

Investigating fuel consumption in different commercial greenhouse structures

Case study: commercial greenhouse structures in Isfahan province

Davood Momeni

Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.

Article information

Received: 2025/07/09

Accepted: 2025/09/08

Keywords:

Greenhouse
heating system
fuel consumption
optimization
Isfahan

*Corresponding author:

D.Momeni@areeo.ac.ir

ORCID: 

0000-0003-1500-0807



Extended Abstract

Introduction

International statistics indicate that by 2050, the world's population is expected to reach approximately 10 billion people, with the majority residing in developing countries. This population growth will make the need for energy, water, food, and interaction with the environment the top priorities of humanity in the coming decades. For this reason, scientists have focused their attention on compensating for food shortages by increasing yields per unit area and using minimal production inputs (higher production efficiency).

The introduction and use of high-yielding and transgenic varieties, the application of various types of chemical fertilizers and micronutrients, the use of chemical pesticides, and the cultivation of greenhouse crops are among these solutions. Given Iran's size, it appears to be an ideal region for the advancement of greenhouse cultivation in West Asia, where robust production of greenhouse products will not only satisfy domestic demands but also significantly contribute to the export of non-oil commodities, generate foreign exchange, and enhance the agricultural sector's trade balance.

The results of reports on the study of energy consumption in various greenhouses across the country have shown that the largest share of energy consumption in Iran is related to the energy required by heating systems. In a national project at the AERI, the amount of heating energy required for different regions of the country was calculated. Finally, solutions for optimizing fuel consumption in different greenhouse structures were presented. In this article, the results related to greenhouses in Isfahan province were presented and analyzed.

Method

In this project, according to the technical specifications of greenhouses in different regions of the province with different climates and the desired cultivation pattern, the amount of heating energy required was calculated theoretically. For this purpose, a questionnaire was initially prepared, consisting of different sections including greenhouse information, structural information, and fuel consumption information was prepared. After validation, these questionnaires were completed in 25 greenhouses in Isfahan province. Then, using the technical specifications of the greenhouses, the amount of heating energy required (theoretical) was calculated and compared with the actual fuel consumption of the greenhouses visited.

Results

The results showed that regardless of region and crop, double-layering the greenhouse cover reduced fuel consumption. It showed the annual fuel consumption of a single-layer greenhouse with a high height (height from the eaves 4) and a rose crop in cold regions would be about 38.1 liters per square meter, which would be reduced to 26.7 liters per square meter by using double-layering the greenhouse cover. Another point obtained is the relationship between fuel consumption and the type of plant selected. The lower the heating requirement of the plant inside the greenhouse, the more significant the reduction in fuel consumption. In a double-walled greenhouse with a tomato crop in temperate regions of the province, diesel fuel consumption would be approximately 26.8 liters per square meter per year. In contrast, if the plant inside the greenhouse were changed to cloves, the amount of fuel required would be reduced to 14.8 liters per square meter.

The results of calculating fuel consumption in a greenhouse with a medium-height structure were also similar, and regardless of the type of region and crop, double-layering the greenhouse resulted in reduced fuel consumption. It showed that the diesel fuel consumption of a single-layer greenhouse with a rose crop in cold regions of the province would be about 34.8 liters per square meter per year, which would be reduced to 24.4 liters per square meter by using double-layering the greenhouse cover or in a double-walled greenhouse with a tomato crop in temperate regions, the diesel fuel consumption would be about 24.5 liters per square meter per year. In contrast, if the plant inside the greenhouse were changed to cloves, the amount of fuel required would be reduced to 13.5 liters per square meter. The results of calculating the fuel consumption in a greenhouse with a short-height structure (height from the eaves 2) also followed the same trend. It showed that the annual diesel fuel consumption of a single-layer greenhouse with a rose crop in cold regions would be about 33 liters per square meter, which would be reduced to 23.1 liters per square meter by using two layers of greenhouse cover or in a double-walled greenhouse with a tomato crop in temperate regions, the annual diesel fuel consumption would be about 23.3 liters per square meter. In contrast, if the plant inside the greenhouse were changed to carnations, the amount of fuel required would be reduced to 12.8 liters per square meter.

Conclusions

The results of past research in the country, both before and after the targeting of subsidies, show that the largest share of energy consumed in greenhouses is related to the energy required by

the heating system. Therefore, it was necessary to calculate the actual amount of fuel consumption in greenhouses to optimize it as much as possible, so that if the price of energy carriers is adjusted in the coming years, the least damage will be done to this sector. For this reason, in this national project, the technical specifications of greenhouses and cultivated plants were used to calculate the amount of heating energy required for different regions of the country. In this paper, the results of fuel consumption in various commercial greenhouse structures in Isfahan Province are presented. The results of greenhouses in Isfahan province indicate an average overconsumption of 13.2% in the province. Regardless of the type of greenhouse construction and crop, greenhouse fuel consumption can be reduced through effective management methods. Additionally, by leveraging the province's climate, the trend of increasing energy consumption, along with the development of greenhouses, can be slowed down.

Acknowledgements

This project was carried out with the joint support of the Ministry of Agricultural Jihad and the Fuel Consumption Optimization Company by the Greenhouse Engineering Research Department of the Agricultural Engineering and Technical Research Institute in 13 provinces of the country.

Data Availability Statement

Not applicable.

Ethical Considerations

The authors have observed ethical principles in conducting and publishing this scientific work, and this is confirmed by all of them.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Funding Statement

This work was supported by the Ministry of Jihad-Agriculture.

How to cite this paper:

Momeni, D. (2025). Investigating fuel consumption in different commercial greenhouse structures. Journal of Research in Mechanics of Agricultural Machinery. 36: 95-105. <https://dx.doi.org/10.22034/jrmam.2025.15235.753>



Authors retain the copyright and full publishing rights.

Published by [Shahrekord University](#). This article is an open access article licensed under the [Creative Commons Attribution 4.0 International \(CC BY 4.0\)](#)



بررسی وضعیت میزان مصرف سوخت در گلخانه‌های تجاری ایران مطالعه موردی: گلخانه‌های تجاری استان اصفهان

داود مؤمنی

دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۷	کشت‌های گلخانه‌ای یکی از روش‌های تولید در کشاورزی است که با وجود محاسنی مانند مانند افزایش کارایی مصرف آب، اشتغال‌زایی بیشتر، عملکرد بالاتر تولید محصول در واحد سطح، تولید محصول با کیفیت‌تر، تولید محصول خارج از فصل، تنظیم برنامه کشت مطابق نیاز بازار و غیره، به دلیل تولید در خارج فصل، وابستگی زیادی به مصرف انرژی دارد. نتایج تحقیقات گذشته در داخل کشور قبل و بعد از هدفمندی یارانه‌ها، نشان می‌دهند که بیش‌ترین سهم انرژی مصرفی در گلخانه‌ها، مربوط به انرژی مورد نیاز سامانه گرمایشی است. با توجه به برنامه‌های توسعه‌ای کشور در حوزه بهینه‌سازی مصرف سوخت در واحدهای تولیدی، ضروری بود تا میزان مصرف واقعی سوخت در گلخانه‌های مناطق مختلف کشور با سازه‌ها، پوشش‌ها و الگوهای کشت متفاوت، محاسبه گردد تا در صورت تعدیل قیمت حامل‌های انرژی در سال‌های پیشرو، کم‌ترین آسیب بر این بخش وارد گردد. به همین دلیل در یک پروژه ملی در مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مقدار انرژی گرمایشی مورد نیاز (نظری) برای مناطق مختلف کشور محاسبه شد. نتایج مربوط به گلخانه‌های استان اصفهان نشان می‌دهد به طور متوسط حدود ۱۳/۲ درصد بیش مصرفی در گلخانه‌های استان وجود دارد و فارغ از نوع منطقه احداث گلخانه و محصول، می‌توان با روش‌های مدیریتی مصرف سوخت گلخانه‌ها را کاهش داد. همچنین با بهره‌برداری اقلیمی در استان می‌توان روند افزایش مصرف انرژی در کنار توسعه گلخانه‌ها را کندتر کرد.
واژه‌های کلیدی: گلخانه سامانه‌های گرمایشی بهینه‌سازی مصرف سوخت بهره‌وری انرژی اصفهان	
*پست الکترونیکی: نویسنده مسئول: D.Momeni@areeo.ac.ir	
ORCID:  ۰۰۰۰-۰۰۰۳-۱۵۰۰-۰۸۰۷	
	

مقدمه

آمارهای بین‌المللی نشان می‌دهند که تا سال ۲۰۵۰ جمعیت کره زمین به حدود ۱۰ میلیارد نفر می‌رسد که بخش عمده آن در کشورهای در حال توسعه خواهند بود. این رشد جمعیت باعث خواهد شد تا نیاز به انرژی، آب، غذا و نیز تعامل با محیط زیست، در صدر اولویت‌های بشر در دهه‌های آینده باشد. به همین دلیل، توجه دانشمندان به این سمت معطوف شده است تا کمبود غذا را با افزایش محصول در واحد سطح و با مصرف کم‌ترین نهاده‌های تولید (بهره‌وری تولید بالاتر)، جبران کنند. معرفی و استفاده از ارقام پرمحصول و تراریخته، استفاده از انواع و اقسام کودهای شیمیایی، ریزمغذی‌ها، سموم شیمیایی و توسعه کشت‌های گلخانه‌ای، از جمله این راه‌کارها هستند (Momeni et al., 2015).

با توجه به محاسن کشت‌های گلخانه‌ای مانند افزایش کارایی مصرف آب، اشتغال‌زایی بیشتر، عملکرد بالاتر تولید محصول در واحد سطح، تولید محصول با کیفیت‌تر، تولید محصول خارج از فصل، تنظیم برنامه کشت مطابق نیاز بازار و غیره، این سامانه تولیدی به عنوان یک روش تولید متفاوت همراه با بهره‌وری بالا، در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Momeni and Zarei, 2017).

یکی از شرایط ضروری برای کشاورزی پایدار، استفاده کارآمد از انرژی‌های بخش کشاورزی است. محققان در تحقیق خود یک شاخص انرژی را پیشنهاد کردند که چهار نوع انرژی غیرمستقیم (کودها و سموم شیمیایی) و مستقیم (ماشین‌ها و سامانه‌های آبیاری) در آن دیده شده بود (Pervanchon et al., 2002).

به منظور به صفر رساندن مصرف سوخت‌های فسیلی مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۰ میلادی انجام گردید. آن‌ها ترکیبی از گلخانه‌های با ترکیب انرژی کم، بازیافت و ذخیره انرژی را بررسی نمودند و کاربرد مواد ساختمانی جدید، دستگاه رطوبت‌زدا و پمپ گرمایی را توصیه نمودند (Saye et al., 2000).

در مطالعه انجام شده در هشتاد و هشت گلخانه که گوجه-فرنگی، خیار، بادمجان و فلفل کشت می‌کردند، مشخص شد 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 $80/25 \text{ GJ/ha}$ به دست آمد. نسبت انرژی خروجی به ورودی برای گوجه‌فرنگی، فلفل، خیار و بادمجان به ترتیب $1/26$ ، $0/99$ ، $0/76$ و $0/61$ برآورد شد (Ozkan et al., 2004).

مطالعات و اندازه‌گیری‌های جهانی حاکی از آن هستند که:

حدود $66/6$ درصد انرژی مصرفی در گلخانه‌ها در دسته انرژی‌های مستقیم^۱ است که عمدتاً صرف گرمایش می‌شود و $33/3$ درصد باقیمانده غیرمستقیم^۲ (مربوط به استفاده از نهاده‌های تولید) است که عمدتاً شامل کاربرد کودهای شیمیایی (30%)، نیروی کارگری (30%)، بسته‌بندی (15%) و ... هستند (Djevic and Dimitrijevic, 2010). انرژی مصرفی ویژه^۳ (MJ/m^2) در گلخانه‌های تونلی تک دهانه^۴ بیش‌تر از گلخانه‌های چند دهانه^۵ است (Djevic and Dimitrijevic, 2010).

دلیل این موضوع نسبت سطح تولید به سطح سقف و دیواره‌های گلخانه است که در گلخانه‌های چند دهانه این نسبت در مقایسه با گلخانه‌های تونلی (تک دهانه) بیش‌تر است. کم بودن مساحت دیواره و سقف گلخانه نسبت به مساحت گلخانه به معنی کم‌تر شدن سطح انتقال (تبادل) حرارات و نیز کم‌تر شدن مصرف انرژی به منظور گرمایش گلخانه است.

پایین بودن انرژی مصرفی ویژه در گلخانه‌های چند دهانه سبب بالا رفتن بازدهی انرژی^۶ و بهره‌وری انرژی^۷ در این نوع از گلخانه‌ها نسبت به گلخانه‌های تک دهانه (تونلی) می‌گردد.

برای بهینه‌سازی مصرف انرژی توجه به شکل هندسی گلخانه، مساحت گلخانه و نیز نوع و بازدهی سامانه‌های گرمایشی به کار رفته در آن، از اهمیت خاصی برخوردار هستند. استفاده از پوشش‌های پلی‌اتیلن دو لایه تا 40% و پوشش‌های پلی‌کربنات دو لایه تا 50% در مصرف

⁵ - Multi Span Gutter Connected Structures

⁶-Energy Efficiency.

⁷-Energy Productivity.

¹ - Direct Energy Inputs

² - Indirect Energy Inputs

³ - Specific Energy Consumption

⁴ - Single Tunnel Greenhouses

به انرژی مورد نیاز سامانه‌های گرمایشی است. اهمیت مصرف انرژی سامانه‌های گرمایشی در مناطقی که به دلیل زمستان سرد و طولانی نیاز به گرمایش بیش‌تر بوده و به ویژه هنگامی که کشت در فصول سرد سال انجام می‌گردد، بیش‌تر است (Sharafati, 2008, Saeidi-Rad, 2019 and Momeni, 2015).

به همین دلیل در یک پروژه ملی در مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مقدار انرژی گرمایشی مورد نیاز (نظری) برای مناطق مختلف کشور محاسبه شد. در انتها نیز، راهکارهای بهینه‌سازی مصرف سوخت در سازه‌های گلخانه‌ای متفاوت ارائه گردیدند. در این مقاله، نتایج مربوط به گلخانه‌های استان اصفهان ارائه و تحلیل شدند.

مواد و روش‌ها

در این پروژه، با توجه به مشخصات فنی گلخانه‌های مناطق مختلف استان با اقلیم‌های متفاوت و نیز الگوی کشت مورد نظر، مقدار انرژی گرمایشی مورد نیاز به صورت نظری محاسبه گردید. برای این کار در ابتدا پرسشنامه‌ای مشتمل بر بخش‌های مختلف شامل اطلاعات گلخانه (استان، شهرستان، نام بهره‌بردار و سطح زیر کشت پروانه بهره‌برداری) و اطلاعات سازه (ارتفاع ستون‌ها، ارتفاع نهایی گلخانه، طول گلخانه، عرض هر دهانه، تعداد کل سالن‌ها، نوع سالن‌ها از لحاظ مجزا یا بهم پیوسته بودن، تعداد سالن‌های بهم پیوسته، جنس پوشش دیواره‌های گلخانه، جنس پوشش سقف گلخانه، سن پوشش گلخانه، سن سازه گلخانه، شکل گلخانه، نوع دریچه‌های تهویه، سطح بازشوندگی دریچه‌ها) و اطلاعات مصرف سوخت (گاز طبیعی یا گازوئیل) تهیه شد. این پرسشنامه‌ها پس از اعتبارسنجی، در ۲۵ گلخانه در شهرستان‌های استان اصفهان تکمیل شدند. سپس با استفاده از مشخصات فنی گلخانه‌ها، مقدار انرژی گرمایشی مورد نیاز (نظری) محاسبه و با مصرف سوخت واقعی گلخانه‌های بازدید شده، مقایسه شدند.

برای محاسبه انرژی گرمایی و سوخت مورد نیاز، از روش ارائه شده توسط زابلتیتس (Zabeltitz) استفاده شد.

سوخت به منظور گرمایش مؤثر هستند (Djevic and Dimitrijevic, 2010).

استفاده از پرده‌های حرارتی^۱ در طول شب باعث ۶۰٪ و در طول فصل زراعی سبب ۲۵-۳۰٪ صرفه‌جویی در مصرف انرژی برای گرمایش می‌شوند (Djevic and Dimitrijevic, 2010).

شرایط آب و هوایی تأثیر بسیار زیادی بر پایش شرایط محیطی گلخانه و تولید محصولات گلخانه‌ای دارند. محل‌هایی که به‌طور دائمی آب و هوای نامساعد دارند، برای احداث گلخانه مناسب نیستند. اصولاً اقلیم محل احداث گلخانه از دیدگاه تولید محصول، تأمین تجهیزات پایش شرایط محیطی، هزینه انرژی مورد نیاز و هم‌چنین نوع سازه گلخانه متناسب با آن، مهم و تعیین‌کننده است. یکی از روش‌های معتبر تعیین تناسب اقلیمی هر منطقه جهت احداث گلخانه‌ها^۲ و تولید محصولات گلخانه‌ای، استفاده از نمودار اقلیم سنجی فائو^۳ است که اولین بار به وسیله دکتر زابلتیتس (Zabeltitz) ارائه شده است.

با توجه به گستره ایران، در محدوده عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی و شرایط متنوع اقلیمی موجود در آن، به‌نظر می‌رسد یکی از مناطق مناسب برای توسعه کشت‌های گلخانه‌ای در غرب آسیا است که تولید خوب محصولات گلخانه‌ای در آن، علاوه بر تأمین نیازهای داخلی، نقش عمده‌ای در صادرات محصولات غیرنفتی، ارزآوری و مثبت نمودن تراز تجاری بخش کشاورزی خواهد داشت (Momeni, 2011).

از آنجایی که بخش کشاورزی به عنوان یک بخش راهبردی که با تغذیه و امنیت غذایی (به عنوان یکی از جدی‌ترین نیازها جامعه) ارتباط داشته و نیاز به توجه بیش‌تر برای جلوگیری از آسیب پذیری در مواقع بحرانی دارد، بایستی این بخش، وابستگی خود را به منابع غیرقابل تجدید و پُر خطر انرژی‌های فسیلی، کم نماید. کم کردن این وابستگی باعث خواهد شد تا تغییر قیمت در حامل‌های انرژی، اثرات کم‌تری بر تولیدات کشاورزی داشته باشد که در نهایت منجر به افزایش امنیت غذایی در کشور می‌گردد. نتایج گزارشات بررسی میزان مصرف انرژی در گلخانه‌های مختلف در سطح کشور نشان داده است که بیش‌ترین سهم انرژی مصرفی در گلخانه‌های ایران، مربوط

³- Food and agriculture organization of the united nations, FAO

¹-Thermal Screens.

²- Climate suitability for greenhouse production

طراحی بیرونی (درجه سلسیوس) و u = ضریب انتقال حرارت کلی گلخانه (وات بر مترمربع بر درجه کلون) هستند. ضریب انتقال حرارت کلی (u) به جنس پوشش، آب‌بندی سازه گلخانه، سامانه گرمایش، سامانه آبیاری، سرعت باد، ابری بودن و بارندگی بستگی دارد. مقادیر ضریب انتقال حرارت کلی (u)، در جداول ۱ و ۲ آورده شده است.

در این روش انرژی گرمایی مورد نیاز یک گلخانه با استفاده از معادلات ۱ و ۲ محاسبه می‌گردد (Zabeltitz, 2011).

$$q = u \times \left(\frac{A_c}{A_g} \right) \times (t_{id} - t_{od}) \text{ (Wh/m}^2 \text{)} \quad (1)$$

$$u = u_t - u_a \quad (2)$$

که در آنها: A_c = سطح پوشش گلخانه (مترمربع)، A_g = مساحت کف گلخانه (مترمربع)، t_{id} = دمای طراحی داخل گلخانه بسته به نیاز محصول (درجه سلسیوس)، t_{od} = دمای

جدول ۱: ضریب انتقال حرارت کلی برای پوشش‌های مختلف (Zabeltitz, 2011)

نوع پوشش	$u \text{ (W/m}^2 \text{ } ^\circ \text{K)}$
یک لایه شیشه	۸/۸ - ۶/۰
شیشه دولایه	۵/۲ - ۴/۲
صفحه دولایه اکریل (۱۶ میلی‌متر)	۵/۰ - ۴/۲
فیلم پلی‌اتیلن تک لایه	۸/۰ - ۶/۰
فیلم پلی‌اتیلن دو لایه	۶/۰ - ۴/۰
پرده حرارتی زیر پوشش تک لایه شیشه‌ای یا پلاستیکی	۴/۸ - ۳/۲

جدول ۲: ضریب انتقال حرارت کلی برای سامانه‌های مختلف گرمایشی و پوشش تک لایه گلخانه (Zabeltitz, 2011)

سامانه گرمایشی	$u \text{ (W/m}^2 \text{ K)}$	مقدار نسبی (%)
لوله گرمایشی در ارتفاع ناودانی	۸/۲	۱۰۰
لوله گرمایشی زیر میز	۷/۴	۹۰
لوله گرمایشی در دیوار جانبی	۸/۱	۹۹
لوله گرمایشی روی خاک، گرمایش سکو	۶/۷	۸۲
کوره هوای گرم با تخلیه آزاد (پرتابی)، سرعت پایین فن	۹/۹	۱۲۱
کوره هوای گرم با تخلیه آزاد (پرتابی)، سرعت متوسط فن	۷/۱	۸۷
کوره هوای گرم با تخلیه آزاد (پرتابی)، سرعت بالای فن	۸/۰	۹۷
کوره هوای گرم با لوله پلاستیکی سوراخ دار	۷/۰	۸۵
گرمایش کانوکتور	۷/۸	۹۵

جدول ۳: ضرایب مورد استفاده در روابط ۳ تا ۵

d_l	$f_n \Sigma$	$f_n/(24-d_l) \Sigma$	$f_d \Sigma$	$f_d/d_l \Sigma$
۷	۸/۲۱	۰/۴۸	۴/۲۵	۰/۶۱
۹	۶/۰	۰/۴	۵/۶۷	۰/۶۳
۱۱	۴/۵	۰/۳۷۵	۶/۹۹	۰/۶۳۵
۱۳	۳/۴۵	۰/۳۱	۸/۱۰	۰/۶۲۳
۱۵	۲/۵۱	۰/۲۸	۹/۲۹	۰/۶۲
۱۷	۱/۵۸	۰/۲۳	۱۰/۹۶	۰/۶۴۴

جدول ۴: محصولات مرسوم کشت گلخانه‌ای در کشور و دمای مطلوب آن‌ها (منبع: مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی)

گروه محصولی	محصول	دمای مناسب	دمای مناسب
		روز	شب
سبزی و صیفی	خیار	۲۰-۲۷	۱۴-۱۸
	گوجه فرنگی	۲۱-۲۷	۱۷-۲۰
	فلفل	۲۲-۲۶	۱۵-۱۸
گل‌های شاخه بریده	گل رز	۲۲-۲۶	۱۶-۱۸
	داوودی	۲۰-۲۵	۱۳-۱۵
	میخک	۲۰-۲۴	۱۰-۱۵
سایر	توت فرنگی	۲۲-۲۴	۱۵-۱۸

جدول ۵: میزان مصرف سالانه سوخت واقعی در گلخانه‌های مناطق مختلف

شهرستان	مقدار مصرف سوخت (لیتر بر مترمربع)	میزان بیش مصرفی (درصد)
فریدونشهر	۵۰/۷	۱۱/۴
فریدن	۵۳/۱	۱۶/۷
دهاقان	۴۰/۹	۱۱/۴

نتایج و بحث

تحلیل شرایط آب و هوایی، مطابق نمودار شکل ۱ نشان می‌دهد که در صورت احداث گلخانه به منظور تولید محصولات کشاورزی در این منطقه، ۴/۵ ماه از فصول پاییز و زمستان نیاز به سامانه‌های گرمایشی وجود خواهد داشت، در ۳/۵ ماه از سال تنها با تهویه طبیعی می‌توان در گلخانه‌ها تولید داشت، در ۲ ماه دیگر از سال نیز، تنها با استفاده از سامانه‌های سرمایش تبخیری متداول، می‌توان به تولید در

محاسبه سوخت مصرفی ماهانه و سالانه در گلخانه‌ها

به‌طور معمول گرمای مورد نیاز گلخانه بر اساس دمای ساعتی تمام روزهایی صورت می‌گیرد که گرمایش ضروری است. برای محاسبه دماهای ساعتی و میانگین دمای روز و شب از روش هالر^۱ استفاده شد (Zabeltitz, 2011). طبق این روش، میانگین دمای ساعتی، میانگین دمای روز و میانگین دمای شبانه به ترتیب از روابط ۳، ۴ و ۵ به‌دست می‌آیند:

$$t_h = t_{\min} + f_d \times A \quad (3)$$

$$t_{mn} = t_{\min} + \frac{\Sigma f_n}{24 - d_l} \quad (4)$$

$$t_{md} = t_{\min} + A \frac{\Sigma f_d}{d_l} \quad (5)$$

که در آنها؛ t_h دمای ساعتی، $t_{\max} - t_{\min} = A$ تفاوت میانگین حداقل و میانگین حداکثر دمای روز و f_d و f_n ضرایب وابسته به طول روز d_l هستند. همچنین t_{mn} میانگین دمای شبانه و t_{md} میانگین دمای روز هستند (جدول ۳).

میانگین مصرف سوخت برای کل سال با استفاده از روش هالر و با استفاده از رابطه ۶ محاسبه گردید (Zabeltitz, 2011).

$$Q_{(month)} = u \times \left(\frac{A_c}{A_g} \right) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d \quad (Wh/m^2 \text{ month}) \quad (6)$$

که در آن؛ u ضریب انتقال حرارت کلی ($W/m^2 \cdot K$)، A_c/A_g سطح پوشش گلخانه به مساحت کف گلخانه، t_{id} دمای طراحی داخل گلخانه بسته به نیاز محصول به درجه سلسیوس، t_{mn} میانگین دمای شب به درجه سلسیوس، t_{st} میانگین افزایش دما در طول شب توسط حرارت ذخیره شده در خاک در طول روز، n_n تعداد ساعات شب و n_d تعداد روزها در ماه‌های نیاز به گرمایش است. دمای انجام محاسبات برای محصولات مرسوم کشت گلخانه‌ای در کشور و دمای مطلوب آن‌ها از مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی کشور اعلام گردید (جدول ۴).

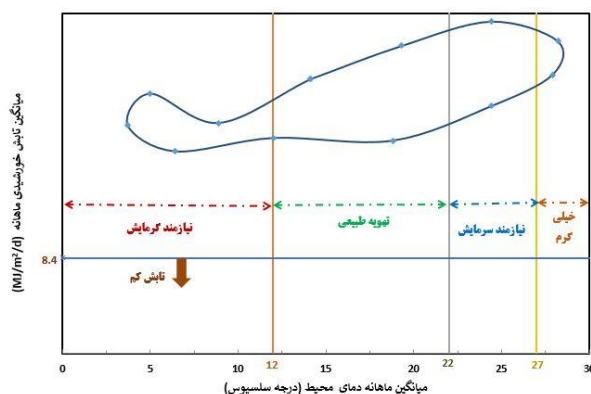
برای تعیین تناسب اقلیمی جهت احداث گلخانه‌ها و تولید محصولات گلخانه‌ای نیز از روش نمودار اقلیم سنجی فائو (FAO) استفاده گردید.

گلخانه مصرف سوخت را کاهش داده است. به عنوان نمونه، محاسبات نشان داد که مصرف سالانه سوخت گازوئیل یک گلخانه یک لایه با ارتفاع بلند (ارتفاع از زیر ناودانی ۴ و از تاج ۶/۵ متر) و محصول رز در مناطق سرد استان حدود ۳۸/۱ لیتر بر مترمربع خواهد بود که با استفاده از دو لایه کردن پوشش گلخانه، این مصرف به ۲۶/۷ لیتر بر مترمربع کاهش خواهد یافت (حدود ۳۰ درصد کاهش مصرف). از دیگر نکات به دست آمده، رابطه مصرف سوخت و نوع گیاه انتخابی است. هر چه نیاز گرمایشی گیاه داخل گلخانه کمتر باشد (نقطه تنظیم دمای پایین‌تری داشته باشد)، کاهش مصرف سوخت چشمگیرتر خواهد بود. به عنوان نمونه در یک گلخانه دو جداره با محصول گوجه فرنگی در مناطق معتدل استان، سالانه حدود ۲۶/۸ لیتر بر مترمربع مصرف گازوئیل خواهد شد در حالی که اگر گیاه داخل گلخانه به میخک تغییر یابد، مقدار سوخت مورد نیاز در کل دوره به ۱۴/۸ لیتر بر مترمربع تقلیل خواهد یافت (حدود ۴۵ درصد کاهش مصرف).

نتایج محاسبه مقدار مصرف سوخت در گلخانه با سازه ارتفاع متوسط (ارتفاع از زیر ناودانی ۳ و از تاج ۴/۵ متر) نیز مشابه بود و فارغ از نوع منطقه و محصول، دو لایه کردن گلخانه مصرف سوخت را کاهش داده است. به عنوان نمونه، محاسبات نشان داد که مصرف سوخت گازوئیل یک گلخانه یک لایه با محصول رز در مناطق سرد استان، سالانه حدود ۳۴/۸ لیتر بر مترمربع خواهد بود که با استفاده از دو لایه کردن پوشش گلخانه، این مصرف به ۲۴/۴ لیتر بر مترمربع کاهش خواهد یافت (حدود ۳۰ درصد کاهش مصرف). یا در یک گلخانه دو جداره با محصول گوجه فرنگی در مناطق معتدل، سالانه حدود ۲۴/۵ لیتر بر مترمربع مصرف گازوئیل خواهد شد در حالی که اگر گیاه داخل گلخانه به میخک تغییر یابد مقدار سوخت مورد نیاز به ۱۳/۵ لیتر بر مترمربع تقلیل خواهد یافت (حدود ۴۵ درصد کاهش مصرف).

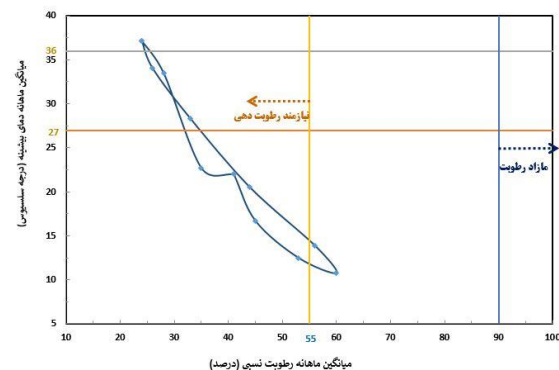
نتایج محاسبه مقدار مصرف سوخت در گلخانه با سازه ارتفاع کوتاه (ارتفاع از زیر ناودانی ۲ و از تاج ۳/۵ متر) نیز از همین روند تبعیت می‌کند؛ به عنوان نمونه، محاسبات نشان داد که مصرف سوخت گازوئیل یک گلخانه یک لایه با محصول رز در مناطق سرد سالانه حدود ۳۳ لیتر بر مترمربع خواهد بود که با استفاده از دو لایه کردن پوشش گلخانه، این مصرف به ۲۳/۱ لیتر بر مترمربع کاهش خواهد یافت (حدود ۳۰ درصد کاهش مصرف). یا در یک گلخانه دو

گلخانه‌های منطقه پرداخت، لیکن در منطقه ۲ ماه از سال دمای بالاتر از حد مورد انتظار وجود دارد که موجب اختلال در تولید محصولات گلخانه‌ای در طول سال می‌گردد. بدیهی است در این گونه موارد، به‌کارگیری سامانه‌های سرمایشی برای خنک کردن گلخانه‌ها و تولید محصول در ماه‌های خیلی گرم، مقرون به صرفه نیستند. همچنین مناطق مذکور در کل ماه‌های سال، کمبودی از نظر دریافت تشعشع خورشیدی و تأمین روشنایی مورد نیاز برای گیاهان گلخانه‌ای ندارند.



شکل ۱: نمودار تناسب اقلیمی (میانگین تشعشع - میانگین دما)

مطابق نمودار شکل ۲، رطوبت نسبی پایین در منطقه باعث خواهد شد در ۱۰ ماه از سال از نظر تولید محصولات گلخانه‌ای وضعیت خوبی به شمار نمی‌آید. لیکن در ۲ ماه دیگر سال، رطوبت نسبی هوا در منطقه در حد مورد نیاز است. همچنین در این منطقه، در ۲ ماه از سال، دمای مازاد مشاهده می‌شود و لذا به راحتی نمی‌توان گلخانه را با سامانه‌های تهویه طبیعی و یا سرمایش مرسوم، خنک‌سازی نمود.



شکل ۲: نمودار تناسب اقلیمی (میانگین دمای حداکثر - میانگین رطوبت نسبی)

نتایج بررسی میزان مصرف سوخت گلخانه‌ها نیز نشان داد که فارغ از نوع منطقه و محصول، دو لایه کردن پوشش

نتیجه‌گیری

فارغ از نوع منطقه احداث گلخانه و محصول، می‌توان با روش‌های مدیریتی مصرف سوخت گلخانه‌ها را کاهش داد. همچنین با بهره‌برداری اقلیمی در استان می‌توان روند افزایش مصرف انرژی در کنار توسعه گلخانه‌ها را کندتر کرد.

سپاسگزاری

این پروژه با حمایت مشترک وزارت جهاد کشاورزی و شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت توسط بخش تحقیقات مهندسی گلخانه مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی در ۱۳ استان کشور انجام گردید.

دسترسی به داده‌ها

همه اطلاعات و نتایج در متن مقاله ارائه شده است.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنها است.

تضاد منافع نویسندگان

در این مقاله هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید همه نویسندگان است.

حمایت مالی

این کار با حمایت وزارت جهاد کشاورزی انجام شد.

منابع

- Djevic, M. and A. Dimitrijevic. 2010. Energy Consumption for Plastic Covered Greenhouse Structures. *Energy*, 34, 1325-1331. [Doi.org/10.1016/j.energy.2009.03.008](https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.03.008)
- Momeni, D. 2011. Study of energy consumption efficiency indices of cucumber production in greenhouses in southern Kerman. Final report of the research project of the Agricultural Engineering and Technical Research Institute (In Persian).
- Momeni, D. 2015. Study of energy consumption efficiency indices of cucumber production in the dominant greenhouses of Tehran province after targeting subsidies. Final report of the research project of the Agricultural Engineering and Technical Research Institute (In Persian).
- Momeni, D., Rezvani, M. and Zarei, Q. 2019. Comprehensive guide to managing heating energy

جداره با محصول گوجه فرنگی در مناطق معتدل سالانه حدود ۲۳/۳ لیتر بر مترمربع مصرف گازوئیل خواهد شد در حالی که اگر گیاه داخل گلخانه میخک باشد، مقدار سوخت مورد نیاز به ۱۲/۸ لیتر بر مترمربع تقلیل خواهد یافت (حدود ۴۵ درصد کاهش مصرف).

از دیگر نتایجی که از مقایسه نتایج به‌دست آمد این نکته بود که اگر یک سازه گلخانه به جای احداث در مناطق سردسیر، در منطقه گرمسیر احداث گردد، مصرف سوخت کاهش چشم‌گیری خواهد داشت. به عنوان نمونه در یک گلخانه ارتفاع کوتاه چند دهانه در منطقه سردسیر با محصول خیار سالانه ۳۵/۴ لیتر بر مترمربع سوخت مصرف می‌شود در حالی که آن گلخانه در مناطق گرمسیری، سالانه ۱۷/۱ لیتر بر مترمربع مصرف سوخت دارد (حدود ۵۲ درصد کاهش مصرف).

به منظور تحلیل بیش‌تر داده‌ها و تعیین میزان بیش مصرفی در آن‌ها، میانگین مصرف سوخت واقعی سنوات گذشته، از شرکت ملی گاز استان اصفهان استعلام گردید و با میزان مصرف سوخت محاسبه شده مقایسه گردید. مقایسه این اعداد واقعی با مقدار محاسبه شده مصرف سوخت نشان می‌دهد به طور متوسط حدود ۱۳/۲ درصد بیش مصرفی در گلخانه‌های استان وجود دارد که به دلایل مختلف بوده است. عمده این دلایل موارد ذیل هستند:

- پایین بودن بازدهی سامانه‌های گرمایش
- عدم خودکارسازی و پایش خودکار صحیح سامانه‌های گرمایش
- عایق نبودن محیط گلخانه (عدم وجود درب ورودی تو در تو، وجود درز در پوشش، عدم بستن شدن کامل دریچه‌های تهویه و غیره) و در نتیجه تلفات بالای حرارت از گلخانه
- عدم استفاده از پلاستیک‌های مناسب، با تلفات حرارتی کم‌تر، برای پوشش بیرون گلخانه
- عدم استفاده از پرده‌های ذخیره‌کننده انرژی در شب در طول ماه‌های سرد سال
- عدم استفاده از سامانه‌های گردش هوا داخل گلخانه
- استفاده از سامانه‌های گرمایشی غیراستاندارد و ارزان قیمت

- Mashhad greenhouses. Final report of the research project of the Agricultural Engineering and Technical Research Institute (In Persian).
- Saye, A., W. K. P. van Loon, G. P. A. Bot, H. F. de Zwart, M. Teitel (ed.) and B. J. Bailey. 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. 1999, 534, 131-138. <https://edepot.wur.nl/41864>.
- Sharafati, K. 2008. Study of energy consumption efficiency indices of cucumber production in the dominant greenhouses of Tehran province. Final report of the research project of the Agricultural Engineering and Technical Research Institute (In Persian).
- Zabeltitz, C. 2011. Integrated greenhouse systems for mild climates: Climate conditions, design, construction, maintenance and climate control. Springer, 363 pp. [Doi.org/10.1007/978-3-642-14582-7](https://doi.org/10.1007/978-3-642-14582-7)
- consumption in greenhouses. Agricultural Knowledge and Techniques Promotion Hall (In Persian).
- Momeni, D. and Zarei. Q. 2017. Challenges of greenhouse crop development in Iran from the perspective of energy and environment. An analysis of Iranian agricultural management and engineering. Publications of the Agricultural Engineering and Technical Research Institute (In Persian).
- Ozkan, B., A. Kurklu and H. Akcaoz. 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. [Doi.org/10.1016/S0961-9534\(03\)00080-1](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(03)00080-1)
- Pervanchon, F., C. Bockstaller, P. Girardin. 2002. Assessment of energy use in arable farming systems by means of an agro-ecological indicator. The energy indicator, agricultural system, 72: 149-172. [Doi.org/10.1016/S0308-521X\(01\)00073-7](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(01)00073-7)
- Saeidi-Rad, M. 2019. Study of energy consumption efficiency indices of cucumber production in