

## بررسی میزان کارایی و بهره‌وری انرژی در تولید گوجه‌فرنگی

(مطالعه موردی: شهرستان مرند)

مهری راعی جدیدی<sup>\*۱</sup> - مسعود همایونی فر<sup>۲</sup> - محمود صبوحی صابونی<sup>۳</sup> - وحید خردمند<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۸۹/۲/۸

تاریخ پذیرش: ۸۹/۸/۱۹

### چکیده

هدف این مطالعه تعیین میزان انرژی ورودی و خروجی در تولید گوجه‌فرنگی در سطوح مختلف کشت گوجه‌فرنگی می‌باشد. داده‌های مورد نیاز از طریق مراجعه حضوری و تکمیل ۱۴۰ پرسش‌نامه از گوجه‌فرنگی کاران روستاهای مختلف شهرستان مرند به دست آمد. نتایج نشان داد که میزان انرژی مورد نیاز برای تولید گوجه‌فرنگی در منطقه، ۶۵/۲ گیگاژول در هکتار است که از این میزان حدود ۵۱ درصد سهم کودهای شیمیایی و ۲۱ درصد سهم آب مورد نیاز برای آبیاری می‌باشد. کارایی (نسبت) انرژی و بهره‌وری انرژی به ترتیب برابر با ۰/۶ و ۰/۷۴ کیلوگرم بر مگاژول به دست آمد. سهم انرژی تجدید پذیر از کل انرژی ورودی ۳۰/۹ درصد بود در حالیکه سهم انرژی تجدیدناپذیر ۶۹/۱ درصد بود. همچنین نتایج نشان داد که مزارع متوسط در نسبت انرژی و بهره‌وری انرژی موفق‌تر بودند. با توجه به یافته‌ها پیشنهاد می‌شود که مدیریت بهتر مصرف انرژی مانند استفاده از کودهای دامی بجای کودهای شیمیایی، استفاده صحیح از ماشین‌آلات و اصلاح سیستم کشت می‌تواند کارایی انرژی را در منطقه بهبود ببخشد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری انرژی، کارایی (نسبت) انرژی، گوجه‌فرنگی

### مقدمه

تولیدکنندگان برای افزایش محصول کل، استفاده از نهاده بیشتر بجای گسترش زمین‌های قابل کشت خواهد بود. لذا مصرف انرژی در کشاورزی بصورت یک مساله درآمده است. یکی از روش‌های بسیار مفید در تحلیل و ارزیابی پایداری کشاورزی، استفاده از انرژی به عنوان ابزار محاسبه می‌باشد (۸). تحت این شرایط تجزیه و تحلیل داده - ستاده از نقطه نظر انرژی برای سیاستگذاران و طراحان فرصتی را فراهم می‌کند تا فعل و انفعالات مصرف انرژی را بطور اقتصادی ارزیابی کنند.

گوجه‌فرنگی، مهمترین ماده اولیه برای صنایع فرآوری گوجه‌فرنگی است. کاشت گوجه‌فرنگی به عنوان یک منبع درآمدی و اشتغال برای بسیاری از خانواده‌های روستایی می‌باشد. شهرستان مرند با تولید بیش از ۱۴۵ هزار تن گوجه‌فرنگی در سال ۱۳۸۶، حدوداً ۸۰-۷۵ درصد از کل تولید استان آذربایجانشرقی را شامل می‌شود و از مناطق عمده کشت گوجه‌فرنگی در استان به‌شمار می‌آید.

در ادامه به برخی از مطالعاتی که در زمینه میزان مصرف انرژی در تولید گوجه‌فرنگی و تعیین کارایی آن انجام شده اشاره می‌شود.

پاشایی و همکاران (۳) در مطالعه‌ای به بررسی میزان مصرف انرژی برای تولید گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در گلخانه‌های استان کرمانشاه پرداختند. نتایج نشان داد که در گلخانه‌های مورد مطالعه

بخش کشاورزی یک بخش حیاتی در اقتصاد ایران است و نقش مهمی در اشتغال، کمک به تولید ناخالص داخلی (GDP) و صادرات غیر نفتی را دارد، بطوریکه سهم بخش کشاورزی در GDP سال ۱۳۸۶ (به قیمت ثابت)، ۱۳ درصد و سهم اشتغال این بخش از کل اشتغال، ۲۵ درصد بوده است (۲).

مقدار انرژی که در سیستم‌های مختلف تولیدی زراعی مصرف می‌شود، نه فقط به نوع آن محصول بلکه به نوع مواد به‌کار گرفته شده در تولید آن محصول نیز بستگی دارد. به گونه‌ای که نحوه رفتار سیستم‌های مختلف زراعی در به‌کارگیری نهاده‌ها و منابع انرژی متفاوت بوده و در هر سیستم تولیدی کارایی انرژی حاصله متفاوت است به نحوی که می‌تواند منجر به ناپایداری کشاورزی گردد. اگر افزایش مصرف انرژی در بخش کشاورزی ادامه پیدا کند، تنها شانس

۳۰۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد و استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

\*- نویسنده مسئول: (Email: Mehri\_Raei@yahoo.com)

۲- استادیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- کارشناس ناظر گوجه‌فرنگی شهرستان مرند

که در آن  $N$ ، اندازه جامعه آماری یا تعداد زارعین (گوجه‌فرنگی کار)،  $t$  ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول  $t$  استیودنت به دست می‌آید.  $s^2$ ، برآورد واریانس صفت مورد مطالعه در جامعه که در این جا واریانس کارایی انرژی در منطقه مورد مطالعه است،  $d$  دقت احتمالی مطلوب (نصف فاصله اطمینان) و  $n$  حجم نمونه است که تعداد ۱۴۰ کشاورز به دست آمد.

انرژی در کشاورزی می‌تواند به انرژی مستقیم و غیر مستقیم انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم بندی شود (۶). انرژی مستقیم شامل انرژی های نیروی کار، سوخت و آب، انرژی غیرمستقیم شامل انرژی های بذر، کود شیمیایی، کود دامی، سموم و ماشین آلات می باشد. انرژی تجدیدپذیر شامل انرژی نیروی کار، بذر، کود دامی و آب بوده و انرژی تجدیدناپذیر، انرژی های سوخت، سموم، کود شیمیایی و ماشین آلات را شامل می شود. کارایی انرژی سیستم های کشاورزی با محاسبه نسبت انرژی ستانده به نهاده به دست می آید. در این مطالعه، مقادیر نیروی کار، ماشین آلات، سوخت مصرفی، کود شیمیایی، سموم، کود دامی، بذر و عملکرد گوجه‌فرنگی برای محاسبه نسبت انرژی استفاده شده اند. برای محاسبه مقدار انرژی مصرفی در انجام عملیات مختلف یا محتوای انرژی موجود در نهاده‌ها، از هم‌ارزها و فرمول‌های استخراج شده از منابع مختلف استفاده شده است که در زیر به آنها اشاره شده است:

### انرژی سوخت مصرفی برای انجام عملیات مختلف

جهت محاسبه میزان مصرف سوخت تراکتور در عملیات‌های مختلف و همچنین دروگر از چندین روش می‌توان استفاده کرد. ملاک ما در این پژوهش جهت مصرف سوخت در یک هکتار، پاسخ رانندگان تراکتور (اکثراً خود کشاورزان) است که از طریق پرسش‌نامه گردآوری شده است. بعد از محاسبه میزان سوخت مصرفی در هر عملیات خاص (لیتر بر هکتار)، برای محاسبه انرژی معادل ذخیره شده در سوخت‌ها، با استفاده از جداول موجود در منابع (۱۴)، که معادل انرژی سوخت را برحسب مگاژول بر لیتر ارائه داده‌اند و با استفاده از فرمول زیر انرژی سوخت محاسبه شده است (۱۰):

$$E_p = Q_i \times E_i \quad (2)$$

که در آن:

$E_p$ : انرژی سوخت بر حسب مگاژول بر هکتار (MJ/ha)،  $Q_i$ : مقدار سوخت مصرف شده بر حسب لیتر بر هکتار (L/ha)،  $E_i$ : انرژی معادل هر واحد سوخت بر حسب مگاژول بر لیتر (MJ/L) است.

متوسط انرژی مصرفی برای تولید یک کیلوگرم گوجه‌فرنگی گلخانه-ای ۰/۸۰۸۱ مگاژول بوده است. مقادیر متوسط بهره‌وری انرژی، متوسط افزوده خالص انرژی و کارایی (نسبت) انرژی نیز به ترتیب ۱/۳۲۷ کیلوگرم بر مگاژول، ۱۲۲۵/۴۲۶- مگاژول بر هکتار و ۰/۹۸۹۹ بدست آمد. اسنگان و همکاران (۱۲) به تحلیل مصرف انرژی در تولید گوجه‌فرنگی در استان توکات ترکیه پرداختند. نتایج نشان داد که مقدار انرژی مصرف شده در تولید گوجه‌فرنگی مربوط به سوخت دیزل و ۳۸ درصد مربوط به کود شیمیایی و ماشین آلات است. کارایی (نسبت) انرژی، ۰/۸ و بهره‌وری انرژی ۱/۰۰ کیلوگرم مگاژول در هکتار بدست آمد. حدوداً ۷۶ درصد از کل انرژی ورودی، غیر قابل تجدید و ۲۲ درصد قابل تجدید بود. نتایج چنین و واردار (۹) در منطقه جنوب مازمارای ترکیه نشان داد که کل انرژی ورودی و خروجی برای تولید گوجه‌فرنگی، به ترتیب برابر با ۴۵/۵۳ و ۳۶/۳ گیگاژول در هکتار است که از این میزان، ۳۴/۸۲ درصد مربوط به انرژی سوخت است و انرژی کود شیمیایی و ماشین آلات در رتبه های بعدی قرار دارد و میزان کارایی و بهره‌وری انرژی را به ترتیب برابر با ۰/۸ و ۰/۹۹ کیلوگرم بر مگاژول برآورد کردند.

از آنجا که مطالعات اندکی به بررسی میزان مصرف انرژی در تولید گوجه‌فرنگی در کشور پرداخته است، هدف این مطالعه تعیین میزان انرژی ورودی و خروجی و نیز تعیین میزان کارایی و بهره‌وری انرژی در تولید گوجه‌فرنگی می باشد.

### مواد و روش‌ها

اطلاعات مورد نیاز این تحقیق از طریق مراجعه حضوری و تکمیل ۱۴۰ پرسش‌نامه از گوجه‌فرنگی کاران روستاهای مختلف شهرستان مرند در سال زراعی ۸۷-۸۶ جمع‌آوری شده است. قبل و حین تکمیل پرسش‌نامه نیز با صاحب‌نظران منطقه مورد بررسی در اداره جهادکشاورزی، مراکز خدمات کشاورزی، تعاونی‌های خدمات کشاورزی و همچنین مهندسين ناظر گوجه‌فرنگی، مصاحبه‌هایی انجام شد و دیدگاه‌ها و نظرات آنان در مورد وضعیت و مسائل کشت گوجه‌فرنگی، شیوه ارائه خدمات، بازار و سایر مسائل مورد پرسش قرار گرفت.

در این مطالعه از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده دو مرحله‌ای استفاده شده است. کشاورزان بطور تصادفی از بین روستاهای منطقه مورد مطالعه انتخاب شدند. برای پیدا کردن حجم نمونه از فرمول کوکران استفاده شده است. کوکران برای محاسبه تعداد نمونه لازم در روش نمونه‌گیری تصادفی فرمول زیر را ارائه کرده است (۵):

$$n = \frac{Nt^2s^2}{Nd^2 + t^2s^2} \quad (1)$$

### انرژی ماشین‌ها، ابزار و ادوات

برای محاسبه مقدار انرژی ادوات و ماشین‌ها در هکتار لازم است وزن ماشین مورد استفاده در مزرعه، طول عمر ماشین و سطح متوسطی را که طی عمر، روی آن کار می‌کند را بدانیم. سپس بر اساس عمر ماشین و مدت کار سهم آن را برای هکتار به کیلوگرم محاسبه کنیم. برای محاسبه این مقدار انرژی، فرض بر این است که مقدار انرژی صرف شده برای تولید وسیله مورد نظر، طی عمر مفید آن مستهلک می‌شود که از رابطه زیر محاسبه می‌شود (۱۶):

$$ME = E \frac{G}{T} \times Q_h \quad (۳)$$

که در آن:

$ME$ : انرژی ماشین‌آلات بر حسب مگاژول بر هکتار (MJ/ha)،  
 $E$ : انرژی تولید ماشین‌آلات که برابر با عدد ثابت ۶۲/۷ مگاژول بر کیلوگرم است.  $G$ : وزن ماشین‌آلات بر حسب کیلوگرم (kg)،  $T$ : عمر مفید ماشین‌آلات بر حسب ساعت (h) و  $Q_h$ : میزان کل ساعات کار ماشین‌آلات در یک فصل زراعی در هکتار (h/ha) است.

### انرژی لازم برای آبیاری

انرژی مصرفی در آب مورد نیاز گیاهان هم به صورت مستقیم و هم به صورت غیرمستقیم محاسبه می‌گردد. در نوع مستقیم، انرژی لازم جهت بالا آوردن و تحت فشار قرار دادن آب مورد نیاز در هکتار می‌باشد. انرژی مستقیم از رابطه زیر محاسبه می‌شود (۱۴):

$$DE = \frac{\gamma g H Q}{\epsilon_p \epsilon_q} \quad (۴)$$

که در آن:

$DE$ : انرژی مستقیم بر حسب ژول بر هکتار (J/ha)،  $\gamma$ : چگالی آب ( $1000 \text{ Kg/m}^3$ )،  $g$ : شتاب گرانش ( $\text{m/s}^2$ )،  $Q$ : میزان کل آب مورد نیاز محصول در یک فصل زراعی بر حسب مترمکعب در هکتار ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )،  $H$ : هد دینامیکی چاه،  $\epsilon_p$ : بازدهی پمپ (تابع ارتفاع عمودی بالا بر، سرعت و جریان آب) معمولاً برابر  $0/7 - 0/9$  و  $\epsilon_q$ : بازدهی کل تبدیل انرژی و توان (برای پمپ‌های برقی معمولاً برابر  $0/18 - 0/2$  در نظر گرفته می‌شود) می‌باشد (۱۱).

### انرژی بذر

میزان مصرف بذر در هر یک از سیستم‌ها براساس اظهارات کشاورزان در پرسش‌نامه به‌دست آمده است. در این تحقیق چون وسایل و امکان اندازه‌گیری انرژی موجود در مواد شیمیایی (بذر، کود و سم) وجود نداشت، از اندازه‌گیری‌های انجام شده در سایر کشورها استفاده شده است. ولی به دلیل تفاوت بین مقادیر، سعی شده از منابع موثق‌تر استفاده شود (۷ و ۱۲). مقدار انرژی بذر از رابطه زیر به دست

می‌آید (۱۴):

$$E_s = W_i \times E_i \quad (۵)$$

که:

$E_s$ : انرژی بذر در هکتار (MJ/ha)،  $W_i$ : وزن بذر مصرفی در هکتار (Kg/ha)،  $E_i$ : انرژی موجود در هر کیلوگرم بذر (MJ/Kg) می‌باشد.

### انرژی کودهای شیمیایی

به منظور تعیین میزان انرژی مصرفی کود بایستی درصد عنصر خالص را در انرژی ساخت هر واحد ضرب نمود، چرا که انرژی عمده تهیه کود مربوط به این بخش است. جمع انرژی مصرفی شامل تولید، بسته‌بندی، حمل و نقل می‌باشد. به هر حال با توجه به انرژی موجود در نهاده کود که از منابع مختلف گردآوری شده است (۱۳، ۱۴ و ۱۷)، همچنین با استفاده از میزان کود مصرفی در هکتار که از اطلاعات کشاورزان و از طریق پرسش‌نامه به‌دست آمد، انرژی محتوای کود به صورت ذیل محاسبه شده است:

$$E_f = W_i \times E_i \quad (۶)$$

که:

$E_f$ : انرژی کود در هکتار (MJ/ha)،  $W_i$ : وزن کود مصرفی در هکتار (Kg/ha)،  $E_i$ : انرژی موجود در هر کیلوگرم کود (MJ/Kg) می‌باشد.

### انرژی سم

برای تعیین میزان انرژی مصرفی سم در هکتار نیز بعد از تعیین میزان سم‌های مختلف در هکتار که از اطلاعات زارعین در پرسش‌نامه برای محصولات مختلف به دست آمد و با توجه به هم‌ارزهای موجود در منابع (۱۴ و ۱۹)، مقدار انرژی واحد را در مقدار سم در هکتار ضرب نموده و انرژی مصرفی در هکتار حساب می‌گردد.

$$E_p = W_p \times E_i \quad (۷)$$

که در آن:

$E_p$ : انرژی سم مصرفی در هکتار (MJ/ha)،  $W_p$ : مقدار مصرف سم در هکتار (L/ha)،  $E_i$ : انرژی موجود در هر واحد سم (MJ/L) است.

### انرژی نیروی انسانی (کارگری)

جهت محاسبه انرژی مصرفی نیروی انسانی، با توجه به اطلاعات موجود در پرسش‌نامه، تعداد کارگر موردنیاز برای هر عملیات، همچنین زمان انجام عملیات توسط هر کارگر مشخص می‌شود، سپس از طریق منابع و جداول (۱۳، ۱۴ و ۱۵)، هم‌ارز انرژی نیروی

کیلوگرم در هکتار بیشترین سهم را دارد. متوسط میزان آب مورد نیاز برای آبیاری ۱۳۲۲۳/۵ مترمکعب در هکتار می‌باشد، به طوری که در سطوح بزرگ‌تر، کمتر از سطوح کوچک‌تر مورد نیاز است. بیشترین میزان عملکرد در سطوح بین ۰/۶ تا ۱/۵ هکتار است (۴۸۹۹۳) کیلوگرم در هکتار) و به طور متوسط ۴۸۲۲۷/۳ کیلوگرم در هکتار به دست آمده است.

بر اساس هم‌ارزهای انرژی ورودی و خروجی محاسبه شده برای گوجه‌فرنگی که در جدول ۲ آورده شده است، کمترین میزان انرژی ورودی، مربوط به سطوح بین ۰/۶ تا ۱/۵ هکتار بوده و به طور متوسط ۶۵/۲ گیگاژول در هکتار است. به نظر می‌رسد در این سطح از مزارع، به دلیل مدیریت بهتر در مصرف کود شیمیایی، که حدوداً ۵۱ درصد از کل انرژی ورودی را شامل می‌شود، میزان انرژی ورودی کاهش یافته است. انرژی سوخت و ماشین‌آلات با افزایش اندازه مزارع، افزایش یافته و به طور متوسط به ترتیب برابر با ۲/۹ و ۸/۶ گیگاژول در هکتار است. کود شیمیایی در سطوح بین ۰/۶ تا ۱/۵ هکتار، نسبت به بقیه سطوح، کمترین میزان انرژی (۳۰/۴) گیگاژول در هکتار) را دارد. کود اوره با متوسط مصرف انرژی ۲۶/۹ گیگاژول در هکتار، بیشترین سهم (۴۱/۲ درصد)، از انرژی کود را به خود اختصاص داده است. میزان انرژی آب مصرفی با افزایش سطح زیر کشت کاهش پیدا کرده و از ۱۳۶۱۹/۱ مگاژول در هکتار به ۱۳۳۴۲/۴ مگاژول در هکتار رسیده و به طور متوسط برابر ۱۳/۵ گیگاژول در هکتار می‌باشد. انرژی مربوط به کود دامی و سموم در مزارع متوسط بیشتر از سایر سطوح است و به ترتیب برابر با ۴۵۳۶/۴ و ۲۶۸ مگاژول در هکتار می‌باشد. سطوح بین ۰/۶ تا ۱/۵ هکتار، بیشترین میزان انرژی خروجی را دارد و به طور متوسط برابر با ۳۸/۶ گیگاژول در هکتار برآورد شد. میزان کارایی (نسبت) انرژی به طور متوسط در منطقه برابر با ۰/۶ است.

کارایی انرژی کمتر از یک در تمام سطوح، به معنی ناکارآمدی کشت گوجه‌فرنگی از نظر انرژی در منطقه می‌باشد. متوسط میزان انرژی ورودی جهت کشت گوجه‌فرنگی ۶۵/۲ گیگاژول در هکتار است و از آن طرف با متوسط انرژی خروجی ۳۸/۶ گیگاژول در هکتار (یعنی تقریباً یک دوم انرژی ورودی) مواجه هستیم. این عدم کارایی ناشی از کشت سنتی (جوی و پشته) گوجه‌فرنگی، عدم مدیریت صحیح نهاده‌ها به خصوص کود شیمیایی و آب می‌باشد. متوسط میزان آب مورد نیاز در طی دوره رشد گوجه‌فرنگی از سوی کارشناسان ۵۰۰۰ تا ۸۰۰۰ مترمکعب در هکتار اعلام شده است (۴) که به دلیل سیستم کشت جوی و پشته، متوسط میزان آب در منطقه ۱۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار به دست آمده است. این در حالی است که نیاز کودی آن به میزان از ۱۵۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، فسفر ۲۰۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار و پتاس ۲۵۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اعلام شده است (۴). بهره‌وری انرژی نیز در تمام سطوح نسبتاً

انسانی را در تعداد نفرت ضرب نموده و انرژی مصرفی بر حسب ساعت حساب می‌شود. سپس تعداد ساعات کاری هر نفر را نیز حساب کرده و در نهایت انرژی مصرفی برای نیروی انسانی را محاسبه می‌کنیم:

$$E_l = W_l \times E_i \quad (8)$$

که در آن:

$E_l$ : انرژی کارگری در هکتار (MJ/ha)،  $W_l$ : تعداد کارگر در هکتار (n/ha)،  $E_i$ : انرژی موجود به ازای هر کارگر (MJ/n) است. اطلاعات انرژی نهاده‌ها و ستانده (عملکرد گوجه‌فرنگی)، با استفاده از نرم‌افزارهای Excel و SPSS 15 تجزیه و تحلیل می‌شوند. براساس هم‌ارزهای انرژی نهاده و ستاده که در جدول ۲ آمده است، نسبت (کارایی) انرژی<sup>۱</sup> و بهره‌وری انرژی<sup>۲</sup> به صورت زیر محاسبه می‌شود (۱۶):

$$\text{انرژی ستاده (MJ ha}^{-1}\text{)} \\ \text{کارایی (نسبت) انرژی} = \frac{\text{انرژی نهاده (MJ ha}^{-1}\text{)}}{\text{انرژی ستاده (MJ ha}^{-1}\text{)}} \quad (9)$$

$$\text{بهره‌وری انرژی} = \frac{\text{بهره‌وری انرژی (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{انرژی نهاده (MJ ha}^{-1}\text{)}} \quad (10)$$

## نتایج و بحث

مقدار نهاده استفاده شده در تولید گوجه‌فرنگی (مقادیر فیزیکی نهاده‌ها به ازای هر هکتار)، هم‌ارزهای انرژی نهاده و ستاده و شاخص‌های انرژی (نسبت انرژی و بهره‌وری انرژی)، به ترتیب در جداول (۱) و (۲) آورده شده است.

جدول (۱) نشان می‌دهد که گوجه‌فرنگی یک محصول کاربر است و به طور متوسط ۱۰۹۳/۲ ساعت نیروی کار در هکتار برای تولید گوجه‌فرنگی مورد نیاز است که بیشترین میزان به ترتیب مربوط به عملیات برداشت (۳۵/۹ درصد)، خاکدهی پای بوته، و جبین‌کاری (۲۸/۶ درصد) و آبیاری (۲۰/۱ درصد) می‌باشد. نیروی کار مورد نیاز برای تولید گوجه‌فرنگی در سطوح بالای ۱/۵ هکتار به میزان ۱/۱ درصد کمتر از سطوح کوچک‌تر است. میزان ماشین‌آلات مورد نیاز به طور متوسط ۴۶/۳ ساعت در هکتار با متوسط مصرف سوخت ۱۵۳/۵ لیتر در هکتار است. کود شیمیایی در مزارع متوسط (بین ۰/۶ تا ۱/۵ هکتار)، کمترین میزان (۸۷۰/۹) کیلوگرم در هکتار) را داراست. کود فسفات به متوسط ۴۱۸/۵

- 1- Energy Ratio (Energy efficiency)
- 2- Energy Productivity

ای نشان داد که نسبت انرژی و بهره‌وری انرژی به ترتیب برابر با ۰/۹۹ و ۱/۲ کیلوگرم بر مگاژول می‌باشد. مقایسه نتایج مطالعات انجام شده با نتایج تحقیق حاضر نیز نشان می‌دهد که نسبت انرژی تقریباً در همه مطالعات کمتر از یک بوده که به معنی ناکارآمدی کشت گوجه‌فرنگی از نقطه نظر انرژی می‌باشد.

بزرگ می‌باشد و به این معنی است که هر واحد انرژی به طور متوسط می‌تواند فقط ۰/۷۴ کیلوگرم محصول تولید کند.

در مطالعه‌ای که اسنگان و همگاران (۱۲)، در استان توکات ترکیه انجام دادند میزان کارایی انرژی در تولید گوجه‌فرنگی را ۰/۸ محاسبه کردند. همچنین نسبت انرژی و بهره‌وری انرژی در تحقیق اوزکان و همکاران (۱۸) بر روی گوجه‌فرنگی در منطقه آنتالیای ترکیه به ترتیب ۰/۸ و ۰/۹۹ کیلوگرم بر مگاژول به دست آمد. در ایران نیز مطالعه پاشایی و همکاران (۳)، در تولید گوجه‌فرنگی گلخانه

جدول ۱- میزان نهاده و ستاده برای محصول گوجه‌فرنگی در سطوح مختلف

میانگین	اندازه مزارع (هکتار)			
	بالای ۱/۵	بین ۱/۵ تا ۰/۶	زیر ۰/۶	
				الف- نهاده
۱۰۹۳/۲	۱۰۷۸/۶	۱۱۱۰/۷۸	۱۰۹۰/۱۹	نیروی کار (h/ha)
۳۸/۰۳	۳۹/۱	۳۷/۵	۳۷/۵	آماده سازی زمین
۴۹/۲	۴۹/۳	۵۰/۲	۴۸	کاشت
۳۱۳/۲	۲۹۱/۲	۳۲۵/۹	۳۲۲/۴۹	خاکدهی و وجین کاری
۳۰/۲	۳۱/۳	۲۷/۸۸	۳۱/۳	عملیات کودپاشی
۲/۵	۲/۷	۲/۱	۲/۷	عملیات سمپاشی
۲۱۹/۹	۲۱۶/۷	۲۱۷/۹	۲۲۵/۲	آبیاری
۳۹۲/۹	۴۰۱/۲	۴۰۰/۹	۳۷۶/۸	برداشت
۴۷/۲	۴۷/۱	۴۸/۴	۴۶/۲	حمل و نقل
۴۶/۳	۴۷	۴۵/۸	۴۶	۲- ماشین‌آلات (h/ha)
۱۳/۲	۱۳/۴	۱۳/۱	۱۳/۲	آماده سازی زمین
۲/۹	۳/۲	۲/۸	۲/۸	عملیات کودپاشی
۱/۴	۱/۳	۱/۲	۱/۸	عملیات سمپاشی
۲۸/۷	۲۹/۱	۲۸/۷	۲۸/۲	حمل و نقل
۱۵۳/۵	۱۵۵/۹	۱۵۲/۳	۱۵۲/۲	۳- سوخت (L/ha)
۸۵/۳	۸۶/۳	۸۴/۴	۸۵/۱	آماده سازی زمین
۶/۱	۶/۶	۵/۹	۵/۹	عملیات کودپاشی
۳/۱	۲/۸	۲/۶	۳/۸	عملیات سمپاشی
۵۹	۶۰/۲	۵۹/۴	۵۷/۴	حمل و نقل
۹۳۰/۵	۹۲۱/۷	۸۷۰/۹	۹۹۸/۹	۴- کود شیمیایی (kg/ha)
۴۱۸/۵	۳۸۲/۶	۴۰۸/۴	۴۶۴/۵	کود فسفات
۴۰۶/۴	۴۴۱/۳	۳۶۶/۷	۴۱۱/۱	کود اوره
۱۰۵/۶	۹۷/۸	۹۵/۸	۱۲۳/۳	کود پتاسه
۱۴/۹	۱۴/۵	۱۶	۱۴/۴	۵- کود دامی (ton/ha)
۲/۲	۲/۲	۲/۳	۲/۲	۶- سموم (kg/ha)
۱۳۲۳۳/۵	۱۳۰۸۰/۸	۱۳۳۳۷/۵	۱۳۳۵۲/۰۹	۷- آب (m <sup>3</sup> /ha)
۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۸- بذر (kg/ha)
				ب- ستاده (kg/ha)
۴۸۲۲۷/۳	۴۸۴۷۸	۴۸۹۹۳	۴۷۲۱۱	گوجه‌فرنگی

جدول ۲- میزان انرژی ورودی و خروجی در سطوح مختلف گوجه‌فرنگی (MJ/ha) در شهرستان مرند

میانگین	اندازه مزارع (هکتار)				هم ارز انرژی (MJ/unit)	
	مقدار	بالای ۱/۵	بین ۱/۵ تا ۰/۶	زیر ۰/۶		
درصد						
۳/۲۸	۲۱۴۲/۶	۲۱۱۴/۰۵	۲۱۷۷/۱	۲۱۳۶/۸	۱/۹۶	۱- نیروی کار (h)
۴/۴۵	۲۹۰۰/۹	۲۹۴۶/۹	۲۸۷۱/۷	۲۸۸۴/۲	۶۲/۷	۲- ماشین‌آلات (h)
۱۳/۲۵	۸۶۴۱/۷	۸۷۷۸/۷	۸۵۷۶/۰۱	۸۵۷۰/۴	۵۶/۳۱	۳- سوخت (L)
۵۰/۹۸	۳۳۲۶۱/۰۴	۳۵۰۳۷/۶	۳۰۴۰۲/۲	۳۴۳۴۳/۳		۴- کود شیمیایی (kg)
۷/۹۸	۵۲۰۶/۱	۴۷۵۹/۵	۵۰۸۰/۵	۵۷۷۸/۴	۱۲/۴۴	کود فسفات
۴۱/۱۹	۲۶۸۷۷/۰۹	۲۹۱۸۷/۶	۲۴۲۵۲/۵	۲۷۱۹۰/۱	۶۶/۱۴	کود اوره
۱/۸۰	۱۱۷۷/۸	۱۰۹۰/۵	۱۰۶۸/۲	۱۳۷۴/۸	۱۱/۱۵	کود پتاسه
۶/۹۵	۴۵۳۶/۴	۴۳۹۴/۹	۴۸۴۹/۶	۴۳۶۴/۶	۳۰۳/۱	۵- کود دامی (ton)
۰/۴۱	۲۶۸	۲۶۴	۲۷۶	۲۶۴	۱۲۰	۶- سموم (kg)
۲۰/۶۷	۱۳۴۸۷/۹	۱۳۳۴۲/۴	۱۳۵۰۲/۲	۱۳۶۱۹/۱	۱/۰۲	۷- آب (m <sup>3</sup> )
۰/۰۰	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۱	۸- بذر (kg)
۱۰۰	۶۵۲۳۸/۹	۶۶۸۷۸/۹	۶۲۶۵۵/۱	۶۶۱۸۲/۸	-	کل انرژی ورودی (MJ)
-	۳۸۵۸۱/۹	۳۸۷۸۲/۴	۳۹۱۹۴/۴	۳۷۷۶۸/۸	۰/۸	کل انرژی خروجی (MJ)
-	۰/۵۹	۰/۵۸	۰/۶۲	۰/۵۷	-	کارایی (نسبت انرژی)
-	۰/۷۴	۰/۷۲	۰/۷۸	۰/۷۱	-	بهره‌وری انرژی (kg/MJ)

جدول ۳- انرژی مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر برای تولید گوجه‌فرنگی (MJ/ha)

درصد	میانگین	اندازه مزارع (هکتار)			
		بالای ۱/۵	بین ۱/۵ تا ۰/۶	زیر ۰/۶	
۳۷/۲	۲۴۲۷۲/۲۹	۲۴۲۳۵/۲	۲۴۲۵۵/۳۹	۲۴۳۲۶/۲۹	انرژی مستقیم
۶۲/۷	۴۰۹۶۶/۶۶	۴۲۶۴۳/۷۵	۳۸۳۹۹/۷۶	۴۱۸۵۶/۴۷	انرژی غیر مستقیم
۳۰/۹	۲۰۱۶۷/۲۸	۱۹۸۵۱/۷۲	۲۰۵۲۹/۲۸	۲۰۱۲۰/۸۴	انرژی تجدیدپذیر
۶۹/۱	۴۵۰۷۱/۶۷	۴۷۰۲۷/۲۳	۴۲۱۲۵/۸۸	۴۶۰۶۱/۹۱	انرژی تجدیدناپذیر
۱۰۰	۶۵۲۳۸/۹۵	۶۶۸۷۸/۹۵	۶۲۶۵۵/۱۵	۶۶۱۸۲/۷۶	کل انرژی ورودی

در جدول (۳) میزان انرژی مستقیم، غیر مستقیم، تجدید پذیر و تجدید ناپذیر در سطوح مختلف تولید گوجه‌فرنگی آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد متوسط سهم انرژی مستقیم از کل انرژی ورودی ۳۷/۲ درصد و انرژی غیرمستقیم ۶۲/۷ درصد می‌باشد. همچنین انرژی تجدیدپذیر، به طور متوسط، ۳۰/۹ درصد و انرژی تجدیدناپذیر، ۶۹/۱ درصد از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص داده است.

در جدول (۳) میزان انرژی مستقیم، غیر مستقیم، تجدید پذیر و تجدید ناپذیر در سطوح مختلف تولید گوجه‌فرنگی آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد متوسط سهم انرژی مستقیم از کل انرژی ورودی ۳۷/۲ درصد و انرژی غیرمستقیم ۶۲/۷ درصد می‌باشد. همچنین انرژی تجدیدپذیر، به طور متوسط، ۳۰/۹ درصد و انرژی تجدیدناپذیر، ۶۹/۱ درصد از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص داده است.

سوخت به ترتیب با ۲۰/۶۷ و ۱۳/۲۵ درصد، در رتبه های بعدی قرار دارند. متوسط انرژی خروجی از سیستم نیز برابر با ۳۸/۶ گیگاژول در هکتار به دست آمد. کارایی انرژی در تمام سطوح کوچکتر از یک بوده و این به معنی ناکارآمدی کشت گوجه‌فرنگی از نظر انرژی می‌باشد. گوجه فرنگی یکی از محصولات زراعی است که میزان نهاده زیادی از جمله کود شیمیایی، آب و نیروی کار فراوانی را می‌طلبد. همچنین به دلیل استفاده شدید و متمرکز از ماشین آلات در عملیات آماده سازی زمین، مصرف سوخت بالایی دارد. نتایج این مطالعه نشان داد که میزان مصرف کود در تولید گوجه فرنگی در منطقه مورد مطالعه کارا نیست که این به دلیل مصرف نکردن کودهای شیمیایی بر طبق آزمایش های خاک می باشد. اگر کشاورزان از کودهای شیمیایی بیشتر از مقدار توصیه شده استفاده کنند، موجب افزایش هزینه های تولید ومشکلات زیست محیطی شده و سلامت انسان ها

نتایج این تحقیق نشان داد که تولید گوجه‌فرنگی، به طور متوسط به ۶۵/۲ گیگاژول انرژی ورودی نیاز دارد که از این میزان، کود شیمیایی با متوسط سهم ۵۱ درصد از کل انرژی ورودی، بیشترین سهم را به خود اختصاص داده است. پس از کود شیمیایی، آب و

### نتیجه گیری و پیشنهادات

نتایج این تحقیق نشان داد که تولید گوجه‌فرنگی، به طور متوسط به ۶۵/۲ گیگاژول انرژی ورودی نیاز دارد که از این میزان، کود شیمیایی با متوسط سهم ۵۱ درصد از کل انرژی ورودی، بیشترین سهم را به خود اختصاص داده است. پس از کود شیمیایی، آب و

جهت بهبود شاخص‌های انرژی در کشت گوجه‌فرنگی، پیشنهادهای ذیل ارائه می‌گردد:

۱- تعیین مقدار مناسب کود (به ویژه ازت) جهت کشت گوجه‌فرنگی و همچنین ترویج و تشویق کشاورزان جهت استفاده از کودهای آلی (حیوانی) بیشتر با توجه به نتایج آزمایش‌های خاک و نظر کارشناسان کشاورزی منطقه.

۲- برگزاری کلاس‌های آموزشی و چاپ بروشور برای کشاورزان جهت اجرای روش‌های صحیح در مصرف نهاده‌ها و استفاده از ماشین‌ها.

۳- اصلاح سیستم کشت جهت کاهش میزان آب مصرفی و استفاده از واریته‌های جدید بذر گوجه‌فرنگی در منطقه جهت افزایش نسبت انرژی.

را نیز به خطر می‌اندازد. لذا توصیه می‌شود که از کودهای دامی بیشتر استفاده کنند. همچنین نتایج نشان داد که میزان مصرف سوخت نیز غیر کارا است که بخشی از این به دلیل متوسط اندازه کوچک مزارع کشت گوجه‌فرنگی و پراکندگی قطعات کشت شده می‌باشد. همچنین از آنجا که کشاورزان سیستم کشت جوی و پشته را به طور صحیح اجرا نمی‌کنند، میزان مصرف آب نیز غیرکارا است. استفاده فراوان از نیروی کار در تولید گوجه‌فرنگی موجب هدر رفتن زمان زیادی از زارعین می‌شود که می‌توانند به فعالیت‌های سودآور دیگری بپردازند. به هر حال، استفاده فراوان از نهاده‌ها به منظور کسب حداکثر سود می‌تواند منجر به افزایش هزینه‌های تولید نیز شود. استفاده از تمامی نهاده‌های تولیدی زمانی سودمند است که سیستم تولید کارا باشد.

## منابع

- ۱- الماسی م. کیانی ش. و لویمی ن. ۱۳۷۸. مبانی مکانیزاسیون کشاورزی. انتشارات حضرت معصومه. چاپ دوم
- ۲- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. ۱۳۸۶. اداره بررسیها و سیاستهای اقتصادی. نماگرهای اقتصادی. نشریه شماره ۵۱ (سه ماهه چهارم سال ۱۳۸۶).
- ۳- پاشایی ف.، رحمتی م.، و پاشایی پ. ۱۳۸۷. بررسی و تعیین میزان مصرف انرژی برای تولید گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در گلخانه‌های استان کرمانشاه. مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون. ۶-۷ شهریور ۱۳۸۷. مشهد. ایران.
- ۴- زرین کفش م. ۱۳۶۸. حاصلخیزی خاک و تولید. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ اول.
- ۵- منصورفر ک. ۱۳۷۶. روش‌های آماری. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ چهارم.
- 6- Alam M.S., Alam M.R., and Islam K.K. 2005. Energy flow in agriculture: Bangladesh. American journal of environmental sciences, 1: 213-220.
- 7- 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 Convers Management, 46:655-66.
- 8- Ceccon C., and Giovanardi R. 2002. Energy balance of four systems in north eastern Italy. Italy Journal Agron, 6: 73-78.
- 9- Cetin B., and Vardar A. 2008. An economic analysis of energy requirements and input costs for tomato production in Turkey. Renewable Energy, 33: 428-433.
- 10- Chamsing A., Salokhe V., and Singh G. 2006. Energy Consumption Analysis for Selected Crops in Different Regions of Thailand. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal, 8: 118-136.
- 11- Ercolia L., Mariottib M., Masonib A., and Bonaria E. 1999. Effect of irrigation and nitrogen fertilization on biomass yield and efficiency of energy use in crop production of Miscanthus. Field Crops Research, 63: 68-81.
- 12- Esengun K., Erdal G., Gunduz O., and Erdal H. 2007. An economic analysis and energy use in stake-tomato production in Tokat province of Turkey. Renewable Energy, 32:1873-1881.
- 13- Kennedy S. 2000. Energy use in American agriculture. Sustainable Energy Term Paper.
- 14- Kitani O. 1998. CIGR, Handbook of agricultural engineering volume 5, Energy & Biomass Engineering. ASAE publication.
- 15- Mandal K.G., Saha K.P., Ghosh P.K., and Hati K.M. 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. Biomass Bioenergy, 23 (5):337-45.
- 16- Mohammadi A., Omid M. 2010. Economical analysis and relation between energy inputs and

- yield of greenhouse cucumber production in Iran. *Applied Energy*, 87:191-196.
- 17-Mrini M., Senhaji F., and Pimentel D. 2001. Energy analysis of sugar beet production under traditional and intensive farming systems and impacts on sustainable agriculture in Morocco. *Journal of Sustainable Agriculture*. 20 (4): 5 – 28.
- 18-Ozkan B., Kurklu A., and Akcaoz H. 2004. An input-output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. *Biomass Bioenergy*, 26: 189-95.
- 19-Ozkan B., Akcaoz H., and Karadcniz F. 2003. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey, *Energy Conversion and Management*, 44: 46-56.

