

طراحی و ارزیابی سامانه اتوماسیون کنترل اقلیم گلخانه‌ای

حسن طهماسبی^۱، جعفر مساح^{۲*}، محمودرضا روزبان^۳

^۱ دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران.

^۲ دانشیار، گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

^۳ استادیار، گروه باغبانی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

ایمیل نویسنده مسئول: jmassah@ut.ac.ir

دریافت: ۹۴/۰۴/۱۰ پذیرش: ۹۴/۰۸/۲۵

چکیده

استفاده از روش‌های کاهش مصرف انرژی در گلخانه‌ها از جمله کاهش تلفات حرارتی، و بهبود بازده سیستم‌های گرمایشی، خنک‌کننده و آبیاری می‌تواند میزان مصرف انرژی برای تولید هر محصول را تا چندین برابر کاهش دهد. در این تحقیق، یک سیستم اتوماسیون کنترل اقلیم گلخانه، طراحی و ساخته شد. این سیستم شامل ایستگاه‌های فرمان و اندازه‌گیری بود. ایستگاه فرمان شامل HMI و ایستگاه اندازه‌گیری شامل سنسور رطوبت، سنسور نور، و هشت سنسور حرارت بود. ایستگاه اندازه‌گیری شرایط اقلیم گلخانه را دریافت می‌کرد و سپس آنها را برای ایستگاه فرمان ارسال می‌کرد. در این پژوهش، تاثیر سامانه اتوماسیون کنترل اقلیم گلخانه ساخته شده، بر ویژگی‌های کمی و کیفی سه رقم گل رز شاخه بریده به نام‌های "آنجلینا"، "سامورایی" و "رد وان"، با سامانه شاهد، مورد مقایسه قرار گرفت. همچنین، مصرف انرژی در هر دو سامانه، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بر اساس نتایج بدست آمده، شاخص کیفیت و وزن شاخساره در هر سه رقم مذکور، در محصولات تولید شده تحت سامانه اتوماسیون نسبت به سامانه شاهد بهبود یافت. اما در هر سه رقم گل رز، تفاوت معنی‌داری بین ویژگی‌های طول و تعداد ساقه گل دهنده، قطر ساقه، تعداد شاخساره-های جانبی و کور، طول میان‌گره‌ها و عمر گلجایی محصولات دو سامانه مورد مقایسه، مشاهده نشد. نتایج بدست آمده نشان‌دهنده کاهش میزان مصرف انرژی گلخانه تحت سامانه اتوماسیون کنترل اقلیم نسبت به سامانه شاهد به میزان ۱۲٪ بود.

واژگان کلیدی: کنترل اقلیم گلخانه، کارایی مصرف انرژی، ویژگی‌های بازارپسندی، گل رز

۱- مقدمه

زیادی وابسته به مصرف انرژی می‌باشد. توجه به منابع

طبیعی محدود و اثرات سوء ناشی از عدم استفاده بهینه

از منابع مختلف انرژی بر سلامتی انسان و محیط

زیست، لزوم بررسی و بازنگری در الگوهای مصرف انرژی

امروزه بخش کشاورزی به منظور پاسخ‌گویی به نیاز

روز افزون غذا برای جمعیت رو به رشد کره زمین و

فراهم کردن مواد غذایی کافی و مناسب، به میزان

را در بخش کشاورزی حیاتی ساخته است (Hatirli et al., 2005). هدف تولیدکننده بخش کشاورزی تحت تاثیر شرایط محیطی، جغرافیایی و اقتصادی تعیین می‌گردد. گرچه ممکن است این هدف، صرفاً حداکثر سود نباشد، اما به هر حال تولیدکننده بخش کشاورزی در پی هدفی خاص اقدام به تولید می‌کند و دستیابی به آن هدف در بالاترین حد ممکن، همواره مطلوب است (Akbari and Sharif, 2008). با توجه به بحران انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی، تمام تلاش‌ها بر آن است که مصرف انرژی تا حد امکان کاهش یابد. اکثر کشورهای پیشرفته و حتی در حال توسعه، انرژی وارده در واحد سطح برای تولید محصولات مختلف کشاورزی را بررسی و با محاسبه شاخص کارایی انرژی سعی کرده‌اند سیستم کشاورزی خود را از نظر مصرف انرژی بهینه سازند (Nasirian, 2006).

تاریخ گلخانه‌های اتوماتیک به سال‌های اول ۱۹۷۰ میلادی برمی‌گردد ولی امروزه با توسعه ابزارهای دقیق، کاربرد این نوع گلخانه‌ها کاملاً تجاری شده، و در سطوح مختلف عرضه می‌شوند. تامین گرمای مورد نیاز هر گلخانه، یکی از مهم‌ترین عوامل موثر بر رشد گیاهان گلخانه‌ای و نیز کاستن از هزینه‌های جاری آن گلخانه است (Sun, 1992) در مورد سیستم‌های کنترل کننده شرایط محیطی گلخانه، تحقیقاتی را انجام داد. او از یک سیستم مبتنی بر میکروکنترلر برای کنترل و مانیتورینگ دمای هوا، دمای خاک و نور درون گلخانه استفاده کرد. سخت‌افزار آن سیستم از تعدادی حسگر، مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال، خروجی‌های کنترلی و نمایشگر تشکیل شده بود. لیپوف (Lipov, 1992) یک

سیستم کنترل کامپیوتری هوشمند را برای کنترل شرایط محیطی گلخانه طراحی کرد. او پارامترهایی نظیر دما، نور، رطوبت و همچنین میزان مواد تغذیه‌ای محلول در آب آبیاری را اندازه‌گیری و کنترل کرد.

هدف از این تحقیق، طراحی و ساخت سیستم اتوماسیون کنترل اقلیم گلخانه‌ای بود که سه پارامتر دما، رطوبت و شدت نور گلخانه را اندازه‌گیری، کنترل و مانیتور می‌کرد. همچنین در این تحقیق تاثیر این سیستم بر ویژگی‌های کمی و کیفی سه رقم گل رز و مصرف انرژی گلخانه، مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

برای ایجاد یک سیستم نظارتی و کنترلی قابل برنامه ریزی و انعطاف‌پذیر، الگوریتم‌های کنترلی در دستگاه HMI پیاده‌سازی شد. در این سیستم کنترل، برای کنترل هر متغیری نظیر دما، رطوبت و شدت نور، ابتدا متغیر مربوط شناسایی و اندازه‌گیری، و سپس نتیجه به کنترل کننده انتخابی اعمال می‌شد. کنترل کننده، میزان تغییرات مورد نیاز در سیستم را محاسبه و دستور لازم را برای تغییر وضعیت عمل‌کننده‌های گلخانه صادر می‌کرد تا مقدار متغیر مورد نظر به حد معین شده تغییر یابد. بنابراین حسگرها، دستگاه پردازنده مرکزی (HMI) و همچنین عمل‌کننده‌ها اجزای اصلی سخت‌افزاری چنین سیستم‌های کنترلی را تشکیل می‌دادند. مراحل این بخش از تحقیق شامل: نصب حسگرها، ارتباطدهی سخت‌افزارها با تابلو برق، پیاده‌سازی ایستگاه فرمان به منظور نظارت بر سیستم و همچنین اجرای الگوریتم‌های کنترلی بود.

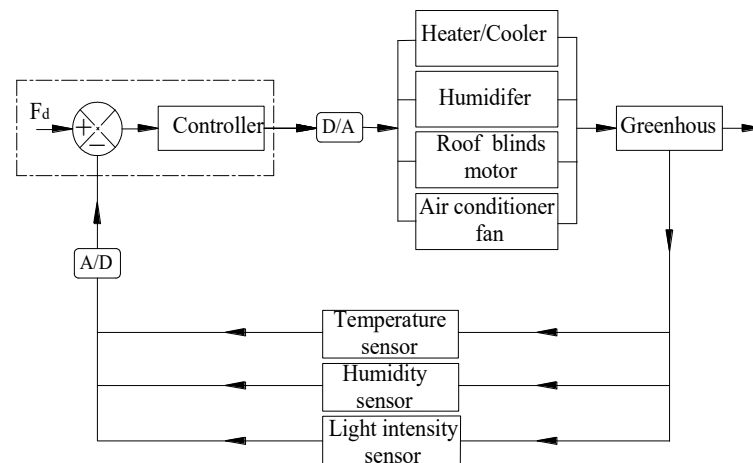
۱-۲- طراحی تجهیزات کنترلی شرایط محیطی

تجهیزات کنترلی مورد نیاز برای کنترل دما، رطوبت، پرده‌های سقفی، مطابق با ابعاد گلخانه و استانداردهای موجود، در گلخانه وجود داشت. برای خنک‌کنندگی و افزایش رطوبت نسبی درون گلخانه از سیستم مه پاش استفاده شد. در حالت خنک‌کنندگی برای کاهش دما، سیستم مه پاش همزمان با فرآیند تهویه، فعال می‌گردید. اما در حالت افزایش رطوبت، تهویه متوقف و تنها فرآیند مه پاش فعال می‌شد. در این شرایط، با فعال شدن سیستم مه پاش، رطوبت محیط درون گلخانه افزایش پیدا می‌کرد.

۲-۲- کنترل کننده مرکزی

یکی از جنبه‌های مهم این تحقیق، استفاده از یک دستگاه پردازنده مرکزی بود. مزیت این دستگاه دقت

کارکرد، سادگی و در عین حال پیشرفته بودن آن بود که در اتوماسیون صنعتی نیز استفاده می‌شود. حسگرهای مورد استفاده در این سیستم از دقت و حساسیت بالایی برخوردار بودند. ساخت و طراحی مدار کنترل این سامانه بر مبنای کنترل حلقه بسته پیاده‌سازی شد، که نمودار روند نمای آن در شکل ۱ نشان داده شده است. سیستم کنترل حلقه بسته امکان افزایش دقت سیستم و تولید خروجی‌های دلخواه را فراهم می‌کند. همه اطلاعات از خروجی فرآیند به کنترل کننده برگردانده می‌شد تا کنترل کننده مرکزی، اتفاقات بوجود آمده در سیستم را تشخیص و فرمان‌های مناسب را صادر کند. (شکل ۱ - نمودار روند نمای سامانه کنترل اقلیم).



شکل ۱. نمودار روند نمای سامانه کنترل اقلیم

Fig.1. Block diagram of system of greenhouse climate control

(USA)، یک حسگر رطوبت (SHT21, Sensirion,)

(Australia و یک حسگر شدت نور (TEPT5700,)

(Vishay, Lithuania) بود که در شکل ۲ نشان داده

شده است. این ایستگاه، امکان ثبت دما در ۸ نقطه از

۳-۲- ایستگاه اندازه‌گیری

ایستگاه اندازه‌گیری سامانه اتوماسیون اقلیم شامل

هشت عدد حسگر دما (DVP04TC-S, Delta,)



شکل ۳. ایستگاه فرمان نصب شده در گلخانه

Fig.3. Command station in greenhouse

گلخانه دارای دو سالن یکسان به مساحت کل ۱۶۰۰ مترمربع در مجاور یکدیگر بود. هر سالن دارای پنج فن با قطر ۱۲۰ سانتی‌متر، سیستم مه‌پاش (در ارتفاع ۳۸۰ سانتی‌متر از سطح زمین)، و سیستم پد (دارای سطح آبیگری به ارتفاع ۲/۱۵ سانتی‌متر و طول ۲۵ متر) بود. دبی پمپ آبرسان جهت مرطوب کردن پوشال‌ها ۵ lit/s بود. آبیاری به وسیله پمپ سانتریفوژ در صبح و عصر به مدت ۲ ساعت انجام می‌گرفت. بستر کشت رزها، مخلوط Cocopeat و Perlite بود. فاصله طولی پایه گل روی نوار کشت ۳۰-۲۵ سانتی‌متر، و فاصله عرضی آن‌ها ۷۰-۵۰ سانتی‌متر بود.

۲-۵- صفات کمی و کیفی مورد ارزیابی

صفات کمی و کیفی تعریف شده برای مقایسه گل‌های رز شامل: طول ساقه گل‌دهنده، تعداد ساقه گل‌دهنده در هر بوته، تعداد شاخساره جانبی^۱، تعداد ساقه کور (ساقه‌هایی که فاقد گل بودند)، شاخص کیفیت گل، وزن تازه^۲ شاخه گل‌دهنده (شامل گلبرگ‌ها، ساقه گل‌دهنده و برگ‌ها)، سطح برگ ساقه گل‌دهنده،

سالن را به سیستم می‌داد و اطلاعات مربوط به دما را توسط کابل RS485 به دستگاه پردازنده مرکزی منتقل می‌کرد. همچنین امکان تشخیص رطوبت و شدت نور در هر نقطه از سالن را فراهم می‌کرد. سیگنال‌های مربوط به حسگر رطوبت و شدت نور توسط کابل ۴×۰/۲۵ به واحد پردازنده مرکزی انتقال داده می‌شد. (شکل ۲. ایستگاه اندازه‌گیری نصب شده در گلخانه)



شکل ۲. ایستگاه اندازه‌گیری نصب شده در گلخانه

Fig.2. Measurement station in greenhouse

۲-۴- ایستگاه پردازش اطلاعات

دستگاه پردازنده مرکزی اطلاعات، یکی از اجزای تشکیل‌دهنده ایستگاه پردازش و فرمان می‌باشد. علت استفاده از این دستگاه، دارا بودن امکاناتی از جمله خاصیت Sample Rate، قابلیت اتصال آسان به کامپیوتر و راحت بودن برنامه نویسی آن می‌باشد. این ایستگاه، به منظور سهولت دسترسی به مدار قدرت، در کنار تابلو برق گلخانه نصب گردید (شکل ۳. ایستگاه فرمان نصب شده در گلخانه). دستگاه مورد نظر به مدت دو دوره متوالی تولید گل (۳۷ و ۴۱ روزه) در گلخانه‌ای مجهز به سیستم هیدروپونیک در شهرستان مرودشت واقع در ۳۰ کیلومتری شهرستان شیراز، نصب شد. کشت گلخانه مورد نظر، گل رز شاخه بریده ارقام تجاری "انجلینا"، "سامورایی" و "رد وان" بود.

¹. Bottom break

². Fresh weight

تعداد گره^{۱۰} ساقه گل‌دهنده، طول میان گره^{۱۱}، عمر گلجایی^{۱۲}، و قطر ساقه گل‌دهنده بودند. در هر سالن گلخانه، هر ردیف کشت به یک رقم گل رز اختصاص داده شده بود. از هر ردیف کشت، ۱۰ بوته گل به صورت تصادفی انتخاب گردید و مرحله اول داده برداری در اوایل مردادماه ۱۳۹۲ انجام شد.

۲-۶- ارزیابی صفات کمی و کیفی محصول

صفات کمی نظیر قطر ساقه به وسیله کولیس با دقت ۰/۰۲ میلی‌متر، و طول شاخه گل‌رز به وسیله متر با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری شد. وزن شاخه‌ها توسط ترازوی دیجیتال با دقت یک گرم اندازه‌گیری شد. جهت تعیین مساحت سطح برگ‌های گل رز از کاغذهای شطرنجی میلی‌متری استفاده گردید. برای محاسبه عمر گلجایی گل‌ها پس از برداشت از نظر ارتفاع همسان گردیدند و درون ظرف‌های آب نگهداری شدند. دمای محیط 20 ± 3 درجه سانتیگراد و رطوبت محیط 65 ± 5 ٪ بود و هر روز گل‌ها با چشم غیر مسلح مورد ارزیابی قرار می‌گرفتند. شروع پژمردگی گلبرگ‌ها به عنوان شاخص پیری، و تعداد روز تا پژمردگی گلبرگ‌ها به عنوان عمر گلجایی گل در نظر گرفته شد (Nazari et al., 2009).

همانطور که اشاره شد گلخانه هیدروپونیک مورد نظر از دو سالن مجاور هم تشکیل شده بود. سالن‌های کشت شده از لحاظ وسعت، تعداد فن‌ها، سیستم پرده سایه‌بان و سیستم رطوبت‌ساز، کاملاً یکسان بودند.

سامانه اتوماسیون اقلیم تنها در یکی از سالن‌های کشت شده، نصب شده بود و سیستم‌های رطوبت‌ساز، فن و پد، و پرده‌های سایه‌بان را کنترل می‌کرد. سالن شاهد به صورت دستی و با استفاده از نیروی انسانی با تجربه کنترل می‌شد. مقایسه صفات در دو سالن گلخانه در قالب یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح ۵٪ استفاده شد. همچنین، پس از اندازه‌گیری مقادیر شاخص‌های کمی و کیفی گل‌های رز شاخه بریده، معنی‌داری تغییرات صفات مورد ارزیابی در سالن تحت سامانه اتوماسیون اقلیم و شاهد روی هر سه رقم گل رز در نرم‌افزار SPSS 16.0 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

۲-۷- ارزیابی میزان مصرف انرژی

میزان مصرف انرژی در گلخانه‌ها، یکی از پارامترهای مهم و تعیین‌کننده در تولیدات گلخانه‌ای محسوب می‌شود. بنابراین دستگاه مورد نظر از جنبه صرفه‌جویی در مصرف انرژی برق مورد ارزیابی قرار گرفت. در بازه زمانی ۱۵ روز به صورت کاملاً تصادفی، بین گلخانه شاهد و گلخانه‌ای که سامانه اتوماسیون اقلیم در آن نصب شده بود میزان مصرف انرژی برق بررسی شد. مدت زمان روشن ماندن فن‌ها و الکتروموتور سیستم رطوبت‌ساز در هر دو گلخانه (گلخانه شاهد و گلخانه‌ای که سامانه در آن نصب شده بود) ثبت و اختلاف ساعت کاری آنها اندازه‌گیری شد. سپس با توجه به مدت زمان روشن بودن عمل‌گرها (فن‌ها و الکتروموتور سیستم رطوبت‌ساز) در هر دو گلخانه، نسبت به محاسبه مقدار مصرف انرژی برق اقدام شد.

³. Blindness shoot

⁴. Internodes

⁵. Vase life

جهت ارزیابی کارایی سامانه اتوماسیون اقلیم، صفات طول ساقه گل‌دهنده، قطر ساقه گل‌دهنده، تعداد ساقه گل‌دهنده، تعداد گره در ساقه گل‌دهنده، طول میانگره، وزن تازه شاخه گل‌دهنده، شاخص کیفیت گل، سطح برگ ساقه گل‌دهنده و عمر گلجایی در گلخانه تحت سامانه اتوماسیون اقلیم و گلخانه شاهد مورد مقایسه قرار گرفت و قابلیت سامانه در کنترل محیط و ارتقاء محصول از لحاظ کمی و کیفی در دو دوره برداشت متوالی ۳۷ و ۴۱ روزه مورد ارزیابی قرار گرفت. در طول دو دوره آزمایش که مردادماه ۱۳۹۲ بود، میانگین دمای روز و شب، به ترتیب ۲۶ و ۱۹ درجه سانتیگراد، رطوبت نسبی روز و شب به ترتیب ۵۰٪ و ۶۸٪، و شدت نور $10^3 \times 3/8$ لوکس بود.

۳- نتیجه‌گیری

در طول آزمایش در بخشهای مختلف گلخانه، دما و رطوبت یکسان بود که این نشان دهنده عملکرد خوب سامانه اتوماسیون اقلیم بود. به علت نیاز گیاه به نور خورشید برای انجام عمل فتوسنتز، نور تمام محیط گلخانه توسط این سامانه کنترل شد. از آنجا که گیاهان سالن تحت سامانه کنترل اقلیم، تحت شرایط محیطی بهینه رشد کرده بودند، برگ‌های آنها سالم و شادابی مناسبی را داشتند. همچنین در کنار فن‌ها در گلخانه شاهد، گل‌ها از شادابی خوبی برخوردار بودند.

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در برداشت‌های اول و دوم، به ترتیب در جداول ۱ و ۲ آورده شده است. در جدول تجزیه واریانس پارامتر A فاکتور سامانه گلخانه (کنترل اقلیم و شاهد)، و پارامتر

B فاکتور رقم گل رز (ردوان، سامورایی و آنجلینا) و AB اثر متقابل دو فاکتور می‌باشد. (جدول ۳- تجزیه واریانس مصرف انرژی)

همانطور که اشاره گردید آزمون تعیین میزان مصرف انرژی توسط سامانه اتوماسیون اقلیم به مدت ۱۵ روز انجام شد و با توجه به مدت زمان روشن ماندن عمل‌گرایی که در گلخانه استفاده شد، میزان مصرف انرژی محاسبه گردید. در مدت زمان آزمایش، الکتروموتور سیستم رطوبت‌ساز گلخانه شاهد به مدت ۱۳ ساعت و فن‌های سیستم خنک کننده گلخانه شاهد به مدت ۳۵ ساعت بیشتر از گلخانه تحت سامانه اتوماسیون اقلیم روشن بود. علت اصلی مصرف بیش از حد انتظار انرژی، فقدان یک سیستم کنترل حرارت- رطوبت مناسب و خطای انسانی بود. میزان مصرف انرژی در سالن تحت سامانه اتوماسیون اقلیم نسبت به سالن شاهد، ۱۲٪ صرفه‌جویی شد.

پس از اندازه‌گیری میزان مصرف انرژی، معنی‌داری تغییرات انرژی به ازای سالن تحت سامانه اتوماسیون اقلیم و سالن شاهد در نرم‌افزار SPSS 16.0 مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۳). در جدول تجزیه واریانس مورد نظر پارامتر A سامانه گلخانه (کنترل اقلیم و شاهد) بود. بر اساس میزان تفاوت روشن بودن عملگرهای سیستم رطوبت‌ساز، و سیستم فن و پد گلخانه تحت سامانه اتوماسیون و گلخانه شاهد، بطور میانگین میزان ۲۲۵ کیلووات ساعت انرژی در ۲۴ ساعت شبانه روز در گلخانه تحت سامانه اتوماسیون اقلیم صرفه جویی شد. این میزان بر اساس قیمت هر

کیلووات ساعت مصرف انرژی برق برابر با ۷۷۰۰۰ ریال دز سال ۱۳۹۲ (۳ دلار) بود.

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در برداشت اول

Table 1. Analysis of variance for the evaluated traits in the first harvest

درجه آزادی	تکرار	میانگن مربعات									
		طول ساقه	قطر ساقه	تعداد شاخساره جانبی	تعداد گره	طول میانگره	تعداد ساقه کور	تعداد ساقه گل دهنده	وزن شاخه	شاخص کیفیت	عمر گلجایی
Block	۲	۱۰/۵ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۷/۱ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۱۶۸ ^{ns}	۵/۳۴ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۱/۳۱ ^{ns}
A	۱	۱۰۷ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۱۴ ^{ns}	۷/۴ ^{ns}	۲۴ ^{ns}	۰/۰۱۴ ^{ns}	۰/۰۵۵ ^{ns}	۱۱/۲۰ ^{ns}	۰/۱۲ ^{**}	۰/۰۲ ^{ns}
B	۲	۳/۱۶ ^{ns}	۰/۰۷۶ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۰۷۹ ^{ns}	۱۷ ^{ns}	۰/۰۹۳ ^{ns}	۰/۰۲۴۱ ^{ns}	۶/۷۵ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۱/۱۲ ^{ns}
AB	۲	۵/۰۵ ^{ns}	۰/۰۳۸ ^{ns}	۰/۰۳۷ ^{ns}	۰/۰۳۵ ^{ns}	۱۳ ^{ns}	۰/۰۳۳ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۸/۸ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}
Error	۱۰	۰/۷۷	۰/۰۰۶	۱/۹۵	۲۷/۳۷	۱۵/۸	۰/۵	۰/۰۱۷	۰/۰۰۱	۳/۷	۰/۵۶
C.V	-	۵/۰۹	۱۰/۶۷	۶/۳۶	۲۷/۶۸	۵/۶	۲۷/۱۱	۵۴	۱۱/۵۱	۲/۷۳	۱۵/۶۱

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در برداشت دوم

Table 2. Analysis of variance for the evaluated traits in the second harvest

درجه آزادی	تکرار	میانگن مربعات									
		طول ساقه	قطر ساقه	تعداد شاخساره جانبی	تعداد گره	طول میانگره	تعداد ساقه کور	تعداد ساقه گل دهنده	وزن شاخه	شاخص کیفیت	عمر گلجایی
Block	۲	۴/۵ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۱۰۷ ^{ns}	۱/۰۷ ^{ns}	۰/۲۷ ^{ns}	۰/۱۶۸ ^{ns}	۰/۰۳۷ ^{ns}	۵/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}
A	۱	۰/۸۸ ^{ns}	۰/۰۳۴ ^{ns}	۰/۰۱۸ ^{ns}	۵/۲۵ ^{ns}	۲/۴ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۴۶ ^{ns}	۱۱/۳۶ ^{**}	۰/۱ ^{**}	۰/۷۴۵ ^{ns}
B	۲	۳/۵ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۲۰۱ ^{ns}	۰/۱ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۳۷ ^{ns}	۸/۰۷ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۲۴۳ ^{ns}
AB	۲	۱۸/۷۲ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۱۰۶ ^{ns}	۰/۰۳۴ ^{ns}	۰/۲ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۳۵ ^{ns}	۵/۵ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۵۴ ^{ns}
Error	۱۰	۳۱/۷۶	۰/۰۸۶	۰/۲۵	۰/۶	۰/۵۳	۰/۱	۰/۱۲	۸/۵۵	۰/۰۰۴	۰/۴
C.V	-	۵/۲	۳/۷	۲۸/۶	۵/۸	۸/۸	۴۱/۲۵	۱۲/۱۱	۲/۷	۶	۷

جدول ۳. تجزیه واریانس مصرف انرژی

Table 3. Analysis of variance for the energy consumption

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگن مربعات	
		RH	F&P
A	۱	۵/۳۹ ^{**}	۳۱/۶۸ ^{**}
Error	۲۸	۰/۱۴	۱/۴۶
C.V	-	۱۱/۰۵	۷/۴۸

۴- فهرست منابع

1. Hatirli, S. and Laghrouche, M. 2005. Monitoring a greenhouse using a microcontroller-based meteorological data-acquisition system. **Renew. Energ.** 24(1): 19-30.
2. Sun, T. 1992. Influence of the heating method on greenhouse microclimate and energy consumption. **Biosyst. Eng.** 91(4): 487- 499.
3. Akbari, M. and Sharif, P. 2008. Effect of greenhouse design parameters on conservation of energy for greenhouse environmental control. **Energy.** 27(8): 777-794.
4. Nasirian, M. 2006. Greenhouse management. **Marz danesh Press. IRAN** (In Farsi).
5. Lipove, A. 1992. Intellectual real time control system for technological process in the greenhouse. **Traktory-i-Sel Skokhozyaistvennye-Mashiny: Russia**, No. 10-12, 12-16.
6. Nazari, F., Khosh, M. and Salehi, H. 2009. "Growth and flower quality of four Rosa hybrida. cultivars in response to propagation by stenting or cutting in soilless culture." **Scientia Horticulturae** 119(3): 302-305.

Design and Evaluation of Automation System of Greenhouse Climate Control

H. Tahmasebi¹, J. Massah^{2*} and M. R. Roozban³

¹*Former Graduate Student, Department of Agrotechnology, College of Aburaihan, University of Tehran, Iran*

²*Associate Professor, Department of Agrotechnology, College of Aburaihan, University of Tehran, Iran*

³*Assistant Professor, Department of Horticulture, College of Aburaihan, University of Tehran, Iran*

**Corresponding Author Email: jmassah@ut.ac.ir*

Received: July 01, 2015 Accepted: November 16, 2015

Abstract

The use of methods to reduce energy consumption of greenhouses such as reduced heat losses, and improved efficiency of heating, cooling and irrigation systems can be reduced the energy consumption for the production of any crop to several times. In the present research, an automated system for climate control of greenhouse was designed and built. This system was consisted of control and measurement stations. Control unit was consists of a HMI device; and measurement station formed of one humidity, one light and 8 temperature sensors. Climate conditions of the greenhouse is received by measurement station, and sent to the control one.

In the present research, impacts of the built automated system for climate control of greenhouse on the qualitative and quantitative traits of three cut-roses cultivars including 'Angelina', 'Samurai' and 'Red One' were compared with the control system. Also, energy consumption in both systems were calculated and analyzed, too. Based on the results, quality index and shoot weight of the cut-roses were improved under the automated system than control one. But there was not found any differences in traits of flowering stem length and number, stem diameter, number of lateral and blind shoots, internodes length and vase-life, between crops of two system compared. The results indicated also a reduction in energy consumption under the automated climate management system than control one, for 12%.

Keywords: *greenhouse climate control, energy consumption efficiency, marketability traits, Rose flower.*