نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۳ شماره ۱ / بهار ۱۴۰۲/ صفحات ۲۵۰-۲۳۷

Evaluation of Energy and Emission of Greenhouse Gases for Olive Production in West Iran (Case study: Ilam province, Ilam city)

Mostafa Zabardast [1], Amir Azizpanah[2]*, Reza Yeganh [2], Rostam Fathi[3], sadegh bahamin[4].

Received: 02 August 2020 Accepted: 04 June 2022
1- Master's Student in Agricultural Mechanization, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.
2-Assist. Prof., of Mechanical Engineering of Biosystems Dept, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.
3-Ph.D. Student of Agricultural Mechanization Engineering. Dept. of Agricultural Machinery and Mechanization, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Mollasani, Iran.
4-PhD. in Agroecology, Dept. of Agrotechnology, Faculty Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
*Corresponding Author Email: a.azizpanah@ilam.ac.ir

Abstract

Objectives: Olive is one of the water-resistant crops that has been cultivated in some parts of Iran. The aim of this study was to evaluate the energy consumption pattern and analyze the environmental effect of olive production.

Materials and Methods: The statistical sample of the study included 177 olive growers in Ilam province. To evaluate the energy consumption pattern, the indicators of Energy ratio, energy productivity, specific energy and net energy Gain were used. Also, in order to study of greenhouse gases emission in olive production systems, carbon dioxide equivalent emission coefficients were used for consumption inputs. Data were analyzed using descriptive and analytical statistical methods and all data were recorded, categorized and evaluated in Excel software.

Results: Based on the research results, Energy ratio, energy productivity, specific energy and net energy were calculated to be 1.36, 0.12 kg.MJ^{-1}, 8.66 MJ.kg^{-1} and 9175.04 MJ.ha^{-1}, respectively. Direct and indirect energy consumption was 19969.1 and 5319 MJ.ha^{-1}. The amount of greenhouse gas emissions was estimated to be 1185.74 kg equivalent of carbon dioxide per hectare.

Conclusion: The total input and output energy in the olive production process was estimated to be 25288.04 and 34463.08 MJ.ha^{-1} respectively. Electricity input and nitrogen fertilizer had the highest share of input energies with 16.81% and 73.78%, respectively. It is suggested that by using appropriate methods such as using high-yield cultivars, the energy productivity should be increased.

Keywords: Energy Productivity, Greenhouse Gases, Olives, Oilseeds

ارزیابی انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید زیتون در غرب ایران (مطالعه موردی: شهرستان ایلام)

مصطفی زبردست [۱]، امیر عزیزپناه [۲]*، رضا یگانه [۲]، رستم فتحی [۳]، صادق بهامین [۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۳/۱۴

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام
۲-عضو هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه ایلام
۳- دانشجوی دکترای مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۴- دکترای اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
*مسئول مکاتبه:: Email: a.azizpanah@ilam.ac.ir

چکیده

اهداف: زیتون یکی از محصولات مقاوم به کم‌آبی است که کشت آن در برخی از مناطق کشور توسعه پیدا کرده است. این پژوهش با هدف ارزیابی الگوی مصرف انرژی و تحلیل شاخص‌های زیست‌محیطی تولید زیتون انجام شد.

مواد و روش‌ها: نمونه‌ی آماری تحقیق شامل ۱۷۷ نفر از باغداران زیتون در استان ایلام بود. برای ارزیابی الگوی مصرف انرژی از شاخص‌های کارایی انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی استفاده شد. همچنین به‌منظور بررسی وضعیت انتشار گازهای گلخانه‌ای در سامانه‌های تولید زیتون، از ضرایب انتشار معادل کربن دی‌اکسید برای نهاده‌های مصرفی استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از روش‌های آمار توصیفی و تحلیلی صورت گرفت و همه‌ی داده‌ها در نرم‌افزار اکسل ثبت، دسته‌بندی و مورد ارزیابی قرار گرفتند.

یافته‌ها: بر اساس نتایج پژوهش، کارایی انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و انرژی خالص به‌ترتیب برابر ۱/۳۶، ۰/۱۲ کیلوگرم بر مگاژول، ۸/۶۶ مگاژول بر کیلوگرم و ۹۱۷۵/۰۴ مگاژول بر هکتار محاسبه شد. میزان مصرف انرژی مستقیم و غیرمستقیم نیز برابر ۱۹۹۶۹/۱ و ۵۳۱۹ مگاژول در هکتار به‌دست آمد. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز برابر ۱۱۸۵/۷۴ کیلوگرم معادل دی‌اکسید کربن در هکتار برآورد شد.

نتیجه‌گیری: کل انرژی ورودی و خروجی در فرایند تولید زیتون به‌ترتیب ۲۵۲۸۸/۰۴ و ۳۴۴۶۳/۰۸ مگاژول در هکتار برآورد شد. نهاده الکتریسیته و کود نیتروژن به‌ترتیب با ۱۶/۸۱ و ۷۳/۷۸ درصد بیشترین سهم از انرژی‌های ورودی را به خود اختصاص دادند. پیشنهاد می‌شود که با کاربرد روش‌های مناسب مانند استفاده از ارقام پرمحصول، بهره‌وری استفاده از نهاده‌ها افزایش داده شود.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری انرژی، گازهای گلخانه‌ای، زیتون، دانه‌های روغنی

مقدمه

رشد روزافزون جمعیت جهان و در نتیجه افزایش تقاضا برای مواد غذایی، مشکلات زیست‌محیطی مرتبط با تولید محصولات کشاورزی و چالش‌های اقتصادی و اجتماعی، از مسائل عمده‌ی بخش کشاورزی است که در سال‌ها و دهه‌های اخیر افزایش یافته است (باکول و همکاران ۲۰۱۴ و فائو ۲۰۱۷). کابنهاجن و همکاران (۲۰۲۱) پیش‌بینی کرده‌اند که جمعیت جهان در سال ۲۰۵۰ به حدود ۹ میلیارد نفر خواهد رسید و برای حفظ تأمین امنیت غذایی این جمعیت، تولید غذا نیز باید افزایش یابد. هم‌اکنون سامانه‌های تولید محصولات کشاورزی و باغی یکی از مصرف‌کنندگان و تولیدکننده اصلی انرژی هستند که مصرف انرژی در این سامانه‌ها مربوط به کاربرد نهاده‌های تولید یا همان ورودی‌ها و تولید انرژی در آن، مربوط به عملکرد محصولات است (موسوی‌اول و همکاران ۲۰۱۱). بخش‌های مختلف کشاورزی دارای درجات مختلفی از نظر مصرف انرژی هستند. آگاهی از منابع انرژی و روش‌های مصرف بهینه‌ی آن‌ها، برای اتخاذ سیاست‌های مناسب جهت توسعه و افزایش بازدهی نظام‌های تولید، به‌خصوص در کشورهای درحال‌توسعه بسیار مهم است.

امروزه در کشورهای پیشرفته جهان، سامانه‌های تولید محصولات کشاورزی از جمله باغات، به‌دلیل استفاده از مکانیزاسیون و فناوری‌های نوین، بهبود پیدا کرده و کاربرد برخی از نهاده‌های کشاورزی مانند انواع کودها و سموم شیمیایی به‌طورکلی تغییر نموده و در نتیجه، تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای در نحوه‌ی مصرف و جریان انرژی مصرفی برای محصولات مختلف ایجاد شده است (بارن و همکاران ۲۰۱۷).

این موضوع با افزایش چالش‌های مربوط به پایداری اهمیت بیش‌تری پیدا کرده است، زیرا پدیده تغییر اقلیم و گرم شدن جهانی کره زمین در اثر انتشار گازهای گلخانه ای، یکی از مهم‌ترین مشکلاتی است که به‌عنوان یک فاجعه زیست‌محیطی در جهان مطرح است (الام و همکاران ۲۰۰۵). بنابراین موضوعات زیست‌محیطی و انرژی کاملاً به هم وابسته هستند و نیاز به درک جامعی برای مدیریت آن‌ها وجود. گازهای گلخانه‌ای مهم شامل دی اکسیدکربن (CO_2)، اکسید نیتروژن (N_2O) و متان(CH_4) از جمله آلایندگی‌هایی هستند که بر محیط‌زیست اثر می‌گذارند و به گرم شدن کره زمین و تغییر اقلیم دامن می‌زنند (جاندوماز ۲۰۱۳). به همین دلیل، کارهای تحقیقاتی مختلفی برای مدیریت انرژی و انتشارات زیست‌محیطی در سامانه‌های تولید و از جمله در باغات مختلف در کشورها انجام شده و در مدیریت کشاورزی امروزی مورد توجه روزافزون قرار گرفته است (یداو و همکاران ۲۰۱۳).

اسپرین‌مان و همکاران (۲۰۱۸) به پیامدهای مصرف غیر بهینه عوامل و نهاده‌های تولید اشاره نموده و پیش‌بینی کرده‌اند که در صورت عدم دستیابی و استفاده از فناوری‌ها و اقدامات لازم برای مدیریت صحیح نهاده‌ها، اثرات زیست‌محیطی در آینده بیش‌ازپیش افزایش می‌یابد. به‌همین دلیل انجام مطالعات در مورد الگوی مصرف انرژی، انتشارات زیست‌محیطی و کاربرد نتایج تحقیقات به‌منظور افزایش بهره‌وری در بخش کشاورزی ضروری است.

در این مطالعه به بررسی وضعیت انرژی و انتشارات زیست‌محیطی در فرایند تولید زیتون پرداخته شد. زیتون با نام علمی *Olea.europea* درختی مخصوص مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است و در مناطقی که خطر یخبندان‌های شدید زمستانه وجود نداشته باشد، قابلیت کشت و تولید محصول را دارد. درخت زیتون همیشه‌سبز بوده و از نظر رنگ میوه، عموماً سبز و سیاه است که در ایران نوع سبز آن قابل‌کشت است (شریفی جهان تیغ و همکاران ۲۰۱۴). درخت زیتون به دلیل استحصال روغن خوراکی از میوه‌ی آن، داشتن خواص درمانی و قابلیت مصرف به‌صورت کنسرو از اهمیت ویژه‌ای در سبد غذایی برخوردار است (ارجی ۲۰۰۷). عمده مناطق تولید زیتون در کشور مربوط به استان‌هایی مانند گیلان، زنجان و قزوین بوده که با توجه به سازگاری زیتون از لحاظ مقاومت به کم‌آبی، در سایر مناطق کشور نیز رواج پیدا کرده است. تولید اقتصادی عملکرد، تحت تأثیر بسیاری از عوامل مانند نهاده‌های نیروی انسانی، سرمایه، دسترسی به انرژی، فنآوری و غیره است. استفاده‌ی غیربهینه از نهاده‌های مختلف انرژی در تولید

محصولات کشاورزی مانند استفاده از سوخت‌های فسیلی، کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها، ماشین‌های کشاورزی و الکتریسیته منجر به افزایش مصرف انرژی و کاهش پایداری منابع برای تولید مواد غذایی می‌شود. بنابراین، منابع طبیعی به‌سرعت در حال کاهش و میزان آلاینده‌ها به‌طور قابل‌توجهی در حال افزایش است (پیشگر کوله و همکاران ۲۰۱۱).

مصرف انرژی در بخش کشاورزی می‌تواند به انرژی مستقیم و غیرمستقیم طبقه‌بندی شود. انرژی مستقیم برای انجام وظایف مختلف مربوط به فرایندهای تولید محصول، مانند آماده‌سازی زمین، آبیاری، کشت، خاک‌ورزی، برداشت و حمل‌ونقل مورد استفاده قرار گیرد (سینق ۲۰۱۰). در ارزیابی الگوهای مصرف و تولید انرژی برای سامانه‌های تولید در بخش کشاورزی، بسته به هدف مطالعه، روش‌های مختلفی وجود دارد (حیدری و همکاران ۲۰۱۱). یکی از مهم‌ترین روش‌های ارزیابی، تجزیه‌وتحلیل ورودی-خروجی انرژی است که معمولاً برای ارزیابی کارایی و اثرات زیست‌محیطی سامانه‌های تولید استفاده می‌شود. علاوه بر این برای مقایسه سامانه‌های مختلف تولید نیز می‌توان از شاخص‌های انرژی و زیست‌محیطی استفاده نمود (مبتکر و همکاران ۲۰۱۰).

تحقیقات زیادی برای تعیین بهره‌وری انرژی در روش‌های مختلف تولید محصول انجام شده است (حیدری و همکاران ۲۰۱۱). به‌عنوان‌مثال شاهان و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی وضعیت انرژی در تولید گندم استان اردبیل پرداختند. طبق نتایج ارائه شده توسط این محققان، کل انرژی مصرفی معادل ۳۸/۳۶ گیگاژول در هکتار گزارش شد. همچنین سهم انرژی مربوط به نهاده کود شیمیایی ۳۵/۴۵ درصد بیان گردید. نسبت و بهره‌وری انرژی نیز به‌ترتیب ۳/۱۳ و ۰/۱۶ کیلوگرم بر مگاژول گزارش شد. در پژوهشی دیگر اناکایتن و همکاران (۲۰۱۰) به تحلیل کارایی مصرف انرژی در تولید کلزا در ترکیه پرداختند. این محققان متوسط کارایی مصرف انرژی برای تولید کلزا را معادل ۴/۸ به دست آوردند و بیان نمودند که این میزان با افزایش اندازه مزارع، بیشتر می‌شود. مطابق نتایج این بررسی، انرژی مصرف شده در مزارع بزرگتر کارایی بیشتری دارد. بیشترین انرژی مصرفی در تولید کلزا متعلق به کود شیمیایی با ۶۴/۶۶ درصد و بعد از آن سوخت دیزل (۲۴/۴۵ درصد) و سموم شیمیایی (۴/۱۴ درصد) بود. افزوده خالص انرژی نیز ۶۷۲۵۰/۳۶ (مگاژول در هکتار) گزارش شد. شدت انرژی برای مزارع کوچک، متوسط و بزرگ نیز به‌ترتیب ۶۲۵۸۴/۳۷، ۶۹۸۳۶/۲۱ و ۷۴۴۰۵/۴۳ به دست آمد. مقدار انرژی مستقیم و غیرمستقیم از کل انرژی ورودی نیز ۲۴/۶۹ درصد و ۷۵/۳۱ درصد بود.

تحقیقات مختلفی نیز تاکنون در زمینه انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش کشاورزی صورت گرفته است که در این زمینه می‌توان به تحقیقات انجام شده توسط پورشیرازی و همکاران (۲۰۱۳) روی محصول برنج در شهرستان درگز، نیکخواه و همکاران (۲۰۱۳) روی محصول چای در گیلان، کالتساس و همکاران (۲۰۰۷) روی محصول زیتون در قشم، نبوی پله‌سرائی و همکاران (۲۰۱۳) روی فندق در گیلان، پیشگر کومله و همکاران (۲۰۱۲) روی سیب‌زمینی در همدان اشاره نمود. در تحقیقی خجسته‌پور و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در مناطق تراکیای ترکیه، استان‌های گلستان و مازندران ایران پرداختند و گزارش نمودند میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در تراکیای ترکیه برابر ۵۶۲/۸۵ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار و در گلستان و مازندران به‌ترتیب برابر ۶۵۲/۸۶ و ۸۸۷/۳۰ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار است. در پژوهشی دیگر عزیزپناه و همکاران (۱۴۰۰) به بررسی شاخص‌های انرژی و زیست‌محیطی تولید گردو در استان ایلام پرداختند. نتایج نشان داد که میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولید گردو برابر با ۲۴۹۶/۵ کیلوگرم دی‌اکسید کربن بر هکتار بود و سه نهاده سوخت دیزل، کود حیوانی و کود نیتروژن با ۷۳/۶۲، ۱۶/۸۲ و ۲/۹۲ درصد، بیش‌ترین آلایندگی زیست‌محیطی در تولید گردو را به خود اختصاص دادند.

با توجه به اهمیت محصول زیتون و کاربرد نهاده-های مختلف در تولید این محصول، بررسی شاخص‌های انرژی و انتشارات زیست‌محیطی و همچنین ارائه راهکارهای مناسب با توجه به نتایج تحقیقات، به‌منظور

افزایش بهره‌وری استفاده از منابع در فرایند تولید آن ضروری است. لذا هدف از این مطالعه ارزیابی الگوی مصرف انرژی و انتشارات زیست‌محیطی در فرایند تولید محصول زیتون در استان ایلام بود.

مواد و روش‌ها

سطح زیر کشت باغات زیتون در کشور ایران در سال ۱۳۹۸ معادل ۷۷۳۸۲ هکتار با تولید ۱۵۸۳۷۸ تن بود. همچنین استان ایلام دارای ۶۲۱ هکتار باغ زیتون با تولید کل ۸۷۸ تن می‌باشد که میانگین تولید در هر هکتار ۱۹۴۲ کیلوگرم است (بی‌نام ۲۰۲۰).

استان ایلام به دلیل شرایط آب و هوایی دارای پتانسیل بالایی در تولید محصول زیتون است و جایگاه ویژه‌ای جهت گسترش سطح زیر کشت و افزایش تولید این محصول دارد. بیشترین سطح زیر کشت زیتون در این استان مربوط به شهرستان‌های آبدانان، ایلام، دره-شهر و چرداول است. جامعه آماری این پژوهش تمام باغدارن زیتون شهرستان ایلام بود و از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده و فرمول کوکران (رابطه ۱) برای تعیین حجم نمونه استفاده شد (کوکران ۱۹۷۷).

$$n=\frac{Nt^2\ S^2}{Nt^2+t^2\ S^2} \qquad [\text{رابطه ۱}]$$

در این رابطه N معادل اندازه جامعه آماری یا باغداران زیتون ، t ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول t استیودنت به‌دست می‌آید، $S2$ برآورد واریانس صفت مورد مطالعه در جامعه که در اینجا واریانس نسبت انرژی در منطقه مورد مطالعه است، d دقت احتمالی مطلوب و n حجم نمونه است. در نمونه‌گیری تصادفی هر یک از اعضاء جامعه شانس برابر و مستقلی برای قرار گرفتن در نمونه دارند. منظور از مستقل بودن این است که انتخاب یک عضو به‌هیچ شکل در انتخاب سایر اعضای جامعه تأثیری نداشته باشد. در نهایت نمونه آماری معادل ۱۷۷ نفر به‌دست آمد و اطلاعات مورد نیاز با استفاده از ابزار پرسشنامه و مصاحبه حضوری با باغداران زیتون گردآوری شد.

به‌منظور برآورد انرژی نهاده‌های مورد استفاده در فرایند تولید از روابط مشخص در این زمینه استفاده شد. در ادامه نهاده‌های مورد استفاده در فرایند تولید زیتون در منطقه مورد مطالعه بیان شده است.

انرژی سوخت

برای محاسبه میزان انرژی سوخت مصرفی در عملیات مختلف (عملیات داشت، برداشت و انتقال محصول) از رابطه ۲ استفاده شد (بهشتی تبار و همکاران ۱۳۸۷).

$$E_{fp}=Q_i\times E_{fi} \qquad [\text{رابطه۲}]$$

در این رابطه E_{fp}= انرژی سوخت ($MJha^{-1}$)، Q_i= مقدار سوخت مصرف شده (Lha^{-1}) و E_{fi}= انرژی معادل هر واحد سوخت (MJL)

توان الکتریسیته

مقدار توان مصرفی الکتریسیته در فرایند تولید محصول از رابطه ۳ محاسبه شد (سینق و همکاران ۲۰۰۰).

$$DE=\frac{\gamma gHQ}{\varepsilon_q} \qquad [\text{رابطه۳}]$$

در این رابطه: DE: انرژی الکتریسیته ($GJha^{-1}$)، γ: چگالی آب (میزان آن برابر ۱۰۰۰ کیلوگرم/مترمکعب)، g: نیروی جاذبه (۹/۸ متر/مجذور ثانیه)، H: میانگین عمق پمپاژ آب، Q: نیاز ویژه آبی گیاه (M^3ha^{-1})، ε_q: بازدهی کل تبدیل انرژی آبیاری (مقدار آن ۰/۱۸ تا ۰/۲ برای چاه-های برقی در نظر گرفته شد) است.

انرژی ماشین‌های کشاورزی

در منطقه‌ی مورد مطالعه از ماشین‌های کشاورزی برای عملیات مختلف از جمله عملیات داشت (سم پاشی و خاک‌ورزی بین درختان) استفاده می‌شود. انرژی ماشین‌های کشاورزی با استفاده از رابطه ۴ محاسبه گردید (ماندال و همکاران ۲۰۰۹).

$$ME=E\frac{G}{T}Q_h \qquad [\text{رابطه ۴}]$$

در این معادله ME انرژی ماشین‌ها برحسب مگا ژول بر هکتار ($MJha^{-1}$)، E انرژی تولید ماشین. G وزن ماشین برحسب کیلوگرم (kg)، T عمر مفید ماشین برحسب ساعت (h) و Qh میزان کل ساعات کار ماشین در یک فصل زراعی در هکتار (h/ha^{-1}) است.

انرژی کود و سموم شیمیایی

کودهای مورد استفاده در فرایند تولید در باغات زیتون کود فسفر و نیتروژن بودند که برای محاسبه انرژی آن‌ها از رابطه ۵ استفاده شد (ماندال و همکاران ۲۰۰۹).

$$E_{fp}= Q_i \times E_{fi} \qquad [رابطه ۵]$$

در این رابطه، E_{fp} انرژی کود ($MJha^{-1}$)، Q_i مقدار کود یا سم مصرف شده ($kgha^{-1}$)، E_{fi} انرژی معادل هر واحد کود ($MJkg^{-1}$) بود. جدول ۱ هم‌ارز نهاده‌های ورودی و خروجی در فرایند تولید زیتون در باغات را نشان داده است.

جدول ۱- هم‌ارز انرژی ورودی‌ها و خروجی در تولید زیتون

عنوان	واحد	هم‌ارز انرژی ($Mj.ha^{-1}$)	منبع
الف) نهاده			
روغن	لیتر	۴۷/۸	Kitani1999
سوخت دیزل	لیتر	۴۷/۸	Kitani1999
سوخت بنزین	لیتر	۴۶/۳	Mandal et al 2009
ماشین‌های کشاورزی	ساعت	۶۲/۷۰	Mandal et al 2009
فسفر	کیلوگرم	۱۷/۴	Esengun et al 2007
نیتروژن	کیلوگرم	۸۷/۱	Hatirli et al 2011
پتاسیم	کیلوگرم	۱۳/۷	Hatirli et al 2011
سموم شیمیایی	لیتر	۲۲۹	Kitani1999
کود آلی (دامی)	کیلوگرم	۰/۳	Azkan et al 2004
الکتریسیته	کیلووات ساعت	۱۲	Pahlavan et al 2012
ب) ستانده			
دانه روغنی زیتون	کیلوگرم	۱۱/۸	Azkan et al 2004

انرژی مستقیم و غیرمستقیم

انرژی مستقیم در تولید محصول زیتون شامل نیروی انسانی، سوخت دیزل، بنزین و الکتریسیته و انرژی غیرمستقیم شامل کود نیتروژن، کود فسفر، کود دامی، ماشین‌های کشاورزی و آفت‌کش‌ها بود (نیکخواه و همکاران ۲۰۱۴).

محاسبه شاخص‌های انرژی

برای ارزیابی الگوی مصرف انرژی از شاخص‌های نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی (انرژی ویژه) و افزوده خالص انرژی با توجه به روابط بیان شده در جدول ۲ استفاده شد (امید و همکاران ۲۰۱۱).

نسبت یا کارایی انرژی نشان می‌دهد که به ازای هر مگاژول انرژی مصرفی در هکتار به‌منظور تولید، چه میزان انرژی تولید شده است. بهره‌وری انرژی بیان‌گر مقدار محصول تولیدی برحسب کیلوگرم به مقدار انرژی مصرفی برحسب مگاژول است. شدت انرژی یا انرژی ویژه مقدار مصرف انرژی به ازای تولید هر واحد از محصول را نشان داده که واحد آن مگاژول بر کیلوگرم می‌باشد. انرژی خالص نیز بیان‌گر انرژی خالص خروجی از مزرعه می‌باشد. منفی بودن شاخص انرژی خالص نشان‌دهنده آن است که به‌اندازه‌ای که انرژی وارد مزرعه شده، انرژی خارج نشده است و در نتیجه عدم کارایی مصرف انرژی وجود دارد (ملکی و همکاران ۲۰۱۲).

جدول ۲- شاخص‌های انرژی مورد استفاده در ارزیابی الگوی مصرف انرژی در باغات زیتون

شاخص	رابطه	واحد	منبع
کارایی یا نسبت انرژی	انرژی خروجی (مگاژول بر هکتار) / انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)	-	امید و همکاران (۲۰۱۱)
بهره‌وری انرژی	عملکرد (کیلوگرم بر هکتار) / انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)	کیلوگرم بر مگاژول	امید و همکاران (۲۰۱۱)
شدت انرژی	انرژی خروجی (مگاژول بر هکتار) / عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)	مگاژول بر کیلوگرم	امید و همکاران (۲۰۱۱)
افزوده خالص انرژی	انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)- انرژی خروجی (مگاژول بر هکتار)	مگاژول بر هکتار	امید و همکاران (۲۰۱۱)

انتشار گازهای گلخانه‌ای

در این تحقیق مقدار استاندارد گازهای گلخانه‌ای در سامانه‌های تولید زیتون در هر هکتار با استفاده از ضریب انتشار معادل CO_2 برای نهاده‌های مصرفی بر اساس جدول (۳) انجام گرفت. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از روش‌های آمار توصیفی و تحلیلی استفاده شد و همه‌ی داده‌ها در نرم‌افزار اکسل ثبت، دسته‌بندی و مورد ارزیابی قرار گرفتند.

جدول ۳- معادل ضرایب استاندارد نشر گازهای گلخانه‌ای

نهاده‌ها	واحد	ضرایب نشر گازهای گلخانه‌ای ($kg\ CO2\ .ha^{-1}$)	منبع
ماشین‌های کشاورزی	مگاژول	۰/۰۷۱	لیو و همکاران (۲۰۱۰)
سوخت دیزل	لیتر	۲/۷۶	لال (۲۰۰۴)
کود دامی	کیلوگرم	۰/۱۲۶	پیشگر کومله و همکاران (۲۰۱۲)
کود نیتروژن	کیلوگرم	۱/۳	پیشگر کومله و همکاران (۲۰۱۲)
علف‌کش	کیلوگرم	۶/۳	پیشگر کومله و همکاران (۲۰۱۲)
سوخت بنزین	لیتر	۲/۳	نیکخواه و همکاران (۲۰۱۴)
الکتریسیته	کیلووات ساعت	۰/۶۰۸	خوشنویسان و همکاران (۲۰۱۳)

نتایج و بحث

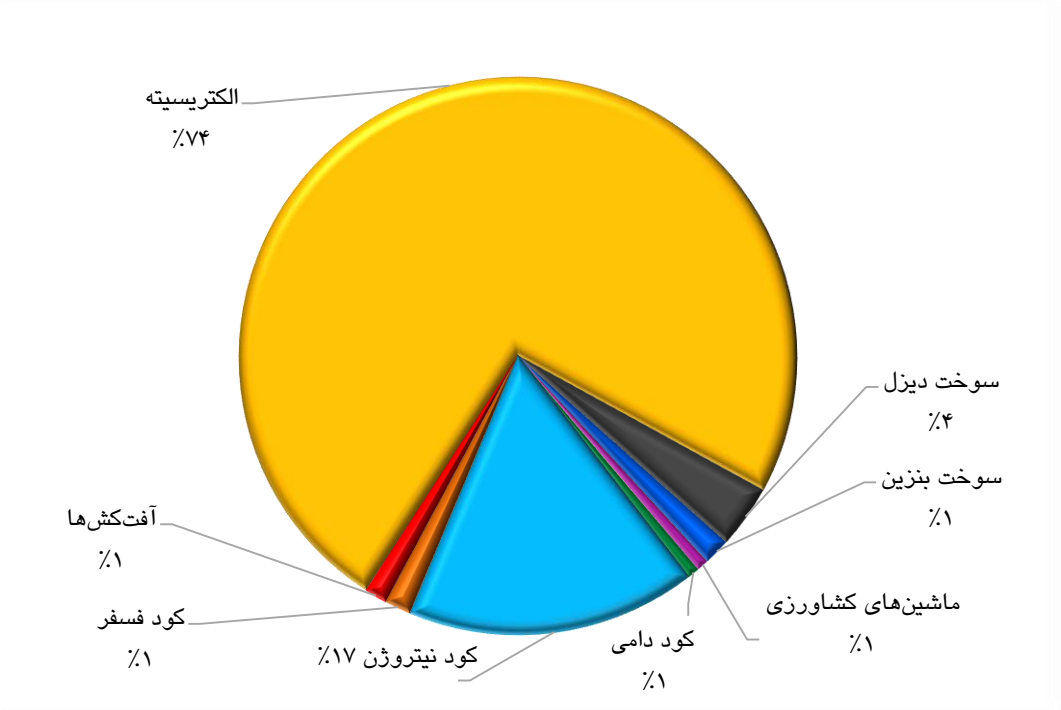
میزان مصرف نهاده‌ها

جدول ۴ مقادیر مصرف نهاده‌ها و همچین مقدار انرژی خروجی در فرایند تولید زیتون را نشان داده است.

بیشترین مصرف انرژی مربوط به نیروی الکتریسیته با ۱۸۶۵۸/۸ مگاژول در هکتار (۷۳/۷۸٪) بود. کمترین مصرف نهاده نیز مربوط به ماشین‌های کشاورزی با ۰/۶۸ درصد بود. در برخی تحقیقات انجام شده، بیشترین سهم از کل انرژی ورودی مربوط به نهاده‌ی سوخت دیزل گزارش شده است (محمدی و همکاران ۲۰۰۸). سهم بالای انرژی الکتریسیته در این پژوهش به‌دلیل استفاده‌ی زیاد از توان الکتریسیته به‌منظور برداشت آب از چاه‌های آب، جهت آبیاری بود. علاوه بر این در برخی از باغات نیز سیستم آبیاری تحت‌فشار (آبیاری قطره‌ای) عامل افزایش مصرف توان الکتریسیته بوده است. پس از نهاده الکتریسیته، کود نیتروژن با ۴۲۵۰/۸ مگاژول بر هکتار (۱۶/۸۱٪)، بیشترین انرژی ورودی را داشت. کل انرژی ورودی و خروجی در یک هکتار باغ زیتون نیز به‌ترتیب ۲۵۲۸۸/۰۴ و ۳۴۴۶۳/۰۸ مگاژول برآورد شد. شکل ۱. سهم نهاده‌های ورودی در فرایند تولید یک هکتار زیتون در منطقه مورد مطالعه را نشان داده است.

جدول ۴- مقدار مصرف نهاده‌ها، عملکرد محصول و انرژی ورودی و خروجی در باغات زیتون

الف)نهاده‌های ورودی	واحد	مقدار نهاده مصرفی	انرژی معادل(Mj)	درصد
الکتریسیته	کیلووات ساعت	۱۵۵۴/۹۰	۱۸۶۵۸/۸	۷۳/۷۸
سوخت دیزل	لیتر	۱۹/۲۸	۹۲۱/۹	۳/۶۵
سوخت بنزین	لیتر	۸/۳۸	۳۸۸/۴	۱/۵۴
ماشین‌های کشاورزی	ساعت	۲/۷۴	۱۷۱/۹	۰/۶۸
کود دامی	کیلوگرم	۵۹۹/۰۰	۱۸۰/۰	۰/۷۱
کود نیتروژن	کیلوگرم	۵۴/۴۲	۴۲۵۰/۸	۱۶/۸۱
کود فسفر	کیلوگرم	۲۲/۰۴	۳۸۳/۵	۱/۵۲
سموم شیمیایی	لیتر	۱/۴۵	۳۳۲/۸	۱/۳۲
کل انرژی ورودی	مگاژول بر هکتار	-	۲۵۲۸۸/۰۴	۱۰۰
ب) خروجی				
عملکرد زیتون		۲۹۲۰/۶		
کل انرژی خروجی	مگاژول بر هکتار	-	۳۴۴۶۳/۰۸	۱۰۰



شکل ۱- سهم نهاده‌های ورودی در فرایند تولید یک هکتار زیتون در منطقه مورد مطالعه

در پژوهشی کردونی (۲۰۱۱) انرژی لازم برای تولید هر تن دانه زیتون را معادل ۱۴۷۰۰ مگاژول بیان نمود. تولید انرژی خروجی بیشتر در مقایسه با میزان انرژی ورودی کم‌تر در سامانه‌های تولید، نشان‌دهنده کارایی بالای سامانه‌های تولید می‌باشد. محمدی و همکاران (۲۰۰۸) نیز مصرف کل انرژی در یک هکتار مزرعه سیب‌زمینی را برابر ۸۱۶۲۴ مگاژول گزارش کردند که بیشترین سهم مصرف انرژی با ۳۲/۶ درصد مربوط به کود نیتروژن و پس از آن مصرف سوخت‌های فسیلی با ۱۵/۸ درصد بود.

درگاهی و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش کردند که در بین مواد شیمیایی مصرفی، کود نیتروژن بیشترین مقدار انرژی مصرفی در فرایند تولید زیتون را داشته است. این محققان بیان کردند که تولید زیتون به شدت وابسته به

مصرف کود نیتروژن است. کردونی و همکاران (۲۰۱۱) نیز نقش مؤثر کود نیتروژن در افزایش عملکرد را دلیل مصرف بالای آن بیان نموده‌اند. در مقایسه‌ی الگوی مصرف انرژی در بخش کشاورزی ایران با کشورهای دیگر، مصرف بالای الکتریسیته جهت آبیاری مزارع، یکی از دلایل عمده پایین بودن نسبت انرژی گزارش شده است. پایین بودن بازده آبیاری در اکثر مناطق ایران موضوعی است که نیاز به تغییر روش‌های آبیاری را به وضوح بیان نشان می‌دهد. در استفاده از روش‌های سنتی، ضمن وجود تبخیر زیاد، چندین برابر نیاز واقعی گیاه، آب پمپاژ و مصرف می‌شود (کنگ چی و همکاران ۲۰۰۵). در پژوهشی دیگر نیز آل علی (۲۰۱۰) به مصرف بالای نهاده‌ی الکتریسیته در تولید محصول زیتون اشاره کرده است. تحقیقات مختلف نشان داده‌اند که انرژی حاصل از سوخت دیزل بیشترین سهم را از کل انرژی ورودی داشته است (محمدی و همکاران ۲۰۱۰). علت پایین بودن سهم نهاده سوخت دیزل نسبت به سایر نهاده‌ها در این پژوهش، سهم بالای الکتریسیته در تأمین توان پمپ‌های آب بود. بدیهی است درصورتی‌که از پمپ‌های دیزلی استفاده شود، سهم نهاده‌ی سوخت مصرفی در مقابل توان الکتریکی افزایش خواهد یافت. پایدار و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی بیان کردند که کمترین سهم انرژی ورودی در تولید زیتون مربوط به نهاده ماشین‌های کشاورزی بوده است که دلیل آن استفاده خیلی کم از ماشین‌ها در فرایند تولید زیتون عنوان شد.

شاخص‌های انرژی

جدول ۵ نتایج ارزیابی شاخص‌های انرژی در فرایند تولید زیتون در این پژوهش را نشان داده است. کارایی انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و انرژی خالص به‌ترتیب برابر ۱/۳۶، ۰/۱۲ کیلوگرم بر مگاژول، ۸/۶۶ مگاژول بر کیلوگرم، ۹۱۷۵/۰۴ مگاژول بر هکتار محاسبه شد. میزان مصرف انرژی مستقیم برابر ۱۹۹۶۹/۱ (۰/۷۹) و انرژی غیرمستقیم نیز ۵۳۱۹ (۰/۲۱) مگاژول در هکتار به‌دست آمد. در پژوهشی عزیزپناه و همکاران (۱۴۰۰) مقدار انرژی مستقیم و غیرمستقیم در باغات گردوی بالاتر از ۳ هکتار را به‌ترتیب ۴۳۸۵۵/۴۲ و ۱۵۴۴۸/۴۳ مگاژول بر هکتار گزارش نمودند.

در آنتالیای ترکیه نیز کنک چی و همکاران (۲۰۰۵) انرژی کشت ذرت را ۲۸/۵۸ گیگاژول در هکتار برآورد کردند که ۵۲ درصد سهم آن مربوط به انرژی کود بود. عملکرد متوسط ذرت در ترکیه به عملکرد متوسط در ایران نزدیکتر بوده و ۶/۶ تن در هکتار گزارش شده است.

جدول ۵- شاخص‌های انرژی در تولید زیتون

شاخص	واحد	مقدار	درصد
کارایی انرژی	-	۱/۳۶	-
بهره‌وری انرژی	کیلوگرم بر مگاژول	۰/۱۲	-
شدت انرژی	مگاژول بر کیلوگرم	۸/۶۶	-
انرژی خالص	مگاژول بر هکتار	۹۱۷۵/۰۴	-
انرژی مستقیم	مگاژول بر هکتار	۱۹۹۶۹/۱	۰/۷۹
انرژی غیرمستقیم	مگاژول بر هکتار	۵۳۱۹	۰/۲۱

در پژوهشی آل علی (۲۰۱۰) مقدار کارایی انرژی در تولید زیتون را برابر ۱/۱۶ گزارش نمود که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. در تحقیق دیگر نیز زاهدی و همکاران (۲۰۱۳) بیان نمودند که کارایی مصرف انرژی در مزرعه چغندرقند حدود ۶/۴ برابر بیشتر از سیب‌زمینی بود که دلیل آن بالاتر بودن نسبی عملکرد و همچنین معادل انرژی خروجی از یک طرف و از سوی دیگر مصرف پایین‌تر انرژی در مزارع چغندرقند بود

(زاهدی و همکاران ۲۰۱۳). این نشان می‌دهد که با افزایش عملکرد در واحد سطح و یا کاهش انرژی ورودی در فرایند تولید می‌توان کارایی را افزایش داد. استفاده از ارقام پرمحصول و همچنین مکانیزاسیون برداشت در تولید زیتون می‌تواند سبب افزایش عملکرد و کاهش سختی کار برداشت زیتون و در نهایت افزایش کارایی استفاده از نهاده‌ها شود. در تحقیق آل علی (۲۰۱۰) بهره‌وری انرژی در تولید زیتون برابر ۰/۱۰۶ کیلوگرم بر مگاژول گزارش شد که به نتایج این تحقیق بسیار نزدیک بود.

شدت انرژی برعکس بهره‌وری انرژی است و نشان‌دهنده مصرف انرژی برای تولید یک واحد از محصول است. مقدار این شاخص بسته به نوع محصول کشاورزی، موقعیت و زمان، متفاوت است و می‌تواند شاخصی برای ارزیابی کارایی مصرف انرژی در نظام‌های مختلف تولید محصول باشد (ملکی و همکاران ۲۰۱۲). نسبت انرژی در مطالعات منطقه‌ای بستگی به میزان عملکرد محصول (انرژی ستانده) داشته و متقابلاً عملکرد نیز بستگی به میزان بارندگی، مقدار نهاده‌های مصرفی و نوع مدیریت زراعی هر منطقه دارد. افزوده خالص انرژی نیز شاخصی است که به‌صورت مگاژول در هکتار بیان می‌شود و منفی بودن آن نشان‌دهنده بیلان منفی انرژی بوده و در شرایطی رخ می‌دهد که انرژی ستانده کمتر از انرژی ورودی باشد. افزوده خالص انرژی می‌تواند میزان توسعه‌ی بالقوه انرژی را که در شرایط اقلیمی مختلف به نحوه مدیریت روش‌های زراعی بستگی دارد، مشخص سازد (ملکی و همکاران ۲۰۱۲). منفی بودن عدد انرژی خالص نیز نشان‌دهنده آن است که به‌اندازه‌ای که انرژی وارد سیستم شده، انرژی خارج نشده است و در این صورت عدم کارایی مصرف انرژی وجود دارد (سینق و همکاران ۲۰۱۰). آل علی (۲۰۱۰) در ارزیابی شاخص‌های انرژی در تولید زیتون، انرژی خالص را برابر ۴۵۹۰/۱ مگاژول بر هکتار بیان کرد. درصد انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم در این پژوهش به‌ترتیب برابر ۰/۷۹ و ۰/۲۱ به‌دست آمد (جدول ۵). پایدار و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی محصول زیتون بیان کردند که مصرف انرژی مستقیم بیشتر از انرژی‌های غیرمستقیم است.

نتایج این بررسی نشان داد که بیشترین سهم انرژی مصرفی در تولید زیتون مربوط به نهاده الکتریسیته با ۷۳/۷۸ درصد بود. در این تحقیق به دلیل استفاده از نیروی الکتریسیته برای تأمین و انتقال آب توسط پمپ‌ها به مزارع، میزان مصرف الکتریسیته مقدار زیادی داشت. پس از الکتریسیته کود نیتروژن با ۱۶/۸۱ درصد، بیشترین انرژی مصرفی را دارا بود. کودهای شیمیایی به‌دلیل مصرف انرژی بالا برای تولید و فرآوری آن‌ها یکی از نهاده‌های تأثیرگذار بر کارایی انرژی سامانه‌های کشاورزی هستند. یکی از کودهای پر مصرف در نظام-های زراعی رایج، کود نیتروژن می‌باشد و گزارش شده است که تقریباً نیمی از انرژی مصرفی در کشاورزی مدرن برای تولید کودهای نیتروژن مصرف می‌شود. علاوه بر کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها نیز سهم به‌سزایی در افزایش انرژی ورودی به بوم نظام–های زراعی دارند. متأسفانه مصرف کودها و سموم شیمیایی در کشور، بی‌رویه و نامتعادل بوده و مطابقتی با نیاز واقعی گیاه ندارد (کوچکی و همکاران، ۲۰۰۵).

تحلیل شاخص‌های زیست‌محیطی

مواد شیمیایی می‌توانند در تمام مراحل چرخه زندگی محصولات، خدمات و سامانه‌ها به محیط (هوا، آب، خاک و غیره) منتشر شوند. موجودی انتشارات حاصل از محصولات مختلف ممکن است حاوی صدها ماده شیمیایی باشند که بسیاری از آن‌ها پتانسیل ایجاد اثرات نامطلوب بر اکوسیستم‌های آبی و زمینی را دارند. بنابراین برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی در یک سامانه تولید محصول، همه جنبه‌های آن سامانه باید در نظر گرفته شود (خوشنویسان و همکاران ۲۰۱۴).

جدول ۶ ضرایب استاندارد انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید زیتون در این پژوهش را نشان داده است.

جدول ۶- معادل ضرایب استاندارد نشر گازهای گلخانه‌ای

نهاده‌ها	واحد	کیلوگرم گازهای گلخانه‌ای ($kg\ CO2\ .ha^{-1}$)	درصد
ماشین‌های کشاورزی	مگاژول	۰/۱۹۴	۰/۰۱۷
سوخت دیزل	لیتر	۵۳/۲۱	۴/۵۴
کود دامی	کیلوگرم	۷۵/۴۷	۶/۴۳
کود نیتروژن	کیلوگرم	۷۰/۷۵	۶/۰۳
علف‌کش	کیلوگرم	۹/۱۵	۰/۷۸
سوخت بنزین	لیتر	۱۹/۲۷	۱/۶۴
الکتریسیته	کیلووات ساعت	۹۴۵/۳	۸۰/۵۳
مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای	کیلوگرم کربن دی‌اکسید بر هکتار	۱۱۸۵/۷۴	۱۰۰

نتایج نشان داد که مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از کشت یک هکتار زیتون برابر با ۱۱۸۵/۷۴ کیلوگرم دی‌اکسید کربن در هکتار بود. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از نهاده الکتریسیته برابر با ۸۰/۵۳ درصد بود و بیشترین سهم از انتشارات زیست‌محیطی را به خود اختصاص داد. کود دامی با ۶/۴۳٪ و کود نیتروژن با ۶/۰۳٪ در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. کمترین مقدار انتشارات زیست‌محیطی نیز ناشی از کاربرد نهاده‌ی ماشین‌های کشاورزی (۰/۰۱۷٪) بود.

در تحقیقی در کشور نپال مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای در یک هکتار برای محصول سیر، برنج، ذرت، گندم و عدس برابر ۲۹۹۷,۱۳، ۱۷۹۸,۲۷، ۱۸۸۸,۱۹، ۸۳۹,۱۹ و ۱۴۹,۸۵ کیلوگرم دی‌اکسید کربن گزارش شد (پاکرل و سانی ۲۰۱۹).

در پژوهشی دیگر میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید گندم ۲۷۱۱/۵۸ کیلوگرم دی‌اکسید کربن بر هکتار برآورد شد و الکتریسیته بیشترین مقدار از این انتشارات را داشت که با نتایج تحقیق حاضر نیز منطبق بود (خوشنویسان و همکاران ۲۰۱۳)

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده در این تحقیق در مقایسه با مطالعات منطقه‌ای نشان داد که به‌دلیل شرایط خاص هر منطقه امکان کم یا زیاد نمودن و بهینه‌سازی میزان مصرف نهاده‌ها وجود دارد. تفاوت موجود بین مقادیر گزارش شده برای شاخص‌های انرژی در تولید محصولات در نقاط مختلف ایران، ناشی از تفاوت در عملیات مدیریتی و زراعی و شرایط آب و هوایی است، اما به‌طورکلی بالا بودن انرژی مصرفی نهاده‌هایی همچون الکتریسیته و کود شیمیایی کاملاً مشهود است. در این بررسی سهم انرژی‌های مستقیم در فرایند تولید، از انرژی‌های غیرمستقیم بیشتر بود. در تولید محصول زیتون، الکتریسیته بیشترین سهم را در مصرف انرژی ورودی به خود اختصاص داد و کود نیتروژن در رتبه دوم قرار داشت. یکی از دلایل مصرف زیاد الکتریسیته در منطقه مورد مطالعه و به‌طورکلی در بخش کشاورزی ایران، ناشی از ارزان بودن تعرفه الکتریسیته تحت عنوان تعرفه کشاورزی است. مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از کشت یک هکتار زیتون در این پژوهش نیز برابر ۱۱۸۵/۷۴ کیلوگرم دی‌اکسید کربن در هکتار برآورد شد. نهاده الکتریسیته با ۸۰/۵۳ درصد، بیشترین سهم از میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص داد. کمترین مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز مربوط به نهاده ماشین‌های کشاورزی بود.

سپاسگزاری

از اعضای هیئت علمی بخش کشاورزی دانشگاه ایلام و کارشناسان مرتبط به جهت کمک در اجرای تحقیق بی نهایت سپاسگزاریم.

منابع مورد استفاده

Al-Ali N. 2010. Investigating the Sustainability of an Olive Production System in Qom Province with Emphasis on Energy Efficiency. Master's Thesis in Agroacology, Shahid Beheshti University of Tehran. (In Persian).

Alam M S and K K Islam. 2005. Energy flow in agriculture: Bangladesh. American Journal of Environmental Science, 1(3): 213-220.

Anonymous. 2020. Ministry of Jihad Agriculture, Deputy of Planning and Economy, Information and Communication Technology Center. Agricultural Statistics of 1398, Volume 3. Pp. 88-57. (In Persian).

Arji A. 2007. Olive in Kermanshah province. First Edition and Exploitation System Publications, first edition. (In Persian).

Azizpanah A and Fathi R. 2021. Analysis of Energy Structure and Greenhouse Gas Emissions of Walnut Orchards; a Case Study in Ilam Region. Iranian Journal of Applied Ecology, 10(2): 33-50. (In Persian).

Baran MF, Lule F and Gökdogan O. 2017. Energy input-output analysis of organic grape production: a case study from Adiyaman Province. Erwerbs-Obstbau 59(4): 275-279.

Beheshti Tabar A. 2008. Investigation of energy input-output in Iranian agriculture. 85 -1370. Master Thesis. Faculty of Biosystem Engineering, University of Tehran. (In Persian).

Buckwell A, Nordang Uhre A, Williams A, Polakova J, Blum W, Schiefer J and Haber W. 2014. Sustainable intensification of European agriculture.

Canakci M, Topakci M, Akinci I and Ozmerzi A. 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: case study for Antalya region, Turkey. Energy Conversion and Management, 46: 655–666.

Cobbenhagen A, Antunes M, Molengraft v and Heemels W. 2021. Opportunities for control engineering in arable precision agriculture. Annual Reviews in Control, 51: 47-55.

Cochran W. 1977. The estimation of sample size. Sampl Tech. 3:72–90.

Dargahi M, Jahan M, Naseri Pour M And Ghorbani R. 2016. Evaluation of energy balance and economic analysis of rapeseed in Golestan province. Journal of Agriculture, 112. 62-50.

FAO. 2017. The future of food and agriculture. Trends and challenges. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available online:<http://www.fao. org/3/a-i6583e.pdf>, last access 15th of February 2019.

Gundogmus E. 2013. Modelling and sensitivity analysis of energy inputs for walnut production. Actual. Problems of Economics, 2(140):188-197.

Heidari MD and Omid M. 2011. Energy use patterns and econometric models of major greenhouse vegetable productions in Iran. Energy, 36: 220–225 (In Persian).

Kaltsas AM, Mamolos AP, Tsatsarelis, CA, Nanos GD and Kalburtji K. 2007. Energy budget in organic and conventional olive groves. Agriculture Ecosystems Environmental, 122: 243-251.

Kardoni F. 2011. Analysis of energy course in cereals in Iran. Master Thesis in Agroacology, University of Birjand. (In Persian).

Khojastehpour M, Nikkhah A and Emadi B. 2014. Comparing energy and greenhouse gas emission of canola production between Iran and Turkey. The 8th National Congress on Agricultural Machinery Engineering. (Biosystem) & Mechanization, 29-31 January, Mashhad, Iran, P. 396- 405 (In Persian).

Khoshnevisan B, Rafiee S, Omid M, Mousazadeh H and Clark S. 2014. Environmental impact assessment of tomato and cucumber cultivation in greenhouses using life cycle assessment and adaptive neuro-fuzzy inference system. *Journal of Cleaner Production*, *73*, 183–192. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2013.09.057

Khoshnevisan B, Rafiee SH, Omid M and Mousazadeh H. 2013. Comparison of GHG emissions of efficient and inefficient potato producers based on data envelopment analysis. Journal of Agricultural Engineering and Biotechnology, 1(3): 81-88.

Koocheki A and Hosseini M. 2005. Energy efficiency in agricultural ecosystems. Ferdowsi University of Mashhad Publications, Page 317. (In Persian).

Lal R. 2004. Carbon emission from farm operations. Environment International, 30: 981-990.

Liu L, Langer V, Høgh-Jensen H and Egelyng H. 2010. Life Cycle Assessment of fossil energy use and greenhouse gas emissions in Chinese pear production. Journal of Cleaner Production, 18: 1423-1430.

Maleki A, Yousefi F and Nowruzi M. 2012. Evaluation of energy efficiency efficiency and analysis of energy consumption and production of wheat cultivation in Ilam province. First National Conference on Sustainable Development of Agriculture and Healthy Environment, Hamadan, Hamadan Azad University. (In Persian).

Mandal K, Hati KM and Misra AK. 2009. Biomass yield and energy analysis of soybean production in relation to fertilizer-NPK and organic manure. Biomass and bioenergy, 33(12), 1670-1679.

Mobtaker H.G, Keyhani A, Mohammad A, Rafiee S and Akram A. 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan Province of Iran. Agriculture Ecosystem Environment, 137-4): 367-72.

Mohammadi A and Omid M. 2010. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. Applied energy, 87(1), 191-196.

Mohammadi A, Tabatabaeefar A, Shahin S, Rafiee S and Keyhani A. 2008. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. Energy Conversion and Management, 49: 3566–3570 (in Persian).

Molaei K and Afzalnia S. 2012. Determination of energy indicators in wheat and rapeseed production in cultivation and industry of Nemdan Eghlid plain. Journal of Plant Ecophysiology, 4(1): 36-26. (In Persian).

Mousavi-Avval SH, Rafiee S, Jafari A and Mohammadi A. 2011. Optimization of energy consumption for soybean production using Data Envelopment Analysis (DEA) approach. Applied Energy, 88(11): 3765-3772.

Nabavi-Pelesaraei A, Sadeghzadeh A, Payman M.H and Mobtaker H.G. 2013. An analysis of energy use CO2 emission and relation between energy inputs and yield of hazelnut production in Guilan province of Iran. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 1(12):1601-1113.

Nikkhah A, Emadi B, Shabanian, F and Hamzeh-Kalkenari, H. 2014. Energy sensitivity analysis and greenhouse gas emissions for tea production in guilan province, Iran. Agroecology, 2015, 6 (3): 622-633 (In Persian).

Omid M, Ghojabeige F, Delshad M and Ahmadi H. 2011. Energy use pattern and benchmarking of selected greenhouses in Iran using data envelopment analysis. Energy conversion and management, 52(1), 153-162.

Paydar L, Firoozi S and Aminpanah H. 2013. Analysis of energy flow in olive production in Rudbar region. National Conference on Agricultural Engineering and Management, Environment and Sustainable Natural Resources, Shahid Mofteh Faculty of Hamadan. (In Persian).

Pishgar Komleh S.H, Keyhani A, Rafiee S and Sefeedpary P. 2011. Energy use and economic analysis of corn silage production under three cultivated area levels in Tehran province of Iran. Energy, 36: 3335–3341 (In Persian).

Pishgar-Komleh SH, Sefeedpari P and Ghahderijani M. 2012. Exploring energy consumption and CO2 emission of cotton production in Iran. Journal of Renewable and Sustainable Energy, 4: 33114-33115.

Pokhrel A and Soni P. 2019. Sustainability assessment of crop production in accord with energy, environment

and economic performances in Nepal. Environmental Sustainability, *2*(4), 343–353. https://doi.org/10.1007/S42398-019-00076-Y

Pourshirazi Sh, Resam GA, Dadkhah AR and Gholami MR. 2013. Analysis of energy flow and greenhouse gas emissions in Northeastern farms of Iran. First National Conference on Engineering, Agricultural Management, Environment and Sustainable Natural Resources. March 22, 2013. Hamadan. (In Persian).

Shahan S, jafari A, Mobli H, Rafiee S and Karimi M. 2008. Energy use and economical analysis of wheat production in Iran: a case study from Ardabil province, Journal of Agricultural Technology, 4, 77-88 (In Persian).

Sharifi Jahantegheh Gh, Abbasi M and Fallah Nomoli S. 2014. Olive and its Importance. Nowruz Publications, First Edition. (In Persian).

Singh H, Mishra D and Nahar N.M. 2010. Energy use pattern in production agriculture of a typical village in Arid Zone India – Part I. Energy Convers Manage, 43(16), 2275–2286.

Singh J. M. 2002. On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. International Institute of Management University of Flensburg, Sustainable Energy Systems and Man- agement. Master of Science, Germany.

Springmann M, Clark M, Mason-D'Croz D, Wiebe K, Bodirsky B. L, Lassaletta L and Willett W. 2018. Options for keeping the food system within environmental limits. Nature, 562(7728), 519-525.

Unakitan G, Hurma H and Yilmaz F. 2010. An analysis of energy use efficiency of canola production in Turkey. Energy, 35(9), 3623-3627.

Yadav S. K and Mishra G. C. 2013. Environmental life cycle assessment framework for Sukker production (raw sugar production). International Journal of Environmental Engineering and Management.4 (5): 499-506.

Zahedi M, Eshghizadeh, H.R and Mandani F. 2014. Evaluation of energy efficiency and economic indicators in Safflower production system in Isfahan province. Journal of Ecological Agriculture, 2 (4):45-53.