طراحی، ساخت و ارزیابی سیستم گرمایش خورشیدی برای گرمایش گلخانه ها

سارا طاهری[۱*]، علی زمردیان[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه شیراز،
sara_taheri2005@yahoo.com
۲- استاد گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه شیراز، zomorod@shirazu.ac.ir

چکیده

امروزه پایه اصلی سوخت مصرفی در گلخانه ها سوخت های فسیلی و به ویژه گازوئیل می باشد که علاوه بر گران بودن، مشکلات بسیاری از قبیل آلودگی محیط گلخانه و هوا، حمل و نقل، تعمیر و نگهداری وسایل مربوطه، تجدید ناپذیر بودن و ... را در بر دارد. در این طرح روشی برای استفاده از انرژی خورشیدی برای گرمایش گلخانه ها ارائه گردید. از یک آبگرمگن خورشیدی با سطح کلکتور $4\ m^2$ به انضمام دو مخزن ۱۲۰ لیتری برای تامین گرمایش گلخانه ای به مساحت $15\ m^2$ و از نوع ۲ پوششی (فاصله بین دو پوشش ۱۰cm) استفاده گردید. گرمایش از کف گلخانه و توسط لوله های Heating Pipe RAUTHERM S، با الگوی مارپیچ انجام شد. سه محصول کاهو، گوجه فرنگی و فلفل دلمه ای کشت گردید. اتلاف حرارتی گلخانه با توجه به مساحت، محیط و شکل گلخانه، اختلاف دمای داخل و بیرون گلخانه و نیز با توجه به شرایط جوی منطقه باجگاه (واقع در ۱۲ کیلومتری شمال شرقی شهر شیراز با طول جغرافیایی ´۴۶ و°۵۲ شرقی و عرض جغرافیایی ´۵۰ و°۲۹ شمالی و ارتفاع ۱۸۱۰m از سطح دریا)، $^{KJ}/_{day}$ ۹۵۰۵۴۴ محاسبه گردید و کل انرژی تولیدی توسط سیستم $^{KJ}/_{day}$ ۱۰۲۱۳۱۰ به دست آمد که این مقدار جوابگوی اتلاف حرارتی گلخانه بود. سوخت مورد نیاز گلخانه در صورتی که از روش سنتی برای گرم کردن آن استفاده کنیم، ۳۰۰۰ لیتر نفت گاز در سال مشخص گردید که هزینه ای بالغ بر ۱۵،۰۰۰،۰۰۰ ریال در بر دارد . سیستم مورد استفاده مناسب تشخیص داده شد و تمام گیاهان کاشته شده به محصول رسیدند.

واژه های کلیدی : انرژی خورشیدی ، کلکتور خورشیدی صفحه تخت، گرمایش خورشیدی، گلخانه، گرمایش ازکف

مقدمه

اهمیت گلخانه در بخش تولیدات گیاهی به منظور استفاده بهینه از آب و انرژی و نیز کنترل شرایط اقلیمی محیطی بر هیچکس پوشیده نیست. مشکلات فراوان در تولید گیاهان در فصول مختلف سال به سبب تغییر شرایط جوی و صدمه دیدن

گیاهان که باعث کاهش کمیت و کیفیت محصول میگردد از جمله عوامل تشدید کننده نیاز به استفاده از گلخانه ها می باشد. دما یکی از مهمترین عواملی است که باید در گلخانه تحت کنترل باشد. محدوده دمایی مناسب برای اکثر گلخانه ها بین $^{\circ}X$ ۲۲-۱۶ است که گاهی اوقات برای تسریع در عمل جوانه زنی می توان کران بالای این بازه را تا $^{\circ}X$ ۲۵ افزایش داد. پایبند بودن به این بازه دمایی می تواند از سرمازدگی، گرمازدگی و بسیاری زیان های دیگر جلوگیری نماید. (نلسون، پ، و. ۱۳۷۴)

در بین انرژی های تجدید پذیر، استفاده از انرژی گرمایی خورشیدی پایین ترین هزینه اولیه را در بردارد. سیستم های گرماخورشیدی به سادگی نصب شده و برای اغلب نیازهای ساختمانی و صنعتی قابل استفاده است. همچنین در میان انرژی های تجدید پذیر استفاده از انرژی گرمایی خورشیدی پر بازده ترین است. قابلیت بالای اطمینان، نیاز به تعمیرات کمتر در مدت زمان استفاده، سازگاری با محیط زیست، کمک به حفظ منابع طبیعی و سلامت جامعه از جمله مزایای این سیستم ها محسوب می شوند. کشور ایران نیز در نواحی پرتابش واقع است و مطالعات نشان می دهد که استفاده از تجهیزات خورشیدی در ایران مناسب بوده و میتواند بخشی از انرژی مورد نیاز کشور را تأمین نماید. ایران کشوری است که به گفته متخصصان این فن، با وجود ۳۰۰ روز آفتابی در بیش از دو سوم آن و متوسط تابش $^{Kwh}/_{m2}$ ۵/۵ – ۴/۵ در روز، یکی از کشورهای با پتانسیل بالا در زمینه انرژی خورشیدی معرفی شده است. (www.suna.org.ir)

تحقیقات پیشین

- استفاده از کلکتور خورشیدی لوله ای تحت خلا برای تامین گرمایش مورد نیاز گلخانه ای در شانگهای چین. (Zhai et al. ,2009)
- استفاده از مدل شبیه سازی شده جهت پیش بینی عملکرد گلخانه ای که با سیستم گرمایش لوله گرم شده است. (Du et al. ,2012)
- شبیه سازی سیستم گرمایش خورشیدی برای گلخانه ای در تونس و بررسی حجم مخزن بر دمای آب خروجی از کلکتور. (Attar, I. et al ,2013)
- استفاده از سیستم ترکیبی کلکتور خورشیدی و گرمایش کفی برای گرمایش سالن مرغداری و مقایسه سیستم برای دو شهر همدان و تهران. (سبزپوشانی و همکاران ، ۱۳۸۳)

در این طرح هدف کلی بر این بوده است که سامانه خورشیدی جهت تامین نیاز گرمایی گلخانه ای تحقیقاتی با ابعاد مشخص طراحی گردیده و نصب و راه اندازی شود. همچنین فاکتور های مشخصی از قبیل دمای آب ورودی و خروجی در سیستم خورشیدی، دمای خاک در ساعات مختلف شبانه روز و نقاط مختلف گلخانه و میزان رطوبت هوا و خاک اندازه گیری گردد و اثر حرارتی سامانه روی سه محصول کاهو، گوجه فرنگی و فلفل دلمه ای بررسی شود. و در نهایت میزان صرفه جویی در مصرف سوخت فسیلی بررسی گردد.

مواد و روش ها

به منظور انجام این پژوهش از یک واحد گلخانه به مساحت m^2 ۱۵ واقع در ۱۲ کیلومتری شمال شرقی شهر شیراز (منطقه باجگاه با طول جغرافیایی ´۴۶ °۵۲ شرقی و عرض جغرافیایی ´۵۰ °۲۹ شمالی و ارتفاع m ۱۸۱۰ از سطح دریا) استفاده گردید. (علی پور، م. ۱۳۹۱)

برای پوشش بیرونی گلخانه، پلاستیک پلی اتیلن ضد UV (مقاوم در برابر اشعه ماورای بنفش) و ضد بخار[1]، با ضخامت ۱۸۰ میکرون و عرض ۸ متر که عمر متوسط آن ۳ تا ۴ سال می باشد، تهیه و نصب گردید (شکل ۱ و ۲). در مرحله بعد، پوشش دوم (پوشش داخلی) نصب گردید. پوشش دوم (داخلی) از پلاستیک ساده با ضخامت۷۰ میکرون است که استفاده از آن موجب کاهش اتلاف حرارت تا حدود۴۰٪ می باشد. [نلسون، پ، و. (۱۳۷۴)] همچنین بر روی پوشش داخلی تعداد چهار عدد دریچه تعبیه گردید که این دریچه ها قابلیت بسته شدن و باز شدن را در هر زمان داشتند. (شکل۳)

شکل ۱. باز کردن پوشش قبلی گلخانه

شکل ۲. گلخانه بعد از نصب پوشش بیرون

شکل ۳. پوشش بیرونی، درونی و دریچه های تعبیه شده بر پوشش داخلی

با توجه به روش گرم کردن گلخانه (گرمایش از کف)، روش کشت خاکی برای کشت گیاهان در نظر گرفته شد و عملیات شخم، علف هرز زدایی و اضافه کردن کود حیوانی به خاک انجام شد. بعد از احیای خاک گلخانه، بافت خاک و میزان ماده آلی آن، در آزمایشگاه تخصصی بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز مشخص گردید. بافت خاک clay loam sil ب

1 - Anti Fog

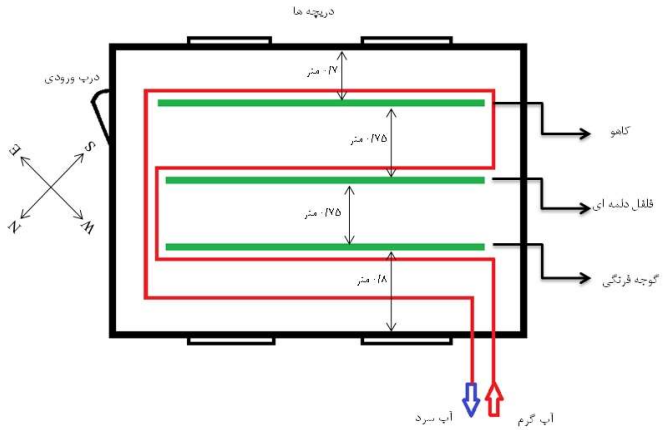
گیاهان انتخابی برای کشت در گلخانه، فلفل دلمه ای، کاهو و گوجه فرنگی در نظر گرفته شد که کاهو به علت غیر حساس بودن به سرما و گوجه فرنگی و فلفل دلمه ای به علت حساس بودن به سرما انتخاب گردیدند.

برای آبیاری گیاهان از لوله های نواری قطره چکان دار که فواصل قطره چکانی روی آن ۱۵ cm بود، استفاده گردید. فاصله نوار ها از محل کشت ۵-۲ cm در نظر گرفته شد تا آب مستقیما روی طوقه گیاه ریخته نشود. نوارها بر روی سطح خاک قرار گرفت. جهت به دست آوردن سطح کلکتور مورد نیاز برای گرمایش گلخانه می بایست از فرمول زیر استفاده کرد (عبدلی، م، ع. ۱۳۶۴):

$$\text{سطح مورد لزوم } (m^2) = \frac{\text{گرمای مورد نیاز } (kj)}{\text{راندمان کلکتور} \times \text{شدت تابش خورشید } \left(\frac{kj}{m^2}\right)}$$

گرمای مورد نیاز گلخانه با توجه به تفاضل بین گرمای تلف شده از گلخانه ($^{Kj}/_{hr}$ ۵۶۸۸۱/۴۴) و گرمایی که گلخانه توسط تابش مستقیم خورشید دریافت کرده است ($^{Kj}/_{hr}$ ۴۱۰۱۰)، محاسبه گردید. با توجه به آمارهای ایستگاه هواشناسی منطقه باجگاه، متوسط شدت تابش خورشید در سال در منطقه باجگاه $^{W}/_{m^2}$ ۷۵۹/۴۵ می باشد که معادل $^{Kj}/_{hr.m^2}$ ۲۷۳۴ است. راندمان کلکتور خورشیدی توسط شرکت سازنده کلکتور خورشیدی (شرکت وندا مهر ایرانیان) ۰/۹ اعلام گردید. سطح کلکتور خورشیدی مورد نیاز m^2 ۶/۴۵ به دست آمد که با توجه به هزینه های بالای این طرح به m^2 ۴ کلکتور خورشیدی صفحه تخت بسنده شد. پس از انجام محاسبات، کلکتور خورشیدی مورد نیاز خریداری و بر روی پشت بام بخش مکانیک ماشین های کشاورزی واقع در منطقه باجگاه نصب گردید.

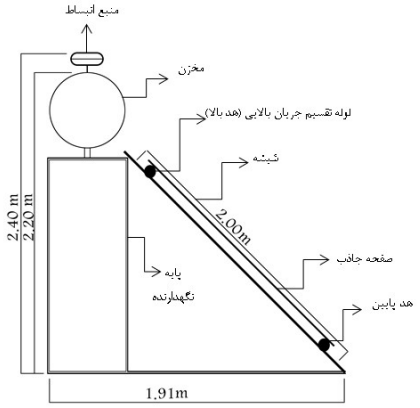
لوله های انتقال دهنده حرارت از نوع Heating Pipe RAUTHERM S می باشند که این لوله ها قرمز رنگ بوده و جنس آنها EVAL - sheathed PE – XA است. ۲۲ متر از این نوع لوله در خاک گلخانه در عمق ۵cm از سطح خاک کاشته شد. فاصله لوله ها از ردیف های کشت به طور متوسط ۵cm در نظر گرفته شد. بعد از قرار دادن لوله در خاک، روی آن با خاک پوشانده شد به گونه ای که از بیرون چیزی قابل مشاهده نباشد. لوله ها با الگوی زیر (شکل ۴)، در کف گلخانه قرار گرفتند:



شکل ۴. الگوی نصب لوله ها در کف گلخانه

برای نصب سیستم خورشیدی در مرحله اول، پایه های کلکتور نصب شد و این سازه به گونه ای طراحی گردیده است که صفحات جمع کننده با افق زاویه 45° بسازند. در مرحله بعد مخازن و صفحات خورشیدی نصب گردیدند. مخازن ذخیره آب گرم هر یک گنجایش ۱۲۰ لیتر آب را دارند و وزن خالی آنها ۷۰ Kg می باشد. نوع تبادل حرارتی این مخازن از نوع دوجداره غیرمسقیم بوده و از ورق آهنی ST۳۷ به ضخامت ۳mm با پوشش گالوانیزه گرم ساخته شده اند. در سیستم مذکور از دو عدد کلکتور خورشیدی نوع صفحه تخت[1]، هر یک به مساحت $1/88\ m^2$ استفاده گردید (شکل ۵).

شکل ۵. نصب صفحات جمع کننده



شکل ۶. شماتیک سیستم خورشیدی

برای به گردش درآوردن آب در درون سیکل بسته گلخانه–کلکتور، از یک پمپ GRUNDFOS مدل UPS ۲۵-۶۰ با قدرت موتور ۶۰ وات و حداکثر دبی $3/73\ m^3/hr$ ، ساخت کشور آلمان، استفاده گردید (شکل ۷ و ۸). برای به گردش درآوردن آب در صفحات خورشیدی، از قانون ترموسیفون استفاده شد. آب سرد از قسمت پایین وارد کلکتور خورشیدی شده و در اثر تابش خورشید به سطح کلکتور، آب در داخل آن گرم شده و به سمت بالا حرکت می کند و آب سرد جایگزین آن می شود. آب گرم خروجی از

1 - Flat Plate

بالای کلکتور، برای انتقال حرارت جذب شده وارد مبدل (جداره دوم مخزن دوجداره) شده و پس از سرد شدن مجدداً از پایین وارد کلکتور می شود و این سیکل تا زمانی که تابش خورشید برای به حرکت در آوردن آب داخل کلکتور کافی باشد ادامه می یابد.

شکل ۷. پمپ گردشی GRUNDFOS مدل UPS ۲۵-۶۰

شکل ۸. پمپ گردشی پیچیده شده در غلاف عایق جهت جلوگیری از یخ زدن

از دیگر اجزای این سیستم خورشیدی که در آن به کار رفته است می توان به حسگرهای دمایی برای اندازه گیری دمای آب درون سیستم و نیز دستگاه کنترلر اشاره کرد. دستگاه کنترلر از نوع SR868C8/SR868C8Q – SOLAR CONTROLLER ساخت کشور چین می باشد. دمای اندازه گیری شده توسط حسگر ها بر روی صفحه نمایش کنترلر قابل رؤیت می باشد. (شکل های ۹، ۱۰ و ۱۱)

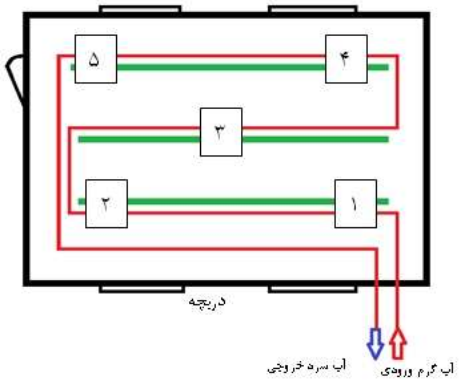
شکل ۹. حسگر دمای T_1

شکل ۱۰. حسگر دمای T_2

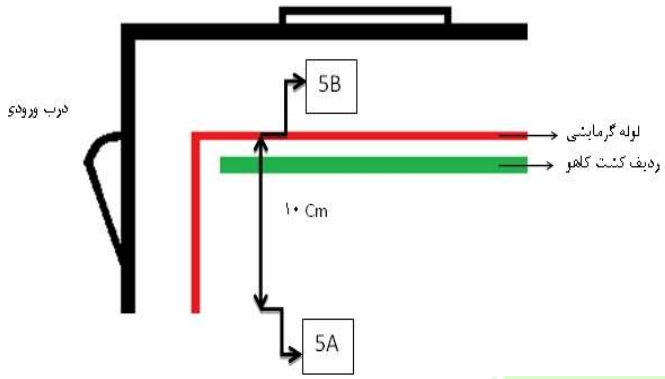
شکل ۱۱. کنترلر

پس از نصب کامل دستگاه و تمام منضمات آن، سیستم آبگیری شده و رسما شروع به کار کرد. در این مرحله، نشاء گیاهان مورد نظر به داخل گلخانه انتقال یافته و داده برداری ها آغاز گردید. داده برداری در زمستان سال ۱۳۹۱ (دی – بهمن)، در گلخانه مذکور انجام گرفت و به این صورت بود که به ۳۱ روز در هر شبانه روز هر ۴ ساعت یک بار (۱ بامداد، ۵ بامداد، ۹ صبح، ۱ بعد از ظهر، ۵ عصر و ۹ شب)، داده های مربوط به دمای خاک، دمای هوا و رطوبت هوای داخل گلخانه و بیرون گلخانه اندازه گیری شد. در ابتدا ۵ نقطه جهت جاسازی دماسنج ها در کف گلخانه مشخص گردید که این ۵ نقطه دقیقا روی لوله های گرمایشی قرار

داشتند. دماسنج های قرار گرفته در این نقاط با حرف B نامگذاری شدند. دماسنج های سری دوم که با حرف A نامگذاری شدند، در فاصله ۱۰ سانتی متری از ۵ نقطه اول قرار داده شدند. فاصله گیاه تا لوله گرمایشی به طور میانگین cm ۵-۲ بود.



شکل ۱۲. محل قرارگیری دماسنج ها در گلخانه



شکل ۱۳. فاصله دو دماسنج A و B در نقطه ۵

برای اندازه گیری بیشینه و کمینه دمای هوای داخل گلخانه در شبانه روز، یک عدد دماسنج ماکسیمم- مینیمم، مخصوص فضای داخل گلخانه، در ارتفاع ۱/۵ متری از کف گلخانه، نصب گردید. همچنین از یک دستگاه رطوبت سنج testo ۶۲۵ جهت اندازه گیری رطوبت و دمای هوای داخل گلخانه استفاده گردید. این دماسنج- رطوبت سنج در نزدیکی سطح برگ نگه داشته شده و دما و رطوبت هوا را در نزدیکی سطح برگ به دست می داد.

شکل۱۴. دماسنج ماکسیمم مینیمم

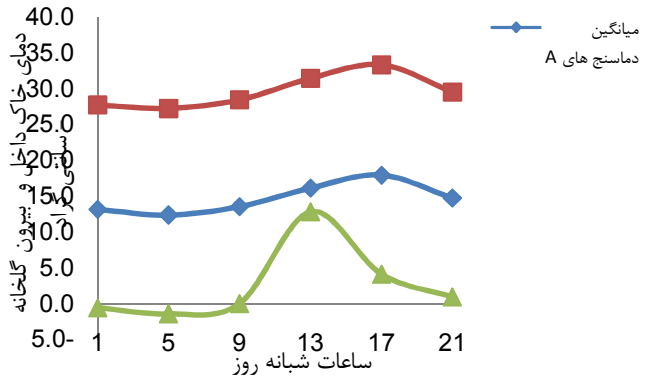
شکل ۱۵. رطوبت سنج – دماسنج testo ۶۲۵

آمارهای مربوط به دمای خاک بیرون گلخانه، دمای هوا و نیز رطوبت هوای بیرون گلخانه از ایستگاه هواشناسی دانشکده کشاورزی واقع در منطقه باجگاه گرفته شد. داده ها مربوط به ساعاتی از شبانه روز می باشد که دمای هوا و دمای خاک داخل گلخانه اندازه گیری شده است. در این تحقیق از یک دستگاه پیرانومتر (شیدسنج) جهت اندازه گیری شدت تابش استفاده شد که در مرکز هواشناسی بخش مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در منطقه باجگاه قرار دارد. فاصله مرکز هواشناسی تا گلخانه مذکور حدود ۱/۵ کیلومتر است.

دمای آب سرد ورودی به سیستم خورشیدی (آبی که در گلخانه چرخیده و گرمای خود را به خاک گلخانه منتقل کرده است) توسط حسگر T_2 و دمای آب گرم خروجی از سیستم (آبی که در کلکتور چرخیده و توسط انرژی خورشید گرم شده است) توسط حسگر T_1 اندازه گیری گردید. این دماها در طول روز سه مرتبه (۹ صبح، ۱ بعد از ظهر و ۵ عصر) قرائت گردید.

نتایج و بحث

نتایج داده برداری به صورت نمودار ارائه گردیده است. در شکل ۱۶، میانگین ۳۱ روزه دمای خاک برای دماسنج های گروه A و B در طول شبانه روز نشان داده شده است. بیشینه دمای خاک در شبانه روز، برای همه دماسنج ها مربوط به ساعت ۱۷و کمینه دمای خاک در شبانه روز مربوط به ساعت ۵ می باشد. نمودار نشان می دهد که داده های مربوط به دماسنج های B که دقیقا بر روی لوله انتقال حرارت در کف گلخانه قرار داشتند، تقریبا $15^{\circ}X$ بیشتر از دماسنج های گروه A هستند. یعنی در فاصله ۱۰ سانتیمتری از محل عبور لوله، خاک حدودا $15^{\circ}X$ خنک تر است که علت اصلی، دوری از لوله گرمایشی می باشد. همچنین شیب نمودارها کاملا نشان می دهد که دمای خاک در طول شبانه روز در دو گروه A و B یک روند را طی کرده است و حال آنکه روند تغیرات دمای خاک بیرون گلخانه با روند تغیرات دمای خاک داخل گلخانه کاملا متفاوت است. جدول ۱، وجود اختلاف معنی دار میان دماسنج های گروه A و جدول ۲، وجود اختلاف معنی دار میان دماسنج های گروه B را تائید می کند. همچنین جدول ۳ وجود اختلاف معنی دار میان دماسنج های گروه A ، B و بیرون را در سطح ۵٪ تائید می کند. بیشینه متوسط دمای خاک در ساعات ثبت مشاهدات در گلخانه برای ۳۱ روز، $33/4^{\circ}X$ (مربوط به ۱۷ بعد از ظهر) و کمینه متوسط دمای خاک $12/4^{\circ}X$ (مربوط به ساعت ۵ صبح) به دست آمد. بیشینه متوسط دمای خاک در بیرون گلخانه - شاهد- در مدت ۳۱ روز $12/9^{\circ}X$ (مربوط به ساعت ۱۳) و کمینه متوسط دمای خاک در شبانه روز $-1/4^{\circ}X$ (مربوط به ساعت ۵ صبح) بود.



شکل ۱۶. مقایسه میانگین ۳۱ روزه دمای خاک داخل و بیرون از گلخانه در شبانه روز

جدول ۱. تجزیه واریانس اثرهای اصلی و متقابل محل قرارگیری دماسنج های A و ساعات ثبت مشاهدات بر روی دمای خاک

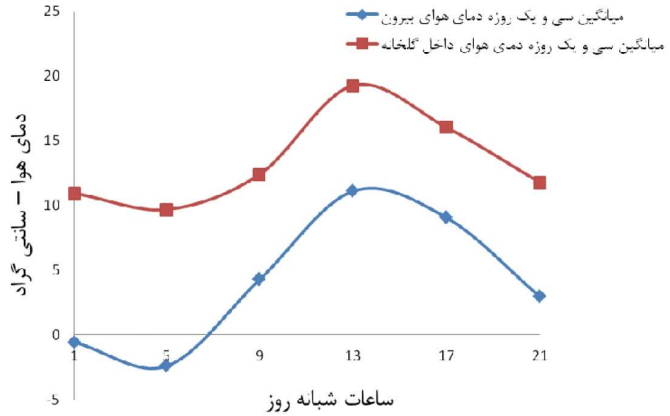
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مجموع مربعات	آماره F
محل قرارگیری دماسنج	۴	۳۴۱/۰۳	۱۶/۸۱ *
ساعات ثبت مشاهدات	۵	۶۸۶/۱۶	۳۳/۸۲ *
اثر متقابل محل قرارگیری و ساعات ثبت	۲۰	۳/۳۸	۰/۱۶ ns
خطا	۹۰۰	۲۰/۲۸	
مجموع	۹۳۰		

جدول ۲. تجزیه واریانس اثرهای اصلی و متقابل محل قرارگیری دماسنج های B و ساعات ثبت مشاهدات بر روی دمای خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F
محل قرارگیری دماسنج	۴	۶۵۳/۳۷	۵/۶۲ *
ساعات ثبت مشاهدات	۵	۸۶۷/۲۹	۷/۴۶ *
اثر متقابل محل قرارگیری و ساعات ثبت	۲۰	۴/۶۴	۰/۰۴ ns
خطا	۹۰۰	۱۱۶/۱۶	
مجموع	۹۳۰		

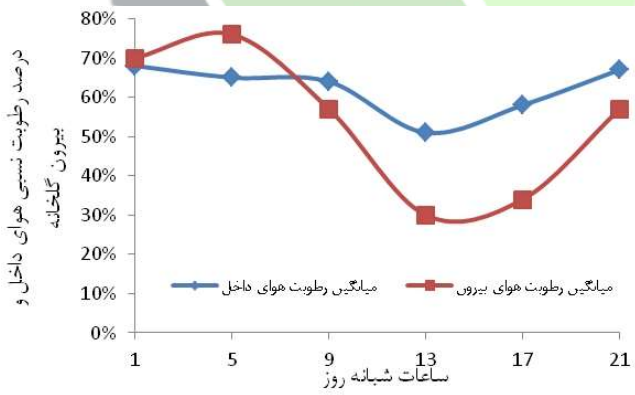
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F
ساعت ثبت مشاهدات	۵	۸۳۲/۹۶	۱۸/۳۹ *
مکان	۲	۳۴۰۱۳/۹۳	۷۵۱/۳۲ *
اثر متقابل ساعت و مکان	۱۰	۱۸۲/۱۰	۴/۰۲ *
خطا	۵۴۰	۴۵/۲۷	
کل	۵۵۸		

شکل ۱۷ نشانگر آن است که گرم ترین ساعت گلخانه ، ساعت ۱ بعد از ظهر و سردترین ساعت آن، ساعت ۵ صبح می باشد که مقادیر میانگین دمای هوای ۳۱ روزه در این ساعات به ترتیب $19/2^{\circ}X$ و $9/6^{\circ}X$ می باشد. نمودار نشان می دهد که گلخانه مورد تحقیق، یک گلخانه هوا خنک می باشد. همچنین دمای هوای بیرون گلخانه، از ایستگاه هواشناسی دانشکده کشاورزی دریافت گردید و در شکل ۱۷ آورده شده است.



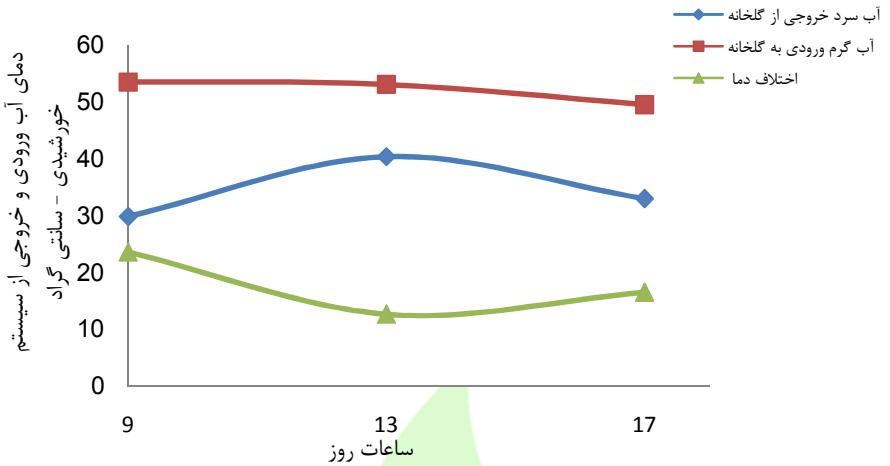
شکل ۱۷. مقایسه میانگین ۳۱ روزه دمای هوای داخل و بیرون گلخانه در شبانه روز

رطوبت نسبی هوای داخل گلخانه هر ۴ ساعت یک بار، در ساعات مقرر اندازه گیری شدکه میانگین ۳۱ روزه آن در شکل ۱۸ نشان داده شده است. این نمودار همچنین میانگین ۳۱ روزه رطوبت نسبی هوای بیرون از گلخانه در شبانه روز را که از ایستگاه هوا شناسی دانشکده کشاورزی دریافت گردیده است، نشان می دهد. از مقایسه دو منحنی می توان دریافت که رطوبت نسبی هوا در گلخانه در یک حد کنترل شده قرار دارد و تغییرات زیادی در آن صورت نپذیرفته است. حال آنکه اختلاف کمینه و بیشینه رطوبت در هوای آزاد به بیش از ۵۰٪ می رسد.



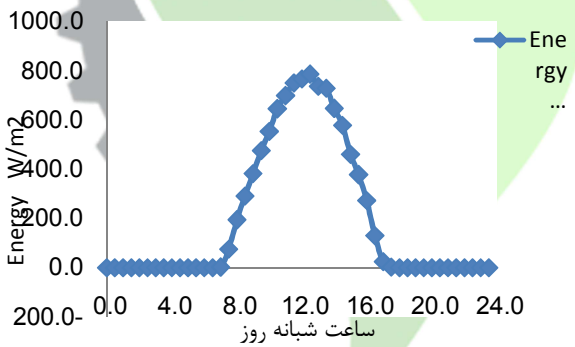
شکل ۱۸. مقایسه میانگین ۳۱ روزه رطوبت نسبی هوای داخل و بیرون گلخانه در شبانه روز

شکل ۱۹ نشان می دهد که آب خروجی از گلخانه در ساعات اول روز کمترین دما را دارد و این بدان معناست که بیشتر انرژی حرارتی خود را قبل از خروج از گلخانه به خاک منتقل کرده است و در ساعت یک بعد از ظهر کمترین اختلاف را با دمای آب ورودی به گلخانه دارد.



شکل ۱۹. دمای آب سرد خروجی از گلخانه و آب گرم ورودی به گلخانه و اختلاف دمای آب ورودی و خروجی

شکل ۲۰ میانگین شدت تابش خورشید را در طول روز برای مدت یک ماه آزمایش می دهد. میانگین بیشینه تابش روزانه در مدت آزمایش $^{W}/_{m^2}$ ۷۳۷/۸ به دست آمد. بیشینه میزان تابش در مدت آزمایش برابر $^{W}/_{m^2}$ ۱۰۲۴/۲ بوده که در روز اول بهمن ۱۳۹۱ اتفاق افتاده است. از این نمودار همچنین می توان به طول روز دست یافت که در طول مدت آزمایش، طول روز ۱۰ ساعت بوده است. متوسط کل تابش روزانه در مدت آزمایش $^{W}/_{m^2}$ ۱۱۴۵/۵ است.



شکل ۲۰. میانگین تابش روزانه در شبانه روز

در نهایت وضعیت رشد گیاهان از ابتدای کاشت تا زمان برداشت به صورت مصور آورده شده است. وضعیت گیاهان کاشته شده در طول فصل رشد (از مرحله نشاء تا مرحله محصول دهی) در شکل ۲۱ نشان داده شده است:

شکل ۲۱. گوجه فرنگی، فلفل دلمه ای و کاهو پس از طی مراحل رشد

نتیجه گیری

۱. دمای خاک در طول شبانه روز در دو گروه A و B یک روند مشابه را طی کرده است و حال آنکه روند تغییرات دمای خاک بیرون گلخانه با روند تغییرات دمای خاک داخل گلخانه کاملا متفاوت است. داده های مربوط به دماسنج های گروه B، تقریبا ۱۵ $^{\circ}X$ بیشتر از دماسنج های گروه A هستند.

۲. نتایج تجزیه واریانس اثرهای اصلی و متقابل محل قرارگیری دماسنج ها و ساعات ثبت مشاهدات بر روی دمای خاک بیانگر آن است که دما در نقاط مختلف گلخانه در گروه A یکسان نیست. به علاوه دما در ساعات مختلف شبانه‌روز نیز یکسان نیست. نتایج در گروه B نیز به همین صورت است. متفاوت بودن دما در نقاط مختلف گلخانه به عوامل بیشماری بستگی دارد که برای مثال می توان به عدم یکسان بودن اتلاف حرارتی در قسمت های مختلف گلخانه، عدم یکسان بودن میزان سایه اندازی درختان کنار گلخانه بر روی گلخانه، نزدیکی نقاط به دریچه ها و یا درب ورودی و .... اشاره کرد.

۳. کمینه متوسط دمای هوای داخل گلخانه در طول شبانه روز، در ساعت ۵ صبح (۹/۶ $^{\circ}X$) و بیشینه دما در ساعت ۱۳ (۱۹/۲ $^{\circ}X$) می باشد و گلخانه از نظر دمایی یک گلخانه خنک به حساب می آید.

۴. متوسط رطوبت تر خاک در طول دوره آزمایش ۲۱٪ به دست آمد و خاک به عنوان یک منبع ذخیره کننده حرارت عمل کرد.

۵. میزان سوخت مورد نیاز این گلخانه با توجه به اقلیم منطقه باجگاه (معتدل) ۳۰۰۰ لیتر در طول سال می باشد.

۶. در نهایت سیستم خورشیدی توانست جوابگوی نیاز گرمایی گلخانه باشد و گیاه به مرحله محصول دهی برسد. گلخانه مورد نظر از نظردمایی یک گلخانه خنک به حساب می آید.

منابع

۱. نلسون، پ، و. (۱۳۷۴). مدیریت گلخانه. جلد اول. مترجم: منصور عبایی، علی وزوایی. تهران: واحد انتشارات سازمان پارک ها و فضای سبز. ۶۰۷ صفحه

۲. عبدلی، م، ع. (۱۳۶۴). اصول کاربرد حرارتی انرژی خورشیدی. تهران: سازمان انرژی اتمی ایران. ۴۷۳ صفحه.

۳. سبزپوشانی، م. و م، منعم زاده و ح، خراسانی. (۱۳۸۳) مدلسازی و شبیه سازی سیستم ترکیبی کلکتورهای خورشیدی و گرمایش کفی برای گرمایش سالن های مرغداری. پژوهشکده انرژی دانشگاه کاشان.

۴. علی پور، م. (۱۳۹۱). بکارگیری و ارزیابی سامانه جامع کنترل شرایط گلخانه با استفاده از شبکه عصبی . پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی. شیراز: دانشگاه شیراز. ۷۱ صفحه

5. Zhai, X. Q., J. R. Yang. (2009). ‘‘Design and performance of solar-powered floor heating system in a green building’’. Renewable energy 34: 1700-1708

6. Du, J. Bansal, P., Huang, B. (2012). ‘‘Simulation model of a greenhouse with a heat-pipe heating system’’ Applied Energy 93: 268-276

7. Attar, I., N. Naili. N. Khalifa. (2013). ‘‘ Parametric and numerical study of a solar system for heating a greenhouse equipped with a buried exchanger’’ Energy conversion and management 70: 163-173

8. http://www.suna.org.ir/

Design, Fabrication and Evaluation of a Solar Heating System for Heating Greenhouses

1- MSc Student, Department of Biosystems Engineering, Shiraz University, sara_taheri2005@yahoo.com
2- Professor, Department of Biosystems Engineering, Shiraz University, zomorod@shirazu.ac.ir

Abstract

Nowadays fossil fuel and specially gasoil is mostly used as a source of fuel for warming greenhouses. In addition to high cost, it produces many problems such as air pollution impact, higher cost of transportation, risk of storage, maintenance of relevant heating equipment and . In this work using solar energy as a main source of supplying energy for heating the greenhouses were presented. A water solar collector with area of 4 m^2 including two tank was applied for the greenhouse with total surface area of 15 m^2 with 2 plastic covers (the distance between the covers was 10cm). Heating pipes of RAUTHERM S were employed for greenhouse floor heating and were arranged as spiral pattern. Three crops of lettuce, tomatoes and peppers were cultivated in the greenhouse. Greenhouse heat losses were calculated to be 950544 KJ considering the average inside and outside air temperatures and other oprating conditions, and the total amount of energy generated by the solar heating system was 1021310 KJ which was enough for keeping the greenhouse warm during the cold season. If the greenhouse was set to be warmed up by using conventional tools, 3000 litters of gasoil would have been consumed during the same operating time.

Keywords: Solar energy, Flat plate solar collector, Solar heating, Greenhouse heating