Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Crop Production

Print ISSN: 2008- 739x
Online ISSN: 2008- 7403

Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences

Evaluation of energy use patterns and the impact of indigenous knowledge in rice cultivation systems of Gilan province

Maedeh Omidi nowbijar[1]*, Hossein Barani[2], Mohamad Rahim Forouzeh[3], Ahmad Abedi sarvestani[4]

1. Corresponding author, PhD Graduate, Department of Rangeland Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: maedeh.omidi@gmail.com
2. Associate Professor, Department of Rangeland Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: baranihossein@yahoo.com
3. Associate Professor, Department of Rangeland Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: rfroozeh@yahoo.com
4. Associate Professor, Department of Agricultural Extension and Education, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: abedi@gau.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
2025-08-28
2025-12-15

Keywords:
Energy indices
Gilan Province
Rice
Sustainable agriculture
Traditional knowledge

ABSTRACT

Background and objectives: The imperative to conserve natural resources has intensified efforts towards optimizing energy management in agriculture. This study aimed to determine energy indices, indigenous knowledge related to energy consumption, and economic analysis in the rice farming system of Gilan Province in 2022.

Materials and Methods: The study methodology involved collecting energy data using a semi-structured questionnaire from 30 households and 60 farmers in rice cultivation farms with dimensions of (<0.5, 0.5 to 1, and >1) hectare. The questionnaire encompassed questions regarding energy inputs such as seeds, fertilizer, manure, human labor, and agricultural machinery, as well as outputs including paddy rice and straw. Energy estimation was performed using coefficients and energy indices, including energy efficiency, energy productivity, specific energy, and net energy. The investigation of indigenous knowledge was conducted using an ethnographic approach, involving participatory observation and subsequent analysis through open coding with the aid of MAXQDA 2020 software.

Results: The average total input and output energy in the agricultural ecosystems were approximately 24087.08 and 75001.72 MJ $ha^{-1}year^{-1}$, respectively. The highest energy inputs were related to water (31%), nitrogen fertilizer (28%), and fuel (14%). Energy productivity and efficiency were 3.11 and 0.11 kg MJ^{-1}, respectively. Also, specific energy was calculated as 9.57 MJ kg^{-1}, and net energy as 50914.64 MJ ha^{-1} $year^{-1}$. Renewable and non-renewable energy constituted 17% and 83%, and direct and indirect energy comprised 19% and 81%, respectively. Increasing farm size led to an increase in rice yield and energy indicators, which can be attributed to large-scale farm management. In the economic analysis, the total production value was 662,648,400 Rials $ha^{-1}year^{-1}$, and the net return was 240,374,610 Rails $ha^{-1}year^{-1}$. The benefit-cost ratio was 1.57, with the highest production costs associated with labor, seeds, and machinery. The indigenous

knowledge of farmers concerning energy consumption in rice cultivation can be categorized into six main themes: land management, water management, organic fertilizer management, seed management, planting, and mechanization.

Conclusion: This study demonstrated that rice cultivation in the target region maintains a positive energy and economic balance despite the considerable share of inputs such as water, nitrogen fertilizer, and fuel. Farm size expansion improved yield and energy indicators, underscoring the necessity of integrated and efficient management. To address the challenges of high input consumption, integrating indigenous knowledge with modern technologies is essential. Such an approach, supported by policy interventions and the adoption of efficient technologies, can enhance productivity and promote the long-term sustainability of rice production systems.

Cite this article: Omidi nowbijar, M., Barani, H., Forouzeh, M.R., Abedi sarvestani, A. 2026. Evaluation of energy use patterns and the impact of indigenous knowledge in rice cultivation systems of Gilan province. *Crop Production Journal*, 18 (4), 49-70.

© The author(s)

10.22069/ejcp.2026.24019.2707

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تـولیـد گیـاهـان زراعـی
شـاپـا چـاپـی: ۲۰۰۸-۷۳۹x
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷٤۰۳
انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران

ارزیابی الگوی مصرف انرژی و تأثیر دانش بومی در نظام کشت برنج استان گیلان

مائده امیدی نوبیجار[۱*]، حسین بارانی [۲]، محمد رحیم فروزه [۳]، احمد عابدی سروستانی [٤]

[۱] نویسنده مسئول، دانش آموخته دکتری، گروه مدیریت مرتع، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانه: maedeh.omidi@gmail.com

[۲] دانشیار گروه مدیریت مرتع، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانه: baranihossein@yahoo.com

[۳] دانشیار گروه مدیریت مرتع، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانه: rfroozeh@yahoo.com

[٤] دانشیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده مدیریت کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانه: abedi@gau.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰٤/٦/۷
تاریخ پذیرش: ۱٤۰٤/۹/۲۵

واژه‌های کلیدی:
شاخص‌های انرژی
دانش سنتی
کشاورزی پایدار
برنج
استان گیلان

چکیده

سابقه و هدف: امروزه به دلیل ضرورت حفظ منابع طبیعی تلاش در جهت مدیریت بهینه انرژی در کشاورزی پررنگ‌تر شده است. این مطالعه با هدف تعیین شاخص‌های انرژی، دانش بومی مرتبط با مصرف انرژی و تحلیل اقتصادی در نظام کشت برنج استان گیلان در سال ۱٤۰۱ انجام شد.

مواد و روش‌ها: روش مطالعه شامل جمع‌آوری داده‌های انرژی به‌وسیله‌ی پرسشنامه نیمه ساختارمند، از ۳۰ خانوار و ٦۰ کشاورز در مزارع با ابعاد (۰/۵ >، ۰/۵ تا ۱ و ۱ <) هکتار است. پرسشنامه شامل سؤالاتی در مورد ورودی‌های انرژی مانند بذر، کود شیمیایی، کود حیوانی، نیروی انسانی، ماشین‌آلات کشاورزی و خروجی‌ها شامل شلتوک و کاه بود. تخمین انرژی با کمک ضرایب و شاخص‌های انرژی (کارایی انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی خاص و انرژی خالص) انجام شد. بررسی دانش بومی با روش مردم‌نگاری شامل مشاهده‌ی مشارکتی و تحلیل آن با روش کدگذاری باز به کمک نرم‌افزار MAXQDA 2020 صورت پذیرفت.

نتایج: کل انرژی ورودی و خروجی میانگین به ترتیب حدود ۲٤۰۸۷/۰۸ و ۷۵۰۰۱/۷۲ مگاژول بر هکتار در سال بوده است. بیشترین ورودی انرژی مربوط به آب (۳۱٪)، کود نیتروژن (۲۸٪) و سوخت (۱٤٪) است. بهره‌وری و کارایی انرژی به ترتیب ۳/۱۱ و ۰/۱۰ کیلوگرم بر مگاژول بود. همچنین انرژی ویژه ۹/۵۷ مگاژول بر کیلوگرم و مقدار انرژی خالص ۵۰۹۱٤/٦٤ مگاژول بر هکتار در سال محاسبه شد. انرژی تجدید پذیر و تجدید ناپذیر ۱۷ و ۸۳ درصد و انرژی مستقیم و غیرمستقیم ۱۹ و ۸۱ درصد را تشکیل دادند. افزایش اندازه مزرعه باعث افزایش عملکرد برنج و شاخص‌های انرژی شد که می‌توان آن را به مدیریت مزارع در مقیاس بزرگ ارجاع داد. در تحلیل اقتصادی ارزش کل تولید ٦٦۲٦٤۸٤۰۰ ریال بر هکتار در سال و بازده خالص ۲٤۰۳۷٤٦۱۰ ریال بر هکتار در سال است. نسبت سود به هزینه ۱/۵۷ بوده و بیشترین هزینه تولید برای نیروی کارگری، بذر و ماشین‌آلات است. دانش بومی کشاورزان در زمینه‌ی مصرف انرژی در کشت برنج در شش

مقوله مدیریت زمین، آب، کود آلی، بذر، کاشت و مکانیزاسیون قابل‌طبقه‌بندی است.

نتیجه‌گیری: کشت برنج در منطقه موردمطالعه علیرغم سهم بالای نهاده‌های پرمصرف مانند آب، کود نیتروژن و سوخت، از منظر انرژی و اقتصاد دارای بازده مثبت است. بهبود عملکرد و شاخص‌های انرژی با افزایش وسعت مزارع، ضرورت مدیریت منسجم را برجسته می‌سازد. با توجه به سهم بالای نهاده‌های پرمصرف، ارتقای بهره‌وری و کاهش وابستگی به منابع تجدید ناپذیر، بهره‌گیری هم‌زمان از دانش بومی کشاورزان و فناوری‌های نوین ضروری است. به‌کارگیری این رویکرد تلفیقی همراه با حمایت سیاستی و توسعه فناوری‌های کارآمد، می‌تواند نقش مهمی در ارتقای بهره‌وری و پایداری کشت برنج ایفا کند.

استناد: امیدی نوبیجار، مائده؛ بارانی، حسین؛ فروزه، محمدرحیم؛ عابدی سروستانی، احمد. (۱٤۰٤).ارزیابی الگوی مصرف انرژی و تأثیر دانش بومی در نظام کشت برنج استان گیلان. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱۸ (٤)، ۷۰-٤۹.

© نویسندگان

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

10.22069/ejcp.2026.24019.2707

مقدمه

ایران به‌عنوان سیزدهمین کشور پرمصرف انرژی در جهان شناخته‌شده است که مصرف در آن پنج برابر میانگین جهانی است (۱). قیمت کم حامل‌های انرژی و در دسترس بودن انواع منابع سبب شده تا جامعه ما با تأخیر قابل‌توجهی به ضرورت بهینه‌سازی الگوی مصرف بیندیشد (۲). کشاورزی فرآیندی برای تبدیل انرژی خورشیدی به غذا، خوراک دام و فیبر از طریق فتوسنتز است (۳) و این بخش سهمی در حدود ۱۰ تا ۱۲ درصد در انتشار گازهای گلخانه‌ای و گرمایش جهانی دارد (۲). امروزه، به دلیل بحران انرژی و نیز عواقب ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای، تلاش جوامع بین‌المللی به ویژه در بخش کشاورزی برای کاهش هرچه بیشتر مصرف معطوف شده است. بهینه‌سازی مصرف انرژی در بوم نظام‌های زراعی منجر به کاهش هزینه عملیاتی شده و ضمن صرفه‌جویی مالی به حفظ منابع فسیلی، بهبود کیفیت هوا و کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی کمک می‌کند (۱، ٤، ۲، ۵).

برنج با نام علمی (*Oryza sativa*)، محصول غذایی بسیار مهمی برای جمعیت جهان و ایران است (۳). تولید این گیاه یکی از سیستم‌های پرمصرف انرژی است (٦) و سهم زمین‌های شالیزاری از مصرف آن برابر ۰/۱۱ درصد تخمین زده شده است (۲). بررسی الگوی مصرف انرژی این محصول از طریق شناسایی فعالیت‌های تولیدی کارآمد و اقتصادی برای مدیریت بهینه ضروری است (٦ ، ۲). ممیزی انرژی و بررسی جریان انرژی ورودی و خروجی یکی از رایج‌ترین رویکردها در سیستم تولید است (۷ ، ٤) و از مزایای تحلیل انرژی، تعیین مصرف انرژی در هر مرحله از فرآیند تولید است. این امر مبنایی برای حفاظت از منابع تولید و همچنین کمک به مدیریت پایدار و سیاست‌های مرتبط فراهم می‌کند (۱). برنج به عنوان یکی از محصولات استراتژیک در تأمین امنیت غذایی جهان، از اهمیت اقتصادی و اجتماعی بالایی برخوردار است و افزایش عملکرد و کاهش هزینه‌ها از طریق بهبود مدیریت منابع و نهاده‌ها امکانپذیر است. هزینه کل در کشت برنج، کلیه‌ی هزینه‌های واحد تولیدی برای یک محصول در دوره‌ی مشخص است و درآمد کل، وجوه دریافت شده برای فروش کلیه‌ی واحدهای تولید شده برنج در آن دوره است. تحلیل اقتصادی تولید برنج با بررسی هزینه ها، بهره وری عوامل تولید و الگوی مصرف انرژی در مراحل کاشت، داشت و برداشت، شاخصی مؤثر برای ارزیابی کارایی و پایداری تولید به شمار می آید. شناسایی مناطق با بهره وری انرژی بالا، استفاده از فناوری‌های کم‌مصرف و اصلاح الگوهای مصرف می‌توانند ضمن افزایش سودآوری، اثرات زیست‌محیطی را کاهش دهد؛ بنابراین، تحلیل هم‌زمان جنبه های اقتصادی و انرژی در تولید برنج، ابزار مهمی برای شناسایی نقاط ضعف زنجیره تولید و تدوین سیاست‌های بهینه در راستای افزایش بهره‌وری و دستیابی به کشاورزی پایدار است (۳ ، ۸ ، ۹).

در این میان، تکیه صرف بر تحلیل های انرژی و اقتصادی بدون در نظر گرفتن بنیان های دانشی و فرهنگی تولید، نمی تواند تصویری کامل از پایداری نظام کشت برنج ارائه دهد؛ ازاین رو، بهره گیری از دانش بومی کشاورزان به‌عنوان مکملی راهبردی برای مدیریت منابع و بهینه سازی مصرف انرژی ضروری است. دانش بومی بخشی جدایی‌ناپذیر از نظام‌های دانش جوامع است که طی نسل‌ها در یک منطقه خاص شکل گرفته و شامل مهارت‌ها، فناوری‌ها، شیوه‌ها و باورهایی است که به جامعه محلی امکان می‌دهد معیشت پایدار و بهینه‌ای داشته باشد. این دانش تجربه‌های گذشتگان و روابط اجتماعی را بازتاب می‌دهد و در استفاده بهینه از منابع طبیعی و

مدیریت اکوسیستم‌ها نقش مهمی دارد. سیستم‌های کشاورزی سنتی نمونه ای از کاربرد دانش بومی هستند و شامل دانش در مورد زمان مناسب برای آماده‌سازی، شخم‌زنی، فرآوری و ذخیره‌سازی بذر، شیوه‌های کاشت، سیستم‌های مدیریت آفات محصول، برداشت و ذخیره‌سازی، فرآوری و بازاریابی مواد غذایی می‌باشد که با درک عمیق از اکوسیستم‌های محلی، خاک، آب و الگوهای آب و هوایی، نسل به نسل منتقل شده است. علاوه بر کاربردهای کشاورزی، دانش بومی در مقابله با تغییرات اقلیمی اهمیت دارد؛ زیرا شیوه‌های آن بر پایه تعاملات اکولوژیکی، تجربه‌های اثبات‌شده و سازگاری فرهنگی، رویکردهای پایدار و انطباق‌پذیر برای مدیریت اکوسیستم ارائه می کنند. به رسمیت شناختن رهبری بومی در مدیریت منابع زیست‌محیطی نه تنها کارایی اکولوژیکی بلکه عدالت و برابری را نیز تضمین می‌کند. برای تحقق پتانسیل کامل سهم جوامع محلی در سیاست اقلیمی باید از تشریفات فراتر رفته و مشارکت واقعی، به رسمیت شناختن قانونی و تخصیص منابع را در بر گیرد. در زمان بحران‌های اکولوژیکی، خرد کهن‌ترین فرهنگ‌های زنده جهان ممکن است برخی از پایدارترین راه‌حل‌ها را در خود داشته باشد (۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳).

بسیاری از محققان الگوی مصرف انرژی را در تولید گیاه برنج بررسی نمودند. اسکندری و همکاران (۲۰۱۱)، با مطالعه سیستم تولید برنج مکانیزه و سنتی در استان مازندران اظهار کردند که راندمان انرژی سیستم‌های نیمه مکانیزه بیشتر از سیستم سنتی است (١٤). علی‌پور و همکاران (۲۰۱۲)، به مصرف انرژی برای تولید برنج در استان گیلان پرداختند و به لزوم توجه به ورودی آب تأکید کردند (۷). ترابی جفرودی و همکاران (۲۰۱۵) بیلان انرژی و هزینه تولید در زراعت ارقام برنج محلی و اصلاح‌شده در استان گیلان را بررسی نمودند (۸). یساری و همکاران (۲۰۱۸)، مصرف انرژی در زراعت ارقام بومی برنج در استان مازندران را تحقیق کردند و شاخص‌های انرژی آن را برشمرد (۵). نانديني و همکاران (۲۰۲۰)، مصرف انرژی در روش کشت مستقیم برنج در هند را بررسی کرد و شاخص‌های انرژی و ورودی بهینه را تعیین نمودند (٦). یوسفی و همکاران (۲۰۲۱)، انرژی مصرفی و اثرهای زیست‌محیطی تولید برنج در استان گیلان را تحلیل و لزوم جایگزینی انرژی‌های نو با انرژی‌های فسیلی در کشاورزی را تأکید کردند (٤). حسینی و همکاران (۲۰۲۲)، جریان انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی برنج در استان گلستان را مطالعه و شاخص‌های انرژی را بررسی نمودند (۲). مردانی و همکاران (۲۰۲۲)، در مورد کارایی انرژی تولید برنج در استان گلستان بیان داشتند که کاهش هدر رفت انرژی می‌تواند حتی قابلیت زیست مزارع برنج را بهبود بخشد و به آن‌ها در کنترل بیشتر مصرف انرژی کمک کند (۱). کاور و همکاران (۲۰۲٤)، بهینه‌سازی انرژی در سیستم تولید برنج با کشت مستقیم را بررسی نمودند. همچنین دانش بومی در سیستم‌های کشاورزی جهان مورد واکاوی قرارگرفته است (۱۵). سینگ (۲۰۱٤)، دانش کشاورزی بومی در سیستم‌های کشت برنج دیم در هند بررسی کرد (١٦). دیویا و همکاران (۲۰۲٤)، به دانش بومی در شیوه‌های کشاورزی پایدار پرداختند (۱۷). پوتو سوکانتری و همکاران (۲۰۲٤)، خرد سنتی در کشت برنج پایدار کشور بالی را ارزیابی کردند (۱۸). در همین راستا، نتایج نشان می دهد که دانش بومی از طریق بهره‌گیری از ارقام سنتی، حفظ سلامت خاک، مدیریت منابع آب و استفاده از نهاده های طبیعی، نقش مهمی در پایداری نظام‌های کشاورزی از جمله الگوی بهینه مصرف انرژی دارد (١٦، ۱۷، ۱۸). نوآوری این پژوهش در به‌کارگیری رویکرد تلفیقی کمی–کیفی برای ارزیابی

الگوی مصرف انرژی در نظام کشت برنج شرق گیلان است.

در این مطالعه، برخلاف تحقیقات پیشین که عمدتاً بر تحلیل کمی نهاده‌ها متمرکز بوده‌اند، نقش دانش بومی کشاورزان در مدیریت مصرف انرژی تحلیل شد. تلفیق شاخص‌های فنی و اقتصادی انرژی با ابعاد فرهنگی و مدیریتی تولید، همراه با تحلیل اثر اندازه مزرعه بر کارایی انرژی و استفاده از داده‌های میدانی جدید، چارچوبی نو برای بهبود بهره وری و پایداری انرژی در نظام‌های بومی کشاورزی ارائه می‌دهد. با توجه به اهمیت محصول برنج به‌عنوان غذای اصلی مردم کشور، هدف این مطالعه تعیین الگوی مصرف انرژی در مزارع تولید برنج، تحلیل اقتصادی و نقش دانش بومی مرتبط با آن در استان گیلان است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه این پژوهش در شرق و مرکز استان گیلان در شمال ایران و شامل ١٤ روستا از شهرستان‌های لاهیجان، سیاهکل، رشت، لنگرود و شفت است. مجموع مساحت این شهرستان‌ها ٣٦٥١ کیلومترمربع می‌باشد (١٩). میانگین بارندگی و دمای سالانه حدود ١٣٤١ میلی‌متر و ١٤/٦٠ درجه سانتی‌گراد و آب‌وهوای آن معتدل مرطوب و سرد مرطوب است (٢٠) (شکل ١).

این مطالعه رویکردی ترکیبی (کمی و کیفی) برای بررسی الگوی مصرف انرژی و دانش بومی مرتبط با کشت برنج است. روش ترکیبی امکان اکتشاف عمیق‌تر و درک جامعی از موضوع را با ثبت تجربیات زیسته کشاورزان (داده‌های کیفی) و نتایج قابل‌اندازه‌گیری (داده‌های کمی) فراهم می‌کند. جامعه آماری شامل خانوارهای فعال در کشت برنج در سال ١٤٠١ بود و نمونه‌گیری به صورت هدفمند[1] و با روش گلوله برفی[2] انجام شد که برای اطمینان از دسترسی به افراد با تجربه و با دانش کافی ضروری است. معیار انتخاب خانوارهایی با فعالیت مستمر، مالکیت در کشت حداقل ١٠٠٠ مترمربع زمین زراعی و تمایل به مشارکت در مصاحبه و تکمیل پرسشنامه بود. در مجموع ٣٠ خانوار و ٦٠ کشاورز به‌عنوان افراد نمونه و در اصطلاح مردم شناسی، اطلاع رسان[3] در مطالعه شرکت داشتند. داده‌های کمی شامل ورودی‌ها مانند بذر، کود شیمیایی و حیوانی، نیروی انسانی، ماشین‌آلات، سوخت و آب و خروجی‌ها شامل شلتوک و کاه از طریق پرسشنامه نیمه‌ساختارمند جمع‌آوری شد. تخمین میزان انرژی با کمک مقادیر ضرایب انرژی در جدول ١ انجام و واحد عملکرد مگاژول بر هکتار در سال تعریف شد (روابط ١ تا ٣). انرژی در کشاورزی به دو بخش انرژی مستقیم و غیرمستقیم تقسیم گردید. منابع انرژی مستقیم شامل نیروی انسانی و سوخت ماشین‌آلات و منابع انرژی غیرمستقیم شامل آب، بذر، کود، مواد شیمیایی و ماشین‌آلات مورداستفاده در فرآیند تولید بود. طبقه‌بندی بعدی انرژی تجدید پذیر و غیرقابل‌تجدید بود. انرژی تجدید پذیر شامل نیروی انسانی، کود دامی و بذر و منابع غیرقابل‌تجدید شامل سوخت، مواد شیمیایی، کودها و ماشین‌آلات است. شاخص‌های انرژی شامل کارایی یا نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی خاص و انرژی خالص محاسبه شدند (روابط ٤ تا ٧) (١، ٢، ٥، ٦، ٧، ١٤). همچنین تحلیل اقتصادی بر اساس ارزش کل تولید، بازده خالص و نسبت سود به هزینه انجام شد (روابط ٨ تا ١٠) (٣).

رسم نمودارها نیز با کمک نرم افزار Excel صورت پذیرفت. برای مقایسه گروه‌ها بر اساس

[1]. Purposeful Sampling
[2]. Snowball sampling
[3] .Informants

اندازه‌ی مزرعه شامل کمتر از ۰/۵ هکتار، بین ۰/۵ تا ۱ هکتار و بیشتر از یک هکتار، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو- ویلک[1] با توجه به تعداد داده (۳۰ عدد) ارزیابی گردید. سپس به دلیل عدم نرمال بودن داده‌ها از آزمون ناپارامتریک کروسکال – والیس[2] از نرم‌افزار SPSS برای تحلیل مزارع استفاده گردید که برای نمونه های کوچک و متوسط مناسب است؛ با این حال با توجه به حجم نمونه تعمیم نتایج به کل جمعیت دارای محدودیت است.

به منظور شناسایی دانش بومی کشاورزان و درک الگوهای تصمیم‌گیری آنان در مصرف انرژی، از روش مردم نگاری[3] با رویکرد ژرفانگر[4] استفاده شد. این روش با بهره‌گیری از مشاهده‌ی مشارکتی[5] و مصاحبه های عمیق[6]، امکان دسترسی به تجارب کشاورزان در مدیریت منابع انرژی را فراهم کرد. ماهیت فرهنگی و تجربی موضوع پژوهش، به ویژه در نظام های بومی کشاورزی، مستلزم به‌کارگیری این رویکرد بوده تا روابط میان دانش بومی، بهره وری انرژی و پایداری تولید به صورت واقعی و در بستر اجتماعی خود شناسایی شود. فراوانی ثبت نسبی یا استناد[7] هر رویکرد تعیین و اثربخشی آن به کمک تخصیص امتیاز[8] به روش مردم‌نگاری و به صورت میانگین درصد ارائه شد (۲۱ ، ۲۲). این امتیازدهی بر اساس اهمیت و تأثیری است که هر عامل در ذهن و رفتار یک کشاورز دارد و عوامل در بازه صفر تا ۱۰۰ امتیازبندی شدند. برای تحلیل کیفی دانش بومی کشاورزان، از روش کدگذاری و نرم‌افزار MAXQDA 2020 استفاده شد. در مرحله‌ی نخست، متن مصاحبه‌ها و یادداشت‌های میدانی در محیط نرم افزار وارد گردید. فرآیند تحلیل داده‌ها بر اساس روش کدگذاری باز[9]، محوری[10] و انتخابی[11] انجام گرفت. فرآیند کدگذاری باز برای شناسایی مفاهیم اولیه صورت گرفت. در مرحله نخست، متون مصاحبه‌ها به طور خط به خط بررسی و کدهای اولیه استخراج شدند. سپس در مرحله کدگذاری محوری، کدهای مشابه و هم‌پوشان در قالب مقوله‌های بزرگ‌تر (مقوله‌های محوری) دسته‌بندی شدند. در نهایت، با استفاده از کدگذاری انتخابی، مفاهیم اصلی و محورهای تحلیلی پژوهش شناسایی گردید و مضامین اصلی مرتبط استخراج گردید. نمودار تحلیلی داده‌های دانش بومی به کمک بخش MAX Maps آن ترسیم گردید. استفاده از نرم افزار MAXQDA 2020 این امکان را فراهم کرد تا داده های متنوع پژوهش به شکلی نظام‌مند سازمان‌دهی شده و مدیریت کدها، روابط میان مقوله‌ها و ترسیم شبکه‌ی مفهومی با دقت بیشتری بررسی شوند. به منظور اطمینان از روایی و اعتبار داده های کیفی چند راهبرد مکمل به کار گرفته شد. ابتدا با بازبینی مشارکت‌کنندگان[12]، خلاصه یافته‌ها برای تعدادی از کشاورزان بازگو شد تا مطابقت آن با تجربیات واقعی آن‌ها تأیید گردد. سپس از مثلث‌سازی داده ها[13] استفاده شد تا اطلاعات حاصل از مصاحبه، مشاهده مشارکتی و بررسی اسناد محلی با یکدیگر مقایسه و صحت آن ها سنجیده شود. علاوه بر این، نتایج اولیه توسط همکاران[14] پژوهشگر بازبینی شد تا هرگونه سوگیری کاهش یابد. نهایتاً، فرآیند جمع‌آوری داده ها تا رسیدن به اشباع نظری[15] ادامه یافت تا اطمینان حاصل شود که تمامی مفاهیم و مقوله های

1. Shapiro-Wilk
2. Kruskal-Wallis
3. Ethnography
4. Interpretive Approach
5. Participatory Observation
6. In-depth Interviews
7. Frequency of Citation (FC)
8. Scoring /Point Allocation
9. Open Coding
10. Axial Coding
11. Selective coding
12. Member Checking
13. Data Triangulation
14. Peer Review
15. Theoretical Saturation

اصلی شناسایی شده‌اند. در ادامه تجزیه‌وتحلیل و تلفیق نتایج با روش های اسنادی و مراجعه به منابع معتبر صورت پذیرفت و در نهایت الگوی مصرف انرژی و دانش بومی مرتبط با کشت گیاه برنج در استان گیلان گزارش شد.

رابطه ۱ $HE= T*N * EE$

HE، انرژی کار انسانی ($MJ\ ha^{-1}year^{-1}$)، EE، معادل انرژی نیروی کار انسانی با واحد ($Mj\ t^{-1}$)،T ، ساعت کار کارگر در روز که معادل هشت ساعت در نظر گرفته می‌شود ($H\ Day^{-1}$) وN، تعداد کارگر که معادل تعداد کارگر روزانه در تعداد روز کار است.

انرژی مصرفی ناشی از کاربرد هر ماشین کشاورزی از رابطه‌ی زیر محاسبه شد.

رابطه ۲ $Em = W* E / (n * Ca * t)$

که در آن Em، انرژی مصرفی ناشی از کاربرد تجهیزات و ماشین‌آلات کشاورزی ($MJ\ ha^{-1}year^{-}$ [1])،E، انرژی مصرفی برای تولید واحد وزن ماشین ($Mj\ kg^{-1}$)، W، جرم ماشین (kg)، n عمر مفید ماشین (year)، Ca، ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر ماشین ($ha\ t^{-1}$) و t، مدت‌زمان کارکرد ماشین ($t\ year^{-1}$) است.

رابطه ۳ $F_T = F_H /Ca$

که در آن F_T، سوخت موردنیاز برای انجام عملیات ماشین در سطح یک هکتار ($Litr\ ha^{-1}$)، F_H، سوخت موردنیاز ماشین در یک ساعت انجام عملیات ($Litr\ t^{-}$ [1]) و Ca، ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر ماشین ($ha\ t^{-1}$) است.

همچنین شاخص‌های انرژی به شرح زیر است:

رابطه ٤ $ER = EO / EI$

که در آن ER، نسبت یا کارایی انرژی[1] بوده و عددی بدون واحد است. EO ، مجموع انرژی‌های خروجی از مزرعه و EI، مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه است.

رابطه ۵ $EP = PY / EI$

که در آن EP، بهره‌وری انرژی[2] ($Kg\ Mj^{-1}$)، PY، عملکرد شلتوک ($Kg\ ha^{-1}year^{-1}$) و EI، مجموع انرژی‌های ورودی ($MJ\ ha^{-1}year^{-1}$) است.

رابطه ٦ $SE = EI / PY$

که در آن SE، انرژی ویژه[3] ($Mj\ kg^{-1}$)، EI، مجموع انرژی‌های ورودی ($MJ\ ha^{-1}year^{-1}$) و PY، عملکرد شلتوک ($Kg\ ha^{-1}year^{-1}$) است.

رابطه ۷ $NEY = EO - EI$

که در آن NEY، عملکرد انرژی خالص[4] ($MJ\ ha^{-}$ [1]$year^{-1}$) است.

رابطه ۸

Total production value = Rice yield * Rice price

که Total production value، ارزش کل تولید ($Rials\ ha^{-1}year^{-1}$)، Rice yield، عملکرد محصول ($kg\ ha^{-1}year^{-1}$)،Rice price، قیمت محصول ($Rials\ ha^{-1}year^{-1}$) است.

رابطه ۹

Net return = Total production value - Total production cost

که Net return، بازده خالص، Total production value، ارزش کل تولید ($Rials\ ha^{-1}year^{-1}$)، Total production cost، هزینه کل تولید ($Rials\ ha^{-1}year^{-1}$) است.

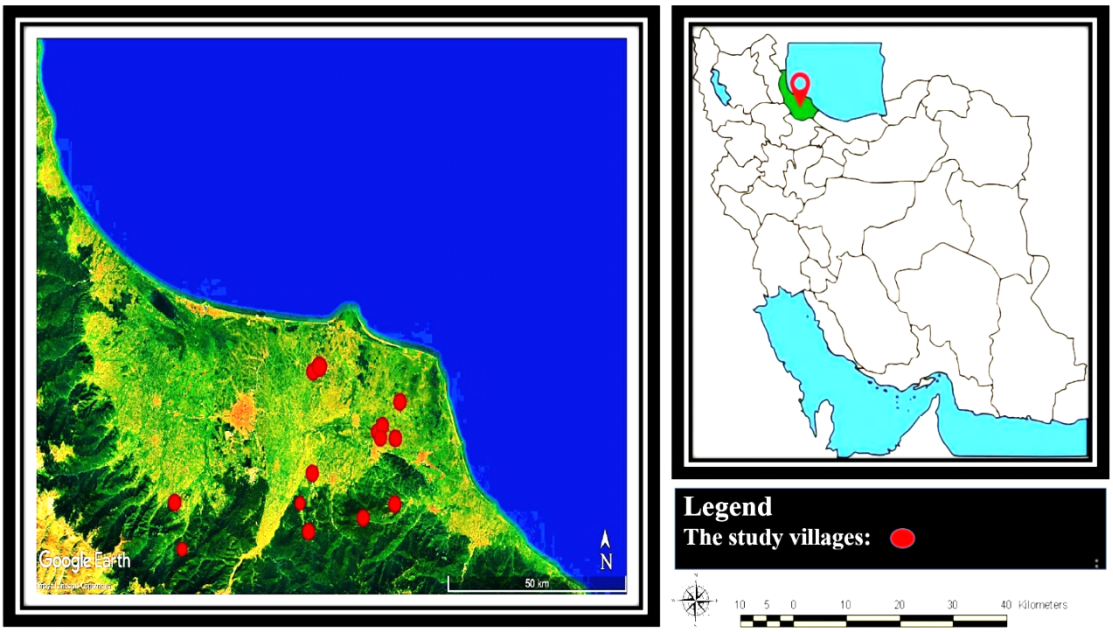
رابطه ۱۰

Benefit - cost ratio = Total production value / Total production cost

که Benefit - cost ratio، نسبت سود به هزینه، Total production value، ارزش کل تولید ($Rials\ ha^{-1}year^{-1}$)، Total production cost، هزینه کل تولید ($Rials\ ha^{-1}year^{-1}$) است.

[1]. Energy efficiency

[2]. Energy productivity
[3]. Specific energy
[4]. Net energy



شکل ۱. نقشه منطقه مورد مطالعه

Figure 1. Map of the study area

جدول ۱- معادل‌های انرژی برای ورودی‌ها و خروجی‌ها در تولید برنج[۱]

Table 1. Energy Equivalents for Inputs and Outputs in Rice Production

ردیف (Row)	ورودی / خروجی‌ها (Input / Output)	واحد (Unit)	معادل انرژی (MJ unit^{-1}) (Energy Equivalent)
1	بذر (Seed)	Kg	25
2	نیروی انسانی (Human Labor) مرد (Man)	h	1.96
	زن (Woman)		1.57
3	سوخت (Diesel Fuel)	L	56.31
4	آبیاری غرقابی (Flood Irrigation)	M^3	0.63
5	نیتروژن (Nitrogen)	Kg N	60.60
6	فسفر (Phosphorus)	Kg P_2O_5	11.10
7	پتاسیم (Potassium)	Kg K_2O	6.70
8	کود حیوانی (manure)	Kg	0.30
9	علف‌کش (Herbicide)	Kg	238
10	قارچ‌کش (Fungicide)	Kg	92
11	حشره‌کش (Insecticide)	Kg	199
12	شلتوک (Paddy Rice)	Kg	14.70
13	کاه و کلش (Straw)	Kg	12.5

[۱]. از ردیف ۱ تا ۱۱ منبع شماره‌ی ۲۳ و ۱۲ و ۱۳ منبع شماره‌ی ۲٤ است.

نتایج و بحث

در این مطالعه کل انرژی ورودی و خروجی به ترتیب حدود ۲٤۰۸۷/۰۸ و ۷۵۰۰۱/۷۲ مگاژول بر هکتار در سال برآورد شد (جدول ۲) و (شکل ۲). بیشترین ورودی انرژی مربوط به آب با میزان ۳۱٪ است. اسکندری و همکاران (۲۰۱۱) و علی‌پور و همکاران (۲۰۱۲) اظهار داشتند که به دلیل استفاده از آبیاری غرقابی این ورودی بیشترین سهم را دارد (۱٤، ۷) و این مسئله اهمیت مدیریت آبیاری را نشان می‌دهد. عامل بعدی کود نیتروژن با مقدار ۲۸٪ است. پیشکار و همکاران (۲۰۱۱) بیان داشتند که دو دلیل مصرف بالای کود شیمیایی، دانش ضعیف و قیمت یارانه‌ای است. بیشتر کشاورزان مقدار مورد نیاز کود شیمیایی برای محصولات مختلف را نمی‌دانند و این باور در بین آن‌ها رایج است که استفاده بیش‌ازحد از کود شیمیایی عملکرد را افزایش می‌دهد علاوه بر این، قیمت‌های یارانه‌ای دولت تأثیر قابل‌توجهی بر استفاده از کودها داشته است (۳). کاور و همکاران (۲۰۲٤) افزودند استفاده بیش‌ازحد کودهای شیمیایی منجر به آلودگی خاک، آب و محیط‌زیست شده است و تشویق به استفاده متعادل از کودهای شیمیایی و آزمایش خاک برای تشخیص میزان مواد مغذی مهم است (۱۵). ورودی بعدی مصرف سوخت با میزان ۱٤٪ است. یوسفی و همکاران (۱٤۰۰) بیان داشتند که با استفاده از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی می‌توان از مصرف سوخت به میزان قابل‌توجهی کاست و در حین حفظ عملکرد باعث کاهش هزینه‌های متغیر تولید شد (٤). همچنین درصد مصرف بذر ۱۲٪ است. پیشکار و همکاران (۲۰۱۱) اظهار داشتند که سهم مصرف انرژی بذر حدود ۸٪ است و بذر باکیفیت به کاهش مصرف بذر، هجوم آفات، علف‌های هرز، مواد شیمیایی و افزایش عملکرد کمک خواهد کرد (۳).

اسکندری و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه خود در استان مازندران کل انرژی مورداستفاده برای تولید برنج نیمه مکانیزه و سنتی را به ترتیب ٦۷۲۱۷/۹۵ و ٦۷۳۵٦/۲۸ مگاژول بر هکتار در سال برشمردند. بر اساس نتایج، آبیاری و کود بیشترین انرژی ورودی را داشته‌اند. کل انرژی خروجی نیز ۱۲۷۵۰۰ و ۱۳۲۲٦۰ مگاژول بر هکتار در سال بوده است (۱٤). علی‌پور و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهش خود بیان داشتند که کل انرژی ورودی و خروجی در استان گیلان به ترتیب حدود ٤۷٦۰٤ و ۹۰٦۸۰/۰٤ مگاژول بر هکتار در سال و بیشترین ورودی انرژی مربوط به آب، برق و کود نیتروژن بوده است (۷). یساری و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ی ارقام محلی برنج در مازندران اظهار کردند که آبیاری، سوخت فسیلی، کود نیتروژن و ادوات و ماشین‌آلات دارای حداکثر انرژی ورودی بوده و قارچ‌کش، کود پتاسیم و فسفر کمترین انرژی ورودی بوده است (۵). یوسفی و همکاران (۲۰۲۱)، کل انرژی موردنیاز برای تولید شلتوک برنج را برابر با ۸۸۰٦٤ و میزان خروجی انرژی مزارع را ۵۸۱۷۳ مگاژول بر هکتار در سال محاسبه نمودند. نهاده‌ی سوخت به همراه ماشین‌های کشاورزی، درمجموع با ٦۵/۵۲ درصد بیشترین مقدار انرژی را به خود اختصاص داد (٤). مردانی و همکاران (۲۰۲۲) در بررسی تولید برنج در استان گلستان مجموع انرژی ورودی و خروجی به ترتیب ۳٤٤۲۳/۲۸ و ۱۲۰۰۸۸/٤ مگاژول بر هکتار در سال محاسبه کردند. در این تحقیق کود نیتروژن، گازوئیل و آب بیشترین مقادیر انرژی ورودی بودند (۱). طبق مطالعه کاور و همکاران (۲۰۲٤) نیز آبیاری و کود بیشترین درصد انرژی را در تولید برنج نشان داد (۱۵). اختلاف قابل‌تأمل بین انرژی‌های ورودی و خروجی در بررسی‌های مختلف نشان‌دهنده‌ی تفاوت در محاسبه عوامل ورودی، ضرایب هم‌ارز انرژی و عملکرد محصول برنج در

رقم‌های مختلف است و دراین‌بین تفاوت مطالعه اخیر با ادبیات تحقیق به نحوه‌ی محاسبات در فاکتور آبیاری (ضریب انرژی و یا سوخت مجزا برای این بخش) و عملکرد محصول مرتبط است. همچنین تفاوت فاحش در داده‌های یوسفی و همکاران (۲۰۲۱) به علت عدم لحاظ خروجی کاه و کلش در محاسبات، ضریب متفاوت در فاکتور آب و سموم شیمیایی در مقایسه با سایر مطالعات است.

با استفاده از شاخص‌های انرژی این امکان وجود دارد که بتوان یک محصول را در نقاط مختلف و زمان‌های مختلف باهم مقایسه کرد (جدول ۲). در مطالعه حاضر شاخص نسبت یا کارایی انرژی ۳/۱۱ است که نشان می‌دهد که به ازای مصرف یک واحد انرژی در حدود ۳/۱۱ واحد انرژی تولیدشده است. این عامل یکی از بهترین شاخص‌های انرژی است که استفاده کارآمد از انرژی در تولید برنج را نشان می‌دهد. اسکندری و همکاران (۲۰۱۱) این عامل را در سیستم‌های سنتی و نیمه مکانیزه ۱/۹ و ۱/۹٦، علی‌پور و همکاران (۲۰۱۲)، ۱/۹۰، یوسفی و همکاران (۲۰۲۱)، ۰/٦٦، مردانی و همکاران (۲۰۲۲)، ۳/۵۸ و کاور و همکاران (۲۰۲٤) در مزرعه آزمایشی و در زمین کشاورزی ٤/۵۲ و ۲/۵ برآورد نمود (١٤، ۷، ٤، ۱، ۱۵). مدیریت بهتر و استفاده کمتر از ورودی انرژی و تولید انرژی خروجی بیشتر (عملکرد بیشتر) دو روش برای دستیابی به نسبت انرژی بالاتر هستند. ناندینی و همکاران (۲۰۲۰) افزودند کارایی پایین انرژی نتیجه استفاده ناکارآمد از برخی ورودی‌های انرژی مانند سیستم آبیاری است (٦). شاخص بهره‌وری انرژی ۰/۱۰ کیلوگرم بر مگاژول تعیین شد که نشان می‌دهد به ازای هر مگاژول انرژی مصرفی، ۰/۱۰ کیلوگرم محصول حاصل‌شده است. هر چه این نسبت بالاتر باشد، نشانگر بهره‌وری بالاتر انرژی مصرفی است. اسکندری و همکاران (۲۰۱۱) در سیستم‌های سنتی و نیمه‌مکانیزه این شاخص را ۰/۱۱۱ و ۰/۱۱٦، علی‌پور و همکاران (۲۰۱۲)، ۰/۰٦٤، یوسفی و همکاران (۲۰۲۱)، ۰/۰٤، مردانی و همکاران (۲۰۲۲)، ۰/۱٤، کاور و همکاران (۲۰۲٤) در مزرعه آزمایشی و در زمین کشاورزی ۰/۱٤ و ۰/۱ تخمین زد (١٤، ۷، ٤، ۱، ۱۵). علت تفاوت در مطالعات مختلف به دلیل استفاده کارآمد یا ناکارآمد منابع ورودی است. انرژی ویژه در این مطالعه ۹/۵۷ مگاژول بر کیلوگرم است که یعنی به ازای تولید هر کیلوگرم محصول شلتوک، ۹/۵۷ مگاژول انرژی صرف شده است. اسکندری و همکاران (۲۰۱۱) در سیستم‌های سنتی و نیمه مکانیزه ۸/۹۸ و ۸/٦۲ علی‌پور و همکاران (۲۰۱۲)، ۱۵/۷، یوسفی و همکاران (۲۰۲۱)، ۲۲/۲۵ و مردانی و همکاران (۲۰۲۲)، ٦/۸۸ مگاژول بر کیلوگرم تخمین زدند (١٤، ۷، ٤، ۱). مقدار انرژی خالص محاسبه‌شده ۵۰۹۱٤/٦٤ مگاژول بر هکتار در سال بود. اسکندری و همکاران (۲۰۱۱) در سیستم‌های سنتی و نیمه‌مکانیزه ٦۰۲۸۲/۰۵ و ٦٤۹۰۳/۷۲، علی‌پور و همکاران (۲۰۱۲) ٤۳۰۷٦/۲۲، مردانی و همکاران (۲۰۲۲)، ۸۵٦٦۵/۱۲، کاور و همکاران (۲۰۲٤) در مزرعه آزمایشی و زمین کشاورزان ۱۰۲۲۱۸ و ۷۳۹۰۰ مگاژول بر هکتار در سال برآورد نمودند (١٤، ۷، ۱، ۱۵).

مقایسه مصرف ورودی‌های انرژی بر اساس اندازه مزرعه نشان داد که در کشاورزان با سطح کشت بیش از یک هکتار، مقدار مصرف نیروی انسانی، بذر، کود شیمیایی و سموم کمترین و ادوات و سوخت بیشترین بود. افزایش اندازه مزرعه هر چند که از نظر آماری معنی‌دار نبود؛ ولی باعث افزایش عملکرد برنج شد. همچنین با افزایش اندازه مزرعه، کشاورزان شاخص‌های انرژی بهتری داشتند که می‌توان آن را به مدیریت مزارع در مقیاس بزرگ ارجاع داد. در جدول ۲، خطای استاندارد بیانگر میزان پراکندگی داده‌ها

است؛ مقادیر پایین آن در بذر و نیروی انسانی نشان‌دهنده‌ی یکنواختی مصرف و مقادیر بالای آن در سوخت بیانگر تفاوت میان مزارع است. به‌طور کلی، مصرف نهاده‌های طبیعی و انسانی همگن‌تر و نهاده‌های فسیلی و صنعتی متغیرتر بوده‌اند. اسکندری و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که به‌موازات افزایش سطح مصرف سوخت و انرژی ماشین‌آلات نیز به‌طور مشابه افزایش یافت، اما مصرف انرژی نیروی کار و بذر کاهش یافت (١٤). همچنین با توجه به شاخص‌های انرژی، راندمان انرژی سیستم‌های نیمه مکانیزه بیشتر از سنتی است. در مطالعه‌ی پیشکار و همکاران (۲۰۱۱)، نتیجه‌گیری شد که شیوه‌های عملیاتی شامل استفاده درست از کود شیمیایی، نیروی انسانی و منابع بذر منجر به تولید کارآمد می‌شود (۳). در مجموع مدیریت بهبودیافته در مزارع بزرگ برنج کاهش قابل‌توجهی در مصرف انرژی ایجاد کرده و منجر به انرژی خروجی بیشتر (عملکرد برنج) در مقایسه با سایر سطوح شده است.

جدول ۲- میزان انرژی ورودی و خروجی و شاخص‌های انرژی

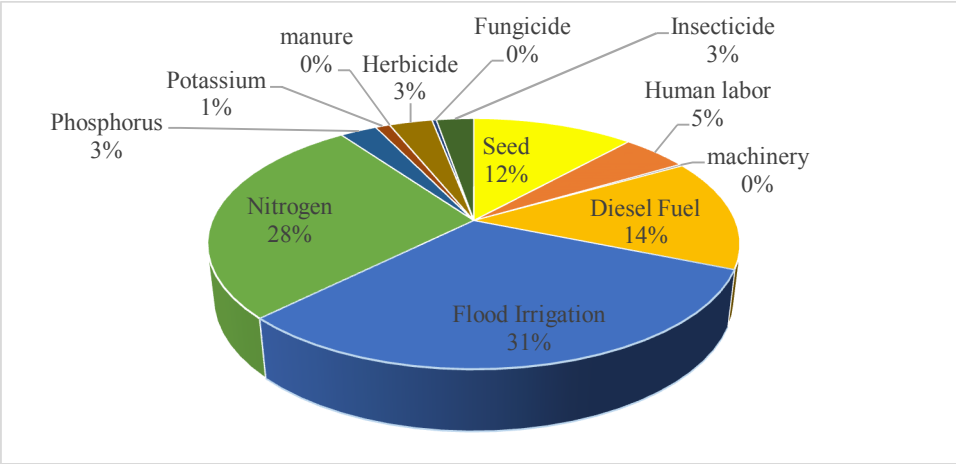
Table 2. Energy Input and Output, and Energy Indices

ردیف (Row)	منابع و شاخص‌های انرژی Energy Sources & Indices	انرژی (Energy) ($Mj\ ha^{-1}\ year^{-1}$)			میانگین (Average)	خطای استاندارد (Standard Error)	آزمون کروسکال – والیس Kruskal-(Wallis Test)sig
		<0.5	**0.5–1**	**>1**			
1	بذر (Seed)	3000	2867.65	2602.74	2823.46	207.57	0.848^{ns}
2	نیروی انسانی (Human Labor)	1270.80	1204.35	988.4	1154.52	77.40	0.319^{ns}
3	ادوات و ماشین‌آلات (machinery)	55.59	67.82	107.2	76.87	6.73	0.050*
4	سوخت (Diesel Fuel)	3387.2	3430.45	3571	3462.88	1451.18	0.00*
5	آبیاری غرقابی (Flood Irrigation)	7560	7560	7560	7560	467.85	0.991^{ns}
6	نیتروژن (Nitrogen)	7502.86	6282.79	6101.51	6629.05	1071.19	0.000*
7	فسفر (Phosphorus)	676.57	636.62	623.42	645.54	108.74	0.000*
8	پتاسیم (Potassium)	178.67	197.06	376.30	250.68	74.33	0.000*
9	کود حیوانی (manure)	0	0	14.38	4.79	4.54	0.030*
10	علف‌کش (Herbicide)	884	770	595	749.67	75.68	0.004*
11	قارچ‌کش (Fungicide)	109.52	64.94	53.56	76.01	10.39	0.054^{ns}
12	حشره‌کش(Insecticide)	687.02	687.72	586.1	653.61	66.42	0.531^{ns}
13	انرژی ورودی کل Total Energy Input ($Mj\ ha^{-1}\ year^{-1}$)	25312.23	23769.4	23179.61	24087.08	1741.92	0.020*
1	شلتوک (Paddy Rice)	32569.60	33031.76	45590.14	37063.83	3688.20	0.307^{ns}
2	کاه و کلش (Straw)	33234.29	34058.82	46520.55	37937.89	3763.47	0.307^{ns}
3	انرژی خروجی کل Total Energy Output	65803.89	67090.58	92110.69	75001.72	7451.66	0.307^{ns}

ردیف (Row)	منابع و شاخص‌های انرژی Energy Sources & Indices	انرژی (Energy) (Mj ha^{-1} year^{-1}) <0.5	0.5–1	>1	میانگین (Average)	خطای استاندارد (Standard Error)	آزمون کروسکال – والیس Kruskal-(Wallis Test)sig
	(Mj ha^{-1} year^{-1})						
1	انرژی خالص (Net Energy) (Mj ha^{-1} year^{-1})	40491.66	43321.18	68931.08	50914.64	6378.25	0.263^{ns}
2	انرژی ویژه (Specific Energy) (MJ Kg^{-1})	11.61	10.47	7.47	9.57	2.16	0.006*
3	نسبت یا کارایی انرژی (Energy Efficiency)	2.60	2.82	3.97	3.11	0.19	0.006*
4	بهره‌وری انرژی (Energy Productivity) (kg MJ^{-1})	0.09	0.10	0.13	0.10	0.01	0.006*

توجه: علامت * نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ و ns عدم اختلاف معنی دار است.

Note: The * symbol indicates a significant difference at the 5% level and ns indicates no significant difference.



شکل ۲- نمودار درصد اجزای ورودی انرژی

Figure 2. Percentage distribution of energy input components

انرژی تجدید پذیر و تجدید ناپذیر با مقدار ۳۹۸۲/۷۷ و ۲۰۱۰٤/۳۱ مگاژول بر هکتار در سال، ۱۷ و ۸۳٪ از انرژی است؛ بنابراین تولید برنج بیشتر به منابع انرژی غیرقابل‌تجدید وابسته است. نتایج نشان داد که بین مزارع با اندازه‌های مختلف از نظر مصرف انرژی مستقیم، غیرمستقیم و تجدیدناپذیر اختلاف معنی‌دار وجود دارد در حالی‌که انرژی تجدیدپذیر تفاوتی نداشت. این امر بیانگر تأثیر اندازه مزرعه بر الگوی مصرف انرژی و یکنواختی نسبی در استفاده از منابع تجدیدپذیر است. همچنین خطای استاندارد پایین بیشتر شاخص‌ها نشان‌دهنده دقت میانگین‌ها و پراکندگی محدود داده‌ها بود (جدول ۳، شکل ۳). اسکندری و همکاران (۲۰۱۱) بیان داشتند که انرژی تجدید پذیر در سیستم‌های سنتی و نیمه مکانیزه به

ترتیب ٤/٧٪ و ٣/٤٤٪ از کل انرژی بوده است (١٤). کاور و همکاران (٢٠٢٤) اشاره داشتند که سهم انرژی‌های تجدید پذیر و غیرقابل‌تجدید به ترتیب ٢/٥ و ٩٧/٤٪ در مزرعه آزمایشی و در زمین کشاورزی ١/١٤ و ٩٨/٥٪ بود. ورودی چون کود و سولفات روی منابع انرژی غیرقابل‌تجدید را در مزارع کشاورزان افزایش دادند و حدود ٣٠-٢٥٪ از انرژی برای استقرار محصول و آماده‌سازی زمین استفاده‌شده است (١٥). همچنین ناندینی و همکاران (٢٠٢٠) افزودند انرژی تجدید پذیر در تولید برنج بسیار پایین بوده و این نشان می‌دهد که تولید برنج بر اساس منابع غیرقابل‌تجدید است که باعث آلودگی محیط‌زیست می‌شوند (٦). انرژی مستقیم و غیرمستقیم ٤٦١٧/٤ و ١٩٤٦٩/٦٨ مگاژول بر هکتار در سال است و ١٩ و ٨١٪ از انرژی را تشکیل می‌دهد؛ بنابراین تولید برنج بیشتر به منابع انرژی غیرمستقیم وابسته است (جدول ٣، شکل ٤). اسکندری و همکاران (٢٠١١) بیان داشتند که انرژی مستقیم در سیستم‌های نیمه‌مکانیزه و سنتی به ترتیب ١٠/٩٣ و ١١/٠٦٪ و انرژی غیرمستقیم ٨٩/٠٧ و ٨٨/٩٤٪ از کل مصرف انرژی بود (١٤). کاور و همکاران (٢٠٢٤) افزودند سهم انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم به ترتیب ٨/٧ و ٩١/٢٪ در مزرعه آزمایشی و در زمین ٤/٩ و ٩٥٪ بود (١٥). وجود تفاوت در بررسی‌های مختلف به نحوه‌ی محاسبات در فاکتور آبیاری مرتبط است.

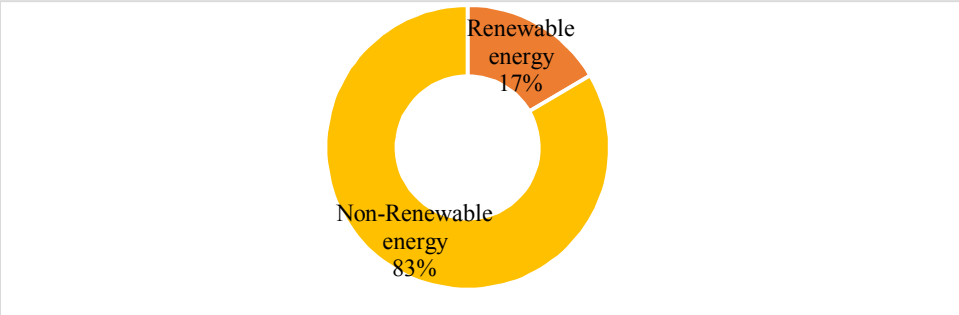
جدول ٣- انواع انرژی ورودی برای محصول برنج در منطقه‌ی موردمطالعه (مگاژول بر هکتار در سال)

Table 3. Types of Energy Inputs for Rice Production in the Study Area (Mj ha^{-1} $year^{-1}$)

ردیف (Row)	انواع انرژی (Types of Energy)	مزرعه کوچک (Small Farm)	مزرعه متوسط (Medium Farm)	مزرعه بزرگ (Large Farm)	میانگین (Average)	خطای استاندارد (Standard Error)	آزمون کروسکال – والیس (Kruskal-Wallis Test) sig
1	انرژی مستقیم (Direct Energy)	4658	4634.8	4559.4	4617.4	1472.76	0.00*
2	انرژی غیرمستقیم (Indirect Energy)	20654.23	19134.6	18620.21	19469.68	1507.65	0.010*
3	انرژی تجدیدپذیر (Renewable Energy)	4270.8	4072	3605.52	3982.77	277.76	0.665^{ns}
4	انرژی تجدید ناپذیر (Non-Renewable Energy)	21041.43	19697.40	19574.09	20104.31	1584.97	0.000*
5	انرژی ورودی کل (Total Energy Input)	25312.23	23769.4	23179.61	24087.08	1741.92	0.020*

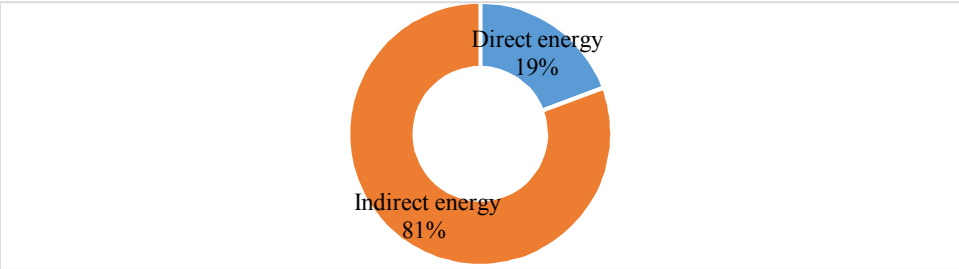
توجه: علامت * نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ٥٪ و ns عدم اختلاف معنی دار است.

Note: The * symbol indicates a significant difference at the 5% level and ns indicates no significant difference.



شکل۳ – انواع انرژی ورودی (تجدید پذیر و تجدید ناپذیر) (مگاژول بر هکتار در سال)

Figure 3. Types of Input Energy (Renewable and Non-Renewable) (Mj ha^{-1} year^{-1})



شکل ٤– انواع انرژی ورودی (مستقیم و غیرمستقیم) (مگاژول بر هکتار در سال)

Figure 4. Types of Input Energy (Direct and Indirect) (Mj ha^{-1} year^{-1})

در تحلیل اقتصادی ارزش کل تولید ٦٦٢٦٤٨٤۰۰ و بازده خالص ۲٤۰۳۷٤٦۱۰ ریال بر هکتار در سال است. نسبت سود به هزینه ۱/۵۷ است. نتایج جدول ٤ نشان داد که بین سه نوع مزرعه از نظر هزینه‌ها و درآمدهای تولید برنج اختلاف معنی داری وجود دارد. بیشترین هزینه ها مربوط به نیروی انسانی، ماشین آلات و بذر بوده و این مقادیر در مزارع بزرگ به دلیل مکانیزه‌تر بودن و استفاده بیشتر از نهاده‌ها، تفاوت قابل توجهی با مزارع کوچک دارند. همچنین مقادیر خطای استاندارد پایین در اکثر متغیرها نشان‌دهنده‌ی ثبات و دقت داده‌ها است. در بخش درآمد، بیشترین بازده از فروش شلتوک در مزارع بزرگ مشاهده شد که بیانگر تأثیر مقیاس مزرعه بر افزایش درآمد است. بر اساس جدول ۵، شاخص‌های اقتصادی نیز این تفاوت‌ها را تأیید می‌کنند؛ به‌طوری‌که ارزش کل تولید، بازده خالص و نسبت سود به هزینه با افزایش اندازه مزرعه رشد داشته اند. نسبت سود به هزینه از ۱/۳۷ در مزارع کوچک به ۱/۹۲ در مزارع بزرگ افزایش یافت که نشان‌دهنده‌ی کارایی اقتصادی بالاتر در مزارع بزرگ و بهره‌وری بهتر منابع است. در مجموع، نتایج این دو جدول بیانگر آن است که اندازه مزرعه تأثیر مستقیم و معنی‌داری بر ساختار هزینه‌ها، درآمد و شاخص‌های اقتصادی تولید برنج دارد (جدول ٤ و ۵ ؛ شکل ۵ و ٦). پیشکار و همکاران (۲۰۱۱)، نسبت سود به هزینه تولید برنج سفید را ۱/۳ محاسبه کرد. تأثیر اندازه مزرعه برنج بر نسبت سود به هزینه نشان داد که مزارع بزرگ‌تر از یک هکتار به دلیل مدیریت بهتر در مصرف ورودی‌های انرژی، ارزش بهتری داشتند (۳). در پژوهش ترابی جفرودی و همکاران (۲۰۱۵) بیشترین هزینه تولید برای نیروی کارگری با میزان ۵۷ درصد بود و اظهار داشت که در زراعت برنج در ایران بیشترین هزینه تولید برای نیروی کارگری صرف می‌گردد که دلیل اصلی آن نیمه‌مکانیزه بودن زراعت و انجام عملیات نشاء کاری، وجین و حتی برداشت محصول به روش دستی می‌باشد (۸). همچنین با وجود اینکه مجموع کودهای شیمیایی ۳۲ درصد

ورودی انرژی را به خود اختصاص داده است؛ ولی به دلیل ارائه یارانه برای آن‌ها هزینه مربوط در حدود ۲ درصد است. مطالعات ترابی جفرودی و همکاران (۲۰۱۵) نیز مؤید همین مطلب است (۸). هزینه ماشین‌آلات و سوخت ۱۶ درصد برآورد شد. پیشکار و همکاران (۲۰۱۱) اظهار داشت برای کاهش هزینه تولید توصیه می‌شود ماشین‌آلات قدیمی با نمونه‌های جدید جایگزین شوند تا هزینه تولید با کاهش هزینه‌های نگهداری، زمان‌بندی و مصرف سوخت کاهش یابد (۳).

جدول ٤- هزینه‌ها و درآمدها برای محصول برنج در منطقه‌ی مورد مطالعه (ریال بر هکتار در سال)

Table 4. Costs and Revenues for Rice Production in the Study Area (Rials $ha^{-1}year^{-1}$)

ردیف (Row)	انواع هزینه‌ها و درآمدها (Types of Costs and Revenues)	مزرعه کوچک (Small Farm)	مزرعه متوسط (Medium Farm)	مزرعه بزرگ (Large Farm)	میانگین (Average)	خطای استاندار (Standard Error)	آزمون کروسکال – والیس (Kruskal-Wallis Test) sig
1	نیروی انسانی (Human Labor)	251520000	238823529.4	196000000	228781180	1911036.98	0.000*
2	آب غرقابی (Flood Irrigation)	10000000	10000000	10000000	10000000	102829.99	0.000*
3	کود شیمیایی (Fertilizer)	8104762	7952206	11058220	9038396	117667.79	0.000*
4	کود حیوانی (manure)	0	0	958904.1	319634.7	20752.14	0.003*
5	سموم (Pesticides)	15892857	12154410	43664380	23903880	92682.50	0.000*
6	سوخت (Diesel Fuel)	28132890	28492110	29659470	28761460	121014.47	0.000*
7	ماشین آلات (Machinery)	40000000	50000000	60000000	50000000	1516196.09	0.000*
8	بذر (Seed)	60000000	57352941	52054794.5	56469245	526002.51	0.000*
9	ادوات (Implements)	1000000	15000000	20000000	15000000	1493279.97	0.000*
10	جمع کل (Total Sum)	423650509	374775196.4	423395768.6	422273790	10145864.85	0.000*
1	شلتوک (Paddy Rice)	553904761.9	567647058.8	775342465.8	632298100	9681168.75	0.000*
2	کاه و کلش (Straw)	26587428.6	27247058.9	37216438.4	30350310	464696.10	0.000*
3	جمع کل (Total Sum)	580492190	594894120	812558900	662648400	5621663.32	0.000*

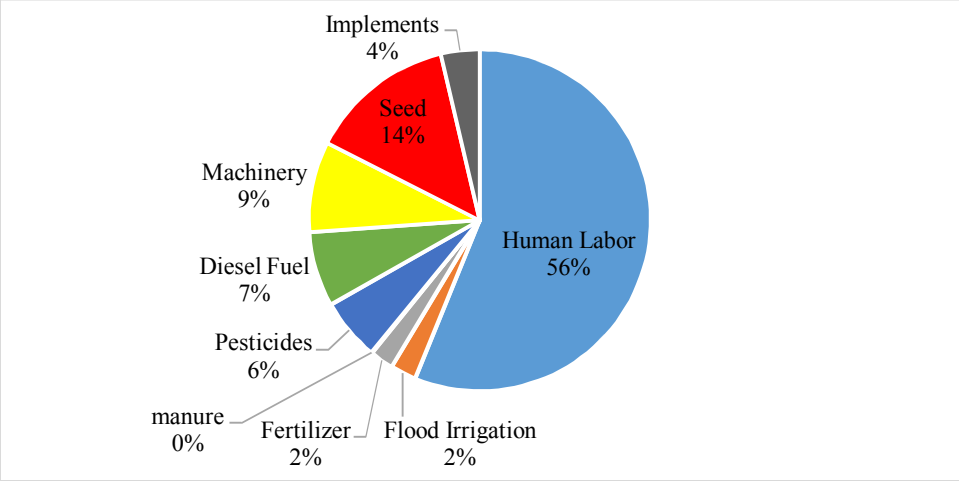
توجه: علامت * نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ و ns عدم اختلاف معنی دار است.

Note: The * symbol indicates a significant difference at the 5% level and ns indicates no significant difference.

جدول ۵- شاخص‌های اقتصادی برای محصول برنج در منطقه‌ی مورد مطالعه (ریال بر هکتار در سال)

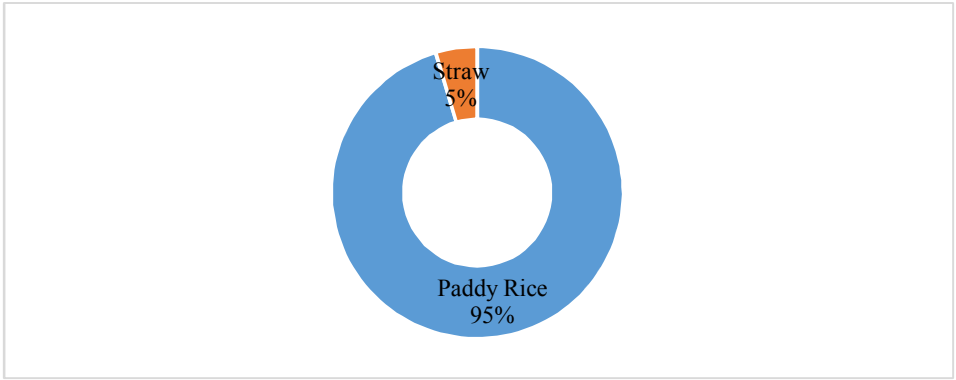
Table 5 -Economic Indicators for Rice Production in the Study Area (Rials $ha^{-1}year^{-1}$)

ردیف (Row)	شاخص‌ها (Indices)	مزرعه کوچک (Small Farm)	مزرعه متوسط Medium (Farm)	مزرعه بزرگ Large (Farm)	میانگین (Average)
1	ارزش کل تولید (Total production value) (Rials $ha^{-1}year^{-1}$)	580492190	594894120	812558900	662648400
2	بازده خالص (Net return) (Rials $ha^{-1}year^{-1}$)	156841681	220118924	389163131	240374610
3	نسبت سود به هزینه (Benefit-Cost Ratio)	1.37	1.59	1.92	1.57



شکل ۵- درصد هزینه‌ها در محصول برنج در منطقه‌ی مورد مطالعه

Figure 5. Average Percentage of Costs in Rice Production in the Study Area



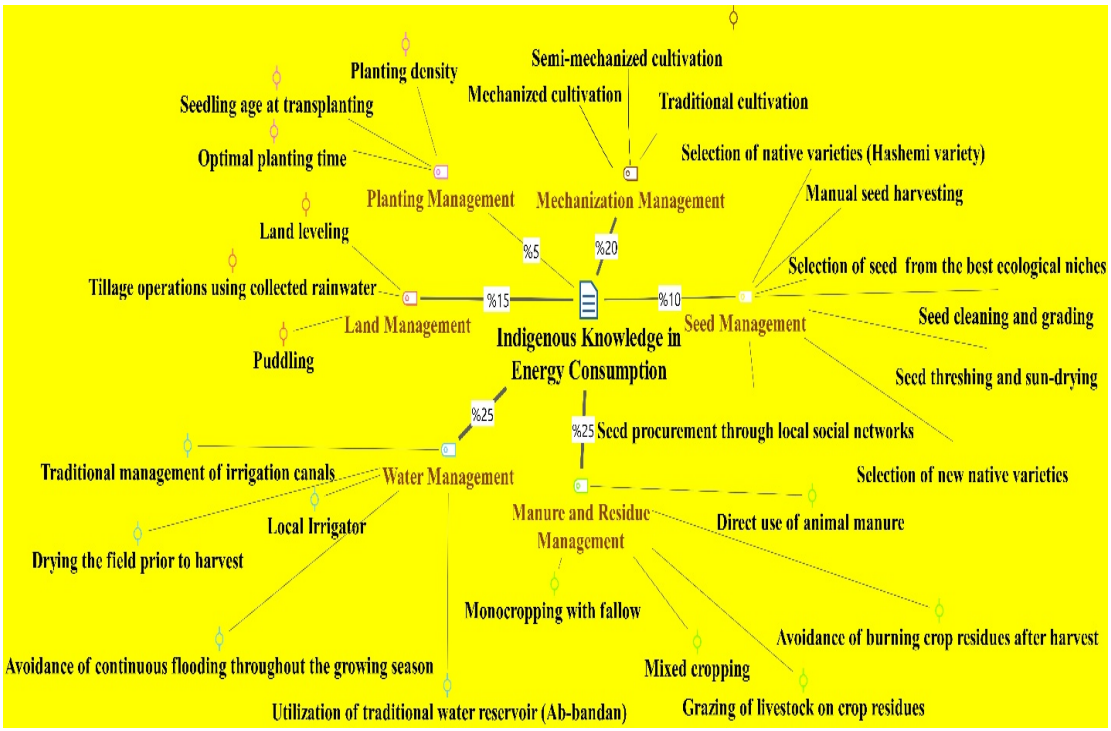
شکل٦ - درصد درآمدها در محصول برنج در منطقه‌ی مورد مطالعه

Figure 6. Average Percentage of Revenues in Rice Production in the Study Area

دانش بومی در مصرف انرژی: دانش بومی کشاورزان در شش مقوله‌ی مدیریت زمین، آب، کود آلی، بذر، کاشت و مکانیزاسیون قابل‌طبقه‌بندی است (شکل ۷).

رویکرد شخم زمین با آب جمع‌آوری‌شده باران، مدیریت کانال‌های آب، انتخاب رقم هاشمی، تراکم مناسب کاشت، کشت تک‌محصول و نیمه‌مکانیزه، عدم

سوزاندن بقایای آلی و خشک‌کردن زمین پیش از برداشت بیشترین فراوانی ثبت نسبی را با میزان ۰/۹ به خود اختصاص داده است. در همین راستا سینگ (۲۰۱٤) و دیویا و همکاران (۲۰۲٤) اظهار داشتند که مدیریت پایدار کشاورزی شامل استفاده از ارقام سنتی و ذخیره بذر، سلامت خاک، حفظ آب و تکنیک‌های آبیاری، کودهای طبیعی و مدیریت آفات است (۱٦، ۱۷). این دانش که بر پایه تجربه‌ی نسل‌ها و سازگاری با شرایط اقلیمی و اجتماعی شکل گرفته، ظرفیت ارزشمندی برای افزایش بهره‌وری دارد. بااین‌حال، بهره‌برداری حداکثری از این ظرفیت زمانی امکان‌پذیر خواهد بود که در قالب رویکرد تلفیقی دانش بومی و رسمی به کار گرفته شود. در بخش مدیریت زمین با اثربخشی ۱۵٪، کشاورزان بومی با شخم زمین با آب باران، به هم زدن و از بین بردن ساختمان خاک (گل‌خرابی) و به وجود آوردن سطحی صاف و مناسب برای کشت برنج از اتلاف آب جلوگیری می‌کنند. این عمل ضمن مدیریت آب در اثر زمان‌بندی مناسب شخم و محدود کردن دفعات خاک‌ورزی در کاهش مصرف سوخت و انرژی مکانیکی نیز نقش دارد. در رویکرد تلفیقی، این روش‌ها می‌توانند با یافته‌های رسمی در زمینه‌ی بهینه‌سازی عمق و شدت شخم، استفاده از ماشین‌آلات کم‌مصرف و تکنولوژی‌های حفاظت خاک همراه شود. بخش آب با اثربخشی ۲۵٪، با مدیریت سنتی کانال‌های آبیاری، حضور آبیار محلی، استفاده از آب بندان‌ها، پرهیز از غرقابی دائم در تمام طول فصل و خشک‌کردن زمین قبل از برداشت، باعث صرفه‌جویی در پرمصرف‌ترین نهاده می‌شود. دانش رسمی با ارائه سیستم‌های نوین آبیاری مانند آبیاری تناوبی یا استفاده از پمپ های کم‌مصرف می‌تواند این الگوهای سنتی را تکمیل کند.



شکل ۷- دانش بومی مصرف انرژی در منطقه‌ی موردمطالعه (MAXQDA 2020 – MAX Maps)

Figure 7- Indigenous knowledge of energy consumption in the study area (MAXQDA 2020 -Maps MAX)

بخش مدیریت کود آلی با اثربخشی ۲۵٪، شامل استفاده از کودهای دامی، بقایای گیاهی و عدم سوزاندن بعد از برداشت بوده که باعث حاصلخیزی خاک و کاهش استفاده از کودهای شیمیایی می‌شود. در رویکرد تلفیقی، این تجربه ها می تواند با دانش رسمی در زمینه ی کمپوست سازی، تولید بیوگاز و فناوری‌های فرآوری ضایعات تلفیق گردد. مدیریت بذر و کاشت با اثربخشی ۱۰ و ۵٪ شامل کاربرد ارقام بومی برنج مانند «هاشمی»، تأمین، فرآوری و توجه به سن، زمان و تراکم کاشت آن است. ارقام بومی سازگاری بیشتری با شرایط اقلیمی منطقه داشته و مقاومت نسبی به تنش‌های آبی و آفات را دارند. رویکرد تلفیقی بذرهایی را در اختیار کشاورزان قرار می دهد که هم با اقلیم سازگارند و هم شاخص های انرژی مطلوب‌تری دارند. کشاورزان در بخش مکانیزاسیون با اثربخشی ۲۰٪، اغلب از ترکیب نیروی انسانی و ماشین آلات ساده استفاده می کنند تا مصرف سوخت و هزینه‌ها را کاهش دهند. در رویکرد تلفیقی، بومی‌سازی و سازگار کردن ماشین‌آلات نوین کم‌مصرف با شرایط محلی، موجب افزایش بهره‌وری خواهد شد (یافته‌های تحقیق).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که نظام کشت برنج در استان گیلان، با وجود وابستگی قابل توجه به نهاده‌های پرمصرف مانند آب، کود نیتروژن و سوخت، از بازدهی مثبت انرژی و اقتصادی برخوردار بوده و می تواند به عنوان نظامی نسبتاً پایدار در چارچوب بهره‌وری منطقه‌ای ارزیابی شود. با این حال، سهم بالای انرژی‌های تجدیدناپذیر و غیرمستقیم نشان دهنده ی آسیب پذیری این نظام در برابر نوسانات منابع و ضرورت بازنگری در الگوی مصرف انرژی است. یافته ها همچنین نشان داد که افزایش وسعت مزارع موجب بهبود شاخص های انرژی، افزایش عملکرد و ارتقای کارایی کلی می شود که بر اهمیت مدیریت یکپارچه منابع، بهینه سازی عملیات زراعی و توسعه الگوهای مدیریتی مبتنی بر مقیاس تأکید دارد. نقش دانش بومی کشاورزان در حوزه هایی مانند مدیریت زمین و آب، استفاده از کود آلی، انتخاب بذر، شیوه های کاشت و مکانیزاسیون، به عنوان منبعی ارزشمند از تجربه‌های انباشته، می تواند مکمل مؤثری برای فناوری های نوین در مسیر کاهش مصرف انرژی و ارتقای بهره‌وری باشد.

محدودیت‌های پژوهش شامل محدودیت دامنه‌ی مکانی و حجم نمونه (۳۰ خانوار و ٦٠ کشاورز)، محدودیت زمانی مطالعه (یک سال زراعی)، استفاده از ضرایب استاندارد برای محاسبه انرژی، وابستگی به داده های خوداظهاری پرسش‌نامه و تمرکز محدود دانش بومی بر شش مقوله است. در سال‌های بعد از مطالعه، در بخش زیست‌محیطی، خشکسالی و بحران آب با سرعت بیشتری در حال رخداد بوده و در بخش اقتصادی، نوسانات قیمتی محسوس در نهاده‌ها و محصول نهایی ایجاد شده است. همچنین، تحلیل اقتصادی صرفاً بر هزینه و درآمد مستقیم متمرکز بوده و اثرات زیست محیطی مانند انتشار گازهای گلخانه ای یا آلودگی آب در نظر گرفته نشده و تحلیل حساسیت یا شبیه سازی سناریوهای مختلف انجام نشده است. با توجه به این محدودیت‌ها، پژوهش‌های آینده باید دامنه وسیع‌تر و نمونه‌گیری گسترده‌تری در مناطق مختلف برنج‌کاری ایران داشته باشند و داده‌ها را در چند سال زراعی متوالی جمع‌آوری کنند تا اثر تغییرات آب‌وهوایی، نوسانات قیمت نهاده ها و عملکرد محصول بر شاخص های انرژی و اقتصادی روشن شود. اندازه گیری مستقیم مصرف انرژی و ارزیابی اثرات زیست محیطی، همراه با تحلیل حساسیت و شبیه سازی سناریوهای مختلف، دقت و کاربردپذیری نتایج را افزایش می‌دهد. بررسی عمیق‌تر

دانش بومی و شیوه های مـدیریتی کشـاورزان، همـراه بـا ترویج آموزش و به‌کارگیری فناوری‌های پایدار، می‌توانـد در افزایش بهره وری انرژی و ارتقای پایداری کشت برنج نقش مؤثری داشته باشد. بر این اساس، پیشنهاد می شـود برنامه های مدیریتی و ترویجـی تلفیقـی تـدوین و اجـرا شوند. در این راسـتا، توسـعه‌ی کارگـاه‌هـای آموزشـی و شبکه‌های محلی با هدف انتقال تجربه‌های بومی موفـق و آمـوزش روش‌هـای نـوین مـدیریت مصـرف انـرژی، مکانیزاسیون کارآمد، بهینه سازی مصرف آب و استفاده از نهاده‌های زیسـت‌پایـه راهگشـا اسـت. همچنـین، ایجـاد نظام‌های حمایتی و مشوق‌های اقتصادی برای کشاورزانی که از فناوری‌های کم‌مصـرف و شـیوه‌هـای پایـدار بهـره می برند، می تواند بـه کـاهش وابسـتگی بـه انـرژی هـای تجدیدناپذیر و تقویت پایداری زیست محیطی و اقتصادی در نظام کشت برنج منجر شود.

References

1. Mardani Najafabadi, M., Sabouni, M., Azadi, H., & Taki, M. (2022). Rice production energy efficiency evaluation in north of Iran; application of Robust Data Envelopment Analysis, *Cleaner Engineering and Technology*, *6*,100356, ISSN 2666-7908, https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100356.
2. Hosseini, S., Sharifan, T., Kiani, H., Abyar, N., & Feyzbakhsh, M.T. (2022). Energy Flow and Global Warming Potential in Direct Seeded and Transplantation of Rice under Different Irrigation Systems. *Journal of Water Research in Agriculture*, *35*(4), 337-356. Doi: 10.22092/ jwra.2021.355385.885. [In Persian]
3. Pishgar-Komleh, S.H., Sefeedpari, P., & Rafiee, S. (2012). Energy and economic analysis of rice production under different farm levels in Guilan province of Iran, *Journal of Agricultural Engineering Research*, *58*(3), 99–106.
4. Yusefi, Z., Vahedi, A., & askari bozaieh, F. (2021). Energy consumption analysis and environmental Impact evaluation of rice production by life cycle assessment (LCA) in guilan province. *Agricultural Mechanization and Systems Research*, *22*(78), 55-72. Doi: 10.22092/erams. 2020.343427.1359. [In Persian]
5. Yasari, E., Dastan, S., & Yadi, R. (2018). Evaluation of CO2 Emission Caused By Energy Consumption of Local Rice Cultivars in Mazandaran Province, *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *28* (4), 191-206. [In Persian].
6. Nandini Dev, K., Singh Athokpam, H., Khamba Singh, K., Anandi Devi, M., & Gojendro Singh, O. (2020). Comparison of Energy Consumption for Different Sowing Techniques and Seed Rate of Direct Seeded Rice (*Oryza sativa* L.) under Medium Land Situation of Manipur. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. *9* (3), 328-336. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.903.039.
7. Alipour, A., Veisi, H., Darijani, F., Mirbagheri, B., & Behbahani, A.G. (2012). Study and determination of energy consumption to produce conventional rice of the Guilan province. *Research in Agricultural Engineering*, *58*(3), 99-106. Doi: 10.17221/8/2011-RAE.
8. Torabi Jafroodi, A., Adibi, S., & Hasanzade, A. (2015). Energy balance and Economical Analysis of Local and Improved Rice (*Oryza Sativa* L.) Cultivars in Guilan Province. *Applied Field Crops Research, 28*(106), 21-28. Doi: 10.22092/aj.2015.105672. [In Persian]
9. Perera, M.H.K.R., Wickramasinghe, W. M. A. D. B., & De Silva, R. P. (2021). Energy efficiency and economic analysis of an irrigated rice farming system in Ampara District of Sri Lanka: An assessment for 2018/19 Maha season.*Tropical Agricultural Research*, *32*(3), 321–333. https://doi.org/10.4038/tar.v32i3.8489.
10. Dugyon, E.M.C. (2024). Indigenous knowledge in traditional production of rice: Impact on food security in the upland households in Ifugao, Philippines. *Plant Science Today*. https://doi.org/10.14719/pst.1864
11. Rosada, I., Nurliani, A., Nurhapsa, F.D., & Sirajuddin S.N. (2024). Enhancing Indigenous Knowledge to Enhance Food Security in Rice Field Agroecosystems of Pinrang Regency, South Sulawesi Province, Indonesia. *Advancements in Life Sciences.11* (1), 84-91.
12. Taofeek, A. (2024). Integration of Indigenous Knowledge and Modern Practices in Upland Rice Cultivation.
13. Arena, F, & Bailey, K. 2025. The Role of Indigenous Knowledge in Carbon Stewardship. https://www.researchgate.net/publication/391848335.

14. Eskandari Cherati, F., Hoshang Bahrami, H., & Asakereh, A. (2011). Energy survey of mechanized and traditional rice production system in Mazandaran Province of Iran, *African Journal of Agricultural Research*, *6* (11), 2565 - 2570, https://doi.org/10.5897/AJAR11.516
15. Kaur, R., Chhina, G.S., Kaur, M., Bhatt, R., Elhindi, K.M., & Mattar, M.A. (2024).Optimizing Nutrient and Energy Efficiency in a Direct-Seeded Rice Production System: A Northwestern Punjab Case Study. *Agronomy*, *14,* 671. https://doi.org/10.3390/ agronomy14040671.
16. Singh, R.K. (2014). Indigenous Agricultural Knowledge in Rainfed Rice Based Farming Systems for Sustainable Agriculture: Learning from Indian Farmers. *Indigenous Knowledge and Sustainable Agriculture Development*, 101-111.
17. Dhivya, C., Monika A, Jayashree V., & Kamali, S.P. (2024). The Role of Indigenous Knowledge in Sustainable Farming Practices, *greenaria*.in, *2* (10), 194-196. ISSN: 2584-153X, Article ID: G-24-1051
18. Putu Sukanteri, N., Joshi, R.C., & Tamba, I.M. (2024). Cultivating Sustainable Agriculture: Traditional Wisdom in Balinese Rice Farming, https://doi.org/10.31220/agrirxiv.2024.00270
19. Website Census of Population and Housing. (2016). Statistical Centre of Iran, available at https://amar.org.ir/statistical-information/statid/52277. [In Persian]
20. Website General Directorate of Meteorology of Gilan Province. (2025). Available at https://www.gilmet.ir/fa/.
21. Faruque, M.O., Uddin, S.B., Barlow, J.W. Hu, S., Dong, S., Cai, Q., Li, X. & Hu, X. (2018). Quantitative ethnobotany of medicinal plants used by indigenous communities in the bandarban district of Bangladesh. *Front Pharmacol*, *6*, 9(40). Doi: 10.3389/fphar.2018.00040. PMID: 29467652; PMCID: PMC5808248.
22. Erzse, A., Karim, S.A., Rwafa-Ponela, T. Kruger, P., Hofman, K., Foley, L., Oni, T., & Goldstein, S. (2023). Participatory prioritisation of interventions to improve primary school food environments in Gauteng, South Africa. *BMC Public Health*, *23*, 1263. https://doi.org/10.1186/s12889-023-16101-z.
23. Gundogmus, E. (2006). Energy use on organic farming: a comparative analysis on organic versus conventional apricot production on small holdings in Turkey. *Energy Conversation Management*, *47*, 3351-3359.
24. Iqbal, T. (2007). Energy input and output for production of Boro rice in Bangladesh. *Electronic Journal of Environmental*, *Agricultural and Food Chemistry*, *7*, 2717-2722.