



بررسی رفتار حرارتی و رطوبتی داخل گلخانه به کمک یک سیستم جمع آوری اطلاعات کامپیوتری

محمود امید و اردشیر شفاپی، استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه

تاریخ دریافت: اردیبهشت ماه ۱۳۸۳ تاریخ پذیرش: دی ماه ۱۳۸۳

چکیده

به منظور کنترل دما و رطوبت نسبی داخل گلخانه یک سیستم جمع آوری اطلاعات کامپیوتری طراحی و پیاده سازی گردید. سیستم برای انجام آزمایشات گوناگون میدانی داخل یک گلخانه مدل با سطحی به مساحت ۸ متر مربع و ارتفاع ۲ متر نصب و در شرایط مختلف جوی در ماه آذر سال ۱۳۸۲ در کرج مورد آزمون و ارزیابی قرار گرفت. در یکی از آزمایشات مشاهده گردید که مقادیر مربوط به دمای محیط داخل گلخانه همواره بالاتر از دمای محیط بیرون می باشد. با توجه به اینکه انرژی تابشی خورشید پس از عبور از پوشش شفاف در محیط گلخانه محبوس شده و بتدریج باعث افزایش دمای محیط گلخانه می گردد این روند قابل توجه بوده و در واقع تأییدکننده اثر گلخانه ای است. از طرفی در طول مدت آزمایش نوسانات زیادی در درجه حرارت داخل گلخانه مشاهده گردید. ما این نوسانات را متاثر از شرایط طبیعی محیط شامل تبخیر سطحی درون گلخانه، تابش خورشید، درجه حرارت محیط بیرون و آفتابی و ابری شدن متناوب هوا در حین آزمایش تفسیر می کنیم. نوسانات مشهودی در تغییر رطوبت نسبی داخل گلخانه مشاهده نگردید اما با فعال شدن سیستم کنترل خودکار در دقایق آخری آزمایش این رطوبت نسبی روندی نزولی به خود گرفت. از طرفی سنسور دمای نصب شده نزدیک به نواحی مجاور پوشش گلخانه از آهنگ افزایش سریع تری برخوردار بود تا سنسوری که در مجاور گیاه قرار داده شده بود. این امر ناشی از تأثیر بیشتر انرژی تابشی خورشید بر گرمایش گلخانه در مجاورت پوشش می باشد.

کلمات کلیدی: اثر گلخانه ای، دما، رطوبت، سیستم جمع آوری داده

Pajouhesh & Sazandegi No: 64 pp: 67-73

Investigation of temperature and humidity variations within a greenhouse using a computer-based data acquisition system

By: M. Omid, Assistant Professor, Dept. of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture, University of Tehran. and A. Shafaei, Graduate Student of Agricultural Machinery, University of Tehran

In order to control greenhouse environment, a computer-based control and monitoring system was designed and implemented. Performance of the system was evaluated by installing it in a constructed model greenhouse. The greenhouse has a floor area of 8m², covered with 200 μm polyethylene film. The set of experiments were carried out during December 2003 in the city of Karaj. The simulation results achieved for the air temperature and relative humidity are shown. The results indicate that the outside temperature is always less than the inside one, because the solar radiation entered the greenhouse through transparent plastic. This is a further confirmation of greenhouse effect. The fluctuations in temperature inside the model greenhouse during observation time were recorded. These fluctuations were affected by natural conditions such as surface evaporation within the greenhouse, solar radiation and ambient temperature and weather changes. Also, it was found that the rate of change of temperature in the upper part, i.e. near the plastic cover, is higher than that of the height of plants. This rise of vertical temperature is due to receiving solar incident radiation.

Keywords: Greenhouse effect, Temperature, Humidity, Data acquisition system

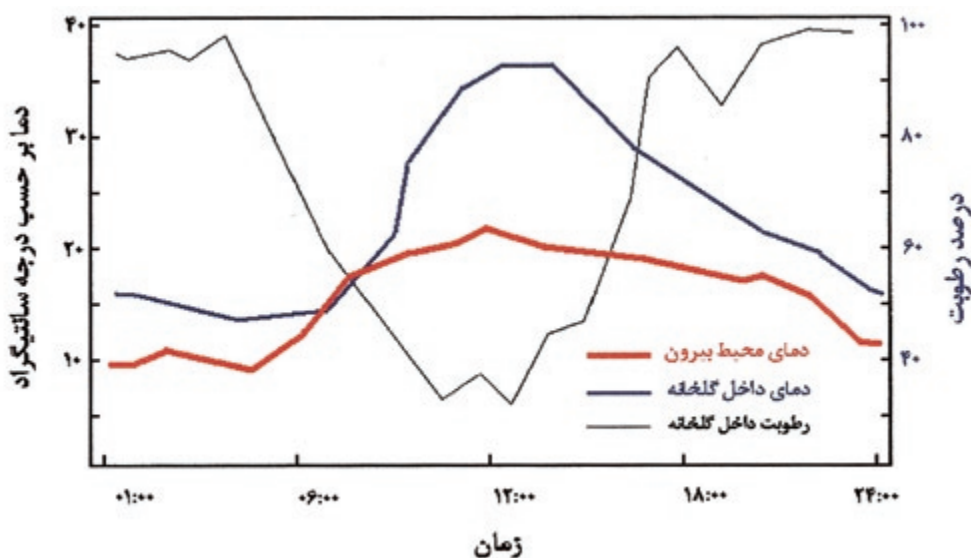
مقدمه

گیاهان گلخانه‌ای است. بدین ترتیب شرایط مطلوب برای گیاه در هر مرحله از رشد آن تامین می‌شود (۵).

فرآیند کنترل یک گلخانه فرآیندی بلندرانگ^۱ است و نیازهای نرم افزاری، سخت افزاری، هزینه‌ها، کاربری و پشتیبانی آن با سایر سیستم‌های کنترلی تفاوت‌های فاحشی دارد. از جمله عوامل مهم در ارزیابی و طراحی این سیستم‌ها می‌توان به مواردی مثل قابلیت اطمینان و دقت بالا، انعطاف پذیری عملیاتی، کاربر پسند بودن و کاربری آسان آنها اشاره نمود (۱۱). Jaehoon و همکاران در سال ۱۹۹۵ روی یک سیستم کنترل خودکار اندازه‌گیری شرایط محیطی گلخانه مطالعاتی انجام دادند (۶). هدف آنها طراحی کنترل کننده‌ای بود که بتواند شرایط محیطی بهینه را برای گلخانه فراهم کند. این سیستم از سه قسمت اصلی سنسور ها، برد میکروکنترلری و کامپیوتر تشکیل شده بود. Chalabi و همکاران در سال ۱۹۹۵ یک الگوریتم بلندرانگ را برای کنترل بهینه نقطه تنظیم‌های گرمایشی یک گلخانه تجاری کاشت گوجه فرنگی مورد استفاده و آزمایش قرار دادند (۴). Laghrouche و همکاران در سال ۲۰۰۱ تحقیقی را در زمینه مانیتورینگ شرایط محیطی یک گلخانه با استفاده از یک سیستم میکروکنترلی به انجام رساندند (۷). این سیستم توانایی پویا هم زمان ده سنسور را در بازه زمانی قابل برنامه‌ریزی از یک دقیقه تا یک ساعت دارا است و می‌تواند اطلاعات مربوط به وضعیت یک ماه محیط را جمع‌آوری و ذخیره کند. از این سیستم برای نظارت بر شرایط محیطی یک گلخانه پرورش موز در یک مکان دوردست در کشور الجزایر استفاده شده است. با استفاده از این سیستم مانیتورینگ امکان ارزیابی و مدیریت شرایط محیطی گلخانه‌های پرورش موز در هر مکان و موقعیت خوبی فراهم می‌گردد ولی هیچ گونه کنترلی بر روی پارامترهای محیطی انجام نمی‌گیرد. اخیراً Marhaenanto و Singh طرحی را در زمینه مانیتورینگ و کنترل شرایط محیطی گلخانه به انجام رساندند (۸). آنها توانستند با استفاده از کامپیوترهای قدیمی یک سیستم قابل برنامه‌ریزی برای مانیتورینگ و کنترل شرایط محیطی گلخانه در محیط DOS طراحی و به اجرا درآورند. این سیستم برای تثبیت سه پارامتر دما، رطوبت نسبی و آبیاری گلخانه در حد مقادیر مطلوب و از پیش تعیین شده، طراحی شده است.

هدف از این مقاله بررسی رفتار حرارتی و رطوبتی گلخانه می‌باشد. برای توضیحات مربوط به طراحی سیستم و نقش و تاثیر سایر عوامل

گلخانه‌های مدرن امروزی دما و رطوبت محیط، شدت و مدت زمان روشنایی، میزان دی اکسید کربن، دمای خاک و سایر پارامترهای مؤثر بر رشد محصولات گلخانه‌ای را به‌طور دقیق اندازه‌گیری، مانیتور و کنترل می‌نمایند. این سیستم‌ها با توجه به مقادیر لحظه‌ای پارامترهای مذکور از سنسورهای نصب شده در داخل و خارج گلخانه و بر مبنای الگوریتم‌های پیچیده کنترلی، وضعیت گلخانه را در حالت بهینه تثبیت می‌کنند. تاریخ گلخانه‌های کنترل شده به سال‌های اول ۱۹۷۰ بر می‌گردد (۳، ۲، ۱). ولی امروزه با پیشرفت سیستم‌های کامپیوتری تاسیس این نوع گلخانه‌ها کاملاً تجاری شده است. در ایران نیز ضرورت اجرای طرح‌های مکانیزه با توجه به رویکرد وزارت جهاد کشاورزی در این زمینه کاملاً احساس می‌شود. با این حال کنترل کامپیوتری این گلخانه‌ها در کشور موضوع نسبتاً جدیدی است. فناوری این نوع کنترل و حتی گلخانه‌های کنترل شده معمولی نیز در ایران موجود نمی‌باشد. وقت آن رسیده است که با انجام پژوهش‌های بنیادی به این فناوری با ارزش در داخل کشور دست یافت. چون دیگران به‌طور قطع آن را در اختیار ما نخواهند گذارد و اگر هم از خارج وارد گردد باز برای تطبیق آن با شرایط مملکت نیازمند کمک‌های خارجی بوده و از وابستگی‌هایی نخواهیم یافت. لذا ضروری است با توجه به شرایط آب و هوایی کشور و محصولات مورد نظر، سیستم‌هایی را طراحی و توسعه داد که در عین نوین و کارا بودن، کم هزینه بوده و طراحی، ساخت و استفاده از آنها با فناوری موجود در کشور هماهنگ باشد. عوامل متعددی بر فرآیند رشد و نمو گیاهان گلخانه‌ای تاثیر گذارند. پارامترهایی مثل نور، دما، رطوبت، دی اکسید کربن، کمیت و کیفیت عناصر غذایی و آب، pH خاک، آبیاری و مرحله رشد گیاه از جمله مهمترین آنها می‌باشند (۹، ۱۰، ۱۱). قرار دادن گیاه در محیط بسته گلخانه امکان کنترل بهتر این پارامترها را فراهم می‌کند. با وجود اینکه گلخانه یک محیط بسته می‌باشد ولی کاملاً از محیط بیرون ایزوله شده نیست. بنابراین شرایط داخل گلخانه تحت تاثیر تغییرات آب و هوایی بیرون دائماً تمایل به تغییر دارد. دمای هوای بیرون، طول روز، شدت نور خورشید و رطوبت هوا ساعت به ساعت، روز به روز و فصل به فصل در حال تغییر است. برای جبران این اثرات لازم است تجهیزات کنترلی متعددی در گلخانه نصب و تعبیه شوند. وظیفه یک سیستم کنترلی تنظیم و تثبیت پارامترهای مؤثر در رشد



شکل ۱: روند تغییرات رطوبت با دما در طی شبانه روز برای یک گلخانه بدون کنترل

رشد و حتی آسیب رسیدن به گیاه می‌گردد. اهمیت حداقل دمائی که برای گیاه مناسب است، بیشتر است.

دومین پارامتری که در یک گلخانه باید کنترل شود رطوبت است. لیکن در فرایند کنترل محیط گلخانه، کنترل دقیق رطوبت یکی از مشکل‌ترین موارد می‌باشد. رطوبت شاخصی از میزان بخار آب موجود در هوا می‌باشد. واحد متداول برای سنجش میزان رطوبت، رطوبت نسبی (RH) است که عبارت است از نسبت بخار آب موجود در هوا به حداکثر بخار آبی که هوا در آن دما می‌تواند نگهداری نماید. با افزایش دمای هوا، ظرفیت نگهداری رطوبت افزایش و RH کاهش می‌یابد. بالعکس کاهش دما باعث کاهش ظرفیت نگهداری رطوبت و افزایش RH می‌گردد (۵، ۹). تغییرات RH در داخل گلخانه باعث ایجاد تبخیر و تعرق می‌گردد. میزان تعرق گیاه

نتایج یکی از آزمایشاتی که در روز ۱۶ آذر ماه ۱۳۸۲ با استفاده از سیستم طراحی شده در (۲) می‌پردازیم. پیشنهادات و اهداف آتی ما در بخش نتیجه‌گیری و پیشنهادات گنجا شده است. در انتها نیز فهرستی از منابع مورد استفاده ارائه شده است.

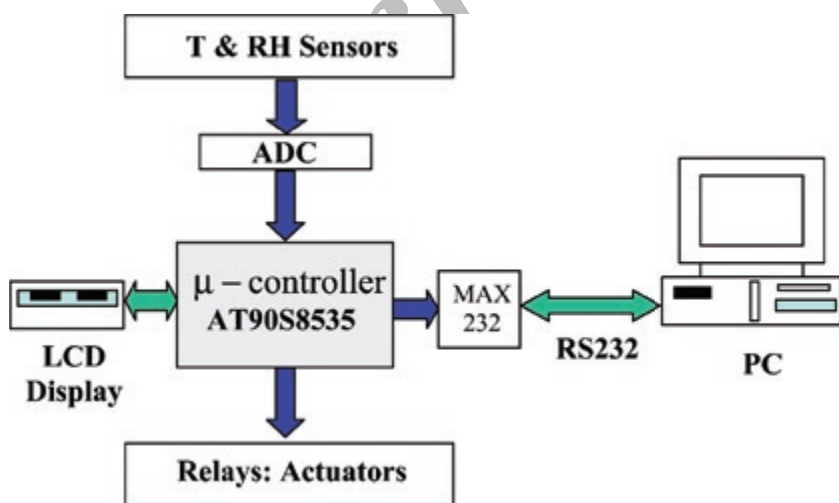
مواد و روشها

همانگونه که قبلاً اشاره شد دما و رطوبت از مهمترین پارامترهایی هستند که در هر گلخانه‌ای بایستی کنترل شوند. گستره تغییرات دما برای گیاهان گلخانه‌ای نسبتاً محدود بوده و در حدود ۱۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این گستره تقریباً برای تمام گونه‌ها صادق است. رشد بهینه بعضی از محصولات ممکن است نیازمند شرایط و محدودیت‌های خاص دمائی باشد که در این زمینه سه نکته حائز اهمیت است (۱۰):

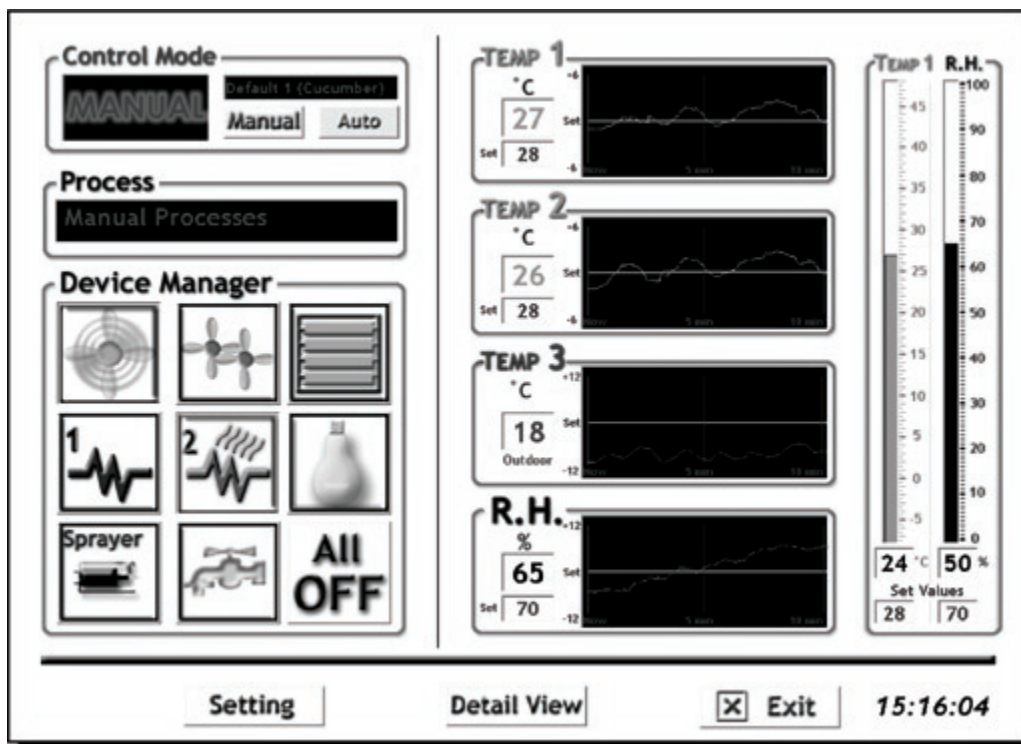
الف: هر گیاهی دارای یک دمای بهینه می‌باشد که در آن دما رشد و نمو گیاه نیز در بهترین وضعیت است. دمای بهینه ممکن است در مراحل مختلف رشد گیاه تغییر کند. مثلاً در اکثر موارد دمای بهینه دوره جوانه‌زنی بیشتر از مقدار دمای بهینه دوره گل‌دهی گیاهان است.

ب: برای بسیاری از گیاهان ممکن است شرایط بهینه رشد در وجود دماهای متفاوت شب و روز باشد. معمولاً دمای شبانه درون گلخانه برای گیاهان مختلف مقداری کمتر از دمای روز در نظر گرفته می‌شود.

ج: برای اکثر گیاهان مقادیر حداقل و حداکثر دما مهم است. در محدوده حداقل و حداکثر دما، رشد گیاه نسبت به دمای بهینه کاهش می‌یابد. قرار گرفتن گیاه در محدوده‌ای خارج از آن باعث توقف



شکل ۲: اجزای اصلی سیستم کنترل و مانیتورینگ شرایط محیطی گلخانه



شکل ۳: منوی اصلی برنامه کنترل کامپیوتری شرایط محیطی گلخانه

خشک بیرون، گرمایش برای کاهش RH و نیز کاهش افت دمای ناشی از تهویه، افزایش دمای سطوح گیاهان و یا جلوگیری از اتلاف گرما از سطوح آنها و نیز گرم کردن هوای ورودی. همچنین استفاده از سیستم‌های توزیع هوای مناسب نظیر پلی تیوپ^۴ برای یکنواختی بیشتر دما توصیه می‌گردد (۹، ۵). با وجود اینکه کاهش رطوبت ممکن است کاری پر هزینه باشد ولی افزایش رطوبت عملاً مشکل‌تر است. افزایش رطوبت بدون استفاده از حجم زیادی از آب، به سیستم‌های تبخیر رطوبت مثل انواع مه پاش‌ها، نم پاش‌ها، سیستم‌های تشک و پنبه و غیره نیاز دارد. تمام این سیستم‌ها با در معرض هوا قرار دادن آب و تبخیر آن میزان رطوبت هوا داخل گلخانه را افزایش می‌دهند که باعث افزایش RH هوا و درصد خنک‌کنندگی آن می‌شوند. برای داشتن کارایی مطلوب این سیستم‌ها، یک تهویه مناسب مورد نیاز است که پیوسته هوای گرم و مرطوب داخل را با هوای تازه بیرون جایگزین نماید. این مساله بیشتر در روزهای گرم و خشک تابستان اتفاق می‌افتد اما افزایش رطوبت ممکن است در وسط روزهای خشک زمستان نیز لازم باشد، یعنی هنگامی که سیستم تهویه برای خنک‌کنندگی حجم زیادی از هوای خشک بیرون را وارد گلخانه می‌نماید (۹).

اخیراً به منظور کنترل دما و رطوبت نسبی گلخانه یک سیستم جمع‌آوری اطلاعات^۵ کامپیوتری طراحی و پیاده‌سازی شده است (۲). از این سیستم برای انجام آزمایشات گوناگون میدانی داخل یک گلخانه مدل استفاده گردید که در ادامه یکی از این نتایج ارائه می‌گردد. گلخانه

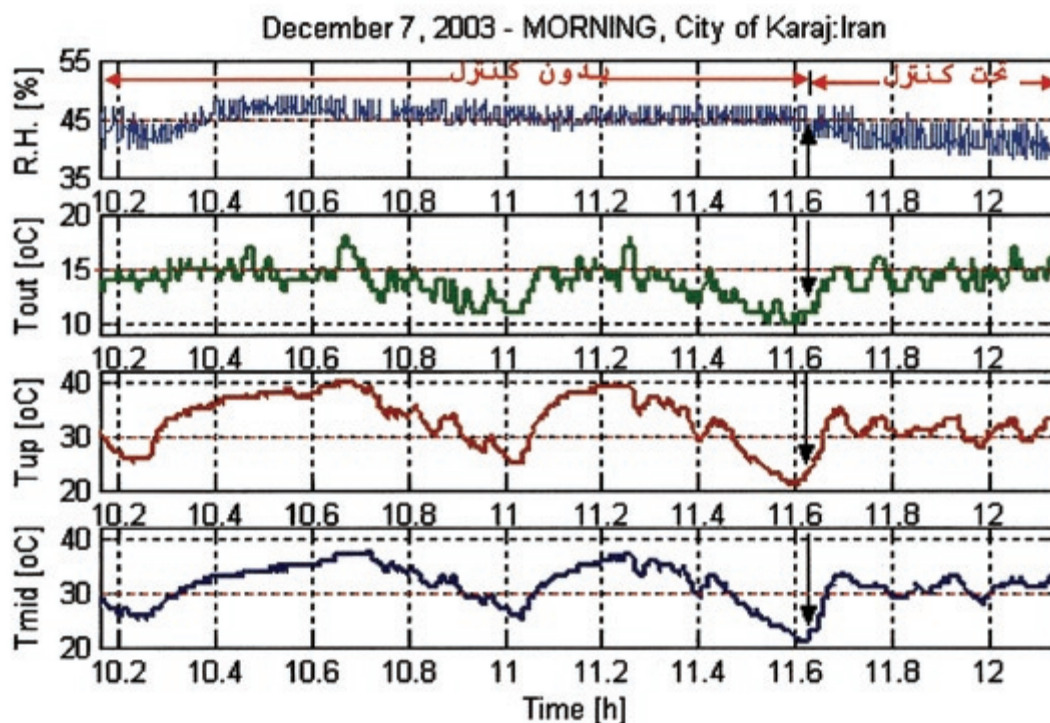
بستگی به سطح رطوبت در روزنه‌های برگ گیاه و هوای محیط گلخانه دارد. این تغییرات بر فعالیت‌های متابولیکی گیاه نیز بی‌تاثیر نیستند. اکثر گیاهان گلخانه‌ای در RH بالاتر، از رشد و نمو بهتری برخوردارند. رطوبت بیشتر باعث افزایش طول ساقه‌ها، سطح برگ‌ها و حجم میوه‌های گیاه می‌گردد. به‌طور کلی برای اکثر گیاهان محدوده رطوبتی بین ۶۰ تا ۸۰ درصد مناسب می‌باشد. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است میزان RH در محیط گلخانه به دلیل تغییرات زیاد دما و تا حدودی عوامل فرعی دیگر دائماً تغییر می‌کند (مثلاً هنگام فرا رسیدن شب و تغییر سریع دما). در صورتی که تغییرات رطوبت بیش از حد باشد و شرایط رطوبتی نامناسبی ایجاد گردد بایستی سیستم‌های کنترل‌کننده رطوبت فعال گردند. زمان و شرایط رطوبتی که تجهیزات گلخانه، برای کنترل رطوبت و تثبیت آن در حد بهینه فعال می‌شوند، را نقاط تنظیم^۳ گویند (۵).

افزایش رطوبت در گلخانه تا حد مشخصی مطلوب می‌باشد ولی افزایش بیش از حد به دلیل شیوع انواع بیماری‌ها، نرم شدن بافت گیاهان، ضعیف شدن سیستم ریشه‌ای، کمبود بعضی از مواد معدنی مورد نیاز گیاه و در مجموع کاهش رشد گیاه مضر می‌باشد. و نیز فراهم شدن شرایط نقطه شبنم و تشکیل آب آزاد روی سطوح مختلف گیاه، مشکلات را تشدید می‌کند. بنابراین هدف اصلی در فرایند کنترل رطوبت، جلوگیری از ایجاد نقطه شبنم می‌باشد. برای رفع این مشکل معمولاً یک استراتژی منفرد یا ترکیبی اعمال می‌گردد. مثلاً تهویه برای جایگزینی هوای مرطوب داخل با هوای

اطلاعات مربوط به وضعیت محیطی گلخانه که توسط سه سنسور دما و یک سنسور رطوبت اندازه‌گیری می‌شوند به یک میکروکنترلر منتقل می‌شوند. میکروکنترلر داده‌های دریافتی را از طریق درگاه سریال خود توسط رابط RS۲۳۲ به کامپیوتر ارسال می‌کند و هم‌زمان بر حسب مورد فرامین کنترلی از کامپیوتر را دریافت و سیستم‌های کنترلی گلخانه را در جهت تامین شرایط مطلوب تغییر وضعیت می‌دهد. بخش نرم‌افزاری سیستم با ویژوال بیسیک ۶ طراحی و پیاده‌سازی شده است. در این سیستم، کامپیوتر علاوه بر جمع‌آوری و مانیتورینگ اطلاعات و وظیفه اجرای الگوریتم‌های کنترلی که از طریق منوهای برنامه در دسترس اپراتور قرار می‌گیرد را نیز برعهده دارد. این نرم‌افزار از چندین منو برای نمایش اطلاعات، راه‌اندازی تجهیزات داخل گلخانه و نیز انجام تنظیمات لازم تشکیل شده است. منوی اصلی برنامه در شکل ۳ نشان داده شده است. اپراتور سیستم قادر است تا دستگاه‌های مختلف داخل گلخانه مثل گرمکن، هواکش، دریچه تهویه، مه‌پاش، سیستم آبیاری و غیره را از طریق دکمه‌های تعبیه شده در این منو روشن و یا خاموش کند (کادرهای گوشه سمت چپ شکل ۳ را ببینید). اطلاعات لحظه‌ای مربوط به سه سنسور دما و سنسور رطوبت نسبی (RH) در کادرهای ستون وسطی شکل ۳ نمایش داده می‌شوند. تغییرات دما و رطوبت از لحظه جاری تا ده دقیقه قبل در این کادرها قابل مشاهده است. کادرهای میله‌ای سمت راست شکل ۳ نیز اطلاعات لحظه‌ای سنسور دمای شماره یک Tmid (دما در ارتفاع گیاه به عنوان دمای نقطه تنظیم) و سنسور RH داخل گلخانه را نمایش می‌دهند.

مدل ساخته شده گلخانه‌ای است با سازه‌های قوسی شکل با سطحی به مساحت ۸ متر مربع و ارتفاع ۲ متر. اسکلت گلخانه از لوله‌های سبک پلی اتیلنی به قطر ۶ سانتی‌متر ساخته شده و برای پوشش گلخانه از دو لایه پلاستیک شفاف از جنس پلی اتیلن با ضخامت ۲۰۰ میکرومتر استفاده شده است. گلخانه ساخته شده، در گروه مهندسی ماشینهای کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران مستقر می‌باشد. برای کنترل بهینه دما، رطوبت و سایر عوامل تجهیزات کنترلی متعددی مطابق با ابعاد و شرایط گلخانه، طراحی و ساخته شدند (۲). به‌طور خلاصه، تجهیزات کنترلی به کار رفته عبارتند از یک سیستم گرمایشی شامل یک گرمکن سه مرحله‌ای (متشکل از هشت فیلامان الکتریکی)، یک سیستم تهویه مکانیکی شامل یک دمنده و دو مکنده، یک سیستم توزیع هوای یکنواخت شامل یک تیوب پلی اتیلنی مشبک به طول ۳ متر و قطر ۲۵ سانتیمتر، یک سیستم مه پاش شامل چهار نازل پودر کننده آب و یک سیستم آبیاری قطره‌ای شامل شیر برقی، شلنگ برای آبیاری گلدانها و هشت عدد قطره چکان. معادلات مربوط به محاسبه توان حرارتی مورد نیاز گرمکن، دبی خروجی دمنده و دیگر تجهیزات مستقر در گلخانه در منبع (۲) موجود است.

شمای کلی سیستم در شکل ۲ نشان داده شده است. بخش سخت‌افزاری آن از سه بخش اصلی شامل میکروکنترلر، سیستم‌های کنترلی (رله‌ها و عملگرها) و سنسورهای اندازه‌گیری پارامترهای گلخانه می‌باشد. مانیتورینگ سیستم توسط یک کامپیوتر پنتیوم ۴ صورت گرفته است. کامپیوتر علاوه بر جمع‌آوری داده‌ها، وظیفه اجرای الگوریتم‌های کنترلی را نیز عهده دار است. در این سیستم ابتدا



شکل ۴: تغییرات رطوبت نسبی (RH) و دمای داخل (Tmid, Tup) و خارج (Tout) گلخانه

مشاهدات و نتایج

دمای در شکل ۴ مشاهده می‌شود این است که در جریان تغییرات دما، مقادیر بیشینه و کمینه دمای داخل و دمای خارج تقریباً هم فاز هستند. بنابراین انتظار می‌رود که با استفاده از یک سیستم کنترلی بتوان نقش عوامل بیرونی و شرایط جوی را به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. این مطلب از محل رسم پیکانها روی نمودارهای شکل ۴، یعنی زمان اعمال کنترل خودکار و فعال شدن تجهیزات کنترلی به وضوح قابل مشاهده است.

در انتهای این آزمایش، جهت تثبیت دمای محیط گلخانه در حد ۳۰ درجه سانتی‌گراد، برای مدت ۲۰ دقیقه شرایط کنترل خودکار اعمال گردید. این نتایج نیز در شکل ۴ نشان داده شده است. عملکرد صحیح سیستم در تثبیت دما در محدوده نقطه تنظیم (۳) درجه سانتی‌گراد) بخوبی در قسمت انتهایی شکل ۴ یعنی از محل رسم پیکانها روی نمودار قابل مشاهده است. چون طول مدت آزمایش سیستم در وضعیت کنترل شده نسبتاً کوتاه است افت RH محسوس نیست. در شروع آزمایش، رطوبت تا رسیدن به حالت تعادل روندی افزایشی را طی نموده و سپس مقدار آن تا آغاز وضعیت کنترل شده تقریباً ثابت مانده و از این مرحله به بعد به‌خاطر انجام فرآیند تهویه RH مجدداً کاهش یافته است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

اخیراً یک سیستم جمع‌آوری اطلاعات کامپیوتری به‌منظور کنترل و مانیتورینگ شرایط محیطی گلخانه توسط مولفین طراحی و پیاده‌سازی شده است (۲). برای ارزیابی سیستم آزمایشات میدانی متعددی در داخل یک گلخانه مدل در پائیز ۱۳۸۲ انجام گرفت. آزمایش سری اول در صبح روز ۱۶ آذرماه ۱۳۸۲ در دو حالت بدون کنترل و کنترل شده روی سیستم صورت گرفت تا عملکرد کلی آن مورد ارزیابی قرار گیرد. نتایج حاصل از این آزمایش در این مقاله مورد بحث و بررسی دقیق قرار گرفت. این آزمایش ضمن تصدیق عملکرد صحیح سیستم، حاکی از تأیید اثر گلخانه‌ای دارد. سیستم به گونه‌ای طراحی شده است تا به آسانی قابل توسعه و انعطاف پذیر باشد، یعنی با اعمال تغییرات جزئی در آن امکان ارزیابی و مدیریت سایر پارامترهای موثر در گلخانه نظیر دی اکسیدکربن، شدت نور، دما و pH خاک نیز وجود دارد. همچنین انجام تغییرات نرم افزاری در این سیستم برای بهبود کاربری آن و یا ارتقاء و توسعه الگوریتم‌های کنترلی سیستم کاملاً امکان‌پذیر می‌باشد. از این سیستم می‌توان برای خودکار کردن گلخانه‌های کشور، بدون ایجاد تغییرات عمده در ساختار آنها استفاده کرد. تحقیقات در زمینه توسعه سیستم فعلی برای کنترل از راه دور یک گلخانه با استفاده از پروتکل‌های TCP/IP، بکار بردن هم زمان چندین سیستم مشابه در واحدهای مختلف مربوط به مجتمع‌های گلخانه‌ای بزرگ و ایجاد ارتباط بین آنها و اتصال آنها به یک سیستم کامپیوتر مرکزی از طریق نصب سرور و ایجاد شبکه محلی، که از جمله اهداف آتی ما می‌باشد، پیشنهاد می‌گردد. امکان کنترل و مانیتورینگ دقیق پارامترهای محیطی نظیر دما و رطوبت در بسیاری موارد دیگر غیر از گلخانه نظیر دستگاه‌های پرورش طیور، تجهیزات مربوط به نگهداری و پرورش انواع دام، سالن‌های پرورش قارچ، سردخانه‌ها و محیط‌های کشت کنترل شده نیز وجود دارد.

به منظور بررسی عملکرد و ارزیابی سیستم چندین آزمایش در روزهای ۱۶، ۱۷ و ۲۶ آذرماه ۱۳۸۲ انجام گرفت. در این مقاله نتایج حاصل از یکی از آزمایشات که در صبح روز ۱۶ آذرماه ۱۳۸۲ انجام گرفته، ارائه و تفسیر می‌گردد. این آزمایش پس از نصب سیستم طراحی شده در داخل گلخانه مدل واقع در دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران انجام گرفت. در انتهای آزمایش (حدوداً بین ساعات ۱۱/۳۰ و ۱۲) برای مقایسه نتایج حاصل از سیستم در وضعیت بدون کنترل با شرایط کنترل شده در یک فاصله زمانی ۲۰ دقیقه‌ای سیستم در وضعیت کنترل خودکار قرار داده شد. نتایج بدست آمده در شکل ۴ نشان داده شده است. در این شکل، T_{mid} مربوط به دمای داخل گلخانه در ارتفاع رشد گیاه (یک متر از سطح زمین)، T_{up} مربوط به دمای داخل گلخانه در مجاورت پوشش سقف، T_{out} دمای محیط بیرون و RH مربوط به رطوبت نسبی داخل گلخانه می‌باشد. نتایج بخش انتهایی شکل ۴، از محل رسم پیکانها روی نمودار، مربوط به وضعیتی است که سیستم در موقعیت کنترل خودکار قرار گرفته است. این نتایج در ادامه مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند:

در تمام طول مدت آزمایش $T_{mid} \cdot T_{up} > T_{out}$ است. ما این مطلب را تأیید کننده اثر گلخانه‌ای ۱۰ می‌دانیم. بدین ترتیب که انرژی تابشی خورشید پس از عبور از پوشش شفاف در محیط گلخانه محبوس شده و بتدریج باعث افزایش دمای محیط گلخانه می‌گردد. از شکل ۴ مشاهده می‌گردد که نرخ تغییرات دما باهم برابر نیست. در روند افزایش دما، همواره T_{up} از نرخ افزایش سریع تری نسبت به T_{mid} برخوردار بوده است. با توجه به اینکه تأثیر انرژی تابشی خورشید بر گرمایش گلخانه از نواحی مجاور پوشش آغاز و بتدریج به سمت مرکز گلخانه توسعه پیدا می‌کند این مشاهدات قابل توجیه است. ما علت این روند نرخ افزایش دما را ناشی از تأثیر مستقیم انرژی تابشی خورشید بر گرمایش گلخانه می‌دانیم. از سوی دیگر، نظر به اینکه در هنگام کاهش دما بیشترین میزان تبادل حرارت با محیط بیرون از طریق پوشش گلخانه صورت می‌گیرد بنابراین این نواحی سریع‌تر تحت تأثیر قرار می‌گیرند.

در طول مدت زمان انجام آزمایش دمای محیط گلخانه ($T_{mid} \cdot T_{up}$) متناوباً در نوسان بوده است. این موضوع با توجه به آفتابی و ابری شدن متناوب هوا در حین آزمایش قابل توجیه است. بدین صورت که هنگام آفتابی بودن هوا، دمای داخل گلخانه به سرعت سیر صعودی داشته تا جایی که مقدار آن به حدود ۴۰ درجه سانتی‌گراد نیز رسیده است. اما با قرار گرفتن خورشید در پشت ابر و کاهش شدید شدت نور بواسطه تبادل حرارتی سریع هوای داخل گلخانه با محیط خارج، دمای گلخانه سریعاً کاهش یافته و در بعضی موارد تا حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد نیز افت کرده است. سایر دلایلی که در ایجاد این نوسانات نقش دارند شرایط طبیعی محیط شامل تبخیر سطحی داخل گلخانه، تابش خورشید، وزش باد و تغییرات در درجه حرارت محیط خارج است. روند تغییرات دما به تغییرات شدت نور خورشید در T_{out} مورد نیز تا حدودی مشاهده می‌گردد. اما دمای بیرون به میزان کمتری تحت تأثیر این عوامل قرار گرفته است. نکته دیگری که در مقایسه دماهای با T_{out}

- algorithm for greenhouse heating. Silose Research Institute, 13 pp.
- 5- Jackson, H.A., and D.E. Darby, .2000.,Greenhouse ventilation.Canada Plan Service, M-6704, 9 pp.
- 6- JaeHoon, S., K. KyungMan, K. KwangHyun, and H. WeonSik .1995.,A study on the automatic measurement and control system for greenhouse environment. J. Agri. Sci., vol. 37, no. 2, pp. 681-686.
- 7- Laghrouche, M., A. Adane, and S. Ameer,.2001.,Monitoring a greenhouse using a microcontroller-based meteorological data acquisition system.” Renewable Energy, pp. 19-30.
- 8- Marhaenanto, B., and G. Singh, .2002.,Development of a computer-based greenhouse environment controller.World Congress of Computers in Agriculture and Natural Resources, Brazil , pp. 136-146.
- 9- Ministry of Agriculture, Fisheries and Food,.1994.,Understanding humidity control in greenhouses. British Columbia, Floriculture Fact Sheet 400-5, 8 pp.
- 10- Ross, D.S.,.1996., Planning a home greenhouse. Fact Sheet 645. Cooperative Extension Service, University of Maryland System. 8 pp.
- 11- Zylstra, A.R.,.2000.,Greenhouse environment control system considerations.National Greenhouse Manufacturers Assoc. (NGMA), 2. pp.

پاورقی‌ها

- 1- Real Time
- 2- Relative Humidity
- 3- Set Points
- 4- polytube
- 5- Data acquisition system
- 6- Polyethylene (PE) film
- 7- Microcontroller
- 8- Actuators
- 9- Serial port
- 10-Greenhouse Effect
- 11 -Transport Control Protocol/Internet Protocol –TCP/IP

منابع مورد استفاده

- ۱ - اتوماسیون گلخانه. ۱۳۸۲. مجموعه مقالات نخستین سمپوزیوم وضعیت موجود سازه‌ها و اتوماسیون گلخانه‌ای در ایران و راهکارهای توسعه، محلات، انتشارات وزارت جهاد کشاورزی.
- ۲ - شفایی، اردشیر. ۱۳۸۲. کنترل کامپیوتری شرایط محیطی گلخانه - طراحی و ساخت مدل، پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته ماشینهای کشاورزی دانشگاه تهران، ۱۴۰ صفحه.
- ۳ - نلسون، پاول، وی. ۱۳۷۴. مدیریت گلخانه (ترجمه)، انتشارات سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرداری تهران.
- 4- Chalabi, Z.S., B.J. Bailey, and D.J. Wilkinson,1995.,A real-time

Archive of SID