

## تحلیل ساختار انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید گردو (مطالعه موردی: منطقه ایلام)

امیر عزیزپناه<sup>۱\*</sup> و رستم فتحی<sup>۲</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۳۰)

### چکیده

هدف از این مطالعه، مقایسه و تحلیل الگوی مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در اندازه‌های مختلف باغات تولید گردو در منطقه ایلام بود. میانگین کل انرژی مورد نیاز برابر با ۶۵۳۳۴/۸۲ مگاژول بر هکتار برآورد شد. سوخت دیزل، آب آبیاری و ماشین‌ها به ترتیب با ۵۷/۴، ۱۲/۵۵ و ۱۰/۶۵ درصد، پرمصرف‌ترین نهاده‌های انرژی در تولید گردو بودند. بازده انرژی ۱/۰۵ و بهره‌وری ۰/۰۴ کیلوگرم بر مگاژول به دست آمد. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولید گردو برابر با ۲۴۹۶/۵ کیلوگرم دی‌اکسید کربن در هکتار محاسبه شد. سه نهاده سوخت دیزل، کود حیوانی و کود نیتروژن با ۷۳/۶۲، ۱۶/۸۲ و ۲/۹۲ درصد، بیشترین آلاینده‌گی محیط‌زیستی را در تولید گردو داشتند. ضرایب رگرسیونی به دست آمده از تابع کاب-داگلاس برای نهاده‌های نیروی انسانی، ماشین‌ها، سوخت دیزل و سموم شیمیایی، مثبت و در مورد نهاده‌های کود شیمیایی و آبیاری، منفی هستند. نتایج برآورد اقتصادسنجی و تحلیل حساسیت نهاده‌های تولید گردو نشان داد با افزایش یک مگاژول بر هکتار در انرژی نهاده‌های نیروی انسانی، ماشین‌ها، سوخت دیزل، کود شیمیایی، کود دامی، آبیاری، سموم شیمیایی، الکتریسیته و هرس، عملکرد به ترتیب معادل ۰/۲۶، ۰/۰۳، ۰/۰۰۱، ۰/۲۵، ۰/۰۰۴، ۰/۱۵، ۰/۳۶، ۲/۷۸ و ۰/۱۶ کیلوگرم بر هکتار افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: کاب-داگلاس، گازهای گلخانه‌ای، تغییرات آب و هوایی، ایلام

۱. استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام

۲. دانشجوی دکتری مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی

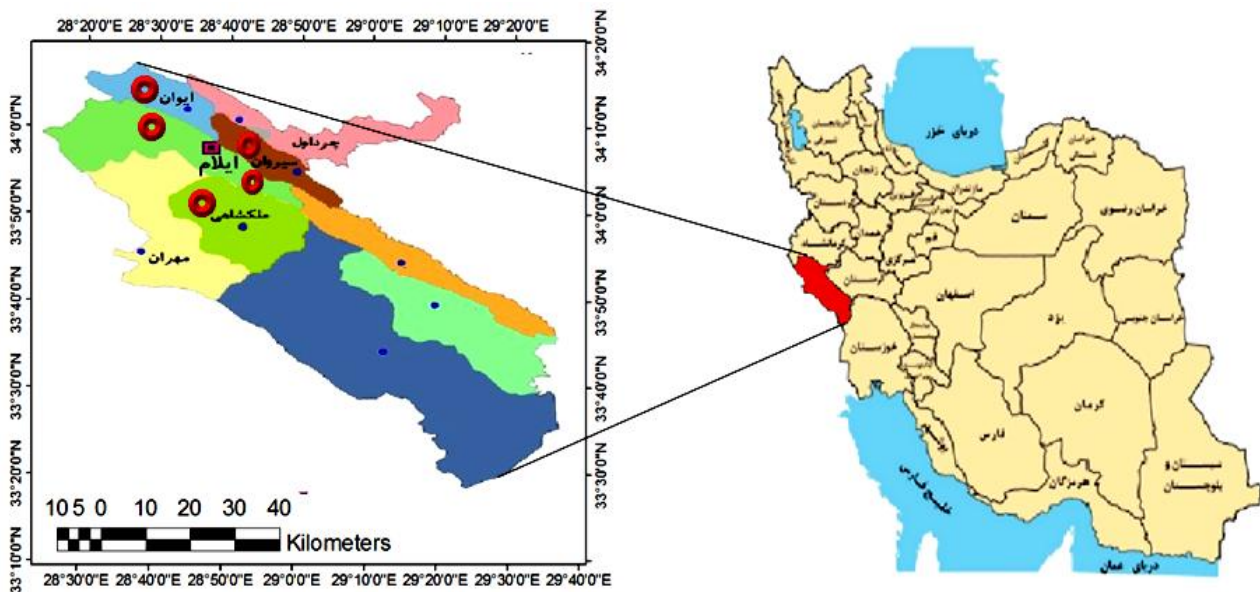
\* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: a.azizpanah@ilam.ac.ir

## مقدمه

رشد روزافزون جمعیت جهان و در نتیجه افزایش تقاضا برای مواد غذایی، مشکلات محیط‌زیستی مرتبط با تولید محصولات کشاورزی و چالش‌های اقتصادی و اجتماعی، از مسائل عمده بخش کشاورزی است که در سال‌ها و دهه‌های اخیر افزایش یافته است (۶ و ۱۱). کابنهن و همکاران (۲۰۲۱) پیش‌بینی کرده‌اند که جمعیت جهان در سال ۲۰۵۰ به حدود ۹ میلیارد نفر خواهد رسید و برای حفظ امنیت غذایی این جمعیت، تولید غذا نیز باید افزایش یابد (۹). برخی محققان بیان کرده‌اند که برای تغذیه جمعیت ۹ میلیارد نفری در سال ۲۰۵۰ میلادی، تولید محصولات کشاورزی باید دو برابر شود تا بتواند تقاضای روزافزون جمعیت را برآورده کند. این درحالی است که کشاورزی با چالش‌های بزرگی از جمله تغییرات اقلیمی، کمبود شدید زمین‌های قابل کشت و منابع آب، تهدید بیماری‌ها، آفات و علف‌های هرز و همچنین تغییر روند جمعیت مولد روبرو است (۴۰). در پاسخ به رشد جمعیت، مصرف انرژی در بخش کشاورزی برای تأمین شرایط زندگی بهتر، افزایش یافته و با بالا رفتن سطح استانداردهای زندگی و به‌کارگیری بیش از پیش نهاده‌ها در تولید محصولات کشاورزی، رشد مصرف انرژی در این بخش بیشتر شده است (۱۶). هم‌اکنون سیستم‌های تولید محصولات کشاورزی و باغی، یکی از مصرف‌کنندگان تولیدکنندگان اصلی انرژی هستند که مصرف انرژی در این بخش مربوط به کاربرد نهاده‌های تولید یا همان ورودی‌ها و تولید انرژی مربوط به عملکرد محصولات است (۲۹). بخش‌های مختلف کشاورزی دارای درجات مختلفی از نظر مصرف انرژی هستند. آگاهی از منابع انرژی و روش‌های مصرف بهینه آن، برای اتخاذ سیاست مناسب جهت توسعه بازدهی نظام‌های تولید، به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه بسیار مهم است. کشور ایران یکی از کشورهای مهم از نظر تنوع تولید محصولات باغی بوده و پس از کشورهای چین و آمریکا رتبه سوم جهان را در زمینه تولید و سطح زیر کشت گردو به خود اختصاص داده است (۱۲). سطح زیر کشت این

محصول در ایران حدود ۱۵۳ هزار هکتار و در استان ایلام ۱۳۶۰ هکتار است که شهرستان‌های ایلام، سیروان، ملکشاهی و ایوان به‌ترتیب با ۵۰۰، ۱۸۰، ۲۵۰ و ۴۳۰ هکتار سطح زیر کشت، مناطق تولید گردو در این استان هستند (۲۷). شکل (۱) منطقه جغرافیایی مورد مطالعه و پراکنش باغات گردو در استان ایلام (نقاط قرمز) را نشان داده است.

ارزش غذایی بسیار زیاد گردو همراه با عملکرد بالای آن، یکی از دلایل اصلی تمرکز بر این محصول برای تأمین انرژی غذایی، نه تنها در ایران، بلکه در کل جهان است (۲۲). مغز گردو حاوی غلظت زیادی از لیپیدها با مقادیر زیاد اسیدهای چرب اشباع‌نشده بوده و از ۵۰ تا ۶۲ درصد اسید لینولئیک (امگا ۶) و ۱۱ تا ۱۸ درصد اسید لینولینیک (امگا ۳) تشکیل شده که با خواص تقویت‌کننده سلامتی انسان مرتبط هستند (۲۶). امروزه در کشورهای پیشرفته جهان، سامانه 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 به‌طور کلی تغییر نموده و در نتیجه، تغییرات قابل ملاحظه‌ای در نحوه مصرف و جریان انرژی مصرفی برای محصولات مختلف ایجاد شده است (۴). این موضوع با افزایش چالش‌های مربوط به پایداری اهمیت بیشتری پیدا کرده است، زیرا پدیده تغییر اقلیم و گرم‌شدن کره زمین در اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای، یکی از مهم‌ترین مشکلاتی است که به‌عنوان یک فاجعه محیط‌زیستی در جهان مطرح است (۱). بنابراین موضوعات محیط‌زیستی و انرژی کاملاً به هم وابسته بوده و درک جامعی برای مدیریت آنها لازم است (۸). گازهای گلخانه‌ای مهم شامل دی‌اکسیدکربن ( $CO_2$ )، اکسید نیتروژن ( $N_2O$ ) و متان ( $CH_4$ ) از جمله آلاینده‌هایی هستند که بر محیط زیست اثرگذارند و به گرم‌شدن کره زمین و تغییر اقلیم دامن می‌زنند (۱۷). به همین دلیل، کارهای تحقیقاتی مختلفی برای مدیریت انرژی و وضعیت محیط‌زیستی در سامانه‌های تولید و از جمله در باغات گردو در کشورهای مختلف انجام شده و در مدیریت کشاورزی امروزی مورد توجه روزافزون قرار گرفته



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و پراکنش باغات گردو (رنگی در نسخه الکترونیکی)

ثانیاً، مصرف ورودی‌های موردی در تمام واحدهای بهینه در یک مطالعه موردی ممکن است در سطح یک منطقه گسترده مانند یک کشور و یا جهان، بهینه واقعی نباشد (۲۲). بنابراین اگرچه ماهیت سیستم‌های تولید محصولات کشاورزی قابل تغییر نیست، اما می‌توان با تطبیق بهترین روش‌ها برای تجزیه و تحلیل نهاده‌ها، حداکثر بهره‌وری را به‌دست آورد (۴۴).

در این مطالعه از مدل کاب-داگلاس استفاده شد. پارامترهای تابع کاب-داگلاس، ضرایب کشش نهاده‌های تولید را نشان می‌دهند و ضرورت مصرف نهاده را به‌خوبی نمایان می‌سازند. در سال‌های اخیر پژوهش‌های مختلفی با استفاده از تابع کاب-داگلاس و رگرسیون برای مدل‌سازی وضعیت تولید بعضی از محصولات کشاورزی در ایران و جهان انجام شده است. مدل رگرسیونی، یک روش ریاضی برای بیان معادله آماری بین دو متغیر است. به مدل به‌دست آمده از تحلیل رگرسیون، تابع تولید گفته می‌شود (۴۲). تابع تولید نشان‌دهنده رابطه بین منابع و نهاده‌های مصرفی و محصولات تولیدی به‌دست آمده در یک زمان خاص است (۲). با استفاده از توابع تولید و شاخص‌های انرژی، تحقیقات مختلفی در کشاورزی انجام شده که در این زمینه می‌توان به تحلیل حساسیت انرژی

است (۴۶). اسپرین‌مان و همکاران (۲۰۱۸) به پیامدهای مصرف غیربهینه 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 محیط‌زیستی در آینده بیش از پیش افزایش می‌یابد (۴۱). در مورد انتشار گازهای گلخانه‌ای و بهینه‌سازی انرژی در بخش کشاورزی، مطالعات مختلفی صورت گرفته است. پس از بررسی برخی از نتایج مطالعات انجام‌شده، محققان نتیجه گرفتند که ارزیابی میزان انتشار انرژی و اثرات محیط‌زیستی و ارائه تنها چند روش توصیه‌شده، به‌تنهایی برای دستیابی به تولید پایدار مؤثر نیست. بنابراین، بهینه‌سازی و تعیین مدل بهینه برای انرژی‌های ورودی در مراحل بعد توصیه شد. در سال‌های اخیر بیشتر مطالعات در این زمینه، فقط با استفاده از روش‌هایی مانند تحلیل پوششی داده‌ها با تعیین مقدار بهینه نهاده‌های ورودی با معیار واحدهای کارآمد، مصرف انرژی را بهینه کرده‌اند و سپس کاهش انتشارات محیط‌زیستی در فرایند تولید محصولات مختلف کشاورزی را با مدل جدید تخمین زده‌اند. به‌رغم ارزش این مطالعات، دو مسئله مهم هنوز حل نشده است. اولاً، بهینه‌سازی تک‌رویکردی نمی‌تواند نقطه بهینه ایده‌آل را در تولید محصول معرفی کند و

رابطه (۱) برابر با ۴۳ پرسش‌نامه به‌دست آمد (۲۳).

$$N = \frac{nt^2s^2}{nd^2 + t^2s^2} \quad (1)$$

در این رابطه،  $n$  حجم نمونه،  $N$  حجم جامعه،  $t$  ضریب اطمینان،  $S^2$  واریانس جامعه و  $d$  دقت احتمالی مطلوب است.

### روش تحلیل انرژی مصرفی

به‌منظور تحلیل انرژی مصرفی در سامانه تولید، ابتدا اطلاعات مربوط به میزان مصرف همه نهاده‌های تولید گردو در هر هکتار شامل نیروی انسانی، ماشین‌ها، سوخت، کودهای شیمیایی، سموم، آب آبیاری و عملکرد به‌دست آمد. سپس ضرایب هم‌ارز انرژی (جدول ۲) که بیان‌کننده میزان محتوای انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها برای تولید گردو است، مورد استفاده قرار گرفت. برای محاسبه انرژی مصرفی در تولید گردو، مقدار مصرف هر نهاده در معادل انرژی مربوط به آن ضرب شد. مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای در سیستم تولید گردو در هر هکتار نیز با استفاده از ضریب انتشار معادل  $CO_2$  برای نهاده‌های ورودی (جدول ۳) محاسبه شد. در این پژوهش، مرز سیستم، ورود نهاده‌های تولید به باغ تا زمان برداشت محصول را پوشش می‌داد و واحد بررسی شاخص‌ها، یک هکتار در نظر گرفته شد. مرز سامانه در شکل (۲) نشان داده شده است.

برای تعیین روابط بین انرژی ستانده و نهاده، از شاخص‌های انرژی شامل نسبت انرژی یا کارایی انرژی (Energy Use Efficiency)، بهره‌وری انرژی (Energy Productivity)، شدت انرژی یا انرژی ویژه (Specific Energy) و افزوده خالص انرژی (Net Energy) مطابق جدول ۱ استفاده شد (۳۲).

به‌طور کلی انرژی در کشاورزی می‌تواند به‌صورت مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدنپذیر تقسیم‌بندی شود. انرژی مستقیم شامل انرژی نیروی کار، سوخت و آب آبیاری و انرژی غیرمستقیم شامل انرژی بذر، کود شیمیایی، کود دامی، سموم و ماشین‌های کشاورزی است. انرژی تجدیدپذیر شامل انرژی نیروی کار، بذر، کود دامی و آب بوده و انرژی

تولید پنبه در ایالت پنجاب هند (۲۵)، تحلیل حساسیت انرژی تولید جو در همدان (۳۸)، مدل‌سازی انرژی مصرفی تولید پنبه در گلستان همدان (۴۳)، مدل‌سازی انرژی مصرفی تولید آلو شابلون در استان (۴۵) و مدل‌سازی انرژی مصرفی تولید آلو شابلون در استان گلستان (۳۹) اشاره نمود. با توجه به اهمیت شاخص‌های انرژی و محیط‌زیستی در تولید محصولات باغی، هدف از این پژوهش، محاسبه شاخص‌های انرژی، محیط‌زیستی و تحلیل حساسیت باغات گردو در استان ایلام بود. یکی از محدودیت‌هایی که در بررسی‌های مربوط به مباحث محیط‌زیستی و انرژی می‌تواند اثرگذار باشد، عدم وجود تراکم یکنواخت درخت در واحد سطح باغات است. این مورد یکی از محدودیت‌هایی بود که در منطقه مورد مطالعه وجود داشت، زیرا بیشتر باغات به‌صورت سنتی تأسیس شده بودند. به‌همین‌منظور سعی شد تا در حد امکان، باغاتی که دارای تراکم یکنواخت درخت در واحد سطح هستند، مورد بررسی قرار گیرند. بدیهی است که تراکم درخت در واحد سطح می‌تواند یک عامل مؤثر در وضعیت شاخص‌های انرژی و محیط‌زیستی باشد و می‌توان در پژوهش‌های دیگر، برای دستیابی به داده‌های با دقت بیشتر، معیار بررسی را هر واحد درخت با مشخصات خاص خود قرار داد.

### مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی کارایی مصرف انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و تحلیل حساسیت نهاده‌های مؤثر در تولید گردو در منطقه ایلام، یک مطالعه میدانی با استفاده از پرسش‌نامه محقق‌ساز، با مصاحبه حضوری با تولیدکنندگان در سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۷ صورت گرفت. اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت، عملکرد و میزان مصرف نهاده‌های مختلف در تولید گردو گردآوری شد و روایی و پایایی پرسش‌نامه توسط کارشناسان بررسی شده و مورد تأیید قرار گرفت. به‌منظور انتخاب باغ‌داران گردو و تکمیل پرسش‌نامه‌ها، از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد. تعداد نمونه با استفاده از

جدول ۱. شاخص‌های مورد استفاده در تجزیه و تحلیل وضعیت انرژی

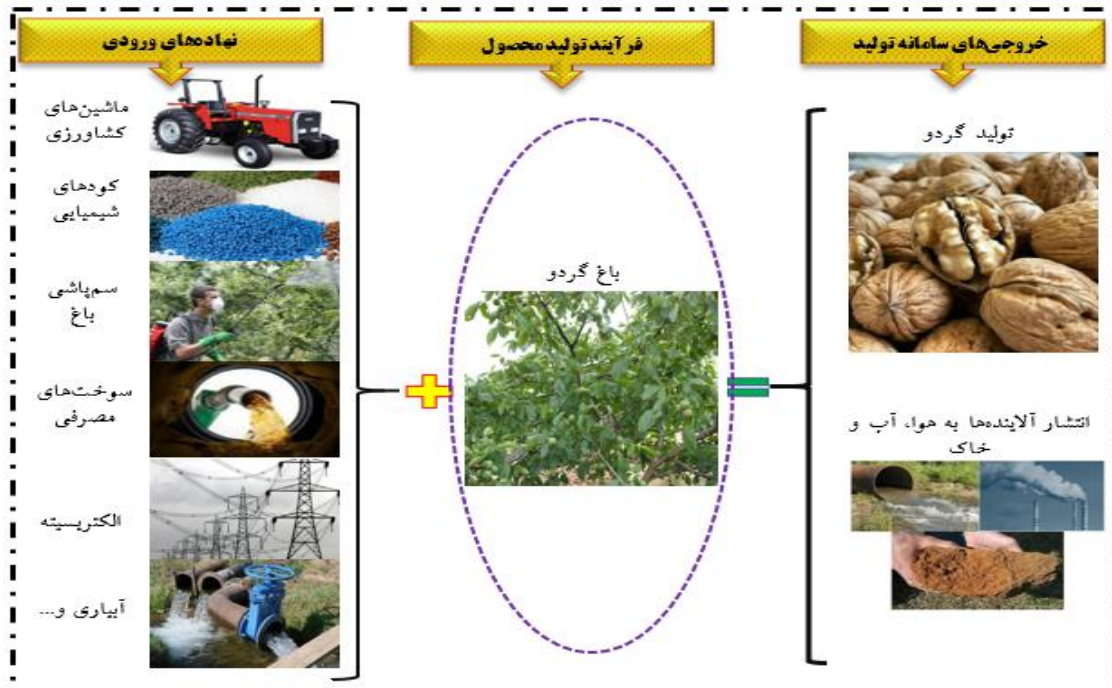
واحد	رابطه	شاخص
-	$\frac{\text{Output energy (MJ ha}^{-1}\text{)}}{\text{Total input energy (MJ ha}^{-1}\text{)}}$	کارایی انرژی
Kg MJ <sup>-1</sup>	$\frac{\text{Walnut yield (Kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{Total input energy (MJ ha}^{-1}\text{)}}$	بهره‌وری انرژی
MJ Kg <sup>-1</sup>	$\frac{\text{Total input energy (MJ ha}^{-1}\text{)}}{\text{Walnut yield (Kg ha}^{-1}\text{)}}$	شدت انرژی
MJ ha <sup>-1</sup>	Output energy (MJ ha <sup>-1</sup> ) - Total input energy (MJ ha <sup>-1</sup> )	افزوده خالص انرژی

جدول ۲. هم‌ارز نهاده‌های ورودی و خروجی

معادل انرژی (Mj/Unit)	واحد	نهاده‌ها
۱/۹۶	h	نیروی انسانی
۵۶/۳۱	L	سوخت دیزل
۶۲/۷	h	حمل و نقل
۰/۳۰۳	Ton	کود دامی
۱۲/۴۴	kg	کود فسفات
۱۱/۱۵	kg	کود پتاسیم
۶۶/۱۴	kg	کود نیتروژن
۳۳۳/۳۳	kg	علف‌کش
۱۱/۹۳	kwh	الکتریسیته
۱/۰۲	m <sup>3</sup>	آب آبیاری
۲۶/۱۵	kg	گردو

جدول ۳. ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای از نهاده‌های ورودی

ضریب انتشار	واحد	نهاده‌ها
۰/۰۰۱	h	نیروی انسانی
۰/۰۷۱	MJ	ماشین‌ها
۲/۷۶	L	سوخت دیزل
۰/۱۲۶	kg	کود دامی
۰/۶	kg	کود فسفر
۰/۶	kg	کود پتاسیم
۱/۳	kg	نیتروژن
۶/۳	kg	علف‌کش
۰/۶۰۸	kWh	الکتریسیته



شکل ۲. مرز سامانه مورد بررسی (مرحله ورود نهاد تا تولید محصول) (رنگی در نسخه الکترونیکی)

بیان شد (۲۸، ۳۰ و ۳۸).

$$y = f(X)\exp(u) \quad (2)$$

$$\ln Y_1 = \sum_{j=1}^n \alpha_j \ln X_{ij} + e_i \quad (3)$$

که در آنها،  $Y_1$  نشان‌دهنده عملکرد کشاورز  $i$ ،  $X_{ij}$  معرف ورودی‌های استفاده‌شده در فرایند تولید،  $\ln X_{ij}$  ضرایب رگرسیونی نهاده‌های انرژی ورودی، و  $\alpha_0$  و  $e_i$  به ترتیب ضرایب ثابت و خطا هستند. به‌منظور اندازه‌گیری تأثیر عوامل و نهاده‌های تولیدی بر عملکرد محصول، از این تابع در قالب معادله رگرسیون (۴) استفاده شد (۱۰).

$$\ln Y_1 = \alpha_0 + \alpha_1 \ln x_1 + \alpha_2 \ln x_2 + \alpha_3 \ln x_3 + \alpha_4 \ln x_4 + \alpha_5 \ln x_5 + \alpha_6 \ln x_6 + \alpha_7 \ln x_7 + \alpha_8 \ln x_8 + \alpha_9 \ln x_9 + e_i \quad (4)$$

که در آن،  $x$  نهاده‌ها یا عوامل تولید مؤثر بر عملکرد گردو،  $\alpha$  ضرایب رگرسیونی نهاده‌های تولیدی به‌کار رفته در تولید گردو و  $Y$  میزان تولید گردو می‌باشد. نه عامل مؤثر بر تولید

تجدیدناپذیر شامل انرژی سوخت، سموم، کود شیمیایی و ماشین‌ها است (۳۱). پس از برآورد و محاسبه انرژی مصرفی برای هر نهاد، میزان کل انرژی مصرفی و انرژی تولیدی در باغات گردو محاسبه و تحلیل شد.

در بخش دیگر تحقیق، انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولید گردو مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. روش و اصول کار بدین‌صورت بود که با استفاده از معادل استاندارد گازهای گلخانه‌ای مربوط به هر واحد نهاد و ضرب آن در مقدار نهاد مصرف‌شده، مقدار انتشارات به‌ازای واحد سطح (هکتار) محاسبه شد.

### مدل‌سازی انرژی

به‌منظور تعیین رابطه بین انرژی نهاده‌های ورودی و تولید محصول، از تابع کاب-داگلاس استفاده شد. پارامترهای تابع کاب-داگلاس، ضرایب کشش نهاده‌های تولید را نشان داده و ضرورت مصرف نهاد را به‌خوبی نمایان می‌سازند. رابطه بین نهاده‌های انرژی و تولید گردو، با استفاده از معادلات (۲) و (۳)

$$Mpp_{xj} = \frac{GM(Y)}{GM(X_j)} \times \alpha_j \quad (8)$$

در تحقیق حاضر متغیرهای  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7$  و  $X_8$  متغیر مستقل و  $Y_1$  متغیر وابسته است. محاسبات این تحقیق با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و Excel انجام شد.

### نتایج و بحث

به منظور در نظر گرفتن سطوح زیر کشت همگن در این مطالعه، باغ‌داران بر اساس جدول ۴ به سه دسته (۱/۵-۰ هکتار، ۳-۱/۵ هکتار و بیشتر از ۳ هکتار) طبقه‌بندی شدند. نهاده‌های مصرفی برای تولید گردو به تفکیک در دو بخش شامل عملیات مختلف و عملکرد گردو، در جدول ۴ نشان داده شده است. این جدول مقادیر فیزیکی نهاده‌ها و ستانده انرژی تولید گردو را نشان داده است.

در عملیات مختلف باغی به طور متوسط ۵۶۶/۰۹ ساعت در هکتار از نیروی انسانی استفاده شده است. استفاده زیاد از نیروی کارگری در باغات گردو به دلیل عدم وجود ماشین شیکر برای برداشت گردو و مکانیزه‌نبودن عملیات باغی است. بخشی از نیروی کار مورد نیاز با استفاده از اعضای خانواده و بقیه به صورت اجاره‌ای تأمین می‌شود. استحصال آب برای آبیاری از طریق پمپ‌های دیزلی و سیستم آبیاری از نوع غرقابی بوده و مقدار مصرف آب به طور متوسط برابر با ۸۰۴۳/۷۲ مترمکعب در هکتار برآورد شد. بیشترین میزان مصرف کود شیمیایی در منطقه مربوط به کود فسفات، پتاس و نیتروژن به ترتیب به میزان ۲۶۰، ۱۰۱/۶۷ و ۵۶ کیلوگرم بر هکتار بود. مقدار کود دامی مورد استفاده نیز برابر با ۳/۳۴ تن در هکتار بود که حمل و پخش آن با تراکتور و دست انجام می‌شود. در بین عملیات مختلف، بیشترین میزان ساعت کار نیروی انسانی مربوط به عملیات برداشت گردو و آبیاری به ترتیب به میزان ۳۱۷/۴۱ و ۱۲۲/۸ ساعت در هکتار بود. میزان سوخت مصرفی به طور متوسط برابر با ۶۶۳ لیتر در هکتار محاسبه شد. مقدار مصرف سموم و کودهای شیمیایی نیز به ترتیب ۳/۴۹ و ۴۱۷/۶۷ کیلوگرم در هکتار برآورد شد.

محصول که با استفاده از اصول اقتصادسنجی به منظور برآورد مدل، به کار گرفته شدند شامل نیروی انسانی ( $X_1$ )، ماشین‌ها ( $X_2$ )، سوخت ( $X_3$ )، کود شیمیایی ( $X_4$ )، کود دامی ( $X_5$ )، آبیاری ( $X_6$ )، سموم شیمیایی ( $X_7$ )، الکتریسیته ( $X_8$ ) و هرس ( $X_9$ ) و مقدار ثابت  $\alpha_0$  بودند. تأثیر انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر با استفاده از مدل تابع کاب-داگلاس یعنی روابط (۵) و (۶) مورد بررسی قرار گرفت (۲۵).

$$\ln Y_1 = \beta_0 + \beta_1 \ln DE + \alpha \beta_2 \ln IDE + e_i \quad (5)$$

$$\ln Y_1 = \gamma_0 + \gamma_1 \ln RE + \gamma_2 \ln NRE + e_i \quad (6)$$

که در این روابط،  $Y_i$  عملکرد  $i$  ام باغ گردو،  $\beta_0$  مقدار ثابت،  $\gamma_0$  مقدار ثابت و  $\beta_i$  و  $\gamma_i$  ضرایب متغیرهای مستقل و  $IDE$ ،  $DE$ ،  $RE$  و  $NRE$  به ترتیب اشکال انرژی مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر هستند. به منظور بررسی استقلال خطاها از یکدیگر از آماره دوربین واتسون (۱۹ و ۳۶)، و برای اندازه‌گیری رابطه خطی بین متغیرها، از ضریب تبیین ( $R^2$ ) استفاده شد. مقدار بهره‌وری متوسط نیز براساس رابطه (۷) محاسبه شد (۲۵).

$$App_{xj} = \frac{GM(Y)}{GM(X_j)} \quad (7)$$

که در آن،  $App_{xj}$  بهره‌وری متوسط مربوط به  $J$  امین نهاده،  $Mpp_{xj}$  مقدار بهره‌وری فیزیکی به ازای نهاده  $J$  ام،  $GM(Y)$  میانگین هندسی عملکرد محصول،  $GM(X_j)$  میانگین هندسی  $J$  امین نهاده، و  $\alpha_j$  ضریب رگرسیون تقاضای نهاده  $J$  ام است. برای تعیین میزان تغییرات نهاده‌های انرژی ورودی در تولید گردو در استان ایلام از روش بهره‌وری فیزیکی استفاده شد که از طریق آن، تغییرات عملکرد حاصل از افزایش یک واحد در یکی از نهاده‌های ورودی، با ثابت‌بودن سایر عوامل تولید، مشخص می‌شود. MPP از طریق رابطه (۸) محاسبه می‌شود (۱۸).

جدول ۴. مقادیر فیزیکی نهاده‌ها و ستانده انرژی در تولید گردو

میانگین وزنی	اندازه مزرعه (هکتار)			نهاده‌ها
	>۳	۱/۵-۳	۰-۱/۵	
۵۶۶/۰۹	۵۴۶/۷۸	۵۹۹/۱۳	۵۵۲/۳۸	نیروی انسانی (h/ha)
۱۲۲/۸	۱۱۵/۰۳	۱۳۱/۵۵	۱۲۱/۸	آبیاری
۳۸/۰۲	۴۹/۶۴	۳۵/۴۱	۲۹/۰۲	پخش کود شیمیایی
۱۱/۸۹	۱۲/۳۳	۱۳/۱۲	۱۰/۲۲	پخش کود حیوانی
۶/۳۲	۶/۳۷	۴/۶۴	۷/۹۶	حمل و نقل
۱۴/۷۸	۱۳/۵۵	۱۴	۱۶/۸	سم‌پاشی
۱۴/۶۵	۱۳/۴۴	۱۴/۵	۱۶	هرس کردن
۴۰/۲۵	۳۸/۴۲	۴۰/۱۶	۴۲/۱۴	بارگیری
۳۱۷/۴۰	۲۹۸	۳۴۵/۷۵	۳۰۸/۴۴	برداشت
ماشین (h/ha)				
۱۱۱	۹۸/۰۷	۱۲۵/۸۷	۱۰۹/۰۶	حمل و نقل (h/ha)
۶۶۶	۵۸۸/۴۲	۷۵۵/۲۲	۶۵۴/۳۶	سوخت دیزل (L/ha)
۳/۴۹	۴/۲۳	۳/۱۱	۳/۱۳	علف‌کش (L/ha)
۲۶۰	۲۳۰	۳۰۰	۲۵۰	کود فسفات (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (kg/ha)
۱۰۱/۶۷	۹۵	۱۱۰	۱۰۰	کود پتاسیم (kg/ha)
۵۶	۶۰	۵۸	۵۰	کود نیتروژن (kg/ha)
۳/۳۴	۲	۳	۵	کود حیوانی (ton/ha)
۸۰۴۳/۷۲	۸۱۹۰/۵۶	۸۰۹۶/۵۱	۷۸۴۴/۱۱	آب آبیاری (m <sup>3</sup> /ha)
۱۰۳/۵۶	۱۰۸/۸۶	۱۰۳/۸۹	۹۷/۹۴	الکتریسیته (kwh/ha)
۲۶۲۳/۸۵	۲۷۸۹/۷۵	۲۵۹۶/۲۵	۲۴۸۵/۵۵	گردو (kg/ha)

به‌کاررفته در عملیات تولید بود. بر اساس محاسبات انجام‌شده بیشترین مصرف انرژی به‌ترتیب مربوط به سوخت دیزل (۵۷/۷۴ درصد)، آب آبیاری (۱۲/۵۸ درصد)، حمل و نقل (۱۰/۷۱ درصد)، کود شیمیایی نیتروژن (۵/۷ درصد) و کود فسفات (۴/۹۸ درصد) بود. همچنین میانگین وزنی انرژی حاصل از الکتریسیته و آب آبیاری به‌ترتیب ۱/۹ و ۱۲/۵۵ درصد از کل انرژی ورودی را به‌خود اختصاص دادند که زیادبودن میزان آنها در باغات بزرگ به‌دلیل طولانی‌بودن مسیر کانال آب نسبت به باغات کوچک و متوسط و استفاده از سیستم‌های آبیاری سنتی بود. در این شرایط میزان آب بیشتری

متوسط عملکرد محصول گردو نیز برابر با ۲۶۲۳/۸۵ کیلوگرم در هکتار بود. میزان نیروی انسانی صرف‌شده در مزارع کوچک به‌دلیل پخش کود و سم‌پاشی دستی بود. همچنین بین وسعت مزارع و میزان سوخت مصرفی همبستگی منفی مشاهده شد. مشخص‌کردن نهاده‌های انرژی‌بر و سهم آنها در تولید محصول بسیار بااهمیت است. در باغات مورد بررسی با وجود اینکه از ماشین‌ها و مواد شیمیایی و سموم مختلف استفاده می‌شد، اما شکل کلی کشاورزی بیشتر به کشاورزی معیشتی شباهت داشت. به‌همین دلیل میزان کاربرد نیروی انسانی برای عملیات آبیاری و برداشت گردو معادل ۷۷ درصد از کل نیروی انسانی



است، بنابراین جایگزینی کودهای با منشأ طبیعی مانند کودهای دامی، کمک شایانی به کاهش مصرف انرژی و بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها در نظام تولید می‌کند (۳۱). جدول (۵) مقادیر انرژی نهاده‌ها و ستانده را برای اندازه‌های مختلف باغات مورد بررسی نشان داده است.

استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار می‌تواند تأثیر قابل توجهی در کاهش انرژی مورد نیاز داشته باشد. بر اساس جدول ۵ مقایسه کل انرژی ورودی نشان داد که سطوح زیر کشت بین ۳-۱/۵ هکتار، بیشترین میزان مصرف انرژی و سطوح زیر کشت بزرگ‌تر از ۳ هکتار، کمترین میزان مصرف انرژی را داشته‌اند. همچنین نتایج نشان داد که انرژی ستانده به‌طور متوسط برابر با ۶۸۶۹۲/۱۲ مگاژول در هکتار بود که در باغات بزرگ‌تر از ۳ هکتار نسبت به باغات ۱/۵-۰ و ۱/۵-۳ هکتار به‌طور قابل توجهی بیشتر بوده است. نتایج مقایسه شاخص‌های انرژی تولید گردو در باغات با اندازه‌های مختلف در جدول (۶) نشان داده شده است.

شاخص بهره‌وری انرژی برای باغات با اندازه ۱/۵-۰، ۳-۱/۵ و بزرگ‌تر از ۳ هکتار نشان می‌دهد که به ازای مصرف هر یک مگاژول انرژی در باغات ذکر شده، مقدار تولید به ترتیب برابر با ۰/۰۳۹، ۰/۰۳۶ و ۰/۰۴۶ کیلوگرم بود که باغات بزرگ، بهره‌وری بالاتری را به خود اختصاص دادند. خانعلی و همکاران (۲۰۲۱) و بنائیان و همکاران (۲۰۱۱) نیز شاخص بهره‌وری انرژی را برای باغات گردو در استان البرز و کل ایران به ترتیب برابر با ۰/۰۳ و ۲/۹ کیلوگرم بر مگاژول برآورد نمودند. بهره‌وری انرژی در تولید گردو در استان البرز با نتایج این پژوهش مطابقت داشت، اما نسبت به بهره‌وری باغات گردو در کل کشور کمتر بود. سهم بالای انرژی‌های ورودی در منطقه مورد مطالعه، دلیل اصلی بهره‌وری پایین است (۳ و ۲۲). بر اساس شکل (۳)، سهم انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر به ترتیب برابر با ۷۴/۷۸، ۲۵/۲۱، ۱۴/۴۷ و ۸۵/۵۳ درصد محاسبه شد. در این تحقیق سهم انرژی‌های تجدیدناپذیر ۸۵/۵۳ درصد محاسبه شد که سهم

استفاده شده و در نتیجه میزان الکتریسیته و سوخت دیزل بیشتری برای پمپ آب مصرف می‌شود. علاوه بر این نتایج، مطالعات محققان زیادی نشان داده که انرژی حاصل از سوخت دیزل در تولید محصولات مختلف کشاورزی، بیشترین میزان مصرف از کل انرژی ورودی را داراست (۳۳) که با نتایج تحقیق حاضر نیز مطابقت دارد. به‌عنوان نمونه ایمان‌مهر و لشکری (۲۰۱۷) به بررسی تولید گردو در استان مرکزی پرداختند و گزارش کردند که سوخت دیزل با ۳۷/۲۱ درصد و کاربرد ماشین‌های کشاورزی با ۲۱/۹۲ درصد، به ترتیب بیشترین میزان مصرف انرژی را داشتند (۲۱). خانعلی و همکاران (۲۰۲۱) نیز با بررسی شاخص‌های انرژی و محیط‌زیستی تولید گردو در استان البرز بیان کردند که بنزین، سوخت دیزل و کود نیتروژن به ترتیب بیشترین میزان مصرف نهاده‌های ورودی را به خود اختصاص می‌دهند و در سال‌های اخیر، مصرف سوخت در مقایسه با مصرف کودها در تولید گردو افزایش یافته است (۲۲). در تحقیقی مشابه در مزارع آفتابگردان، انرژی مصرفی نهاده‌های سوخت و کود از ته به ترتیب با ۴۲/۴ و ۳۳/۹ درصد، بیشترین میزان مصرف و نیروی انسانی با سهم ۰/۴ درصد کمترین میزان انرژی مصرفی را به خود اختصاص دادند (۳۱). بدیهی است برداشت مکانیزه آفتابگردان از دلایل کاهش سهم نهاده نیروی انسانی در مصرف انرژی در مزرعه آفتابگردان بوده است. این موضوع نشان می‌دهد که برداشت دستی، نقش زیادی در افزایش نهاده نیروی انسانی در تولید دارد. این امر می‌تواند با توجه به شرایط موجود کرونا و دسترسی سخت‌تر به نیروی انسانی، مشکلاتی را برای تولیدکنندگان در پی داشته باشد. از نظر بوم‌شناختی، مصرف نهاده سوخت کاملاً نامطلوب تلقی می‌شود، زیرا افزایش مصرف موادی مانند سموم شیمیایی، استفاده از ماشین‌ها و سوخت دیزل، سهم انرژی‌های تجدیدناپذیر را افزایش داده و سبب کاهش پایداری بوم-نظام‌های زراعی می‌شود. با توجه به اینکه مصرف کودهای دامی در کشاورزی اثرات تغذیه‌ای مؤثرتری در مقایسه با کود شیمیایی دارد و تولید آنها نیازمند صرف انرژی بسیار کمتری

جدول ۵. مقادیر انرژی نهاده‌ها و ستانده (مگاژول بر هکتار) برای اندازه‌های مختلف باغات گردو

درصد از کل	میانگین وزنی	اندازه مزرعه (هکتار)			نهاده‌ها
		>۳	۱/۵-۳	۰-۱/۵	
۱/۶۷	۱۰۸۹۹/۹۵	۱۰۷۱/۶۹	۱۱۷۴/۳	۱۰۲۳/۸۶	نیروی انسانی (h/ha)
۰/۳۵	۲۴۰/۶۷	۲۲۵/۴۶	۲۵۷/۸۴	۲۳۸/۷۲	آبیاری
۰/۱۱	۷۴/۵۲	۹۷/۳	۶۹/۴	۵۶/۸۷	پخش کود شیمیایی
۰/۰۳	۲۳/۳۱	۲۴/۱۷	۲۵/۷۲	۲۰/۰۳	پخش کود حیوانی
۰/۰۱	۱۲/۳۹	۱۲/۴۸	۹/۱	۱۵/۶	حمل و نقل
۰/۰۴	۲۸/۹۷	۲۶/۵۶	۲۷/۴۴	۳۲/۹۳	سم‌پاشی
۰/۰۴	۲۸/۷۱	۲۶/۳۴	۲۸/۴۲	۳۱/۳۶	هرس کردن
۰/۱۲	۷۸/۸۶	۷۵/۳	۷۸/۷۱	۸۲/۵۹	بارگیری
۰/۹۵	۶۲۲/۰۹	۵۸۴/۰۸	۶۷۷/۶۷	۶۰۴/۵۴	برداشت
۱۰/۶۵	۶۹۵۹/۷	۶۱۴۸/۹۸	۷۸۹۲/۰۴	۶۸۳۸/۰۶	حمل و نقل (h/ha)
۵۷/۵	۳۷۵۰۲/۴۶	۳۳۱۳۳/۹۳	۴۲۵۲۶/۴۳	۳۶۸۴۷/۰۲	سوخت دیزل (L/ha)
۱/۷۸	۸۱۴/۳۵	۹۸۷/۰۲	۷۲۵/۶۸	۷۳۰/۳۴	علف‌کش
۴/۹۵	۳۲۳۴/۰۴	۲۸۶۱/۲	۳۷۳۲	۳۱۱۰	فسفات (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
۱/۷۴	۱۱۳۳/۵۸	۱۰۵۹/۲۵	۱۲۲۶/۵	۱۱۱۵	پتاسیم
۵/۷	۳۷۰۳/۸۴	۳۹۶۸/۴	۳۸۳۶/۱۲	۳۳۰۷	نیتروژن
۰/۰۰	۱	۰/۶	۰/۹	۱/۵	کود حیوانی (tone/ha)
۱۲/۵۵	۸۱۷۲/۳	۷۶۵۰/۵۷	۸۸۶۵/۳۴	۸۰۰۰/۹۹	آب آبیاری (m <sup>3</sup> /ha)
۱/۹	۱۲۳۵/۵	۱۲۹۸/۶۹	۱۲۳۹/۴	۱۱۶۸/۴۲	الکتریسیته (kwh/ha)
۱۰۰	۶۵۳۳۴/۸۲	۶۰۳۷۵/۵۴	۷۲۰۹۴	۶۳۵۳۴/۹۲	کل انرژی ورودی (MJ)
۱۰۰	۶۸۶۹۲/۱۲	۷۳۱۸۷/۳۱	۶۷۸۹۱/۹۳	۶۴۹۹۷/۱۳	انرژی خروجی گردو (MJ)

مزارع کشاورزی و باغات، مانند کاهش تردد ماشین‌ها در مزرعه، استفاده از کودهای آلی به جای کودهای شیمیایی، برنامه‌ریزی جهت استفاده از کشاورزی دقیق و غیره، قابل دستیابی است.

در تحقیقی نقش سطوح مختلف بهره‌برداری بر شاخص‌های انرژی و اقتصادی تولید گندم آبی در شهرستان دهلران استان ایلام در سطح اراضی ۱-۵، ۵-۱۰ و ۱۰-۱۵ هکتار بررسی شد. نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مورد بررسی در سطح ۰/۱ خطا برای شاخص‌های انرژی و اقتصادی بود. با افزایش سطح زیر کشت، نسبت

سوخت‌های فسیلی در آن برابر با ۵۷/۵ درصد، سموم شیمیایی و کودها حدود ۱۴/۵ درصد، ماشین‌ها ۱۰/۶۵ درصد و الکتریسیته ۱/۹ درصد به‌دست آمد. بر اساس مطالعات محققان در ایران، سهم انرژی‌های تجدیدناپذیر برای تولید محصول خیار ۸۹/۰۷ درصد (۲۸)، هندوانه ۵۰/۰۵ درصد (۱۴)، نخود ۸۶/۷ درصد (۳۷)، و گندم آبی در اراضی بین ۱۵-۱۰ هکتار ۸۱ درصد (۱۳) گزارش شده است. به‌منظور دستیابی به یک نظام پایدار برای تولید محصولات کشاورزی باید سهم استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را افزایش و انرژی‌های تجدیدناپذیر را کاهش داد. این کار با اعمال مدیریت و برنامه‌ریزی دقیق در

جدول ۶. مقادیر شاخص‌های انرژی و مجموع انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در تولید گردو

عنوان	واحد	اندازه مزرعه (هکتار)			میانگین وزنی
		>۳	۱/۵-۳	۰-۱/۵	
بازده مصرف انرژی	-	۱/۲۱	۰/۹۴	۱/۰۲	۱/۰۶
انرژی خالص	mj/ha	۱۲۵۷۶/۴۲	-۴۲۰۲/۰۶	۱۴۶۲/۲۱	۳۲۷۸/۸۶
شدت انرژی	mj/kg	۲۱/۶۴	۲۷/۷۶	۲۵/۵۶	۲۴/۹
بهره‌وری انرژی	kg/mj	۰/۰۴۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۹	۰/۰۴
انرژی مستقیم	mj/ha	۴۳۸۵۵/۴۲	۵۳۱۹۵/۴۶	۴۷۰۳۷/۳۵	۴۸۰۲۹/۴۱
انرژی غیرمستقیم	mj/ha	۱۵۴۴۸/۴۳	۱۷۷۲۴/۲۳	۱۵۴۱۴/۹	۱۶۱۹۵/۸۶
انرژی تجدیدپذیر	mj/ha	۹۴۲۶/۶۶	۹۴۳۳/۶۴	۹۰۲۶/۳۷	۹۲۹۵/۵۶
انرژی تجدیدناپذیر	mj/ha	۴۹۸۸۷/۱۹	۶۱۴۸۶/۰۵	۵۳۴۲۵/۸۸	۵۴۹۲۹/۷۱

انرژی، بهره‌وری انرژی و نسبت سود به هزینه افزایش و شدت انرژی و هزینه تولید کل در هکتار، کاهش یافت (۱۳).

#### اقتصادسنجی و تعیین حساسیت

ضرایب رگرسیونی مقدار نهاده‌های مستقل، مقدار نرخ بازگشت به مقیاس، آماره دوربین واتسون، ضریب تبیین، آماره  $t$ ، مقدار بهره‌وری متوسط و بهره‌وری نهایی با استفاده از تابع تولید کاب-داگلاس در جدول (۷) نشان داده شده است. در بین ضرایب رگرسیونی به‌دست آمده، مقادیر کود دامی (۱/۷۷)، الکتریسیته (۱/۱۵)، ماشین‌ها (۰/۲۷) و نیروی انسانی (۰/۲۲)، به‌ترتیب بیشترین تأثیر را بر عملکرد گردو در منطقه ایلام داشتند. بر این اساس ضرایب رگرسیونی منفی، کود شیمیایی و آبیاری در ناحیه غیراقتصادی تابع تولید قرار گرفته‌اند و باید مقدار مصرف آنها بهینه شود. با توجه به اینکه ضرایب رگرسیونی نهاده‌های نیروی انسانی، ماشین‌ها، سوخت، سموم شیمیایی و هرس، مثبت و کوچک‌تر از یک است، در نتیجه بهره‌وری نهایی حاصل از مصرف این نهاده‌ها کمتر از بهره‌وری متوسط است. بنابراین این نهاده‌ها از لحاظ اقتصادی در ناحیه دوم تولید قرار دارند، یعنی از نهاده‌های مذکور به‌صورت بهینه در صنعت کشاورزی برای تولید گردو در منطقه مورد مطالعه استفاده شده است.

بر اساس نتایج به‌دست آمده، مقدار بهره‌وری نهایی نهاده‌های نیروی انسانی، ماشین‌ها، آب آبیاری و سموم شیمیایی مثبت، کوچک‌تر از یک و کمتر از بهره‌وری متوسط به‌دست آمد. در یک مطالعه بر روی تحلیل حساسیت انرژی تولید پنبه در ایالت پنجاب هند گزارش شده که افزایش یک مگاژول در انرژی سوخت دیزل و انرژی کود، به‌ترتیب باعث افزایش ۰/۰۸۷ و ۰/۰۲۸ کیلوگرم پنبه در هکتار می‌شود (۱۰ و ۲۵). در تحقیق دیگری در تولید گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای، عملکرد محصول برای نهاده‌های نیروی انسانی، ماشین‌ها، آفت‌کش‌ها و الکتریسیته، مثبت و برای سوخت دیزل، دانه و کود شیمیایی، منفی برآورد شد (۴۵). بالاترین مقدار بهره‌وری متوسط به‌میزان ۲/۵۷، ۲/۴۲ و ۱/۲۱ به‌ترتیب مربوط به استفاده از نهاده‌های سموم شیمیایی، الکتریسیته و نیروی انسانی بود که استفاده از نهاده‌های سموم شیمیایی و نیروی انسانی به‌ترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد معنی‌دار بوده و نهاده الکتریسیته معنی‌دار نشد. درصد تغییرات ضریب تبیین ( $R^2$ ) برای مدل تخمین زده شده برابر با ۰/۹۹ به‌دست آمد که بیان می‌کند حدود ۹۹ درصد از تغییرات تولید نهایی، توسط متغیرهای مستقل قابل تبیین است. به‌منظور بررسی استقلال خطاها از یکدیگر در این مدل، مقدار آماره دوربین واتسون محاسبه شد (۱/۷۶) که نشان‌دهنده عدم وجود خودهمبستگی بین داده‌ها در مدل تخمینی بود. برای تحلیل

جدول ۷. نتایج برآورد اقتصاد سنجی و تحلیل حساسیت نهاده‌های تولید گردو

متغیرها	ضرایب رگرسیون	آماره T	P-Value	APP	MPP
X1 نیروی انسانی	۰/۲۲	۲/۷۶	۰/۰۱*	۱/۲۱	۰/۲۶
X2 ماشین‌ها	۰/۲۷	۵/۳۱	۰/۰۰۱**	۰/۱۳	۰/۰۳
X3 سوخت دیزل	۰/۰۰۲	۰/۰۴	۰/۹۶ ns	۰/۰۸	۰/۰۰۱
X4 کود شیمیایی	-۱/۴۲	-۱/۹۷	۰/۰۶ ns	۰/۱۸	-۰/۲۵
X5 کود دامی	۱/۷۷	۴/۰۷	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴
X6 آبیاری	-۰/۶۲	-۲/۸۳	۰/۰۱*	۰/۲۴	-۰/۱۵
X7 سموم شیمیایی	۰/۱۴	۳/۶۱	۰/۰۰۲**	۲/۵۷	۰/۳۶
X8 الکتریسیته	۱/۱۵	۱/۸۱	۰/۰۸ ns	۲/۴۲	۲/۷۸
X9 هرس	۰/۰۰۵	۰/۲۱	۰/۸۳ ns	۳۲/۸۳	۰/۱۶
R <sup>2</sup>	۰/۹۹				
Durbin Watson	۱/۷۶				
RTS	۱/۵۱				

ns, \* و \*\*: به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

نهاده‌های ورودی، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از سوخت دیزل، کود دامی، نیتروژن، الکتریسیته و کود فسفات به ترتیب برابر با ۱۸۳۸/۱۶، ۴۲۰، ۷۲/۸، ۶۲/۹۷ و ۵۲ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن بر هکتار محاسبه شد که به ترتیب با سهم ۷۳/۶۳، ۱۶/۸۲، ۵۲/۹۲، ۲/۲ و ۲/۰۸ درصد از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولید گردو، بیشترین مقدار انتشار را به خود اختصاص داده‌اند. مصرف کود نیتروژن علاوه بر انتشار فراوان گازهای گلخانه‌ای سبب آلودگی آب و خاک نیز می‌شود. نتایج تحقیق خانعلی و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان می‌دهد که انتشارات محیط‌زیستی، نسبت به تغییر در استفاده از کودهای شیمیایی، حساسیت بیشتری دارد (۲۲). انتشار آلاینده‌های مربوط به مصرف سوخت دیزل، اغلب به دلیل استفاده از موتور پمپ‌ها با راندمان پایین و ماشین‌های با کارکرد بیش از عمر مفید و حمل و نقل در باغات کشاورزی است. فیاض‌بخش و همکاران (۲۰۱۸) مقدار انتشارات محیط‌زیستی ناشی از تولید گندم و جو دیم را به ترتیب ۹۴۳/۵ و ۷۳۹/۱ کیلوگرم CO<sub>2</sub> در هکتار برآورد کردند که بیشترین میزان انتشار CO<sub>2</sub> در گندم مربوط به سوخت مصرفی (۴۲/۷۲ درصد)، کود نیتروژن

میزان تغییر در خروجی با توجه به میزان تغییر در ورودی‌ها، نرخ بازگشت به مقیاس (RTS=Returns To Scale) محاسبه شد و مقدار آن برابر با ۱/۵۱ به دست آمد و نشان داد که با افزایش یک درصدی در انرژی تمام نهاده‌های ورودی برای تولید محصول، عملکرد گردو به میزان ۱/۵۱ درصد افزایش می‌یابد.

#### میزان انتشار دی‌اکسیدکربن

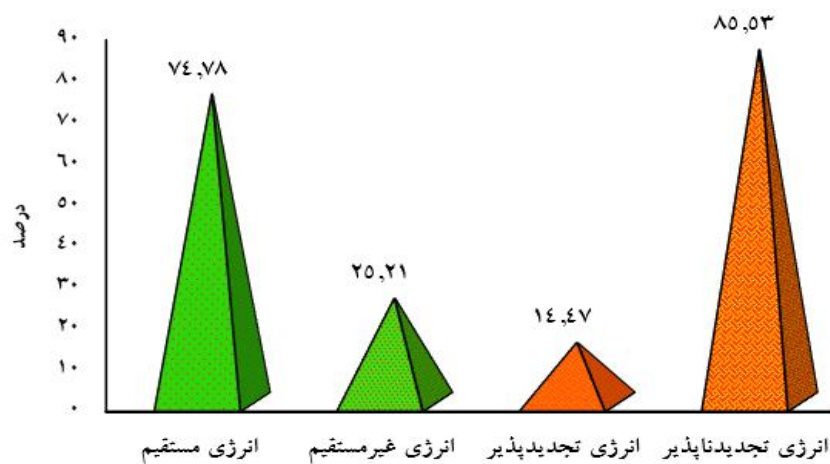
میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در مزارع گردو در منطقه ایلام در جدول (۸) بیان شده است.

میزان کل انتشار گازهای گلخانه‌ای برابر با ۲۴۹۶/۵ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن در هکتار برآورد شد. شکل (۴) سهم هرکدام از نهاده‌های مصرفی در انتشار گازهای گلخانه‌ای را در فرایند تولید گردو نشان داده است.

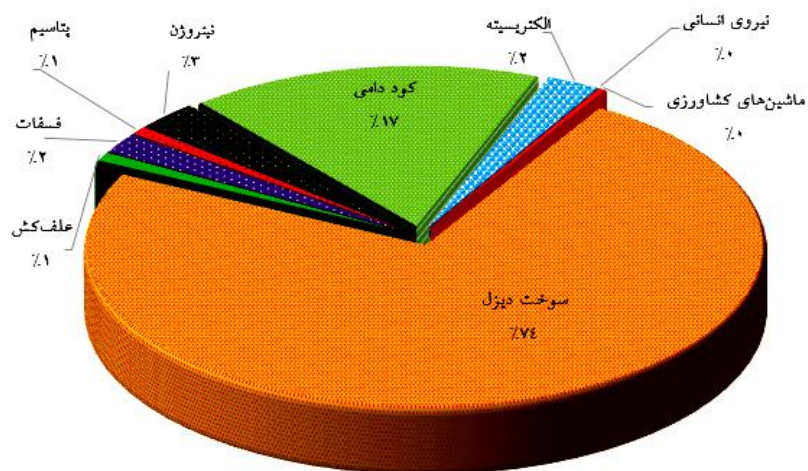
میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از نهاده‌های سوخت دیزل و کود حیوانی برای تولید گردو در باغات با اندازه بزرگ‌تر از ۳ هکتار، کمتر از انتشار گازهای گلخانه‌ای در باغات با اندازه‌های ۱/۵-۰ و ۰-۳ هکتار محاسبه شد. در بین

جدول ۸. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای نهاده‌ها در تولید گردو بر اساس اندازه باغات مختلف (kg CO<sub>2</sub>eq/ha)

درصد	میانگین وزنی	اندازه مزرعه (هکتار)			عنوان
		>۳	۱/۵-۳	۰-۱/۵	
۰/۰۱	۰/۳۷	۰/۵۵	۰/۶	۰/۵۰۴	نیروی انسانی
۰/۳۱	۷/۸۸	۶/۹۶	۸/۹۳	۷/۷۴	ماشین‌های کشاورزی
۷۳/۶۳	۱۸۳۸/۱۶	۱۶۲۴/۰۳	۲۰۸۴/۴۰	۱۸۰۶/۰۳	سوخت دیزل
۰/۸۸	۲۱/۹۸	۲۶/۶۵	۱۹/۶	۱۹/۷۲	علف‌کش
۲/۰۸	۵۲	۴۶	۶۰	۵۰	فسفات
۰/۸۲	۲۰/۳۳	۱۹	۲۲	۲۰	پتاسیم
۲/۹۲	۷۲/۸	۷۸	۷۵/۴	۶۵	نیترژن
۱۶/۸۲	۴۲۰	۲۵۲	۳۷۸	۶۳۰	کود دامی
۲/۵۲	۶۲/۹۷	۶۶/۱۷	۶۳/۱۶	۵۹/۵۵	الکتریسیته
۱۰۰	۲۴۹۶/۵	۲۱۱۹/۳۸	۲۷۱۲/۲	۲۶۵۸/۵۷	کل نشر گازهای گلخانه‌ای



شکل ۳. سهم انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در تولید گردو (رنگی در نسخه الکترونیکی)



شکل ۴. سهم نهاده‌های مصرفی در انتشار گازهای گلخانه‌ای در یک هکتار باغ گردو (رنگی در نسخه الکترونیکی)

اثرگذاری نامطلوب بر اکوسیستم‌های زراعی است که در گرم-شدن کره زمین نیز نقش زیادی دارند (۲۲). به‌همین منظور برای کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای جهت جلوگیری از اثرات سوء ناشی از آنها مانند گرم‌شدن کره زمین، انجام آزمایشات بافت خاک و تعیین کود مورد نیاز، استفاده صحیح از کودهای شیمیایی، تدوین راهبردهای مدیریتی برای ارتقا و آموزش باغ‌داران، هدفمند کردن یارانه سوخت‌های فسیلی و همچنین اعمال محدودیت در مصرف بیش از حد سوخت و کودهای شیمیایی، کاشت انواع مقاوم درخت گردو برای جلوگیری از کنترل شیمیایی حشرات و قارچ‌ها، و افزایش سطح مکانیزاسیون در باغبانی (خصوصاً برای عملیات برداشت) از موارد مهم برای دستیابی به افزایش کارایی انرژی و کاهش اثرات محیط‌زیستی در باغات گردو است. به‌کارگیری این راهکارها، به کاهش مصرف انرژی و افزایش کارایی آن و در نهایت کاهش میزان گرمایش جهانی منجر می‌شود.

### نتیجه‌گیری کلی

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق از ۴۳ باغ گردو در منطقه ایلام، و از طریق پرسش‌نامه و مصاحبه حضوری جمع‌آوری شد و باغات با اندازه‌های کوچک‌تر از ۱/۵ هکتار، ۳-۱/۵ هکتار و بزرگ‌تر از ۳ هکتار از لحاظ مصرف نهاده‌ها و انرژی در واحد سطح با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج مقایسه‌ها نشان داد که در باغات بزرگ، به‌دلیل عدم استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار و ماشین‌های مورد نیاز به‌جای نیروی کارگری و روش‌های سنتی، میزان مصرف نهاده‌های آب، الکتریسیته، ماشین‌ها و سوخت دیزل نسبت به باغات کوچک و متوسط، بیشتر است. سهم انرژی‌های غیرمستقیم نسبت به انرژی مستقیم بیشتر بود. نتایج مقایسه عملکرد باغات نشان داد که به‌علت مدیریت بهتر نهاده‌ها در باغات بزرگ‌تر، عملکرد نسبت به باغ‌های کوچک و متوسط بیشتر است و این سبب بالابودن بازده مصرف انرژی در باغات بزرگ‌تر نسبت به باغات کوچک و متوسط شد. بنابراین با توجه به نتایج این

(۳۲/۲۴ درصد) و حمل و نقل و نگهداری ماشین‌های کشاورزی (۱۴/۶۸ درصد) بود. در جو دیم نیز سوخت دیزل (۵۲/۰۷ درصد)، کود نیتروژن (۱۹/۸۵ درصد) و حمل و نقل و نگهداری ماشین‌های کشاورزی (۱۶/۳۵ درصد) بیشترین مقدار انتشارات را به خود اختصاص دادند (۱۵). حسینی فشامی و همکاران (۲۰۱۹) نیز بیان کرده‌اند که سوخت دیزل و کودهای ازته بیشترین انتشارات محیط‌زیستی را در فرایند تولید توت-فرنگی در ایران ایجاد می‌کنند. نتایج تحقیق حاضر، مطالعات گذشته را تأیید می‌کند (۲۰). نتایج تحقیق بارتزاس و همکاران (۲۰۱۷) بر روی سه محصول باغی از جمله سیب، بادام و پسته در یونان نیز نشان داد که کودها و سوخت‌های مصرفی بیشترین سهم را در انتشارات محیط‌زیستی دارند (۵). افزایش کارایی مصرف نیتروژن مطابق با نیازهای محصول و انتخاب زمان مناسب برای کوددهی، می‌تواند میزان انتشارات محیط‌زیستی و همچنین شستشوی نیترات را کاهش دهد (۷). در این تحقیق کمترین مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به نیروی انسانی با ۰/۰۱ درصد به‌دست آمد. در پژوهش‌های مشابه برای محاسبه انتشار گازهای گلخانه‌ای در فرایند تولید گندم در استان اصفهان، بیشترین میزان انتشارات مربوط به نهاده‌های الکتریسیته و کود نیتروژن برابر با ۷۴ و ۱۴ درصد (۲۴)، بیشترین انتشار برای تولید سیب‌زمینی در اصفهان مربوط به نهاده‌های کودهای شیمیایی و سوخت دیزل برابر با ۳۷ و ۳۳ درصد (۳۵) و در تولید گل رز در اصفهان، کمترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به کود دامی، کودهای شیمیایی و الکتریسیته به‌ترتیب با ۱۹، ۱۸/۱۹ و ۱۸/۱۴ درصد برآورد شده است (۳۴). انتشار دی‌اکسیدکربن (CO<sub>2</sub>) و به‌طورکلی گازهای گلخانه‌ای، عامل تغییرات آب و هوایی در مقیاس جهانی است. در باغات گردو، انتشارات محیط‌زیستی بر کیفیت اکوسیستم، تغییرات آب و هوایی و گرم‌شدن کره زمین و سلامت انسان اثر می‌گذارند. در این میان، انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از احتراق سوخت مصرفی در ماشین‌های کشاورزی مانند تراکتور و تیلر و همچنین کودهای شیمیایی مانند ازت، از عوامل اصلی در

نتایج تحقیقات، سهم استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر افزایش یافته و انرژی‌های تجدیدناپذیر کاهش یابد. افزایش مصرف کود نیتروژن بیش از نیاز باغات، علاوه بر انتشار گازهای گلخانه‌ای، سبب آلودگی منابع آب و خاک می‌شود. همچنین استفاده از موتور پمپ‌ها و ماشین‌های با کارکرد بیش از عمر مفید، با انتشار آلاینده‌های مربوط به مصرف سوخت دیزل در باغات همراه خواهد بود.

تحقیق که نشان داد بازده مصرف انرژی در باغات بزرگ‌تر از ۳ هکتار بیشتر بود، پیشنهاد می‌شود به منظور حداکثرسازی بازده مصرف انرژی، اندازه باغات در مرحله احداث حتی الامکان کوچک انتخاب نشود و در حالت مرسوم، کشاورزان و باغداران از توصیه‌های کارشناسان جهاد کشاورزی مشاوره گرفته و به مدیریت بهتر نهاده‌های خود پردازند. توصیه می‌شود برای تولید محصولات کشاورزی و دستیابی به یک نظام پایدار، با توجه به

### منابع مورد استفاده

1. Alam, M. S. and K. K. Islam. 2005. Energy flow in agriculture: Bangladesh. *American Journal of Environmental Science* 1(3): 213-220.
2. Azizpanaha, A. and V. Mohammadi. 2018. Energy modelling and sensitivity analysis of rice production in Ilam, Iran. *Journal of Applied Agriculture and Biotechnology* 3(1): 01-13.
3. Banaeian, N. and M. Zangeneh. 2011. Estimating production function of walnut production in Iran using Cobb-Douglas method. *Agricultura Tropica et Subtropica* 44(4): 189-201.
4. Baran, M. F., F. Lule and O. Gökdoğan. 2017. Energy input-output analysis of organic grape production: a case study from Adiyaman Province. *Erwerbs-Obstbau* 59(4): 275-279.
5. Bartzas, G., D. Vamvuka and K. Komnitsas. 2017. Comparative life cycle assessment of pistachio, almond and apple production. *Information processing in agriculture* 4(3): 188-198.
6. Buckwell, A., A. Nordang Uhre, A. Williams, J. Polakova, W. Blum, J. Schiefer and W. Haber. 2014. Sustainable intensification of European agriculture. A review sponsored by the RISE Foundation. Center for European Policy Studies (CEPS), Brussels.
7. Cambria, D. and D. Pierangeli. 2012. Application of a life cycle assessment to walnut tree (*Juglans regia* L.) high quality wood production: a case study in southern Italy. *Journal of Cleaner Production* 23(1): 37-46.
8. Ciacci, L. and F. Passarini. 2020. Life Cycle Assessment (LCA) of environmental and energy systems. *Energies* 13 (5892): 0-8.
9. Cobbenhagen, A. T. J. R., D. J. Antunes, M. J. G. van de Molengraft and W. P. M. H. Heemels. 2021. Opportunities for control engineering in arable precision agriculture. *Annual Reviews in Control* 51: 47-55.
10. De, D., R. Singh and H. Chandra. 2001. Technological impact on energy consumption in rainfed soybean cultivation in Madhya Pradesh. *Applied Energy* 70(3): 193-213.
11. FAO. 2017. The future of food and agriculture, Trends and challenges. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Available online at: <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>. Accessed 15 February 2019.
12. FAO. 2019. Food and Agriculture Organization. Available online at: <http://www.fao.org>.
13. Fathi, R., M. A. Asoodar and R. Yeganeh. 2020. The role of different levels of utilization in economic and energy indicators of irrigated wheat production (A case study: Dehloran township). *Cereal Research* 9(4): 373-384. (In Farsi)
14. Fathi, R., A. Azizpanah and S. Yousefenejad. 2020. Evaluation of economic indices, energy and GHG emissions in watermelon production (Case study: Ilam Province). *Journal of Crop Production* 13(2): 37-50. (In Farsi)
15. Feyzbakhsh, M. T., P. Alizadeh and F. Sheik. 2018. Energy input and energy output of rained wheat and barley and its implication for global warming: Case of Aqqala in Golestan Province. *Iranian Journal of Energy* 21(2): 33-50. (In Farsi)
16. Ghasemi-Mobtaker, H., F. Mostashari-Rad, Z. Saber, K. W. Chau and A. Nabavi-Pelesarae. 2020. Application of photovoltaic system to modify energy use, environmental damages and cumulative energy demand of two irrigation systems-A case study: barley production of Iran. *Renewable Energy* 160: 1316-1334.
17. Gundogmus, E. 2013. Modelling and sensitivity analysis of energy inputs for walnut production. *Actual Problems of Economics* 2(140): 188-197.
18. Hajkova, D. and J. Hurník. 2007. Cobb-Douglas production function: the case of a converging economy. *Czech Journal of Economics and Finance (Finance a uver)* 57(9-10): 465-476.
19. Hatirli, S. A., B. Ozkan and C. Fert. 2005. An econometric analysis of energy input-output in Turkish agriculture.

- Renewable and sustainable energy reviews* 9(6): 608-623.
20. Hosseini-Fashami, F., A. Motevali, A. Nabavi-Pelesaraei, S. J. Hashemi and K. W. Chau. 2019. Energy-Life cycle assessment on applying solar technologies for greenhouse strawberry production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 116: 109411.
  21. Iman Mehr, A. and M. Lashkari. 2017. Economic evaluation of walnut production in Tafresh city of Markazi province. In: *10<sup>th</sup> National Congress of Biosystems Mechanical Engineering (Agricultural Machinery) and Mechanization of Iran. Mashhad, Ferdowsi University of Mashhad.* (in Farsi)
  22. Khanali, M., A. Akram, J. Behzadi, F. Mostashari-Rad, Z. Saber, K. W. Chau and A. Nabavi-Pelesaraei. 2021. Multi-objective optimization of energy use and environmental emissions for walnut production using imperialist competitive algorithm. *Applied Energy* 284: 116342.
  23. Khoshnevisan, B., Sh. Rafiee, M. Omid and H. Mousazadeh. 2013. Applying data envelopment analysis approach to improve energy efficiency and reduce GHG (greenhouse gas) emission of wheat production. *Energy* 58: 588-593.
  24. Khoshnevisan, B., Sh. Rafiee, M. Omid, M. Yousefi and M. Movahedi. 2013. Modeling of energy consumption and GHG emissions in wheat production in Esfahan province of Iran using artificial neural networks. *Energy* 52: 333-338
  25. Manes, G. S. and S. Singh. 2007. Sustainability of cotton cultivation through optimal use of energy inputs in Punjab. *International Environment Journal of Agriculture* 86(1): 61- 64.
  26. Martinez, M. L., D. O. Labuckas, A. L. Lamarque and D. M. Maestri. 2010. Walnut (*Juglans regia* L.): genetic resources, chemistry, by-products. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90(12): 1959-1967.
  27. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran. 2019. Annual Agricultural Statistics. Available online at: [www.maj.ir](http://www.maj.ir). (In Farsi)
  28. Mohammadi, A. and M. Omid. 2010. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. *Applied Energy* 87(1): 191-196.
  29. Mousavi-Avval, S. H., S. Rafiee, A. Jafari and A. Mohammadi. 2011. Optimization of energy consumption for soybean production using Data Envelopment Analysis (DEA) approach. *Applied Energy* 88(11): 3765-3772.
  30. Mousavi-Avval, S. H., Sh. Rafiee, A. Jafari and A. Mohammadi. 2010. Econometric modeling and sensitivity analysis of costs of inputs for sunflower production in Iran. *International Journal of Applied Engineering Research* 1(4): 759-766.
  31. Nikkhah, A., B. Emadi, F. Shabanian and H. Hamzeh-Kalkenari. 2014. Energy sensitivity analysis and greenhouse gas emissions for tea production in Guilan province, Iran. *Agroecology* 6(3): 622-633.
  32. Omid, M., F. Ghobabeige, M. Delshad and H. Ahmadi. 2011. Energy use pattern and benchmarking of selected greenhouses in Iran using data envelopment analysis. *Energy Conversion and Management* 52(1): 153-162.
  33. Ozkan, B., H. Akcaoz and C. Fert. 2007. Energy input-output analysis in Turkis agriculture. *Renewable Energy* 29: 39-51.
  34. Pahlavan, R., M. Omid, Sh. Rafiee and S. Mousavi-Avval. 2012. Optimization of energy consumption for rose production in Iran. *Energy for Sustainable Development* 16(2): 236-241.
  35. Pishgar-Komleh, Sh., M. Ghahderijani and P. Sefeepari. 2012. Energy consumption and CO2 emissions analysis of potato production based on different farm size levels in Iran. *Journal of Cleaner Production* 33: 183-191.
  36. Rafiee, Sh., S. Mousavi-Avval and A. Mohammadi. 2010. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. *Energy* 35(8): 3301-3306.
  37. Salami, P. and H. Ahmadi. 2010. Energy inputs and outputs in a chickpea production system in Kurdistan, Iran. *African Crop Science Journal* 18(2): 51-57.
  38. Samavatean, N., Sh. Rafiee, H. Mobli and A. Mohammadi. 2011. An analysis of energy use and relation between energy inputs and yield, costs and income of garlic production in Iran. *Renewable Energy* 36(6): 1808-1813.
  39. Shaghozayi, S. and F. Nadi. 2016. Energy modeling of plum production in Golestan province. *Iranian Journal of Biosystems Engineering* 47(3): 541-549. (In Farsi)
  40. Singh, A., B. Ganapathysubramanian, A. K. Singh and S. Sarkar. 2016. Machine learning for high-throughput stress phenotyping in plants. *Trends in plant science* 21(2): 110-124.
  41. Springmann, M., M. Clark, D. Mason-D'Croz, K. Wiebe, B. L. Bodirsky, L. Lassalatta and W. Willett. 2018. Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature* 562(7728): 519-525.
  42. Tabatabaie, S. M. H., S. Rafiee, A. Keyhani and M. Heidari. 2013. Energy use pattern and sensitivity analysis of energy inputs and input costs for pear production in Iran. *Renewable Energy* 51: 7-12.
  43. Taheri-Rad, A., A. Nikkhah, M. Khojastehpour and S. Noroozie. 2015. Assessing the GHG emissions, the energy and economic analysis of cotton production in Golestan province. *Agricultural Machinery* 5(2): 428-445.
  44. Taheri-Rad, A., M. Khojastehpour, A. Rohani, S. Khoramdel and A. Nikkhah. 2017. Energy flow modeling and predicting the yield of Iranian paddy cultivars using artificial neural networks. *Energy* 135: 405-412.
  45. Taki, M., Y. Ajabshirchi, H. Mobtaker and R. Abdi. 2013. Energy consumption, input-output relationship and cost



- analysis for greenhouse productions in Esfahan province of Iran. *American Journal of Experimental Agriculture* 2(3): 485-501.
46. Yadav, S. K. and G. C. Mishra. 2013. Environmental life cycle assessment framework for Sukker production (raw sugar production). *International Journal of Environmental Engineering and Management* 4(5): 499-506.

## Analysis of Energy Structure and Greenhouse Gas Emissions of Walnut Orchards; a Case Study in Ilam Region

A. Azizpanah<sup>1\*</sup> and R. Fathi<sup>2</sup>

(Received: June 12-2021; Accepted: August 21-2021)

### Abstract

The purpose of this study was to compare and analyze the pattern of energy consumption and greenhouse gases emission in different sizes of walnut orchards in Ilam region. The average of total energy requirement was estimated to be 65334.82 MJ/ha. Diesel fuel, irrigation water and machinery with 57.4, 12.55 and 10.65 percent, respectively, were the most consumed energy inputs in walnut production. Energy efficiency and productivity were estimated to be 1.05 and 0.04 kg per MJ, respectively. The amount of greenhouse gas emissions for walnut production was calculated as 2496.5 kg of CO<sub>2</sub> per hectare. The three inputs of diesel fuel, animal manure and nitrogen fertilizer with 73.62%, 16.82% and 2.92%, had the highest environmental pollution in walnut production. Positive regression coefficients were obtained from the Cobb-Douglas function for human labor inputs, machinery, diesel fuel, chemical pesticides and the regression coefficients of chemical fertilizer and irrigation inputs were negative. The results of econometric estimation and sensitivity analysis of walnut production inputs showed that by increasing one megajoule per hectare in energy inputs of human labor, machinery, diesel fuel, chemical fertilizer, animal manure, irrigation, chemical pesticides, electricity and pruning, yield increases by 26%, 03%, 001%, 004%, 36%, 2.78% and 0.16 kg/ha respectively.

**Keywords:** Cob Douglas, Greenhouse Gases, Climate Changes, Ilam

---

1. Assistant Professor of Department of mechanics Biosystem, College of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran.  
2. Ph.D. student of Agricultural Mechanization Engineering. Faculty of Agricultural Engineering and Rural development. Agricultural Sciences & Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran.  
\*: Corresponding Author, Email: a.azizpanah@ilam.ac.ir