مدیریت انرژی در گلخانه

محمد حسین یلی‌نژاد

کارشناس زراعت و اصلاح نباتات، وزارت کشاورزی

چکیده

با توجه به افزایش روزافزون قیمت انواع انرژی، لزوم بهره‌وری بهینه از این نهادهٔ مهم بیشتر از گذشته مطرح می‌شود. در گلخانه‌های ایران از این نهادهٔ مهم که بیشتر به صورت گازوئیل می‌باشد استفاده مناسب نمی‌شود. برای کاهش و بهینه‌سازی مصرف سوخت در فصول سرد سال اقدامات زیر لازم است انجام گیرد:

۱ - اختلاف دما در شب می‌باید چندین درجهٔ سانتی‌گراد از روز پایین‌تر باشد. برای انجام این کار باید از ترموستاتهای مخصوص گلخانه که به صورت اتوماتیک عمل می‌کنند استفاده کرد. با استفاده از این ترموستاتها میزان تولیدات گیاهی می‌تواند حتی تا ۵۰٪ نسبت به حالت اول افزایش یابد.

۲ - ایجاد جریان هوا به صورت ملایم (حداکثر تا ۱ m/s) در داخل گلخانه با این عمل دو مشکل برطرف می‌شود: الف - با جریان هوا، شیب حرارتی ایجاد شده در داخل گلخانه به علت تولید موضعی آن، شکسته شده و در نتیجهٔ کاهش اختلاف دمای سطح تبادل‌کننده (پوشش پلاستیکی گلخانه) با خارج از گلخانه، شدت انتقال دما کمتر و از طرف دیگر طول عمر پوشش گلخانه حداقل چند ماه افزایش می‌یابد. البته کاهش شدید مصرف سوخت را نیز در پی دارد. ب - با جریان هوا، شیب غلظتی CO_2 که در اطراف برگ در حدود ۲۰۰ppm و چند سانتی‌متر بالاتر در حدود ۳۴۰ppm می‌باشد، شکسته شده که در نتیجه میزان تثبیت مادهٔ خشک در واحد زمان به نحو چشمگیری افزایش می‌یابد.

۳ - تزریق مصنوعی گاز دی اکسید کربن. چرا که با افزایش CO_2 دو عمل همزمان صورت می‌گیرد: الف - با افزایش میزان CO_2 از حدود ۳۴۰ppm به حدود ۱۰۰۰ppm سرعت رشد (CGR) در حدود ۵۰٪ افزایش پیدا می‌کند که این عمل زمان تولید را پایین می‌آورد.

ب - با افزایش میزان CO_2 تا حدود ۱۲۰۰ppm، اثر گلخانه‌ای در داخل گلخانه تشدید شده در نتیجه نوعی عایق حرارتی به وجود آمده و میزان تثبیت انرژی تابشی را حداقل ۴ برابر افزایش می‌دهد.

۴ - انتقال سیستم حرارتی گلخانه به خارج از آن محیط.

مقدمه:

با توجه به افزایش روزافزون قیمت انرژی از هر نوع، لزوم بهره‌وری بهینه از این نهادهٔ مهم بیشتر از گذشته مطرح می‌شود. در گلخانه‌های ایران از این نهادهٔ مهم که بیشتر به صورت گازوییل می‌باشد استفاده مناسب نمی‌شود. برای کاهش و بهینه‌سازی مصرف این سوخت می‌بایست اقداماتی انجام داد که این اقدامات در

ایران امکان‌پذیر می‌باشد.

جهت چگونگی مطالب فوق سعی می‌شود به صورت خلاصه وضعیت گلخانه‌های ایران از لحاظ بهره‌وری در مصرف سوخت بررسی شود. سپس راه‌حلهای موجود و عملی مطرح می‌شود. با اجرای این طرحها می‌توان مصرف سوخت گازوییل را در زمانی که مصرف آن در کل کشور در حد ماکزیمم است (مخصوصاً فصل پاییز و زمستان)، تا میلیونها لیتر کاهش داد، همچنین از آلودگی محیط زیست نیز در حد امکان جلوگیری کرد.

وضعیت فعلی گلخانه‌های ایران از لحاظ بهره‌وری در مصرف سوخت

گلخانه‌های ایران به دو دسته تقسیم می‌شوند، گلخانه‌های شیشه‌ای و گلخانه‌های پلاستیکی، گلخانه‌های شیشه‌ای به لحاظ وسعت کم از اهمیت چندانی برخوردار نیستند. بنابراین نیاز به توضیح اضافی ندارد. هدف اصلی مقاله درباره گلخانه‌های پلاستیکی است که بیش از ۹۵٪ از گلخانه‌های کشور را شامل می‌شوند. در این گلخانه‌های سنتی حرارت به صورت موضعی تولید می‌شود و جریان هوای گرم به سمت سرد، بر اثر شیب حرارتی می‌باشد. همچنین یک ترموستات معمولی به سیستم حرارتی متصل است که معمولاً روی درجه ۲۶ - ۲۲ سانتیگراد تنظیم می‌گردد و به سیستم حرارتی فرمان می‌دهد. ارتفاع این ترموستات از سطح کف گلخانه در حدود نیم الی یک متر می‌باشد.

معایب این روش و راه حلهای آن به شرح زیر می‌باشد:

۱ - اولین عیب، دمای ثابت گلخانه‌ها می‌باشد که نباید ثابت باشد. در تمامی گلخانه‌ها از ترموستات معمولی که در ساختمانها نیز کاربرد دارد، استفاده می‌شود و این ترموستات دما را در شب و روز ثابت نگه می‌دارد.

ثابت‌بودن دما در شب و روز باعث می‌شود که اختلاف دما در داخل و خارج گلخانه مخصوصاً در شب زیاد شود(ΔT). افزایش ΔT باعث می‌شود سیستم حرارتی مرتباً کار کند تا بتواند دمای محیط گلخانه را به حد مطلوب (۲۲ تا ۲۶ سانتیگراد) برساند. در حالیکه گیاهان در شب احتیاج به دمای پایین‌تری از روز دارند. این مورد به علت اختلاف در فتوسنتز و تنفس سلولی می‌باشد. دمای مورد نیاز فتوسنتز (که همیشه در روز انجام می‌گیرد) در حدود ۲۵-۲۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. تنفس سلولی در هر دمایی صورت می‌گیرد و هر چه دما بالاتر باشد شدت تنفس سلولی بیشتر خواهد بود. چنانچه بتوان دمای گلخانه را در شب به حدی پایین آورد که شدت تنفس سلولی به حداقل برسد مقدار سوخت قند تثبیت شده کمتر خواهد شد. البته این مورد مطلب جدیدی نیست و ما می‌توانیم در طبیعت همین مطلب را ببینیم. دما در روز همیشه بالاتر از شب است و این مطلب که طبیعت منشاء پرورش گیاهان می‌باشد می‌تواند الگوی پرورش ما در گلخانه باشد.(منبع، ۲ و ۵)

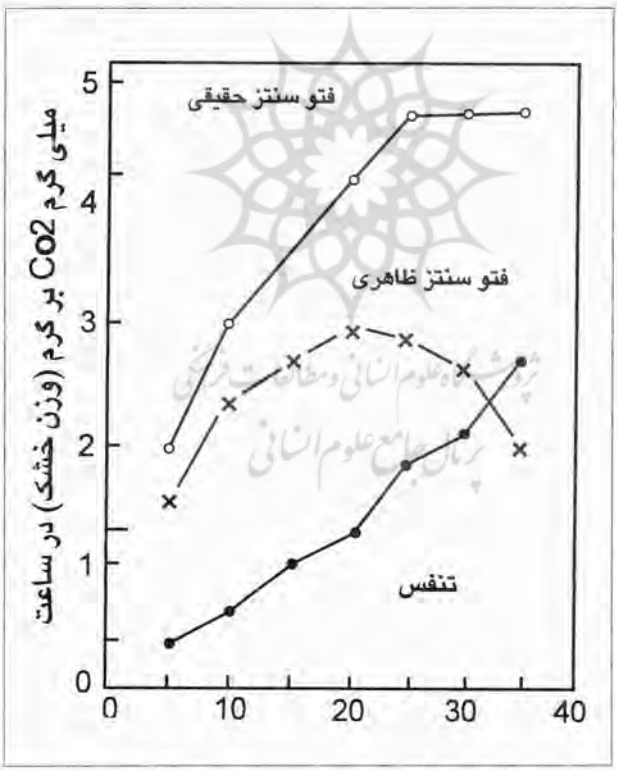
به هر جهت برای اکثر گیاهان آپارتمانی و گلخانه‌ای دمای مطلوب روز و دمای مطلوب شب شناسایی شده است که برای مثال دمای مطلوب چند گیاه رایج در ضمیمه یک آمده است.(منبع،۶)

برای مثال گیاه بروفیلوم را مورد بررسی قرار می‌دهیم *:

چنانچه در منحنی یک مشاهده می‌شود؛ حداقل تنفس این گیاه در دمای ۵+ درجه سانتیگراد می‌باشد که در این دما حداقل عمل فتوسنتز صورت می‌گیرد. حداکثر میزان فتوسنتز ظاهری(که حاصل تفاضل میزان فتوسنتز حقیقی و میزان تنفس سلولی است) در دمای ۲۰+ درجه سانتیگراد صورت می‌گیرد. بنابراین دمای شب این گیاه حدود ۵ درجه سانتی‌گراد و دمای روز این گیاه بر اساس منحنی حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

مشاهده می‌شود که چنانچه دمای شب نیز در حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد باقی بماند، شدت تنفس سلولی از حدود ۰/۳ میلی‌گرم CO_2(بر گرم وزن خشک در ساعت) به ۱/۲ میلی‌گرم افزایش پیدا خواهد کرد، بنابراین میزان تنفس سلولی ۴ برابر می‌گردد.(منبع، ۲)

به عبارت دیگر اگر طول روز را حدود ۹ ساعت و طول شب(زمستان) را حدود ۱۵ ساعت فرض کنیم میزان تثبیت CO_2 در روز با دمای ۲۰+ درجه سانتی‌گراد در حدود ۲۷ میلی‌گرم



منحنی یک - اثر درجه حرارت بر فتوسنتز در بریوفیلم

* محاسبات مربوط به رشد گیاه در ضمیمه ۲ ـ الف آمده است.

CO_2 بر گرم وزن خشک در روز و میزان سوخت و تنفس سلولی در شب با دمای ۲۰+ درجه سانتی‌گراد در حدود ۱۸ میلی‌گرم CO_2 بر گرم وزن خشک در شب می‌باشد، یعنی میزان شدت تنفس سلولی تقریباً ۶۶٪ میزان کل تثبیت قند در عمل می‌باشد. تنفس سلولی در شب در دمای ۵+ درجه سانتی‌گراد در حدود ۴/۵ میلی‌گرم CO_2 بر گرم وزن خشک می‌باشد. این میزان شدت تنفس سلولی تقریباً ۱۶ درصد میزان کل تثبیت قند در عمل می‌باشد. بنابراین با استفاده از تغییر دما در حقیقت ۵۰٪ کاهش مصرف قند نسبت به حالت دمای ثابت در شب و روز را داریم.

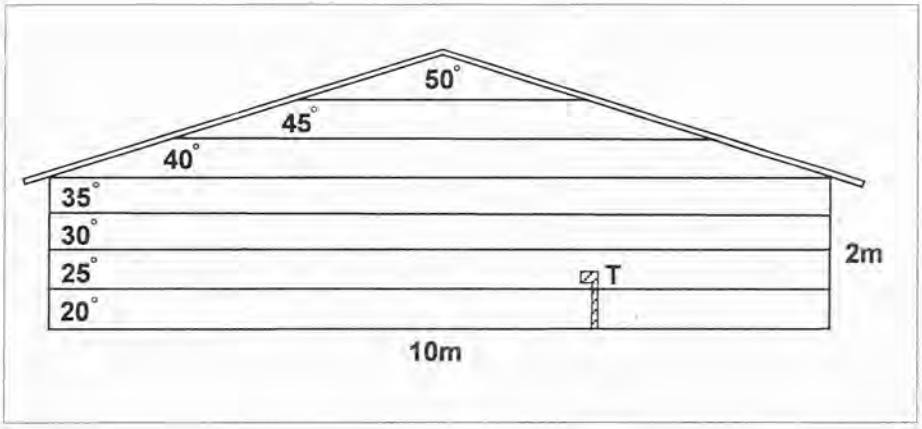
جهت گویاتر شدن مطلب به جدول ۱ توجه شود.

راه‌حل این است که از ترموستات‌های مخصوص گلخانه استفاده شود. این ترموستاتهای ویژه به صورت اتوماتیک دمای گلخانه را در شب و روز تغییر می‌دهد و باعث می‌شود که تا حدود ۲۰٪ افزایش رشد داشته باشیم و در حدود ۲۰٪ تا ۳۰٪ در مصرف گازوییل صرفه‌جویی کنیم. برای مثال این مقدار معادل ۱۵ هزار لیتر تا ۲۰ هزار لیتر گازوییل در یک گلخانه ۵۰۰ متر مربعی در منطقه چالوس می‌باشد.(در گیاه بروفیلوم مثال فوق، به علت اینکه اختلاف دمای شب و روز در حدود ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد می‌باشد. با استفاده از ترموستات مخصوص گلخانه افزایش تولید معادل ۵۰٪ حالت فعلی را خواهیم داشت.)

این ترموستاتها در خارج از کشور به فراوانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ایران نیز شرکتی این نوع ترموستات را ساخته که البته

تولید و مصرف دما درجه سانتی‌گراد	میزان فتوسنتز ظاهری در روز mgCo2/gr-day	میزان تنفس سلولی در شب mgCo2/gr-night	میزان تولید در ۲۴ ساعت mgCo2/gr-24H	میزان‌تولیدبه فتوسنتزدر۲۴ساعت بر حسب درصد
دما ثابت (۲۰درجه) ترموستات معمولی	۲۷	۱۸	۹	٪۳۳
دمای روز ۲۰ درجه دمای شب ۵درجه ترموستات‌مخصوص‌گلخانه	۲۷	۴/۵	۲۲/۵	٪۸۳
میزان اختلاف دو حالت		۱۳/۵	-۱۳/۵	٪۵۰

جدول ۱ - نرخ رشد گیاه و همچنین کیفیت گیاه تولید شده را می‌توان با توجه به ۵۰٪ اختلاف دو حالت ثابت و متغیر بودن دما، مورد توجه قرار داد.(منبع،۵)



منحنی۲ - لایه لایه بودن دمای گلخانه در اثر عدم چرخش هوا

در بعضی از گلخانه‌های شمال کشور (از جمله گلخانه‌های مهندس شیخی) مورد استفاده قرار می‌گیرد. هزینه تهیه این سیستم در مقابل صرفه‌جویی در سوخت و سودی که به همراه دارد بسیار ناچیز است. (منبع،۵)

۲ - همانطوریکه بیان شد برای انتقال حرارت در گلخانه‌های ایران سیستم خاصی وجود ندارد و فقط با استفاده از شیب حرارتی، حرارت به نقاط مختلف گلخانه منتقل می‌شود.

برای آگاهی مثالی زده می‌شود. چنانچه گلخانه روی ۲۵ درجه سانتی‌گراد تنظیم باشد، شیب حرارتی به صورت منحنی دو می‌باشد.

معایب این شیب حرارتی در مقاله "کاهش مصرف سموم در گلخانه" ذکر شده است. که از جمله می‌توان به بیماری‌زا بودن این شیب برای گیاهان داخل گلخانه اشاره کرد، از دیگر معایب آن به دو مورد دیگر اشاره می‌کنیم:

الف - در زمستان این شیب حرارتی باعث می‌شود که مصرف گازوییل تقریباً ۴۰٪ افزایش یابد، به این صورت که میزان تبادل حرارت بین داخل و خارج گلخانه بستگی به اختلاف درجه حرارت بین دو محیط دارد. اختلاف درجه حرارت (ΔT) در گلخانه‌های موجود تقریباً ۲ برابر میزان واقعی می‌باشد. برای مثال در منطقه شمال ایران(چالوس) در حالیکه دمای محیط در زمستان حدود ۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و دمای داخل گلخانه حدود ۲۵ درجه باشد، میزان واقعی ΔT می‌بایست ۲۰ درجه باشد در حالیکه به علت شیب حرارتی سطح داخل گلخانه در حدود ۴۰ درجه بوده، بنابراین ΔT در حدود ۳۵ درجه می‌باشد. به عبارت دیگر دمای گلخانه در

* این مقاله در مجلهٔ زجون شماره ۱۲۸ - فروردین و اردیبهشت ۱۳۷۵ صفحهٔ ۲۲ چاپ شده است.

حدود ۴۰ درجه سانتی‌گراد بوده و می‌توان به میزان سوخت اضافی که بیهوده مصرف می‌شود پی برد.*

ب - مورد دوم درباره کاهش طول عمر مفید پوشش گلخانه(پلاستیک) می‌باشد. در دمای بالا، اثر نور خورشید روی پلاستیک شدیدتر می‌گردد و پوسیدگی آنرا تسریع می‌کند. همانطوریکه گفته شد دمای گلخانه در روز می‌بایست در حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد باشد. در حالیکه به علت شیب حرارتی دمای پوشش آن در حدود ۴۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این اثر حرارت روی پلاستیک‌های مقاوم(UV٪۲) نیز به خوبی مشخص است. طول عمر مفید این نوع از پلاستیکها نیز با آنچه در حالت معمولی استفاده می‌شود کمتر است. این موارد در قسمتهایی که بالای سیستمهای حرارتی قرار دارند به خوبی مشخص است. پوشش سقف گلخانه نیز در قسمتهایی که سیستمهای حرارتی وجود دارد چند ماه زودتر از سایر قسمتها پوسیده و از بین می‌روند. (منبع،۵)

با چرخش هوای گلخانه به روش مناسب و با سرعت مشخص این دو مشکل بزرگ نیز برطرف می‌گردد. (منبع،۴)

۳ - افزایش غلظت CO_2(دی اکسید کربن) یکی دیگر از موارد مهم است که می‌تواند نه تنها رشد گیاه را تا ۵۰٪ افزایش دهد بلکه می‌تواند با گرم کردن فضای گلخانه باعث کاهش مصرف سوخت گردد. غلظت CO_2 در محیط خارج از گلخانه در حدود ۳۴۰ppm می‌باشد. در فصل زمستان و در داخل گلخانه، به علت مسدود بودن محیط بعد از حدود ۱ الی ۲ ساعت، فتوسنتز توسط گیاهان موجود، غلظت CO_2 در محیط گلخانه به حدود ۲۰۰ppm می‌رسد.(منبع،۵) کاهش CO_2 محیط گلخانه، باعث افت شدید فتوسنتز(یا تثبیت قند) می‌شود و در نتیجه رشد گیاه کاهش چشمگیری می‌یابد. چنانچه غلظت CO_2 را از ۲۰۰ppm به ۳۴۰ppm برسانیم، رشد گیاه ادامه پیدا می‌کند و چنانچه این غلظت را از ۳۴۰ppm به ۱۰۰۰ppm برسانیم رشد گیاه نسبت به حالت معمولی(حدود ۳۴۰ppm) ۵۰٪ و نسبت به حالت خاص گلخانه‌ای(حدود ۲۰۰ppm) در حدود ۸۵ تا ۹۰٪ افزایش پیدا می‌کند. توضیح بیشتر در این خصوص را به مقاله دیگری موکول می‌کنیم و فقط از لحاظ کاهش مصرف سوخت موضوع را ادامه می‌دهیم. تابش نور خورشید به داخل گلخانه در زمستان، موجب گرم شدن اجسام داخل گلخانه می‌شود. این اجسام انرژی دریافت شده را به صورت طول موج بلند به فضای اطراف خود یعنی هوای داخل گلخانه منتقل می‌کنند. گاز CO_2 در گلخانه این طول موج بلند را دریافت می‌کند و موجب گرم شدن هوای گلخانه نیز می‌شود. کاهش غلظت گاز CO_2 به حد ۲۰۰ppm موجب می‌شود که امواج بلند به راحتی از محیط داخل گلخانه خارج شوند.(منبع،۲ و ۵) به طور کلی گاز CO_2 باعث گرم شدن محیط گلخانه می‌شود و چنانچه غلظت این گاز به حد ۱۲۰۰ppm برسد میزان تثبیت انرژی تقریباً در حدود ۴ برابر می‌شود.(منبع،۱) افزایش دمای

* محاسبات مربوط به مصرف سوخت در ضمیمه ۲ - ب آورده شده است.

داخل گلخانه توسط این گاز در زمستان باعث کاهش مصرف سوخت به میزان چشمگیری می‌شود. از طرف دیگر میزان رشد گیاه، همانطوریکه اشاره شد، در حدود ۵۰٪ افزایش می‌یابد.

بنابراین با افزایش میزان CO_2 (البته به‌صورت کاملاً کنترل‌شده) به نتایج مثبت فوق می‌توان دست یافت.

۴ - در اکثر گلخانه‌های ایران سیستم‌های حرارتی که شامل یک مشعل، یک منبع فلزی و مقدار زیادی لوله بخاری می‌باشد، داخل گلخانه قرار دارد. این منابع تولید حرارت به ۲ الی ۳ سیستم در هر ۵۰۰ متر مربع می‌رسد.

وجود این سیستم‌ها در داخل گلخانه معایب زیر را دارد:

الف - چنانچه به طور متوسط مساحت اشغال شده توسط هر سیستم حرارتی را حدود ۱۰ متر مربع در نظر بگیریم و حداقل تعداد این واحدها که ۲ سیستم است را محاسبه کنیم، حداقل ۲۰ متر مربع از فضای گرانقیمت و ارزشمند گلخانه را عملاً از بین برده‌ایم و چنانچه به طور متوسط از هر متر مربع در حدود ۵۰۰۰۰ ریال درآمد عاید گلخانه گردد(برای گلهای گلدانی در این حدود می‌باشد) سالیانه مبلغ یک میلیون ریال زیان خواهد داشت.

ب - با توجه به اینکه منبع حرارتی این سیستم داخل گلخانه قرار دارد، میزان اکسیژن لازم برای ترکیب با ماده سوختی را از داخل گلخانه تأمین می‌کند و یا اینکه حداقل قسمتی از آنرا از داخل گلخانه تأمین می‌کند. با مکش هوا به داخل منبع حرارتی و خروج این هوای گرم شده، منتج به کاهش فشار هوای درون گلخانه شده، بنابراین هوای سرد محیط از منافذ گلخانه وارد این محیط می‌گردد، در نتیجه در قسمت دیواره‌های گلخانه همیشه محیط سردی را خواهیم داشت که باعث عدم رشد یکنواخت گیاهان شده به طوریکه در گلخانه‌های برگ زینتی، گلخانه‌دار مجبور است که مرتباً جای گلدانها را عوض کند و در گلخانه‌های گل بریده کیفیت نامطلوب را خواهد داشت. در این مورد عملاً هزینه اضافی کارگر و همچنین کاهش کیفیت و رشد گیاهان، صدمه مالی قابل توجهی به گلخانه‌دار وارد می‌کند.

ج - سومین مشکل، ورود مقادیری از گازهای سمی تولید شده ناشی از سوخت می‌باشد. چنانچه مشعل‌ها تنظیم نباشد و یا درست کار نکند و یا درزها و منافذ لوله‌های بخاری کاملاً مسدود نگردند، با هر بار روشن شدن سیستم مقادیر قابل توجهی از گازهای سمی از جمله منواکسید کربن (CO) که برای انسان نیز بسیار سمی می‌باشد، وارد گلخانه می‌شود و با توجه به مسدود بودن هوای گلخانه، مرتباً بر مقدار این گازهای سمی افزوده شده و اثر آن به صورت کاهش رشد یا کاهش کیفیت گیاه ظاهر می‌شود.

انتقال سیستم حرارتی گلخانه به خارج از راههای افزایش راندمان انرژی در گلخانه‌ها می‌باشد.(منبع،۵)

نتیجه‌گیری

می‌توان گفت با رعایت ۴ مورد زیر:

۱ - کنترل دما به تفکیک در روز و شب به وسیله ترموستاتهای مخصوص گلخانه

۲ - چرخش هوای داخل گلخانه با سرعت و

میزان لازم

۳ - تغلیظ گازهای CO_2 به میزان لازم و تحت شرایط کنترل شده

۴ - انتقال سیستم‌های حرارتی به خارج از گلخانه

نتایج زیر به دست خواهد آمد:

۱ - کاهش مصرف سوخت تا سقف ۶۰٪

۲ - افزایش سرعت رشد گیاه تا سقف ۵۰٪

۳ - بازدهی بیشتر پوشش سقف گلخانه (پلاستیک) تا حداکثر ۳۰٪ زمان فعلی و کاهش استهکاک سیستم‌های حرارتی

۴ - افزایش کیفیت گیاهان تولید شده به میزان چشمگیر

۵ - کاهش مصرف سموم در گلخانه به میزان ۵۰٪ میزان مصرف فعلی

مطالب ارائه شده در خصوص "مدیریت انرژی" به همین جا ختم نمی‌گردد و استفاده از نهاده‌ها موضوع دیگری است که انشاءالله در مقاله‌ای تحت عنوان "مدیریت تولید" بیان خواهد شد. مطالبی که ذکر شد نتیجه سالها تحقیق و بررسی دقیق گلخانه‌های کشور و اجرای آزمایشات مختلف می‌باشد. چنانچه گلخانه‌داران عزیز که در راه تولید این هدیه بهشتی زحمات زیادی می‌کشند، به توصیه‌های فوق توجه کافی مبذول نمایند و آنها را به کار ببندند نتایج مثبت و مهم ذکر شده به دست خواهد آمد.

منابع:

۱ - اکبری‌نژاد موسوی، سید جمال، اثر افزایش CO_2 بر روی گرمایش ایران، اولین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، تهران، سازمان هواشناسی کشور ۱۳۷۵.

۲ - پی. گاردنر. فرانکلین. مترجم غلامحسین سرمدنیا - دکتر عوض کوچکی، فیزیولوژی گیاهان زراعی(چاپ سوم). مشهد، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. بهار ۱۳۷۲.

۳ - کیان پورراد، منصور. آلودگی هوا. تهران، مرکز نشر دانشگاهی - ۱۳۷۱.

۴ - نلسون،پاول.دی. مترجم واحد انتشارات سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر تهران - مدیریت گلخانه - جلد اول و دوم. تهران - سازمان پارکها و فضای سبز تهران. تابستان ۱۳۷۴.

۵ - یلی‌نژاد، محمدحسین، تحقیقات کاربردی در تولیدات گلخانه‌ای و تکنولوژی پیشرفته آن، چاپ نشده.

6 - Davidson, William. The illustratted Directory of House Plants. Belium. Tiger books International London. 1993.

7 - Ventilation For greehouses. Aguide to The practical design of Insallations, National Agricultural Centre Warwickshire CV821S, 1989.

ضمیمه ۱ - دمای مناسب روز و شب برخی گیاهان رایج در ایران

نام گیاه	نام علمی گیاه	دمای مناسب روز (درجه سانتی‌گراد)	دمای مناسب شب (درجه سانتی‌گراد)
گل شیپوری	Zantedeshia rehmannii	۱۶	۱۰
یوکا	Yucca aloifolia	۲۱	۱۰
انواع کاکتوس	Cacti	۳۰	۵
انواع لاله	Tulipa	۱۶	۱۰
پرنده بهشتی	Strelitzia reginae	۲۴	۱۳
اسپاتی فیلوم	Spathiphyllum mauna Loa	۲۱	۱۸
انواع سدم	Sedum	۲۰	۵
پتوس	Scindapsus aureus	۲۱	۱۶
شفلر	Schefflera venusta starshine	۲۴	۱۸
سانسوریا	Sansevieria trifasciata laurentii	۲۱	۱۶
شاخ گوزنی	Platycerium alcicorne	۲۱	۱۶
انواع پیلدا	Pilea	۲۱	۱۶
فینیکس(نخل زینتی)	Phoenix roebelinii	۲۱	۱۶
انواع فیلکو دندرون	Philodendron	۲۱	۱۶
گل ساعتی	Passiflora caerulea	۲۱	۱۰
انواع پاندانوس	Pandanus	۲۱	۱۶
سرخس	Nephrolepis exaltata	۲۱	۱۶
برگ انجیری	Monstera deliciosa	۲۱	۱۶
مارانتا	Maranta erythrophylla	۲۴	۱۸
کالانکوئه	Kalanchoe daigremontiana	۲۷	۱۰
کنتیا	Kentia belmoreana	۲۱	۱۶
زنبق	Iris reticulata	۱۳	۷
فرزیا	Freesia	۱۶	۱۰
فیکوس	Ficus robusta	۱۸	۱۰
افوربیا(بنت قنسول)	Euphoriba pulcherrima	۲۱	۱۶

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

ضمیمه ۱ - دمای مناسب روز و شب برخی گیاهان رایج در ایران

نام گیاه	نام علمی گیاه	دمای مناسب روز (درجه سانتی‌گراد)	دمای مناسب شب (درجه سانتی‌گراد)
دراسینا	Dracaena marginata	۲۱	۱۶
دیفن باخیا	Dieffenbachia picta	۲۴	۱۸
سیکلامن	Cyclamen persicum	۱۶	۱۰
حسن یوسف	Coleus	۱۶	۱۰
هیبریدهای کروتن	Codiaeum hybrids	۲۱	۱۶
خورشیدی	Clivia Mintata	۲۱	۱۶
سینرر	Cineraria cruenta	۱۸	۱۳
داوودی	Chrysanthemum	۱۸	۱۳
گندمی	Chlorophytum comosum variegatum	۱۶	۱۰
کاملیا	Camellia japonica	۱۶	۱۰
هیبریدهای کالادیوم	Caladium hybris	۲۴	۱۸
بگونیارکس	Begonia rex	۲۱	۱۶
آزالیا	Azalea indica	۱۶	۱۰
لیندا	beaucarnea recurvata	۲۱	۱۰
برگ ابایی	Aspidstra elatior	۱۸	۱۳
آسپاراکوس	Asparagus meyerii	۱۸	۱۳
کاج مطبق	Araucaria excelsa	۱۸	۱۳
آرالیا	Aralia elegantissima	۲۱	۱۸
آرالیا	Aralia sieboldii	۱۳	۷
آنتوریم	Anthurium scherzerianum	۲۱	۱۶
آنتوریم	Anthurium andreanum	۲۴	۱۸
آناناس زینتی	Ananas bracteatus stristus	۱۸	۱۳
زنجبیل	Alpinia sanderae	۲۴	۱۸
آگلونما	Aglaonema crispum silver Queen	۲۱	۱۸
آئونیم	Aeonium arboreum Nigrum	۳۰	۵

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

ضمیمه ۲ ـ محاسبات

ضمیمه ۲ - الف

۱ - محاسبه نرخ رشد گیاه در جدول ۲:

با توجه به منحنی ۱ داریم:

۲۵ = اپتیمم دمای فتوسنتز حقیقی

۲۰ = اپتیمم دمای فتوسنتز ظاهری

۵ = اپتیمم دمای تنفس جهت رشد

بنابراین با توجه به برآیند رشد در منحنی یک، دمای روز ۲۰+ درجه سانتی‌گراد و دمای شب در گیاه فوق ۵+ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

لذا خواهیم داشت:

در ۲۰ درجه سانتی‌گراد

۴/۲ $mgCO_2/gr-h$ = میزان فتوسنتز حقیقی

در ۲۰ درجه سانتی‌گراد

۱/۲ $mgCO_2/gr-h$ = میزان مصرف(تنفس)

در ۵ درجه سانتی‌گراد

۰/۳ $mgCO_2/gr-h$ =میزان مصرف(تنفس)

در ۲۰ درجه سانتی‌گراد

۴/۲ $mgCO_2/gr-h$ =میزان فتوسنتز ظاهری

با توجه به ۹ ساعت روز و ۱۵ ساعت شب فصول سرد سال خواهیم داشت:

- در حالت دمای ثابت در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد

میزان کل فتوسنتز حقیقی

$۴/۲ \times ۹ = ۳۷/۸ \ mgCO_2/gr-day$

میزان مصرف(تنفس)

$۱/۲ \times ۲۴ = ۲۸/۸ \ mgCO_2/gr-24H$

میزان تولید مفید

$۳۷/۸ - ۲۸/۸ = ۹ \ mgCO_2/gr-24H$

- در حالت دمای متغیر ۲۰ و ۵ درجه سانتی‌گراد در روز و شب:

میزان کل فتوسنتز حقیقی

$۴/۲ \times ۹ = ۳۷/۸ \ mgCO_2/gr-day$

میزان مصرف(تنفس)

$(۱/۲ \times ۹) + (۰/۳ \times ۱۵) = ۱۵/۳ \ mgCO_2/gr-24H$

میزان تولید مفید

$۳۷/۸ - ۱۵/۳ = ۲۲/۵ \ mgCO_2/gr-24H$

بنابراین نسبت تولید مفید به فتوسنتز ظاهری (۲۷ = ۹ × ۳) برای حالت ثابت و متغیر به ترتیب ۳۳ و ۸۳ درصد می‌باشد.

ضمیمه ۲ - ب

۲ - محاسبه مصرف سوخت

سطح تبادل هر گلخانه ۵۰۰ متر مربعی در حدود ۷۰۰ متر مربع می‌باشد با توجه به ضریب انتقال انرژی از هر متر مربع پلاستیک که در حدود $5/4 Kcal/m^2h$ به ازای هر درجه می‌باشد به ازای هر واحد گلخانه در حدود $Kcal/500m^2-h$ ۳۸۰۰ انرژی تبادل می‌گردد. با توجه به دمای شب ۲۵ درجه برای گلخانه‌های سنتی خواهیم داشت:

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

(ΔT در اینجا با توجه به دمای ۵+ درجه سانتی‌گراد برای زمستان درحدود ۲۰ درجه خواهدبود)

برای یک شب معمولی زمستان

$۳۸۰۰ \times ۲۰ = ۷۶۰۰۰$ Kcal/500m^2-h

چنانچه دمای شب گلخانه به اپتیمم دمای تنفس برسد با توجه به نیاز حرارتی گیاهان مختلف کاهش مصرف‌های مختلفی خواهیم داشت. برای مثال دیفن باخیا در دمای ۱۸ درجه شب و ۲۴ درجه روز بهترین رشد را خواهد داشت. کاهش دما تا سطح ۱۸ درجه در همان شب مورد مثال مصرف سوخت را تا سطح ۴۹۴۰۰ Kcal/m2-h کاهش خواهد داد.

بنابراین با توجه به گیاه مقدار مصرف گازوییل در حدود ۳۵٪ نسبت به حالت دمای ثابت کاهش خواهد داشت.

همچنین با توجه به شیب حرارتی که در گلخانه‌های سنتی در سطح تبادل سقف(دما در حدود ۴۵-۴۰ درجه می‌باشد) وجود دارد خواهیم داشت:

(در حدود ۵۰۰ متر مربع از سقف گلخانه دارای دمای ۴۰ درجه و حدود ۲۰۰ متر مربع از دیواره‌های جانبی دارای ۲۵ درجه می‌باشد)

$(۲۵-۵) \times ۲۰۰ \times ۵/۴ + (۴۰-۵) \times ۵۰۰ \times ۵/۴$

$= ۱۱۶۱۰۰$ Kcal/m2-h

در حالیکه چنانچه موارد ذکر شده انجام گیرد حدود ۵۰ درصد کاهش مصرف خواهیم داشت.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی