

مقایسه سامانه‌های حرارت مرکزی و حرارت موضعی در یک واحد گلخانه

مهدی ندیمی^۱، داود مؤمنی^۲، حامد حوری جعفری^۳، علیرضا حاجی ملاعلی کنی^۳

کارشناسی ارشد مهندسی انرژی، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

عضو هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

اعضای هیات علمی دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

nadimimehdi110@gmail.com

چکیده

توسعه روزافزون کشت‌های گلخانه‌ای در غرب آسیا و ایران، رشد مصرف انرژی در این بخش را به دنبال دارد که عمده آن مربوط به سیستم‌های گرمایشی می‌باشند. مفهوم گرمایش در گلخانه به منزله جبران انرژی تلف شده از گلخانه است. این تلفات به پوشش گلخانه، سازه و سرعت وزش باد مرتبط است. برای جبران این تلفات از سامانه‌های گرمایشی استفاده می‌شود که به دو صورت متمرکز و موضعی در گلخانه استفاده می‌گردند. در سامانه گرمایشی متمرکز، هزینه اولیه گرانتر و راندمان و عملکرد بالاتری دارند. در این تحقیق برای سه مساحت گلخانه ۳۰۰۰ متر مربعی، ۱ هکتاری و ۱۰ هکتاری، میزان کاهش مصرف سوخت در این دو سیستم گرمایشی تحلیل شد. نتایج نشان داد که پتانسیل کاهش مصرف سوخت در سیستم متمرکز حداقل ۵۰٪ و موضعی حداکثر ۳۵٪ است.

واژگان کلیدی: انرژی، سامانه حرارت مرکزی، سامانه حرارت موضعی، گلخانه.

Comparison of central and local heating systems in a greenhouse

Abstract

The development of greenhouse cultivation in Iran and West Asia has a growing trend and, given the increase in off-season crops, it would be cause more energy expenditures, most of which are related to heating systems. The concept of heating in the greenhouse is to compensate energy lost from the greenhouse environment. The energy lost is significantly due to the greenhouse cover, and structure and the speed of wind. Heating systems are mainly in two categories (i.e. centralized and localized). The centralized systems are expensive; however, they are better in efficiency and performance, which is usually affordable for larger areas. In this research, for three levels of greenhouse area of 3,000 m², 1 ha and 10 ha, the amount of fuel consumption has been studied. The potential for reducing fuel consumption in the centralized system is at least 50% and for localized heating systems, the maximum achieved reduction was 35%.

Keywords: energy, centralized heating system, localized heating system, Greenhouse.

مقدمه

با توجه به گستره ایران در محدوده عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی و شرایط متنوع اقلیمی موجود در آن، به نظر می‌رسد یکی از مناطق مناسب برای توسعه کشت‌های گلخانه‌ای در غرب آسیاست که تولید خوب محصولات گلخانه‌ای در آن، علاوه بر تأمین نیازهای داخلی، نقش عمده‌ای در صادرات محصولات غیر نفتی، ارزآوری و مثبت نمودن تراز تجاری بخش کشاورزی خواهد داشت (مؤمنی، ۱۳۹۷).

مطالعات صورت گرفته در گلخانه‌های ایران نیز نشان می‌دهند که مصرف انرژی در گلخانه‌های کشور در بخش‌های مختلفی مانند آبیاری، عملیات ماشینی، الکتریسته، بذر، کود مصرفی، حمل و نقل و سیستم‌های کنترل اقلیم گلخانه صورت می‌گیرد. با توجه به تولید خارج از فصل، عمده مصرف انرژی در گلخانه‌های ایران، مربوط به سیستم‌های گرمایشی است (مؤمنی، ۱۳۹۰ و مؤمنی و همکاران، ۱۳۹۲). این موضوع باعث شده تا سهم انرژی در قیمت تمام شده محصول، آن را غیرقابل رقابت با تولیدات گلخانه‌ای دنیا گرداند.

سیستم‌های گرمایشی بکار رفته در واحدهای گلخانه‌ای به دو دسته کلی حرارت مرکزی و حرارت موضعی تقسیم بندی می‌گردند که هر یک ویژگی‌های خاص خود را دارا می‌باشند که در ادامه ذکر شده است. یکی از رایج‌ترین سیستم‌های حرارت مرکزی، سیستم‌های آب گرم است که در گرمایش گلخانه از طریق دیگ، مشعل و لوله‌های انتقال آب گرم تعبیه شده در محیط گلخانه صورت می‌گیرد.



شکل ۱- استفاده از سامانه حرارت مرکزی از نوع آبگرم در گلخانه تولید فلفل

این سیستم دارای یک یا چند دیگ آب گرم یا بخار می‌باشد که در خارج از گلخانه نصب می‌گردند و آب داغ را با دمای بالا به نقاط مختلف گلخانه منتقل می‌شود. بسته به دمای آب داغ شده، به ازای هر متر لوله در حدود ۱۲۱ تا ۱۳۶ کیلوکالری گرما آزاد می‌شود (جلالی، ۱۳۹۴). استفاده از لوله‌های پره‌دار، انتقال حرارت را تا چهار برابر افزایش می‌دهد. نوع دیگر گرمایش گلخانه، استفاده از کوره‌های هوای گرم است. این کوره‌ها را می‌توان هم در داخل و هم در خارج گلخانه نصب کرد و هوای گرم را با به کارگیری از دمنده و لوله‌های پلاستیکی به داخل گلخانه فرستاد (شکل ۲). از محاسن آن نسبت به روش قبل این است که هزینه اولیه اجرای آن کمتر است. پایین‌تر بودن ضریب یکنواختی در گرم شدن داخل گلخانه و امکان آلوده شدن هوای داخل گلخانه نسبت به روش قبل، از عیوب آن است. در سال‌های اخیر نوع دیگری از این دمنده‌ها نیز توسعه یافته‌اند که بازده مصرف سوخت بالاتری دارند و به جای کف گلخانه بر روی سازه نصب می‌شوند (شکل ۳).



شکل ۲- استفاده از کوره هوای گرم در گرمایش گلخانه تولید خیار.



شکل ۳- کاربرد دمنده هوای گرم در گرمایش گلخانه تولید توت فرنگی.

در این مقاله سامانه‌های گرمایشی حرارت مرکزی و حرارت موضعی از منظر کارایی و میزان مصرف سوخت در گلخانه مقایسه شده‌اند.

مواد و روش‌ها

برای محاسبه تلفات انرژی از گلخانه (رابطه ۱)، روش‌های مختلفی وجود دارد که یکی از جامع‌ترین آن‌ها استفاده از دستورالعمل‌های فنی و استاندارد ملی سازه‌های گلخانه‌ای مانند نشریه فنی ضوابط و معیارهای طراحی و احداث گلخانه شماره ۴۷۴ است. طبق این استاندارد، مقدار انرژی لازم برای گرم نگه داشتن گلخانه برابر با مقدار انرژی تلف شده از گلخانه است که به نوع پوشش گلخانه، سطح بیرونی گلخانه که در معرض هوا قرار دارد، سرعت باد، وضعیت سازه گلخانه، دمای بیرون گلخانه و دمای مطلوب درون گلخانه، بستگی دارد.

$$L = L_{\text{cover}} + L_{\text{frame}} + L_{\text{wind}} \quad (1)$$

که در آن؛

L : تلفات کل (kcal.h^{-1})

L_{cover} : تلفات پوشش (kcal.h^{-1})

L_{frame} : تلفات سازه (kcal.h^{-1})

L_{wind} : تلفات باد (kcal.h^{-1})

هر یک از این تلفات به صورت زیر محاسبه می گردند:

تلفات پوشش

این تلفات میزان گرمای از دست رفته از سطح پوشش گلخانه را نشان می دهد و برای به دست آوردن آن از رابطه (۲) استفاده می شود (Anonymous, 2014a).

$$L_{\text{cover}} = U \cdot A \cdot (T_{\text{inside}} - T_{\text{outside}}) \quad (2)$$

که در آن؛

U: ضریب انتقال حرارت پوشش ($\text{kcal.h}^{-1}.\text{m}^{-2}.\text{C}^{-1}$).

A: مساحت پوشش (m^2).

T_{inside} : دمای داخل گلخانه ($^{\circ}\text{C}$).

تلفات سازه

علاوه بر تلفات حرارتی که از پوشش گلخانه خارج می شود، مقداری گرما هم بر اثر سایر اجزای گلخانه مانند قابها، شاسی، ناودانی ها، ستون ها، دریچه و سایر قسمت های سازه رخ می دهد که بایستی تلفات آن ها نیز محاسبه گردند. برای محاسبه آنها، مقدار تلفات به دست آمده از رابطه (۳) در ضریب ساخت گلخانه، ضرب شده و مقدار تلفات سازه محاسبه می گردد (Anonymous, 2014a).

$$L_{\text{frame}} = C \cdot L_{\text{cover}} \quad (3)$$

که در آن؛

L_{frame} : تلفات سازه

C: ضریب ساخت گلخانه.

L_{cover} : تلفات پوشش

تلفات باد

برای محاسبه افت حرارتی ناشی از وزش باد و خروج هوای گرم از درز و شکاف‌های گلخانه، از رابطه (۴) استفاده می‌شود (Anonymous, 1998a):

$$q_i = \rho_i N V [C_{pi} (t_i - t_o) + h_{fg} (W_i - W_o)] \quad (4)$$

که در آن؛

q_i : افت حرارتی ناشی از تبادل هوای گلخانه (w)

ρ_i : چگالی هوای داخل گلخانه (kg/m^3)

C_{pi} : حرارت ویژه هوای داخل گلخانه ($\text{J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$)

N : تعداد تبادل هوای طبیعی در واحد زمان (h^{-1} یا s^{-1})

V : حجم داخل گلخانه (m^3)

h_{fg} : گرمای نهان تبخیر آب در درجه حرارت t_i برحسب J/kg

W_i : رطوبت نسبی هوای داخل گلخانه ($\text{kg}_{\text{water}} / \text{kg}_{\text{air}}$)

W_o : رطوبت نسبی هوای خارج گلخانه ($\text{kg}_{\text{water}} / \text{kg}_{\text{air}}$)

با توجه به پیچیدگی رابطه (۴)، این معادله به صورت زیر (رابطه ۵) ساده سازی شده است:

$$L_{\text{wind}} = 0.018 \cdot F_{\text{wind}} \cdot N \cdot V \cdot (T_{\text{inside}} - T_{\text{outside}}) \quad (5)$$

F_{wind} : ضریب سرعت باد ($\text{kcal} \cdot \text{m}^{-3} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$)

N : تعداد دفعات تبادل هوای درون گلخانه (h^{-1})

V : حجم گلخانه (m^3)

میزان مصرف انرژی سالانه و کاهش مصرف انرژی در هر واحد گلخانه مطابق روابط (۶) و (۷) محاسبه گردید.

$$C_T = SEC \left(\frac{MJ}{m^2} \right) \times A_g (m^2) \quad (۶)$$

$$Saving_{annual} = C_T \times Ra(\%) \quad (۷)$$

C_T : میزان مصرف انرژی حاصل از سطح مورد نظر واحد گلخانه ای (MJ)

A_g : مساحت مورد نظر واحد گلخانه ای (m^2)

$Saving_{annual}$: میزان مصرف انرژی صرفه جویی شده در سال (MJ)

Ra (%): میزان راندمان درصد صرفه جویی مصرف انرژی در هر سال

نرخ تبدیل هر لیتر معادل نفت گاز برابر ۳۷/۶۷ مگاژول (ترازنامه انرژی) و شاخص متوسط مصرف انرژی کشور ۷۵۷/۹۹ مگا ژول بر هر مترمربع در نظر گرفته شد (استاندارد ملی ۱۴۳۰۰، ۱۳۸۸ و با استفاده از آن-ها، محاسبات برای گلخانه‌ها در مساحت‌های ۳۰۰۰ مترمربع، ۱ تا ۳ هکتار و ۵ تا ۱۰ هکتار انجام گرفت.

نتایج و بحث

اجرای سامانه‌های حرارت مرکزی به صورت استاندارد، باعث پایداری و توزیع یکنواخت دما در گلخانه، امکان تغییر نوع سوخت مصرفی در زمان در دسترس نبودن سوخت اصلی، ایمنی و راندمان بالا می‌گردد؛ ولی هزینه اولیه اجرای آن بالاست و این نکته باعث شده تا در مساحت‌های زیر ۸۰۰۰ متر مربع مقرون بصرفه نباشد (مطالعات مشترک طرح ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید اتحادیه سراسری گل و گیاه و شرکت بهینه سازی مصرف سوخت، ۱۳۹۳). در جدول (۱) میزان سرمایه‌گذاری اجرای طرح برای دو سیستم حرارت مرکزی و موضعی بر مبنای قیمت‌های اواخر سال ۱۳۹۶ برآورد گردیده است.

جدول ۱- هزینه اجرای سیستم حرارت مرکزی و موضعی

سطح کف گلخانه	حرارت مرکزی (میلیون ریال)	حرارت موضعی (میلیون ریال)
۳۰۰۰ متر مربع	۲۲۵۰	۶۰۰
۳ هکتار	۲۱۰۰۰	۶۰۰۰
۱۰ هکتار	۵۵۰۰۰	۲۰۰۰۰

چنانچه متوسط مصرف ویژه انرژی کشور برای کشت گلخانه‌ای سبزی و صیفی عدد ۷۵۷/۹۹ مگاژول بر هر متر مربع (استاندارد ملی ۱۴۳۰۰، ۱۳۸۸) و انرژی معادل هر لیتر نفت گاز برابر ۳۷/۶۷ مگاژول در نظر گرفته شود، میزان کاهش مصارف جهت سه محدوده فوق با استفاده از روابط (۶) و (۷)، بشرح جدول (۲) خواهد بود.

جدول ۲- کاهش مصارف سوخت سالانه معادل نفت گاز

سطح کف گلخانه	حرارت موضعی (هزار لیتر)	حرارت مرکزی (هزار لیتر)
۳۰۰۰ متر مربع	۲۱	۳۰
۳ هکتار	۲۱۰	۳۰۰
۱۰ هکتار	۷۰۰	۱۰۰۰

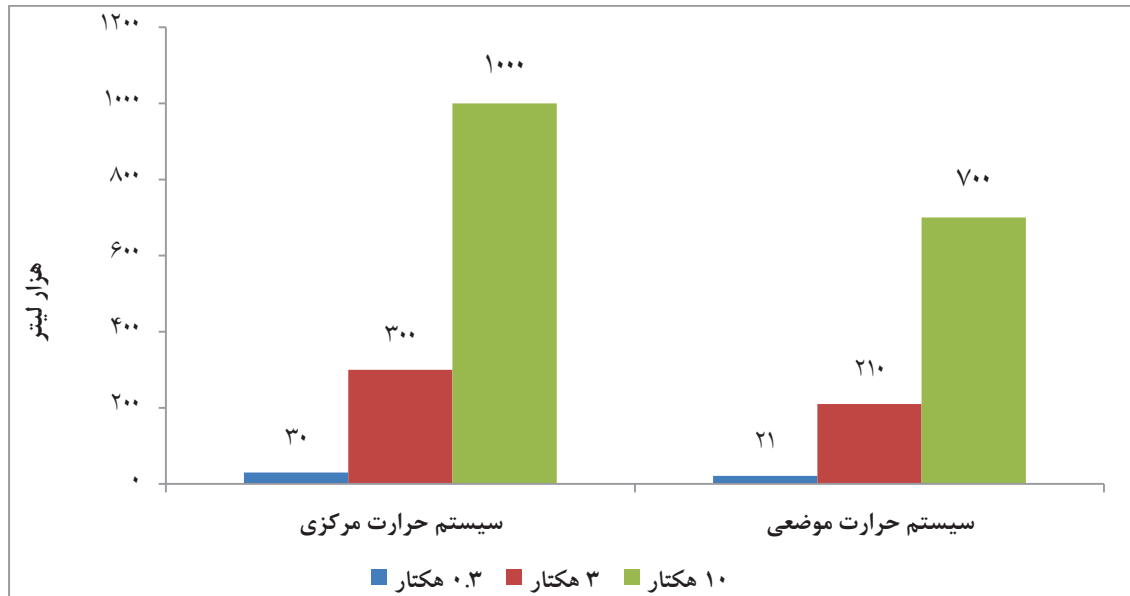
با در نظر گرفتن قیمت بین‌المللی هر لیتر نفت گاز معادل ۵۴ سنت (استعلام از وزارت نفت، آگوست ۲۰۱۸)، ارزش صرفه‌جویی سالانه مطابق (جدول ۳) خواهد بود.

جدول ۳- ارزش سالانه صرفه‌جویی مصرف سوخت در سیستم حرارت مرکزی و موضعی

سطح کف گلخانه	حرارت موضعی (هزار دلار)	حرارت مرکزی (هزار دلار)
۳۰۰۰ متر مربع	۱۱/۳	۱۶/۲
۳ هکتار	۱۱۳/۴	۱۶۲
۱۰ هکتار	۳۷۸	۵۴۰

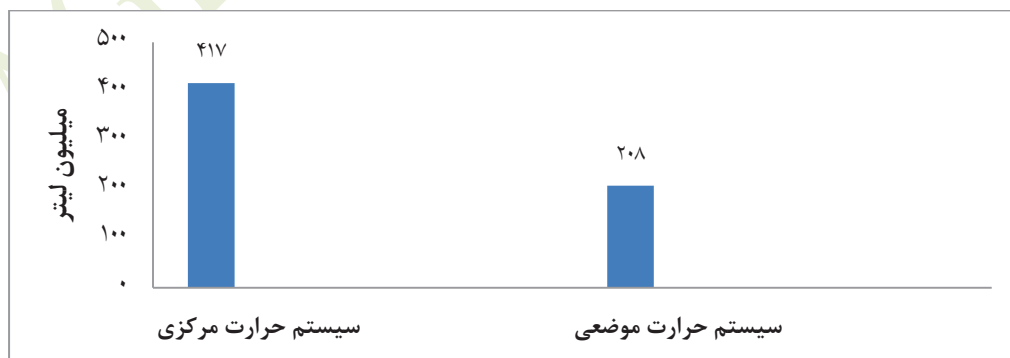
نکته قابل توجه این است که مقادیر محاسبه در جدول ۵، تنها صرفه‌جویی ایجاد شده در مصرف سوخت بوده و اگر افزایش عملکرد محصول در واحد سطح نیز در نظر گرفته شود، مقادیر بسیار معنی‌دارتر خواهد بود.

شکل (۴) مصرف سوخت در دو سیستم حرارتی موضعی و مرکزی را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل دیده می‌شود با افزایش مساحت گلخانه، کاهش مصرف سوخت زیادتر و در مساحت‌های پایین‌تر (۳۰۰۰ متر مربع) کاهش مصرف سوخت ناچیز است.

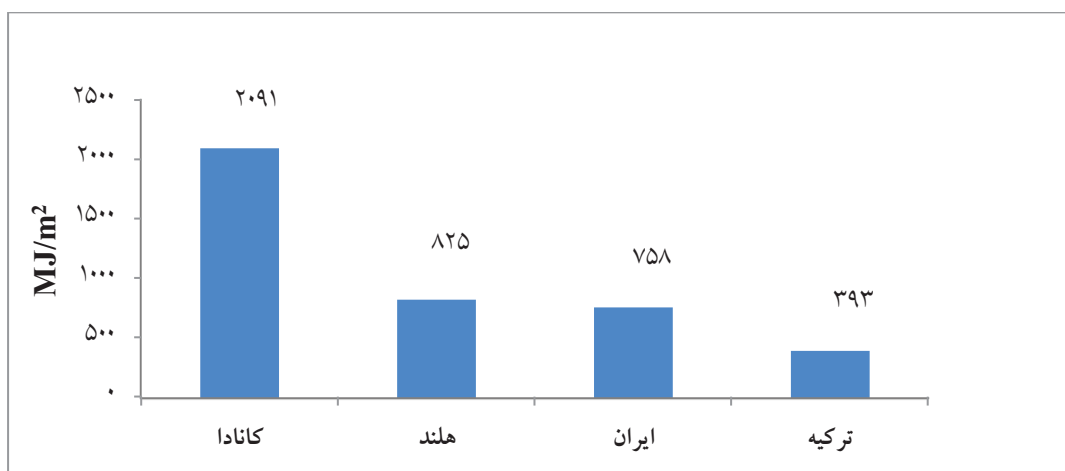


شکل ۴- مقایسه مصرف سوخت در سه محدوده سطوح زیر کشت در دو سیستم گرمایشی

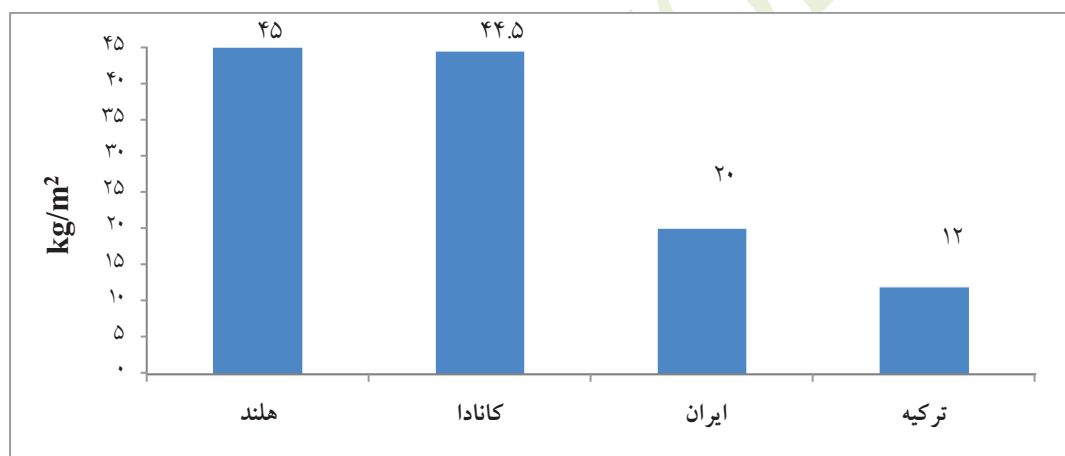
با استناد به گزارش ممیزی شرکت بهینه سازی مصرف سوخت در سال ۱۳۹۴، چنانچه از سطح کل سطح زیر کشت سبزی و صیفی گلخانه‌های کشور، ۳۴۷۱ هکتار را غیرمکانیزه در نظر گرفته شود، میزان کاهش مصرف سوخت معادل نفتگاز در دو سیستم مطابق شکل ۵ خواهد بود. همان گونه که این شکل نشان می‌دهد بکارگیری سیستم حرارت مرکزی نسبت به سیستم حرارت موضعی بطور تقریبی، دو برابر کاهش مصرف سوخت را در برخواهد داشت. مقایسه این مصرف انرژی با کشورهای هلند، ترکیه و کانادا نشان می‌دهد شاخص متوسط مصرف انرژی ایران با هلند برابر است ولی شاخص عملکرد محصول ایران بسیار پایین‌تر است (شکل‌های ۶ و ۷).



شکل ۵- کاهش مصرف سوخت در دو سیستم برای سطح غیر مکانیزه کل کشور



شکل ۶- شاخص متوسط مصرف انرژی چند کشور مورد مطالعه استاندارد ملی ۱۴۳۰۰

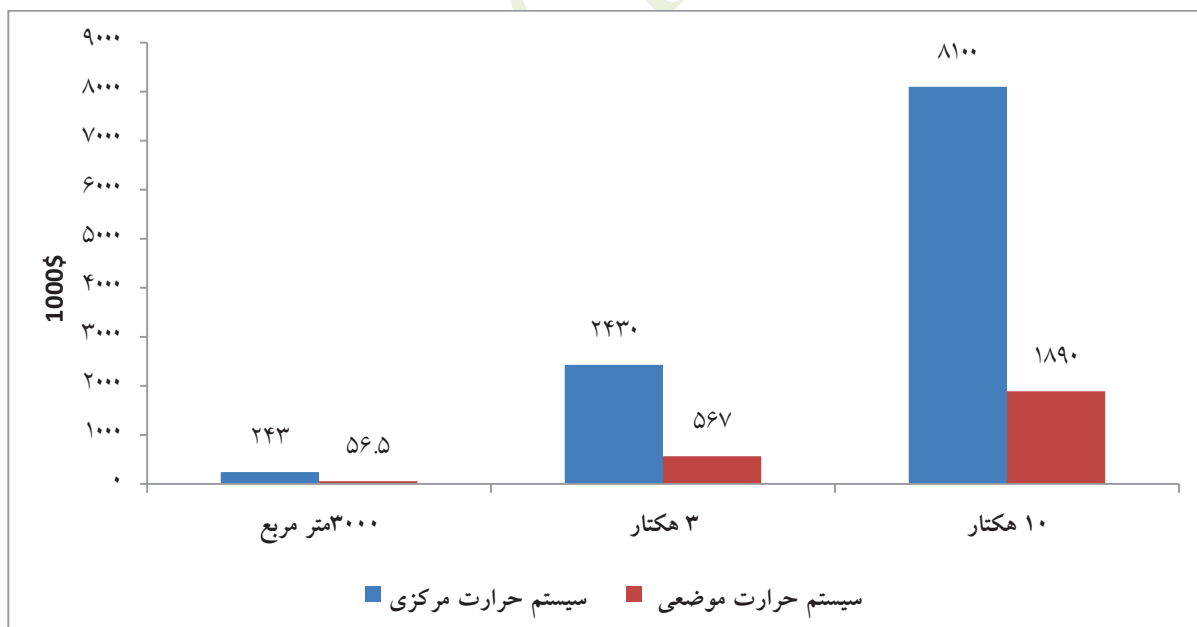


شکل ۷- شاخص عملکرد محصول در چند کشور مورد مطالعه استاندارد ملی ۱۴۳۰۰

اگر این مقدار برای سه سناریوی توسعه‌ای ۳۰۰۰ متر مربع، ۳ هکتار و ۱۰ هکتار در نظر گرفته شود نتایج مطابق (جدول ۴) می‌باشند. با توجه به عمر مفید سیستم حرارت مرکزی، میزان درآمد سیستم حرارت مرکزی در مدت طول بدست می‌آید (شکل ۸). با توجه به آمار معاونت باغبانی وزارت جهاد کشاورزی و رابطه نسبت درصد کشت مکانیزه به غیرمکانیزه، چنانچه این سطح به کشت استاندارد با سیستم گرمایشی مرکزی تغییر یابد در حدود ۴۱۷ میلیون لیتر صرفه‌جویی سالانه (معادل نفت گاز) خواهیم داشت و اگر با سیستم حرارت موضعی جایگزین در حدود ۲۰۸ میلیون لیتر سالانه صرفه‌جویی خواهد شد.

جدول ۴- نتایج نهایی استفاده از سیستم حرارت مرکزی و موضعی در سه سناریوی توسعه‌ای

سیستم حرارت موضعی			سیستم حرارت مرکزی			
۱۰هکتار	۳هکتار	۳۰۰۰مترمربع	۱۰هکتار	۳هکتار	۳۰۰۰مترمربع	
۲۰۰۰۰	۶۰۰۰	۶۰۰	۵۵۰۰۰	۲۱۰۰۰	۲۲۵۰	سرمایه گذاری (میلیون ریال)
۷۰۰	۲۱۰	۲۱	۱۰۰۰	۳۰۰	۳۰	کاهش مصرف سالانه سوخت (معادل نفت گاز (هزار لیتر))
۳۷۸	۱۱۳.۴	۱۱.۳	۵۴۰	۱۶۲	۱۶.۲	ارزش صرفه جویی سالانه (هزار دلار)
	۵			۱۵		عمر مفید (سال)
۱۸۹۰	۵۶۷	۵۶.۵	۸۱۰۰	۲۴۳۰	۲۴۳	درآمد در طی عمر مفید سیستم (هزار دلار)



شکل ۸- ارزش صرفه جویی در طی طول عمر مفید هر سیستم گرمایشی

نتیجه گیری نهایی

تغییر وضعیت سطوح کشت از حالت سنتی به حالت مکانیزه با ایجاد واحدهای گلخانه‌ای و رعایت اصول و راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی در این واحدها، علاوه بر بهبود عملکرد و سلامت محصول باعث بهبود کارایی مصرف انرژی و آب خواهد شد. نتایج نشان داده است که با رعایت اصول استاندارد، بکارگیری دو سیستم حرارت مرکزی و حرارت موضعی حداقل به ترتیب ۵۰٪ و ۳۵٪ کاهش مصرف انرژی در گلخانه را به دنبال دارد. اگر سطح کشت غیرمکانیزه کشور بطور یکپارچه (۳۴۷۱ هکتار) با استفاده از سامانه گرمایشی متمرکز و یا موضعی بهینه سازی گردد با احتساب اثرات تجمیعی محاسن طرح به ترتیب در حدود ۴۱۷ و ۲۰۸ میلیون لیتر صرفه‌جویی سالانه (معادل نفت گاز) خواهد شد.

فهرست منابع

- بی‌نام. ۱۳۸۷. مبانی و ضوابط توسعه گلخانه‌ها، مبانی و ضوابط طراحی. نشریه شماره ۴۷۴.
- بی‌نام. ۱۳۹۱. استاندارد معیار مصرف انرژی در فرایندهای تولید گلخانه‌های تجاری ایران. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.
- بی‌نام. ۱۳۹۲. استاندارد ملی ۱۹۵۸۲، ممیزی انرژی سیستم‌های گرمایشی، شرکت بهینه سازان صنعت تأسیسات.
- مؤمنی، د. ۱۳۹۶. بررسی شاخص‌های مصرف انرژی تولید خیار در گلخانه‌های استان تهران. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.
- مؤمنی، د. و گرامی، ک. ۱۳۹۳. روش‌های کاهش مصرف انرژی در گلخانه‌های تجاری. سومین کنگره هیدروپونیک و تولیدات گلخانه‌ای. کرج، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی ۱۸ تا ۲۰ شهریور ۱۳۹۳.
- مؤمنی، د. ۱۳۹۷. نقش تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی در توسعه پایدار کشت‌های گلخانه‌ای. مجله مهندسی کشاورزی، شماره ۱۰۶. تیر ۱۳۹۷، ص ۳۲-۲۶.

Anonymous. 1996. National greenhouse manufacturer's association standards for design loads in greenhouse structures. Available on: www.NGMA.com.

Anonymous. 2001. Greenhouses: Design and construction - Part 1: Commercial production greenhouses. EUROPEAN STANDARD ICS 65.040.30.