اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای
۲۶ مهرماه ۱۳۸۶

کنترل محیط گلخانه

پریسا شاهین رخسار و محمد حسین عباسپور فرد[1]

چکیده

به طور کلی تجهیزاتی که در گلخانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، دستگاهها و وسایلی هستند که قادرند شرایط اقلیمی خاصی را در داخل گلخانه بصورت مصنوعی ایجاد نمایند. از آنجایی که عوامل محیطی در داخل گلخانه به دلیل تغییرات تشعشع خورشیدی، دما و رطوبت هوای بیرون، سرعت و جهت باد و مقدار تراکم گیاهی بسرعت در حال تغییر می‌باشند، کنترل مداوم و دقیق شرایط محیطی گلخانه به دلیل حساس بودن گیاهان گلخانه‌ای امری مهم و ضروری در صنعت پرورش این گونه گیاهان می‌باشد. کنترل مناسب گلخانه فواید زیادی دارد که از آنجمله می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود: افزایش راندمان مصرف انرژی، افزایش راندمان نیروی انسانی، مدیریت موفق، صرفه‌جویی در مصرف آب، کاهش مصرف کود، مصرف مواد شیمیایی، بهبود کیفیت و کاهش فرسودگی تجهیزات. به طور کلی بر اساس سطح تکنولوژی مورد استفاده در گلخانه روشهایی شامل کنترل دستی، کنترل ساده، کنترل مرحله‌ای و کنترل کامپیوتری (ICC) بطور همزمان و یا به تنهایی جهت کنترل گلخانه مورد استفاده قرار می‌گیرند. از اجزاء کنترل کننده گلخانه می‌توان به حسگرها، عملگرها و کامپیوتر اشاره کرد. در سیستم کنترل گلخانه، حسگرها وظیفه اندازه‌گیری عوامل مختلف محیطی را به عهده دارند. البته دقت و قابلیت اطمینان و سرعت عکس العمل در مقابل تغییرات عوامل محیطی از مهمترین فاکتورهای انتخاب آنها می‌باشد. عملگرها وظیفه فراهم نمودن نهاده‌های مورد نیاز گلخانه مثل گرما، سرما، Co_2، روشنایی، رطوبت را به عهده دارند. کامپیوتر با گرفتن اطلاعات از حسگرها دستورات مختلف را برای عملگرها صادر می‌کند. کامپیوترهایی که به این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد، از نظر سخت افزاری بایستی به گونه‌ای باشند که بتوانند ارتباط لازم را بین حسگرها و عملگرها بر قرار نمایند. بنابراین بدون سیستم کنترل مناسب در گلخانه، شرایط محیطی ممکن است خارج از حد تحمل گیاه باشد. حتی کنترل ضعیف و ناقص شرایط محیطی سبب کاهش شدید کمی و کیفی محصول و شیوع انواع بیماریها گردیده و تولید گلخانه‌ای توجیه اقتصادی خود را از دست خواهد داد.

کلمات کلیدی: گلخانه، کنترل محیط، حسگر، عملگر و کامپیوتر

---

[1]- به ترتیب عضو هیات علمی بخش فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی گلستان و استادیار گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

مقدمه

به طور کلی تجهیزاتی که در گلخانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، دستگاهها و وسایلی هستند که قادرند شرایط اقلیمی خاصی را در داخل گلخانه بصورت مصنوعی ایجاد نمایند که به کلی با شرایط محیط خارج از گلخانه متفاوت باشد. بدین منظور تجهیزاتی به منظور ایجاد حرارت و سرما، آبیاری و کود دهی مورد نیاز می‌باشند. این تجهیزات به همراه وسایل اندازه‌گیری و کنترل می‌توانند شرایط دلخواه مدیر گلخانه برای رشد مناسب گیاه را فراهم نمایند. از آنجایی که عوامل محیطی در داخل گلخانه به دلیل تغییرات تشعشع خورشیدی، دما و رطوبت هوای بیرون، سرعت و جهت باد و مقدار تراکم گیاهی بسرعت در حال تغییر می‌باشند، کنترل مداوم و دقیق شرایط محیطی گلخانه به دلیل حساس بودن گیاهان گلخانه‌ای امری مهم و ضروری در صنعت پرورش این گونه گیاهان می‌باشد. بطوریکه مدیریت ضعیف شرایط محیطی موجب زیانهای غیر قابل جبران اقتصادی می‌گردد. از فواید کنترل مناسب در گلخانه می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

۱. موجب صرفه‌جویی قابل ملاحظه در مصرف انرژی (برق و سوخت) و افزایش راندمان مصرف انرژی به دلیل وجود کنترل کننده‌های دقیق با تعیین کارکرد به موقع تجهیزات گرمایش و سرمایش می‌شود.

۲. کنترل کننده‌های اتوماتیک و نیمه اتوماتیک نیاز به تکنسین‌های با تجربه را کم کرده و با فراهم کردن شرایط مناسب محیطی موجب افزایش راندمان نیروی انسانی می‌گردد.

۳. مدیریت بهینه گلخانه با استفاده از دریافت اطلاعات صحیح و به‌موقع از سیستم کنترل کننده امکان پذیر است.

٤. با کنترل دقیق رطوبت محیط و خاک و آبیاری به موقع موجب صرفه‌جویی قابل ملاحظه در مصرف آب و به دنبال آن بالا رفتن راندمان مصرف آب خواهد شد.

۵. با کنترل دقیق میزان حاصلخیزی خاک در نقاط مختلف گلخانه و استفاده از سیستم کود آبیاری موجب افزایش راندمان مصرف کود می‌گردد.

٦. کنترل دقیق دما و رطوبت باعث جلوگیری از شیوع بیماریها و آفات و کاهش مصرف سموم مختلف می‌شود.

۷. استفاده صحیح و به‌موقع از سیستم‌ها و تجهیزات داخل گلخانه موجب کاهش فرسودگی تجهیزات می‌شود.

روشهای کنترل اقلیم گلخانه

به طور کلی بر اساس سطح تکنولوژی مورد استفاده در گلخانه روشهایی شامل کنترل دستی، کنترل ساده، کنترل مرحله‌ای و کنترل کامپیوتری بطور همزمان و یا به تنهایی جهت کنترل اقلیم گلخانه مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در روش کنترل دستی نیاز به یک کارگر با تجربه علمی وجود دارد. در این روش حضور مداوم و مستمر تکنسین و یا کارگر ضروری می باشد. با این وجود این روش بدلیل عدم کنترل خودکار و دقت کم در فراهم نمودن شرایط مطلوب محیطی از راندمان تولید بهینه و بالایی برخوردار نخواهد بود.

در روش کنترل ساده از تجهیزات اندازه‌گیری مناسب‌تری نظیر تایمرها و ترموستاتها استفاده می شود. ترموستاتها برای بکار انداختن و یا خاموش کردن تجهیزات و تایمرها براساس زمان تنظیم شده در آنها به کنترل تجهیزات می‌پردازند. در این روش، اگر چه تجهیزات کنترلی نسبتاً ارزان هستند ولی بدلیل دقت کم در کنترل مصرف انرژی، بهره‌وری گلخانه‌های تجاری را کاهش می‌دهند.

در کنترل مرحله‌ای مجموعه‌ای از ترموستاتها، تایمرها با هم ادغام گردیده تا انجام یک سری عملیات پیوسته را براساس تغییرات شرایط محیطی گلخانه انجام دهند. این مجموعه از طریق یک کامپیوتر به هم مرتبط گردیده و از طرف دیگر با عملگرها نیز در تعامل می‌باشند. این روش کنترل برای گلخانه‌های تک محیطی[1] مناسب می‌باشد. سیستمهایی از این نوع می‌توانند بین ٦ الی ٨ مرحله پیوسته سرمایش و گرمایش را کنترل نمایند. برای مثال اگر درجه حرارت از حد معین کمتر شد، در مرحله اول بخاری شماره ۱ بکار افتد، اگر درجه حرارت خیلی افت کرد در حالیکه بخاری شماره ۱ روشن است، بخاری شماره ۲ نیز روشن می‌گردد. سردکردن هم ممکن است دارای مراحل مختلفی باشد مثلاً اگر درجه حرارت تا حد معینی بالا رفت دریچه های سقفی باز شوند، اگر درجه حرارت از مرحله تنظیمی دوم بالاتر رفت علاوه بر باز نمودن پنجره های سقفی، هواکشهای تخلیه هم باز شوند و اگر درجه حرارت خیلی بالا رفت مثلاً سیستم مه پاشی نیز بکار افتد. بنابراین کنترل کننده‌های مرحله‌ای دو مزیت عمده دارند اول اینکه عملیات مختلف را به صورت مرحله ای پشت سر هم انجام می‌دهند و دوم اینکه کنترل می‌تواند از راه دور باشد یعنی حسگرها در محیط گلخانه‌ای وظیفه ثبت و اندازه گیری عوامل محیطی را به عهده بگیرند و کنترل کننده که می‌تواند یک کامپیوتر باشد در خارج از گلخانه کنترل عملگرهای مختلف را به عهده داشته باشد. با توجه به موارد فوق این نوع کنترل کننده‌ها بهترین کنترل کننده می باشند.

کنترل کننده‌های کامپیوتری در واقع نوع گسترده کنترل مرحله‌ای می‌باشند. به طوری که قابلیت برنامه ریزی و تطبیق پذیری در شرایط مختلف را دارند. این تجهیزات به گونه‌ای طراحی می‌گردند که می‌توانند کنترل و هماهنگی عوامل محیطی مثل دما و رطوبت را در چند ناحیه[2] به عهده داشته باشند. البته با افزایش تعداد نواحی تحت کنترل، هزینه راه اندازی سیستم نیز افزایش خواهد یافت. کنترل عوامل محیطی در هر ناحیه با استفاده از یک کامپیوتر که نقش رابط بین حسگرها و عملگرها را بازی می کند، صورت می گیرد. به منظور هماهنگی بین نواحی مختلف گلخانه ،تمام کامپیوترها به یک کامپیوتر مرکزی متصل می‌گردد. از آنجایی که معمولاً اطلاعات دریافت شده از حسگرها به صورت آنالوگ می باشد، با استفاده از یک مبدل به مقادیر رقومی[3] تبدیل می گردد. همینطور اطلاعات دستوری خارج شده از کامپیوتر برای عملگرها نیز که به صورت رقومی هستند تبدیل به علائم آنالوگ شده تا عملگر خاصی را بکار انداخته یا از کار بیندازد. کنترل کننده‌های کامپیوتری می‌توانند علاوه بر کنترل عوامل محیطی کنترل فعالیتهای دیگری نظیر آبیاری، کود دهی را با کنترل هماهنگ و همزمان سیستم گرمایش و سرمایش و تزریق Co_2 و غیره به نحو مطلوبی انجام دهند.

اجزاء کنترل کننده‌های گلخانه‌ای

الف - حسگرها[4]

حسگرها در سیستم کنترل وظیفه اندازه‌گیری عوامل مختلف محیطی را به عهده دارند، دقت و قابلیت اطمینان و سرعت عکس العمل در مقابل تغییرات عوامل محیطی از مهمترین فاکتورهای انتخاب حسگر می‌باشد. از این نظر

[1] Single zone
[2] Multiple zone
[3] Digital
[4] Sensors

سازندگان این گونه تجهیزات تلاش دارند جهت ساخت آنها از بالاترین سطح تکنولوژی ممکن استفاده نمایند. کامپیوترهای امروزی به دلیل سرعت بالا قادر به خواندن مقادیر اندازه‌گیری شده توسط حسگرها در کسر بسیار کوچکی از ثانیه هستند. اگر در کنار چنین کامپیوتری حسگری استفاده شود که سرعت عکس العمل آن مثلاً ۲ دقیقه باشد، دیگر این سیستم قابل اعتماد نخواهد بود. برای بالا بردن درصد اطمینان بهتر است حسگرها در مکانی نصب شوند که عامل محیطی مورد نظر را به طور صحیح بدور از اثر باد و نور مستقیم خورشید اندازه‌گیری نمایند و از نظر رشد گیاه اهمیت بیشتری داشته باشند. با توجه به عامل محیطی مورد نظر انواع مختلف حسگربه شرح زیر وجوددارد:

حسگر دما: این حسگرها برای اندازه‌گیری دما در قسمتهای مختلف گلخانه بکار می‌روند (شکل ۱) معمول‌ترین آنها حسگر اندازه‌گیری دمای محیط می‌باشد. این حسگرها بایستی بتوانند دمای متوسط محیط را اندازه‌گیری نمایند. بنابراین از نصب در مناطقی از گلخانه که بسیار سرد و یا بسیار گرم می باشد، بایستی اجتناب شوند. دماسنجها بسیار متنوع بوده شامل دماسنج جیوه ای، دما سنجهای الکتریکی از نوع مقاومتی و دماسنجهای کریستال کوارتز می‌باشند.

شکل ۱: *نمونه ای از حسگر دمای هوای گلخانه*

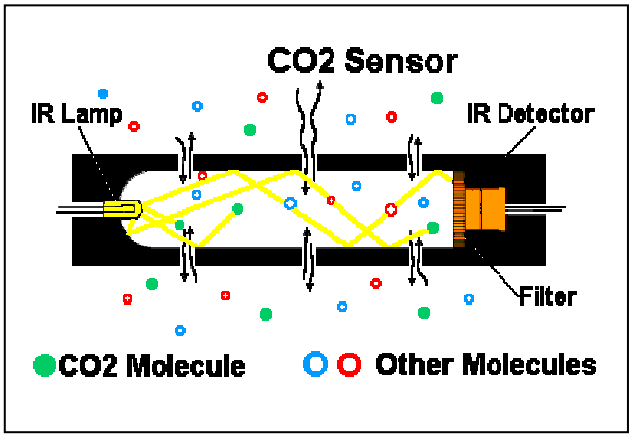
حسگرهای رطوبت: این حسگرها جهت اندازه گیری رطوبت نسبی هوا بکار می روند (شکل ۲۲) این حسگرها به دو صورت زیر ساخته می شوند :

الف) حسگر های برقی به دو گروه رطوبت سنج های خازنی[1] و رطوبت سنجهای مقاومتی[2] تقسیم می شوند. رطوبت سنج های برقی مناسب محیط هایی هستند که همواره رطوبت نسبی هوا کمتر از ۹۰ درصد باشد.

ب) رطوبت سنج خشک و تر که با استفاده از قرائت درجه حرارت خشک و تر و به کمک جداولی می توان به رطوبت نسبی هوا پی برد. دقت این رطوبت سنجها خوب بوده و برای محیط هایی با رطوبت نسبی بالاتر از ۹۰٪ مثل محیط های مه پاشی شده و اتاق جوانه زنی و تکثیر مناسب می باشند.

[1] Capacitive
[2] Resistive

غلظت سنج Co_2: این حسگرها جهت اندازه‌گیری میزان Co_2 محیط استفاده می شوند. از آنجایی که مولکولهای Co_2 نور مادون قرمز را جذب می کنند، در این حسگرها از این اصل استفاده گردیده و از طریق المانی در داخل حسگر اشعه مادون قرمز ساطع و با اندازه گیری اشعه جذب نشده به میزان Co_2 محیط پی می برند (شکل ۲). Co_2 مورد نیاز از طریق دودکشهای سیستم گرمایش، بخاریها و یا از طریق کپسولهای Co_2 مایع قابل تزریق در گلخانه می باشند.



شکل ۲: *نمونه ای از حسگر CO_2*

حسگرهای نور: این حسگرها براساس نحوه اندازه گیری و نوع تشعشع اندازه گیری شده به صورت زیر تقسیم بندی می شوند:

الف) تشعشع کل[1] یا تشعشع جهانی که با استفاده از دستگاه تشعشع سنج[2] کل تشعشع دریافت شده از خورشید در واحد سطح را اندازه‌گیری می کند. این معمول‌ترین و مناسب‌ترین روش اندازه‌گیری روشنایی در گلخانه می‌باشد زیرا تمام طیف مرئی را که سبب عمل فتوسنتز و گرمایش می شود را اندازه گیری می کند (شکل ۳)

ب) روش PAR[3]: در این روش تنها باند باریکی از اشعه مرئی خورشید که در عمل فتوسنتز گیاهی شرکت می‌کند اندازه گیری می شود. بنابراین در گلخانه‌های تولیدی کمتر استفاده شده و صرفاً کاربرد آن در گلخانه های تحقیقاتی است.

ج) روش‌های فتومتری: در این روش‌ها حسگر تنها قادر به تشخیص روز از شب بوده و لذا در گلخانه ها کاربرد نداشته بیشتر جهت کنترل و قطع و وصل سیستمهای روشنایی محیط بکار می روند.

حسگرهای بارندگی: این حسگرها در خارج از گلخانه نصب می شوند و وجود و یا عدم وجود بارندگی را تشخیص می دهند . اساس کار آنها بر انعکاس و شکست نور در مایعات استوار می‌باشد . این حسگرها قادر به اندازه گیری میزان بارندگی نمی باشند. از این حسگرها در موقع بارندگی برای باز و بسته کردن دریچه ها و بستن سقف استفاده می شود . بعضی از این حسگرها قادر به تشخیص برف و باران و شبنم نیز می باشند.

---

[1] Global Radiation
[2] Dynamometer
[3] Photo Synthetically Active Radiation

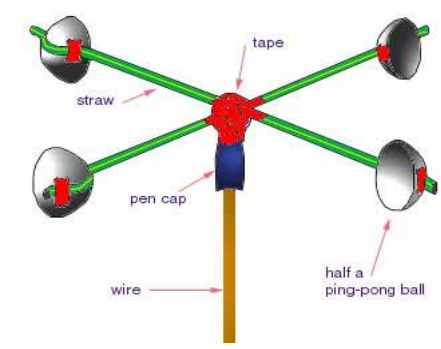
شکل ۳: *نمونه ای از حسگراندازه گیری نور*

حسگرهای مورد نیاز جهت آبیاری: اندازه گیری رطوبت خاک به منظور تعیین زمان و عمق آب آبیاری می تواند با توجه به دقت مورد نظر با استفاده از روشهایی مانند نوترون متر، تانسیومتر و بلوک های گچی انجام گیرد.علاوه بر تجهیزات فوق از تشتک تبخیر در گلخانه برای تخمین عمق آب آبیاری نیز می توان استفاده نمود.

حسگرهای کنترل تغذیه گیاهی: این حسگرها جهت اندازه گیری اسیدیته خاک (**pH**) به منظور تعیین غلظت محلول های اصلاح کننده خاک و جهت اندازه گیری میزان شوری آب و یا عصاره خاک از دستگاههای اندازه گیری هدایت الکتریکی استفاده می گردد . اطلاعات بدست آمده می تواند تصمیم گیری لازم جهت اموری مثل لزوم آبشویی خاک را در اختیار مدیر گلخانه قرار دهد.

حسگرهای متفرقه: به منظور افزایش عملکرد گلخانه و بهبود شرایط گلخانه ممکن است از حسگرها دیگری نیز استفاده گردد . این حسگرها شامل تنظیم زنگ خطر برای شرایط خاص مثل پرشدن مخازن یا بالارفتن فشار یا درجه حرارت بدلیل بروز نقص فنی در سیستم کنترل و اعلام اتفاقات غیر منتظره مثل آتش سوزی در گلخانه و تأسیسات آن می باشد.

باد سنجها: جهت اندازه گیری سرعت و جهت باد بکار می روند. عموماً در خارج از گلخانه نصب می گردند ولی در مواردی خاص ممکن است برای ثبت جریان هوا در داخل گلخانه نیز نصب شوند. کنترل کننده ها با استفاده از اطلاعات بدست آمده از بادسنج و جهت نما[1] میزان و جهت باز و بسته بودن دریچه های هواکش را تنظیم می کنند (شکل ٤).



شکل ٤: *نمونه ای از دستگاه اندازه گیری سرعت و جهت باد*

[1] Vane

ب- کامپیوتر

یکی از اجزاء مهم کنترل کامپیوتری گلخانه وجود کامپیوتر می باشد.کامپیوتر با گرفتن اطلاعات از حسگرها دستورات مختلف را برای عملگرها صادر می کند. کامپیوترهایی که به این منظور مورد استفاده قرار می گیرد، از نظر سخت افزاری بایستی به گونه ای باشند که بتوانند ارتباط لازم را بین حسگرها و عملگرها بر قرار نمایند. وجود تجهیزاتی مثل مبدل آنالوگ به دیجیتال[1] (/) جهت تبدیل علائم ارسال شده از طرف حسگرها به مقادیر رقومی که قابل تشخیص برای کامپیوتر باشد و بالعکس برای عملگرها در این کامپیوترها ضروری می‌باشد . از نظر نرم افزاری این کامپیوترها دارای برنامه هایی هستند که بر اساس اطلاعات بدست آمده به صورت بلادرنگ[2] قادر به دریافت و ارسال دستورات کنترلی باشند. علاوه بر این دقت و قابلیت اعتماد و کیفیت انجام امور[3] از عوامل دیگری است که بایستی هنگام انتخاب کامپیوتر مد نظر قرار گیرد.

ج- عملگرها[4]

عملگرها وظیفه فراهم نمودن نهاده های مورد نیاز گلخانه مثل گرما، سرما، Co_2، روشنایی، رطوبت را به عهده دارند. این تجهیزات بر اساس مقادیر در نظر گرفته شده مطلوب[5] عوامل محیطی برای گلخانه که توسط مدیر گلخانه تعیین می‌گردد فعال یا غیر فعال می‌گردند. در طی فرآیند کنترل، عوامل مختلف محیطی به صورت مداوم توسط حسگرها اندازه گیری شده و توسط کنترل کننده با مقادیر مطلوب مقایسه می‌گردد. چنانچه مقادیر اندازه‌گیری شده در محدوده مجاز در نظر گرفته شده نباشد یکی از عملگرهای مربوط بکار خواهد افتاد. برای مثال چنانچه درجه حرارت مطلوب گلخانه ۲۰ درجه سانتیگراد تنظیم گردد و مقدار نوسانات مجاز ۱۰ درجه سانتی گراد باشد، اگر درجه حرارت اندازه گیری شده کمتر از ۱۵ درجه گردد، عملگرهای گرما ساز (بخاری) بکار می‌افتند. عمده عملگرهایی که در گلخانه مورد استفاده قرار می‌گیرند، مربوط به گرمایش، سرمایش، تزریق Co_2 و سیستمهای آبیاری در گلخانه نظیر بخاریها[6]، بویلر، هواکشها یا هواسازها[7]، تزریق Co_2، مه پاش[8]، دریچه‌ها و سایه سازها[9] می‌باشد.

د- دستگاه اضطراری مولد برق

با توجه به اینکه کلیه تجهیزات شامل حسگرها، عملگرها و سیستم کنترل به طریقی متکی به انرژی الکتریسیته می‌باشند، لذا هر گونه قطع برق می‌تواند باعث شوکهای حرارتی و سرمایی به گیاهان گلخانه‌ای گردد. خسارت قطع برق برای تولیدات گلخانه در بسیاری از مواقع غیر قابل جبران بوده و میزان تلفات محصول را می تواند به ۱۰۰ درصد هم برساند. بنابراین جهت اطمینان از کار مداوم تجهیزات مختلف گلخانه ای لازم‌است مولد برق اضطراری

---

[1] Analog to digital converter l
[2] Real time control
[3] functionality
[4] Actuators
[5] Set point
[6] Heater
[7] Fan
[8] Mist
[9] Shade cloth

در گلخانه نصب گردد تا در صورت قطع برق بصورت خودکار وارد مدار گردد. مولد بـرق اضـطراری گازوئیـل بـا توجه به دسترسی راحت‌ترسوخت در کشور به نوع دیزل ژنراتور آن ارجحیت دارد. قدرت موتور ژنراتور بر اساس مصرف حداقل انرژی شامل گرمایش، سرمایش، تهویه و روشنایی محاسبه می گردد.

نتیجه‌گیری

با توجه به موارد ذکر شده به‌نظر می‌رسد که مدیریت بهینه گلخانه با استفاده از دریافت اطلاعـات صـحیح و بـه موقع از سیستم کنترل کننده امکان پذیر است به دنبال آن می توان شاهد صرفه‌جویی قابل ملاحظه در مصرف انرژی (برق و سوخت) و آب، بالا رفتن راندمان مصرف آب و انرژی باشیم. حتی کنترل ضعیف و ناقص شـرایط محیطـی سبب کاهش شدید کمی و کیفی محصول و شیوع انواع بیماریها گردیده و تولید گلخانه‌ای توجیه اقتصادی خـود را از دست خواهد داد.

منابع

1. Baille, A.1999. Greenhouse structure and equipment for improving crop production in mild winter climates. International Symposium Greenhouse Management for Better Yield & Quality in Mild Winter Climates. ISHS Acta Horticulturae 491
2. Coleman, E. 1999. Four-Season Harvest: How to Harvest Fresh Organic Vegetables from Your Home Garden All Year Long. Chelsea Green Publishing, White River Junction, VT.Extension Spokane County, http://www.spokanecounty.wsu.edu/GARDEN/c055.htm
3. Freeman, M. 1998. Greenhouse Basics: Gardening in Your Greenhouse. Stack pole Books, Mechanicsburg, PA Greenhouses. Washington State University Cooperative Kantor, S. 1999. Greenhouse Growing, WSU Cooperative Extension King County. Agriculture and Natural Resources Fact Sheet # 528
4. Mazanti, J. Aaslyng, N. Ehler, and L. Jakobsen, 2005. Environmental Modelling & Software. Science Direct. Volume 20, Issue 5. Pages 521-527
5. Simpkins, J. C., D. R. Mears, W. J. Roberts, and H. Janes, 1984. Evaluation of an Experimental Greenhouse Film with Improved Energy Performance. ASAE Paper 84-4033. ASAE, St. Joseph, MI 49085.
6. The Greenhouse Climate Control Handbook, 1993. Acme Engineering and Manufacturing Corp., Muskogee,
7. Roberts, W.J. 2005. Environment control of green house .Center for Controlled Environment Agriculture, Cook College, Rutgers University