بررسی و تعیین میزان مصرف انرژی برای تولید خیار گلخانه‌ای (کشت به روش خاکی) مطالعه موردی : در شهرستان مشهد

اکبر ثنایی مقدم[۱] ، حسن عاقل[۲] ، حمید حاج‌محمدی[۱]

۱ - دانشجویان کارشناسی ارشد مکانیزاسیون، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

Email: Aksanaei@gmail.com

چکیده

رشد بالای جمعیت بشری و تأمین نیازهای غذایی آن، بشر را به سمت کشاورزی متراکم سوق داده است. کشت گلخانه‌ای یکی از مهمترین روش‌های این نوع کشاورزی می‌باشد. از طرفی محدودیت انرژی نیز دیگر چالش جدی فرا روی بشر است، و لذا افزایش عملکرد بدون درنظر گرفتن انرژی مصرفی تقریباً بی‌معنی به نظر می‌رسد. از جمله ویژگی‌های استفاده از گلخانه تولید بیشتر در زمان دلخواه، ولی با صرف انرژی بالاتر نسبت به کشت عادی می‌باشد. لذا تحلیل‌های اقتصادی و انرژی علاوه بر تحلیل‌های فنی، از ضرورت‌های مهم در بررسی پروژه‌های گلخانه ای و کشاورزی هستند. منطقه موردی این مطالعه شهرستان مشهد می‌باشد و اطلاعات به روش پرسشنامه‌ای و مصاحبه‌ای در رابطه با میزان مصرف نهاده‌های مختلف در تولید خیار گلخانه ای-که عمده‌ترین محصول مورد کشت گلخانه‌ای آن شهرستان می‌باشد- در دو دوره کشت پاییزه و بهاره جمع‌آوری گردید. شاخص‌های انرژی استاندارد در تولید این محصول تعیین و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج بدست آمده نشان داد که در گلخانه‌های شهرستان مشهد، متوسط انرژی مصرفی برای تولید یک کیلوگرم خیار گلخانه ای ۱/۲۰ مگاژول در دوره پاییزه، و ۰/۹ مگاژول در دوره بهاره بوده است. همچنین در دو دوره بهاره و پاییزه متوسط بهره‌دهی انرژی به ترتیب ۱/۰۵ و ۰/۸۳ کیلوگرم بر مگاژول، متوسط افزوده خالص انرژی ۵۴۴۱- و ۱۴۲۳۷- مگاژول بر ۱۰۰۰مترمربع و نسبت انرژی ۰/۸۴ و ۰/۶۶۳ (بدون بعد) بدست آمد. سوخت فسیلی (۴۶٪)، برق(۳۷٪)، کارگری(۹٪) به ترتیب بیشترین سهم انرژی مصرفی را در تولید خیار گلخانه‌ای دارند. کشت پاییزه خیار دارای کارایی انرژی پایین‌تری است، ولی به علت یارانه‌ای و ارزان بودن نهاده‌ها، تولید محصول برای کشاورز از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه است. استفاده از ابزارهای دقیق کنترل حرارت و استفاده از سیستم‌های گرمایشی با راندمان بالاتر جهت بهینه کردن مصرف انرژی در این گلخانه‌ها پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی : انرژی، بهره‌وری، گلخانه، خیار

مقدمه

رشد بالای جمعیت بشری و تأمین نیازهای غذایی برای این جمعیت و وفول روزافزون منابع انرژی سه مسئله اساسی و غیرقابل اجتناب در دنیای امروزی می‌باشد. به طوری‌که جمعیت ۱۰میلیاردی برای سال ۲۰۴۰ تخمین زد شده است و از طرفی طبق پیش‌بینی‌های صورت گرفته ذخایر نفت جهان تا ۴۰ سال آینده به اتمام خواهند رسید (پاشایی،ف ۱۳۸۷). بنابراین سیستم‌های کشاورزی که بتوانند با کمترین میزان مصرف انرژی، بیشترین مقدار تولید را داشته باشند، در آینده پایدار و موفق خواهد بود. یکی از روش‌های نوین کشاورزی متراکم[1] ، کشت گلخانه‌ای است (Çetin,C 2008). در این روش با مساعد نمودن محیط کشت و صرف انرژی بیشتر در سطح کمتر، تولید بیشتری را بدست می آوریم. این روش دارای مزایا و معایبی است؛ از مزایای این روش، تولید بیشتر در واحد سطح است به طوری‌که در یک سطح مشابه نسبت به حالت زراعت عادی تا ده برابر می‌توان محصول بیشتر به دست آورد (Bakker, R 1999). از مزایای دیگر این روش، تولید غیر فصل محصول است که این مزیت باعث شده تا کشاورز با صرف منابع زیاد (پول و انرژی) به این کار اقدام کند (پاشایی،ف ۱۳۸۷). عیب عمده این روش به دلیل ماهیت تولید در خارج از فصل، مصرف بالای انرژی می‌باشد. افزایش در کارآیی مصرف انرژی در کشت‌های گلخانه‌ای یکی از مهم‌ترین بخش‌های مطالعات انرژی در کشاورزی بوده و هرگونه موفقیتی در زمینه افزایش کارآیی مصرف انرژی در کشت‌های گلخانه‌ای، می‌تواند باعث استفاده بهینه از منابع با ارزش انرژی گردد. علی رغم تمامی مزیت‌های کشت گلخانه‌ای، مصرف بالای انرژی در گلخانه‌ها، به ویژه در فصل سرما از مواردی است که نیاز مبرم به بررسی‌های علمی دارد (شعبانی‌نژ ۱۳۸۷).

در کشور ما به دلیل قیمت پایین انرژی، مصرف انرژی از دیگر نقاط جهان بیشتر است و کشاورز هیچ‌گونه اقدامی در جهت کاهش مصرف انرژی نمی‌کند. اما در نهایت قسمت عمده ای از در آمد کشاورز صرف تهیه انرژی (برای گرم و سرد کردن گلخانه) خواهد شد. لذا، با بررسی نحوه کشت و مشخص نمودن مراحل انرژی‌بر، می‌توان با ارایه راهکارهایی در جهت کاهش مصرف انرژی، تولید زیاد با مصرف انرژی کمتر را امکان پذیر نمود (Elbatawi, I 1998).

استان خراسان رضوی با برخورداری بالغ بر ۵۵۰۶۰۰ مترمربع سطح زیر کشت محصولات گلخانه ای سهم قابل توجهی در تولید این محصولات دارد. حدود ۲۰۰۰۰۰ مترمربع از این متراژ مربوط به مساحت گلخانه های شهرستان مشهد با محصولات عمده خیار، گوجه فرنگی و گلهای زینتی می‌باشد (بی نام ۱۳۸۷). گلخانه-های این شهرستان تحت دو نوع کشت عمده: هیدروپونیک و کشت در خاک با آبیاری قطره ای می‌باشند. عمده‌ترین نوع کشت،کشت نوع دوم با سهم ۸۱/۴ درصد است. محصول خیار با سهم ۳۴/۸ درصد، بیشترین سطح زیر کشت را در بین محصولات گلخانه‌ای به خود اختصاص داده است (عاقل،ح ۱۳۸۸). خیار گلخانه‌ای در مشهد در دو دوره کشت پاییزه و بهاره به عمل می‌آید. دوره بهاره حدودا از اواسط اسفندماه شروع و تا اواخر تیر ماه ادامه دارد. دوره پاییزه نیز از اوسط شهریورماه شروع و پایان آن اوایل دی ماه می‌باشد.

1- Intensive

چتین و وردار[1] (۲۰۰۸)، در بررسی گلخانه‌های تولید گوجه فرنگی دریافتند که تولید گوجه فرنگی ۴۵۵/۳ GJ/1000m^2 مصرف انرژی دارد که ۳۴/۸۲ ٪ و بهره‌وری انرژی ۰/۹۹ kg/MJ می‌باشد. مهمترین هزینه‌ها، هزینه کارگر، ماشین، اجاره زمین و حشره کش-ها می‌باشد و مزارع بزرگ در استفاده از انرژی و بهره‌وری اقتصادی موفق‌تر بوده‌اند (Çetin,C 2008). ازکان[2] و همکاران (۲۰۰۴)، در بررسی چهار نوع سبزیجات گلخانه-ای در آنتالیای ترکیه دریافتند که خیار بیش‌ترین انرژی را بین چهار نوع محصول (گوجه فرنگی، خیار، فلفل و بادمجان) دارد که میزان آن ۱۳۴۷/۷ GJ/ha می‌باشد. انرژی مصرفی برای گوجه فرنگی ۱۲۷۳/۲ GJ/ha، بادنجان ۹۸۶/۸ GJ/ha و فلفل ۸۰۲/۵ GJ/ha می‌باشد. نسبت انرژی برای گوجه فرنگی ۱/۲۶، فلفل ۰/۹۹، خیار۰/۷۶ و بادنجان ۰/۶۱ می‌باشد (Elbatawi, 1 1998). نتایج شعبانی و همکارانش (۱۳۸۷) نشان داد که انرژی مصرفی گل در تولید گل رز 1313/35GJ/1000m2 و انرژی ویژه برای تولید هر شاخه گل رز ۱۳/۷۴ مگاژول می‌باشد و بیش‌ترین سهم انرژی مصرفی مربوط به سوخت می‌باشد (۹۰٪) که برای گرم کردن گلخانه صرف می‌شود (شعبانی‌نژ ۱۳۸۷). پاشایی و همکارانش (۱۳۸۷) نشان دادند که در گلخانه-های شهرستان کرمانشاه متوسط انرژی مصرفی برای تولید یک کیلوگرم گوجه فرنگی گلخانه ای ۰/۸۰۸۱ مگاژول بوده است. مقادیر متوسط بهره دهی انرژی، متوسط افزوده خالص انرژی و نسبت انرژی نیز به ترتیب برابر بودند با ۱/۳۳۷کیلوگرم بر مگاژول، ۱۲۲۵/۴۲۶-مگاژول بر هکتار و ۰/۹۸۹۹ (بدون بعد) (پاشایی،ف ۱۳۸۷).

مواد و روش‌ها

جمع آوری اطلاعات

به منظور تعیین میزان نهاده های مصرفی برای تمامی مراحل تولید (آماده سازی،کاشت، داشت و برداشت) اقدام به جمع‌آوری اطلاعات به طریق پرسشنامه‌ای گردید. برای افزایش دقت در داده‌ها، پرسشنامه‌ها از طریق مصاحبه با کارشناسان فنی گلخانه‌های شهرستان و نیز کارشناسان واحد باغبانی سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی تکمیل شد. جهت تعیین و مقایسه میزان انرژی مصرفی با نتایج سایر تحقیقات مشابه انجام شده، از روش ازکان (۲۰۰۴) برای نوع و ترتیب نهاده ها استفاده شده است(جدول ۱). با استفاده از میزان انرژی استاندارد برای هر یک از نهاده‌ها انرژی ورودی، انرژی خروجی، عملکرد، نسبت انرژی موتوری به مکانیکی، نسبت انرژی موتوری به کل انرژی ورودی، شاخص‌های نسبت انرژی، بازده خالص انرژی و بهره‌وری انرژی محاسبه گردیده است.

جدول ۱- سطح انرژی هر نهاده

نهاده و محصول	واحد	محتوی انرژی MJ/unit
نیروی کارگری	h	2/3
گازوئیل	L	56/31
بنزین	L	۴۶/۳۱
کود دامی	tons	303/1
نیتروژن	kg	66/4
فسفر	kg	12/44
پتاسیم	kg	11/15
الکتریسیته	kwh	3/6
مواد شیمیایی	kg	101/2
ماشین آلات	h	64/8
آب	m^3	0/63
بذر (خیار)	kg	1
خیار	kg	0.8

1- Cetin & Vardar
2- *Ozkan*

انواع انرژی

انرژی‌های مستقیم : انرژی‌هایی که شامل منابع تولید توان هستند. سوخت‌های مصرفی فسیلی، نیروی الکتریسیته(جهت آبرسانی)، نیروی کارگری و نیروی دامی، در صورت استفاده مستقیم در عملیات تولید، جزء انرژی های مستقیم محسوب می‌شوند.

میزان انرژی مصرفی ناشی از سوخت‌های فسیلی طبق الگوی زیر تعیین می‌شود :

- تعیین عرض کار و سرعت انجام کار دستگاه-هایی که عموما در منطقه استفاده می‌شوند.
- تعیین ظرفیت مزرعه ای دستگاه

(۱)

$$\text{ظرفیت مزرعه‌ای} = \frac{\text{عرض کار} \times \text{سرعت}}{۱۰}$$

- تعیین زمان استفاده شده از دستگاه

(۲)

$$\text{زمان مورد نیاز} = \frac{\text{مساحت (هکتار)}}{\text{ظرفیت مزرعه‌ای}}$$

- تعیین مصرف سوخت.

برای تعیین میزان نیروی الکتریکی جهت آبرسانی از رابطه ۳ استفاده می نماییم. با توجه به این رابطه انرژی معادل الکتریسیته برای آبیاری بستگی به عمق منبع آب، منبع توان، سیستم آبیاری و نیاز آبی گیاه دارد (صبور،م ۱۳۸۷):

$$E_p = \rho g H Q / \varepsilon_1 \varepsilon_2 \qquad (۳)$$

که در آن E_p انرژی مورد نیاز بر حسب J/ha و ρ چگالی آب(۱۰۰۰ Kg/m3)، g ثابت گرانش زمین($9.8\ m/s^2$)، H هد دینامیکی کل بر حسب متر، Q حجم آب مصرفی به m3، ε_1 بازده پمپ که معمولا از ۷/. تا ۹/. در نظر گرفته می شود و ε_2 بازده کل تبدیل انرژی و توان می‌باشد که برای الکتروپمپ ۱۸/. تا۲۲/. در نظر گرفته می شود.

انرژی‌های غیر مستقیم: شامل نهاده‌هایی می‌شوند که به عنوان منبع توان محسوب نمی‌شوند از جمله انرژی-های مصرفی در تهیه نهاده‌هایی همچون تولید و ساخت ماشین‌ها، ادوات و تجهیزات آبیاری، تهیه کود و سم. برای تعیین میزان انرژی مصرفی این دسته انرژی‌ها ابتدا میزان مصرفی هر یک از نهاده‌ها را محاسبه نموده و سپس در ضریب انرژی‌های تعیین شده (جدول ۱) ضرب می‌کنیم.

شاخص های انرژی

شاخص‌های انرژی استفاده شده در این تحقیق، به منظور مطالعه جزء به جزء آنها با توجه به اطلاعات جمع آوری شده محاسبه می‌شوند و شامل موارد زیر می‌باشند:

نسبت (کارایی) انرژی(ER[1]): نسبت بین انرژی گرمایی محصولات خروجی (E_{out}) و کل انرژی صرف شده در عوامل تولید (E_{in}) است. فاقد واحد می‌باشد و تاثیر واحد انرژی نهاده در دستیابی به اهداف مصرف کننده را نشان می‌دهد.

بازده خالص انرژی (NEG[2]): بازده خالص انرژی یا انرژی خالص تولیدی، تفاضل بین انرژی ناخالص تولید شده و کل انرژی مورد نیاز برای تولید است. این شاخص بر حسب مگاژول بر ۱۰۰۰ مترمربع است.

بهره‌وری انرژی (EP[3]): شاخصی از مقدار محصول تولید شده در واحد انرژی ورودی است (Kg/Mj). بسته به نوع محصول، موقعیت و زمان متفاوت است و می‌تواند به عنوان یک شاخص برای ارزیابی انرژی در سیستم تولید یک محصول خاص بکار رود.

انرژی ویژه مصرفی(SE[4]): معکوس بهره دهی انرژی است و نشان دهنده انرژی مصرفی برای تولید واحد محصول است(Mj/kg) .

1- Energy Ratio
2 - Net Energy Gain
3- Energy Productivity
4 - Specific Energy

نتایج و بحث

مشخصات زراعی رقم خیار (بذر نگین) کشت شده در سطح منطقه بدین شرح می‌باشد: تراکم کشت این رقم ۲/۵ بوته در مترمربع با دوره زراعی ۱۲۰- ۱۱۵ روزه؛ میزان بذر لازم برای ۱۰۰۰مترمربع سطح گلخانه، ۲۰۰۰ عدد و وزن هزاردانه بذر حدود ۲۰گرم است. عملکرد آن، بسته به نوع مدیریت گلخانه می تواند بین ۲۰ تا ۵۰کیلوگرم در مترمربع باشد. ولی عملکرد آن در منطقه به طور متوسط ۳۵ کیلوگرم در متر مربع است.

انرژی های مستقیم:

انرژی معادل مصرف سوخت برای عملیات آماده سازی و کاشت: شخم زنی با گاوآهن برگرداندار ۲خیشه، دیسک‌زنی با دیسک باغی با عرض ۱.۱ متر با استفاده از تراکتورهای باغی کمرشکن مدل OTM938 با ۳۸ اسب بخار، وOTM930 با ۳۰ اسب بخار انجام می‌گیرد. در جدول ۲ میزان مصرف سوخت و انرژی معادل آن با توجه به ضریب انرژی گازوئیل برای این عملیات محاسبه گردیده است.

انرژی معادل مصرف سوخت برای عملیات داشت: عملیات داشت شامل عملیات سمپاشی، کوددهی، وجین و هرس می‌باشند که در بین آنها تنها، سمپاشی به صورت مکانیزه و توسط سم پاش پشتی موتوری انجام می‌گیرد. نوع و تعداد دفعات سمپاشی بسته به مورد استفاده آن متفاوت است :

- قارچ‌کشی (سموم معمول مورد استفاده: متالاکسی، آلکسان، آلکسین) که معمولا ۳ بار در طول دوره انجام می‌گیرد.
- حشره کشی (سموم معمول مورد استفاده: چس، آکتارا، پریمور) ۲ بار در طول دوره انجام می‌گیرد
- علف کشی (سموم معمول مورد استفاده: رانداب) که ۲بار در طول دوره استفاده می شود.

در جدول ۲ میزان مصرف سوخت عملیات سمپاشی یک دوره، تخمین زده شده است.

انرژی معادل مصرف سوخت برای عملیات برداشت و پس از برداشت: عملیات برداشت صرفا به صورت دستی انجام می‌گیرد، و زمان باردهی این رقم ۶۰ تا ۷۰ روز انتهایی دوره رشد و فاصله زمانی هر دور برداشت نیز دو روز یکبار می باشد.

انرژی معادل آبیاری: نیاز آبی خیار مورد استفاده بسته به مرحله رشد آن متفاوت می‌باشد:

- مرحله ۱ تا ۴ برگی (۱۵ روزه) با نیاز آبی ۱ لیتر برای هر بوته
- گلدهی تا اوج باردهی (۳۰روزه) با نیاز آبی ۴ لیتر در روز برای هر بوته

جدول ۲- محاسبه ساعات کار انجام شده و سوخت مصرفی برای عملیات مختلف (در سطح $1000 m^2$)

نوع عملیات	ظرفیت موثر عملیات	زمان اجرای عملیات (h)	تعداد دفعات عملیات	کل زمان عملیات (h)	نوع سوخت	میزان مصرف سوخت (lit/ha)	کل مصرف سوخت lit/۱۰۰۰m2) (	انرژی معادل مصرفی /۱۰۰۰m2) (MJ
شخم	۰.۱۸۹	۰/۵۳	۱	۰/۵۳	گازوئیل	۳۰	3	۱۶۸/۹۳
دیسک	۰/۴۱۲۵	۰/۲۴	۲	۰/۴۸۵	گازوئیل	۹	۱/۸	۱۰۱/۳۵۸
سم پاش	۰/۳۵	۰/۲۸۵	۷	۲	بنزین	۶/۵	۴/۵۵	۲۱۰/۷۱
						مجموع		٤٨١/٠٠

- بقیه موارد (۶۰ روزه) با نیاز آبی ۲ لیتر در روز برای هر بوته

آب مورد نیاز برای کشت یک دوره خیار گلخانه‌ای در جدول ۴ محاسبه گردیده است.

انرژی مصرفی معادل سیستم گرمایشی: هیترهای مورد استفاده برای سیستم گرمایش برای هر گلخانه ($۱۰۰۰m^2$)، عموما با مشخصات فنی ذیل می‌باشند: مشعل با ظرفیت 150000 Kcal/hr (۶۲۷/۶ Mj/hr)، دارای ۲دمنده. به طور میانگین در مدت کشت پاییزه خیار گلخانه‌ای در منطقه مشهد، ۳۰ ساعت از هیتر استفاده می‌شود. لذا برای تخمین انرژی مصرفی یک دوره کشت پاییزه داریم :

$$E_{ph} = ۶۲۷.۶ \times ۳۰ = ۱۸۸۲۸ \frac{MJ}{۱۰۰۰m^2} \quad (۴)$$

و در کشت بهاره حدود ۱۶ ساعت زمان مصرف هیتر می‌باشد :

$$E_{ph} = ۶۲۷.۶ * ۱۶ = ۱۰۰۴۱.۶ \frac{MJ}{۱۰۰۰m^2} \quad (۵)$$

انرژی معادل الکتریسیته: مصارف برق یک گلخانه، شامل موارد ذیل می‌باشد :

۱) روشنایی و تأمین نور،

۲) فن تهویه،

۳) پمپ آبیاری: با در نظر گرفتن عمق ۱۰۰متری برای ارتفاع بالابری الکتروپمپ و ۴۸۳ مترمکعب آب مصرفی برای یک دوره کشت، با استفاده از رابطه ۳ خواهیم داشت:

$$E_{pump} = \frac{۹۸۰۰ \times ۱۰۰ \times ۴۸۳}{۰.۶ \times ۳۶۰۰} = ۲۲۴۱۶۶.۶۷ MJ$$

در جدول ۴، میزان انرژی معادل برق مصرفی در یک دوره کشت را با تفکیک موارد استفاده برق در گلخانه محاسبه گردیده است.

انرژی معادل نیروی کارگری: اختلاط کود دامی با خاک، ضدعفونی آن، شیارسازی و بذرکاری به صورت دستی و کارگری انجام می‌پذیرد. در جدول ۵ انرژی معادل نیروی کارگری به تفکیک تمام عملیات بدست آمده است

انرژیهای غیر مستقیم

نحوه و میزان کوددهی گیاه بسته به دوره رشد آن تغییر می‌کند :

- قبل از کاشت بذر برای هر ۱۰۰۰ مترمربع میزان عناصر NPK، به ترتیب ۲۸/۵، ۱۷، ۶ کیلو گرم مورد نیاز است.
- بعد از استقرار گیاه 1kgN/1000litwater برای گیاه موردنیاز است. با توجه به جدول ۳ نیاز آبی این دوره ۳مترمکعب(۳۰۰۰ لیتر) می‌باشد. لذا ۳ کیلوگرم کود ازت نیاز گیاه را به این عنصر تأمین می‌کند.
- در طول دوره باردهی مفید گیاه (۸ هفته) طی هر هفته برای ازت ۳، برای فسفر ۰/۵ و پتاسیم ۴ کیلوگرم مصرف می‌شود. لذا در کل میزان NPK برای این دوره به ترتیب ۳۲، ۴، ۲۴ کیلوگرم موردنیاز است.

جدول ۳- محاسبه میزان آب مصرفی و انرژی معادل آن

مرحله رشد	نیاز آبی برای هر بوته (lit/day)	تعداد روز هر مرحله	تعداد بوته در واحد ۱۰۰۰m2	نیاز آبی برای کل در هر مرحله(m3)	ضریب انرژی مصرفی (Mj/m3)	کل انرژی مصرفی (Mj)
تا ۴ برگی	۱	۱۵	۲۰۰۰	۳/۰	۰/۶۳	۱/۸۹
گلدهی تا اوج باردهی	۴	۳۰	۲۰۰۰	۲۴۰/۰	۰/۶۳	۱۵۱/۲
بقیه موارد	۲	۶۰	۲۰۰۰	۲۴۰/۰	۰/۶۳	۱۵۱/۲
					مجموع	۳۰۴/۲۹

جدول ۴- میزان انرژی مصرفی معادل برق مصرفی در یک دوره کشت

نوع مصرف	تعداد	تعداد روز	میزان استفاده (hr)	توان مصرفی واحد (Kw)	توان مصرفی کل(Kwh)	ضریب انرژی (Mj/Kwh)	کل انرژی مصرفی (Mj)
روشنایی	۸	۱۰۰	۸	۰/۲	۱۲۸۰	۳/۶	۴۶۰۸
فن تهویه	۲	۱۰۰	۵	۱/۱	۱۱۰۰	۳/۶	۳۹۶۰
آبرسانی							۲۹۶۱/۴
					مجموع		۱۱۵۲۹/٤

جدول ۴ مجموع انرژی‌های غیرمستقیم

نهاده ها		میزان استفاده	ضریب انرژی مصرفی(Mj)	کل انرژی مصرفی (Mj)
ماشین آلات (hr)		۳/۰۱۵	۶۴/۸	۱۹۵/۳۷۲
تجهیزات آبیاری (m^3)		۴۸۳	۰/۶۳	۳۲۳/۶۱
کود های شیمیایی (kg)	ازت	۳۳	۶۶/۴	۲۱۹۱/۲
	فسفر	۲۱	۱۲/۴۴	۲۶۱/۲۴
	پتاسیم	۶۰/۵	۱۱/۱۵	۶۷۴/۵۷۵
کود دامی (tons)		۱۲	۳۰۳/۱	۳۶۳۷/۲
سموم شیمیایی (Kg)		۶	۱۰۱/۲	۶۰۷/۲
بذر مصرفی (Kg)		۰/۰۴	۱	۰/۰۴
مجموع				۷۸۹۰/٤٤

جدول ۵- میزان انرژی معادل نیروی کارگری

نوع عملیات زراعی	تعداد کار گر	ساعت کار کارگر	تعداد عملیات	مجموع ساعت کاری	ضریب انرژی مصرفی (Mj)	انرژی مصرف شده (Mj)
ضد عفونی کردن خاک	۳	۶	۱	۱۸	۲/۳	۴۱/۴
کود پاشی شیمیایی	۱	۴	۳	۱۲	۲/۳	۲۷/۶
کود پاشی دامی	۳	۸	۱	۲۴	۲/۳	۵۵/۲
شیارسازی	۳	۸	۱	۲۴	۲/۳	۵۵/۲
وجین	۱	۸	۵	۴۰	۲/۳	۹۲
هرس گل	۱	۸	۱۵	۱۲۰	۲/۳	۲۷۶
هرس فرم	۱	۸	۴۰	۳۲۰	۲/۳	۷۳۶
هرس میوه	۱	۸	۳۰	۲۴۰	۲/۳	۵۵۲
سم پاشی	۱	۰/۳	۷	۲/۱	۲/۳	۴/۸۳
آبیاری	۱	۴	۹۰	۳۶۰	۲/۳	۸۲۸
برداشت	۱	۶	۳۰	۱۸۰	۲/۳	۴۱۴
بسته بندی محصول	۱	۶	۳۰	۱۸۰	۲/۳	۴۱۴
رانندگی	۱	۱/۱	۱	۱/۱	۲/۳	۲/۵۳
مجموع				۱۵۲۱/۲		۳٤۹۸/۷٦

جدول ۷، مؤلفه‌های انرژی‌های مستقیم

فصل کشت	سوخت فسیلی			الکتریسیته	نیروی کارگری	مجموع
	گازوئیل	بنزینی	گرمایشی			$Mj/1000m^2$
پاییزه	۲۷۰/۳	۲۱۰/۷۱	۱۸۸۲۸	۱۱۵۲۹/۴	۳۴۹۸/۷۶	۳۴۳۳۷/۱۷
بهاره	۲۷۰/۳	۲۱۰/۷۱	۱۰۰۴۱/۶	۱۱۵۲۹/۴	۳۴۹۸/۷۶	۲۵۵۵۰/۷۷

بنابراین برای تأمین نیاز کودی گیاه برای هر یک از عناصر بدین ترتیب است که: ازت: ۳۳ کیلوگرم، فسفر: ۲۱ کیلوگرم و پتاسیم: ۶۰/۵ کیلوگرم میزان سم مورد نیاز با توجه به تفکیک موارد استفاده آن در قبل اعم از قارچ کش‌ها، علف کش‌ها و حشره‌کش‌ها، ۶ لیتر در مجموع می‌باشد. در جدول ۶ میزان انرژی مصرفی برای هریک از این نهاده محاسبه شده است.

نتایج و پیشنهادات

انرژی مصرفی برای تولید خیار گلخانه ای به روش کشت خاکی در شهرستان مشهد در واحد ۱۰۰۰ مترمربع ۴۲۲۲۷/۶۱ مگاژول در کشت پاییز و ۳۳۴۴۱/۲۱ مگاژول در کشت بهاره و انرژی خروجی حاصل از این فعالیت ۲۸۰۰۰ مگاژول در همان واحد سطح بدست آمد. شاخص‌های انرژی برای این محصول طبق جدول ۸ بدست می‌آیند. همانطور که در نمودار شکل۱ مشاهده می‌شود میزان افزوده خالص انرژی هم در کشت پاییزه و هم در کشت بهاره منفی و به ترتیب ۱۴۲۲۷- و ۵۴۴۱- مگاژول می‌باشد.

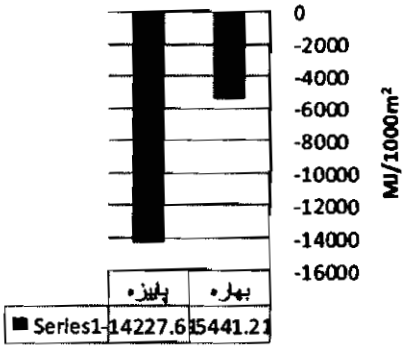
این نشان دهنده کارایی انرژی پایین تر در فصل پاییز به دلیل مصرف بیشتر سوخت مصرفی جهت گرمایش گلخانه نسبت به کشت بهاره می‌باشد. ازکان و همکارانش (۲۰۰۴) میزان انرژی مصرفی برای تولید خیار گلخانه ای در ترکیه را ۱۳۴/۷۷ Gj/ha ($Mj/1000m^2$) ۱۳۴۷۷.۰۰) با نسبت انرژی ۰/۹۹ و عملکرد ۱۲۷/۸۸۰ton/ha ($12/8\ ton/1000m^2$) اعلام داشته اند. این در حالیست که در مشهد نسبت انرژی تولید خیار هم در پاییز و هم در بهار پایین تر بوده؛ ولی از طرفی عملکرد آن نیز در هر دو دوره کشت نسبت به ترکیه بیشتر می باشد. این نشان دهنده پتانسیل تولید بالاتر و نبود مدیریت صحیح مصرف انرژی در گلخانه‌های شهرستان است. ولی به علت یارانه ای و ارزان بودن اکثر نهاده‌ها، تولید این محصول برای کشاورز دارای صرفه اقتصادی است. طبق نمودار شکل ۲، بیشترین سهم از انرژی‌های ورودی برای تولید خیار گلخانه‌ای مربوط به سوخت های فسیلی (۴۶٪)، در مرتبه دوم انرژی الکتریسیته (۲۷٪) می‌باشد. انرژی معادل نیروی کارگری و کود آلی تقریبا سهم یکسانی (۹٪) در تولید خیار دارا می‌باشند.

جدول ۸- شاخص‌های انرژی برای تولید محصول خیار

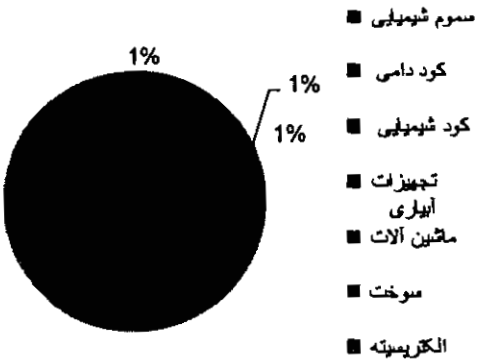
دوره کشت	عملکرد محصول (Kg)	انرژی ورودی	انرژی خروجی	نسبت انرژی (بدون بعد)	افزوده خالص انرژی	بهره دهی انرژی (kg/Mj)	انرژی ویژه مصرفی (Mj/Kg)
پاییزه	۳۵۰۰۰	۴۲۲۲۷/۶۱	۲۸۰۰۰	۰/۶۶۳	-۱۴۲۲۷/۶۱	۰/۸۳	۱/۲۰
بهاره	۳۵۰۰۰	۳۳۴۴۱/۲۱	۲۸۰۰۰	۰/۸۴	-۵۴۴۱/۲۱	۱/۰۵	۰/۹۵۵

قدردانی

از همکاری‌ها خانم مهندس حمیدی ، کارشناس و مشاور فنی گلخانه های شهرستان مشهد که نقش بسزایی در پیشبرد این تحقیق داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌گردد.



شکل۱، نمودار افزوده خالص انرژی در دوره



شکل۲، سهم انرژی نهادهای مختلف در تولید خیار

لذا با رعایت نکاتی از جمله،
استفاده از سنسورهای دمایی دقیقتر در داخل گلخانه به منظور کنترل دقیقتر دمای گلخانه، استفاده از کنترلرهای الکترونیکی جهت کنترل بهتر فن‌ها و هیترها، استفاده از هیترهای با راندمان مصرف سوخت بالاتر، استفاده از پوشش های با ضریب انتقال حرارتی کمتر، می‌توان نقش مهمی در مدیریت انرژی و مصرف بهینه آن در تولید این محصول داشت.

منابع:

۱- بی نام، سالنامه آماری بخش کشاورزی ۱۳۸۷. سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی.

۲- رحیمی کیا، م.، عمادی، ب. ۱۳۸۹. بررسی و تعیین بهره وری انرژی برای تولید کلزا در شمال استان فارس (مطالعه موردی: شهرستان پاسارگاد). همایش ملی دستاوردهای نوین در تولید گیاهان با منشاء روغنی.

۳- شعبانی، ز.، رفیعی، ش.، مبلی، ح.، ۱۳۸۷. بررسی شاخص‌های مکانیزاسیون در کشت گلخانه‌ای گل رز. مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون، مشهد

۴- پاشایی، ف.، رحمتی م. ه.، پاشایی، پ.، ۱۳۸۷. بررسی و تعیین میزان مصرف انرژی برای تولید گوجه فرنگی گلخانه ای در گلخانه های استان کرمانشاه. مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون، مشهد.

۶- محمدیان، ص.، رنجبر، پ.، عجب شیرچی، ۱۳۸۷. مطالعه و ارزیابی شاخص های انرژی و ارائه راهکارهایی به منظور بهبود کاربرد نهاده های مکانیزاسیون کشت کلزا در شهرستان مشهد. مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون، مشهد.

7- Bakker, R. 1999. Effect of Greenhouse Construction on Future Energy Consumption in Greenhouse Rapport Landbouw Economisch Institute Lei, No. 1.99.06, 58pp

8- Çetin, C. & Vardar.A.2008. An economic analysis of energy requirements and input costs for tomato production in Turkey. Renewable Energy. 33(3):428-433

9- Elbatawi, I. E. A. K. Mohri, K. Namba. 1998. Utilization of Solar Energy for Heating a Greenhouse at Nighttime, Proceedings 26th International Symposium On Agricultural

10- Ozkan, B., A. Kurklu & H. Akcaoz. 2004. An input-output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. Biomass and Bioenergy, 26(I): 89-9