra, D. and Nahar, N.M., 2002. Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone, India: Part I. *Energy Conversion and Management*, *43*, pp.2275–2286. https://doi.org/10.1016/s0196-8904(01)00161-3

Singh, S. and Mittal, J.P., 1992. *Energy in production agriculture*. Mittal Publications.

Singh, S., Singh, S., Mittal, J.P., Pannu, C.J.S. and Bhangoo, B.S., 1994. Energy inputs and crop yield relationships for rice in Punjab. *Energy*, *19*(10), pp.1061–1065. https://doi.org/10.1016/0360-5442(94)90094-9

Soni, P., Sinha, R. and Roger Perret, S., 2018. Energy use and efficiency in selected rice-based cropping systems of the Middle-Indo Gangetic Plains in India. *Energy Reports*, *4*, pp.554–564. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2018.09.001

Tabatabaie, S.M.H., Rafiee, S., Keyhani, A. and Ebrahimi, A., 2013. Energy and economic assessment of prune production in Tehran province of Iran. *Journal of Cleaner Production*, *39*, pp.280–284. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.07.052

Tavakoli Kakhki, H. and Ghodsi, M., 2020. Evaluation of energy efficiency indices according to wheat (*Triticum aestivum* L.) based crop in conservation agricultural systems in temperate climate region (A case study: Gonabad). *Journal of Agroecology*, *12*(3), pp.433–445. https://doi.org/10.22067/jag.v12i3.80119

Vafabakhsh, J. and Mohammadzadeh, A., 2019. Energy flow and GHG emissions in major field and horticultural crop production systems (Case study: Sharif Abad plain). *Journal of Agroecology*, *11*(2), pp.365–382. https://doi.org/10.22067/jag.v11i2.81742

Vahedi, A. and Zarifneshatm, S., 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), pp.505–523. https://doi.org/10.22067/jam.v11i2.81747

Yilmaz, I., Akcaoz, H. and Ozkan, B., 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. *Renewable Energy*, *30*, pp.145–155. https://doi.org/10.1016/j.renene.2004.06.001

Yousefzadeh, S. and Firouzi, S., 2016. The study of the factors affecting the development of mechanization of rice cultivation in Guilan province by Delphi technique. *Iranian Journal of Biosystem Engineering*, *47*(1), pp.83–92. https://doi.org/10.22059/ijbse.2016.58480