

تعیین شاخص‌های مهم انرژی در گلخانه‌های خیار در منطقه ورامین

فریدون کشاورزپور لنبر^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۲۶

^۱بخش تحقیقات کشت‌های گلخانه‌ای، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ورامین، تهران، ایران

*مسئول مکاتبه: Keshavarzpour54@gmail.com

چکیده

این پروژه به منظور مطالعه شاخص‌های انرژی در تولید خیار گلخانه‌ای در منطقه ورامین انجام شده است. برای جمع‌آوری داده‌ها، علاوه بر تمرکز داده-برداری در یک گلخانه، بررسی میدانی به صورت تصادفی در ۳۰ گلخانه تولید خیار موجود در منطقه ورامین نیز انجام شد. نهاده‌های انرژی در این مطالعه شامل، انرژی کود، مکانیکی، کارگری، آفت‌کش‌ها، بذر، آبیاری، حمل و نقل بود. با در اختیار داشتن داده‌های مربوط به نهاده‌های انرژی و مقدار انرژی خروجی، شاخص‌های مهم انرژی نیز محاسبه گردیدند. نتایج حاصله نشان داد که متوسط کل انرژی مصرفی برای تولید خیار گلخانه‌ای در منطقه ورامین 4530.1 GJ/ha گردید. بیش‌ترین مصرف انرژی مربوط به نهاده‌های سوخت (گاز مصرفی) و سموم شیمیایی بود که به ترتیب معادل $4463.9/8 \text{ GJ/ha}$ و $27.2/2$ گردیدند. انرژی صرف شده برای سوخت به تنهایی معادل ۹۸ درصد از کل انرژی صرف شده در تولید خیار گلخانه‌ای را داشت. علت مصرف زیاد سوخت در این گلخانه‌ها می‌تواند به علت نامناسب بودن پوشش گلخانه‌ای (پلاستیک) باشد. درصد انرژی صرف شده مستقیم در تولید خیار گلخانه‌ای $98/54$ درصد و انرژی صرف شده به صورت غیرمستقیم کمتر از یک درصد محاسبه شد. عملکرد متوسط محصول 261 تن در هکتار و انرژی تولیدی معادل 208.8 GJ/ha به دست آمد. نسبت انرژی 0.046 ، سود خالص انرژی $(-4321) \text{ GJ/ha}$ و بهره‌وری انرژی 0.057 kg/MJ گردیدند. در نهایت نتایج نشان داد که بهینه‌سازی مصرف گاز می‌تواند باعث کاهش چشمگیری در کل مصرف انرژی در تولید خیار در منطقه ورامین بشود.

واژه‌های کلیدی: مصرف انرژی، گلخانه، بهره‌وری انرژی، ورامین، کارایی انرژی

Determining the Important Energy Indicators in Cucumber Greenhouses in Varamin Region

Fereydoun Keshavarzpour Lonbar¹

Received: 19 May 2021

Accepted: 16 May 2021

¹Greenhouse Cultivation Research Department, Tehran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Varamin, Tehran, Iran

*Corresponding author: Keshavarzpour54@gmail.com

Abstract

This project has been carried out in order to study the energy indicators in greenhouse cucumber production in Varamin region. For data collection, a greenhouse was selected for a concentrated survey and beside, 30 other cucumber production greenhouses were selected randomly and investigated in Varamin region. Energy inputs in this study included embodied energy in fertilizers, chemicals, machinery, labor, seeds, irrigation, and transportation. The results showed that the total energy consumption for greenhouse cucumber production in Varamin region was in average 4530.1 GJ/ha . The highest energy consumption was related to fuel (natural gas) and chemical toxins, which were respectively 4463.9 and 27.2 GJ/ha . The fuel energy consumption alone accounted for 98% of the total energy. The reason for high fuel consumption in these greenhouses was related to greenhouse warming, intensive because of inadequate greenhouse cover (plastic). The energy consumed directly in the production of greenhouse cucumber was 98.54 and the energy consumed indirectly was less than one percent. The average crop yield was 261 tons per hectare and its energy output equivalent was 208.8 GJ/ha . The energy ratio was calculated to be 0.046, net energy gain was $(-4321) \text{ GJ/ha}$ and the energy productivity was 0.057 kg/MJ . Finally, the results showed that optimizing gas consumption can significantly reduce the total energy consumption in cucumber production in Varamin region.

Keywords: Energy consumption, Energy production, Energy efficiency, Greenhouse, Varamin

How to cite:

Keshavarzpour Lonbar, F. 2021. *Determining the Important Energy Indicators in Cucumber Greenhouses in Varamin Region*. Journal of Agricultural Mechanization 6 (2): 75-84.

۱- مقدمه

تحلیل‌های اقتصادی، انرژی و زیست محیطی علاوه بر تحلیل‌های فنی، ضرورت‌های مهم در بررسی پروژه‌های کشاورزی هستند. برای اولین بار تحلیل انرژی در کشاورزی به صورت جدی از دهه ۱۹۷۰ و به دلیل افزایش شدید قیمت مشتقات نفتی آغاز گردید (Kitani, 1999) و بر روی مسائل تشخیص میزان مصرف انرژی، انرژی‌های جایگزین و روش‌های کارآتر تولید تحقیق گردید. برای انجام کار کشاورزی نیاز به انرژی می‌باشد که این انرژی از منابع مختلف تامین می‌شود. برای تولید محصولات کشاورزی که از نظر غذایی و صنعتی مورد نیاز انسان هستند، مقادیر قابل توجهی از انرژی اعم از نیروی کار انسانی و دامی، شیمیایی و فسیلی مصرف می‌شود. به‌همین دلیل نقش انرژی در توسعه و کارایی کشاورزی بسیار با اهمیت است. انرژی مورد نیاز برای انجام کارهای کشاورزی از منابع مختلف تامین می‌شود. موفقیت انسان در سازگار نمودن بعضی سیستم‌های طبیعی با منافع خویش مرهون به کار گرفتن منابع سرشار انرژی کمکی چون سوخت‌های فسیلی بوده است. قسمت قابل توجهی از انرژی مورد نیاز در بخش کشاورزی از فرآورده‌های حاصل از نفت خام تامین می‌شود که انرژی لازم را برای تولید نهاده‌های زراعی و ماشینی و همچنین به کار انداختن ماشین‌های کشاورزی تامین می‌کند. در حال حاضر موتور و کارگر از منابع عمده تامین‌کننده انرژی برای انجام کار هستند و روز به روز سهم توان موتوری در تامین انرژی مورد نیاز در انجام کار همواره افزایش یافته و در مقابل سهم کارگر کاهش داشته است. استفاده از قدرت موتور در کشاورزی علاوه بر افزایش کیفیت و کمیت محصول باعث صرفه‌جویی بسیار زیادی در زمان انجام مراحل مختلف کار کشاورزی مانند کاشت، داشت و برداشت شده و نیاز به قدرت بدنی کارگر جهت انجام عملیات طاقت فرسای کشاورزی را کاهش می‌دهد. در سال‌های گذشته مصرف انرژی به‌ویژه سوخت‌های فسیلی و کودهای شیمیایی که از انرژی فسیلی برای تامین انرژی تولید آن‌ها استفاده می‌گردد، در کشاورزی افزایش چشمگیری داشته است و انرژی داده شده در واحد سطح برای تولید محصول با اختلاف زیادی بیش از گذشته بوده است. عوامل اصلی افزایش مصرف انرژی در بخش کشاورزی شامل افزایش جمعیت، مهاجرت نیروی کار از روستا به شهر، محدودیت زمین‌های قابل کشت، ارزان بودن سوخت و کود، توسعه تکنیک‌های جدید تولید و افزایش سطح زندگی و توقعات کشاورزان است. از طرفی با توجه به بحران انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای (به علت مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی) که خطرهای زیادی برای محیط زیست و انسان دارد، تمام تلاش‌ها بر آن است که مصرف انرژی به‌ویژه سوخت‌های فسیلی تا حد امکان کاهش یابد و حتی الامکان مصرف سوخت‌های فسیلی با حد اکثر کارایی ممکن صورت گیرد. لذا یکی از اهداف عمده مکانیزاسیون کشاورزی بهینه‌سازی استفاده از توان موتوری در انجام عملیات کاشت، داشت و برداشت محصولات کشاورزی با عنایت به کارایی مصرف انرژی می‌باشد (Kochaki, 1994).

ارزیابی جریان‌های مختلف انرژی دخیل در تولید کشاورزی اساس یک تحلیل انرژی را تشکیل می‌دهد. اهداف تحلیل‌های انرژی، کاهش نهاده‌های انرژی و جایگزینی منابع انرژی تجدید پذیر در فرآیند کشاورزی و حتی المقدور کاهش هزینه‌های تولید و روش‌های تولید دوست‌دار طبیعت به عنوان قسمتی از یک سیستم مدیریت بهینه می‌باشد. مدیریت نوین از طریق کشاورزی دقیق، صرفه‌جویی در انرژی را با کاربرد مقادیر صحیح بذر، کود و آفت‌کش‌ها مطابق با شرایط محل، به حداقل رساندن نیاز به تردد ماشین و استفاده از ماشین‌های با اندازه مناسب و مصرف سوخت قابل قبول، انجام عملیات در زمان بهینه، استفاده از تکنولوژی‌ها با نیاز کم انرژی مانند بذور پر بازده و اصولاً هر روشی که بر تولید بیافزاید یا مصرف انرژی را کاهش دهد، امکان پذیر می‌سازد (Almasi, 2001). کشت گلخانه‌ای که در سال‌های اخیر رشد شایان توجهی داشته است، به دلیل ماهیت تولید در خارج فصل، دارای مصرف بالای انرژی می‌باشد. افزایش در کارایی مصرف انرژی در کشت‌های گلخانه‌ای یکی از مهم‌ترین بخش‌های مطالعات انرژی در کشاورزی بوده و هرگونه موفقیتی در زمینه افزایش کارایی مصرف انرژی در کشت‌های گلخانه‌ای، می‌تواند باعث استفاده بهینه از منابع با ارزش انرژی گردد. در این تحقیق با شناخت دقیق روش‌های مختلف تولید خیار گلخانه‌ای و تعیین میزان انرژی مورد نیاز برای تولید این محصول در کل پروسه تولید اعم از کاشت، داشت و برداشت و همچنین تعیین سهم هر یک از منابع تامین‌کننده انرژی مورد نیاز در کل فرآیند تولید خیار گلخانه‌ای می‌تواند در تدوین برنامه و نیازهای آتی بخش کشاورزی به منابع مختلف انرژی برای انجام کار موثر باشد. مزیت‌های فراوان شرایط کنترل شده گلخانه‌ای برای تولید خیار از یک سو و تأثیرات مثبت اقتصادی (ثبات قیمت) باعث شده است که بررسی روش‌های مدیریت بهینه گلخانه‌ای در اولویت‌های برنامه چهارم توسعه قرار گیرد. علی‌رغم تمامی مزیت‌های کشت گلخانه‌ای، مصرف بالای انرژی در گلخانه‌ها، بویژه در فصل سرما از مواردی است که نیاز مبرم به بررسی‌های علمی دارد.

امروزه تحلیل‌های انرژی جزء لاینفک مطالعات کشاورزی است و بدون ارائه فاکتورهای قابل قبول انرژی نمی‌توان یک تکنولوژی را نسبت به دیگری برتری داد. با توجه به آن که شناخت دقیق مراحل مختلف تولید محصول و تعیین میزان انرژی مورد نیاز و سهم هر یک از منابع تامین‌کننده انرژی مورد نیاز تولید محصول می‌تواند در تدوین برنامه و نیازهای آتی بخش کشاورزی به منابع مختلف انرژی برای انجام کار، موثر باشد و از آنجایی که تاکنون بررسی تحلیلی مبحث انرژی در تولید محصولات مختلف کشاورزی در کشور، بسته به شرایط اقلیمی و نوع روش‌های و ترکیب منابع انرژی دخیل در تولید به شکل جامع و برای محصولات گوناگون صورت نگرفته است، ضرورت دارد که تحلیل‌های انرژی به عنوان مکملی برای تحلیل‌های فنی در تصمیم‌گیری‌ها وارد شوند.

(Alikhani et al., 2011) در تحقیقی به منظور مقایسه نوع و

میزان نهاده‌های مصرفی و تعیین بهره‌وری انرژی در گلخانه‌های تولید

صد گلخانه‌ها که به تولید گل‌های شاخه‌بریده اشتغال دارند، مصرف می‌گردد. آنها علت این امر را استفاده از نور مصنوعی جهت پرورش گل دانستند.

Ozkan *et al.* (2004) در مطالعه پرسش‌نامه‌ای از ۸۸ گلخانه که گوجه‌فرنگی، خیار، بادمجان و فلفل کشت می‌کردند، نشان دادند که تولید خیار با مصرف $134/77 \text{ GJ/ha}$ بیش‌ترین شدت مصرف انرژی را دارد. مصرف انرژی گوجه‌فرنگی، بادمجان و فلفل به ترتیب $127/32$ ، $98/68$ و $80/25 \text{ GJ/ha}$ به‌دست آمد. نسبت انرژی خروجی به ورودی برای گوجه‌فرنگی، فلفل، خیار و بادمجان به ترتیب $0/126$ ، $0/199$ ، $0/176$ و $0/161$ برآورد شد.

Galvani & Escobedo (2001) در تحقیق خود برای بررسی مقایسه‌ای انرژی مصرفی در تولید خیار، پارامترهای توازن تابشی خالص (SR)، جریان حرارت در خاک، جریان گرمای نهان تبخیر (LE) و جریان حرارتی به صورت روزانه و در تمام دوره تولید محصول در خارج و داخل گلخانه را مقایسه کردند. نتایج نشان داد که مقدار زیادی از انرژی برای گرمای نهان تبخیر صرف شده است.

نتایج تحقیقاتی Kajbaf *et al.* (2012) در منطقه جیرفت نشان داد که چه مقدار انرژی صرف شده در مناطق جنوبی استان دارای مقادیر کم‌تری بوده و به تبع آن دارای مقدار بالاتری در بهره‌وری انرژی می‌باشد. در گلخانه‌های مورد مطالعه در منطقه جیرفت راندمان و کارایی انرژی پایین بوده و مرقوم به صرفه نیستند. اما به دلیل این که قیمت نهاده‌های مصرفی انرژی در کشور پایین و قیمت محصولات گلخانه‌ای بالا است، این کشت هم‌چنان در منطقه جیرفت صورت می‌گیرد

Kitani (1999) انرژی نهاده‌های تولید در کشاورزی را به دو گروه عمده تقسیم نمود: انرژی مستقیم و انرژی غیرمستقیم. به عقیده او یک سوم انرژی مصرفی در کشاورزی مستقیم و دو سوم غیرمستقیم است. انرژی مستقیم می‌تواند انرژی سوخت‌های فسیلی (گازوئیل، بنزین، CNG، LPG، ذغال سنگ و الکتریسیته نیروگاه حرارتی) یا سوخت‌های زیستی باشد. مصرف انرژی غیرمستقیم مربوط به انرژی مصرف شده در تولید تجهیزات و سایر مواد مصرفی در کشاورزی است. مصرف غیرمستقیم عمده انرژی برای کودها و به‌ویژه کود نیتروژن است. سایر اقلام مهم مصرف غیرمستقیم انرژی ماشین‌های کشاورزی و آفت‌کش‌ها می‌باشد. جهت برآورد انرژی مصرفی در تولید نهاده‌های کشاورزی ضروری است که ارزش گرمایی (آنتالپی) آن‌ها به‌علاوه انرژی لازم برای فرآوری و هم‌چنین در اختیار کشاورز قرار دادن این نهاده‌ها را لحاظ کرد.

Kochaki & Hoseyni (1994) بیان کردند که مقدار انرژی تابشی در تهران 230 کالری بر سانتی‌متر مربع در روز در دی ماه و 700 کالری بر سانتی‌متر مربع در روز در تیرماه است که در بهترین شرایط فقط 50 درصد انرژی خورشیدی واصله جذب گیاه شده و فقط 10 درصد از میزان

گوجه‌فرنگی استان همدان و منطقه جیرفت نشان داد که کل انرژی ورودی برای تولید گوجه‌فرنگی گلخانه‌های در استان همدان و منطقه جیرفت به ترتیب برابر با $133/9$ و 146 گیگاژول در هکتار است. بیش‌ترین مصرف انرژی در بین نهاده‌های تولید گوجه‌فرنگی در هر دو منطقه به ترتیب مربوط به سوخت فسیلی و کودهای شیمیایی بود. میزان نهاده و ستانده انرژی بسته به روش‌های مختلف در عملیات زراعی، شرایط و روش تولید، نوع محصول و درجه مکانیزاسیون گلخانه مقادیر متفاوتی خواهد داشت. در منابع علمی روش‌های مختلفی برای محاسبات انرژی مصرفی به چشم می‌خورد.

Pan *et al.* (1999) در مطالعه‌ای بر روی گلخانه‌های پلاستیکی یک‌پارچه دو جداره مجهز به دریچه‌های حرارتی، سیستم تبادل حرارتی لوله‌های زمینی و ذخیره انرژی انجام دادند. دمای داخل این گلخانه‌ها در زمستان هشت درجه سانتی‌گراد و اختلاف دما با خارج گلخانه یازده درجه سانتی‌گراد بوده و کاهش هزینه‌های انرژی در این روش معنی‌دار بوده است.

Elbatawi *et al.* (1998) سیستمی برای افزایش دمای گلخانه در هنگام شب تدارک دیدند. این سیستم شامل کلکتور تابشی، تانک ذخیره آب گرم، تبادل‌کننده حرارتی و فن است. دما در گلخانه‌های مجهز به این سیستم نسبت به گلخانه‌های فاقد این سیستم به طور معنی‌داری بالاتر بود.

در مطالعه‌ای مقایسه‌ای بین توازن انرژی در گلخانه بین دو حالت وضعیت هوای ابری و آسمان صاف انجام شد. نتایج نشان داد که هنگام روز تابش ورودی از طریق شار گرمایی خاک، تبادل گرمایی دیواره و سقف، شار حرارت تابشی برگشتی و تهویه تلف می‌شود و در هنگام شب شار حرارتی خاک با تابش هدر می‌رود. در این تحقیق یک مدل برای پیش‌بینی وضعیت حرارتی گلخانه برآورد شد (Pita *et al.* 1998).

در یک پژوهشی سیستم جدیدی برای کنترل شرایط گلخانه بسته به شرایط تابشی و وضعیت داخل گلخانه جهت کاهش مصرف انرژی بررسی گردید. محققین در این بررسی، مدل ریاضی جذب تابش، فتوسنتز و تعرق را شبیه‌سازی نموده و موفق به کاهش 8 تا 40 درصدی در انرژی مصرفی شدند (Aaslyng *et al.* 1999).

Bakker (1999) اثرات تغییر ساختار کلی گلخانه‌های هلند را بر انرژی مصرفی تشریح نمود. به نظر او در صورت استفاده از تکنولوژی جدید و کاربرد مواد عایق، گلخانه‌ها در سال 2010 نسبت به سال 1995 ، حدود $14/6$ درصد کاهش مصرف انرژی خواهند داشت. Lierde *et al.* (1999) مصرف انرژی برای گلخانه‌های بلژیک را در دوره $80-97$ تحلیل نمود. 68 درصد از مقادیر تولید در گلخانه‌های بلژیک برای تولید سبزیجات است. هم‌چنین آن‌ها دریافته‌اند که میزان سوخت مصرفی در هر مترمربع گلخانه بیش از هر چیز متاثر از قیمت سوخت و دمای هوای خارج گلخانه است.

Nieuwkoop *et al.* (1998) با بررسی انرژی مصرفی در گلخانه‌های هلند دریافته‌اند که 66 درصد کل انرژی مصرفی در 10 در

انرژی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر انرژی مصرفی برای تولید یک محصول می‌باشند.

منطقه ورامین یکی از مناطق مهم کشت محصولات گلخانه‌ای استان تهران محسوب می‌شود که دارای بالاترین تمرکز گلخانه‌های سبزی و صیفی استان می‌باشد. کشت گلخانه‌ای در استان تهران به دلیل در دسترس بودن بازار مصرف و هم‌چنین بازار نهاده‌های مورد نیاز کشت گلخانه‌ای تولید شده در کشور، یکی از مناطقی است که دارای مزیت نسبی برای تولید این محصول است.

در اکثر کشور های پیشرفته و حتی کشورهای در حال توسعه انرژی استفاده شده در واحد سطح برای تولید محصولات مختلف کشاورزی بررسی شده است. در ایران نیز تحقیق‌های مشابهی در استان‌های اصفهان و منطقه جیرفت انجام گرفته است و از آنجایی که به دلیل تفاوت‌های اقلیمی، سبک ساختمان‌ها و تجهیزات گلخانه‌ای و همین‌طور کشت واریته‌های مختلف و با تکنیک‌های متفاوت نمی‌توان نتایج بدست آمده را در مورد گلخانه‌های کل مناطق کشور تعمیم داد، لذا مطالعه مذکور برای تعیین مقدار انرژی صرف شده در تولید خیار گلخانه‌ای و تجزیه و تحلیل آن بر اساس شاخص‌های مهم انرژی انجام گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

شهرستان ورامین به عنوان یک منطقه گرم و خشک بوده که غالب کشت-های محصولات گلخانه‌ای استان تهران در این منطقه کشت می‌شود. برای اجرای این تحقیق، ابتدا منطقه هدف از نظر ساختار گلخانه‌ها، سطح تکنولوژی و فرآیند تولید خیار گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفته و برای داده برداری روی یک گلخانه به مساحت ۵۰۰۰ متر مربع متمرکز شده و علاوه بر آن با تکمیل پرسشنامه از ۳۰ گلخانه در منطقه به صورت کاملاً تصادفی داده برداری انجام شد.

اکثر محصولات سبزی و صیفی قابل کشت در شرایط گلخانه‌ای بوده و محصول خیار در بین سایر محصولات گلخانه‌ای در کشور، خیار گلخانه-ای از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. جدول یک سطح زیر محصولات سبزی و صیفی گلخانه‌ای در کشور در سال ۱۳۹۵ را نشان می‌دهد.

جدول ۱- سطح زیر کشت محصولات سبزی و صیفی گلخانه‌ای در

کشور (بی‌نام، ۱۳۹۵). آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی

Table 1. Area under cultivation of greenhouse vegetables and summer crops in Iran (Anonymous, 2016)

| درصد تولید | درصد سطح زیر کشت | تولید | سطح زیر کشت | محصولات گلخانه‌ای |
|-----------------------|--------------------------------------|------------------|---------------------------------|----------------------|
| Production percentage | Percentage of area under cultivation | Produce (ton/ha) | The area under cultivation (ha) | Greenhouse products |
| 83.4 | 78.2 | 255 | 6428.1 | خیار Cucumber |
| 9.8 | 8.7 | 270 | 713.8 | گوجه‌فرنگی Tomato |

جذب شده به تولید ناخالص تبدیل می‌گردد و از این مقدار ۲۰ تا ۵۰ درصد در تنفس گیاه مصرف می‌شود

به نظر آن‌ها مصرف انرژی در تولید محصولات زراعی به دو دسته مصرف مستقیم و غیرمستقیم انرژی تقسیم می‌گردد که مصرف مستقیم شامل: مصرف انرژی برای عملیات خاک‌ورزی، کاشت، داشت و برداشت و مصرف انرژی در آبیاری می‌باشد. هم‌چنین انرژی غیرمستقیم را به چهار گروه، تولید تجهیزات، تولید کود، مواد شیمیایی و آفت‌کش‌ها، مصرف انرژی برای فرآیندسازی، تحویل غذا و مواد کشاورزی تقسیم نمودند.

آن‌ها در یک مثال مقایسه‌ای، گازوئیل مصرف شده برای تولید محصول با چهار تیمار خاک‌ورزی متفاوت و سایر عملیات مشابه را به شرح زیر عنوان نمودند: در عملیات شخم با گاوآهن برگردان 71 lit/ha ، با گاوآهن قلمی 66 lit/ha ، با دیسک 55 lit/ha و در سیستم بدون شخم 39 lit/ha .

در تحقیقی برای بدست آوردن مصارف انرژی سیستم‌های زراعی، شاخصی ارائه شد که بر اساس چهار نوع انرژی غیرمستقیم (کودها و سموم شیمیایی) و مستقیم (ماشین‌آلات و سیستم‌های آبیاری) طراحی شده باشد (Pervanchon et al. 2002).

$$E_t = E_{\text{machinery}} + E_{\text{fertilizers}} + E_{\text{pesticides}} \quad (1)$$

بر اساس پیشنهادهای طبق رابطه یک، انرژی مصرفی در عملیات مکانیزه کشاورزی انرژی مصرفی به سه بخش، انرژی ماشین، انرژی سوخت، انرژی کارگر تقسیم می‌گردد (Loewer, 1977; Briddges & Smith, 1979).

یک مطالعه‌ای برای به صفر رساندن مصرف سوخت‌های فسیلی انجام شد. آن‌ها ترکیبی از گلخانه‌های با ترکیب انرژی کم، بازیافت و ذخیره انرژی را بررسی نمودند و کاربرد مواد ساختمانی جدید، دستگاه رطوبت زدا و پمپ گرمایی را توصیه نمودند (Saye et al., 2000).

(Mohammadi & Omoid (2010) در پژوهش خود پیرامون تحلیل اقتصادی و بررسی انرژی مصرفی و محاسبه میزان بهره‌وری در گلخانه‌های تولید خیار گلخانه‌ای در استان تهران، کل انرژی مصرفی را $149 \text{ گیگاژول بر هکتار برآورد کردند که سوخت دیزل با } 41/94 \text{ درصد}$ ($29/4$) $62 \text{ گیگاژول بر هکتار}$ و کود شیمیایی با $19/69$ درصد ($29/4$) $29 \text{ گیگاژول بر هکتار}$ بیش‌ترین سهم از انرژی مصرفی را داشتند.

(Momeni (2019) در تحقیق خود پیرامون بررسی شاخص‌های مصرف انرژی تولید خیار گلخانه‌ای در جنوب استان کرمان دریافت که انرژی مصرفی برای تولید خیار گلخانه‌ای در جنوب استان کرمان معادل $2058 \text{ گیگاژول بر هکتار می‌باشد که از این مقدار } 1752 \text{ گیگاژول بر هکتار یعنی } 85/1 \text{ درصد صرف گرمایش گلخانه شده است. به طور خلاصه می‌توان گفت که نوع محصول، روش کشت، وضعیت مکانیزاسیون، اقلیم منطقه، فصل کشت و دسترسی آسان به نهاده‌های کشاورزی و حامل‌های}$

گردید و بعد از اتمام عملیات، مقدار دقیق سوخت کاهش یافته را با پر کردن مجدد باک اندازه‌گیری نموده و سپس کل انرژی مصرفی با توجه به میزان سوخت مصرفی در هکتار و محتوای انرژی هر لیتر سوخت محاسبه شد. محتوای انرژی یک لیتر سوخت معادل ۵۶/۳۱ مگاژول است (Singh et al. 2010).

انرژی نیروی انسانی (E_{la}): مقدار انرژی کارگری از ضرب تعداد ساعات کار در محتوای انرژی هر ساعت کار کارگری به دست آمد. بر اساس نتایج تحقیقات زنگنه و همکاران (۲۰۰۷)، محتوای انرژی کارگری معادل ۱/۹۶ مگاژول بر ساعت در روز است و مقدار انرژی صرف شده برای کارگری از رابطه دو محاسبه شد.

$$E_{la} = T EC_{la}$$

(۲)

E_{la}: انرژی کارگر (MJ/ha)

T: تعداد ساعات کار کارگر (hr/ha)

EC_{la}: محتوای انرژی کارگری (MJ/hr)

انرژی کود (E_{fer}): برای محاسبه مصرف کود، ابتدا مقدار دقیق کودهای مورد نیاز در تولید خیار مشخص گردید و سپس در محتوای انرژی یک کیلوگرم کود تولیدی ضرب گردید. معادل انرژی کود نیتروژن، فسفات و پتاسیم به ترتیب ۷۸/۱، ۱۷/۴ و ۱۳/۷ مگاژول در هکتار است (Mudahar, 1987).

انرژی سموم (E_{bio}): در محاسبات مقدار انرژی سموم شیمیایی بر

حسب ماده مؤثر آن‌ها مشخص می‌شود. در اکثر منابع معادل انرژی سموم مصرفی را بر حسب کیلوگرم محاسبه کرده‌اند. معادل انرژی حشره‌کش و قارچ‌کش به ترتیب معادل ۱۰۱/۲ و ۲۱۶ مگاژول است (Banaeian & Zangeneh., 2011). از ضرب کردن مقدار سم مصرفی در هم‌ارز انرژی آن، مقدار سموم شیمیایی صرف شده در هکتار به دست آمد.

انرژی بذر (E_{seed}): پس از مشخص شدن مقدار انرژی مصرف شده

برای تولید بذر در یک هکتار، با ضرب کردن مقدار بذر مصرف شده در یک هکتار در معادل انرژی یک کیلوگرم بذر خیار که یک مگاژول است (Singh et al., 2010)، مقدار انرژی مصرف شده برای یک کیلوگرم بذر خیار به دست آمد.

انرژی آبیاری (E_{irr}): منبع تامین آب صرف شده در تولید خیار

گلخانه‌ای در منطقه ورامین از آب کانال و در بعضی موارد از چاه عمیق است. مقدار آب صرف شده در گلخانه‌های مورد مطالعه از آب اشتراکی از منبع کانال و سهمیه بندی بوده که با اندازه‌گیری دبی آب، مجموع ساعات در دفعات آبیاری به دست آمد. و سپس مقدار آب مصرفی را در معادل انرژی آب که بر اساس نتایج تحقیقاتی (Singh et al., 2010) ۱/۰۲ مگاژول بر متر مکعب است، ضرب نموده و مقدار کل انرژی مصرفی آب مصرفی به دست آمد.

| | | | | |
|----------------|--------|-----|-----|-----|
| Pepper | 442.8 | 141 | 5.4 | 3.2 |
| بادمجان | 232.3 | 143 | 2.8 | 1.7 |
| Eggplant | | | | |
| سایر | 400.3 | - | 4.9 | 2 |
| محصولات | | | | |
| Other products | | | | |
| مجموع | 8211.9 | - | 100 | 100 |
| محصولات | | | | |
| Total products | | | | |

بر اساس آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۵، سطح کشت محصولات سبزی و صیفی گلخانه‌ای در کشور به ۸۳۱۱/۹ هکتار رسیده است که سهم خیار گلخانه با داشتن سطح زیر کشت ۶۴۲۸/۱ هکتار معادل ۸۳/۴ درصد می‌باشد.

منطقه ورامین یکی از مناطق مهم کشت محصولات گلخانه‌ای استان تهران محسوب می‌شود که دارای بالاترین تمرکز گلخانه‌های سبزی و صیفی استان می‌باشد. کشت گلخانه‌ای در استان تهران به دلیل در دسترس بودن بازار مصرف و همچنین بازار نهاده‌های مورد نیاز کشت گلخانه‌ای تولید شده در کشور، یکی از مناطقی است که دارای مزیت نسبی برای تولید این محصول است.

در این مطالعه، ارزیابی انرژی سیستم تولید طی مراحل زیر تحلیل شد:

- ▲ محاسبه انرژی تمامی نهاده‌های دخیل در سیستم.
- ▲ ضرب کردن مقادیر هر نهاده در انرژی واحد تولید آن و جمع کردن تمامی اقلام مصرف انرژی.
- ▲ تعیین تمامی ستاده‌های سیستم و محصولات فرعی.
- ▲ محاسبه کل مقادیر انرژی نهفته در تولیدات سیستم.
- ▲ محاسبه شاخص‌های مربوطه و تحلیل کارایی انرژی در سیستم.

اقلام انرژی نهاده‌های یک سیستم کشاورزی متداول شامل ماشین، سوخت، دام، کارگر، کود، آفت‌کش‌ها، بذر، آبیاری، حمل و نقل می‌باشد (تمامی موارد فوق‌الذکر بر حسب ha/MJ محاسبه شده‌اند).

انرژی ماشین (E_{mech}): انرژی مصرفی ماشین‌ها و ادوات کشاورزی

با ضرب تعداد ساعات فعالیت ادوات و ماشین‌های کشاورزی در هکتار در محتوای انرژی هر ساعت فعالیت آن‌ها به دست آمد. مقدار انرژی هر ساعت کار تراکتور معادل ۶۴/۸۰ مگاژول در ساعت است (Singh et al., 2010).

انرژی سوخت (E_{fuel}): برای اندازه‌گیری میزان مصرف سوخت ابتدا

باک سوخت را کاملاً (تا علامت مشخصی از باک) پر و سپس اقدام به اجرای عملیات خاص مانند خاک‌ورزی با ادوات مختلف در یک هکتار

در این رابطه:

$$E_{ou} = \text{انرژی خروجی (مگاژول بر هکتار)}$$

$$E_{in} = \text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)}$$

بهره وری انرژی (EP): شاخصی از مقدار محصول استحصالی در واحد انرژی ورودی است. نسبت ER به EP در واقع همان ارزش گرمایی محصول است که در رابطه شش ارائه شده است. EP بسته به نوع محصول کشاورزی متفاوت است و می تواند به عنوان شاخصی برای ارزیابی آنکه انرژی در سیستم های مختلف تولید آن محصول خاص با چه کارایی به کار رفته است، باشد. برای بهبود EP در یک فرآیند هم می توان انرژی مصرفی در تولید نهاده را کاهش داد و هم عملکرد محصول را بهبود بخشید و یا از ضایعات کاست. این شاخص با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده در این طرح محاسبه شد.

$$EP = \frac{Y}{E_{in}} \quad (۶)$$

در این رابطه:

$$EP: \text{بهره وری انرژی (} \frac{kg}{MJ} \text{)}$$

$$Y: \text{عملکرد محصول (} \frac{kg}{ha} \text{)}$$

شدت انرژی (EI): در انجام محاسبات مربوط به نهاده ها و ستاده های کشاورزی میزان انرژی به ازای واحد یک نهاده یا ستاده را شدت انرژی می گویند. این ضریب بر حسب نوع نهاده یا ستاده دارای واحدهای متفاوتی می باشند. واحد شدت انرژی برای کود، سم و بذر MJ/kg، ماشین ها MJ/kg.a، الکتریسیته MJ/kWh، سوخت MJ/l و کارگر MJ/hr می باشد. مقادیر برآورد شده این شاخص ها در ادبیات فن موجود می باشد.

۳- نتایج و بحث

پس از جمع آوری داده ها و محاسبه میانگین مقدار مصرف نهاده ها و همچنین میانگین عملکرد محصول خیار گلخانه ای در هکتار در منطقه ورامین اقدام به محاسبه پارامترهای مهم انرژی گردید که در جدول ۳ ارائه شده است.

نتایج تحقیق به دست آمده نشان داد که میانگین عملکرد محصول ۲۶۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گردید. میزان انرژی مصرفی در تولید خیار گلخانه ای معادل ۴۵۳۰/۱ گیگاژول در هکتار و انرژی تولیدی ۲۰۸/۸ گیگاژول در هکتار می باشد. همچنین بر اساس محاسبات ارائه شده در جدول ۴، نسبت انرژی تولیدی به انرژی مصرفی معادل ۰/۰۴۶، بهره وری انرژی ۰/۰۵۷ کیلوگرم بر مگاژول و شدت انرژی ۱۷/۳۵ مگاژول بر کیلوگرم محاسبه شد.

از مجموع انرژی ورودی محاسبه شده، بیشترین مقدار انرژی صرف شده در گلخانه خیار شامل انرژی صرف شده برای نهاده های سوخت

انرژی برق مصرفی (E_{el}): مقدار برق مصرف شده در تولید

خیار گلخانه ای از روی کنتور برق قرائت شد. معادل انرژی یک کیلووات ساعت ۱۱/۹۳ مگاژول است (۲۰۱۰، زنگنه). در نهایت از ضرب کردن مقدار برق صرف شده در یک هکتار در هم ارز انرژی آن، مقدار کل انرژی صرف شده برای برق به دست آمد.

کل انرژی ورودی (E_{in}): مجموع انرژی تمامی اقلام نهاده ها طبق

$$\text{رابطه سه بوده و بر حسب } \frac{MJ}{ha} \text{ بیان می گردد.}$$

$$E_{in} = E_{mec} + E_{fer} + E_{bio} + E_{seed} + E_{irr} + E_{tr} + E_{el} \quad (۳)$$

کل انرژی خروجی (E_{out}): برای محاسبه انرژی خروجی بایستی

مقدار عملکرد را در شدت انرژی محصول ضرب نمود. در موارد تولید چند محصولی معمولاً اهمیت نسبی هر کدام از محصولات را در نظر می گیرند. به عنوان مثال در تولید غلات علاوه بر محاسبه انرژی دانه تولیدی، انرژی آن قسمت از کاه را که به مصرف دام می رسد در نظر می گیرند و در مورد آن قسمت از کاه که در خاک باقی می ماند، به عنوان کود ارگانیک در نظر گرفته شده و معادل ارزش انرژی آن، در محاسبات لحاظ می شود. اما در کشت خیار گلخانه ای صرفاً انرژی محصول تولیدی مطرح است.

$$\text{واحد انرژی خروجی } \frac{MJ}{ha} \text{ است.}$$

شاخص های انرژی: شاخص ها به عنوان ابزاری هستند که امکان

مطالعه و مقایسه سیستم ها با یکدیگر را ارائه می دهند. در مکانیزاسیون کشاورزی سه شاخص مهم انرژی وجود دارد که امکان ارائه یک شناخت جامع از وضعیت انرژی در کشاورزی، شیوه های مختلف انجام مراحل گوناگون تولید محصول و مقایسه بازدهی انرژی در تولید محصولات مختلف با شیوه های متفاوت در مناطق گوناگون را با یکدیگر به محققین، مدیران و سایر دست اندرکاران ارائه می دهد.

نسبت انرژی (ER): نسبت بین کالری گرمایی محصولات خروجی

(E_{out}) و کل انرژی صرف شده در عوامل تولید (E_{in}) بوده، فاقد واحد می باشد و تاثیر واحد انرژی نهاده در دست یابی به اهداف مصرف کننده را نشان می دهد. اهداف مصرف کننده می تواند غذا، بیومس و یا بیو سوخت تولیدی باشد. این شاخص با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده در این طرح محاسبه گردیده و از رابطه چهار به دست می آید.

$$ER = \frac{E_{ou}}{E_{in}} \quad (۴)$$

سود خالص انرژی (NEG): مطابق رابطه پنج بازده خالص انرژی

یا انرژی خالص تولیدی تفاضل بین انرژی ناخالص تولید شده و کل انرژی مورد نیاز برای تولید است. در فرایند کشاورزی واحد NEG وابسته به واحد تولید است (مثلاً مگاژول یا گیگاژول در هکتار). این شاخص با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده در این طرح محاسبه شد.

$$NEG = E_{ou} - E_{in} \quad (۵)$$

مصرفی به ترتیب مربوط به سوخت، قارچ‌کش و کود شیمیایی بود و کم-ترین میزان انرژی مصرفی هم مربوط به آب مصرفی بوده است. نهاد سوخت در شهرستان ورامین یکی از تاثیرگذارترین نهاد در تولید خیار گلخانه‌ای شده است. برخلاف خیلی از تحقیقات انجام گرفته در تولید خیار گلخانه‌ای که معمولا کودهای شیمیایی و آب مصرفی دارای بیش‌ترین مصرف انرژی در تولید خیار گلخانه‌ای است، در منطقه ورامین گاز مصرفی به طور چشمگیری رتبه اول مصرف انرژی در تولید خیار گلخانه‌ای با سهم ۹۸ درصد از کل انرژی صرف شده را به خود اختصاص داده است. یکی از دلایل مصرف سوخت در این منطقه نداشتن سازه و پوشش مناسب گلخانه و داشتن منافذ ریز و درشت در پوشش‌های گلخانه‌ای است. دومین نهاد پر مصرف انرژی که مربوط به قارچ‌کش‌ها بود و گلخانه‌داران برای حفظ ظاهر خوب محصول خیار و رساندن آن به مصرف‌کننده، سم و کود زیادی مصرف می‌کنند. نهاد آبیاری بعد از نهاد-های سوخت، قارچ‌کش‌ها، کود شیمیایی و نیروی انسانی، به عنوان پنجمین نهاد پر مصرف انرژی در تولید خیار گلخانه‌ای در منطقه ورامین مشخص گردید.

(گاز)، قارچ‌کش‌ها، نیروی انسانی، کود ازت و آب آبیاری بودند که به ترتیب معادل ۴۵۹، ۱۹/۶، ۱۷/۲، ۸/۷ و ۵/۵ گیگاژول بر هکتار گردیدند. نتایج تحقیقات نشان داد که بیش‌ترین مقدار انرژی صرف شده در تولید خیار گلخانه‌ای مربوط به گاز مصرفی بود که ۹۸ درصد کل انرژی صرف شده در تولید خیار را به خود اختصاص داد و کم‌ترین انرژی صرف شده در تولید خیار مربوط به نهاد بذر بود که یک صدم درصد کل انرژی صرف شده در تولید خیار را به خود اختصاص داده است و با نتایج تحقیقاتی (Lierde *et al.*, 1999) مطابقت دارد. سهم انرژی صرف شده برای سایر نهاد‌های پر مصرف انرژی در تولید خیار گلخانه‌ای که شامل نهاد‌های قارچ‌کش‌ها، نیروی انسانی، کود ازت و آب آبیاری بودند، به ترتیب ۳/۷۵، ۳/۳، ۱/۶ و ۱ درصد از کل سهم صرف شده برای تولید خیار گلخانه‌ای بودند. نتیجه تحقیقاتی این پژوهش با مطالعات تحقیقاتی (Rostami *et al.*, 2013) مطابقت ندارد. در تحقیق مذکور نهاد آب مصرفی در شهرستان بروجن دارای بیش‌ترین مقدار مصرف انرژی در تولید خیار گلخانه‌ای بوده است. نتایج تحقیقات انجام گرفته در شهرستان ورامین نشان داد که مقدار انرژی صرف شده برای یک کیلوگرم خیار گلخانه‌ای معادل دو مگاژول بر هکتار می‌باشد. در این تحقیق بیش‌ترین انرژی

جدول ۲- معادل انرژی نهادها و ستاندها

Table 2. Energy equivalents of inputs and outputs

| مرجع Reference | معادل انرژی Energy equivalent (megajoules per unit) | ورودی / خروجی Output / Input |
|---------------------------|---|--|
| | | الف: ورودی Input |
| Singh et al. (2010) | 1 | بذر (kg) Seed |
| | | Fuel سوخت |
| Kitani, F. (1999) | 35.95 | گاز (m ³) Gas |
| Taki et al. (2012) | 46.3 | بنزین (L) Benzine |
| Omid et al. (2010) | 48.7 | گازوئیل (L) Diesel |
| Hatirli et al., 2006) | 64.8 | ماشین‌ها و ادوات Machines and tools (hr) |
| Ozkan et al. (2004) | 0.3 | کود دامی (kg) |
| | | کود شیمیایی (kg) |
| Mudahar (1987) | 78.1 | ازت Nitrogen |
| Mudahar (1987) | 17.4 | فسفات Phosphate |
| Mudahar (1987) | 13.7 | پتاسیم Potassium |
| Banaeian et al. (2011) | 120 | ریزمغذیها Micronutrients |
| | | آفت‌کش‌ها (kg) Pesticides |
| Banaeian& Zangeneh (2011) | 238 | علف‌کش‌ها Herbicides |
| Banaeian& Zangeneh (2011) | 101.2 | حشره‌کش‌ها Insecticides |
| Banaeian& Zangeneh (2011) | 216 | قارچ‌کش‌ها Fungicides |
| Tabatabaieet al. (2012) | 1.02 | آبیاری (m ³) Irrigation |
| Hatirli et al. (2006) | 1.96 | نیروی انسانی (hr) Manpower |
| | | ب: خروجی Output |
| Takiet al. (2012) | 0.8 | محصول خیار Cucumber product (kg) |

جدول ۳- مقادیر انرژی‌های ورودی و خروجی برای تولید خیار

Table 3. Amounts of input and output energies for cucumber production

| درصد Percentage | انرژی معادل Equivalent energy (MJ/ha) | میزان مصرف در هکتار Consumption per hectare | واحد unit | ورودی / خروجی Output / Input |
|--------------------|---|---|----------------------------|---|
| | | | | الف: ورودی |
| | 1 | 1 | کیلوگرم (kg) | بذر Seed |
| | 4463839.6 | 124168 | متر مکعب (m ³) | سوخت Fuel |
| | 648 | 10 | ساعت (hr) | ماشین‌ها و ادوات Gas |
| | 1710.7 | 5702.4 | کیلوگرم (kg) | Machines and tools کود دامی |
| | 10309.2 | 132 | کیلوگرم (kg) | کود شیمیایی Nitrogen |
| | 1235.4 | 71 | کیلوگرم (kg) | ازت Phosphate |
| | 822 | 60 | کیلوگرم (kg) | فسفات Potassium |
| | 1560 | 13 | کیلوگرم (kg) | پتاسیم ریزمغذیها |
| | 4048 | 40 | کیلوگرم (kg) | Micronutrients آفت‌کش‌ها |
| | 3542 | 35 | کیلوگرم (kg) | Pesticides (kg) |
| | 19656 | 91 | کیلوگرم (kg) | حشره‌کش‌ها Insecticides |
| | 5511.06 | 5403 | کیلوگرم (kg) | قارچ‌کش‌ها Fungicides |
| | 17232.32 | 8792 | ساعت (hr) | آبیاری (m ³) Irrigation |
| | 4530115.3 | | مگاژول در هکتار (MJ/ha) | نیروی انسانی Manpower (hr) |
| | | | | انرژی ورودی کل |
| | 208800 | 261000 | کیلوگرم (kg) | ب- خروجی محصول خیار Cucumber (kg) product |

جدول ۴- مقادیر شاخص‌های مهم انرژی در تولید خیار گلخانه‌ای

Table 4 - Values of important energy indicators in greenhouse cucumber production

| مقدار شاخص انرژی Energy index value | واحد Unit | شاخص انرژی Energy index |
|---|----------------------------|-------------------------------------|
| 0.057 | کیلوگرم بر مگاژول kg/MJ | بهره‌وری انرژی Energy production |
| 0.046 | - | نسبت انرژی Energy ratio |
| 17.35 | مگاژول بر کیلوگرم MJ/kg | شدت انرژی Energy intensity |
| -4321315.3 | مگاژول در هکتار MJ.ha | سود خالص انرژی Net energy profit |

نهاد سوخت به‌عنوان پرمصرف‌ترین نهاد انرژی در تولید خیار گلخانه‌ای تعیین شد که سهم مصرف انرژی توسط این نهاد، ۹۸ درصد بوده و سایر نهاده‌های انرژی فقط دو درصد مصرف انرژی از کل انرژی صرف شده را دارا بودند. نتایج تحقیقاتی نشان داد که میزان گاز مصرفی در گلخانه‌های منطقه ورامین بسیار زیاد است. مدیریت مصرف انرژی در داخل گلخانه و بهینه‌سازی مصرف سوخت در گلخانه می‌تواند تأثیر بسیار زیادی در مجموع انرژی مصرفی در تولید محصولات گلخانه‌ای داشته باشد.

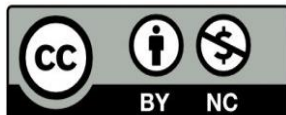
۴- نتیجه‌گیری

این مطالعه به بررسی مصرف انرژی برای تولید خیار گلخانه‌ای در منطقه ورامین پرداخته است. با توجه به داده‌برداری انجام گرفته از گلخانه‌های ورامین میانگین عملکرد محصول ۲۶۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. نتایج تحقیقاتی انجام شده نشان داد که بهره‌وری انرژی در تولید خیار گلخانه‌ای دو مگاژول بر کیلوگرم گردیده و بهره‌وری انرژی نسبت به انرژی صرف شده در کشت خیار گلخانه‌ای بروجن و برخی استان‌ها قابل قبول است. مقدار انرژی صرف شده برای تولید یک کیلوگرم خیار گلخانه‌ای در منطقه ورامین معادل ۱۷/۳۵ مگاژول گردید.

۵- منابع

- Anonymous. (2016). *Agricultural Statistics*, Ministry of Jihad Agriculture, Deputy of Planning and Economy, Information and Communication Technology Center, Volume 2, 2016, page 82.
- Ahmadi, M. and Agha Alikhani, M. (2012). *Analysis of energy consumption in cotton cultivation in order to provide a solution to increase resource productivity*. Journal of Agricultural Ecology. Volume 4. Number 2. Summer 2012. pp. 158-151.
- Aqa Alikhani, M. Haj ghani, M. and Yazdi, Z. (2012). *Comparison of consumption inputs, yield and energy efficiency in tomato greenhouses of Hamadan and Kerman provinces*. 2nd National Congress of Hydroponics and Greenhouse Production.
- Almasi, M., Kiai, Sh. and Loveymi, N. (2001). *Fundamentals of Mechanization*. Hazrat Masoumeh Publications.
- Rostami, S., Alaei, A. and Iman Mehr, A. (2013). *Investigation of energy indicators for cucumber production in Borujen City*. Biosystems Engineering Quarterly, Volume 2- Number 2, Summer 2013.
- Kajbafian, Nasirian, N. (2012). *Investigation of energy efficiency in the greenhouse production system of cucumber and tomato products, in climatic conditions of Khuzestan province*. 2nd National Congress of Hydroponics and Greenhouse Production.
- Kochaki, A. and Hassani, M. (1994). *Energy efficiency of agricultural dracosystems*. Ferdowsi University of Mashhad Publications. The first national conference on agriculture and sustainable natural resources. Mashhad.
- Aaslyng, J.M., N. Ehler, P. Karlsen, E. Rosenqvist, B. Bar Yosef and (ed.) I. Seginer, (1999). *Intelligrow: a component-based climate control system for decreasing greenhouse energy consumption*. Proceedings of the Third International Workshop on Models for Plant Growth and Control of the Shoot and Root Environments in Greenhouses, Bet Dagan, Israel, 21-25 February, (1999). Acta Horticulturae, No. 507: 35-41.
- Bakker, R. (1999). *Effect of greenhouse construction on future energy consumption in greenhouses*. Rapport Landbouw Economisch Instituut LEI, No. 1.99.06, 58 pp.
- Banaeian, N., Omid, M., and Ahmadi, H., (2011). *Energy indices estimation and its optimization for strawberry production in greenhouse*. Iranian Journal of Biosystem Engineering, 2, 42, 151-157. (In Farsi)
- Banaeian, N. and Zangeneh, M., (2011). *Study on energy efficiency in corn production of Iran*. Energy, 36, 5394-5402.
- Bridges, T.C., and E.M. Smith, (1979). *A method for determining the total energy input for agricultural practices*. Transaction of the ASAE, 781- 784.
- Elbatawi, I.E.A., Mohri, K., Namba, K. and Filipovic, D. (1998). *Utilization of solar energy for heating a greenhouse at nighttime*. Actual tasks on agricultural engineering, Proceedings 26th International Symposium on Agricultural Engineering, Opatija, Croatia, 3-6 February 1998, 117-124.
- Galvani, E. and Escobedo, J.F. (2001). *Energy balance in cucumber crop in greenhouse and field conditions*. Bragantia, 60(2): 127-137.
- Hatirli, S.A., Ozkan, B. and Fert, C. (2006). *Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production*. Renewable Energy, 31, 427-38.

- Kitani, F. (1999). *Energy and biomass engineering*. CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Vol. (V) ASAE.
- Lierde, D. Van, De Cock, L., Van Lierde D. and De Cock, L. (1999). *Energy consumption in Belgian glasshouse horticulture*. Studie Centrum voor Landbouweconomie Brussels, No. A83, 70 pp.
- Loewer. (1977). *Beef production of beef with minimum grain and fossil energy inputs*. Vol.: (I, II and III) report to N.S.F.
- Mohammadi, A. and Omid, M. (2010). *Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran*. Applied Energy, 87 (1): 191-196.
- Momeni, D. (1398). *Investigation of energy consumption indices in greenhouse cucumber production in southern Kerman*. Journal of Greenhouse Vegetable Extension, Volume 2, Number 2, Fall, pp. 27-33.
- Mudahar, M.S. and Hignett, T.P. (1987). *Energy requirements, technology and resources in fertilizer sector, Energy in Plant Nutrition and Pest Control*. Energy in World Agriculture, Vol. 2, ed. Hesel, Z. R., pp. 25-61.
- Nieuwkoop, P., Van, N., Van der, V., Verhaegh, A.P. and Van Nieuwkoop, P. (1998). *Energy consumption in greenhouses*. Mededeling Landbouw Economisch Instituut, No. 624, 41 pp.
- 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 and Bioenergy, 26(1): 89-95.
- Pan, Q., Huang, Z.D., Ma C.W. and Li, Y.C. (1999). *Study on the energy conservation of Huabei-type multispan plastic greenhouse and its operation*. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 15 (2): 155-159.
- Pervanchon, F., Bockstaller, C., Girardin, P. (2002). *Assessment of energy use in arable farming systems by means of an agro-ecological indicator*. The energy indicator, agricultural system, 72: 149- 172.
- Pita, G.P.A., Pontes, 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, 25-28 August 1997, Acta Horticulturae, No. 456, 375-382.
- 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 towards the 3rd millennium, Haifa, Israel, 5-8 September, 1999, Acta Horticulturae, No. 534, 131-138.
- Singh, B., Bakshi, R. (2010). *Eco-LCA: A Tool for Quantifying the Role of Ecological Resources in LCA*. International Symposium on Sustainable Systems and Technology: 1-6.
- Singh, H., Mishra, D. and Nahar, N.M. (2010). *Energy use pattern in production agriculture of a typical village in Arid Zone India – Part I*. Energy Convers Manage, 43(16), 2275-2286.
- Tabatabaie, M.H., Rafiee, S. and Keyhani, A. (2012). *Energy consumption flow and econometric models of two plum cultivars productions in Tehran province of Iran*. Energy, 44, 211-216.
- Taki, M., Ajabshirchi, Y., Abdi, R. and Akbarpour, O. (2012). *Analysis of Energy Efficiency for Greenhouse Cucumber Production Using Data Envelopment Analysis (DEA) Technique; Case Study: Shahreza Township*, Journal of Agricultural Machinery Engineering, 2, 28-37. (In Farsi) 30.



This is an open access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)