The University of Tehran Press

Iranian Journal Agricultural Economics and Development Research

Online ISNN: 2008-4838

Homepage: http://ijaedr.ut.ac.ir/

Comparison of sugarcane and sugar beet cultivation in terms of energy and economic indices in Khuzestan province

Zeynab Mirzavand[1], Majid AghaAlikhani [2] ✉ and Hamed Eyni-Nargeseh [3]

1. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: zeynabmirzaavand@gmail.com
2. Correspounding Author, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: maghaalikhani@modares.ac.ir

3. Department of Agricultural Engineering, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran. E-mail: heyni@tvu.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 13 March 2025

Received in revised form: 1 December 2025

Accepted: 1 December 2025

Published online: Spring 2026

Keywords:

Economic efficiency,

Energy productivity

Energy use efficiency,

Income to cost ratio,

Water use efficiency.

ABSTRACT

In order to compare the cultivation of two sugar-producing plants (sugarcane and sugar beet) in terms of energy and economic indicators, a field study was conducted in Khuzestan province in 1402 using questionnaires and interviews as data collection tools. Energy consumption efficiency, energy productivity, specific energy, net energy and water consumption efficiency were investigated as energy indicators and gross production value, net income, profit-cost ratio and economic productivity were investigated as economic indicators. Based on the findings of this study, the total energy input in sugarcane cultivation was 93002.4 and in sugar beet was 47148.34 megajoules per hectare. The total energy output in sugarcane cultivation was 98467.2 and in sugar beet was 1273272 megajoules per hectare. In sugarcane cultivation, the largest share of energy was from fuel (34.85%), water (32.9%), and chemical fertilizers (12.3%), and in sugar beet cultivation, the largest share of energy was from fuel (45.77%), chemical fertilizers (24.25%), and water (22.8%). In sugarcane and sugar beet cultivation, the energy efficiency index was 1.06 and 27.01, the energy productivity index was 0.88 and 0.81 kg/MJ, the specific energy index was 1.1334 and 1.2271 MJ/ha, the specific energy index was 5464.8 and 1226123.7 MJ/ha, and the water use efficiency was 2.73 and 7.19 kg/m3 of water consumed. Net income in sugarcane cultivation was estimated at 1927.78 and in sugar beet at 1068.34 dollars per hectare, indicating the greater profitability of sugarcane. In general, sugar beet cultivation was superior in terms of energy efficiency and sugarcane cultivation in terms of economic profitability, which is hoped to attract the attention of policymakers and agricultural extension specialists to create sustainable farming ecosystems in the agricultural development of the province.

Cite this article: Mirzavand, Z., AghaAlikhani, M. & Eyni-Nargeseh, H. (2026). Comparison of sugarcane and sugar beet cultivation in terms of energy and economic indices in Khuzestan province. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 57-2 (1), 1-16. DOI: https://doi.org/10.22059/ijaedr.2026.389808.669364

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/ijaedr.2026.389808.669364

Extended Abstract

Objectives

In order to compare the cultivation of two sugar-producing plants (sugarcane and sugar beet) in terms of energy and economic indicators, a research study was conducted in Khuzestan Province in 2023 using a questionnaire and interview as data collection tools. Sugar is an indispensable component in the food and pharmaceutical industry. Khuzestan is the main hub for sugarcane production in the country and also ranks second in sugar beet production. According the result of this study the more suitable product in terms of energy consumption efficiency, as well as economic viability would be determined. The objectives include examining the economic viability of cultivating the two plants, sugarcane and sugar beet, considering the amount of production costs and their final yield relative to each other, as well as investigating energy consumption efficiency by determining the inputs and outputs of the two systems and estimating the share of renewable and non-renewable energies in each product.

Materials and Methods

This research was conducted in 2023 in Khuzestan province. Through a questionnaire, information on inputs, labor hours, fuel, and costs was collected from 20 experienced farmers who were engaged in sugar beet cultivation in the province whose cultivated land area was over 5 hectares. Sugarcane information was obtained from 3 agro-industries of Farabi, Salman Farsi, and Haft Tappeh. Energy equivalent of each input and output calculated by input or output values multiplied by their corresponding energy coefficient. Various energy indicators plus water use efficiency were calculated. For economic comparison the costs of the inputs used in the production system were calculated in US dollars per unit area (hectare).

Results/ Discussion

Total input energy in sugarcane and sugar beet cultivation was 93002.4 and 47148.34 MJ. ha^{-1} respectively. Also their total output energy was 98467.2 and 1273272 MJ. ha^{-1} respectively. In sugarcane cultivation, the largest energy share belonged to fuel (34.85%), water (32.9%), and chemical fertilizers (12.3%), while in sugar beet cultivation, the largest energy share was related to fuel (45.77%), chemical fertilizers (24.25%), and water (22.8%). In sugarcane and sugar beet cultivation, the energy efficiency index was 1.06 and 27.00, the energy productivity index was 0.89 and 0.815 kg. MJ^{-1}, the specific energy index was 1.13 and 1.23 MJ. ha^{-1}, the particular energy index was 5464.8 and 1226123.67 MJ. ha^{-1}, and water use efficiency was 2.73 and 7.19 $kg.m^{-3}$ respectively. The net income in sugarcane cultivation was $ 1927.78 and in sugar beet cultivation was $1068.34 per hectare, indicating higher profitability of sugarcane. Overall, in terms of energy use efficiency, sugar beet cultivation was superior, and in terms of profitability, sugarcane cultivation was superior which is hoped that it will be of interest to policymakers and agricultural extension specialists in order to create sustainable ecosystems in the agricultural development of the province.

Author Contributions

This article is an extract from a Master of Science research project of the first author. M. AghaAlikhani as her supervisor designed the experiment and research planning. The first author (Z. Mirzavand) conducted all interviews and completed the questionnaires in person, and in addition to writing the initial version of the article, she also participated in the statistical analysis of the data. The third author (H. Eyni-Nargeseh) also participated in the preparation of the questionnaires and the statistical analysis of the data. All authors read and approved the manuscript.

Data Availability Statement

Data sharing is applicable with a formal and justified request for the corresponding author.

Acknowledgements

The authors would like to thank and Research Deputy of Tarbiat Modares University (TMU).

Ethical considerations

The study was approved by the Ethics Committee of the University of Tarbiat Modares, The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، دوره ۲- ۵۷، شماره ۱

انتشارات دانشگاه تهران

شاپا الکترونیکی: ۷۸۵X-۲۴۲۳

Homepage: http://ijaedr.ut.ac.ir/

مقایسه‌ی زراعت نیشکر و چغندرقند از نظر شاخص‌های انرژی و اقتصادی در استان خوزستان

زینب میرزاوند[۱] | مجید آقاعلیخانی[۲]✉ | حامد عینی نرگسه[۳]

۱. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: zeynabmirzaavand@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: maghaalikhani@modares.ac.ir

۳. گروه مهندسی کشاورزی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران. رایانامه: heyni@tvu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۹/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۱۰

تاریخ انتشار: بهار ۱۴۰۵

کلیدواژه‌ها:

بهره وری اقتصادی، بهره وری انرژی، کارایی مصرف آب کارایی مصرف انرژی، نسبت درآمد به هزینه.

چکیده

به منظور مقایسه‌ی زراعت دو گیاه مولد شکر (نیشکر و چغندرقند) از نظر شاخص‌های انرژی و اقتصادی یک تحقیق میدانی با استفاده از پرسشنامه و مصاحبه به عنوان ابزار گردآوری اطلاعات در سال ۱۴۰۲ در استان خوزستان انجام شد. کارایی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی مخصوص، انرژی خالص و کارایی مصرف آب به عنوان شاخص‌های انرژی و ارزش ناخالص تولید، درآمد خالص، نسبت سود به هزینه و بهره‌وری اقتصادی به عنوان شاخص‌های اقتصادی بررسی شدند. بر اساس یافته‌های این تحقیق کل انرژی ورودی در کشت نیشکر ۹۳۰۰۲/۴ و در چغندرقند ۴۷۱۴۸/۳۴ مگاژول در هکتار بود. کل انرژی خروجی در کشت نیشکر ۹۸۴۶۷/۲ و در چغندرقند ۱۲۷۳۲۷۲ مگاژول در هکتار بود. در کشت نیشکر بیشترین سهم انرژی متعلق به سوخت (۳۴/۸۵٪)، آب (۳۲/۹٪) و کودهای شیمیایی (۱۲/۳٪) بود و در کشت چغندرقند نیز بیشترین سهم انرژی به ترتیب به سوخت (۴۵/۷۷٪)، کودهای شیمیایی (۲۴/۲۵٪) و آب (۲۲/۸٪) مربوط بود. در کشت نیشکر و چغندرقند شاخص کارایی انرژی به ترتیب ۱/۰۶ و ۲۷/۰۱، شاخص بهره‌وری انرژی ۰/۸۸ و ۰/۸۱ کیلوگرم بر مگاژول، شاخص انرژی مخصوص ۱/۱۳۳۴ و ۱/۲۲۷۱ مگاژول بر هکتار، شاخص انرژی خاص ۵۴۶۴/۸ و ۱۲۲۶۱۲۳/۷ مگاژول بر هکتار و کارایی مصرف آب ۲/۷۳ و ۷/۱۹ کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی بود. درآمد خالص در کشت نیشکر ۱۹۲۷/۷۸ و در چغندرقند ۱۰۶۸/۳۴ دلار در هکتار برآورد شد که نشان از سودآوری بیشتر نیشکر است. به طور کلی از نظر کارایی مصرف انرژی کشت چغندرقند و از نظر سودآوری اقتصادی کشت نیشکر برتر بود که امید است برای ایجاد کشت بوم های پایدار در توسعه کشاورزی استان مورد توجه سیاست گزاران و مروجان بخش زراعت واقع شود.

استناد: میرزاوند، زینب؛ آقاعلیخانی، مجید و عینی نرگسه، حامد (۱۴۰۵). مقایسه‌ی زراعت نیشکر و چغندرقند از نظر شاخص‌های انرژی و اقتصادی در استان خوزستان. *تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*، ۲-۵۷ (۱)، ۱۶-۱. DOI: https://doi.org/10.22059/ijaedr.2026.389808.669364

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijaedr.2026.389808.669364

مقدمه

رشد جمعیت جهان، تأمین غذای کافی و سالم را به ضرورتی اجتناب‌ناپذیر تبدیل کرده است. افزایش تولید کشاورزی از دو مسیر افزایش سطح زیر کشت و ارتقای عملکرد در واحد سطح امکان‌پذیر است. با توجه به پیامدهای منفی گسترش اراضی کشاورزی (نظیر نابودی جنگل‌ها و مراتع)، تمرکز بر افزایش بهره‌وری راهکار معقول‌تری به نظر می‌رسد. در این راستا، حتی می‌توان با جایگزینی محصولات مناسب‌تر، هم به تولید بیشتر دست یافت و هم در مصرف نهاده‌ها و هزینه‌ها صرفه‌جویی کرد.

برای مقایسه‌ی علمی دو محصول و معرفی گزینه‌ی بهینه از نظر کارایی مصرف انرژی و توجیه اقتصادی، توجه به تراز انرژی ضروری است. در این تحلیل، مجموع انرژی‌های ورودی (شامل نهاده‌های شیمیایی، آب، سوخت و نیروی انسانی) با انرژی خروجی (معادل عملکرد محصول نهایی) سنجیده می‌شود. تجزیه و تحلیل جریان‌های انرژی در سیستم‌های کشاورزی، می‌تواند راهکارهای مؤثری برای بهبود کارایی انرژی ارائه دهد.

شکر به‌عنوان یکی از ترکیبات پرمصرف در صنایع غذایی و دارویی، جایگاه ویژه‌ای دارد. با توجه به مصرف سرانه‌ی حدود ۲۹ کیلوگرم در ایران (معادل ۴/۲ میلیون تن برای جمعیت کنونی) (Anonymous, 2024)، لزوم پژوهش‌های به‌نژادی، به‌زراعی و اکولوژیک برای بهبود عملکرد و شاخص‌های پایداری در گیاهان قنددار (چغندرقند و نیشکر) در مناطق مختلف کشور آشکار است. استان خوزستان که قطب اصلی تولید نیشکر و دارای رتبه‌ی دوم در تولید چغندرقند کشور است، به‌عنوان منطقه‌ی مطالعاتی این تحقیق انتخاب شده است.

افزایش جمعیت جهان و ضرورت تأمین غذا، لزوم ارزیابی دقیق نظام‌های تولید کشاورزی را بیش از پیش آشکار می‌سازد. در این میان، تحلیل انرژی به عنوان یک ابزار قدرتمند، نه تنها کارایی فنی، بلکه پیامدهای زیستمحیطی فعالیت‌های کشاورزی را نیز روشن می‌کند. شواهد نشان می‌دهد که صنعتی‌شدن کشاورزی و وابستگی به نهاده‌های مبتنی بر سوخت فسیلی، سهم قابل‌توجهی در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد (Mohammadi et al., 2021). این رابطه دوسویه بین مصرف انرژی و آلودگی محیط‌زیست، لزوم ادغام شاخص‌های انرژی در ارزیابی‌های کشاورزی را در کنار معیارهای صرفاً اقتصادی توجیه می‌نماید.

در یک تحلیل انرژی جامع، نهاده‌های سیستم زراعی بر اساس منشأ و قابلیت تجدیدپذیری دسته‌بندی می‌شوند. به‌طور کلی، انرژی ورودی به دو شکل مستقیم (مانند سوخت و برق) و غیرمستقیم (مانند انرژی نهفته در کود و ماشین‌آلات) یا به دو گروه تجدیدپذیر (مانند نیروی انسانی و کود دامی) و تجدیدناپذیر (مانند سوخت‌های فسیلی و کودهای شیمیایی) تقسیم می‌شود (Yilmaz et al., 2005). این تفکیک، امکان درک دقیق‌تری از ساختار مصرف انرژی و وابستگی سیستم به منابع پایان‌پذیر را فراهم می‌آورد.

اگرچه برآورد سودآوری اقتصادی با استفاده از شاخص‌های مالی (Jalilian, 2022) گام ضروری در مقایسه محصولات است، اما یک چارچوب ارزیابی پایدار نیازمند نگاهی یکپارچه‌تر است. در این راستا، مفهوم نظام بهم‌پیوسته آب، غذا و انرژی (Haghjoo et al., 2023) به عنوان رویکردی جامع مطرح می‌شود که ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیستمحیطی پایداری را همزمان پوشش می‌دهد.

با این مقدمه، هدف اصلی این پژوهش مقایسه دو گیاه راهبردی نیشکر و چغندرقند—به عنوان منابع اصلی تولید شکر در ایران—از منظر شاخص‌های انرژی و اقتصادی در استان خوزستان است. این مقایسه از طریق پاسخ به پرسش‌های کلیدی زیر صورت می‌پذیرد:

۱. از نظر سودآوری اقتصادی و با در نظر گرفتن هزینه‌ها و عملکرد، کدام یک از دو محصول برتری دارند؟

۲. سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در مقابل تجدیدناپذیر در تولید هر یک از این دو محصول چقدر است؟

۳. کارایی مصرف انرژی (نسبت انرژی خروجی به ورودی) در کدام سیستم زراعی بالاتر است؟

پاسخ به این پرسش‌ها می‌تواند مبنای علمی مناسبی برای تصمیم‌گیری‌های بهینه در تخصیص منابع و حرکت به سمت سیستم‌های تولید پایدارتر در منطقه ارائه دهد.

پیشینه پژوهش

مطالعات متعددی به بررسی شاخص‌های انرژی و اقتصادی در محصولات کشاورزی پرداخته‌اند که در ادامه به موارد مرتبط با این پژوهش اشاره می‌شود.

بررسی چرخه حیات در شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی دعبل خزاعی نشان داد که فرآیندهای تولید نیشکر دارای اثرات منفی محیط‌زیستی، از جمله مصرف بالای انرژی‌های تجدیدناپذیر است (Jafarzadeh et al., 2013). در سوی دیگر، در تولید شکر از چغندرقند نیز سهم انرژی‌های تجدیدناپذیر ۹۷/۳۵ درصد گزارش شده و شاخص‌های نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی و شدت انرژی به ترتیب ۰/۵۶، ۰/۰۲ کیلوگرم بر مگاژول و ۴۷/۹ مگاژول بر کیلوگرم برآورد شدند (Gholamrezaee et al., 2021). این پژوهشگران تأکید کرده‌اند که برای تولید پاک‌تر چغندرقند، آموزش کشاورزان در زمینه مکانیزاسیون، استفاده از کودهای آلی و روش‌های نوین آبیاری ضروری است. در سایر محصولات نیز الگوی مشابهی دیده می‌شود. به عنوان مثال، در زراعت پنبه، سوخت (۵۴٪)، کودها (۲۴٪) و مواد شیمیایی (۱۳٪) بیشترین سهم مصرف انرژی را داشته‌اند (Ahmadi & AghaAlikhani, 2012). این الگو در گندم دیم نیز تکرار شده و سوخت دیزل با ۵۸/۱۲ درصد بیشترین سهم انرژی مصرفی را به خود اختصاص داده است (Mardani Najafabadi & Ohadi, 2022). این محققان، سنجش کارایی مصرف انرژی را گام اول برای بهینه‌سازی استفاده از منابع دانسته‌اند.

از منظر اقتصادی، کشت چغندرقند در شرایط مختلف اقلیمی روسیه سودآوری قابل‌توجهی (۱۸۶ تا ۳۲۷ درصد) نشان داده است (Islamgulov et al., 2023). همچنین، صنعت فرآوری نیشکر به دلیل مصرف انرژی زیاد در مراحل مختلف، نیازمند بهبود کارایی عملیات برای کاهش هزینه و مصرف انرژی است (El-Awady et al., 2024; Awady et al., 2023).

با وجود مطالعات فوق، مقایسه همزمان شاخص‌های انرژی و اقتصادی بین دو گیاه نیشکر و چغندرقند در یک منطقه خاص (استان خوزستان) صورت نگرفته است. افزون بر این، داده‌های مطالعات پیشین عمدتاً از یک مزرعه یا واحد فرآوری استخراج شده‌اند، در حالی که در این پژوهش داده‌ها از چندین مرکز تولیدی مختلف جمع‌آوری شده‌اند تا نمای جامع‌تر و قابل تعمیم‌تری ارائه دهد. بنابراین، این تحقیق با برآورد مقایسه‌ای شاخص‌های انرژی و اقتصادی برای نیشکر و چغندرقند در خوزستان، درصدد پرکردن بخشی از این شکاف پژوهشی است.

روش شناسی پژوهش

این مطالعه در سال ۱۴۰۲ در استان خوزستان به‌عنوان قطب اصلی تولید نیشکر کشور (با سهم حدود ۹۸ درصد از اراضی زیر کشت) انجام شد. زراعت نیشکر در این استان به‌صورت کاملاً صنعتی و متمرکز در اختیار نه شرکت بزرگ کشت و صنعت قرار دارد و کشاورزان خرده‌پا در این بخش نقشی ندارند. این شرکت‌ها (کارون، امام خمینی، امیرکبیر، دعبل خزائی، سلمان فارسی، فارابی، میرزاکوچک خان، دهخدا و هفت‌تپه) تولیدکنندگان انحصاری شکر در منطقه هستند و نزدیک به ۵۰ درصد از شکر کشور را تأمین می‌کنند (Marashi et al., 2018). با توجه به مشابهت الگوی کشت و فناوری در بین این شرکت‌ها، اطلاعات مورد نیاز برای بخش نیشکر از طریق مصاحبه و تکمیل پرسشنامه توسط کارشناسان مجرب ادارات کشاورزی و سه شرکت فارابی، سلمان فارسی و هفت‌تپه (که امکان دسترسی به اطلاعات فراهم بود) جمع‌آوری شد. در این بخش، به دلیل ماهیت صنعتی و یکنواخت فعالیت، نیازی به نمونه‌گیری آماری از جامعه وجود نداشت.

در بخش زراعت چغندرقند نیز با توجه به صنعتی بودن نسبی و استفاده از مکانیزاسیون پیشرفته در استان خوزستان، جامعه آماری به خبرگان و کشاورزان مجرب محدود شد. بر این اساس، با استفاده از پرسشنامه، اطلاعات مربوط به نهاده‌ها، نیروی کار، سوخت و هزینه‌ها از ۲۰ کشاورز با سابقه در شهرستان‌های دزفول، اندیمشک، شوش و شوشتر که سطح زیر کشت مزارع آنان بیش از پنج هکتار بود، گردآوری شد. پس از جمع‌آوری داده‌ها، کلیه اطلاعات نهاده و ستانده به ازای هر هکتار محاسبه و در محیط Excel سازماندهی شد. برای امکان‌پذیر شدن مقایسه کمی بین ورودی‌ها و خروجی‌های مختلف با واحدهای ناهمگن (مانند کیلوگرم، لیتر، ساعت کار و ...)، تمامی مقادیر با استفاده از ضرایب تبدیل انرژی خاص هر نهاده به معادل انرژی (معمولاً مگاژول) تبدیل شدند. این تبدیل بر اساس رابطه (۱) انجام پذیرفت:

رابطه شماره ۱ $E_{input} = I_{consumption} \times ec_{input}$

E_{input} انرژی معادل هر نهاده‌ی مصرفی برحسب واحد مخصوص آن نهاده، $I_{consumption}$ میزان نهاده مصرفی برحسب واحد مخصوص آن نهاده (برای مثال واحد سوخت گازوییل لیتر است) و ec_{input} ضریب انرژی هر نهاده که واحد آن مگاژول بر واحد نهاده است.

ضرایب تبدیل ورودی‌ها و خروجی‌های مختلف به معادل انرژی (بر حسب مگاژول) برای زراعت نیشکر و چغندر قند در جدول ۱ درج شده است.

جدول۱. ضرایب تبدیل ورودی‌ها و خروجی‌های زراعت نیشکر و چغندرقند به معادل انرژی بر حسب مگاژول

Table1. Conversion Factors of the Inputs and Outputs of Sugarcane and Sugar beet production into Energy equivalent (Megajule, MJ)

نهاده Inputs	ضریب انرژی Energy factor (MJ/ unit)	نیشکر Sugarcane	چغندرقند Sugar beet	منبع Reference
قلمه (کیلوگرم) Cutting (kg)	1.2	8212	–	(Ricaud, 1980)
بذر (کیلوگرم) Seeds (kg)	-	–	1.58	(Zahedi ET AL., 2014)
آب (متر مکعب) Water (m^3)	1.2	30000	10540	(Tabatabaie, 2012)
سوخت دیزل (لیتر) Diesel fuel (l)	56.31	575.57	383.26	(Kouchaki-Penchah, 2016)
نیروی کارگری (ساعت) Labor force (h)	1.96	752.4	20	(Ozkan et al., 2004)
ماشین‌آلات (ساعت) Machinery (h)	62.7	65.04	13	(Singh et al., 2002)
کودهای شیمیایی(کیلوگرم) Chemical fertilizers (kg)	–	276.53	297.28	
کود نیتروژنی (کیلوگرم) Nitrogen fertilizer (kg)	60.6	168.93	162.82	(Gundogmus , 2006)
کود پتاسی (کیلوگرم) Potash fertilizer (kg)	6.7	0	59.46	(Gundogmus , 2006)
کود فسفری(کیلوگرم) Phosphorus fertilizer (kg)	11.11	107.6	48.3	(Gundogmus , 2006)
کود گوگردی (کیلوگرم) Sulfur fertilizer (kg)		0	23.42	
کود میکرو (کیلوگرم) Micro fertilizer (kg)	120	0	3.297	(Zahedi et al.,2014)
کود حیوانی (کیلوگرم) Animal manure (kg)	0.3	0	732.55	(Rafiee et al., 2010)
سموم شیمیایی(کیلوگرم ماده موثره) Chemical toxins (kg ai.)	–	14.17	12.84	
علف‌کش (کیلوگرم ماده موثره) Herbicide (kg ai.)	238	11.92	3.31	(Rafiee et al.,2010)
حشره‌کش (کیلوگرم ماده موثره) Insecticide (kg ai.)	101.2	1.5	3.59	(Rafiee et al., 2010)
قارچ‌کش (کیلوگرم ماده موثره) Fungicide (kg ai.)	216	0.75	5.94	(Rafiee et al., 2010)
ستانده **Output**				
عملکرد نی (کیلوگرم در هکتار) Cane yield (kg/ha)	1.2	82056	–	(Kitani et al., 1999)
عملکرد ریشه (کیلوگرم در هکتار) Root yield (kg/ha)	16.8	–	75790	(Zahedi et al., 2014)

پس از مشخص شدن نوع و مقادیر انرژی‌های ورودی و خروجی، شاخص‌های مختلف انرژی شامل کارایی انرژی (EUE)[1] ، انرژی مخصوص[2] (SE) ، بهره‌وری انرژی[3] (EP) ، کارایی مصرف آب[4] (WUE) و انرژی خالص[5] (NE) با استفاده از معادلات جدول ۲ محاسبه شد:

جدول ۲. معادلات شاخص‌های انرژی و کارایی مصرف آب

Table2. Energy Indices Equations and water use efficiency

شاخص انرژی Energy index	شماره رابطه Equation number
کارایی مصرف انرژی $= \frac{\text{انرژی خروجی}}{\text{انرژی ورودی}}$ Energy use efficiency= Output Energy/Input Energy	(1
بهره‌وری انرژی $(\text{kg MJ}^{-1}) = \frac{\text{عملکرد گیاه زراعی}}{\text{انرژی ورودی}}$ Energy productivity(kg MJ^{-1}) = Crop Yield / Input Energy	(2
انرژی مخصوص $(\text{MJ kg}^{-1}) = \frac{\text{انرژی ورودی}}{\text{عملکرد گیاه زراعی}}$ Specific energy (MJ kg-1) = Input Energy / Crop Yield	(3
انرژی خالص (MJ ha^{-1}) = انرژی ورودی – انرژی خروجی Net energy (MJ ha-1) = Output Energy - Input Energy	(4
کارایی مصرف آب $(\text{kg m}^{-3}) = \frac{\text{عملکرد اقتصادی}}{\text{آب مصرفی}}$ Water use efficiency (kg m^{-3}) = Economic Yield / Consumed Water	(5

به منظور بررسی و تحلیل بیشتر کشت‌بوم‌های چغندرقند و نیشکر در استان خوزستان شاخص‌های اقتصادی استفاده شد. به منظور بررسی اقتصادی تولید این دو محصول، ابتدا هزینه‌های نهاده‌هایی که در سیستم تولید صرف شده‌اند بر اساس دلار (به منظور یکسان بودن برآورد قیمت در زمان‌های مختلف) بر واحد سطح (هکتار) محاسبه شد. در این بررسی‌ها هزینه‌های ثابت از جمله اجاره زمین، هزینه‌های متغیر از جمله هزینه‌ی نهاده‌های مصرفی، سوخت، نیروی انسانی و ماشین‌آلات و... و همچنین هزینه کل[6] (TCP) برای یک هکتار زمین بدست آمد و سپس شاخص‌های مهم اقتصادی از جمله درآمد ناخالص تولید[7] (GI)، ارزش ناخالص‌تولید[8] (GPV) ، درآمد خالص[9] (NI) ، نسبت سود به هزینه[10] (ICR) و بهره‌وری اقتصادی[11] (EE)محاسبه شد.جزئیات بیشتر در باره این شاخص‌ها به‌شرح جدول ۳ است (Asgharipour *et al.*, 2012):

1. Energy use efficiency
2. Specific energy
3. Energy productivity
4. Water use efficiency
5. Net energy
6. Total cost of production
7. Gross income
8. Gross production value
9. Net income
10. Income to cost ratio
11. Economic efficiency

جدول ۳. شاخص‌های اقتصادی مورد محاسبه

Table3. Economic Indices Equations

شماره رابطه Equation number	شاخص‌ها Indicators
(6	هزینه‌های ثابت + هزینه‌های متغیر = **کل هزینه‌های تولید** (دلار در هکتار) Total cost of production ($ ha^{-1}) = Fixed costs + variable costs
(7	هزینه‌های متغیر – ارزش ناخالص تولید = **درآمد ناخالص** (دلار در هکتار) Gross income ($ ha^{-1}) = Gross value of production - Variable costs
(8	قیمت محصول × عملکرد محصول زراعی = **ارزش ناخالص تولید** (دلار در هکتار) Gross production value ($ ha^{-1}) = Crop yield × Product price
(9	کل هزینه‌های تولید – ارزش ناخالص تولید =**درآمد خالص** (دلار در هکتار) Net income ($ ha^{-1}) = Gross production value - Total cost of production
(10	$\frac{\text{درآمد خالص}}{\text{کل هزینه‌های تولید}}$ = **نسبت سود به هزینه** Benefit to cost ratio = Net income / Total cost of production
(11	$\frac{\text{عملکرد محصول زراعی}}{\text{کل هزینه تولید}}$ = **بهره‌وری اقتصادی** (کیلوگرم بر دلار) Economic efficiency (kg/$) = Crop yield / Total cost of production

یافته‌های پژوهش

بر اساس نتایج در کشت نیشکر بیشترین سهم انرژی به ترتیب مربوط به سوخت (۳۴/۸۵٪)، آب (۳۲/۹٪) و کودهای شیمیایی (۱۲/۳٪) بود. در کشت چغندرقند نیز سوخت (۴۵/۷۷٪)، کودهای شیمیایی (۲۴/۲۵٪) و آب (۲۲/۸٪) به ترتیب بیشترین سهم را از انرژی ورودی داشته‌اند(جدول ۴).

انرژی خروجی حاصل از عملکرد ریشه در چغندرقند ۱۲/۹ برابر انرژی خروجی عملکرد نی در نیشکر بود که علت آن بیشتر بودن (۱۴ برابر) ضریب تبدیل ریشه‌ی چغندرقند به انرژی در مقایسه با به ضریب تبدیل عملکرد نی به انرژی است.

جدول ٤. مقادیر انرژی ورودی و خروجی و سهم انرژی هر نهاده از کل انرژی در زراعت نیشکر و چغندرقند

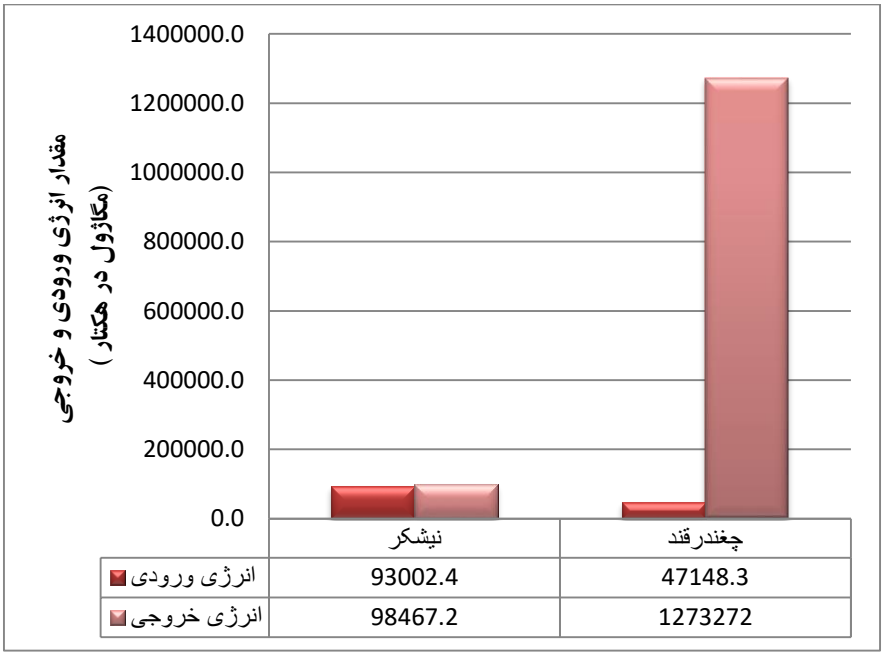
Table4. Input and output energy amounts and the energy share of each input in the total energy of sugarcane and sugar beet cultivation

	نیشکر Sugarcane		چغندرقند Sugar beet	
نهاده Input	انرژی Energy (MJ /ha)	سهم از انرژی کل(%) share of total energy (%)	انرژی Energy (MJ /ha)	سهم از انرژی کل(%) share of total energy (%)
قلمه Cutting	9854.4	10.6	–	
بذر Seeds	–		92.5	0.2
آب Water	30600	32.9	10750.8	22.8
سوخت دیزل Diesel fuel	32410.43	34.85	21581.37	45.77
نیروی کارگری Labor force	1474.70	1.58	39.2	0.08
ماشین‌آلات Machinery	4078.01	4.38	815.1	1.73
کودهای شیمیایی Chemical fertilizers	11432.6	12.3	11434.5204	24.25
کود نیتروژنی Nitrogen fertilizer	10237.16	11	9866.89	20.92
کود پتاسی Potash fertilizer	0	0	389.38	0.84
کود فسفری Phosphorus fertilizer	1195.44	1.3	536.61	1.14
کود گوگردی Sulfur fertilizer	0	0	26.23	0.06
کود میکرو Micronutrients	0	0	395.64	0.84
کود حیوانی Animal manure	0	0	219.765	0.46
سموم شیمیایی Chemical toxins	3152.26	3.35	2434.85	5.16
علف‌کش Herbicide	2836.96	3	787.78	1.67
حشره‌کش Insecticide	153.3	0.17	364.03	0.77
قارچ‌کش Fungicide	162	0.18	1283.04	2.72
ستانده Output				
عملکرد نی Cane yield	98467.2	100	–	
عملکرد ریشه Root yield	–		1273272	100

نسبت انرژی ورودی و خروجی کل در کشت نیشکر در مقایسه با چغندرقند

انرژی کل ورودی در کشت نیشکر ۴۵۸۵۴/۰۸ مگاژول در هکتار، یعنی به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از چغندرقند به‌دست آمد. نتایج نشان می‌دهد که نسبت انرژی خروجی به ورودی (شاخص کارایی انرژی) در این دو محصول به‌طور چشمگیری متفاوت

است (شکل ۱). این نسبت در چغندرقند ۲۷/۰۱ و در نیشکر تنها ۱/۰۶ محاسبه شد. همچنین، انرژی کل خروجی در چغندرقند ۱۲/۹۳برابر بیشتر از نیشکر بود که عمدتاً ناشی از ضریب تبدیل انرژی بالاتر در ریشه چغندر در مقایسه با نی نیشکر است. در مجموع، بر اساس یافته‌های این پژوهش، چغندرقند با انرژی ورودی کمتر و انرژی خروجی بسیار بالاتر، از نظر کارایی تبدیل انرژی برتری واضحی نسبت به نیشکر دارد.



شکل ۱. سهم انرژی ورودی و خروجی در زراعت نیشکر و چغندرقند

Fig 1. Energy share of each input and output in sugarcane and sugar beet cultivation

ارزیابی شاخص‌های انرژی در کشت نیشکر و چغندرقند

بررسی شاخص‌های انرژی در کشت چغندرقند و نیشکر نشان داد که کارایی مصرف انرژی در چغندقند (۲۷/۰۱) به‌طور چشمگیری بالاتر از نیشکر (۱/۰۶) است (جدول ۵). از آنجا که این شاخص از نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی به‌دست می‌آید، افزایش انرژی خروجی یا کاهش انرژی ورودی می‌تواند آن را بهبود بخشد.

در مورد شاخص بهره‌وری انرژی، نتایج نشان داد که مقدار محصول تولیدی به ازای هر واحد انرژی مصرفی در نیشکر (۰/۸۸ کیلوگرم بر مگاژول) اندکی بیشتر از چغندقند (۰/۸۲ کیلوگرم بر مگاژول) است (جدول ۵). عملکرد بالاتر نیشکر در واحد سطح توجیه‌کننده این برتری جزئی است.

شاخص انرژی مخصوص که انرژی مورد نیاز برای تولید یک کیلوگرم محصول را نشان می‌دهد، در نیشکر (۱/۱۳۳مگاژول بر کیلوگرم) پایین‌تر از چغندقند (۱/۲۲۷ مگاژول بر کیلوگرم) به‌دست آمد (جدول ۵). این بدان معناست که نیشکر برای تولید هر واحد محصول، به انرژی کمتری نیاز دارد.

انرژی خالص (تفاوت انرژی خروجی و ورودی) در هر دو محصول مثبت بود (جدول ۵). همچنین، کارایی مصرف آب در چغندقند (۷/۱۹) بسیار بیشتر از نیشکر (۲/۷۳) است که دلیل اصلی آن ممکن است مصرف آب حدوداً سه‌برابری نیشکر نسبت به چغندقند باشد.

جدول ۵. شاخص‌های انرژی محاسبه شده در زراعت نیشکر و چغندرقند

Table5. Calculated energy indices in sugarcane and sugar beet production

شاخص انرژی Energy index	واحد شاخص Index unit	نیشکر Sugarcane	چغندرقند Sugar beet
کارایی مصرف انرژی(EUE) Energy use efficiency	–	1.06	27.01
بهره‌وری انرژی(EP) Energy productivity	kg MJ^{-1}	0.88	0.81
انرژی مخصوص(SE) Specific energy	MJ kg^{-1}	1.133	1.227
انرژی خالص(NE) Net energy	MJ ha^{-1}	5464.8	1226123.7
کارایی مصرف آب(WUE) Water use efficiency	kg m^{-3}	2.73	7.19

انرژی‌های تجدیدپذیر، تجدیدناپذیر، مستقیم و غیر مستقیم در کشت نیشکر و چغندرقند

انرژی‌های ورودی در کشت دو گیاه در بخش‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر و همچنین انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم جای داده‌شدند (جدول۶). نتایج نشان داد که در هردو گیاه انرژی‌های مستقیم نسبت به انرژی‌های غیرمستقیم بیشتر بوده‌اند که علت آن استفاده‌ی زیاد از سوخت، آب و نیروی انسانی بوده‌است. سهم انرژی مستقیم در نیشکر ۶۹/۳۴٪ و در چغندرقند ۶۸٪/۶۶ از کل انرژی ورودی هریک بود. همچنین انرژی مستقیم و غیرمستقیم در کشت نیشکر بیشتر از چغندرقند بود و علت آن استفاده‌ی بیشتر از نیروی انسانی، سوخت، آب، قلمه نسبت به بذر و ساعت کار ماشین‌آلات بوده‌است.

طبق نتایج این تحقیق سهم انرژی‌های تجدیدناپذیر در هردو گیاه نسبت به انرژی‌های تجدیدپذیر بیشتر بوده‌است. در نیشکر ۵۴/۹۱ ٪ و در چغندرقند ۷۶/۹٪ از انرژی ورودی مورد نیاز از منابع تجدیدناپذیر تامین شده‌است که علت آن استفاده از کودهای شیمیایی، آفتکش‌ها، سوخت و ساعت کار ماشین‌آلات است.

جدول٦. مقدار هر یک از انرژی‌های تجدیدپذیر، تجدیدناپذیر، مستقیم و غیر مستقیم در کشت نیشکر و چغندرقند (مگاژول در هکتار)

Table6. Amount of each renewable, non-renewable, direct and indirect energy in sugarcane and sugar beet production (MJ/ha)

نوع انرژی Energy type	نیشکر Sugarcane	چغندرقند Sugar beet
Renewable تجدیدپذیر	41929.1	11101.5
Non-renewable تجدید ناپذیر	51073.3	36265.8
Direct مستقیم	64485.1	32370.6
Indirect غیر مستقیم	18517.3	15392.8

ارزیابی هزینه‌های تولید و درآمد ناخالص در کشت دو محصول نیشکر و چغندرقند

طبق نتایج حاصل از این تحقیق بیشترین هزینه در کشت چغندرقند مربوط به اجاره‌ی زمین و ماشین‌آلات به ترتیب ۱۰۰۰ و ۹۵۸/۳۵ دلار در هکتار و در کشت نیشکر هزینه‌ی نیروی کارگری و هزینه‌ی اجاره‌ی زمین (به ترتیب۹۴۰/۵ و ۶۴۵ دلار در هکتار) بود. در کشت نیشکر نیروی کارگری بیشتر بوده و هزینه‌ی دستمزد نیروی کارگری نیز نسبت به چغندرقند بیشتر

بود. هزینه‌ی مربوط به سوخت و آبیاری به دلیل نیاز آبی بیشتر و همچنین ساعت بیشتر کار ماشین‌آلات در کشت نیشکر نسبت به چغندرقند بیشتر بود. سموم شیمیایی و انواع کودها در کشت چغندرقند هزینه‌ی بیشتری نسبت به نیشکر داشته‌اند. کل هزینه‌های تولید در چغندرقند نسبت به نیشکر در هر هکتار ۱۴/۷۷ دلار بیشتر بوده‌است (جدول ۷).

جدول ۷. هزینه‌ها و ارزش ناخالص تولید در کشت نیشکر و چغندرقند

Table 7. Production costs and gross production value in sugarcane and sugar beet cultivation

نهاده Input	واحد Unit	چغندرقند Sugar beet ($ ha^{-1})	نیشکر Sugarcane ($ ha^{-1})
بذر چغندرقند Sugar beet seeds	کیلوگرم	88.88	-
قلمه نیشکر Sugarcane cuttings			106.25
نیروی کارگری Labor force	ساعت	25	940.5
ماشین‌آلات Machinery		958.35	388.93
سوخت Fuel	لیتر	236.63	205.19
آبیاری Irrigation	متر مکعب	5.27	15
سموم شیمیایی Chemical toxins	کیلوگرم	99.22	98.39
کود شیمیایی Chemical fertilizer	کیلوگرم	86.65	77.87
کود حیوانی Animal manure	کیلوگرم	22.71	0
کودهای ریزمغذی Micronutrient fertilizers	کیلوگرم	69.21	0
هزینه اجاره زمین Land rental fee	هکتار	1000	645
ارزش ناخالص تولید Gross production value	کیلوگرم	3560.24	4404.91
هزینه‌های ثابت Fixed costs		1005.27	660
هزینه‌های متغیر Variable costs		1486.63	1817.13
کل هزینه تولید Total cost of production		2491.9	2477.13

پس از محاسبه هزینه‌های مربوط به نهاده‌ها، ماشین‌آلات و نیروی انسانی، شاخص‌های اقتصادی شامل درآمد ناخالص، ارزش ناخالص تولید، درآمد خالص، نسبت سود به هزینه و بهره‌وری اقتصادی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد ارزش ناخالص تولید (GV) در نیشکر با ۸۴۴//۶۷ دلار در هکتار، از چغندرقند بیشتر است (جدول ۸). به تبع آن، درآمد ناخالص (GI) که از کسر هزینه‌های متغیر از ارزش ناخالص تولید به‌دست می‌آید نیز در کشت نیشکر ۵۱۴/۱۷ دلار در هکتار بالاتر از چغندرقند بود (جدول ۸).

درآمد خالص (NI) نیز با کسر کل هزینه تولید از ارزش ناخالص تولید محاسبه شد. بر این اساس، درآمد خالص در نیشکر ۸۵۹/۴۴ دلار در هکتار بیشتر از چغندرقند به‌دست آمد که حاکی از سودآوری بالاتر کشت نیشکر است. همچنین، نسبت سود به هزینه (BC) در نیشکر (۰/۷۷۸) از چغندرقند (۰/۴۲۸) بیشتر بود که برتری اقتصادی این محصول را در شاخص مذکور تأیید می‌کند (جدول ۸). ارزش ناخالص تولید بالاتر همراه با کل هزینه تولید پایین‌تر در کشت نیشکر، دلیل اصلی برتری آن در این شاخص است.

در مقابل، شاخص بهره‌وری اقتصادی (EE) که میزان هزینه (دلار) به ازای تولید هر کیلوگرم محصول را نشان می‌دهد، در چغندرقند بیشتر از نیشکر به‌دست آمد. این نتیجه نشان می‌دهد که تولید هر کیلوگرم چغندرقند هزینه بالاتری نسبت به نیشکر دارد.

جدول ۸. ارزیابی شاخص‌های اقتصادی در زراعت نیشکر و چغندرقند

Table8. Evaluation of economic indicators in sugarcane and sugar beet production

شاخص‌ها Indicators	واحد Unit	چغندرقند Sugar beet	نیشکر Sugarcane
ارزش ناخالص تولید Gross production value	دلار در هکتار ($ ha^{-1})	3560.24	4404.91
درآمد ناخالص Gross income	دلار در هکتار ($ ha^{-1})	2073.61	2587.78
درآمد خالص Net income	دلار در هکتار ($ ha^{-1})	1068.34	1927.78
نسبت سود به هزینه Benefit to cost ratio	-	0.428	0.778
بهره‌وری اقتصادی efficiency Economic	کیلوگرم بر دلار kg $\$^{-1}$	30.414	33.125

بحث

بر اساس نتایج ارزیابی انرژی، در هر دو سیستم کشت سوخت، آب و کودهای شیمیایی بیشترین سهم را در انرژی ورودی داشتند. با توجه به نیاز آبی بسیار بالای نیشکر، آب پس از سوخت، دومین نهاده پرمصرف انرژی در این کشت بود. در مقابل، در کشت چغندرقند کودهای شیمیایی (به‌ویژه نیتروژن) پس از سوخت در رتبه دوم قرار گرفتند که نشان‌دهنده نیاز غذایی قابل‌توجه این محصول است. این الگوی مصرف با یافته‌های مطالعاتی مانند Ahmadi &AghaAlikhani ,(2012) در مورد پنبه همسویی دارد.

از نظر شاخص‌های انرژی، بهره‌وری انرژی (خروجی به ازای هر واحد انرژی ورودی) در نیشکر اندکی بیشتر از چغندرقند بود که عمدتاً ناشی از عملکرد بسیار بالاتر نیشکر در واحد سطح است. با این حال، کارایی مصرف انرژی (نسبت انرژی خروجی به ورودی) در چغندرقند به‌طور چشمگیری بالاتر (۲۷/۰۰۵۶ در مقابل ۱/۰۵۹ برای نیشکر) بود. این برتری عمدتاً به دلیل ضریب تبدیل انرژی بالاتر ریشه چغندر نسبت به نی نیشکر و همچنین انرژی ورودی کمتر در سیستم تولید چغندرقند است. بنابراین، از منظر بهره‌وری از هر واحد انرژی مصرفی، کشت چغندرقند کاراتر ارزیابی می‌شود. برای بهبود شاخص‌های انرژی در چغندرقند، راهکارهای مدیریتی مانند کاهش نهاده‌های انرژی‌بر و افزایش عملکرد از طریق برنامه‌ریزی بهینه پیشنهاد

می‌شود (Jalilian, 2022). انرژی خالص در هر دو سیستم مثبت بود، اما مقدار آن در نیشکر به دلیل انرژی خروجی کمتر (ناشی از ضریب تبدیل پایین‌تر نی) در مقایسه با حجم بالای انرژی ورودی، پایین‌تر بود. کارایی مصرف آب نیز در چغندرقند به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از نیشکر بود، که مستقیماً به مصرف آب حدود سه‌برابری نیشکر نسبت داده می‌شود.

سهم انرژی‌های تجدیدناپذیر (ناشی از سوخت، کود شیمیایی، سموم و ماشین‌آلات) در هر دو سیستم غالب بود که با یافته‌های دیگر محققان همخوانی دارد (Gholamrezaee et al., 2021; Razzazi et al., 2014). این سهم در نیشکر به دلیل مقادیر بیشتر نهاده‌هایی مانند نیروی کار، آب، سوخت و ساعات کار ماشین‌آلات، بالاتر بود. برای کاهش وابستگی به انرژی‌های تجدیدناپذیر، راهکارهایی چون بهبود بازده ماشین‌آلات، مدیریت دقیق تغذیه مبتنی بر آزمون خاک و استفاده از روش‌های کنترل تلفیقی آفات توصیه می‌شود.

از منظر اقتصادی، اگرچه هزینه‌های تولید نیشکر در بخش‌هایی مانند دستمزد نیروی کار، سوخت و آبیاری بیشتر بود، اما ارزش ناخالص تولید بسیار بالاتر و هزینه کلی تولید نسبتاً پایین‌تر (به‌ویژه به دلیل عدم هزینه اجاره زمین در کشت‌وصنعت‌ها) منجر به نسبت سود به هزینه بالاتر در نیشکر (۰/۷۷۸) در مقایسه با چغندرقند (۰/۴۲۸) شد. با این حال، بهره‌وری اقتصادی (تولید به ازای هر واحد هزینه) در چغندرقند بیشتر بود که نشان می‌دهد این کشت با کارایی بیشتری از سرمایه استفاده می‌کند، اما حاشیه سود نهایی آن به دلیل هزینه‌های حمل‌ونقل بالا (ناشی از کمبود کارخانه‌های فرآوری در خوزستان) و هزینه اجاره زمین مرغوب کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

به‌طور خلاصه، نیشکر با مصرف منابع بیشتر (آب، نیروی کار، انرژی) و وابستگی شدید به انرژی‌های تجدیدناپذیر، از لحاظ سودآوری اقتصادی کلان برتری دارد. در مقابل، چغندرقند با کارایی بالاتر مصرف انرژی و آب و بهره‌وری اقتصادی بهتر مشخص می‌شود، اما هزینه‌های تولید و به‌ویژه حمل‌ونقل، سوددهی نهایی آن را محدود کرده است. برای نیشکر، تمرکز بر کاهش مصرف آب از طریق سیستم‌های آبیاری کارآمد (مانند قطره‌ای) ضروری است که به‌طور همزمان مصرف سوخت پمپاژ را نیز کاهش می‌دهد. برای چغندرقند، احداث کارخانه‌های فرآوری محلی در خوزستان می‌تواند هزینه‌های سنگین حمل‌ونقل را حذف و سوددهی کشاورزان را به‌طور چشمگیری افزایش دهد. برای هر دو سیستم، کاهش وابستگی به انرژی‌های تجدیدناپذیر با جایگزینی تدریجی کودهای شیمیایی با کودهای آلی و اجرای مدیریت تلفیقی آفات، و همچنین بهبود بازده انرژی با نوسازی ناوگان ماشین‌آلات و انجام آزمون خاک برای مصرف بهینه کود توصیه می‌شود. این راهکارها می‌توانند ضمن افزایش سودآوری، پایداری محیط‌زیستی و کارایی مصرف منابع در هر دو سیستم تولیدی را ارتقا دهند.

REFERENCES

Ahmadi, M., & AghaAlikhani, M. (2012). Energy use analysis of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) production in Golestan Province and a few strategies for increasing resources productivity. *Journal of Agroecology* , *4*(2): 151–158. (In persian). http//doi.org/10.22067/jag.v4i2.14968

Anonymous (2024). Iranian Sugar Factory Association.Available on the URL: http://www.isfs.ir/amartakhassosi1.htm

Anonymous (2020). Home page of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available on the URL: http://www.fao.org

Asgharipour, M. R., Mondani, F., & Riahinia, S. (2012). Energy use efficiency and economic analysis of sugar beet production system in Iran: A case study in Khorasan Razavi province. *Energy*, *44(1):* 1078–1084. https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.04.023

El-Awady, M.H., El-Ghetany, H.H., Aboelghait, K.M. and Dahabam A.A. (2024). Energy Efficiency Improvement Approaches in a Sugarcane Industry: A Case Study. *Egyptian Journal of Chemistry,* Vol. 67 (4): 279 – 289. DOI: https://doi.org/10.21608/ejchem.2023.238634.8659

Gholamrezaee, H., Kheiralipour, K. & Rafiee, Sh. (2021). Investigation of energy and environmental indicators in sugar production from sugar beet. *Journal of Environmental Sciencees studies*, 6(2): 3540-3548. (In persian)

Gündoğmuş , M. 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(18-19):3351-3359. DOI: http//doi.org/10.1016/j.enconman.2006.01.001

Haghjoo, R., Choobchian, Sh., Morid, S. & Abbasi E. (2023). Indicators of water, food and energy security Nexus approach in agriculture: Application of content analysis. *Iranian Journal of Agricultural Iranian Journal Agricultural Economics and Development Research* 52-2(1), 819-835.(In persian). DOI: http//doi.org/10.22059/IJAEDR.2022.342410.669145.

Islamgulov, D., Kamilanov, A., Lubova, T., Bakirova, A. and Alimgafarov, R. (2023). Economic efficiency of sugar beet cultivation depending on natural and climatic conditions. *BIO Web of Conferencees 66, 14003 (2023).* DOI: http//doi.org/10.1051/bioconf/20236614003.

Jafarzadeh, N. A., Yousefi, H., and Asarezadegan, M. (2013). Methodology of using life cycle assessment in estimating agricultural pollutants, case study of the De'bal Khaza'i Sugarcane and Sideline Industries Development Company. *Proceeding of the First National Conference on Agricultural Pollutants and Food Health, Challenges and Solutions. Impact of Pollutants on Consumer Health.* 5 pp .(In persian)..

Jalilian, A. (2022). Evaluation of energy, economic, and environmental indicators of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) production in agroforestry, sole cropping, and mixed cropping systems: A case study of Khuzestan province. (Master of Science thesis), College of Agriculture and Natural Resources, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Department of Agronomy and Plant Breeding. 176 p.(In persian)

Kitani, O., Jungbluth, T., Peart, R. M., & Ramdani, A. (1999). CIGR handbook of agricultural engineering: *Energy and biomass engineering (Vol. 5).* ASAE.

Kouchaki-Penchah, H., Sharifi, M., Mousazadeh, H., & Zarea-Hosseinabadi, H. (2016). Life cycle assessment of medium-density fiberboard manufacturing process in Iran. *Journal of Cleaner Production, 112,* 351–358. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.049

Mardani Najafabadi1, M. & Ohadi, O.(2022). Determining the efficiency and optimization of energy consumption in dryland wheat production under uncertainty conditions: A case study of Khoy County. *Iranian Journal Agricultural Economics and Development Research* 53-2(3), 707-721.(In persian).

DOI: http//doi.org 10.22059/ijaedr.2021.322944.669039

Marashi, F., Haghighi-Fard, N., Khorasani, N., & Monavari, S. M. (2018). Life cycle assessment of the sugar industry: A case study of Amir Kabir sugar cane industry. *Iranian Journal of Biosystem Engineering*, *49*(4): 597–608. DOI: http//doi.org/10.22059/ijbse.2018.245462.665005

Mohammadi, H., Sani-Heidary, A., Aminizadeh, M., Aghasafari, H. & Khanzadeh Shadloosofla, E. (2021). Investigating the factors affecting carbon dioxide emission with emphasis on the role of energy consumption: A case study of MENA region countries. *Iranian Journal Agricultural Economics and Development Research* 52-2(4), 819-835.(In persian). DOI: http//doi.org/10.22059/ijaedr.2020.296449.668874

Ozkan, B., Akcaoz, H., & Fert, C. (2004). Energy input–output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy*, *29*, 39–51. DOI: https://doi.org/10.1016/S0960-1481(03)00135-6

Rafiee, S., Mousavi-Avval, S. H., & Mohammadi, A. (2010). Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. *Energy*, *35*, 3301–3306. DOI: https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.04.015

Razazi, A., AghaAlikhani, M., Ghobadian, B., Zand, B., & Safiuddin Ardabili, S. M. (2014). Investigation of energy balance in castor bean cultivation in Varamin county for biodiesel production. Journal of Crop Improvement, *17*(1): 43-52. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2015.54787

Ricaud, R. (1980). Energy input and output for sugarcane in Louisiana. In: Pimentel, D. (Ed.), Handbook of Energy Utilization in Agriculture. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 135-136.

Singh, H., Mishra, D., & 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*(16), 2275–2286. DOI: https://doi.org/10.1016/S0196-8904(01)00161-3

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

Zahedi, M., Eshghizadeh, H. M., & Mondani, M. (2014). Evaluation of energy use efficiency and economic indices in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) production system in Isfahan province. *Journal of Agroecology*, *4(2)*, 45–53.