



دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی کرمان

مجله پژوهش‌های تولید گیاهی  
جلد نوزدهم، شماره دوم، ۱۳۹۱  
<http://jopp.gau.ac.ir>

## تعیین میزان مصرف انرژی برای تولید گوجه فرنگی گلخانه‌ای در شهرک‌های گلخانه‌ای استان کرمانشاه

\*محمد هاشم رحمتی<sup>۱</sup>، پیام‌پاشایی<sup>۲</sup>، فرزادپاشایی<sup>۳</sup>، عباس رضایی اصل<sup>۴</sup>  
و آیت محمدرزاداری<sup>۵</sup>

استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، <sup>۲</sup>کارشناس ارشد مکانیزاسیون کشاورزی استان کرمانشاه،  
<sup>۳</sup>کارشناس ارشد مکانیزاسیون کشاورزی جهاد کشاورزی استان کرمانشاه، <sup>۴</sup>استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی  
گرگان، <sup>۵</sup>دانشجوی کارشناسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

### چکیده

به منظور تعیین میزان انرژی مصرفی و شاخص‌های انرژی در کشت گوجه فرنگی گلخانه‌ای در استان کرمانشاه در سال ۱۳۸۷ تعداد سی واحد گلخانه‌ای در دو شهرک گلخانه‌ای در این استان مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفتند. این گلخانه‌ها از نظر سازه و کلیه سیستم‌های بکار برده شده کاملاً مشابه بودند و فقط در سیستم‌های مدیریتی کشت دارای تفاوت‌هایی بودند. جهت انجام این تحقیق ابتدا پرسشنامه‌هایی تهیه گردید که پرسش‌هایی از قبیل مساحت زیر کشت گلخانه، نوع و میزان مصرف کود و سم، تعداد کارگر، میزان مصرف آب، میزان مصرف برق و سوخت، پارامترهای سازه‌ای گلخانه، نوع و مدت زمان استفاده از ماشین‌آلات، سپس با تکمیل نمودن این پرسش‌نامه‌ها برای گلخانه‌های مورد مطالعه اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه انرژی نهاده‌های مصرفی و تعیین شاخص‌های انرژی بدست آمد. پس از انجام محاسبات مربوطه، نتایج بدست آمده نشان داد که در گلخانه‌های مورد مطالعه متوسط انرژی مصرفی برای تولید یک کیلوگرم گوجه فرنگی گلخانه‌ای ۰/۸۰۸۱ مگاژول بوده است. مقادیر متوسط بهره‌دهی انرژی، متوسط افزوده خالص انرژی و نسبت انرژی نیز به ترتیب برابر با ۱/۳۲۷ کیلوگرم بر مگاژول، ۱۲۲۵/۴۲۶- مگاژول بر هکتار و ۰/۹۸۹۹ محاسبه شدند. بدین ترتیب

\*مسئول مکاتبه: hmrahmati@yahoo.com

مقادیر شاخص‌های انرژی بدست آمده نشان داد که بازده انرژی در گلخانه‌های مورد مطالعه در استان کرمانشاه بسیار کم است. اما، چون قیمت نهاده‌های انرژی در ایران کمتر از سایر کشورها می‌باشد و قیمت گوجه فرنگی گلخانه‌ای نیز در بازار گران است بنابراین کشت و تولید گوجه فرنگی گلخانه‌ای در استان کرمانشاه هنوز مقرون به صرفه و اقتصادی است.

### واژه‌های کلیدی: انرژی؛ شاخص‌های انرژی؛ گوجه فرنگی گلخانه‌ای

#### مقدمه

پیش بینی می‌شود که جمعیت جهان تا سال ۲۰۴۰ حداقل به ۱۰ میلیارد نفر برسد از طرفی طبق آخرین آمار ذخایر نفت جهان تا ۴۰ سال آینده به اتمام خواهد رسید. بنابراین انسان در آینده مجبور به تولید غذای بیشتر با انرژی کمتری خواهد بود (کانفورتی و کیامپیترو، ۱۹۹۷). لذا، انسان در آینده مجبور به تهیه مواد غذایی برای ده میلیارد نفر از زمین می‌باشد و چون در سال‌های گذشته اکثر زمین‌های زراعی (حتی نامرغوب) هم تحت کاشت قرار گرفته‌اند. بنابراین فقط استفاده از روش‌های نوین و استفاده بهینه از زمین‌های زراعی موجود به عنوان یکی از چند راه تهیه غذای بشر آینده باقی می‌ماند و همواره باید تولید مواد غذایی با افزایش جمعیت تناسب داشته باشد. در غیر این صورت بشر آینده امکان زیست مسالمت‌آمیز را از دست خواهد داد. بنابراین در آینده صنعتی پایدار و موفق خواهد بود که بتواند در عین تولید زیادتر انرژی کمتری نیز مصرف کند. یکی از روش‌های نوین کشاورزی متراکم<sup>۱</sup>، کشت گلخانه‌ای است (تصدیقی، ۱۹۸۵). در این روش با مساعد نمودن محیط کشت و صرف انرژی بیشتر در سطح کمتر، تولید بیشتری بدست می‌آید. این روش دارای محاسن و معایبی است از محاسن این روش، تولید بیشتر در واحد سطح است به نحوی که در یک سطح مشابه تا ده برابر می‌توان محصول بیشتر به دست آورد (باکر، ۱۹۹۹). از محاسن دیگر این روش تولید خارج از فصل محصول است. که این مزیت باعث شده تا کشاورز با صرف منابع زیاد (پول و انرژی) به این کار اقدام کند. اما احداث گلخانه دارای معایبی نیز هست. ضعف عمده این روش، مصرف بی‌رویه انرژی توسط تولیدکنندگان است. به نحوی که تولید کننده با صرف انرژی زیاد اقدام به کشت محصول نموده که در کشور ما به دلیل استفاده کشاورزان از انرژی یارانه‌ای مصرف انرژی از دیگر نقاط جهان

1- Intensive

بیشتر است و به دلیل قیمت پایین انرژی کشاورز هیچ‌گونه اقدامی در جهت کاهش مصرف انرژی نمی‌کند. اما در نهایت قسمت عمده‌ای از در آمد کشاورز صرف تهیه انرژی (برای گرم و سرد کردن گلخانه) خواهد شد. بنابراین، با بررسی نحوه کشت، مشخص نمودن مراحل انرژی بر می‌توان با ارایه راهکارهایی در جهت کاهش مصرف انرژی، تولید زیاد با مصرف انرژی کمتری را امکان پذیر نمود (الباتاوی و همکاران، ۱۹۹۸؛ هالسبرگن و همکاران، ۲۰۰۱).

در این پژوهش با بررسی گلخانه‌های مختلف از نظر انرژی مصرفی به تفکیک هر مرحله کشت گیاه، گلخانه‌ها را با یکدیگر مقایسه کرده و در نهایت نسبت به شناسایی گلوگاه‌های پر مصرف انرژی اقدام نموده و راهکارهایی در جهت کاهش مصرف انرژی ارائه می‌گردد.

در استان کرمانشاه با احداث چند شهرک متمرکز گلخانه‌ای و دو شهرک در حال احداث و چند تقاضای احداث دیگر، بررسی بر روی گلخانه‌های احداثی از لحاظ مقادیر انرژی مصرفی به تفکیک مراحل مختلف کاشت، داشت و برداشت بسیار ضروری است و می‌تواند از درجه اهمیت بالایی برخوردار باشد. طی سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ احداث گلخانه‌ها در استان با رشد بسیار سریع از سطح ۲ هکتار گلخانه به ۵۰ هکتار رسیده است و کشت گوجه‌فرنگی از لحاظ سطح در مرتبه دوم قرار دارد (سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه، ۲۰۰۷). بنابراین پیشنهاد هر روشی که بتواند در کاهش مصرف انرژی نقش مثبتی داشته باشد، می‌تواند منجر به کاهش قیمت نهایی محصول و افزایش درآمد تولیدکننده گردد. لذا با در نظر گرفتن سطح زیر کشت گلخانه‌ای در کل کشور و روند رو به رشد آن می‌توان مقدار قابل توجهی از میزان استفاده منابع انرژی را کاهش داد و آن را برای نسل‌های آینده حفظ نمود.

بنابراین هدف اصلی این پژوهش بررسی و تعیین میزان مصرف انرژی با استفاده از شاخص‌های انرژی (بهره‌دهی انرژی، نسبت انرژی و افزوده خالص انرژی) در گلخانه‌های استان کرمانشاه است تا بدین وسیله ارائه راه کارهایی جدید به منظور بهینه سازی مصرف انرژی در گلخانه‌های استان ممکن گردد.

در استان کرمانشاه تعداد گلخانه‌هایی که به تولید گوجه فرنگی اشتغال دارند در حدود ۱۱۳ واحد هستند (در حال حاضر ۸۰ گلخانه فعال می‌باشد) که بیشتر این گلخانه‌ها در شهرستان قصرشیرین واقع شده‌اند. برای تعیین اندازه جامعه آزمایشی مورد مطالعه در سطح اعتماد آماری (۹۵ درصد) انتخاب جامعه آزمایشی کوچک نیز کافی می‌باشد (آولانی و چنسلر، ۱۹۷۷؛ بندر، ۲۰۰۱؛ بریجز و اسمیت،

۱۹۷۹) اما برای بالا بردن دقت تعداد ۳۰ عدد گلخانه از میان آنها به تصادف انتخاب شد. لازم به ذکر است که گلخانه‌های مورد مطالعه همگی دارای مشخصات فنی واحد و رقم کشت یکسانی هستند و تنها تفاوت آنها در نحوه اعمال مدیریت گلخانه است. بنابراین تنها به بررسی عوامل تأثیر گذار (نهاده‌های انرژی ورودی) پرداخته خواهد شد.

**شاخص‌های انرژی:** شاخص‌ها به عنوان ابزاری هستند که امکان مقایسه سیستم‌ها با یکدیگر و مطالعه جزء به جزء آنها را با هم برای ما فراهم می‌کنند. در مکانیزاسیون ۳ شاخص مهم انرژی وجود دارد، که امکان شناخت جامع از وضعیت انرژی در کشاورزی را برای ما مهیا می‌سازد. با مطالعه شاخص‌های انرژی می‌توان مراحل مختلف تولید محصول، مقایسه بازده انرژی در تولید محصولات مختلف را با روش‌های متفاوت در مناطق مختلف بررسی کرد (کاناکسی و همکاران، ۲۰۰۵).

**نسبت انرژی ( $ER^1$ ):** نسبت بین کالری گرمایی محصولات خروجی ( $E_{OU}$ ) و کل انرژی صرف شده در عوامل تولید ( $E_{IN}$ )<sup>۲</sup> بوده، فاقد واحد می‌باشد و تأثیر واحد انرژی نهاده در دستیابی به اهداف مصرف کننده را نشان می‌دهد. اهداف مصرف کننده می‌تواند غذا، بیوماس یا بیوسوخت و محصول باشد. این شاخص با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده در این پژوهش محاسبه خواهد شد (کوچکی و حسینی، ۱۹۹۴؛ کوچکی، ۱۹۸۹؛ پن و همکاران، ۱۹۹۹؛ پروانچون، ۲۰۰۲).

**بازده خالص انرژی ( $NEG^3$ ):** بازده خالص انرژی یا انرژی خالص تولیدی، تفاضل بین انرژی ناخالص تولید شده و کل انرژی مورد نیاز برای تولید است. در فرآیند کشاورزی واحد  $NEG$  وابسته به واحد تولید است. این شاخص با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده در این پژوهش محاسبه خواهد شد. این شاخص بر حسب مگاژول بر هکتار اندازه گیری می‌شود (هلبرگن و همکاران، ۲۰۰۲؛ نیوکوپ و همکاران، ۱۹۹۸؛ پیتا و همکاران، ۱۹۹۸).

**بهره‌وری انرژی ( $EP^4$ ):** شاخصی از مقدار محصول تولید شده در واحد انرژی ورودی است. نسبت  $ER$  به  $EP$  در واقع همان ارزش گرمایی محصول است. مقدار  $EP$  بسته به نوع محصول، موقعیت و

- 
- 1- Energy ratio
  - 2- Output energy
  - 3- Input energy
  - 4- Net energy gain
  - 5- Energy productivity

زمان متفاوت است و می‌تواند به عنوان یک شاخص برای ارزیابی انرژی در سیستم تولید با یک محصول خاص بکار رود. برای بهبود *EP* در یک پروسه هم می‌توان انرژی مصرفی در تولید نهاده را کاهش داد و عملکرد محصول را بهبود بخشید و یا میزان ضایعات را کاهش داد. این شاخص با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده در این پژوهش محاسبه خواهد شد (الماسی و همکاران، ۱۹۹۹ و الماسی و همکاران، ۲۰۰۵).

پس از محاسبه شاخص‌ها با تحلیل مصرف انرژی می‌توان موارد زیر را مشخص نمود.

- محاسبه کل انرژی مصرفی در سیستم
- محاسبه انرژی هریک از نهاده‌های مصرفی در سیستم
- محاسبه کل مقادیر انرژی نهفته در خروجی سیستم
- محاسبه شاخص‌های مربوطه و تحلیل کارایی انرژی در سیستم
- تعیین گلوگاه‌های هدر رفت انرژی

### مواد و روش‌ها

برای جمع‌آوری اطلاعات و اطمینان از دقتی بودن اطلاعات دریافتی ابتدا برای هر واحد گلخانه‌ای یک فرم جمع‌آوری اطلاعات تهیه و تنظیم شد (کانفورتنی و سامپیترو، ۱۹۹۷؛ گالوانی و اسکوبدو، ۲۰۰۱) و به‌صورت مصاحبه مستقیم با تولیدکنندگان گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای فرم‌های مذکور تکمیل گردید. از هر گلخانه در مرحله آماده‌سازی زمین تا اتمام برداشت به صورت هفته‌ای بازدیدهایی انجام شد و اطلاعات اخذ شده در فرم‌های مخصوص هر گلخانه ثبت گردید. همگی گلخانه‌های مورد مطالعه دارای سازه فلزی با پوشش‌های پلاستیکی بودند و گلخانه‌ها همگی در جهت شمال-جنوب (عمود بر جهت باد) ساخته شده‌اند. در تمامی گلخانه‌ها سیستم گرمایشی بخاری گازی بود. به‌منظور افزایش دقت در اندازه‌گیری میزان سوخت مصرفی، چندین مرتبه از تمامی مخازن سوخت گلخانه‌ها بازدید شد و تغییرات اندازه سطح سوخت مصرفی آنها مشاهده و مقدار مصرف سوخت محاسبه گردید. در مورد میزان انرژی الکتریکی مصرفی، تغییرات شاخص کنتور از ابتدا تا انتهای دوره کشت ثبت شد و با هماهنگی به عمل آمده با تولیدکننده از مصرف غیر ضروری انرژی الکتریکی جلوگیری به عمل آمد. میزان کود حیوانی مصرفی بر اساس اندازه‌گیری توسط باسکول محاسبه شد و میزان کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها نیز با اندازه‌گیری تعداد دوره‌ها و میزان استفاده در هر دوره

محاسبه گردید. میزان انرژی مصرفی ماشین آلات با اندازه گیری ساعات کار و مقدار مصرف ویژه سوخت آنها محاسبه گردید. ضمناً برای تعیین مقدار آب مصرفی در طول دوره کشت، تغییرات شاخص کنتور آب هر گلخانه ثبت گردید (هیترلی، ۲۰۰۴؛ سایه و همکاران، ۲۰۰۰). سنجش میزان انرژی نیاز به شاخص‌هایی دارد تا توسط آنها میزان مصرف انرژی و مقایسات آنها ممکن شود.

**جمع‌آوری اطلاعات:** برای بدست آوردن اطلاعات مورد نیاز، پرسشنامه‌هایی تهیه شده و برای تکمیل آنها از ۳۰ گلخانه (که به صورت کاملاً تصادفی از بین همه گلخانه‌های استان انتخاب شده‌اند) اطلاعات مورد نیاز بدست آمد. موارد پرسشنامه‌ها شامل: انواع کود، انواع سموم، ماشین آلات، کارگر، آب، مصرف سوخت یا الکتریسیته موتور پمپ، عملیات زراعی، اندازه‌گیری سطح زیر کشت گلخانه‌ها، پارامترهای ساختمانی گلخانه و اندازه گیری سوخت مصرفی است (هیترلی، ۲۰۰۴ و سایه و همکاران، ۲۰۰۰). برای اندازه گیری سوخت مصرفی، بخاری یا مشعل به یک مخزن با حجم معین متصل می‌گردد و مخزن وزن می‌شود، پس از مدت زمان مشخص وزن مخزن مجدداً یادداشت می‌گردد تا دبی سوخت مصرفی محاسبه شود.

**محاسبات شاخص‌های انرژی:** پس از جمع‌آوری اطلاعات توسط پرسشنامه‌ها، با استفاده از سطح انرژی ویژه (محتوای انرژی) هر کدام از نهاده‌ها، پارامتر انرژی‌های موتور، کارگری، مکانیکی، کود، آفت‌کش‌ها، بذر، آبیاری، انرژی ورودی، انرژی خروجی، عملکرد، نسبت انرژی موتوری به مکانیکی، نسبت انرژی موتوری به کل انرژی ورودی، ظرفیت واقعی، ظرفیت تئوریک، راندمان مزرعه‌ای، شاخص‌های نسبت انرژی، بازده خالص انرژی و بهره‌وری انرژی محاسبه می‌شود (هیترلی، ۲۰۰۴ و سایه و همکاران، ۲۰۰۰).

برای تسهیل مقایسه بین نتایج این پژوهش با پژوهش‌های مشابه، محتوای انرژی هر کدام از نهاده‌ها برابر با رفرنس‌های موجود در تحقیقات انجام شده توسط سایر محققین در نظر گرفته شد (الماسی و همکاران، ۲۰۰۵؛ هیترلی، ۲۰۰۴ و کیتانی و همکاران، ۱۹۹۹). بنابراین در واقع محاسبه میزان انرژی هر کدام از نهاده‌ها از فرمول شماره ۱ که در زیر ارائه گردیده استفاده شد.

$$E_f = E_{con} \times C \quad (1)$$

که در آن:

$E_f$ : میزان انرژی بر حسب مگاژول بر هکتار

$E_{con}$ : محتوی انرژی بر حسب مگاژول بر واحد مصرف

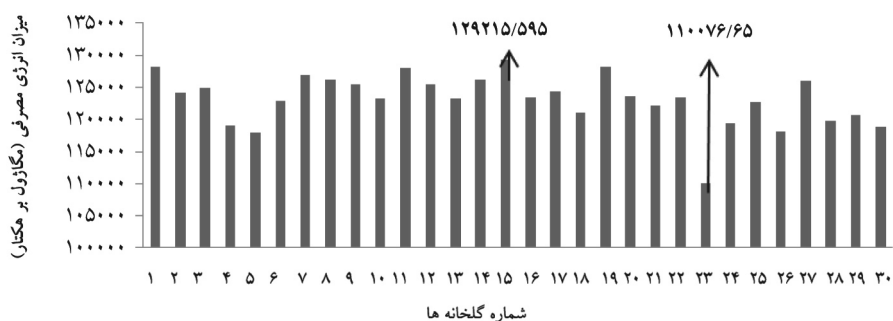
$C$ : میزان استفاده واحد نهاده در واحد سطح بر حسب واحد مصرف بر هکتار

پس از محاسبه انرژی‌های ورودی و خروجی با استفاده از فرمول شماره ۱، میانگین آماری پارامترها و شاخص‌های انرژی استان کرمانشاه در مراحل گوناگون اجرای عملیات تعیین شده و نمودارهای و گراف‌های مربوطه توسط نرم‌افزار Excel ترسیم می‌گردد.

### نتایج و بحث

با استفاده از اطلاعات به دست آمده که در مواد و روش‌ها بیان گردید، مقادیر انرژی نهاده‌های مصرفی در گلخانه‌های مورد مطالعه تعیین گردید. به دلیل حجم زیاد اعداد و ارقام تنها گلخانه‌های دارای مقادیر ماکزیمم و مینیمم انرژی تولیدی مورد بررسی قرار می‌گیرد (هالسبرگن و همکاران ۲۰۰۱؛ کیتانی و همکاران ۱۹۹۹؛ کانفورتی و سیامپیترو، ۱۹۹۷). این مقادیر مربوط به گلخانه شماره ۱۵ که دارای بیشترین انرژی تولیدی و گلخانه ۲۳ که دارای کم‌ترین انرژی تولیدی است (جدول‌های ۱ و ۲).

مقادیر مجموع انرژی مصرفی هر کدام از گلخانه‌ها به ترتیب از کم‌ترین مقدار تا بیشترین مقدار انرژی مصرفی را می‌توان در شکل شماره ۱ مشاهده نمود. این مقادیر از گلخانه شماره ۲۳ برابر  $110.076/65$  مگاژول بر هکتار که کم‌ترین مقدار انرژی مصرفی (ورودی) برای تولید محصول می‌باشد تا مقدار  $129215/595$  مگاژول بر هکتار مصرف انرژی در گلخانه شماره ۱۵ که بیشترین مقدار مصرف انرژی در گلخانه‌های مورد مطالعه را دارا می‌باشد متغیر است. همچنین در نمودار رسم شده در شکل ۱ می‌توان تغییرات مصرف انرژی برای هر کدام از گلخانه‌ها به ترتیب شماره گلخانه مشاهده نمود که روند تقریباً هم‌گرایی را می‌توان در آن به وضوح مشاهده کرد (عددی که مقادیر به سمت آن همگرا هستند را می‌توان همان مقدار متوسط مصرف انرژی در واحد سطح برای گلخانه‌های استان کرمانشاه به شمار آورد یعنی  $123134/7182$  مگاژول بر هکتار).



شکل ۱- روند تغییرات مصرف انرژی به تفکیک شماره گلخانه

جدول ۱- میزان انرژی های ورودی به تفکیک نهاده در گلخانه شماره ۱۵.

مقدار انرژی ورودی نهاده ها (مگاژول بر هکتار)	میزان استفاده واحد نهاده در واحد سطح (واحد یا مقدار بر هکتار)	محتوی انرژی (مگاژول بر واحد)	واحد	نهاده های انرژی ورودی (مصرفی)
۱۰۵۴۳/۲	۴۵۸۴	۲/۳	ساعت	نیروی کارگری
۱۶۴۹۸/۸۳	۲۹۳	۵۶/۳۱	متر مکعب	سوخت (دیزل)
۱۸۱۸۶	۶۰	۳۰۳/۱	تن	کود دامی
۴۵۱۵۲	۶۸۰	۶۶/۴	کیلوگرم	نیترژن
۱۹۹۰/۴	۱۶۰	۱۲/۴۴	کیلوگرم	فسفر
۳۸۴۶/۷۵	۳۴۵	۱۱/۱۵	کیلوگرم	پتاسیم
۱۴۴۴۴/۲۸	۴۰۱۲/۳	۳/۶	کیلووات بر ساعت	الکتریسیته
۱۵۶۸۶	۱۵۵	۱۰۱/۲	کیلوگرم	مواد شیمیایی
۱۳۶۰/۸	۲۱	۶۴/۸	ساعت	ماشین آلات
۱۱۲۲/۶۶	۱۷۸۲	۰/۶۳	متر مکعب	آب
۰/۱	۰/۱	۱	کیلوگرم	بذر
۱۲۹۲۱۵/۵۹۵	۱۲۰۹۲/۴	۶۲۲/۹۳		مجموع



جدول ۲- میزان انرژی‌های ورودی به تفکیک نهاده در گلخانه شماره ۲۳

مقدار انرژی ورودی نهاده‌ها (مگاژول بر هکتار)	میزان استفاده واحد نهاده در واحد سطح (واحد یا مقدار بر هکتار)	محتوی انرژی (مگاژول بر واحد)	واحد	نهاده‌های انرژی ورودی (مصرفی)
۱۱۹۷۸/۴	۵۲۰۸	۲/۳	ساعت	نیروی کارگری
۱۱۲۶۲	۲۰۰	۵۶/۳۱	متر مکعب	سوخت (دیزل)
۱۱۲۱۴/۷	۳۷	۳۰۳/۱	تن	کود دامی
۴۰۵۰۴	۶۱۰	۶۶/۴	کیلوگرم	نیتروژن
۱۸۰۳/۸	۱۴۵	۱۲/۴۴	کیلوگرم	فسفر
۲۷۸۷/۵	۲۵۰	۱۱/۱۵	کیلوگرم	پتاسیم
۱۴۴۰۳/۶	۴۰۰۱	۳/۶	کیلووات بر ساعت	الکتریسیته
۱۳۰۵۴/۸	۱۲۹	۱۰۱/۲	کیلوگرم	مواد شیمیایی
۱۷۴۹/۶	۲۷	۶۴/۸	ساعت	ماشین آلات
۱۰۳۹/۵	۱۶۵۰	۰/۶۳	متر مکعب	آب
۰/۱	۰/۱	۱	کیلوگرم	بذر
۱۱۰۰۷۶/۶۵	۱۲۲۵۷/۱	۶۲۲/۹۳		مجموع

محاسبه اندازه شاخص‌های انرژی، نیازمند داده‌های دیگری نیز هست که عبارتند از انرژی خروجی از سیستم تولیدی و عملکرد محصول هر گلخانه. برای این منظور مقادیر عملکرد و محتوی انرژی خروجی و شاخص‌ها همه با هم در جدول ۳ آمده است که برای هر کدام از گلخانه‌ها این مقادیر آورده شده است. همچنین در جدول مقدار میانگین نیز برای همه گلخانه‌ها آمده است که از متوسط ستون‌های عمودی تک تک گلخانه‌ها محاسبه شده است.

انرژی خروجی هر گلخانه از حاصل ضرب مقدار عملکرد محصول در محتوی انرژی یک کیلوگرم گوجه فرنگی گلخانه‌ای (۰/۸ مگاژول بر کیلوگرم) محاسبه شده است (هیتزلی، ۲۰۰۴؛ سایه و همکاران، ۲۰۰۰). شاخص‌ها نیز با استفاده از توضیحات ارائه شده در مقدمه محاسبه گردیده‌اند. قبل از شروع تجزیه و تحلیل نتایج بهتر است ابتدا روند تغییرات برخی از شاخص‌ها را در نمودارهایی مشاهده شود تا مسأله روشن‌تر و ملموس‌تر گردد. ابتدا در شکل ۲ می‌توان روند تغییرات افزوده خالص انرژی را به تفکیک هر گلخانه مشاهده نمود که در آن می‌توان به وضوح دید که کدامیک از

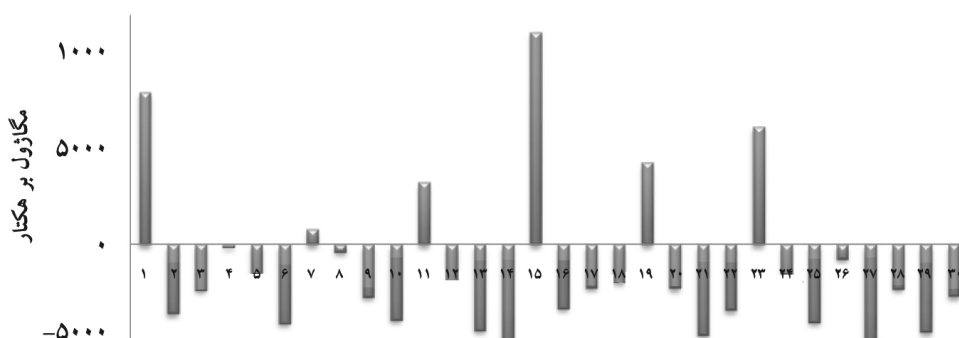
گلخانه‌ها از لحاظ افزایش مقدار محتویات انرژی در محدوده مثبت قرار می‌گیرند و کدامیک از آنها در محدوده منفی قرار خواهند گرفت.

جدول ۳- عملکرد و انرژی خروجی و شاخص‌های ارزیابی انرژی به تفکیک هر گلخانه

شماره گلخانه	عملکرد گلخانه (کیلوگرم م بر هکتار)	مقدار انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)	انرژی خروجی (مگاژول بر هکتار)	نسبت انرژی (بدون بعد)	انرژی خالص (مگاژول بر هکتار)	بهره دهی انرژی (کیلوگرم بر مگاژول)
۱	۱۷۰۲۲۰	۱۲۸۱۹۳/۵	۱۳۶۱۱۶	۱/۰۶۲۲۶۹۱۴۸	۷۹۸۲/۵	۱/۳۳۷۸۳۶۴۳۵
۲	۱۵۰۶۴۳	۱۲۴۱۴۸/۹۴	۱۲۰۵۱۴/۴	۰/۹۷۰۷۲۴۳۵۷	-۳۶۳۴/۵۴	۱/۲۱۳۴۰۵۴۴۷
۳	۱۵۳۲۲۴	۱۲۴۹۷۱/۶۸۵	۱۲۲۵۷۹/۲	۰/۹۸۰۸۵۵۷۸۳	-۲۳۹۲/۴۸۵	۱/۲۲۶۰۶۹۷۲۹
۴	۱۴۸۴۹۵	۱۱۸۹۵۶/۵۴۴	۱۱۸۷۹۶	۰/۹۹۸۶۵۰۳۹۸	-۱۶۰/۵۴۴	۱/۲۴۸۳۱۲۹۹۷
۵	۱۴۵۴۳۰	۱۱۷۸۶۸/۷۸	۱۱۶۳۴۴	۰/۹۸۷۰۶۳۷۵	-۱۵۲۴/۷۸	۱/۲۳۳۸۲۹۶۸۸
۶	۱۴۸۴۳۱	۱۲۲۸۷۹/۷۷	۱۱۸۷۴۴/۸	۰/۹۶۶۳۴۹۴۶۵	-۴۱۳۴/۹۷	۱/۲۰۷۹۳۸۱۳۱
۷	۱۵۹۷۲۶	۱۲۶۹۶۵/۵۸	۱۲۷۷۸۰/۸	۱/۰۰۶۴۲۰۷۹۵	۸۱۵/۲۲	۱/۲۵۸۰۲۵۹۹۴
۸	۱۵۷۲۱۲	۱۲۶۱۸۴/۵۲	۱۲۵۷۶۹/۶	۰/۹۹۶۷۱۱۸	-۴۱۴/۹۲	۱/۲۴۵۸۱۹۷۴۹
۹	۱۵۳۳۵۳	۱۲۵۴۳۸/۳۸	۱۲۲۶۸۲/۴	۰/۹۷۸۰۲۹۲۱۲	-۲۷۵۵/۹۸	۱/۲۲۲۵۳۶۵۱۶
۱۰	۱۴۹۰۷۵	۱۲۳۲۲۷/۰۷	۱۱۹۲۶۰	۰/۹۶۷۸۰۶۸۳	-۳۹۶۷/۰۷	۱/۲۰۹۷۵۸۵۳۸
۱۱	۱۶۳۹۸۷	۱۲۷۹۳۷/۱۳	۱۳۱۱۸۹/۶	۱/۰۲۵۴۲۳۴۰۹	۳۲۵۲/۴۷	۱/۲۸۱۷۷۸۰۱۱
۱۲	۱۵۴۴۰۰	۱۲۵۴۳۶/۷۰۵	۱۲۳۵۲۰	۰/۹۸۴۷۹۸۲۵۳	-۱۹۰۶/۷۰۵	۱/۲۳۰۹۹۷۸۱۷
۱۳	۱۴۸۵۱۲	۱۲۳۳۲۱/۰۷۵	۱۱۸۸۰۹/۶	۰/۹۶۳۴۱۶۸۳۷	-۴۵۱۱/۴۷۵	۱/۲۰۴۲۷۱۰۴۶
۱۴	۱۵۰۹۷۱	۱۲۶۲۵۱/۲۲	۱۲۰۷۷۶/۸	۰/۹۵۶۶۳۸۶۷۶	-۵۴۷۴/۴۲	۱/۱۹۵۷۹۸۳۴۶
۱۵	۱۷۵۴۲۱	۱۲۹۲۱۵/۵۹۵	۱۴۰۳۳۶/۸	۱/۰۸۶۰۶۷۰۴۹	۱۱۱۲۱/۲۰۵	۱/۳۵۷۵۸۳۸۱۲
۱۶	۱۵۰۱۴۶	۱۲۳۴۸۸/۱۴	۱۲۰۱۱۶/۸	۰/۹۷۲۶۹۹۰۷۹	-۳۳۷۱/۳۴	۱/۲۱۵۸۱۳۸۴۸
۱۷	۱۵۲۶۷۹	۱۲۴۴۰۸/۷۳	۱۲۲۱۴۳/۲	۰/۹۸۱۷۸۹۶۲۲	-۲۲۶۵/۵۳	۱/۲۲۲۷۳۳۷۰۳۷
۱۸	۱۴۸۷۵۶	۱۲۰۹۶۲/۷۴	۱۱۹۰۰۴/۸	۰/۹۸۳۸۱۳۶۹۳	-۱۹۵۷/۹۴	۱/۲۲۹۷۶۷۱۱۷
۱۹	۱۶۵۵۱۲	۱۲۸۱۲۹/۶۷	۱۳۲۴۰۹/۶	۱/۰۳۳۴۰۳۱۱۴	۴۲۷۹/۹۳	۱/۲۹۱۷۵۳۸۹۳
۲۰	۱۵۱۵۵۱	۱۲۳۵۳۵/۷۹	۱۲۱۲۴۰/۸	۰/۹۸۱۴۲۲۴۶۹	-۲۲۹۴/۹۹	۱/۲۲۶۷۷۸۰۸۶
۲۱	۱۴۶۶۷۱	۱۲۲۰۹۰/۸	۱۱۷۳۳۶/۸	۰/۹۶۱۰۶۱۷۶۷	-۴۷۵۴	۱/۲۰۱۳۲۷۲۰۹
۲۲	۱۴۹۹۲۰	۱۲۳۳۹۸/۲۳	۱۱۹۹۳۶	۰/۹۷۱۹۴۲۶۲۸	-۳۴۶۲/۲۳	۱/۲۱۴۹۲۸۲۸۵

۱/۳۲۰۲۰۷۳۲۸	۶۱۸۲/۵۵	۱/۰۵۶۱۶۵۸۶۳	۱۱۶۲۵۹/۲	۱۱۰۰۷۶/۶۵	۱۴۵۳۲۴	۲۳
۱/۲۳۳۲۹۴۸۰۸	-۱۵۹۶/۷۰۵	-۰/۹۸۶۶۳۵۸۴۷	۱۱۷۸۱۰	۱۱۹۴۷۶/۷۰۵	۱۴۷۳۵۰	۲۴
۱/۲۰۸۲۷۲۱۴۹	-۴۰۹۷/۹۴	-۰/۹۶۶۶۱۷۷۱۹	۱۱۸۶۶۰	۱۲۲۷۵۷/۹۴	۱۴۸۳۲۵	۲۵
۱/۲۴۱۸۳۷۸۵۲	-۷۷۱/۴۷۵	-۰/۹۹۳۴۷۰۲۸۱	۱۱۷۳۷۶/۸	۱۱۸۱۴۸/۲۷۵	۱۴۶۷۲۱	۲۶
۱/۱۹۷۷۸۲۶۳۹	-۵۲۶۵/۹۳	-۰/۹۵۸۲۲۶۱۱۱	۱۲۰۷۹۲	۱۲۶۰۵۷/۹۳	۱۵۰۹۹۰	۲۷
۱/۲۲۵۵۴۶۶۸۷	-۲۳۴۴/۳	-۰/۹۸۰۴۳۷۳۵	۱۱۷۴۹۱/۲	۱۱۹۸۳۵/۵	۱۴۶۸۶۴	۲۸
۱/۲۰۲۲۹۵۱۸۵	-۴۶۰۶/۶۳	-۰/۹۶۱۸۳۶۱۴۸	۱۱۶۱۰۰	۱۲۰۷۰۶/۶۳	۱۴۵۱۲۵	۲۹
۱/۲۲۱۳۰۱۳۹۴	-۲۷۲۹/۷۶	-۰/۹۷۷۰۴۱۱۱۵	۱۱۶۱۶۸	۱۱۸۸۹۷/۷۶	۱۴۵۲۱۰	۳۰
۱/۲۳۷۴۰۷۸۱۵	-۱۲۲۵/۴۲۶	-۰/۹۸۹۹۲۶۲۵۲	۱۲۱۸۷۳/۱۷۳۳	۱۲۳۰۹۸/۵۹۹۵	۱۵۲۳۴۱/۴۶۶۷	متوسط

با کمی دقت در نمودار شکل ۲ می‌توان دید که گلخانه شماره ۱۵ با افزایش بیشتری در افزوده خالص انرژی به‌ترین کارایی را در میان همه گلخانه‌های دیگر از نظر افزایش خالص سطح انرژی دارد و گلخانه شماره ۲۷ نیز کم‌ترین مقدار را دارد. به طور کلی مثبت بودن مقدار افزوده خالص انرژی (بالاتر بودن از سطح صفر نمودار) را می‌توان به مثبت بودن بهره تبدیل انرژی، در گلخانه تعبیر نمود. همان‌طور که از نمودار مشاهده می‌شود تنها ۶ عدد از ۳۰ گلخانه مورد مطالعه مقداری بزرگ‌تر از صفر دارند پس می‌توان گفت که حدود ۲۰ درصد از گلخانه‌های استان احتمالاً دارای افزوده خالص انرژی مثبت هستند و در حدود ۸۰ درصد آنها نیز دارای افزوده خالص انرژی منفی هستند.

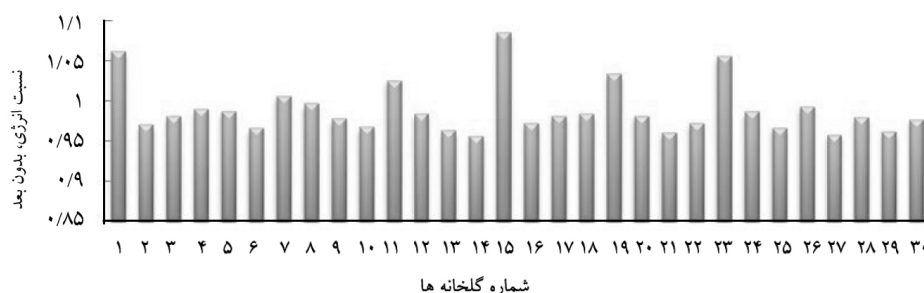


شکل ۲- روند تغییرات افزوده خالص انرژی به تفکیک هر گلخانه

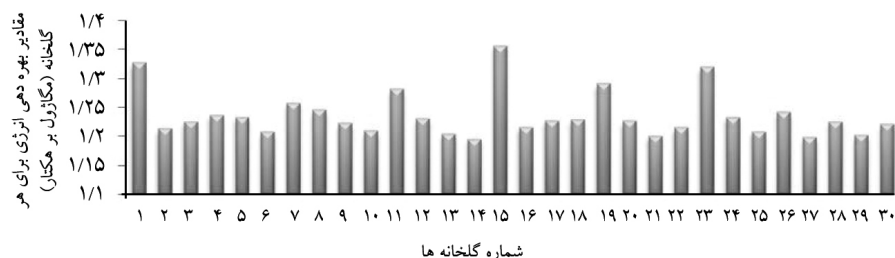
(۲)

$$20\% = \frac{E}{3} \times 100 = \text{درصد گلخانه های با افزوده خالص مثبت}$$

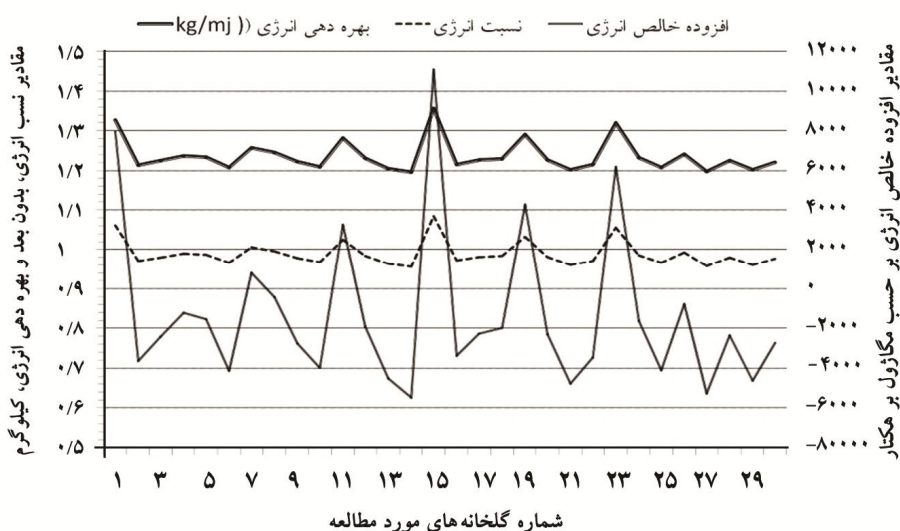
با توجه به توضیحات فوق و همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌گردد مقادیر شاخص‌های انرژی بسیار پایین و نامطلوب می‌باشد. به‌طوری‌که مقادیر متوسط انرژی خروجی، افزوده خالص انرژی، نسبت انرژی و بهره‌دهی انرژی به‌ترتیب برابر است با: ۱۲۱۸۷۳/۱۷ مگاژول بر هکتار، ۱۲۲۵/۴۲۶- مگاژول بر هکتار، ۰/۹۸۹۹۲ و ۱/۲۳۷۴ کیلوگرم بر مگاژول هستند. بنابراین با توجه به این نتایج از نظر علمی می‌توان گفت که اکثریت گلخانه‌های استان کرمانشاه از نظر میزان مصرف، راندمان و کارایی انرژی توجیه پذیر و به صرفه نیستند. دلایل اصلی ایجاد چنین شرایطی در گلخانه‌های گوجه فرنگی استان کرمانشاه عبارتند از: ۱- ارزان بودن قیمت نهاده‌های انرژی در کشور ایران ۲- عدم رعایت اصول صحیح ایزولاسیون گلخانه با محیط خارج ۳- عدم تناسب نوع رقم کاشته شده با شرایط فراهم شده توسط گلخانه دار (به‌دلیل سطح پایین اطلاع رسانی و آموزش) ۴- سوء مدیریت در مصرف سایر نهاده‌های انرژی در گلخانه‌های استان کرمانشاه. در شکل‌های شماره ۳ و ۴ روند تغییرات مقدار نسبت انرژی و روند تغییرات در بهره‌دهی انرژی برای گلخانه‌های مورد مطالعه نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل شماره ۳ مشاهده می‌شود مقدار نسبت انرژی در همه گلخانه‌های مورد مطالعه از یک کمتر است و به‌طوری‌که قبلاً ذکر گردید متوسط نسبت انرژی در این گلخانه‌ها ۰/۹۸۹۹۲ می‌باشد. آزان و همکاران در سال ۲۰۰۳ طی تحقیقی در استان آنتالیا ترکیه مقدار نسبت انرژی در تولید گوجه فرنگی گلخانه ای را ۱/۲۶ بدست آوردند. همچنین در تحقیق دیگری که در استان آنتالیا ترکیه توسط هیتلی و همکاران (۲۰۰۶) انجام پذیرفت مقدار نسبت انرژی در تولید گوجه فرنگی گلخانه ای ۱/۲ گزارش گردید. بنابراین، مقدار نسبت انرژی و به عبارت دیگر بازدهی انرژی در تولید گوجه فرنگی گلخانه ای در استان کرمانشاه در مقایسه با آنتالیا ترکیه کمتر می‌باشد.



شکل ۳- روند تغییرات در نسبت انرژی به تفکیک گلخانه



شکل ۴- روند تغییرات در بهره دهی انرژی به تفکیک گلخانه



شکل ۵- نمودار مقایسه شاخص‌های انرژی به تفکیک گلخانه.

در شکل ۴ مشاهده می‌شود که روند تغییرات افزوده خالص انرژی در این نمودار نیز همانند روند تغییرات در نسبت انرژی است که این موضوع را می‌توان در نمودار مقایسه‌ای شکل ۵ که برای هر سه شاخص با هم رسم شده مشاهده نمود. همچنین در شکل ۵ می‌توان روند مشابه تغییرات در نسبت انرژی و بهره‌دهی انرژی را مشاهده کرد.

### نتیجه‌گیری

در نمودار شکل ۵ می‌توان به وضوح مشاهده کرد که گلخانه شماره ۱۵، بالاترین بهره‌دهی انرژی، نسبت انرژی و افزوده خالص انرژی را دارد و مقادیر مربوط به بازدهی انرژی در همه حالات تنها با

این تفاوت که شیب بسیار تند تری را طی می‌کند با سایر شاخص‌ها (نسبت انرژی و بهره‌دهی انرژی) روند تغییرات مشابهی دارد. اما در این پژوهش هدف، سنجش روند تغییرات شاخص‌ها نیست بلکه هدف، تعیین مقدار انرژی مورد نیاز برای تولید جرم واحد محصول است. متوسط عملکرد گوجه فرنگی استان در گلخانه‌های مورد مطالعه برابر با  $152341/4667$  کیلوگرم در هکتار است و همچنین متوسط انرژی ورودی به گلخانه‌های مورد مطالعه برابر مقدار  $123134/7282$  مگاژول بر هکتار است و از تقسیم این مقادیر خواهیم داشت:

$$\text{مکازول بر کیلوگرم} = \frac{\text{مکازول بر هکتار}}{\text{کیلوگرم بر هکتار}} = \frac{123134/7282}{152341/4667} = 0/8028$$

**عملکرد انرژی** (مکازول بر کیلوگرم)

بنابراین در استان کرمانشاه برای تولید هر کیلوگرم گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای باید در حدود  $0/8028$  مگاژول انرژی صرف شود؛ که این مقدار در حدود  $0/828$  مگاژول بر کیلوگرم بیشتر از مقدار متوسط جهانی است (هیتزلی، ۲۰۰۴ و سایه و همکاران، ۲۰۰۰). کاناکسی و آکانیس (۲۰۰۵) در آنتالیا ترکیه عملکرد انرژی در تولید گوجه فرنگی را  $0/4$  مگاژول بر کیلوگرم گزارش نموده‌اند. به عبارت دیگر برای تولید هر کیلوگرم گوجه فرنگی گلخانه‌ای  $0/4$  مگاژول بر کیلوگرم انرژی صرف شده‌است. هیتزلی و همکاران (۲۰۰۵) طی تحقیقی در ترکیه نسبت انرژی در تولید گوجه فرنگی  $1/21$  گزارش نمودند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد مصرف انرژی در استان کرمانشاه پایین‌تر از عملکرد جهانی مصرف انرژی در تولید این محصول در گلخانه‌های مورد مطالعه متوسط مقادیر شاخص‌های بهره‌دهی انرژی، افزوده خالص انرژی و نسبت انرژی به ترتیب برابر شدند با  $1/327$  کیلوگرم بر مگاژول،  $1225/426$  - مگاژول بر هکتار و  $0/9899$  که منفی بودن مقدار افزوده خالص انرژی و نسبت انرژی کمتر از یک نشان دهنده عدم کارایی مصرف انرژی در گلخانه‌های مورد مطالعه می‌باشد. در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که بازده انرژی در تولید گوجه فرنگی گلخانه‌ای در استان کرمانشاه بسیار کم است و مقادیر شاخص‌های انرژی نیز در وضعیت مطلوبی نمی‌باشد لذا، راهکارهایی به منظور ارتقاء بازده انرژی و شاخص‌های انرژی پیشنهاد می‌گردد که عبارتند از:

- ۱- استفاده از سایر رقم‌های گوجه فرنگی (ارقام جدید) که بتوانند عملکرد محصول گوجه فرنگی (انرژی خروجی) را در واحد سطح افزایش دهد.
- ۲- نصب جداره دوم (احداث گلخانه با پوشش دو لایه‌ای) جهت جلوگیری از اتلاف انرژی حرارتی و کاهش انرژی مصرفی (انرژی ورودی) در

گلخانه‌ها ۳- پایین آوردن دمای گلخانه در شب (بعد غروب تا طلوع آفتاب) تا حد تحمل گیاه ۴- آموزش اصولی متقاضیان احداث گلخانه در مورد احداث صحیح گلخانه‌ها و اصول صحیح کشت گوجه فرنگی گلخانه‌ای توسط کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه.

#### منابع

1. Agricultural Jihad Organization of Kermansha Province. 2008. Annual Report of Agriculture of Kermansha Province. 314p. (In Persian)
2. Almasi, M., Kiani, SH., and Lovaimi, N. 1999. Basis of mechanization. Hazrate Masoumeh Press. 384p. (In Persian)
3. Almasi, M., Javadi, A., and Rahmati, M.H. 2005. Determination of measurement methods, energy indices classification and mechanization standards. Research and Agricultural Education Organization Press, Report, 1186, 321. (In Persian)
4. Avlani, P.K., and Chancellor, W.J. 1977. Energy requirements for wheat production and use in California, Transaction of the ASAE., 20: 730-738.
5. Bakker, R. 1999. Effect of greenhouse construction on future energy consumption in greenhouse, Rapport Landbouw Economisch Institute Lei, 19906, 58p.
6. Bender, M. 2001. Energy Ratios for Mixed Crops. J. Energy. Agric. 3: 120-132.
7. Bridges, T.C., and Smith, E.M. 1979. A method for determining the total energy input for agricultural practices. Transaction of the ASAE. 22: 781-748.
8. Canakci, M., and Akinci, I. 2005. Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production. Energy J. 31: 1243-1256.
9. Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I. and Ozmerzi, A. 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: Case Study for Antalya regions, Turkey. Energy Con. Manage. 46: 366-373.
10. Conforti, P. and Ciampietro, M. 1997. Fossil energy use in agriculture: An international comparison. Agric. Ecosys. Environ. 65: 231-243.
11. Elbatawi, I.E., Mohri, A.K., and Namba, K. 1998. Utilization of solar energy for heating a greenhouse at nighttime. Proceedings of 26<sup>th</sup> International Symposium On Agricultural Engineering, Opatija, Croatia, 3-6 February Pp: 117-124.
12. Galvani, E. and Scobedo, J.F.E. 2001. Energy balance in cucumber crop in greenhouse and field conditions. Bragantia, 60: 127-137.
13. Hatirli, S. 2004. Energy inputs and yield in greenhouse tomato production. University Of Suleyman Demirel. Press, Antalya. Turkey. 450p.
14. Hatirli, S., Ozkan, B., and Fert, C. 2006. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. J. Renewable Energy, 31: 427-438.

15. Hulsbergen. K.J., Feil, B. and Diepenbrock, W. 2002. Rates of nitrogen application required achieving maximum energy efficiency for various crops: Result of a long term experiment. *Field Crops Res.* 77: 113-135.
16. Hulsbergen. K.J., Feil, B., and Biermann, S.G. 2001. A method of energy balancing in crop production. *J. Agric. Ecosys. Environ.* 86: 430-438.
17. Kitani, D., Van, L., De Cock, D., and Lierde, N. 1999. Energy consumption in Belgian glasshouse horticulture. Belgium. Pp: 70-80.
18. Kouchaki, A. 1989. Food and energy in society (Ecological study on energy role in food production). Javid Publication. 338p. (In Persian)
19. Kouchaki, A., and Hossieni, M. 1994. Energy efficiency in agricultural ecosystems. Mashhad University Press. 408p. (In Persian).
20. Nieuwkoop, P., Van, N., Van Der Velden, A., Verhaegh, P., and Van Nieuwkoop, P. 1998. Energy consumption in greenhouses. Meddling Landbouw Economisch Institute, Report. 624. 532p.
21. 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. *J. Biom. Bioenergy.* 26: 89-95.
22. Pan, Q., Huang, Z.D., Ma, C.W. and Li, Y C. 1999. Study on the energy conservation of hubei-type multispan plastic greenhouse and its operation. *Transaction Of The Chinese Society Of Agricultural Engineering.* 15: 155-159.
23. Pervanchon E. T. 2002. Assessment of energy use in arable farming systems by means of an agro-ecological indicator. *The Energy Indicator, Agricultural System.* 72: 149-172.
24. Pita, G.P., Pontes, A.M., Vargues, A. and Marcelis, L.F.M. 1998. Mediterranean greenhouse energy balance. Second International Symposium on Models for Plant Growth, Environmental Control and Farm Management in Protected Cultivation, Wageningen, Netherlands, Pp: 375-382.
25. Saye, A., Van Loon, W.K.P., Bot, G.P.A., De Zwart, H.F., Teitel, M. and Bailey, B.J. 2000. The solar greenhouse: A survey of energy saving methods. *Proceedings of The International Conference and British – Israeli Workshop On Greenhouse Techniques Toward The 3<sup>rd</sup> Millennium*, Haifa, Israel, Pp: 825-834.
26. Tasdighi, M. 1985. Agriculture from house gardon to industrial agriculture. Golestan Press. First Edition. 316pp. (Translated in Persian)





Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Plant Production*, Vol. 19(2), 2012  
<http://jopp.gau.ac.ir>

## **Determination of energy consumption to produce tomato in the greenhouses of Kermanshah province**

**\*M.H. Rahmati<sup>1</sup>, P. Pashae<sup>2</sup>, F. Pashae<sup>3</sup>, A. Rezaeiasl<sup>4</sup>  
and A.M. Razdari<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Assistant Prof., Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Res., <sup>2&3</sup>M.Sc. Expert of Agricultural Mechanization, <sup>4</sup>Assistant Prof., Gorgan University of Agri. Sciences and Natural Res., <sup>5</sup>Bachelor Student, Department of Agricultural Machinery Mechanical Engineering

### **Abstract**

In order to determine values of energy consumption and energy indices in cultivating tomato in greenhouses of Kermanshah province, thirty tomato greenhouses in two regions in the province were studied and evaluated. These greenhouses from aspects of construction and other used systems completely were the same and just in planting management were different. To conduct the research at first, questionnaire forms were designed. Some main questions in the questionnaire forms were such as; area of greenhouse, type and rate of fertilizer and chemical materials, number of used worker, value of water consumption, construction parameters of greenhouse and type and using time from machines. Then, these questionnaire forms were filled and thus, requirement information were obtained to calculate consumption energy and determination of energy indices. Obtained results indicated that average values of energy consumption (input energy) to produce one kilogram tomato greenhouse was 0.8081 Mj. Values of energy productivity, net energy gain and energy ratio were respectively 1.327 kg/Mj, -1225.426 Mj/ha and 0.989. The obtained values of energy indices were showed that energy efficiency is low at studied greenhouses in Kermanshah province. However, since prices of energy factors are low and price of produced tomato is expensive thus, cultivation and production of greenhouse tomato is still economic in Kermanshah province.

**Keywords:** Energy; Energy Indices; Tomato Greenhouse

---

\*Corresponding author; Email: hmrahmati@yahoo.com