بسم الله الرحمن الرحيم

مدیریت گلخانه

جلد اول

مؤلف : پاول.وی.نلسون

سازمان پارکها و فضای سبز شهر تهران

مدیریت گلخانه (جلد اول)

ناشر : سازمان پارکها و فضای سبز شهر تهران

مؤلف : پاول، وی، نلسون

مترجم : واحد انتشارات سازمان پارکها و فضای سبز شهر تهران

ویراستاران علمی : دکتر منصور عبائی، دکتر علی وزوائی

چاپ اول : تابستان ۷۴

تیراژ : ۵۰۰۰ نسخه

قیمت دوره دوجلدی : ۱۳۰۰۰ ریال

طرح و اجرا : شرکت پیام‌رسا

کلیه حقوق این اثر متعلق به ناشر بوده و هرگونه برداشت از کتاب تنها با اجازه کتبی از ناشر میسر است.

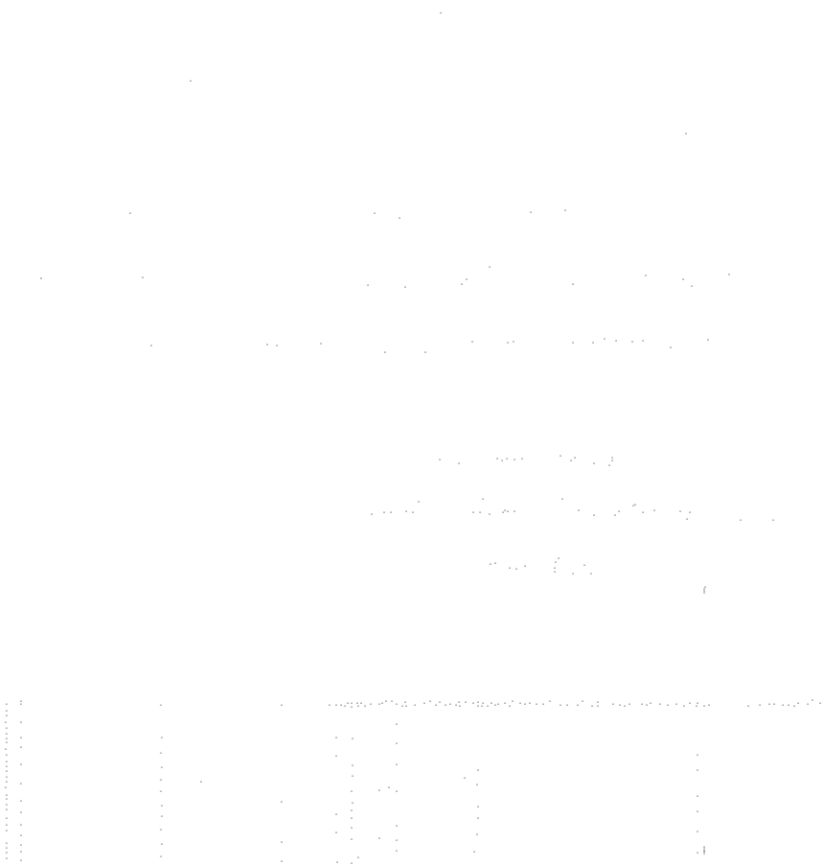
سازمان پارکها و فضای سبز شهر تهران به عنوان متولی فضای سبز شهر تهران و تخصصی‌ترین ارگان کشور در زمینه فضای سبز، در جهت ارتقاء دانش دست‌اندرکاران فضای سبز شهرها بمنظور حفظ و توسعه فضاهای سبز و تولید اقلام گیاهی مورد نیاز اقدام به تألیف، ترجمه، چاپ و نشر معتبرترین و تازه‌ترین کتابها و مباحث علمی در این زمینه نموده است.

کتاب ارزشمند Greenhouse operation and management در راستای دستیابی به اهداف مورد اشاره انتخاب و ترجمه شده است.در این کتاب ضمن بحث در خصوص تازه‌ترین دیدگاهها در مورد تولید و تکثیر گیاهان، توضیحات کاملی در زمینه بکارگیری سیستمهای مجهز و پیشرفته گلخانه‌های بزرگ نیز ارائه می‌گردد. امید است تلاش دست‌اندرکاران فضای سبز کشورمان در زمینه تولید و تکثیر گلها و گیاهان ایرانی که خواستاران بسیاری نیز در جهان دارد با بهره‌گیری از این کتاب قرین موفقیت بیشتری باشد.

علی‌محمد مختاری

مدیرعامل سازمان پارکها و فضای سبز

شهر تهران



فهرست

مقدمه ۱۱

فصل ۱

پرورش گل ـ صنعتی پویا ۱۵
منشاء صنعت گلخانه ۱۶
توسعه گلخانه در آمریکا ۱۸
گلهای وارداتی ۲۵
عوامل تعیین‌کننده نواحی تولید ۳۲
تولید در آمریکا ۳۴
تقاضای روبه‌افزایش محصولات گیاهی ۴۴
تغییر مسیر فروش ۴۶
مسیر آتی تولید ۵۲
عوامل مؤثر در تضمین آینده شما با تولید گل و گیاه ۵۸
مرجع ۶۰

فصل ۲

ساخت گلخانه ۶۱
مکان ۶۲
نقشه گلخانه ۶۷
گلخانه‌های شیشه‌ای ۶۸
گلخانه‌های پوشیده از ورقه‌های نازک پلاستیک ۷۶
گلخانه‌های ساخته شده از صفحات محکم ۹۷
سکوهای کشت و بسترها ۱۰۶
هزینه ساختن گلخانه‌ها ۱۱۵
طرحهای جدید گلخانه ۱۱۸
خلاصه ۱۲۲
مرجع ۱۲۵

فصل ۳

گرم کردن گلخانه ۱۲۷
منبع گرما ۱۳۱
توزیع حرارت ۱۵۳
تشخیص و تنظیم هوای گلخانه ۱۷۱
ژنراتورها و بخاریهای اضطراری ۱۷۶
سوخت ۱۸۰
محاسبه نیازهای گرمایی ۱۸۵
حفظ گرما ۲۰۱
خلاصه ۲۰۹
مرجع ۲۱۲

فصل ۴

خنک کردن گلخانه ۲۱۵
سیستمهای خنک‌کننده تابستانی گلخانه ۲۲۰
سیستم خنک‌کننده زمستانی گلخانه ۲۴۵
تلفیق سیستمهای خنک‌کننده و گرم‌کننده ۲۵۳
خنک کردن گلخانه‌های کوچک ۲۵۷
خلاصه ۲۵۹
مرجع ۲۶۲

فصل ۵

انواع محیط رشد ریشه (بسترهای کاشت) ۲۶۳
وظایف محیط رشد ریشه ۲۶۴
تغییر خاک مزرعه برای به‌کار بردن آن در ظروف کاشت ۲۶۵
خصوصیات مطلوب محیط رشد ریشه ۲۶۹
اجزای محیط رشد ریشه ۲۷۸
محیطهای کشت حاوی خاک ۲۹۸
محیط کشت بدون‌خاک ۳۰۲
درنظر گرفتن موارد اقتصادی در محیط کشت ۳۱۲
زیرورو نمودن و مخلوط کردن اجزای تشکیل‌دهنده محیط کشت ۳۱۴
خلاصه ۳۲۱
مرجع ۳۲۴

فصل ۶

ضدعفونی محیط کشت ۳۲۵
ضدعفونی توسط بخار آب ۳۲۷

ضدعفونی شیمیایی ۳۴۵
تلقیح دوباره ۳۵۳
جنبه‌های اقتصادی ۳۵۵
خلاصه ۳۵۶
مرجع ۳۵۸

فصل ۷

آبیاری ۳۵۹
تأثیر آبیاری بر روی گیاهان ۳۶۰
روند آبیاری ۳۶۱
کیفیت آب ۳۶۴
سیستمهای آبیاری ۳۶۷
خطوط لوله آب گلخانه ۳۸۷
مراقبتهای لازم ۳۹۱
خلاصه ۳۹۵
مرجع ۳۹۷

فصل ۸

کوددهی و تغذیه گیاه ۳۹۸
برنامه کوددهی ۴۰۱
کودهای شیمیایی به‌تدریج حل‌شونده ۴۲۷
علایم ظاهری ۴۳۹
روشهای اصلاح ۴۷۷
خلاصه ۴۸۰
مرجع ۴۸۲

مقدمه

صنعت تولیدات گلخانه‌ای هم‌اکنون نسبت به آنچه که تا پیش از جنگ جهانی دوم، به آن پرداخته می‌شد، آسانتر به نظر می‌رسد. دلیل آن این است که در آن زمان گلخانه‌های پلاستیکی یا دارای مواد شفاف (برای عبور نور)، سیستم حرارت مرکزی، محیطهای کشت بدون خاک، پاستوریزه کردن محیط رشد ریشه، آبیاری و کوددهی اتوماتیک (خودکار)، اتوماسیون بزرگ مقیاس، و در امریکا فروشگاههای پرتجمع[1] وجود نداشت. اکثر ابداعات گفته شده پس از جنگ جهانی دوم، یعنی زمانی که نیروهای متخصص نظامی برای امور غیرجنگی بسیج شده‌اند، انجام شده است. در خلال سی سال پس از جنگ جهانی دوم، تکنولوژی با شدت بیشتری رو به پیشرفت گذاشت. زمانی که انتشار چاپ اول این کتاب در سال ۱۹۷۸ آغاز شد، انقلابی در تکنولوژی بازاریابی و تولید در اوایل انتشار آن به‌وقوع پیوست و در خلال دهۀ ۱۹۸۰ دارای تحول زیادی شد. تغییرات کنونی که در صنعت گلخانه ایجاد شده است با دوره‌های پیشین قابل قیاس نیست.

عوامل متعددی در تسریع تحولات اخیر دخیل بوده‌اند. کمبود نفت در خلال دهۀ ۱۹۷۰ موجبات تحقیقات جهانی در مورد استفادۀ بهینه از انرژی را فراهم آورد. و بدین علت در اواخر دهۀ ۱۹۷۰ مطالعاتی بر روی امکان استفاده از پوششهای گلخانه‌ای موثر در نگهداری گرما، بخاریها و دیگهای بخار مناسب سیستم حرارتی گرم‌کنندۀ کف گلخانه، و حتی نحوۀ طراحی گلخانه به‌عمل آمد.

1- mass markets

توسعهٔ زیاد تولیدات گل و گیاه در افریقا و اروپای شرقی، بازارهای اروپای غربی را تحت فشار قرار داد. بازار پرورش گل و گیاه در امریکا برای تولیدکنندگان اروپایی و فلسطین اشغالی که با بازار راکد مواجه شده بودند و برای ملل آمریکای لاتین که با مشکل فقدان بازارهای وسیع داخلی روبرو بودند نقطهٔ امیدی به‌شمار می‌رفت. رنگها و فرمهای جدیدی که از اصلاح محصولات قدیمی به‌دست آمد و همچنین تولیدات جدید، باعث افزایش واردات شد ولی این امر منجر به تولید آنها توسط تولیدکنندگان داخلی و تحریک مصرف‌کنندگان برای خرید شد. در پانزده سال گذشته فروشگاههای پرتجمع به‌صورت خصوصی درآمد، تا این افزایش تولید را بسمت خود متمایل کند.

برای جبران قیمت نسبتاً کم این تولیدات که نتیجهٔ رقابت بین بازارهای جهانی بود؛ تولیدکنندگان مجبور به ساخت سیستمهایی با تولید بیشتر و کارآیی بالایی شدند. هم‌اکنون، کامپیوتر برای کنترل محیط داخلی گلخانه به‌کار گرفته می‌شود که نتیجهٔ آن کاهش هزینه کار، صرفه‌جویی در انرژی و دستیابی به تکنولوژی بالاتر است که امور فوق از طریق کنترل معمولی امکان‌پذیر نیست. در ده سال اخیر دیده شده است که در تولیدات گلخانه‌ای از روباتها استفاده می‌شود.

بدینوسیله، سکوهای[1] گلخانه‌ای به‌طور خودکار در طول روز به بیرون از گلخانه رفته و در شب به داخل گلخانه برمی‌گردند. این عمل برای حداکثر استفاده از امکانات گلخانه‌ای، در دو ردیف انجام می‌شود. همچنین تحت این سیستم، سکوها از محل تولید تا بسته‌بندی یعنی جایی‌که گونه‌ها و کالتیوارها به‌طور مکانیکی جمع‌آوری می‌شوند، در طول یک ریل به حرکت درمی‌آیند. ماشینهایی نیز در این سیستم برای کاشتن نشاها در گلدانها وجود دارند. ماشینهای دیگری گلدانهای حاوی گیاهان را با فاصله مناسب در روی سکوها قرار می‌دهند به مرور زمان که گیاهان رشد می‌کنند این ماشینها، گلدانها را

1- benchs

بلند کرده و جابه‌جا می‌کنند. این همه امکانات فقط می‌تواند در اختیار پرورش‌دهندگانی که فعالانه در این مسیر به‌کار می‌پردازند، قرار گیرد. به این ترتیب محلی که کارگران در آن کار می‌کنند به ساختمان سرویس[1] محدود می‌شود. وقتی چنین تحولاتی ایجاد می‌شود باید به مسایل جنبی آن نیز توجه داشت. تغییرات ایجاد شده می‌تواند مفید یا مضر باشند. شخصی که آشنایی کامل با چنین تحولاتی دارد و لوازم مناسب این تغییرات را مهیا می‌کند با شخصی که از این امکانات بهره می‌گیرد فرقی ندارد، زیرا او به این تغییرات با توجه به شرایط، جهت می‌دهد. بسیاری از پرورش‌دهندگان گل که در این مسیر با جدیت کار می‌کنند در طول مدتی که تغییرات گفته شده (اتوماسیون) را انجام می‌دهند متضرر خواهند شد. چنین افرادی فقط به این منظور این تغییرات را انجام می‌دهند که این تحولات در چند سال آینده مفید خواهند بود. حرکت در مسیر تولیدات باغبانی فقط با دانستن چگونگی پرورش محصولات مقدور نخواهد بود. چه شما مالک محل کسب خود باشید یا برای شخص دیگری کار کنید، موفقیت شما بستگی به توانایی شما در مدیریت امکانات، سرمایه و وقت دارد، چه این موارد به شما تعلق داشته باشد چه به دیگران، در نهایت بدون داشتن این توانایی دانش فنی‌تان در مورد پرورش محصولات مفید نخواهد بود.

در کنار این دانش فنی شما باید اطلاعاتی در زمینهٔ حسابداری، مدیریت و بازاریابی داشته باشید. اهمیت این موارد برای دانشجویانی که به تازگی در زمینهٔ تولید گل به فعالیت پرداخته‌اند چندان زیاد نیست، این کتاب علاوه بر پرداختن به موضوعات مربوط به پرورش گیاهان، موارد فوق را نیز در متن گنجانده است.

مزیت این کتاب دادن قدرت تصمیم‌گیری در مواردی است که شخص دخیل در پرورش تجاری گل با آن مواجه خواهد شد. در ابتدای کتاب به بحث در مورد

1- Service building

تصمیم‌گیری در این زمینه در سطح جهانی، پرداخته شد. تصمیم‌گیری در مورد موضوعات دیگر گلخانه‌های تجاری از قبیل انتخاب محل، نوع گلخانه، سیستم‌های گرمایشی و برودتی در بخشهای دیگر این کتاب مورد بحث و بررسی قرار خواهند گرفت. بعد از آن به بحث در مورد انواع محیط رشد ریشه (محیط کشت) که محصولات در آن پرورش می‌یابند، پاستوریزاسیون محیط کشت، ایجاد شرایطی که بیماری بداخل گلخانه راه نیابد، اصول آبیاری و سیستمهای اتوماتیک آبیاری، تعیین نسبت کودها و روشهای کاربرد آنها، سیستمهای مختلف تولید از قبیل NFT (که مواد غذایی در لایهٔ نازکی از محیط کشت قرار می‌گیرند) راک وول[1]، و سیستم بستهٔ کشت، تزریق گاز دی‌اکسیدکربن به اتمسفر گلخانه، نور، درجه حرارت، تنظیم رشد بوسیلهٔ مواد شیمیایی، کنترل آفات، عملیات بعد از تولید محصولات، و تعیین قیمتها خواهیم پرداخت. موارد فوق تقسیم‌بندی کلی مباحث این کتاب می‌باشد که شما را در نحوه تصمیم‌گیری در طرح گلخانه، ساخت و اجرای مواردی که در گلخانه‌های تجاری با آن مواجه می‌شوید، کمک خواهد کرد.

۱- راک وول (Rockwool) یکی از اجزای محیط کشت است که از غبور دادن بخار آب بر روی سنگ آهک مذاب بدست می‌آید.

۱۰ پرورش گل - صنعتی پویا

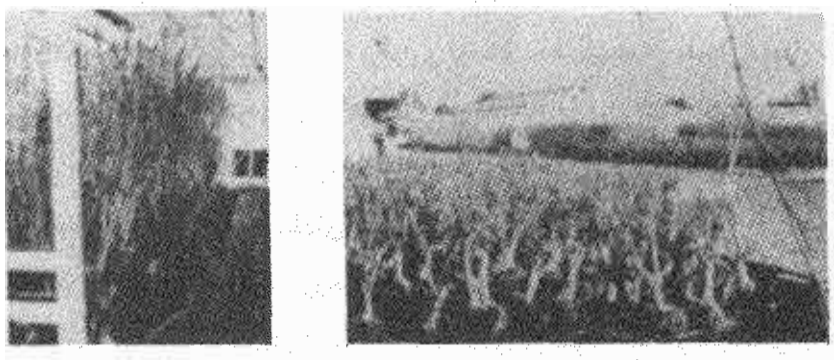
گلها در مناطقی که بشر برای استقرار برگزیده است می‌رویند. در مناطق گرمسیری (حاره‌ای) گلها در فضای آزاد کشت میشوند و تعداد محدودی از آنها توسط آماتورها پرورش یافته چنین تولیداتی و نظایر آن به بازارهای فروش محلی راه یافتند. میل شدید به خرید محصولات گیاهی در مناطق معتدل و سرد زیاد است یعنی جایی‌که گل و گیاه طبیعی بطور فراوان یافت نمی‌شود نیاز به برقراری ارتباط با طبیعت در طول فصل غیرفعال زمستان وجود دارد. برخی از مناطق حاره‌ای متوجه این نیاز شده و تأسیسات تولید قابل ملاحظه‌ای از این قبیل را توسعه داده‌اند. در مناطق غیرحاره‌ای مقادیر عظیمی از محصولات گیاهی در محیطهای سرپوشیده تولید می‌شوند.

مراکز پیشرو این تولیدات در کشورهای شمالی، اروپای غربی، ژاپن و آمریکا قرار دارند (آمریکا در این کتاب به کانادا و ایالات متحده اطلاق می‌شود). مقادیر متوسطی از محصولات گیاهی در شوروی سابق، کشورهای اروپای شرقی، استرالیا و نیوزلند تولید می‌شوند. اخیراً کشورهای گرمسیری واقع در آمریکای مرکزی، همچنین کشورهای کلمبیا، فلسطین اشغالی، کنیا و آفریقای جنوبی از مناطق مهم این تولیدات هستند و بیشترین محصولات خود را روانه بازارهای اروپای غربی و آمریکا می‌کنند.

منشاء صنعت گلخانه .....

بر طبق اطلاعاتی که امروزه در دسترس است، صنعت گلخانه‌ای در عصر طلایی یعنی سالهای ۱۶۰۰ در شرایط حاکم بر کشور هلند پا به عرصهٔ وجود نهاد.

هلند در طول نیمهٔ اول قرن هفدهم بصورت بزرگترین قدرت آبی جهان درآمد. تعداد کشتی‌های تجاری آن کشور تا جایی افزایش یافت که نیمی از حمل و نقل جهان توسط آنها انجام می‌شد و آمستردام شهر پیشرو تجاری در دنیا شد. و بدین جهت مردم هلند به بالاترین سطح زندگی در جهان دست یافتند. در سال ۱۶۰۲ شرکت هلندی هند شرقی تأسیس شد و در سال ۱۶۲۱ شرکت هلندی هند غربی تجارت خود را آغاز کرد و این دو شرکت در سرتاسر امپراطوری مستعمره تجارت خود راگسترش دادند. در طول این دوره نیز اغتشاشاتی وجود داشت یعنی در سال ۱۵۸۱ با اعلام عدم‌وابستگی به اسپانیا



الف ب

شکل ۱ـ۱: الف ـ یاس‌های بنفش یکی از اولین محصولات گیاهی در هلند بوده و هستند. در اواخر فصل پائیز یعنی زمان خواب درختچه‌ها را از خاک درآورده و انبار می‌کنند. ب ـ در خلال فصل زمستان آنها به‌تدریج به گلخانه آورده تا گرمای مورد نیاز را برای گلدهی دریافت کنند.

اغتشاش آغاز شده و در طول جنگ‌های سی‌ساله (۱۶۴۸-۱۶۱۸) که اکثر اروپا را دربرگرفت ادامه یافت. در اوج جنگ سی‌ساله، هلند به هدف خود رسیده و به صورت ملتی مستقل درآمد.

خاندان سلطنتی اروپا در این زمان تمایل به شکوه و جلوهٔ ظاهری داشته و درصدد فراهم نمودن آن بودند. وجود گلهای بهاری در زمستان و میوه‌جات غیرفصلی برای آنها اغواکننده بود. توانایی تولید تعداد زیادی از مردم طبقه متوسط جامعه و کانالهای تجارت متعلق به این بازرگانان باعث بوجود آمدن آن چیزی که امروزه بزرگترین صنعت گلخانه جهان می‌باشد در هلند شد. انگور در امتداد دیوارهای سنگی موجود در زیر محفظه‌های شیشه‌ای در غرب هلند پرورش داده می‌شد. (این محفظه‌ها به سبک آن روز ساخته می‌شدند.)

گلخانه‌های مزبور انرژی خورشید را در طول زمستان در خود نگه داشته و موجب تولید انگور زودرس می‌شدند امروزه گلخانه‌های وسیع سبزیجات و صنعت تولید گل بریده در ناحیه وست‌لند وجود دارند که نتیجه مستقیم این فعالیت اولیه هستند.

در ناحیه‌ای نزدیک آمستردام درختچه‌های یاس بنفش پرورش می‌دهند که درختچه‌ها را در اواخر پاییز قبل از یخ زدن از زمین خارج ساخته و در بیرون گلخانه انبار می‌کنند. بتدریج در طول زمستان، بوته‌ها به گلخانه‌ها برده می‌شوند، تا دوره خواب آنها شکسته شده و گل دهند (شکل ۱-۱).

گلهای بریده این گیاه زینت‌بخش قصرهای سلطنتی قرن هفدهم در بریتانیای کبیر، فرانسه، آلمان و دیگر کشورها بود. این صنعت امروزه نیز به قوت خود باقی است، اگرچه بیشتر این ناحیه در اطراف آلزمیر[1] مرکزیت یافته و بطور کلی پرورش آن بصورت یک گیاه گلدانی انجام میگیرد.

1- (Aalsmeer)

توسعه گلخانه در آمریکا .....

توسعه صنعت گلخانه در آمریکا مدتها بعد انجام شد زیرا این سرزمین جدید در آن زمان رشد اقتصادی چندانی نداشت. تکنولوژی گلخانه توسط مهاجرین اروپایی به آنجا راه یافت و این امر برای ایجاد صنعتی در جهت تزئینات، در قرن نوزدهم انجام شد. عملاً گلخانه آمریکایی توسط جیمز بکمن[1] در شهر نیویورک احداث شد (کاپلان ۱۹۷۶). تولید گل در آغاز اطراف مراکز پرجمعیت بوستن، نیویورک، فیلادلفیا و بعداً شیکاگو شروع شد. در آن روزها، طرق معمول حمل‌ونقل باعث میشد که تولید در مناطق نزدیک به بازار انجام گیرد.

همان‌طوری که کامیونها در اوایل قرن بیستم عمومیت یافتند حمل‌ونقل راحت‌تر انجام می‌شد و مناطق پرجمعیت ماساچوست شرقی، کانکتیکات و شهر نیویورک، مخصوصاً لانگ‌آیلند بصورت مراکز عمده تولید میخک درآمد. تولید رُز مخصوصاً در ایالات شمال شرقی همچنین شیکاگو اهمیت یافت. تولید گیاهان گلدانی به گسترش خود در سایر قسمتهای آمریکا به تبعیت از مراکز پرجمعیت ادامه داد.

روند مزبور در طول دهه ۱۹۵۰ دچار تحول شد. حمل‌ونقل هوائی به حدی توسعه یافت که ارسال گلهای بریده به هر نقطه‌ای از آمریکا ممکن شد. پرورش گلهای بریده در فضای باز در مناطق گرم و همچنین ارسال آن به بازارهای دور ممکن گردید. تولید گل‌های داودی بریده با سرعت خیلی زیادی در فلوریدا، کالیفرنیای جنوبی و تا حد کمتری در تگزاس افزایش یافت. در این مناطق در طول سال محصولات در زیر شاسی‌هائیکه بر روی چهارچوبهای ارزان نصب شده‌اند پرورش یافته و در حال حاضر نیز به این طریق پرورش می‌یابند (شکل ۲-۱). در این روش نیازی به گرم یا سرد کردن نبود زیرا هزینه حمل‌ونقل بیش از آن بود که بتواند جبران هزینه‌های زیاد تولید یعنی وسایل

1- James Beckmen

پرورش گران‌قیمت، هزینه سوخت و کارگر را بکنند.

تولید گل شب‌بو (بصورت گل بریده که از نظر اهمیت در درجهٔ دوم می‌باشد) در گلخانه‌های کالیفرنیای شمالی ضرورتاً متوقف شد چراکه پرورش‌دهندگان کالیفرنیای جنوبی جوابگوی کل تقاضا بودند (شکل ۳-۱) پرورش‌دهندگان گل داودی در کالیفرنیای شمالی از این نظر که دوباره دچار ضرر گذشته شوند هراس داشتند. تولید گل داودی در مزرعه بطور جالبی در طول سالهای ۱۹۶۰ به پایین‌ترین حد خود رسیده و با سایر قسمتهای آمریکا به توازن رسید. بوجود آمدن چنین وضعیتی باعث شد که بسیاری از پرورش‌دهندگان گلخانه‌ای از تولید این محصول صرف‌نظر کنند.

پرورش‌دهندگان کالیفرنیای شمالی که روند مزبور را پیش‌بینی کرده بودند کیفیت تولید خود را بالا بردند و به رقابت با تولیدکنندگان گلهایی باکیفیت ضعیفتر (که در طول دوره‌های سخت آب‌وهوایی در مزارع رشد یافته بودند) پرداختند. در نواحی شمالی، مخصوصاً خطوط انتهایی توزیع در نزدیکی مزارع جنوبی، پرورش‌دهندگان گل داودی یک برنامه زمانبندی شدهٔ تولید در طول سال را بنا نهادند که ارائه مستمر گلها در سال را تضمین می‌کرد. جایی که امکان رقابت با گل‌های شاخه‌ای داودی موجود در جنوب در طول ماههای زمستان وجود نداشت، پرورش‌دهندگان خبره به پرورش گل داودی‌ها در گلخانه‌های استاندارد که در آن زمان در مزارع خوب رشد نمیکرد، روی آوردند.

شکل ۲-۱ ـ نواحی وسیعی که تحت کشت محصولات مخصوصاً گلهای بریده هستند مثلاً این محصول گل داودی که در گلخانه پرورش می‌یابد در فلوریدا و کالیفرنیا در شاسی پرورش می‌یابند.

توازن بین گلهای داودی گلخانه‌ای و مزرعه‌ای که قبلاً از آن نام برده شد بعلت عدم کنترل روی عوامل طبیعی بخصوص آب و هوای محیط مزرعه‌ای شدت بیشتری یافت. یخبندانها، بادها و طوفانهای شدید، بارندگی‌های شدید فصلی و حملهٔ ناگهانی حشرات (که در قدیم بوده و امروزه نیز بچشم می‌خورد) همه کنترلشان خیلی مشکل و در بعضی مواقع در مزارع غیرممکن بود. وقتی عوامل فوق وارد عمل شدند، تقاضای بازار از نظر کمی و کیفی برآورده نمی‌شد و محصولاتی که محیطشان کنترل شده (در گلخانه پرورش یافتند) راه خود را به بازار باز میکردند. گلهای رُز مثال خوبی در این مورد هستند این گلها مخصوصاً در معرض بیماری سفیدک حقیقی[1] کنه‌های تار عنکبوتی[2] و هر نوع عامل زیان‌آور می‌باشند. بخاطر عامل کیفیت، تولید مزرعه‌ای رُزها بعنوان گل بریده توسعه نیافته است.

با توجه به نیاز به حداقل رساندن هزینهٔ تولید در طول ۳۰ سال گذشته، صنعت گلخانه‌ای با وسعت زیاد برای تولید گلهای بریده در کالیفرنیا گسترش یافته است (شکل ۴-۱). بنا به سرویس آمار ملی دپارتمان کشاورزی ایالات متحده در سال ۱۹۷۶ و ۱۹۸۹، کالیفرنیا با درصدهای زیر از کل تعداد گلهای بریده تولید شده در ۲۸ ایالت مختلف آمریکا، مقام اول را کسب کرده است: ۵۲ و ۸۲ درصد گل داودی پومپون[3]، ۷۱ و ۸۲ درصد گل داودی استاندارد[4]، ۶۹ و ۸۲ درصد میخک استاندارد[5]، ۴۶ و ۶۷ درصد رُز تی[6]، ۳۰ و ۵۳ درصد رُزسویت‌هارت[7].

بنا به این آمار از کل گلهای بریدهٔ ایالات متحده، ۵۷ درصد آن در کالیفرنیا تولید شده بود. این آمار به روشنی نشان می‌دهد که نسبت گلهای بریده تولید شده در کالیفرنیا سیر صعودی داشته است. از بقیه محصولات گیاهی تولید شده در ایالات متحده در سال

1- powdery mildew
2- spider mites
3- pompon chrysanthemum
4- standard chrysanthemum
5- standard caruation
6- tea rose
7- sweetheart rose

۱۹۸۹، ۱۹ درصد آن در کالیفرنیا تولید شد. این رقم تقریباً ۲۳ درصد میزانی است که ده سال قبل یعنی در سال ۱۹۷۹ تولید شده است و ۲۸ ایالتی که این آمار از آنها گرفته شده است تولیدکنندهٔ بیش از ۹۰ درصد محصول ایالات متحده می‌باشد.

بخاطر عوامل زیر کالیفرنیا به چنین برتری دست یافت: در آب و هوای ملایم آن هزینه‌ای که صرف گرم کردن گلخانه می‌شود پایین است، بازار بزرگی در جنوب غربی و شمال غربی، محصولات کالیفرنیا را به سوی خود متمایل می‌کند و شرایط کشت در این منطقه مناسب است. همچنین هزینه نسبتاً کم حمل‌ونقل هوایی کالاها به طرف شرق، از عوامل بسیار مهم می‌باشد. حرکت محموله‌هایی که با هواپیما حمل می‌شد در سال ۱۹۵۰ عمدتاً به طرف غرب بود که منجر به این شد که هواپیماها در بازگشت به شرق خالی باشند. به این ترتیب کرایهٔ کمتری برای حمل‌ونقل با این هواپیماها به طرف شرق دریافت می‌شد این عمل بطور مؤثری بازارهای شرق را به روی پرورش‌دهندگان غرب گشود و در عین‌حال از بازارهای غرب علی‌رغم رقابت پرورش‌دهندگان شرقی حمایت کرد.

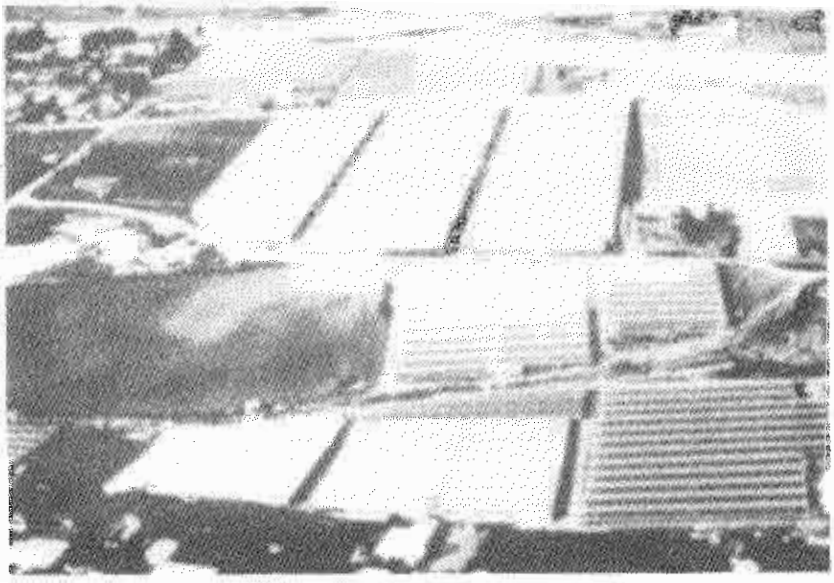
مقایسه نرخ حمل‌ونقل هوایی از سان‌فرانسیسکو به شیکاگو بین سالهای ۱۹۵۰ و ۱۹۹۰ جالب خواهد بود (جدول ۱-۱). تأثیر این نرخها در توسعه باغبانی جنوب شرقی بلافاصله نمایان شد. افزایش نرخ از ۲۱/۴۷ دلار* به ازای هر ۱۰۰۰ گل میخک بریده در ۱۹۵۰ به ۲۱/۶۵ دلار در سال ۱۹۶۵ شوک بزرگی به تولیدکنندگان وارد کرد. این نرخ در سال ۱۹۷۲ به ۱۵/۱۵ دلار رسید. اگرچه این نرخ به اندازه نرخ سال ۱۹۵۰ بالا نبود ولی تعیین‌کننده بود. چرا که این کاهش زمانی اتفاق افتاد که وارد کردن میخک از آمریکای لاتین آغازگر رقابتی جدی برای نواحی تولید سان‌فرانسیسکو و دن‌ور[1] شد.

---

* – با توجه به این موضوع که هزینه‌ها و درآمدهای تولیدات گلخانه‌ای در جهان به دلار محاسبه می‌شود ترجمه این کتاب نیز این ارقام برحسب دلار بیان شده است.

1- Denver

شکل ۳-۱ـ پرورش نسبتاً ارزان‌قیمت در مزرعه مثل این محصول شب‌بوی پرورش یافته در مزرعه کالیفرنیا جایگزین محصولات گلخانه‌ای ایالتهای شمالی شد.



شکل ۴-۱ـ در سه دهه گذشته توسعهٔ زیادی در صنعت پرورش گلخانه‌ای گلهای بریده در کالیفرنیا داده شد.

افزایش نرخ تا ۲۰/۷۵ دلار در سال ۱۹۸۰ ادامه یافت. این افزایش موجب شد که ارسال کالا توسط کامیون مقرون به‌صرفه باشد.

توسعه تکنولوژی بسته‌بندی و ساخت کامیونهای یخچال‌دار راه‌حل مناسبی برای کاهش کرایه حمل‌ونقل بود. اگرچه در سال ۱۹۷۵ بیش از ۹۰ درصد گلهای بریده توسط هواپیما از کالیفرنیا ارسال می‌شد. ولی در سال ۱۹۸۰ در حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد آن توسط کامیون انجام شد. در طول دهه ۱۹۸۰ نرخهای کرایه کامیون سریعتر از نرخهای حمل‌ونقل هوایی افزایش یافت بطوری که امروزه نرخهای کرایه هوایی فقط کمی بالاتر از کامیون هستند. بخاطر ارسال سریعتر و تأثیری که زمان می‌تواند روی کیفیت گلها بگذارد، حمل‌ونقل هوایی بار دیگر مزیت خود را به اثبات رساند. در سال ۱۹۹۰ در حدود ۶۰ درصد گلهای بریده توسط هواپیما از کالیفرنیا به شرق ارسال شد.

رشد سریع صنعت گل بریده در کالیفرنیا به پایان رسیده است پیشرفت صنعت تولیدات گیاهی در کالیفرنیا در کل با بقیه ایالتها هماهنگ است. سیر صعودی هزینه‌های حمل‌ونقل، افزایش مستمر واردات گلهای بریده، تولیدکنندگان گیاهی را که قسمت اعظم تولیدات آنها را گلهای بریده تشکیل می‌دهد دچار هراس کرده است. شرکت‌های انفرادی و همچنین صنعت تولیدات گیاهی کالیفرنیا در کل تا زمانی وضعیت موجود را حفظ خواهند کرد که (۱) گلهای کمی تولید شوند، (۲) بازارهای غربی و شرقی بطور مناسبی سرویس داده شوند (۳) سطح تولید و فروش به موازات تکنولوژی جدید پیش رود. سرویس‌دهی بازار شامل؛ تضمین ارائه فراوان گلها در ۵۲ هفته از سال با کالتیوارهای متنوع، همچنین نوع‌آوری در گونه‌های جدید و کالتیوارها، روشهای ارسال، بسته‌بندی، و غیره می‌شود.

احتمال اینکه تولید گل بریده دوباره از حالت تمرکزیافته به حالت محلی برگردد وجود ندارد سؤال اصلی این است که مراکز جغرافیایی تولید گل در آینده کجا خواهند بود؟

جدول ۱-۱ـ نرخ حمل‌ونقل هوایی از سان‌فرانسیسکو به شیکاگو*

سال	نرخ
۱۹۵۰	۲۱/۴۷ دلار
۱۹۵۷	۱۳/۰۳ دلار
۱۹۶۵	۱۲/۶۵ دلار
۱۹۶۹	۱۳/۴ دلار
۱۹۷۲	۱۵/۱۵ دلار
۱۹۸۰	۲۰/۷۵ دلار
۱۹۹۰	۲۵/۰۰ دلار

* به ازای هر ۱۰۰۰ گل میخک بریده

بخشی جالب از باغبانی آمریکا را می‌توان در تولید وسیع میخک مشاهده کرد. مراکز تولید این گل قبل از سال ۱۹۵۰ در نیواینگلند و نیویورک بود. بر اثر تلاشها و آینده‌نگری افرادی مثل پروفسور دابل‌یر، دی، هالی از دانشگاه ایالتی کلورادو، محیطهای مناسب‌تری مورد شناسایی قرار گرفت که نیازهای این محصول را به نحو مناسبتری برآورده می‌ساخت. این نیازها عبارتند از: حرارتهای ۱۱ درجه سانتیگراد در شب و ۲۳ درجه سانتیگراد در روز، نور با شدت زیاد و طول روز ۱۲ ساعته. منطقهٔ دِنور کلورادو، دارای درجه حرارت معتدلتری در تابستان و نور با شدت زیاد، بخاطر مرتفع بودنش می‌باشد. اساساً تولیدات وسیع گیاهی در سال ۱۹۵۰ انجام نمی‌شد ولی بعد از آن تولید میخک بطور قابل ملاحظه‌ای وسعت یافت که به این ترتیب در سال ۱۹۶۴، ۲۳ درصد و در سال ۱۹۷۶، ۲۶ درصد گلهای فروخته شده به ۲۷ ایالت بزرگ را شامل می‌شد.

تولید میخک به سرعت در سان‌فرانسیسکو دنبال شد. هر چند شدت نور در این ناحیه کمتر بود ولی درجه حرارت معتدل در زمستان و تابستان و در دسترس بودن نیروی کار بیشتر، این کاستی را جبران می‌کرد. از کل گیاهان میخک ایالات متحده ۴۴

درصد در سال ۱۹۶۴ و ۶۹ درصد در سال ۱۹۷۶ و ۸۳ درصد در سال ۱۹۸۱ در کالیفرنیا پرورش یافت. توسعهٔ صنعت تولیدات گیاهی کالیفرنیا تولید این گل را در سایر مناطق تحت تاثیر قرار داد بطوری که تولید میخک در کلرادو در سال ۱۹۸۱ به ۱۵ درصد تولیدایالات متحده نزول کرد. توسعه بی‌نظیر در کلرادو و بعداً در کالیفرنیا تاثیر سوئی روی تولیدات نواحی شرقی داشت.

گلهای وارداتی

اگر تاریخچهٔ تولید میخک را بیشتر بررسی کنیم مشخص می‌شود که در سال ۱۹۶۶ در باگوتای کلمبیا و در آمریکای جنوبی میخک‌های باکیفیت بالا را با قیمتهای بسیار کمی تولید می‌کردند. تا سال ۱۹۶۹ یک شرکت آمریکایی و بعداً شرکتهای دیگر به آنها پیوستند. امروزه در نواحی باگوتا بیش از ۳۰۰ شرکت وجود دارند. ۸۰ درصد تولید گیاهی کشور در اطراف باگوتا انجام می‌شود و این در زمانی است که کل نواحی تولید گیاهی در کشور ۲۷۱۴/۹۵ هکتار می‌باشد.

بخاطر نزدیکی باگوتا به استوا این ناحیه دارای طول روزی نزدیک به ۱۲ ساعت در طول سال است. درجه حرارت شبانه در این ناحیه بین ۱۶°c-۴ و درجه حرارت روزانه بین ۲۹°c-۱۶ در تمامی فصول است. این ناحیه بخاطر ارتفاع زیادش دارای نور شدیدی است. تمامی این عوامل در تولید گلهای باکیفیت بالا مهم هستند بعلاوه، هزینه کارگر پائین بوده و هزینه‌ای نیز صرف گرم کردن گلخانه نمی‌شود.

در سال ۱۹۷۰ میخک‌های کلمبیا نیم درصد کل میخکهای بفروش رسیده در بازار ایالات متحده را تشکیل می‌دادند که رقم کمی بود ولی در پایان سال ۱۹۷۴ این رقم افزایش غیرقابل تصوری داشت و به ۲۵ درصد رسید. اگرچه بخاطر انگیزه‌های سیاسی تأکید روی بازارهای اروپا بیشتر شده و رقم مزبور در سال ۱۹۷۵ اندکی کاهش یافت،

لیکن دوباره میزان فروش شدت یافت و به حدود ۲۹ درصد در سال ۱۹۷۶، ۴۰ درصد در سال ۱۹۷۸، ۴۶ درصددرسال ۱۹۷۹، ۶۰ درصددرسال ۱۹۸۱، ۷۶ درصددرسال ۱۹۸۸ رسید. این رقیب جدید (کلمبیا) افزایش کارآیی تولید گل را در کالیفرنیا و کلرادو ضروری کرده و باتفاق آنها صنعت پرورش میخک را در بقیه قسمتهای ایالات متحده از بین برده است. ارزش صادرات گیاهی کلمبیا به کشورهای مختلف درجدول ۲ـ۱ نشان داده شده است. درسال ۱۹۸۷، ۸۱/۵ درصد صادرات کلمبیا در ایالات متحده بفروش رفت. درصد کل هر یک از گلهای بریدهٔ صادر شده از کلمبیا در سال ۱۹۸۸ در جدول ۳ـ۱ نشان داده شده است.

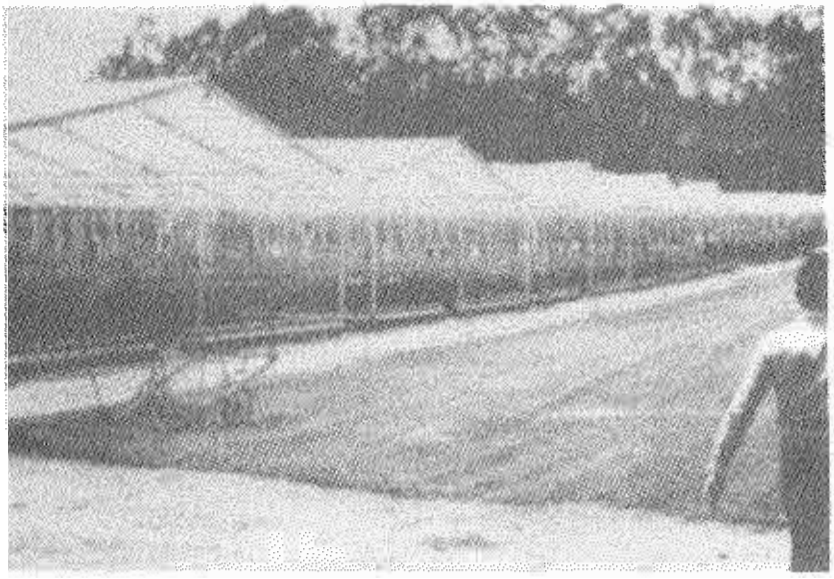
میخک بیشترین درصد از محصولات صادر شده و سپس رزها و گلهای داودی دومین و سومین مقام را دارا هستند.

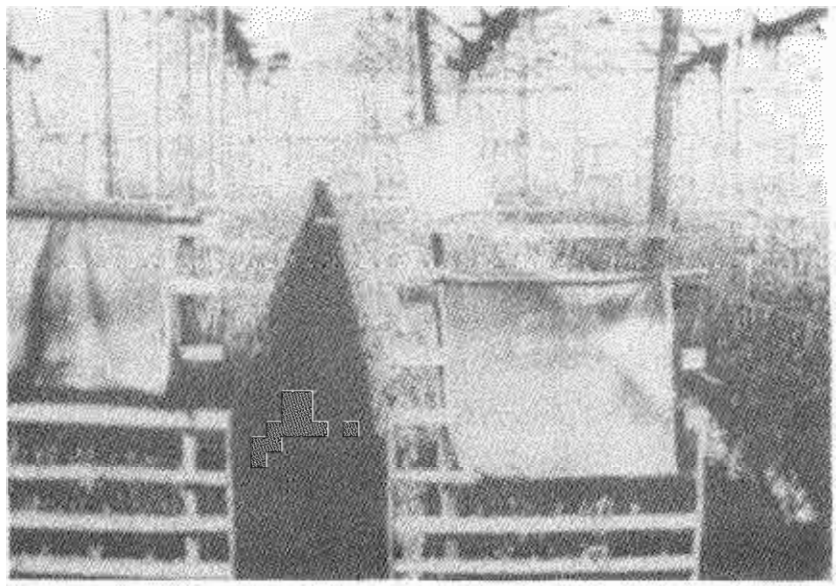
جدول ۲ـ۱ـ ارزش توزیع جهانی صادرات گلهای بریده از کلمبیا در سال ۱۹۸۶ (به دلار آمریکا)*

کشور	ارزش (میلیون دلار)	درصد کل
ایالات متحده	۱۴۱/۷۷	۸۱/۵
انگلستان	۸/۹۸	۵/۲
آلمان غربی	۶/۱۷	۳/۶
کانادا	۴/۰۷	۲/۳
سوئد	۲/۷۸	۱/۶
هلند	۱/۵۷	۰/۹
سوئیس	۱/۴۳	۰/۸
دیگر کشورها	۷/۱۳	۴/۱
کل	۱۷۳/۸۸	۱۰۰/۰

* - از گراور تکس (۱۹۸۹)

واردات گیاهی ایالات متحده عمدتاً گلهای بریده هستند. علاوه بر میخک، ۷۱ درصد از گل داودی پومپون، ۳۸ درصد از گل داودی استاندارد و ۳۴ درصد از رُزهای فروخته





شکل ۵ـ۱ـ تولید میخک در منطقه باگوتای کلمبیا

شده در ایالات متحده در سال ۱۹۸۸ از خارج وارد شدند کشورهایی که ایالات متحده در سال ۱۹۸۸ از آنها گل وارد کرده است در جدول ۴-۱ نشان داده شده است. کشور کلمبیا با ۶۱/۹ درصد در رأس جدول قرار دارد و بدنبال آن هلند با ۲۲/۴ درصد در مقام دوم است.

جدول ۳-۱ـ صادرات گل از کلمبیا در سال ۱۹۸۸ بصورت تفکیک‌شده.
ارقام موجود در جدول نشاندهندهٔ درصد صادرات کل گلهای بریده می‌باشند*

محصول	درصد
میخک (استاندارد	۴۰/۱
رُز	۲۰/۹
گل داودی (پومپون)	۱۸/۵
میخک (مینیاتور)	۶/۱
آلسترومریا[1]	۴/۳
گچ‌دوست[2]	۳/۰
گل بی‌مرگ[3]	۰/۸
دیگر گلها	۳/۶

* - از گراورتکس (۱۹۸۹)

نواحی عظیمی از فلوریدا که زمانی محل تولید گلهای بریده بودند تقریباً در طی ۱۰ سال گذشته بخاطر واردات، از زیر کشت خارج شدند. اکثر مراکز تولید ثعلب بخاطر واردات، از اقصا و اکناف جهان، برچیده شدند. چندین محصول دیگر از قبیل سوسن پروئی، فریز یا، سوسنهای شاخه‌بریده و محصولات پیازی گل‌دهنده در بهار از هلند، گل بی‌مرگ، گچ‌دوست و از دایزیس[4] از کلمبیا، پروتئا[5] از نواحی حاره‌ای، نخلهای بریده برای گل‌آرایی از مکزیکو و گواتمالا در حال حاضر وارد می‌شوند. تمامی این محصولات

1- Alstroemeria
2- Gypsophila
3- Statice
4- daisies
5- protea

قبلاً به میزان قابل ملاحظه‌ای در ایالات متحده تولید می‌شد.

جدول ۴-۱ـ کشورهای صادرکنندهٔ گلهای بریده به ایالات متحده در سال ۱۹۸۸ و ارزش هر یک از آنها به دلار ایالات متحده و درصد هر یک از آنها نسبت به کل واردات*

کشور	میلیون دلار	درصد نسبت به کل واردات
کلمبیا	۱۷۵/۵۷۱	۶۱/۹
هلند	۶۳/۵۷۱	۲۲/۴
مکزیکو	۷/۲۷۵	۲/۶
کانادا	۶/۱۱۰	۲/۲
فلسطین اشغالی	۵/۹۳۶	۲/۱
فلسطین اشغالی	۳/۹۰۷	۱/۴
اکوادور	۳/۸۸۵	۱/۴
تایلند	۲/۷۹۸	۱
پرو	۲/۷۶۲	۱
فرانسه	۲/۲۹۵	۰/۸
گواتمالا	۲/۱۱۱	۰/۷
ایتالیا	۱/۲۶۸	۰/۴
دیگر کشورها	۶/۰۱۶	۲/۱
کل	۲۷۷/۴۸۹	۱۰۰

* ـ از جانسون (۱۹۹۰)

از آنجائیکه واردات رُز اخیراً افزایش بیشتری یافته است به بررسی آن می‌پردازیم. واردات رُز در سالهای ۱۹۷۵، ۱۹۷۸، ۱۹۸۱، ۱۹۸۴، ۱۹۸۸ به ترتیب ۱، ۷/۸، ۲۵,۱۵ و ۳۴ درصد فروش این گل در ایالات متحده بود. واردات رُز از واردات میخک و گلهای داودی کمتر بود زیرا تولید گیاهان اخیر نیاز به ساختمانهای پیچیده گلخانه‌ای و مراقبت

زیاد دارد. صنعت تولیدات گیاهی آمریکای لاتین در مراحل اولیه توسعه، برای برآورده کردن نیازها مشکل داشت. بهرحال این موضوع مانعی موقتی بود. شرایط رشد در کشورهایی نظیر کلمبیا که می‌تواند محصولی با کیفیت بالا تولید نماید و مکزیکو یکی از کشورهایی است که پتانسیل قابل ملاحظه‌ای برای دخالت در بازار آمریکا را دارد. باعث افزایش سرعت صادرات رُزها و دیگر گلهای بریده شدند.

واردات گلها عمدتاً از نقاطی از دنیا آغاز شد که دارای کانالهای تجارتی شناخته هستند زیرا تجارت بین این دو قسمت از دنیا معمول بوده است و به همین منوال آمریکای شمالی و آمریکای جنوبی شرکای تجارتی هستند. به این ترتیب وسایل حمل‌ونقل مشخصی در این کانالها بکار گرفته می‌شود هزینه ارسال کالاها از این کانالها نسبت به ارسال کالا از کانالهای دیگر موجود در سایر نقاط دنیا، گران‌تر نیست. اگرچه کانالهای مشخص تجارتی بین ژاپن و ایالات متحده، همچنین بین اروپا و ایالات متحده وجود دارد، ایالات متحده مقادیر قابل توجهی از تولیدات گیاهی را از ژاپن وارد نمیکند. علت این امر آن است که هزینه‌های تولید و بازاریابی بین این دو منطقه اختلاف چندانی ندارد تا بتواند سود قابل توجهی عاید سازد. در هر دو منطقه هزینه کارگر، تأمین انرژی و هزینه‌های ارسال بالا هستند.

این وضعیت بین آمریکا و هلند متفاوت است. هلند در ده سال قبل از نظر صادرات گل‌وگیاه به امریکا کشور مهمی به حساب نمی‌آمد ولی امروزه بصورت دومین منبع عمدهٔ صادرات گلهای بریده به امریکا توسعه پیدا کرد (جدول ۴-۱) علیرغم هزینه‌های نیروی کار و فراهم آوردن انرژی، هلند به چند دلیل توانست دارای چنین موقعیتی شود. سیستم مزایده‌ای بازار در هلند به پرورش‌دهندگان اجازه می‌دهد در پرورش فقط یک محصول یا چند محصول مرتبط به هم که نیاز به امکانات و تجهیزات و درجه حرارت یکسان دارند تخصص پیدا کنند. انواع متعدد گلهای بریده و گیاهان گلدانی در حراج به‌طور مخلوط فروخته می‌شوند تا عمده‌فروشان دارای کالاهایی با تنوع و ترکیب مورد

نیاز باشند و به این ترتیب دست پرورش‌دهندگان برای تمرکز بیشتر روی تولید را باز میگذارند.

در آمریکا بازاریابی قسمت مهمی از مسئولیت هر شرکت را تشکیل می‌دهد به این ترتیب بر تعداد مدیران نیز افزوده می‌شود. در آمریکا پرورش‌دهندگان انفرادی معمولاً محصولات متنوعی را پرورش میدهند تا بتوانند عمده‌فروشان و خرده‌فروشانی که در ارتباط مستقیم با آنها هستند را راضی کنند. این مسئله کار یک مدیر را پیچیده کرده و منجر به نقصان کارآیی تولید می‌شود. با توجه به استانداردهای هلند اگر یک شرکت بزرگ امریکایی تأسیس شود ممکن است نتواند به اندازهٔ همکار هلندی‌اش به سیستم اتوماتیک مجهز شود چرا که این شرکت برای پرورش هر محصول به بخشهای کوچکتر تقسیم می‌شود و هر بخش نیازمند به شکل منحصر بفردی از اتوماسیون است. یک ناحیه استثنایی در آمریکا منطقه ونکوورکانادا است یعنی، جایی که برپایی یک حراج موفق گل اجازه تخصص یافتن در همان نوع از محصول را می‌دهد و این همان چیزی است که در هلند دیده می‌شود.

بازار اشباع شده اروپا به‌نوبهٔ خود رقابتی را ایجاد کرده است که به سطحی عالیتر از اتوماسیون در تولید منجر می‌شود. پتانسیل توسعهٔ بازارها در آمریکا برای جذب واردات گیاهی رفته رفته بیشتر خواهد شد و شرکتهای تولیدات گیاهی که به تولید بالا و کارآیی بازاریابی دست یافتند و سیستم‌های بازاریابی جدیدی را ابداع می‌کنند چه آمریکایی باشند چه غیرآمریکایی، موفق خواهند شد.

می‌توان از طریق قیمت‌گذاری، با واردات گل بریده مبارزه کرد. سود ناشی از تفاوت بین هزینه‌های تولید، بازاریابی و درآمدهای ناشی از فروش است. افزایش سود توسط افزودن قیمتها فقط به مدت کوتاهی مؤثر است. این عمل واردات خارجی را افزایش میدهد چرا که هزینه‌های حمل‌ونقلشان را کاملاً جبران می‌کند. نیز می‌توان با کاستن هزینه‌های تولید و بازاریابی سود را افزایش داد. این روش بهترین روندی است که

صنعت تولیدات گیاهی داخلی می‌توانند دنبال کنند. تثبیت قیمتها، تولیدکنندگان خارجی را دچار مشکل می‌کند کاهش هزینه را می‌توان توسط مدیریت مؤثر بر پرسنل و بطور کلی بر تجارت، استفاده بهینه از انرژی و جانشین کردن سرمایه به جای نیروی کار (اتوماسیون) انجام داد. (این موضوعات بعداً در این کتاب مورد بحث قرار خواهند گرفت.)

برای مبارزه با واردات، کاهش هزینه و سرویس‌دهی به بازار دارای اهمیت یکسان می‌باشند. منفعت دائم در بازار بستگی به فراهم کردن مستمر گلها، گلهایی با کیفیت بالا، انتخاب مناسب گلها و نوآوریهای جدید بازاریابی دارد. آخرین نکته در مورد رُزها نیاز به کالتیوارهایی با عمر طولانی‌تر است. برای بازارهای پرتجمع، گلهای کوچکتر مناسبتر هستند، که بدین ترتیب زمینه برای تولید بیشتر گلها و رنگها و فرمهای جدید فراهم می‌گردد. در جهان صنعتی، تقاضا برای گلهای بریده رو به افزایش است. و فقط این سئوال مطرح است که آیا این نیاز توسط تولیدکنندگان داخلی برآورده شود یا توسط تولیدکنندگان خارجی. جواب این سئوال در مدیریت صحیح تولید و بالاخص تکنولوژی بازاریابی جدید نهفته است.

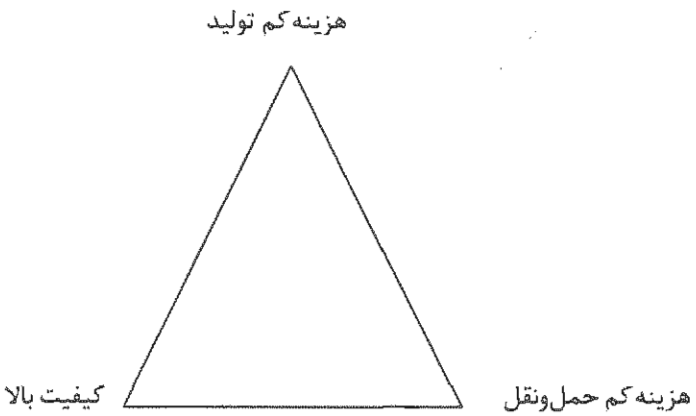
عوامل تعیین‌کنندهٔ نواحی تولید . . . . . .

از بحث قبلی روشن می‌شود که صنعت تولیدات گیاهی صنعتی پویاست. سه عامل در موقعیت آن موثراند: (۱) هزینه تولید، (۲) کیفیت و (۳) هزینه حمل‌ونقل (شکل ۶-۱). برای مثال قبل از سال ۱۹۵۰ میخک‌ها عمدتاً در ایالات شمالی علی‌رغم پائین بودن کیفیت بعلت ماههای تاریک زمستان پرورش داده می‌شدند. زمانی که مشکل حمل‌ونقل به مسافتهای دور تا حدود زیادی حل شد، تولید میخک به کلرادو یعنی جایی که تولید با کیفیت بالا مدنظر بود، منتقل شد. انتقال گل داودی به مزارع فلوریدا و

کالیفرنیا بدلیل هزینه‌های کمتر تولید در آن نواحی بود. صرفه‌جویی در هزینه‌های تولید بیشتر از هزینه‌های اضافه شده حمل‌ونقل بود و به این ترتیب، انتقال محل تولید به این منطقه انجام پذیرفت. گلهایی که در مزرعه پرورش می‌یابند بعلت اینکه مزرعه دارای کیفیت لازم برای پرورش نمی‌باشد، قابل رقابت با گلهای گلخانه‌ای نبودند. تولید در کلمبیا دارای وضعیت باثباتی است زیرا هزینه‌های تولید پایین‌تر از کلرادو بوده کیفیت بطور معقولی بالاست و هزینه‌های حمل‌ونقل در حد متوسطی هستند. با تکنولوژی موجود انتقال مجدد مناطق تولید میخک خیلی مشکل است.

تولید رُزها بخاطر بالا بودن کیفیت در گلخانه‌ها همچنان ادامه دارد. هرگونه تلاشی که تاکنون در جهت کنار گذاشتن محیطهای کنترل شده گلخانه برای تولید انجام شده است منجر به کاهش شدیدی در کیفیت گردیده است. گیاهان گلدانی گل‌دهنده بخاطر درنظر گرفتن کیفیت و هزینهٔ ارسال در جوار بازارهای فروش تولید می‌شوند.

مثلث موجود در شکل ۶-۱ را باید در حین مطالعه سایر بخشهای این کتاب درنظر داشته باشید چراکه مثلث مزبور دربردارندهٔ نکاتی در مورد موقعیت و انواع گلخانه‌هایی که شما برای فعالیت تجاریتان انتخاب می‌کنید (بخش ۲) می‌باشد و همچنین در زمان



شکل ۶ـ۱

تصمیم‌گیری بر روی درجهٔ اتوماسیون و نوع سیستم تولید که در سایر بخشها بحث شده است مثلث مزبور را از یاد نبرید. بخاطر داشته باشید که تنها «عشق به گلها» دلیلی برای پرداختن به این تجارت نیست. بلکه شما می‌بایستی سود هم ببرید.

می‌توان مناطق تولید محصول را براساس سه عامل تعیین نمود که عبارتند از: هزینه تولید، کیفیت و هزینهٔ حمل‌ونقل. اگر همهٔ سه عامل مطلوب باشند، قادر به رقابت با سایرین خواهیم بود. اگر شرایط مطلوب نباشد کما اینکه معمولاً اینگونه است، ضعف یکی از عوامل را می‌بایست با تقویت یک یا هر دو عامل دیگر جبران کرد تا آن نواحی بتوانند به رقابت با تولیدکنندگان دیگر بپردازند.

تولید در آمریکا

تلاش بر این است که محصولات گلخانه‌ای را تحت عناوین زیر طبقه‌بندی کنند:

۱ـ **گلهای بریده:** گلهایی که قبل از فروش از گیاه بریده می‌شوند.

۲ـ **گیاهان گلدار:** گیاهان گل‌دهنده‌ای که در گلدان بفروش میرسند.

۳ـ **گیاهان سبز:** گیاهانی که در گلدان بفروش میرسند و بیشتر به خاطر برگهایش ارزش دارند نه به گلهایشان.

۴ـ **گیاهان زمینی:** گیاهان جوانی که برای کاشتن در اطراف منزل بفروش می‌رسند و شامل نشاهای سبزیجات نیز می‌شوند.

۵ـ **سبزیجات:** بعد از بلوغ و باروری به فروش می‌رسند.

گلهای بریده

در طی دو دههٔ گذشته تقاضای مصرف‌کنندگان برای گلهای بریده افزایش یافته است. بنا به دلایلی تولید در امریکا رو به کاهش گذاشته است و افزایش خرده‌فروشی

عمدتاً بدلیل وارد کردن گلها می‌باشد. به شکل ۷-۱ توجه کنید که تولید میخک استاندارد در ایالات متحده به مدت یک دهه کاهش یافته و در همان سطح پایین نگهداشته شده است. تولید گلهای داودی استاندارد و پومپون برای مدتی با شروع واردات در یک سطح تقریباً ثابتی باقی ماند و بعد به مدت بیش از یک دهه کاهش یافت. تولید تی رُز دورگه[1] در طول دهه ۱۹۷۰ کاهش یافته و در دهۀ ۱۹۸۰ افزایش یافت.

فشار واردات میخک و گلهای داودی سودآوری تولید این محصولات را برای بسیاری از پرورش‌دهندگان آمریکایی کاهش داده است. در نتیجه آنها به تولید گیاهان گلدانی و زمینی روی آورده‌اند. به کاهش قابل ملاحظه تعداد پرورش‌دهندگانی که محصولات متنوع گیاهی را در ایالات متحده تولید می‌کردند در جدول ۵-۱ توجه کنید. افزایش تولید داخلی رُز نتیجه افزایش کارآیی تولید از طریق اتوماسیون و توجه به رنگ قرمز و بالا بودن نسبت رنگهای سیرتر و انتخاب کالتیوارهای جدید است.

آیندۀ گلهای بریده در دهۀ ۱۹۹۰ درخشان است. واردات از هلند عمدتاً شامل محصولاتی است که در آمریکا یا اصلاً پرورش داده نشده‌اند یا در سطح وسیعی پرورش نمی‌یابند. چنان محصولاتی شامل: سوسن پروئی، فریزیا، سوسن دورگه بریده، آلاله، ژربرا، و لیاتریس[2] می‌باشد. ارائه این محصولات برای مصرف عمومی با موفقیت روبرو شده و تقاضا برای این گلها و گلهای جدید را افزایش داده است. امروزه، بازار رو به توسعه‌ای برای گلهای یک‌ساله و چندساله وجود دارد. گلهای بریده‌ای که به منظور تجارت در حال حاضر پرورش می‌یابند عبارتند از: بومادران، ابری، گل مینا، سوسن پروئی، تاج‌الملوک، گل اشرفی، زلف عروس، میخک باغی، گلرنگ زینتی، گل ستاره‌ای، کراسپدیا[3]، زبان در قفا، ژوژه، شنداب، گل فنجانی، تکمه‌ای، مرجان، لیسیانتوس[4]،

1- Hybrid tearose
2- liatris
3- Craspedia
4- Lisianthus

گرگی یا باقلای مصری، کوکب کوهی، سدم، گل شاه‌پسند و سیزاب. این لیست تقریباً ناقص است. گیاهان این لیست در دامنهٔ وسیعی از شرایط اقلیمی رشد می‌کنند.

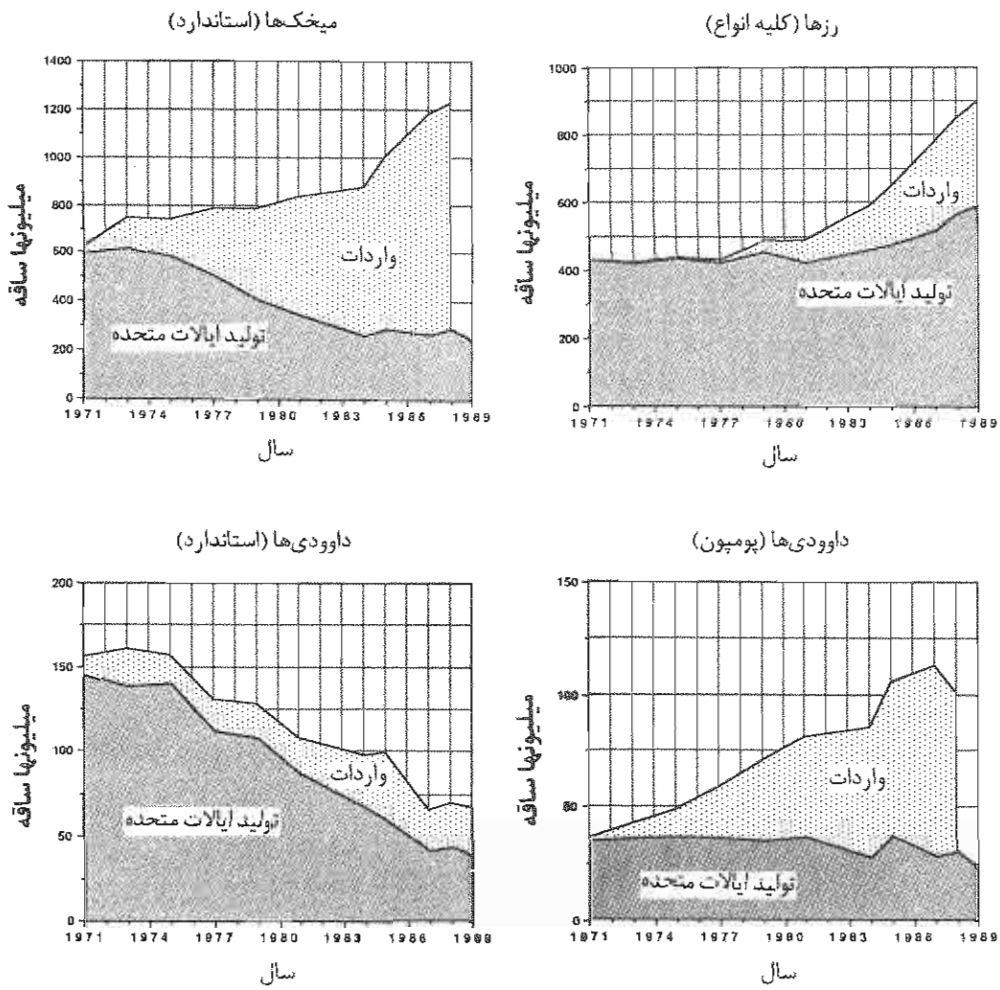
پرورش‌دهندگان می‌بایست در آینده بتوانند محصولاتی را بیابند که با شرایط موجود سازگار باشد.

گیاهان گلدانی گلدار

از میان گیاهان گلدانی گلدار، گلهای داودی (شامل انواع باغی و گلخانه‌ای آن)، بنت‌القنسول، شمعدانی و سوسن (نوع ایستر[1] و انواع دورگه آن) قابل توجه هستند. ارزش تولید این محصولات بشدت در ایالات متحده افزایش یافته است (شکل ۸-۱) بازار تعدادی از گیاهان گلدار که در نیمهٔ اول این قرن محبوبیت خود را از دست داده بود، دوباره قوت یافت. مرجان، گل کیفی، پامچال فرنگی و سیکلامن مثالهایی از این گلها هستند. برخی محصولات جدید نیز به بازار معرفی شده‌اند که شامل بگونیا ریجر، معین‌التجار، اگزاکوم و ژربرا می‌باشد. بهرحال این محصولات برای اروپا یعنی جایی که طیف وسیعتری از انواع این گیاهان بطور تجارتی پرورش می‌یابند، جدید نیستند.

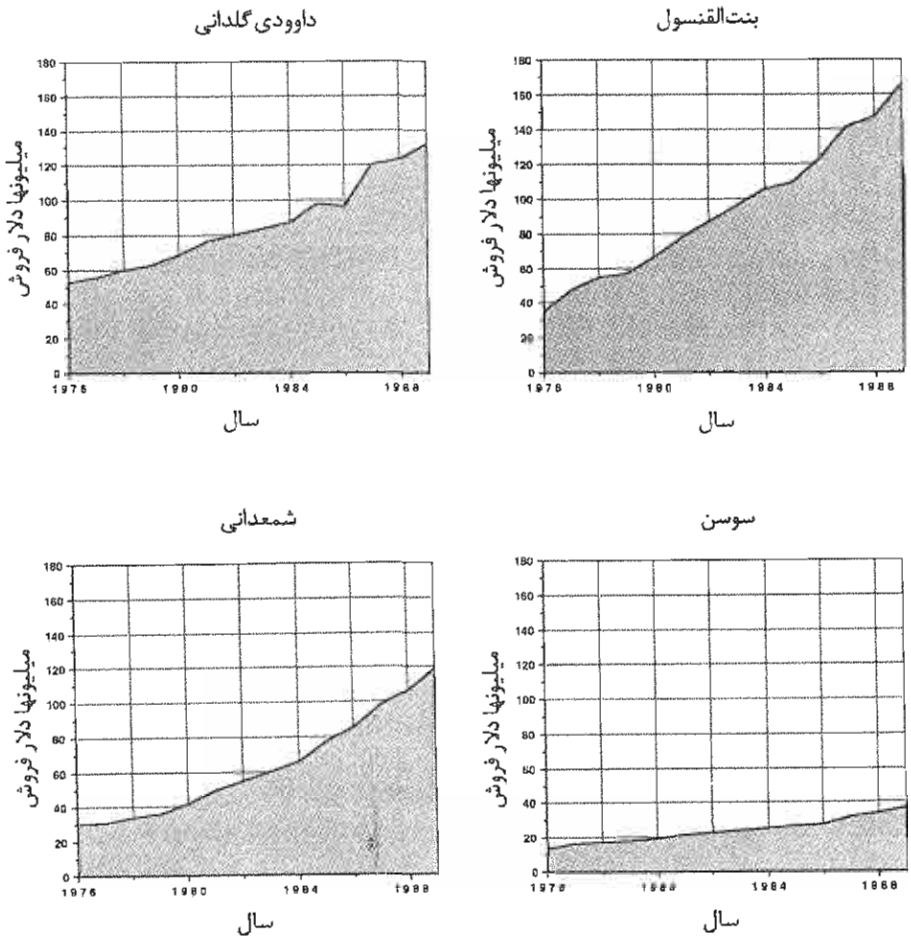
اگرچه زمان حاضر برای رونق گیاهان گلدانی گلدار امیدبخش بنظر می‌رسد، ولی آیندهٔ آن کاملاً مشخص نیست. اعمال قرنطینه‌ای که برای جلوگیری از هجوم بیماری و آفات انجام می‌شود باعث شده است که وارد کردن گیاهان گلدانی به حداقل برسد. تولیدکنندگان اروپایی و آمریکای لاتین خواستار مستثنی بودن از چنان مقرراتی هستند. تا حدودی بخاطر استفاده از محیط کشت فاقد خاک، بدون شک چنین

1- Easter



شکل ۷-۱ـ تعداد گلها یا دسته‌های (در مورد پومپون) گلهای بریده مختلف که سالانه از سال ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۹ در داخل ایالات متحده تولید و یا به آنجا وارد شده‌اند.

استثنائاتی افزایش خواهند یافت. وقتی که رقابت وارداتی بوقوع بپیوست برای پرورش‌دهندگان گلهای بریده این امکان بوجود آمد که به پرورش گیاهان گلدانی روآورند. تولید و کارآیی بازاریابی برای پرورش‌هندگان امریکایی بیش از پیش مهم است.



شکل ۸-۱ـ ارزش عمده‌فروشی گیاهان گلدار گلدانی که در ایالات متحده از ۱۹۷۶ تا ۱۹۸۹ تولید شده‌اند.

بطور خلاصه ما در حال حاضر بسرعت بطرف یک صنعت واحد بین‌المللی پرورش گل حرکت می‌کنیم که در آن تولید هر نوع کالایی از این دسته در اختیار آن گروه از پرورش‌دهندگان قرار خواهد گرفت که بتوانند به بهترین وجه هزینه‌ها را کنترل کنند.

گیاهان زمینی

گیاهان زمینی گروهی بی‌نظیر از گیاهان هستند. پنجاه گونه گیاهی یا بیشتر که شامل سبزیجاتی مثل گوجه‌فرنگی، کلم و بادمجان و گلهایی مثل اطلسی، جعفری، گل حنا می‌شود جزو این گروهند. این گیاهان که در ظروف کوچک، سینی‌ها و گلدانهای کوچک کاشته می‌شوند برای استفاده در باغهای منازل، جعبه‌های گل جلوی پنجره، یا نمایشگاهها بفروش می‌رسند. فروش سالانه این گیاهان از اواسط سال ۱۹۷۰ بیش از ۱۵ درصد افزایش یافته است. ارزش عمده‌فروشی این محصول در ایالات متحده در سال ۱۹۸۹، ۸۶۷ میلیون دلار یا ۳۶ درصد کل فروش گیاهی بوده است.

آینده خوشبینانه‌ای را برای گیاهان زمینی می‌توان تصور کرد. تغییر قابل ملاحظه‌ای در تکنولوژی گلخانه در دهۀ اخیر بخاطر تولید نهال در ظروف کوچک[1] بوجود آمده است. در این سیستم بذور بطور مکانیکی در سینی‌هایی که دارای ۶۰۰-۲۶۸ هجره کوچک هستند کاشته می‌شوند. برخلاف پاشیدن بذر در یک سینی بدون حجره و بعداً کندن نشا برای بازکاشت، یک گیاه در هر هجره تولید می‌شود. معمولاً بذور موجود در ظروف کوچک در اتاقهایی که بطور ایده‌آل شرایط رشد را مهیا می‌کنند، جوانه می‌زنند. از آنجا سینی‌ها به گلخانه برده می‌شوند و در آنجا به مدت چندین هفته با توجه به گونه گیاه بصورت متراکم در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. بومهای اسپری اتوماتیک عمل آبیاری و کوددهی را برعهده داشته و شرایط را دوباره برای دومین مرحله رشد ایده‌آل می‌سازند. این نشاهای رشدیافته در ظروف کوچک ممکن است توسط تولیدکنندگانشان مورد استفاده قرار گیرند یا به شرکتهای کوچکتر که توانایی خرید تجهیزات و امکانات تولید ظروف کوچک را ندارند فروخته شوند. بیشترین نیروی کار در

1- plugs

تـولید گـیاهان زمـینی در مرحلهٔ نشاکـاری آنها مـورد نـیاز است. در ایـن مـرحله نشاهای مـوجود در ظـروف کـوچک اجـازه مـی‌دهد کـه بـتوان اتـوماسیون را بـه‌طور نسبتاً کـاملی اجـرا کـرد. سـینی‌هایی کـه نشـاها مـی‌بایستی بـداخـلشان انـتقال یـابند را می‌توان بـه‌طور اتـوماتیک بـا مـحیط کشت (خـاک و امـثالهم) پـر کـرد و سـوراخـی برای کاشت یک نشا در آن ایجاد نمود. سـینی‌های حـاوی ظـروف کـوچک در امـتداد یک تسـمه نـقاله بـه جـایی کـه ظـروف بـطور اتـوماتیک بـرداشـته مـی‌شوند، حـرکت می‌کنند. در این نقطه کارگران ظـروف کـوچک را در حـفرات مـوجود در سـینی‌ها قـرار می‌دهند.

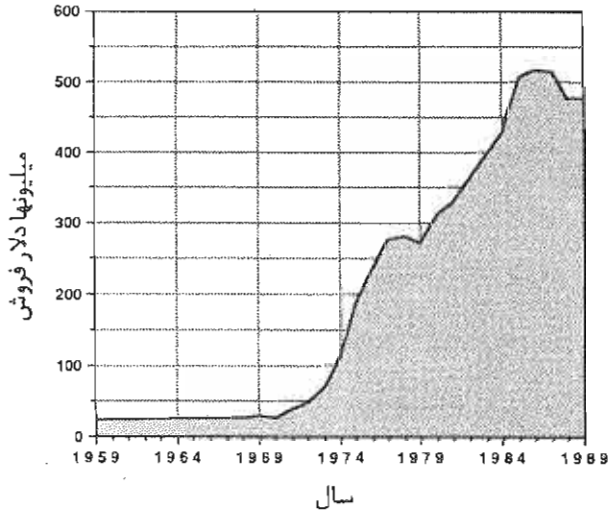
تکثیر توسط این ظروف کوچک، انقلابی در صنعت گیاهان زمینی بوجود آورده و تا حد بسیار زیادی به صنعت محصولات گلدانی سبز و گلدار که از بذر تولید می‌شوند کمک کرده است. مزیت این روش، هزینه‌های کم تکثیر و نگهداری (بـخاطر ایـنکه نـهالها را می‌توان در تراکم زیاد به مدت قابل ملاحظه‌ای نگهداشت)، امکان بیشتری برای بوجود آوردن شرایط ایده‌آل‌کشت در طی دوره‌های اولیه رشد به منظور پـایین آوردن زمـان تولید، صدمه کمتر به نشا در زمـان انتقـال و کـاهش نیـروی کـار مورد نیاز برای بذرپاشی و نشاکاری می‌باشد.

شرکتهائیکه توانستند همگام با پیشرفت تکنولوژی پیش روند توانسـتند بـه سـود سرشاری برسند. با کاربرد تکنولوژی جدید و وسعت این امر قیمت محصولات کـاهش می‌یابد. این مسئله از تولیدکنندگانی سرچشمه می‌گیرد که سعی دارند سهم بیشتری در بازار داخلی (با پایین‌تر آوردن قیمت‌هایشان نسبت به قیمت ارائه شـده تـوسط رقـبا) داشته باشند. وقتی چنین وضعیتی پیش بیاید تولیدکنندگان دیگر مـی‌بایست صـرفاً برای عدم کاهش سود فعلی‌شان به تکنولوژی جدید روی آورند، افرادی که وارد تجارت گیاهان زمینی می‌شوند باید استفاده از ظروف کوچک را در فعالیت تجاری‌شان مورد مطالعه قرار دهند.

گیاهان سبز

گیاهان سبز که به آنها معمولاً گیاهان برگی نیز اطلاق می‌شود در حدود ۲۰ درصد تولیدات گیاهی ایالات متحده را در سال ۱۹۸۹ به خود اختصاص دادند. این گیاهان شامل فیلودندرون، دراسنا، فیکوس، کرچک هندی، تعداد زیادی از گیاهان سبدی‌آویز و بسیاری از گیاهان دیگر می‌باشد. سود حاصل از این محصولات تا سال ۱۹۷۰ با ارزش عمده‌فروشی حدود ۲۵ میلیون دلار کاملاً ثابت بود. بعد از آن با یک افزایش ناگهانی به ۲۸۲ میلیون دلار در سال ۱۹۷۸ رسید (شکل ۹-۱) مناطق تحت کشت این محصولات از سال ۱۹۶۸ تا ۱۹۷۸، ۳۰۸ درصد افزایش یافت در حالی‌که ارزش عمده‌فروشی آن ۹۶۸ درصد افزایش یافت! در سال ۱۹۷۸ بازار اشباع گردید، قیمتها یکنواخت شد و بسیاری از تولیدکنندگان متضرر شدند. این فشار ایجاد تغییر را در پرورش‌دهندگان مبتکر تقویت کرد. توجه به کیفیت، عادت دادن گیاهان به محیطی که مصرف‌کنندگان از آنها نگهداری می‌کند (برای تضمین بیشتر بقای آنها) و عکس‌العمل نشان دادن به تغییر سلیقه مصرف‌کنندگان، همه منجر به افزایش تقاضا در سالهای ۱۹۸۰ تا ۱۹۸۵ گردید و ارزش عمده‌فروشی تا ۵۰۸ میلیون دلار در سال ۱۹۸۵ بالا رفت. در سال ۱۹۸۶، صنعت گیاهان سبز وارد دوره‌ای دیگر از تعدیل قیمت شد و از آن موقع تاکنون هیچ افزایشی در قیمت آن صورت نگرفت. یکی از عواملی که منجر به این امر شد، وجود تعداد زیادی از پرورش‌دهندگان بود که در دورهٔ افزایش شدید قیمت وارد این تجارت شدند. (جدول ۵ـ۱)

از کل تولید گیاهان سبز (برگی) ایالات متحده در سال ۱۹۸۹، ۸۵ درصد در فلوریدا، ۱۹ درصد در کالیفرنیا و ۵ درصد در تگزاس پرورش یافتند. این سه ایالت از ایالات بزرگ تولیدکننده هستند. بغیر از گیاهان سبدی آویز فقط تعداد نسبتاً کمی از گیاهان در ایالات دیگر پرورش می‌یابند. بسیاری از این گیاهان منشأ گرمسیری دارند و می‌توان آنها را بطور اقتصادی در نواحی نیمه گرمسیری نیز تولید کرد.



شکل ۹-۱ـ ارزش عمده‌فروشی گیاهان سبز (برگی) که در ایالات متحده از سال ۱۹۵۹ تا ۱۹۸۹ تولید شدند.

جدول ۵-۱ـ تعداد کل پرورش‌هندگانی که محصولات مختلف گیاهی را در ایالت‌های بزرگ ایالات متحده تولید می‌کنند و ۹۰ درصد از تولیدات ایالات متحده یا بیشتر را در اختیار دارند.*

محصول	تعداد پرورش‌دهندگان			درصد تغییر
	۱۹۷۱	۱۹۷۹	۱۹۸۹	
گلهای داودی پومپون	۲۱۶۸	۹۹۹	۴۷۷	-۷۸
گلهای داودی استاندارد	۲۱۳۴	۸۲۹	۳۹۷	-۸۲
میخک استاندارد	۱۵۲۵	۴۱۸	۲۵۴	-۸۳
رز تی دورگه	۳۲۳	۲۳۸	۲۸۵	-۱۲
گل داودی گلدانی	۱۳۹۴	۱۴۲۴	۱۰۹۰	-۲۲
گیاهان سبز (برگی)	۸۳۵	۱۶۸۷	۲۰۹۴	+۱۵۱
گیاهان زمینی	–	۲۸۱۹	۴۴۵۸	–
بنت‌القنسول[1]	–	۱۹۷۷	۳۰۶۹	–

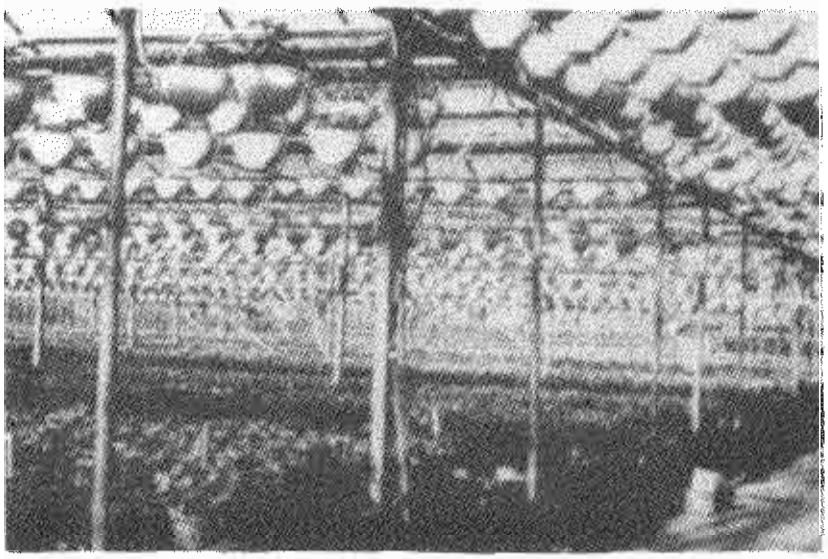
* - از هیئت آمار کشاورزی[2]، (۱۹۷۲، ۱۹۸۰، ۱۹۹۰)

1- poinsettia

2- USDA

در نواحی شمالی که نیاز به گرم کردن گلخانه‌ها وجود دارد، علیرغم این‌که آب و هوایشان سردتر از نواحی نیمه‌گرمسیری است، می‌توان به پرورش اقتصادی گیاهان سبز (برگی) امیدوار بود. گیاهان سبدی آویز موجود در گلدانهای بزرگ بخاطر حجم زیاد و مشکل جابجا کردنشان، برای ارسال پرهزینه هستند بهترین محل برای پرورش آنها نواحی نزدیک به بازار است. هزینه تولید گیاهان سبز آویز بخاطر مشترک بودن در بسیاری از هزینه‌های ثابت، مثل استهلاک و گرمای گلخانه با محصولات دیگر موجود در روی سکوها یا زمین گلخانه، پایین است. سبدآویز وسیله‌ای برای استفاده از فضایی معادل صددرصد فضای کف گلخانه است (شکل ۱۰-۱)

بسیاری از گلخانه‌های تجاری که در نواحی معتدل واقع هستند گیاهان سبز (برگی) را که در مناطق گرمسیر پرورش یافته و در مراحل پایانی رشد هستند خریداری کرده و



شکل ۱۰-۱ ـ هزینهٔ تولید گیاهان سبدی آویز با دیگر محصولات مشترک است چرا که سبدها، فضای بالای گلخانه را که معمولاً مورد استفاده قرار نمی‌گیرد اشغال می‌کنند. بدین ترتیب امکان استفاده از فضایی معادل صددرصد فضای کف گلخانه فراهم می‌آید.

آنها را در گلخانه جهت دستیابی به اندازهٔ بزرگتر پرورش میدهند تا اینکه بتوانند آنها را به شبکه‌های خرده‌فروشانی که در ارتباط مستقیم با آنها هستند، بفروشند. و همچنین گیاهان سبز (برگی) نیمی از رشد خود را انجام داده‌اند توسط این گلخانه‌ها خریداری شده و تا مراحل پایانی برای عرضه به بازار پرورش می‌یابند.

تقاضای رو به افزایش محصولات گیاهی . . . . . .

هر کسی که به اروپا مسافرت کرده از استفادهٔ گستردهٔ گلها متحیر شده است. در چندین کشور اروپایی یعنی جایی که مناطق مسکونی آپارتمانی فراوان است، ساکنین به نگهداری گل‌وگیاه در درون آپارتمان رو آورده‌اند. در این مناطق آپارتمانها با توجه به نیاز گیاهان ساخته شده‌اند و دارای پنجره‌های بزرگ با آستانه‌های کم‌ارتفاع می‌باشند که باعث افزایش شدت نور می‌گردد. و بدین ترتیب محیط مصفایی در منازل مسکونی ایجاد می‌گردد. رسوم متعددی وجود دارند که استفاده از گلها را شدت می‌بخشند. برای مثال از آنجا که مهمانی رفتن بدون تقدیم هدیه‌ای به میزبان، بی‌حرمتی محسوب می‌شود، اغلب اوقات میهمانها گیاه یا گلهایی را با خود می‌آورند. گلها در زندگی روزانه نقش زیادی دارند یعنی در تزیین چهارراهها، لچکی‌ها، زیر تیرچراغ برق، ماشین عروس و حتی داشبورد یک اتومبیل و بسیاری از موارد دیگر از گل‌وگیاه استفاده می‌شود.

بعضی‌ها می‌گویند که امریکایی‌ها به اندازهٔ اروپائی‌ها به گل تمایل ندارند، ولی در سالهای اخیر اشتباه بودن این عقیده ثابت شد. در خوابگاههای دانشگاههای آمریکا گیاه به‌وفور یافت می‌شود. فروش گلها و گیاه در داروخانه‌ها، فروشگاههای زنجیره‌ای مواد غذایی و غیره، در سرتاسر کشور انجام میگیرد. تعداد افرادی که بطور دائم گل می‌خرند آنقدر زیاد شده است که تاکنون بی‌سابقه بوده است. سخن کوتاه اینکه اگر به

نحو مناسبی گل‌وگیاه در اختیار امریکایی‌ها قرار گیرد، بیشتر از اروپایی‌ها به گل و گیاه علاقه نشان خواهند داد.

بنا به آمار ارائه شده از سوی خدمات ملی آمار کشاورزی وابسته به دپارتمان کشاورزی ایالات متحده که هر ساله صنعت مزبور (تولید گل‌وگیاه) را ممیزی می‌کند، رزش عمده‌فروشی تولیدات گیاهی در ایالات متحده در سالهای ۱۹۶۹، ۱۹۷۹ و ۱۹۸۹ به ترتیب ۸۳۸،۲۲۸ و ۲۴۳۰ میلیون دلار بوده است. رقمهای جداگانهٔ دیگری که هر ۱۰ سال توسط ادارهٔ سرشماری امور باغبانی آمریکا ارائه می‌گردد حدوداً ۵۰ درصد بالاتر را نشان می‌دهد. ارقام آماری اخیر تمام پرورش‌دهندگان کل ایالات را دربرمی‌گیرد. دپارتمان کشاورزی ایالات متحده[1] تولیدات پرورش‌دهندگانی راکه دارای تاسیساتی در اندازه مشخص و فقط در ۲۸ ایالت وجود دارند را مورد بررسی قرار میدهد ولی باید توجه داشت که افزایش ۵۰ درصد به رقم ارائه شده از USDA در سال ۱۹۸۹، ارزش عمده‌فروشی تولیدات گیاهی را به ۳/۶۴۵ میلیارد دلار رسانده است. اگر در کل معدل افزایش را ۲۰۰ درصد تصور کنیم، ارزش خرده‌فروشی حدوداً به ۱۰/۹ میلیارد دلار در سال ۱۹۸۹ می‌رسد.

تغییرات اجتماعی در بسیاری از جنبه‌ها، به نفع تولیدکنندگان گیاهی بوده است. اقدامات زیست‌محیطی باعث بالا رفتن آگاهی مردم نسبت به طبیعت و دخالت دادن گیاهان در زندگی شخصی شده است. بحرانهای نیمه اول دههٔ ۱۹۷۰ بطور حتم به صنعت تولیدات گیاهی ضربه وارد ساخت که این امر در مورد دیگر قسمتها نیز صادق است. در عوض توجه بسیاری از مردم را از تفریحات پرهزینه به پرورش گل‌وگیاه در داخل منزل و خارج آن معطوف کرد. در حال حاضر، گسترش ممتد مناطق شهری زندگی گیاهان را مورد تهدید قرار داده و به علاقهٔ مردم را به آنها افزوده است و این امر

1- USDA

موجب افزایش درس‌های باغبانی دبیرستانها و تدریس این دروس در دوره‌های آموزشی بزرگسالان گردیده است.

تغییر مسیر فروش .....

گلفروش‌های سنتی

از قدیم‌الایام، آمریکاییها گلهای مورد نیازشان را از خرده‌فروشیهایی که خدمات را بطور کامل ارائه می‌دهند، خریداری می‌کرده‌اند. در گذشته خرید از این فروشگاهها به منظورهای متفاوتی انجام می‌شد. در اوایل دههٔ ۱۹۵۰، ۸۵ درصد از فروش گلهای بریده برای مراسم تشییع جنازه و عروسی صورت می‌گرفت. قسمت اعظم فروش گلهای بریده و گیاهان گلدانی به تعطیلی‌های سنتی اختصاص داشت مثلاً سوسن‌ایستر[۲] در عید پاک، بنت‌القنسول در کریمس و رُز در روز ۱۴ فوریه بفروش می‌رسید. بجز مشتریهای عروسی، تشییع جنازه و تعطیلات که دارای انگیزه بودند، مشتریهای معمولی فقط درصد کمی یعنی در حدود ۲۵ درصد از خریداران را تشکیل می‌دادند.

خرده‌فروشیهایی که خدمات را بطور کامل ارائه می‌دهند گلهای بریده را از عمده‌فروشان و آنها نیز به نوبهٔ خود گلها را از پرورش‌دهندگان خریداری می‌کنند. عمده‌فروشان بطور متوسط گل‌ها را به احتساب ۲۵ درصد بالای قیمت خرید، می‌فروشند، گلهای گلدانی گلدار معمولاً مستقیماً از پرورش‌دهنده به خرده‌فروش تحویل می‌شود. پرورش‌دهندگان حق کمیسیون‌فروش پرداخت نمی‌کنند ولی خودشان باید هزینهٔ حمل‌ونقل و فروش را تأمین نمایند.

خرده‌فروشانی که خدمات را بطور کامل ارائه می‌دهند علاوه بر فروش محصولات

2- Easter lilly

گیاهی، حق خدمات خود را نیز دریافت می‌کنند. از نظر حرفه‌ای گلهای بریده باید بطریق ویژه‌ای مرتب شوند که انجام این عمل از عهدهٔ مصرف‌کنندگان معمولی خارج است. گیاهان گلدانی در ورقه‌های آلومینیومی قرار گرفته و با روبان بسته می‌شوند این خدمات بر اعتبار فروشگاه می‌افزاید. از خدمات مهم، تحویل گل در منزل است. از طریق خدماتی که گلفروشیهای تلفنی[3] ارائه می‌دهند، مشتریان می‌توانند با تلفن کردن به گلفروشیها، سفارشات خود را در محل مورد نظر، بطور مرتب شده تحویل گیرند.

برای خرده‌فروشان، با توجه به هزینهٔ پرسنل ماهر و هزینهٔ سرمایه‌های ثابت از قبیل ساختمانها و کامیونها ارائه خدمات خرج زیادی دربردارد. این هزینه‌ها می‌بایست توسط مشتری تأمین شود. که به این ترتیب سه یا چهار برابر شدن قیمت خرده‌فروشی گلها در مقایسه با قیمت پرداخت شده عمدهٔ آنها غیرمنتظره نیست. با توجه به هزینهٔ سرمایه‌های ثابت، تجهیزات و پرسنل این قیمتها مناسب بوده و مورد قبول مشتریهایی هستند که از این امکانها بطور مرتب خرید می‌کنند. و همچنین باید درنظر داشت که تأثیر معنوی یک گل که توسط فرزندی به مادرش در روز تولد او و از فاصله ۳۰۰۰ مایلی تقدیم می‌شود، خیلی زیاد است و آمدن ماشین یک گلفروش برای تحویل گلها به منزل صاحب خانه در یک شب‌نشینی باشکوه به اندازه خود گلها اهمیت دارد.

بازارهای پرتجمع

همهٔ افراد یک جامعه بر خدمات تأکید نمی‌نمایند و همه توانایی پرداخت هزینهٔ خدماتی کاملی که گلفروش ارائه می‌دهد را ندارند. درست مثل بسیاری دیگر از کالاها، در جامعهٔ آمریکا، روشهایی برای قابل دسترس بودن و کاهش قیمتهای خرده‌فروشی

3- wire houses

تولیدات گیاهی ابداع شده است که خریدهای مکرر را برای بخش اعظمی از جامعهٔ آمریکا ممکن می‌سازد. این بخش که ۷۵٪ از جمعیت آمریکا را تشکیل می‌دهد در گذشته قادر به خرید گل‌وگیاه نبودند.

بازارهای پرتجمع محصولات گیاهی مسئولیت فروش این مواد را در مکانهای پرتجمع مثل سوپرمارکتها، فروشگاههای بزرگ، کیوسکها، محلهای پرتردد، ترمینالها، فرودگاه و غیره برعهده دارد (شکل ۱۱ـ۱). هدف چنین بازارهایی فعالیت گستردهٔ تجاری است. از آن‌جاکه معمولاً مشتریان بدون تصمیم قبلی اقدام به خرید می‌نمایند، قیمتها باید بحد کافی برای خرج پول اضافی (پولی که بعد از خرید ضروریات زندگی باقی می‌ماند) پایین باشند. به این ترتیب از خدمات پرهزینه مثل مرتب نمودن گلها و تحویل آن باید پرهیز کرد. این چنین فروشگاههایی معمولاً کالای خود را بصورت نقدی بفروش می‌رسانند.

بازارهای پرتجمع گل مدتها پیش در اروپا توسعه یافته و اخیراً بیش از پیش تکامل پیدا کرده است. این چنین بازارهایی فقط در ۲۵ سال گذشته در ایالات متحده شروع به توسعه نموده. اما پتانسیل ایجاد و گسترش چنین بازارهایی قبل از آن وجود داشت.

نتایج پروژه بازاریابی منطقه‌ای شمال شرقی (NEM - ۸) که در دههٔ ۱۹۵۰ توسط زوادزکی و همکاران ارائه شد نشاندهندهٔ موفقیت ایجاد بازارهای پرتجمع برای گلهای بریده می‌باشد این نتایج از طریق تحقیق بر درخواستهای مکرر مصرف‌کنندگان برای کالاهای دیگر (غیر از گل) بدست آمده است. تا حدی بخاطر ابتدایی بودن و کمبود امکانات مورد نیاز چنین بازارهایی و تا حدی بخاطر توجه بیشتر به صنعت، توسعهٔ اولیهٔ آن بکندی صورت گرفت و بدین ترتیب بسیاری از گلفروشان سنتی در سالهای دههٔ ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ پرورش‌هندگانی را که در بازارهای پرتجمع کالای خود را بفروش می‌رساندند از دور خارج کردند. در ظاهر، بازارهای پرتجمع وسیله‌ای برای تقویت بازار

شکل ۱۱ـ۱ـ این مکان فروش گلهای بریده در کنار خیابان در شهر سان‌فرانسیسکو یکی از اشکال بازارهای پرتجمع است که در سالهای اخیر معمول شده است. دیگر موارد شامل مکانهای فروش بدون خدمات در سوپرمارکتها، فرودگاهها و کیوسکها هستند که کالایشان را بصورت نقدی می‌فروشند.

گلفروشان سنتی بود ولی قیمتهای پایین‌تر و حجم بالای تولید، برطبق پیش‌بینیهای خوش‌بینانه‌ای که از مطالعات بازاریابی بدست آمد، گلفروشان سنتی را به هراس انداخت. چنان مطالعاتی نشان دادند که موارد استفادهٔ گلهای خریداری شده از بازارهای پرتجمع نسبت به گلهای خریداری شده از بازار گلفروشان سنتی متفاوت است. این مطالعات همچنین نشان دادند که بازارهای پرتجمع باعث می‌شوند که مردم امریکا ارزش بیشتری برای گلها قائل شوند و به این ترتیب فروش در بازار گلفروشان سنتی نیز بالا رود.

تقریباً نیمی از ۳۰۴۰۰ سوپرمارکت موجود در ایالات متحده دارای گلفروشی هستند. میزان خرده‌فروشی این بازارها در سال ۱۹۸۹، ۱/۶ میلیارد دلار بود. این رقم

۱۶ درصد کل خرده‌فروشی گل‌وگیاه در ایالات متحده بود و بیشتر از درصد خرده‌فروشی در سال ۱۹۸۶ (۱۴ درصد) می‌باشد. آینده بازارهای پرتجمع خیلی امیدوارکننده است. در سوپرمارکتها، اخیراً تحولاتی برای ارائه خدمات بیشتر بچشم میخورد، سی‌ویک درصد از سوپرمارکتهای زنجیره‌ای، خدمات گمرکی ارائه می‌دهند. ۲۵ درصد از گلفروشی‌های موجود در بازارهای پرتجمع در حال حاضر پرسنل تمام‌وقت دارند. معمولاً قیمتهای خرده‌فروشی ۱/۵ تا ۲ برابر قیمتهای عمده‌فروشی است. این تفاوت قیمت برای فروشگاههای مزبور سودآور هستند. در چنین فروشگاههایی از کل کالاهای بفروش رفته ۳۰ درصد مربوط به گلهای بریده (که از ۲۰ درصد سال ۱۹۸۲ بیشتر است)، ۵۳ مربوط به درصد گیاهان سبز (برگی) و گیاهان گلدار و ۱۷ درصد بقیه مربوط به گیاهان زمینی، گلهای خشک، و گلهای مصنوعی می‌باشد.

علاوه بر سوپرمارکتها، فرمهای دیگری از بازارهای پرتجمع برای فروش گل‌وگیاه وجود دارند که شامل فروشگاههای بزرگ، گلفروشیهای واقع در وسط بازارهای محلی، سالن‌های فرودگاه و روی گاریهای پارک شده در کنار خیابانهای شهر می‌باشد. بعضی‌ها برآورد می‌کنند که حدود ۶۰ درصد از گیاهان سبز (برگی)، گیاهان گلدانی گلدار و گیاهان زمینی در بازارهای پرتجمع فروخته می‌شود. در حالیکه ۳۰ درصد از گلهای بریده در این بازارها بفروش میرسند. نسبت ارزش این محصولات در بازارهای پرتجمع بمراتب کمتر از نسبت تولیدات انفرادی است زیرا، قیمت واحدها در بازارهای پرتجمع پایین‌تر از بازارهای خرده‌فروشی می‌باشد.

نکته جالب این است که پرداختن به این عمل با سنت‌گرایی محدود نمی‌شود خریداران جدید محصولات جدید را می‌خرند، رنگها، شکلها و اندازه‌های جدید را می‌پذیرند و مشتاق چنین محصولاتی از طریق روشهای جدید عرضه هستند. بعنوان یک پرورش‌دهنده یا فروشنده، شما در بکارگیری افکارتان در این زمینه آزاد بوده و شانس موفقیت‌تان نیز زیاد است. هدف شما ممکن است تولید گلهایی با ساقه کوتاه‌تر در

زمان کمتر و با هزینهٔ پایین‌تر باشد. یا شما ممکن است تولید بسیاری از گونه‌های گیاهی شامل گلهای باغی و گلهای وحشی (که می‌توانند در بیرون و یا داخل گلخانه‌ها پرورش یابند)، را انتخاب کنید. زمینه برای پرورش کالتیوارهای جدید کاملاً مهیا است. بجای پرورش گلهای بزرگ گران‌قیمت، هدفتان می‌تواند تولید گلهای متعدد کوچکتر در زمانی کوتاهتر باشد. در بازارهای پرتجمع مردم مقید به سنت نیستند. بنابراین طیف وسیعی از گونه‌ها، رنگها و اشکال گیاه می‌توانند برای این بازار مناسب باشند. از آنجائیکه موزیک محبوب، سبکهای لباس و دیگر سرگرمیها برای ثبات فروش، مرتباً تغییر می‌کنند و به این دلیل نوع گلها را نیز باید عوض کرد. گلها را می‌توان به مناسبتهای ویژه در تعطیلات مختلف، موارد شخصی، مناسبتهای اجتماعی و سیاسی و در هر زمان مناسب دیگر استفاده کرد.

افزایش کلی فروش گل برای مردم آموزنده بوده و به آنها راههای بهتر کردن زندگی شخصی‌شان را نشان داده است. همچنین افزایش فروش، موارد استفادهٔ دیگری را برای گل و گیاه ارائه کرده و باعث افزایش بیش از پیش این موارد نیز خواهد شد. برای مثال، یکی از فعالیتهای تجاری جالب در سالهای اخیر ایجاد فضای سبز در داخل ساختمان است، فعالیتی که تا حدودی مربوط به پرورش و تا حدی وابسته به تجارت است. شرکتهایی که به این امر می‌پردازند ساختمانهای تجاری، فروشگاهها و غیره را تزیین می‌کنند. این شرکتها بصورت پیمانی کار می‌کنند و برطبق مقاطعه فضای سبز مورد نظر را ایجاد می‌کنند. هرازگاهی گیاهان موجود در فضای سبز ایجاد شده را برای احیاء مجدد به گلخانه‌ها برگردانده و گیاهان جدیدی به جای آنها قرار می‌دهند.

مسیر آتی تولید . . . . . .

تولید بیشتر و قیمت فروش پایین‌تر با سود معقول

آینده روشنی برای تولیدات گل و گیاه آمریکا متصور است. بازار به گسترش سریع خود ادامه داده و نیاز به تولید گل‌وگیاه بیشتری را ایجاب می‌کند. اخیراً سیستمهایی یافت می‌شوند که بر کارآیی تولید و عملیات بعد از تولید افزوده و بدین وسیله موقعیت تولید آمریکا و سود قابل ملاحظه را تضمین خواهند کرد. سه عامل به موارد فوق جامهٔ عمل می‌پوشاند:

۱ـ می‌توان از تبلیغات بطور کاملتری سود برد. جامعهٔ گلفروشان آمریکا[4] که به عنوان سازمان مادر در تمام بخشهای این صنعت که شامل پرورش، حمل‌ونقل، عمده‌فروشی و خرده‌فروشی عمل می‌کند، به همراه مشاوره بازاریابی گلفروشان آمریکا[5] اقدامات وسیعی برای برپایی گردهمایی‌هایی در این زمینه نموده است. افراد شرکت‌کننده در این گردهمایی به منظور تبلیغات بیشتر در زمینهٔ تولیدات گل‌وگیاه، گرد هم می‌آیند. گلفروشی‌های تلفنی و گلفروشیهایی که خدمات را بطور کامل ارائه می‌دهند بودجه‌هایی را به تبلیغات اختصاص می‌دهند. با درنظر گرفتن کل صنعت گل و گیاه در امریکا، احتمالاً کمتر از یک درصد ارزش خرده‌فروشی در امر تبلیغات خرج می‌شود. صنعتی که می‌خواهد پایدار بماند باید بودجهٔ بیشتری را صرف تبلیغات نماید. در سطح ملی کار بیشتری در این زمینه باید انجام شود. خوشبختانه این نیاز شناخته شده و در حال پی‌گیری است. با این عمل (تبلیغات) بدون شک بازار محصولات گل خیلی سریع توسعه خواهد یافت و با خود موفقیتهای زیادی را برای پرورش‌دهندگان به ارمغان خواهد آورد.

4- SAF 5- AFMC

۲ـ می‌توان کارآیی تولید را بهبود بخشید. تولید فعلی سودمند است ولی هنوز هم کارآیی بالایی ندارد. سیستم‌هایی برای افزایش کارآیی تولید و بدست آوردن سود بیشتر وجود دارد. در گلخانه‌های سلسله‌ای، از آنجائیکه از چندین گلخانه مجزای کوچک تشکیل می‌شوند، نمی‌توان بطور مناسبی از دستگاههای اتوماتیک استفاده کرد این گلخانه جای خود را به گلخانه‌های جوی و پشته‌ای جدید که با صرف هزینهٔ معقولی احداث می‌گردند، داده‌اند. در این گلخانه‌ها از بسیاری از سیستمهای اتوماتیک استفاده می‌شود که در این کتاب مورد بحث قرار گرفته است. سیستم‌های پرورش گیاهان گلدانی روی سکوهای قابل حرکت که بعنوان سیستم حمل‌ونقل در داخل گلخانه نیز بکار می‌روند باعث جابجایی مؤثرتر گیاهان و استفاده از ۹۵ درصد فضای گلخانه یا بیشتر به جای استفاده از ۶۷ درصد از فضای گرم گلخانه که بطور سنتی انجام می‌شود را فراهم می‌آورد. سیستمهای گرمایی جدید و بخاریهایی با کارآیی بالا می‌توانند هزینهٔ انرژی را کاهش دهند. کنترل محیط توسط کامپیوتر می‌تواند هزینه‌های انرژی را بیشتر کاهش داده و عملکرد را بالا ببرد. سرانجام و شاید مهمتر از همه، تمایلات روحی و عشق به گیاهان که در بسیاری از پرورش‌دهندگان گل یافت می‌شود در حال حاضر افزایش یافته تا رضایت کامل مدیریت گلخانهٔ تجاری را فراهم آورد.

۳ـ عملیات بعد از تولید گل‌وگیاه نقش ویژه‌ای در بهبود این صنعت دارد.

مطالعه‌ای که در دانشگاه ایالتی اهایو[6] توسط استابی و همکاران در سال ۱۹۷۶ انجام شد عملیات بعد از برداشت گلهای بریده را مورد بررسی قرار داد یافته‌ها نشان دادند که ۵ درصد محصولات گلهای بریده برداشت نمی‌شد و ۲۰ درصد از گلهایی که برداشت شده بود در نهایت برای فروش مناسب نبود. برای کاهش قابل ملاحظه این

6- Ohio State Univ.

اُفت، تکنولوژی بخصوصی وجود دارد.

عملیاتی قبل از بسته‌بندی گل و گیاه انجام می‌شوند که فروش را بهبود بخشیده و طول عمر محصول را افزایش میدهند. بسته‌بندی گیاهان گلدانی با مواد شفاف می‌تواند به دریافت نور توسط گیاه کمک کرده و تا زمانیکه گیاه در یک اتمسفر مرطوب قرار دارد خشک نشود و در طی زمان مورد نیاز برای فروش نیازی به آبیاری ندارد. خود بسته می‌تواند حامل اطلاعاتی برای خریدار باشد که شامل دستورالعمل مواظبت از گیاه و تبلیغ بیشتر برای خرید محصول می‌باشد.

گلهای بریده در بازارهای پرتجمع زمانی که تصویری از این گلها به همراه شاخ و برگ سبز آن ارائه شود خیلی بهتر بفروش میرسند بعضی از بسته‌بندی‌ها طوری انجام می‌شوند که وقتی بستهٔ حاوی گل باز شود، دسته گل خودبخود نظم و ترتیب می‌یابد. و چنین بسته‌بندیهایی این امر را ممکن می‌سازد که مشتری بتواند در فروشگاههای شلوغ سلف‌سرویس در پی خرید اجناس دیگر نیز باشد. ذکر قیمت و مجاور بودن هرچه بیشتر جنس به خریدار باعث فروش بیشتر می‌گردد.

همان‌طوری که مرزهای سیاسی و جغرافیایی بتدریج برداشته می‌شوند، رقابت از قسمتهای دیگر دنیا قوت می‌گیرد. هر لحظه دنیا به سمت وضعیتی که آقای ژان تینبرگن[7] برندهٔ جایزهٔ نوبل در سال ۱۹۶۹ از هلند، توصیف نموده است پیش می‌رود. این وضعیت تولید هر محصولی را در سطح کیفی مطلوب با مؤثرترین نحوهٔ تولید ایجاب می‌کند. این رقابت نیروی محرکه‌ای را برای بوجود آوردن کارآیی در تولید و بازاریابی در آمریکا ایجاد خواهد کرد. بسیاری از پرورش‌دهندگان که نمی‌توانند با زمان پیش بروند از دور خارج خواهند شد ولی سایر تولیدکنندگان موفق خواهند بود. انتظار میرود شرکتهای بزرگ و متعددی که پرورش‌دهنده گل نیستند وارد این صنعت شده و با

7- Jan Tinbergen

اجرای اصول صحیح مدیریتی به سود سرشاری برسند.

پرورش گل و گیاه در آینده

تولید در آینده به چه نحوی انجام خواهد شد؟ پاسخ این سئوال شاید با بحث بر روی موارد زیر آسانتر شود: (۱) تولید برای گلفروشیهایی که خدمات را بطور کامل ارائه می‌دهند، (۲) تولید برای بازارهای پرتجمع و (۳) فعالیت تجاری جدید تولید.

تولید برای گلفروشیهایی که خدمات را بطور کامل ارائه می‌دهند بصورت فعلی خود ادامه خواهد یافت. گلهای بریده عمدتاً در مناطق ویژه (جایی که می‌توان به تولید با کیفیت بیشتر و هزینهٔ کمتر دست یافت) تولید خواهند شد. تولیدکنندگان آمریکایی به رقابت در این زمینه ادامه داده و به افزایش کارآیی تولید، عملیات بعد از تولید و همچنین به تولید محصولات جدید خواهند پرداخت.

تولید گیاهان گلدانی گلدار برای فروشگاههای خرده‌فروشی گل تا مدتی در سرتاسر آمریکا در مجاورت بازارها، انجام خواهد شد. هزینهٔ بالای حمل‌ونقل برای گیاهان گلدانی سنگین و نیازمند به محیط کنترل شده برای تولید با کیفیت مورد نظر این فروشگاهها، نزدیکی به بازار را ضروری می‌سازد.

گیاهان سبز (برگی) با منشأ گرمسیری به شرایط مزرعه‌ای مناطق نیمه‌گرمسیری کشورها وفق داده می‌شوند و می‌توانند بطور ارزان و با کیفیت بالا در این نواحی تولید شوند. کشورهای گرمسیری و نیمه‌گرمسیری بیش از پیش به رقابت با این تولیدکنندگان خواهند پرداخت. عوامل موفقیت در چنین مواردی مبارزه با آفات و بیماریها، بالا بودن کیفیت تولیدات، و سازگار نمودن گیاهان به شرایطی از قبیل نور ضعیف و رشد کم که عمدتاً در منازل مصرف‌کنندگان وجود دارد، می‌باشد. مصرف‌کنندگان با امنیت خاطر بیشتری این گیاهان را خریده و به این وسیله موفقیت در بازار تضمین می‌شود. انواع و اندازه‌های جدیدی از گیاهان برای جلب رضایت مصرف‌کنندگانی که دارای سلیقه‌های

مختلف هستند مورد نیاز خواهد بود.

نوع دوم تولید یعنی تولید برای بازار پرتجمع، در حال حاضر بیشتر از نصف تولیدات گل‌وگیاه آمریکا را تشکیل میدهد. در نهایت این تولید احتمالاً ۸۰ درصد کل تولید را به خود اختصاص خواهد داد. این افزایش تولید به کاهش بهای گلهایی که در خرده‌فروشیها بفروش می‌رسد، نمی‌انجامد، زیرا آنها با توجه به افزایش جمعیت و بهبود وضعیت اقتصادی مردم، بر قیمت کالا می‌افزایند. افزایش تولید برای بازار پرتجمع با جذب بخش بزرگی از جامعه، که قبلاً مشتری‌های دائمی گل نبودند، حمایت خواهد شد.

تولید گلهای بریده برای بازارهای پرتجمع، به سمت تولید گیاهانی با شاخه‌های کوتاهتر و انواع متنوعتری از گونه‌ها که قبلاً ذکر شده است، متمایل خواهد شد. در آینده جنبه‌هایی از تولید که باید درنظر گرفته شوند عبارتند از: (۱) تجهیز بازار بطور مداوم در طول سال باگلهای بریدهٔ دارای کیفیت بالا (۲) توانایی افزایش تولید برای دوره‌هایی که تقاضا در بالاترین حد خویش است. (۳) قیمت نسبتاً کم و (۴) بسته‌بندی مخصوص برای افزایش طول عمر گیاه.

تولید گیاهان گلدانی برای بازارهای پرتجمع نسبت به تولید این گیاهان برای خرده‌فروشیها، متفاوت خواهد بود. طیف بمراتب وسیعتری از محصولات گلدانی برای بازارهای پرتجمع پرورش خواهند یافت و بسیاری از محصولات که در اروپا اهمیت دارند در آمریکا توسعه خواهند یافت. بازارهای پرتجمع زنجیره‌ای منجر به توسعهٔ گلخانه‌های سلسله‌ای بزرگ (که می‌توانند جوابگوی قراردادهای تعداد زیادی از محلهای فروش باشند) خواهند شد. گلخانه‌های سلسله‌ای بزرگ به نوبهٔ خود قادر خواهند بود بطور مؤثری به تولید پرداخته و تولیدات خود را با قیمت پایین بفروش برسانند. چنین توسعه‌ای، تولید محصولات گلدانی بزرگ را برای پرورش‌دهندگان کوچک مشکل خواهد کرد مگر اینکه آنها محصولاتی با کیفیتهای استثنایی و به اندازهٔ

غیرمعمولی تولید کنند و یا بتوانند تولیدات خود را به فروشگاههای نسبتاً دور تحویل دهند.

سومین نوع تولید شامل فعالیتهای تولیدی جدید می‌شود. امروزه بهترین فرصت برای پرداختن به تولید گیاهان گلدانی است. محصول بدست آمده از هر ۹۳۰ سانتی‌مترمربع گلخانه‌های سلسله‌ای کوچک، برای پرورش گلهای بریده بسیار کم است.

برای شروع، تولید گیاهان زمینی نیز مناسب به‌نظر می‌رسد. هزینهٔ کار برای پرورش این محصول بالا است. ولی شخصی که این فعالیت را آغاز کرده تا زمانیکه فعالیت مزبور توسعه نیافته، می‌تواند کارها را شخصاً انجام دهد. دو نوع یا انواع بیشتری از این گیاهان را می‌توان از ژانویه تا ماه مه در بعضی از نقاط کشور به عمل آورد و تا قبل از اینکه این دوره به پایان برسد کسب درآمد نمود. در ضمن هزینه‌ای که در ابتدای کار مصرف می‌شود زیاد نیست. شاسی‌های سرد را می‌توان در اواخر این دوره در گلخانه بکار برد. و به این وسیله هزینهٔ عمومی را کاهش داد ولی این شاسی‌ها نیاز به کار بیشتری داشته و بندرت در نواحی شمالی از آنها استفاده می‌شود.

وقتی که در آینده بر کارآیی تولید گیاهان گلدانی افزوده می‌شود، ممکن است پرداختن به تولید گیاهان بزرگ با مشکل مواجه شود. سود حاصله از پرورش گیاهان بزرگ برای گلخانه‌های سلسله‌ای کوچک بسیار کم خواهد بود زیرا این گلخانه‌ها قادر به بهره‌گیری از اتوماسیون برای کاهش هزینهٔ تولید نیستند. چنان تولیدکننده‌ای فرصتی می‌یابد تا به پرورش محصولاتی ویژه که تقاضای کمی دارد بپردازد. از آن جاکه تولید این محصولات را می‌توان در خط تولید انجام نداد، میزان سود برای پرورش‌دهندگان کوچک و فاقد گلخانه‌های اتوماتیک قابل ملاحظه خواهد بود. معرفی محصولات جدید و گیاهانی که در منطقه طرفدار دارند در این مقوله می‌گنجند. تولید محصولات محتاج به کار یدی نیز برای این تولیدکنندگان مناسب است ولی این افراد برای افزایش تولید

این محصولات با مشکل مواجه می‌شوند. برای مثال پرورش گیاهان مختلف در باغ شیشه‌ای[8] را می‌توان نام برد که هر کدام از گیاهان دارای برنامه کشت متفاوت هستند و حجم هیچکدام زیاد نیست.

وقتی که یک پرورش‌دهندهٔ مبتدی، خرده‌فروش هم باشد بتدریج می‌تواند به تولید تجاری گل‌وگیاه بپردازد. این عمل در واقع پرداختن به دو حرفهٔ جداگانه است که در نهایت با توسعه یافتن هر یک از این حرفه‌ها، شخص باید به هر کدام که سودآورتر است بپردازد. بهرحال در ابتدای کار پرداختن به هر دو حرفه می‌تواند سود لازم را برای ادامهٔ کار فراهم سازد. بسیاری از مردم طبعاً عادت دارند که بطور جسته گریخته نگاهی به محصولات موجود در گلخانه انداخته و گیاه مورد نظرشان را انتخاب کنند حتی در شهرهای کوچک تعداد خریداران برای حمایت از چنین پیشه‌ای کافی است. بعد از مدتی حجم تولیدات به اندازه‌ای می‌رسد که می‌توان آنها را بطور عمده فروخت و سود سرشاری نیز کسب کرد.

عوامل موثر در تضمین آینده شما با تولید گل‌وگیاه . . . . . .

وضعیت امروز و پیش‌بینی فردا نشان می‌دهند که زمان حاضر بهترین فرصت برای پرداختن به تولید تجاری گل‌وگیاه است. گسترش مداوم بازارهای سنتی و بازارهای پرتجمع که هنوز پتانسیل آن بخوبی شناخته نشده است، دستیابی به سود سرشار را در آینده نوید می‌دهد.

بطور موکد نمی‌توان گفت که دانش فنی پرورش گل در نیمه راه مسیر تولید تجاری گل‌وگیاه است. ولی شما می‌بایست بخوبی با اصول مدیریت تجاری و بازاریابی آشنا

8- Terrarium

شوید. این اصول را می‌توان با شرکت در دوره‌های آموزشی رسمی فراگرفت ولی چنین اصولی را می‌توانید بطور ایده‌آل در طی پرداختن به این حرفه بطور تجربی کسب کنید. شما می‌توانید این کار را با خواندن کتابهایی در این زمینه، با آبونه شدن در مجلات مربوط به این حرفه و مهمتر از همه با برقراری ارتباط با افرادی که در مراحل پیشرفته‌تر صنعت گل هستند، انجام دهید. علاوه بر حضور در جلسات و انجمن‌های پرورش‌دهندگان محلی گل‌وگیاه و دوره‌های آموزشی کوتاه‌مدت، می‌بایست در کنفرانس‌هایی که در زمینه‌های دیگر مربوط به گل‌وگیاه نظیر حمل‌ونقل، عمده‌فروشی و خرده‌فروشی برگزار می‌شود شرکت کنید. انجمن گلفروشان آمریکا یک چنین سازمانی است که می‌تواند شما را در این راستا یاری کند.

هیچ دانشی دارای ارزش نیست مگر اینکه انسان آنرا بصورت برنامه و طرحی مدون درآورده و به مرحله اجرا بگذارد. وقتی که با پرورش دادن گیاهی مسرور می‌شوید و یا به هنگام قدم زدن در یک گلخانه احساس هیجان به شما دست میدهد، بدانید که به شغل مناسبی ابراز علاقه کرده‌اید. هم‌اکنون بخودتان بقبولانید که شما نیز می‌توانید در این زمینه به فعالیت پرداخته و موفق شوید بنابراین در تعیین صحت یا سقم انتخابتان انرژی بیشتری را تلف نکنید. تمام تلاشهای خود را صرف تهیه برنامه‌ای موفقیت‌آمیز و طرحی مناسب، نمائید. همین حالا بنشینید و در روی کاغذی بنویسید که میخواهید به چه چیزی در زندگی دست یابید. این مطالب به شما در تصمیم‌گیریهای‌تان کمک خواهد کرد. همانطوری که به بررسی موارد می‌پردازید در بکارگیری آن‌ها در طرحتان فکر کنید. در پی کسب اطلاعات بیشتر برای غنی‌تر کردن طرحتان باشید. این عمل را می‌توانید با مطالعهٔ مراجع ذکر شده در آخر هر بخش، با حضور در کلاسهای آموزشی کوتاه‌مدتی که برای پرورش‌دهندگان محلی تشکیل می‌شود، با برقراری ارتباط با دست‌اندرکاران این

تجارت و مهمتر از همه اشتغال در این زمینه انجام دهید. شاید مورد اخیر به صورت پاره‌وقت در طول سال تحصیلی یا بصورت تمام‌وقت در تابستان باشد. اگر تصمیم به بکارگیری اطلاعات تئوری‌تان دارید، دیر یا زود برای تکمیل این اطلاعات می‌بایست به کسب تجربه عملی بپردازید. فقط فراهم بودن زمینه برای دستیابی به موفقیت کارساز نیست بلکه مهمترین عوامل در موفقیت، دانستن چیزی است که می‌خواهید در زندگی به آن برسید، اعتماد به نفس‌تان و تلاش مستمرتان در رسیدن به هدف می‌باشد.

مرجع

1. Agricultural Statistics Board. 1990. Floriculture crops, 1989 summary. Natl. Agr. Statistics Ser. Sp. Cir. 6-1 (90). USDA, Washington, D.C. (Available annually except in 1983 and 1984.)
2. Ball, V. 1976. Early American horticulture. *Grower Talks* 40 (3):1-56.
3. _____. 1980. Trends. *Grower Talks* 44 (5):1-19.
4. _____. 1985. *The Ball Red Book*, 14th ed. Reston, VA: Reston Publishing.
5. Johnson, D. C. 1990. Floricultural and environmental horticulture products: A production and marketing statistical review: 1960-88, Commodity Economics Div., Economic Res. Ser., USDA, Statistical Bul. No. 817.
6. Kaplan, P. 1976. Origins of commercial floriculture in U.S. found to predate Declaration of Independence. *Florist* 10 (2):39-46.
7. Kiplinger, D. C., and R. W. Sherman. 1962. Florist crops for mass market outlets. Ohio Agr. Exp. Sta. Res. Bul. 928.
8. Miller, R. 1989. From Bogota to Miami, Colombian cut flowers continue to rise. *Grower Talks* 53 (6):32, 34, 36-38.
9. Robertson, J., B. Behe, S. Born, P. Holness, T. Prince, and B. Raudsep. 1984. 1984 foliage market survey. *Florists' Review* 174 (4512):38, 41-44, 46.
10. Staby, G. L., J. L. Robertson, D. C. Kiplinger, and C. A. Connover. 1976. *Proc. National Floricultural Conference on Commodity Handling*. Ohio Florists' Assoc., 2001 Fyffe Ct., Columbus, OH 43210.
11. Voigt, A. O. 1984. The shop, the nation, and the consumer. *Florists' Review* 174 (4502):30-32.
12. Zawadzki, M. I., W. E. Larmie, and A. L. Owens. 1960. Selling flowers in supermarkets. Univ. of Rhode Island Agr. Exp. Sta. Bul. 355.

۲. ساخت گلخانه

گلخانه در آمریکا به ساختمانی اطلاق می‌شود که با مواد شفاف برای عبور نور طبیعی جهت رشد و نمو گیاهان پوشانده شده است. این ساختمان معمولاً به‌طور مصنوعی گرم می‌شود و با دیگر ساختمانهای مناسب پرورش گیاه مانند شاسی‌های سرد[۱] و بسترهای گرم[۲] متفاوت است. زیرا به اندازهٔ کافی برای کار کردن فرد در داخل آن، بلند است. ولی در اروپا گلخانه به ساختمانی گفته می‌شود که به گرمای کمی نیاز دارد و هیچ گرمای مصنوعی به آن نمی‌رسد. خانه شیشه‌ای[۳] در اروپا به ساختمانهایی که به‌طور مصنوعی گرم می‌شوند اطلاق می‌شود. دو یا چند گلخانه‌ای که در یک مکان واقع شده‌اند گلخانهٔ سلسله‌ای[۴] خوانده می‌شود. سالن مرکزی[۵] یا ساختمان سرویس[۶] به ساختمانی گفته می‌شود که برای انبار کردن یا انجام عملیات تقویتی پرورش گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرند و خودشان تنها به کار نمی‌آیند. گلخانه‌ها به اشکال گوناگون یافت می‌شوند که شامل گلخانه‌های دو طرفه (A شکل)[۷]، گلخانه‌های کوانست[۸] و گلخانه‌هایی که سقف‌های آنها از کنار به هم متصل است[۹] می‌باشد. مواد پوشانندهٔ شفاف گلخانه‌ها بسیار گوناگون‌اند. در آغاز شیشه بعنوان پوشش گلخانه به کار می‌رفت ولی اکنون ورقه‌های نازک پلاستیک، پلاستیکهای تقویت شده با فایبرگلاس[۱۰]، صفحات اکریلیک[۱۱] و صفحات پلی‌کربنات نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. آینده نویدبخش مواد پوشانندهٔ جدیدی است که هزینهٔ گرم کردن و خنک کردن را کاهش خواهند داد و همچنین گلخانه‌هایی با طرحهای جدید و اسکلتهایی که اقتصادیترند پا به عرصه وجود خواهند گذاشت.

1- cold frames
2- hotbeds
3- glass house
4- agteenhouse range
5- head house
6- service building
7- A- shaped
8- Quanset
9- gutter counected
10- FRP
11- acrylic

مکان

اولین نکته‌ای که برای تاسیس یک گلخانه سلسله‌ای باید مدنظر باشد، مکان گلخانه است. در این مورد عوامل زیر باید مورد توجه قرار گیرند:

فضای توسعه

باید در پی قطعه زمینی که بزرگتر از نیازهای اولیه است بود یعنی در ابتدا باید اندازهٔ نهایی گلخانه سلسله‌ای پیش‌بینی گردد و منطقه دیگری نیز باید، به این رقم پیش‌بینی شده اضافه شود تا ساختمان سرویس، انبار و راههای ارتباطی را در آن ایجاد کرد. (دو برابر کردن مساحتی که توسط گلخانه‌ها اشغال می‌شود به‌ندرت حداقل فضای لازم را فراهم می‌آورد) و در نهایت یک فضای اضافی برای احتیاجات پیش‌بینی نشده باید درنظر گرفته شود. برای مثال، ممکن است به دلیل کمبود مواد، لازم باشد که مواد ضروری را انبار و بسته‌بندی کنید یا در آینده به حوضچه‌هایی برای نگهداری آبهایی که از گلخانه‌های سلسله‌ای زهکشی می‌شوند نیازمند باشید، تا بتوانید محتوای تغذیه‌ای آن را، پیش از آنکه به جویها بریزد یا به سفرهٔ آب زیرزمینی بپیوندد، کاهش دهید.

مساحت کف ساختمانهای سرویس که برای شرکتهای کوچک مورد نیازند، باید برابر با ۱۳ درصد مساحت کف گلخانه باشد. این مساحت با گسترش شرکت به مساحتی برابر با ۷/۵ درصد سطح مورد نیاز برای پرورش، کاهش می‌یابد که این امر در مورد شرکتهای بزرگ با مساحت ۳۷۰۰۰ مترمربع صادق است. به‌طور متوسط مساحت ساختمانهای سرویس برابر با ۱۰ درصد سطح مورد نیاز برای پرورش می‌باشد.
(پروفیلد و همکاران ۱۹۸۱)

توپوگرافی

محل ساختمان باید تا حد امکان مسطح باشد تا هزینهٔ تسطیح کاهش یابد. در محل مسطح (هموار) می‌توان گلخانهٔ بزرگی احداث نمود و اتوماسیون را در آن اجرا کرد. به دلیل استفادهٔ گسترده از آب در عملیات گلخانه‌ها، احداث یک سیستم زهکشی مناسب ضروری است.

در مناطقی که زهکشی به سختی انجام می‌شود؛ قرار دادن لوله‌های سفالی در زیر زمین، پیش از آن‌که گلخانه ساخته شود کاری عاقلانه است. همچنین صلاح در این است که محلی با بادشکن طبیعی مثل ردیفی از درختان یا تپه در طرف شمال و شمال غربی برای احداث گلخانه انتخاب شود. در جاهایی که در فصول سرد برف می‌بارد، درختان باید به فاصلهٔ ۲۰ متری از یکدیگر قرار داشته باشند تا بتوانند جلوی توده‌های برف را قبل از رسیدن به گلخانه بگیرند. برای جلوگیری از سایه‌اندازی روی محصول، فاصله درختان از گلخانه، در شرق، غرب یا جنوب باید ۲/۵ برابر ارتفاعشان باشد.

پیش‌بینی‌های لازم در استفاده از زمین برای احداث گلخانه

قوانین منطقه‌ای و مالیاتی بعلت فشارهای ناشی از توسعهٔ حِرَف دائماً در حال تغییرند. چنین تغییراتی باعث خاتمه فعالیت بعضی از گلخانه‌ها شده است که نمونهٔ آن، صنعت گسترده گلخانه‌ای شرق نیویورک است که به فعالیت خود خاتمه داد. توسعهٔ گذشته در منطقهٔ مورد نظر باید به دقت مورد مطالعه قرار گیرد تا مسیر آینده آن مشخص شود. بعضی از دولتهای منطقه‌ای گلخانه‌ها را در زمرهٔ حرفه‌های کشاورزی قرار داده‌اند و آنها را از پرداخت مالیات معاف می‌کنند. دولتهای منطقه‌ای دیگر برای جلوگیری از گسترش بی‌رویه صنعت گل و گیاه از دادن اجازه برای توسعه این صنعت خودداری می‌کنند.

آب و هوا

همان‌طور که قبلاً نیز گفته شد، شرایط آب‌وهوایی تاثیر زیادی بر حرفه باغبانی دارد. جایی که مه دائمی یا آب و هوای نامساعد یا سایهٔ ناشی از واقع شدن در طرف شمالی کوههای بلند وجود داشته باشد به‌طور کل برای پرورش محصولات مناسب نیست. شدت زیاد نور ناشی از ارتفاع زیاد برای محصولاتی نظیر میخک و رز مناسب است ولی برای محصولاتی که نیاز به شدت نور پایین دارند مثل بنفشه آفریقایی[1]، بگونیا[2]، گلوکسینیا[3] و بیشتر گیاهان سبز سودمند نیست. محل گلخانه باید با توجه به محصولاتی که مدنظر است، انتخاب شود. یکی از گلخانه‌های تولید گل میخک که مجبور شد به فعالیت خود در لانگ‌آیلند و نیویورک پایان دهد و به محل مرتفع‌ای در کوههای آپالاچی (در جنوب شرقی ایالات متحده) انتقال یابد مثال خوبی در این زمینه است. این محل، بالاتر از لایه مه صبحگاهی معمول در این منطقه واقع شده است و از شدت نور بالا و درجه حرارت خنک در تابستان یعنی شرایطی که برای پرورش میخک ایده‌آل است برخوردار می‌باشد. تجربیات و یادداشتهای مکرر در حین تولید، عامل انتخاب محل مناسب تولید می‌باشد.

نیروی کار

نیازهای فعلی و آتی نیروی کار، باید بررسی و میزان تامین نیروی کار در منطقه باید مشخص شود. دست‌یابی و تامین نیروی کار، یکی از مشکلات همیشگی در صنعت باغبانی است. به نظر می‌رسد حل این مساله در نزدیکی به مناطق شهری نهفته باشد ولی این امر خود مشکل دست‌مزد بالا را در پی دارد. دستمزد کارگر در گلخانه‌ها کم است و این مسئله باعث شده است که صنایع دیگر پیشرفته از نظر تکنولوژی نسبت به جذب

1- African videt 2- begonia 3- gloxinia

نیروی کار، از این صنعت پیشی گیرند. به‌نظر می‌رسد راه‌حل این مساله، پرداخت حق‌الزحمه بالاتر برای پیروز شدن در رقابت باشد. می‌توان با اجرای اتوماسیون در این صنعت تعداد کارگران را کمتر و تولید را افزایش داد و در نتیجه دستمزد بالای کارگران را تأمین نمود.

در دسترس بودن امکانات در محل احداث گلخانه

محل احداث گلخانه باید در جایی انتخاب شود که راههای حمل‌ونقل در نزدیکی آن قرار داشته باشند. هزینهٔ فروش گل‌وگیاه، تقریباً یک چهارم سود ناخالص عمده‌فروشی است. به حداقل رساندن هزینه‌های حمل‌ونقل با احداث گلخانه در نزدیکی بازار، در مراحل اولیه گسترش حرفه و استفاده از وسایل نقلیه در فواصل طولانی (مانند اتوبوس، کامیون یا هواپیما) در مراحل بعدی و موفقیت‌آمیز توسعهٔ این حرفه، تا حد زیادی این مشکل را حل خواهد کرد.

محل احداث گلخانه، اغلب عامل تعیین‌کننده نوع سوخت مورد استفاده است. در بعضی از مناطق، گاز طبیعی ارزانترین منبع انرژی نسبت به انواع سوخت دیگر است. بعضی از گلخانه‌ها نمی‌توانند از گاز طبیعی استفاده کنند زیرا دور از خط لوله‌های گاز قرار دارند. در یکی از مناطق، جایی که گلخانه برای استفاده از نور بیشتر در ارتفاعات ساخته شد، دوری محل باعث شد که نفت را از یک تانکر بزرگ به یک تانکر کوچک و سرانجام به گلخانه منتقل کنند که این امر منجر به افزایش هزینهٔ نفت گردید.

آب

در احداث گلخانه‌های تجاری، آب یکی از مواردی است که غالباً از نظر دور می‌ماند. قبل از اینکه، محلی خریداری شود، منبع تأمین آب موجود باید از نظر کمیت و

کیفیت آزمایش شود.(به بخش ۷ مراجعه کنید) گاهاً مشاهده می‌شود که گلخانه‌های احداث شده در نواحی ساحلی یا اطراف رودخانه‌ها را به نواحی دیگری که دارای آب باکیفیت بالاتری‌اند انتقال می‌دهند. هزینهٔ جدا کردن یونهایی مثل سدیم، کلراید و بی‌کربنات زیاد است ولی در صورت عدم انجام این امر، به گیاه صدمه وارد می‌شود. مقدار آب نیز همانند کیفیت آن مهم است. زیرا به ازای هر $\frac{۱}{۹}$ مترمربع از سطحی که گیاه در آن رویانده شده در هر بار آبیاری به ۲/۲۵ لیتر آب نیاز است. استفاده از آب چاه بهتر است. زیرا آب شهر اغلب بیش از حد گران است و ممکن است دارای فلوراید و مضر باشد (در بخش ۷ در مورد کیفیت آب بحث خواهد شد). آب برکه یا رودخانه آلوده به عوامل بیماری‌زا است و ممکن است نیاز به ضدعفونی به وسیله کلر داشته باشد.

جهت گلخانه

اسکلت گلخانه‌ها سایه ایجاد می‌کند که اندازه سایه‌ها به زاویه تابش نور خورشید و فصل سال بستگی دارد. تاثیر سایه بر رشد گیاه در زمستان (زمانی که اغلب شدت نور کم است) بسیار زیاد می‌باشد.

گلخانه‌های تک‌واحدی که در عرض‌های بالاتر از $^{\circ}۴۰$ شمالی واقع‌اند باید در امتداد شرق به غرب ساخته شوند تا بتوانند نور آفتاب زمستانی که زاویهٔ تابش پایینی دارد را به نحو مناسبی دریافت کنند. در عرضهای پایینتر از $^{\circ}۴۰$ درجه شمالی، امتداد گلخانه‌ها باید شمالی ـ جنوبی باشد زیرا زاویه تابش نور خورشید به مراتب بیشتر است. گلخانه‌هایی که در امتداد طولشان به هم متصلند، در تمامی عرضهای جغرافیایی باید در جهت شمال به جنوب باشند تا بتوانند اثر سایه را در قسمت شمالی گلخانه کاهش دهند. جهت شمال به جنوب باعث می‌شود که سایه در طول روز در عرض کف گلخانه حرکت کند. در حالی که در جهت شرق به غرب این امر ممکن نیست. ال.جی ماریس در

انگلستان محاسباتی را در عرض جغرافیایی حدود ۵۰° شمالی انجام داده است (جدول ۱ـ۲). این محاسبات تأکید می‌کند که امتداد یک گلخانه تک‌واحدی باید از شرق به غرب باشد. زیرا تفاوت شدت نور به دلیل این که در طول تابستان که زاویه تابش نور خورشید زیاد است، کم می‌باشد و این تفاوت در زمستان یعنی زمانی که شدت نور موضوع مهمی بشمار می‌رود، بسیار بیشتر است.

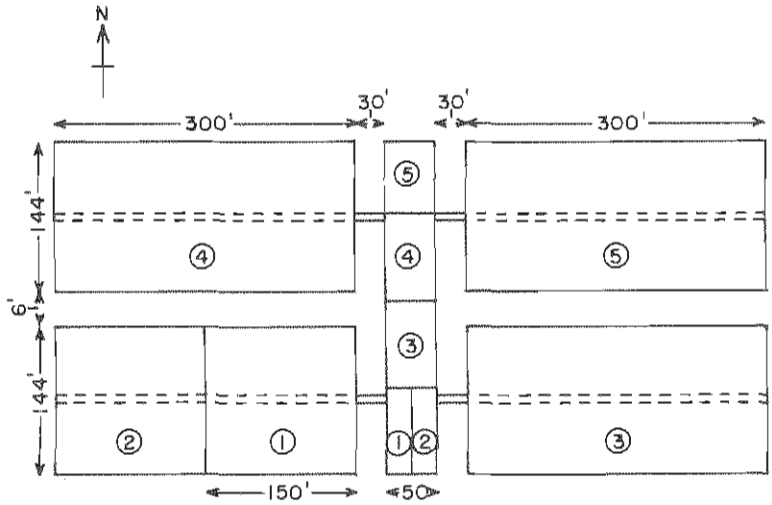
جدول ۲ـ۱ـ درصد انتقال

جهت	وسط تابستان	وسط زمستان
شمال ـ جنوب	۶۴	۴۸
غرب ـ شرق	۶۶	۷۸

نقشه گلخانه

نقشهٔ گلخانه‌ای که انتظار می‌رود گسترش بیشتری در آینده داشته باشد، بسیار مهم است. اگر زمین شیب‌دار باشد، عملیات ساختمانی باید در نقطه وسط شیب (ارتفاع متوسط) شروع شود. به این ترتیب که عملیات تسطیح را از این نقطه شروع کرده و فضای لازم را برای احداث و گسترش گلخانه‌های سلسله‌ای فراهم می‌کنیم (مانند طرحی که در شکل ۱ـ۲ آمده است.) این نوع روش اجازه افزودن ساختمانهای سرویس و گلخانه‌های دیگر را بدون اینکه نیازی به جابجایی ساختمانهای قبلی یا متمرکز کردن ساختمانهای سرویس باشد، را می‌دهد. ساختمان مرکزی سرویس بصورت یک طرح تقریباً مربع‌شکل که در آن فواصل برای جابه‌جایی گیاهان و مواد به حداقل بنا می‌شود.

درهای بین گلخانه‌ها و ساختمان سرویس باید ۲/۷ متر ارتفاع و ۲/۴ متر عرض



شکل ۱ـ۲ـ چنین نقشه‌ای موجب می‌شود که احداث گلخانه‌های تجاری در پنج مرحله انجام شود. مراحل ساخت در پنج مرحله به دنبال هم شماره‌گذاری شده‌اند. گلخانه‌ها توسط فواصلی به عرض ۹ متر از هم جدا می‌شوند تا از به‌وجود آمدن سایه در نواحی رویش گیاهان جلوگیری بعمل آید.

داشته باشد تا وسایلی مثل تراکتور بتوانند از آن رد شوند. گلخانه باید در جهت شمال ـ جنوب بوده و طول آن باید ۴۴ متر باشد. ساختمان سرویس باید دارای عرض ۴/۹ متری باشد تا بتوان از درهایی با عرض ۳/۷ و ارتفاع ۴/۲ استفاده کرد. چنین درهایی برای عبور تریلر و کامیونهایی که برای تخلیه مواد اولیه و هم‌چنین ارسال گیاهان لازم‌اند، مناسب می‌باشند.

گلخانه‌های شیشه‌ای

تا قبل از سال ۱۹۵۰ فقط گلخانه‌های شیشه‌ای وجود داشت. امروزه، این گلخانه‌ها از پرهزینه‌ترین انواع گلخانه‌ها هستند. اگرچه، چنین ساختمانهایی ۱۰۰ سال و با نگهداری صحیح، حتی‌بیش از این نیز دوام می‌آورند، هزینه متوسط آنها به دلیل مصرف زیاد سوخت، بیشتر از گلخانه‌های ساخته شده با ورقه‌های نازک پلاستیکی

است. با توجه به کاربرد و برآورده کردن نیازهای مشخص، چند نوع از گلخانه‌های شیشه‌ای طراحی می‌شوند.

گلخانهٔ یکطرفه و نیمه دوطرفه در کنار ساختمان بنا می‌شود و مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۲ـ۲ الف) در این سبک بهترین استفاده از نور خورشید بعمل می‌آید. و نیاز به سقف را به حداقل می‌رسد. گلخانه دوطرفه که دو سقف با پهنای مساوی دارد. (شکل ۲ـ۲ ب). امروزه این سبک به ندرت به کار می‌رود. زیرا این گلخانه‌ها با اتوماسیون سازگار نیستند. چنین گلخانه‌های منفردی که از همدیگر جدا هستند، با آب و هوای سرد سازگاراند زیرا برف به آسانی از سقفهای آنها سُر می‌خورد و به پائین می‌ریزد. طرح جوی و پشته‌ای، به دو یا چند گلخانه A شکل گفته می‌شود که به هم متصل شده‌اند (شکل ۲ـ۲ د). ناودانها همچون جوی یا زهکش برای انتقال باران یا برف ذوب شده به کار می‌روند. در این سبک، دیوار بین گلخانه‌ها برداشته می‌شود و به این ترتیب ساختمانی پدید می‌آید که دارای یک فضای داخلی بزرگ و واحد است. داشتن یک فضای داخلی واحد، نیروی کار را کم، هزینه اتوماسیون را پایینتر، مدیریت پرسنل را بهتر و مصرف سوخت را کاهش می‌دهد. زیرا سطحی که در معرض هوای آزاد است و گرما از آن به بیرون می‌رود کاهش می‌یابد. در ساخت اسکلت این گلخانه‌ها، وزن برف را باید مدنظر داشت. برف در این گلخانه‌ها نمی‌تواند مثل گلخانه‌های جدا و منفرد سُر بخورد و به پائین بریزد بلکه باید ذوب شود. معمولاً به همین منظور لوله‌های حرارتی، زیر ناودانها قرار می‌گیرند. علیرغم وزن برف، گلخانه‌های جوی و پشته‌ای به‌طور موثری در کشورهای شمالی اروپا و کانادا مورد استفاده قرار می‌گیرند.

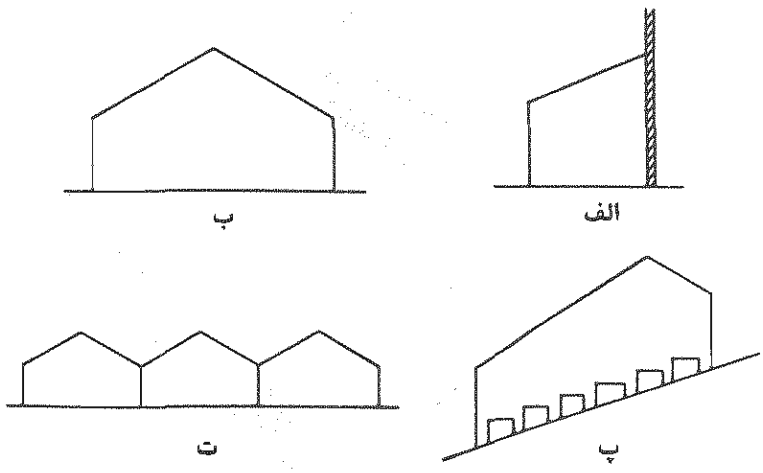
اساساً این سه نوع اسکلت در اندازه‌های مختلف و مواد متفاوتی ساخته می‌شوند. برای گلخانه‌هایی با پهنای ۶ متر، از اسکلتهای چوبی استفاده می‌شود. ستونها و تیرهای کناری (بدون اینکه از ستونهای عمودی وسط استفاده شود) از چوب ساخته می‌شوند.

گلخانه‌های گسترده‌تر به اسکلتی محکمتر نیاز دارند. برای گلخانه‌هایی با پهنای حدوداً ۱۲ متری، اسکلت‌های لوله‌ای[1] مناسبند. (شکل ۴ـ۲ الف). تیرهای کناری، ستونها، تیرک‌های عرضی افقی و تیرک‌های طولی افقی از لوله ساخته شده‌اند و باز هم ستون عمودی وسط استفاده نشده است. اجزای لوله از داخل گلخانه به هم مرتبط نیستند ولی برای استقرار و استحکام باید به قاب پنجره، متصل باشند. اغلب گلخانه‌هایی که پهنای آنها بیش از ۱۵ متر است بر روی اسکلت خرپایی (سوله‌ای) ساخته می‌شوند (شکل ۳ـ۲ ب و ۴ـ۲). اجزای فولادی پهن و لوله‌ای یا آهن‌آلات در زوایایی به هم می‌پیوندند تا (اسکلتی) خرپایی (سوله‌ای) بسازند که در محل اتصالات بستها و شمع‌ها هستند. شمع‌ها، اجزای حمایت‌کننده در مقابل فشار هستند. در حالی که بستها، اجزای حمایتی در مقابل کشش‌اند. تیرک‌های طولی افقی تحت آن زاویه‌ای که در طول گلخانه امتداد دارند به اسکلت سوله چفت می‌شوند. چهارچوبی که به این ترتیب ساخته شده است می‌تواند بدون حمایت قاب پنجره‌ها بایستد. ستونهای وسط فقط در اسکلتهای بسیار وسیع سوله‌ای که ۲۱ متر و یا بیشتر پهنا دارند به‌کار می‌روند.

امروزه، گلخانه‌های شیشه‌ای بیشتر از نوع سوله‌ای‌اند. گلخانه‌های دارای اسکلت سوله‌ای بیشتر بخاطر اینکه اقتصادیترند و براحتی ساخته می‌شوند، مدنظر می‌باشند. همچنین اتوماسیون، در گلخانه‌های بزرگی که استحکام زیادی دارند، قابل اجرا است.

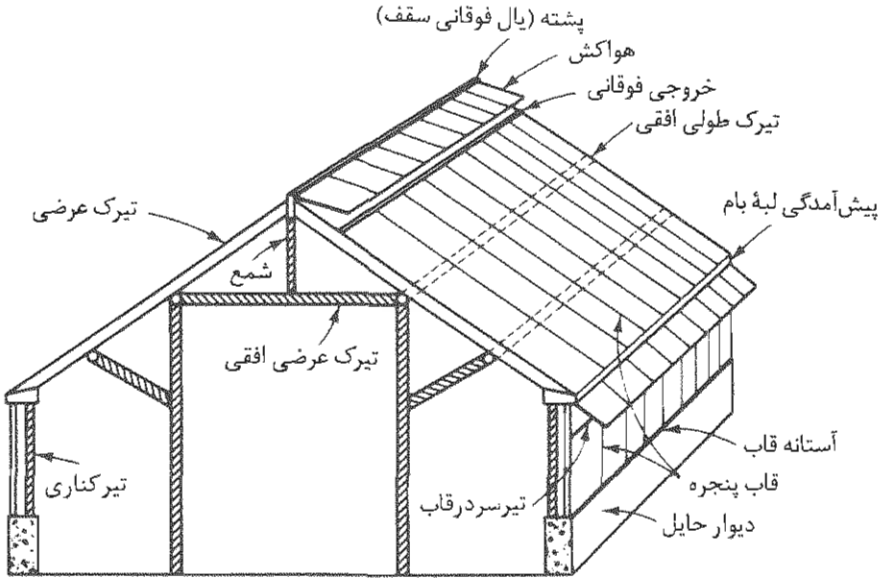
شیشهٔ گلخانه به قاب پنجره متصل می‌شود، در اوایل قابها فقط از چوب ساخته می‌شوند که بیشتر از چوب سرو و سرخدار بودند. چوب مزبور هر چند وقت به رنگ کردن نیاز داشت تا بتوان از پوسیدگی آن جلوگیری کرد. در حالت عادی، بخشهای بیرونی هر

1- Pipe Frames

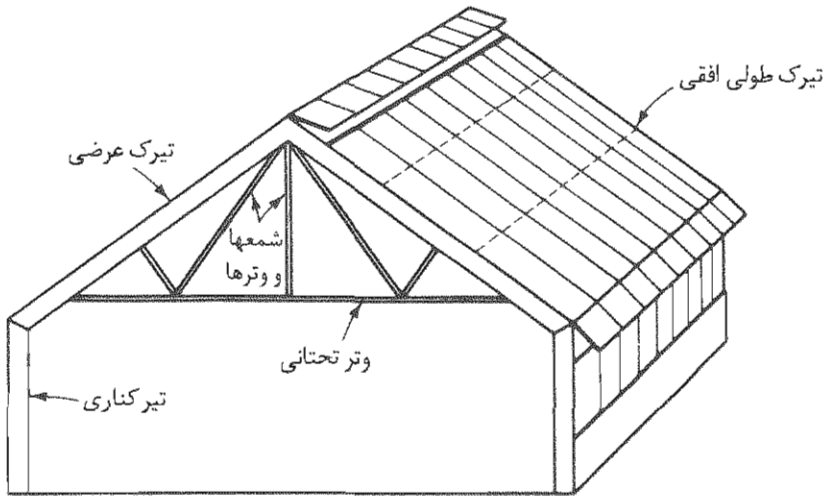


شکل ۲ـ۲ـ چهار طریقه اصلی ساخت گلخانه : **الف)** یکطرفه **ب)** دوطرفه **پ)** نیمه دوطرفه **ت)** جوی و پشته‌ای.

دو سال و بخشهای داخلی آن هر پنج تا ده سال یک‌بار رنگ می‌شوند. اما این کار پرهزینه است. قابها و هواکشهای آلومینیومی در اول سالهای دههٔ ۱۹۵۰ به بازار عرضه شد. گلخانه‌های تمام‌فلزی ساخته شده، در اوایل بسیار گران بودند ولی به سرعت به رقابت با گلخانه‌هایی که قاب چوبی داشتند برخاستند. گلخانه‌های تمام‌فلزی از نظر نگهداری هزینهٔ کمتری دارند زیرا نیاز به رنگ کردن ندارند. امروزه در عمل تمام اسکلت گلخانه‌های شیشه‌ای از فلز ساخته می‌شوند. همچنین آلومینیوم به همراه قابهای چوبی مورد استفاده قرار گرفت یعنی روپوش آلومینیومی برای پوشاندن آن بخش از قابها که در خارج گلخانه قرار داشتند، مورد استفاده قرار گرفت و به این ترتیب، دیگر نیازی به رنگ کردن بخش خارجی قابها نیست. (شکل ۵ـ۲). برای پوشاندن قابها با چنین روپوشهایی نیاز به نیروی کار قابل ملاحظه‌ای است ولی مزیت آن، ارزش این کار را دارد. پیش از به کارگیری این روپوش‌ها، صفحه‌های شیشه‌ای به صورت متمایل به کار رنگ کردن بخش خارجی قابها نیست. (شکل ۵ـ۲). برای پوشاندن قابها با چنین روپوشهایی

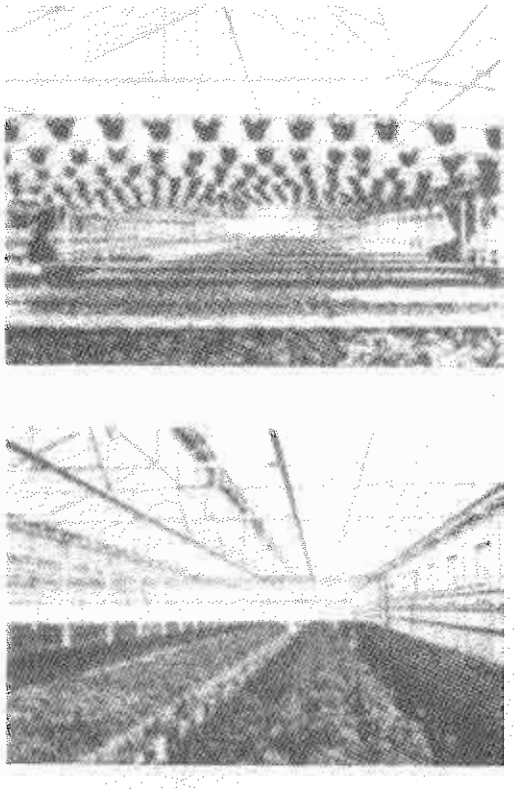


الف



ب

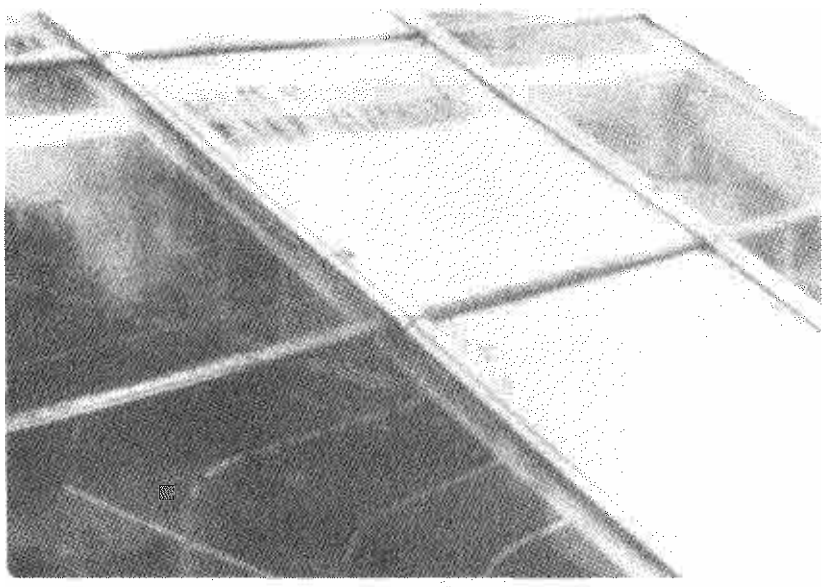
شکل ۳ـ۲ـ اجزای ساختمانی الف) گلخانه دارای اسکلت سوله‌ای و ب) گلخانه دارای اسکلت سوله‌ای که طرح آن تا حدودی در احداث گلخانه به‌کار می‌رود **پ)** تیرهای کناری، تیرک عرضی، وترها، شمع‌ها اجزای اسکلت سوله‌ای می‌باشند.



شکل ۴ـ۲ـ الف) نمای بالا از گلخانهٔ جوی و پشته‌ای دارای اسکلت سوله‌ای **ب)** نمای پایینی از گلخانه دارای اسکلت سوله‌ای

نیاز به نیروی کار قابل ملاحظه‌ای است ولی مزیت آن، ارزش این کار را دارد. پیش از به‌کارگیری این روپوش‌ها، صفحه‌های شیشه‌ای به صورت متمایل به‌کاررنگ کردن بخش خارجی قابها نیست. (شکل ۵ـ۲). برای پوشاندن قابها با چنین روپوشهایی نیاز به نیروی کار قابل ملاحظه‌ای است ولی مزیت آن، ارزش این کار را دارد. پیش از به‌کارگیری این روپوش‌ها، صفحه‌های شیشه‌ای به صورت متمایل به‌کارمی‌رفتند تا استحکام گلخانه را افزایش دهند. از آنجائیکه انتهای پایینی هر روپوش برای نگهداری لبه‌های پایینی صفحه‌های شیشه‌ای در هر دو طرف قاب و جلوگیری از لغزیدن آنها تا میخورند، شیشه‌ها، باید در حال حاضر به ردیفهای موازی باشند و فقط از شیشه‌های کامل

استفاده شود. اجزای ساختمانی گلخانه‌ها سایه‌هایی به‌وجود می‌آورند که رشد گیاه را در طی ماههای تاریک سال کاهش می‌دهد. می‌توان از قابهای آلومینیومی که محکمتر از انواع چوبی است استفاده کرد و به این ترتیب از صفحه‌های شیشه‌ای عریضتر به همراه میله‌های آلومینیومی بهره گرفت.



شکل ۵ـ۲ـ روپوشهای آلومینیومی روی قابهای چوبی قرار می‌گیرند و آنها را در مقابل پوسیدگی حفظ کرده و نیاز به نقاشی را مرتفع می‌سازند و سایه‌ای که ایجاد می‌کنند، شدت نور داخلی را در طول تابستان کاهش می‌دهد.

در ابتدا پهنای شیشه‌های مورد استفاده در گلخانه ۴۱ سانتیمتر بود ولی بتدریج شیشه‌هایی با پهنای ۵۱ سانتیمتر، ۶۱ سانتیمتر، ۷۳ سانتیمتر، ۹۱ سانتیمتر و ۱۰۰ سانتیمتر ساخته شد. و اکنون در اروپا با این پهناها، در بازار یافت می‌شود. و طول آن در ابتدا ۴۶ سانتیمتر بوده ولی، امروزه به ۹۱ـ۷۶ سانتیمتر رسیده است و حتی می‌توان شیشه‌هایی را با طول ۱/۴۵ متر در آمریکا و ۱/۶۵ متر در گلخانه‌های هلندی مشاهده کرد که با ضخامت ۳/۱۷۵ میلیمتر و با استحکام دو برابر نسبت به شیشه‌های قبلی در

گلخانه‌ها به کار می‌روند.

اخیراً شیشه‌ها به قیمت ۰/۸۵ دلار به ازای هر $\frac{۱}{۹}$ مترمربع به فروش می‌رسند. صفحه‌های شیشه‌ای بزرگتر در گلخانه‌های هلندی بسیار محکمتر بوده و به ضخامت ۴ میلیمترند. شیشه‌های مشجر (شیشهٔ دارای سطح زمخت و ناهموار) در گلخانه‌های هلندی به کار می‌رود. این شیشه نور را پراکنده می‌کند، به‌طوری که شدت آن در تمام فضای گلخانه‌ها یکسان است و به رشد یکنواخت محصول منجر می‌شود. به دلیل میزان بالای شکستگی در حین ارسال و جابه‌جایی از شیشهٔ مشجر کمتر استفاده می‌شود. اغلب از شیشه دارای آهن کم در گلخانه‌های رز (به علت انتقال زیاد نور توسط آن) استفاده می‌شود که میزان انتقال نور آن (۹۲ـ۹۰ درصد) در مقابل شیشه بدون فلز (۸۸ درصد) بیشتر است. شیشه دارای آهن کم به میزان یک دلار برای هر ۳۰ سانتیمترمربع به فروش می‌رسد. گلخانه‌های شیشه‌ای امروز را می‌توان در تصویر بالا (شکل ۴ـ۲ الف) یا تصویر پایین (شکل ۴ـ۲ ب) مشاهده کرد. در هلند گلخانه‌هایی که در تصویر پایین مشاهده می‌شوند بیشترین محبوبیت را دارند. ناودانها، تقریباً به فاصله ۳/۲ متر از یکدیگرند و هر واحد شیشه‌ای از ناودان تا لبه امتداد پیدا می‌کند. در تصویر پائین تا حدودی سطح کمتری در معرض هوا قرار می‌گیرد به این طریق، هزینهٔ سوخت کاهش می‌یابد. به‌هرحال گفته می‌شود که خنک کردن این گلخانه‌ها در آب و هوای گرم یعنی جایی‌که دستگاه تهویه[1] مورد نیاز است، هزینهٔ بیشتری دارد. خنک کردن از طریق هواکش آنچنان موثر نیست و این به دلیل ارتفاع کم زمین از هواکش است و به همین جهت خنک کردن با دستگاه تهویه، به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. در آمریکای شمالی، اخیراً هر دو گلخانهٔ موجود در تصویر پایین و بالا عمومیت پیدا کرده است. به‌نظر می‌رسد که قیمت، عامل تعیین‌کننده‌ای در محبوبیت نسبی

1- fan

این گلخانه‌ها باشد. گلخانه‌های موجود در تصویر بالا با قابهای ویژه که دو و یا حتی سه لایهٔ شیشه‌ای را نگه می‌دارند اکنون ساخته می‌شوند این لایه‌ها یک یا دو فضای‌مرده هوا[1] به‌وجود می‌آورند که‌باعث نگهداری گرما می‌شود. (به جدول ۱ـ۳ نگاه کنید.)

گلخانه‌های پوشیده از ورقه‌های نازک پلاستیک

نقش:

برای پوشاندن گلخانه‌ها از ورقه‌های نازک پلاستیکی مانند پلی‌اتیلن، پلی‌استر، پلی‌کلریدوینیل (P.V.C)، پلی‌فلوئوریدوینیل (P.V.F) استفاده می‌شود. امروزه به دو دلیل عمده از پلی‌اتیلن استفاده می‌شود. اولاً، این پلاستیک را می‌توان روی اسکلتهای دائمی گلخانه به‌کار برد که خود، صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای با توجه به هزینه گلخانه‌های شیشه‌ای است. حتی می‌توان پلاستیک را روی اسکلتهای کم‌دوام نظیر آنهایی که در گلخانه‌های کوانست[2] به‌کار می‌روند، مورد استفاده قرار داد. دوم، هزینه حرارتی این گلخانه‌ها در مقایسه باگلخانه‌های شیشه‌ای یک لایه‌ای یاگلخانه‌های FRP ۴۰ درصد پایینتر است. استفاده از پلاستیک پلی‌اتیلن در اواخر دهه ۱۹۳۰ در انگلستان گسترش یافت و حدوداً تا اواسط این قرن، از آن بیشتر در پوشاندن گلخانه‌ها استفاده می‌شد. در ایالات متحده، حدود ۱۶ هکتار از گلخانه‌ها در اواسط دههٔ ۱۹۵۰ و حدود ۹۲۰ هکتار تا اواسط دهه ۱۹۶۰ و ۱۹۲۰ هکتار در سال ۱۹۷۷ دارای پوشش پلاستیکی بودند. امروزه گلخانه‌های پلاستیکی پلی‌اتیلن کسر بسیار بزرگی از گلخانه‌های موجود در ایالات متحده را به خود اختصاص می‌دهد. اما، محبوبیت آنها در

1- dead air spaces 2- Quonset

اروپای شرقی زیاد نیست. ورقه‌های نازک پلاستیکی در مقایسه با شیشه و FRP، علاوه بر مزایا، معایبی نیز دارند یعنی در مقایسه با شیشه و FRP این مواد پوششی عمر کوتاهی دارند. ورقه‌های نازک پلی‌اتیلنی که دارای بالاترین کیفیت، مقاوم به نور ماورای بنفش (UV) و ضخامت ۰/۱۵ میلیمترند، چهار سال دوام می‌آورند. اشعه ماورای بنفش نور خورشید باعث شکنندگی و تیرگی پلاستیک می‌شود و در نهایت موجب پارگی آن می‌گردد ولی زمان مورد نیاز برای پوشاندن گلخانه‌های کوانست به ابعاد ۹/۱ متر در ۳۰ متر کم است (حدود ۸ ساعت) به‌هرحال با مدیریت صحیح، صرفه‌جویی در سوخت و همچنین خرید مواد اولیه با قیمت کم، هزینهٔ تولید در گلخانه‌های ساخته شده با ورقه‌های نازک پلاستیکی کمتر از گلخانه‌های شیشه‌ای است.

انواع پوششهای پلاستیکی

پلی‌اتیلن، بیشترین مورد استفاده را در پوشش گلخانه‌ها دارد. تقریباً تمام گلخانه‌های اخیر دو لایه‌اند. لایهٔ بیرونی معمولاً شش میل ضخامت دارد. در حالی‌که لایهٔ درونی ممکن است ۰/۱ یا ۰/۵ میلیمتر ضخامت داشته باشد. پلی‌اتیلن مورد استفاده برای پوشاندن گلخانه حاوی ماده ضد UV (اشعه ماورای بنفش) هستند. در غیر این صورت، چنین ورقه نازکی فقط می‌توانست به مدت یک فصل گرما دوام بیاورد. طول عمر معمول این ورقه‌ها ۳ سال است. و اخیراً نوعی ورقهٔ پلاستیکی تولید شده است که ۴ سال عمر دارد و به بازار نیز عرضه شده است. پلی‌اتیلن حاوی ماده ضد UV در پهنای ۱۵/۲ متر (به صورت صفحه‌های مسطح) و ۷/۶ متر به صورت توپ[1] موجودند. طولهای استاندارد این ورقه‌ها در توپ، شامل ۳۰/۵، ۳۳/۵، ۴۵/۵ و ۶۷ متر می‌باشد. پوشش

1- roll

پلی‌اتیلنی در زمستان سردتر از هوای داخل گلخانه است. وقتی هوای گرم و مرطوب گلخانه با پلی‌اتیلن سرد تماس پیدا می‌کند، سرد می‌شود. در نتیجه بخار آب روی سطح پلی‌اتیلن به مایع تبدیل شده و از آنجا که سطح دافع آب است قطرات آب به پایین لغزیده و به هم می‌پیوندند و قطرات بزرگتری تشکیل می‌دهند که به پایین می‌رود و روی گیاهان می‌افتند. گیاهان مرطوب سریعتر بیمار می‌شوند و باعث گسترش بیماریها می‌شوند و در عین حال با افزایش رطوبت خاک میزان اکسیژن آن کمتر می‌شود. اگر سطح پلاستیک، آب را سریعتر دفع می‌کرد، بخار متراکم به‌صورت قطرات ریز درمی‌آمد که به سرعت به طرف سطح زمین جاری می‌شد. اسپری کردن سطح با یک مادهٔ پاک‌کننده این تاثیر سودمند را خواهد داشت. ولی ماده پاک‌کننده، خیلی سریع از روی سطح شسته می‌شود. مایعی به نام[1] موجود است که وقتی با آب رقیق شود و در سطح پلاستیک اسپری شود، دوام خواهد داشت و کار مادهٔ پاک‌کننده را می‌کند. هزینهٔ اسپری هر مترمربع از سطحی که اسپری می‌شود ۰/۰۷۵ دلار است.

نتیجهٔ دیگری که از این اسپری کردن به دست می‌آید، جلوگیری از کاهش انتقال نور است. امروزه صفحات پلی‌اتیلن و همچنین FRP، اکریلیک[2] و پلی‌کربنات که با صفحات ضدّمه پوشانده می‌شوند در دسترسند. در شب، هر چیز گرم، مثل گیاهان، انرژی نورانی مادون قرمز (تابشی) به اطراف می‌تاباند. این وضعیت باعث می‌شود که مقادیر زیادی از گرما در گلخانه‌ها از دست برود. پلی‌اتیلن مانع ضعیفی در برابر نور مادون قرمز (IR) است. به کار بردن مواد نگهدارنده مادون قرمز (IR) در ساختن پلی‌اتیلن، باعث نگهداری حدوداً نصف گرمای تابشی خواهد شد. در شبهای صاف و سرد، به این وسیله تا حدود ۲۵ درصد از کل گرمای تابشی که از دست می‌رود را می‌توان در گلخانه نگه داشت و در شبهای ابری فقط می‌توان حدود ۱۵ درصد را ذخیره کرد. نوری که در عمل فتوسنتز

1- Sun clear 2- acrylic

مورد استفاده قرار می‌گیرد، تابش موثر فتوسنتز (PAR) نامیده می‌شود. که دارای طول موج ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر است. انتقال PAR از میان پلی‌اتیلن را می‌توان، با توجه به نوع و مواد شیمیایی اضافه شده در پلی‌اتیلن تغییر داد. (جدول ۲ـ۲) پلی‌اتیلنهایی که از عبور نور ماورای بنفش جلوگیری می‌کنند، به‌طور متوسط حدود ۸۷ درصد از PAR را منتقل می‌کنند. پلی‌اتیلنهایی که مانع عبور IR می‌شوند و اتلاف گرمای تابشی را کاهش می‌دهند، حدوداً ۸۲ درصد از PAR را منتقل می‌کنند. مقدار نور عبور یافته از میان دو لایه‌ای که گلخانه را پوشانده در حدود مربع کسری اعشاری (کوچک‌تر از واحد) است که از یک لایه می‌گذرد. جایی که ۸۷ درصد (۰/۸۷) از میان یک لایه پلی‌اتیلن مانع UV می‌گذرد، فقط ۷۶ درصد (۰/۸۷×۰/۸۷) از میان دو لایه می‌گذرد. انتقال PAR از میان دو لایه پلی‌اتیلن جاذب IR، ۶۷ درصد است. از آنجائیکه پلی‌اتیلن دولایه‌ای نور کمتری از شیشهٔ یک‌لایه‌ای منتقل می‌کند، جای این پرسش باقی است که آیا نور کمتری در گلخانه پلی‌اتیلنی وجود دارد یا نه؟ کوزای و همکاران (۱۹۷۸) مدلی مشابه با یک گلخانه شیشه‌ای که در عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۴۱ دقیقه شمالی واقع است درست کردند. اگرچه آنها انتقال نور ۸۶ درصد را با زاویهٔ ۹۰ درجه انتظار داشتند. انتقال نور برای کل گلخانه بین ۵۰ درصد تا ۶۰ درصد متغیر بود که بستگی به فصل و جهت گلخانه داشت. تفاوت بین ۶۰ و ۸۶ درصد به دلیل زاویهٔ تابش نور، قاب پنجره‌ها و اجزای ساختمانی می‌باشد و این مساله می‌تواند تا حد زیادی، اختلاف انتقال نور را از میان دولایه پلی‌اتیلن و یک لایه از شیشه را کم کند.

اخیراً در تکنولوژی تولید پلی‌اتیلن از فرایند ساخت همزمان استفاده می‌شود. در این فرآیند سه مایع رزینی، همزمان با هم شکل می‌گیرند. به‌طوری که این پلاستیک می‌تواند سه ماده شیمیایی متفاوت را در خود داشته باشد. در ورقه‌های نازک سه لایه کنونی، قسمت درونی حاوی مادهٔ ضدّمه است. این ماده شیمیایی کاملاً با پلی‌اتیلن سازگار نیست و نیروهای دافع باعث می‌شوند که عامل مزبور از بخش درونی و از میان

دولایه پلی‌اتیلن بیرونی که این عامل را نگه نمی‌دارد، به آسانی خارج شود و به همین دلیل این پلاستیک فقط چند سال دوام می‌آورد.

ماده شیمیایی بازدارنده IR نیز در بخش درونی قرار می‌گیرد. این ماده شیمیایی باعث کم دوام شدن پلی‌اتیلن می‌شود. اگر پلی‌اتیلنی که محتوی این ماده است، کشیده شود، تیره می‌شود. با کم کردن عامل بازدارنده IR در بخش درونی، می‌توان به پلاستیک سه لایه‌ای دست یافت که به‌طور عجیبی محکم و شفاف بوده و تا حدود زیادی مشکل تیره شدن در آن برطرف شده است. همچنین این عمل استحکام کلی ورقه را بیشتر از ورقهٔ استانداری که (سه سال دوام می‌کند و) دارای همان ضخامت است، می‌نماید. بعضی از ورقه‌های سه‌لایه‌ای، زمانی که دارای ضخامت ۶ میل (۰/۱۵ میلیمتر)اند و در روی یکی از لایه‌های پوششی درونی یا بیرونی گلخانه قرار می‌گیرند به مدت چهار سال دوام می‌آورند. ورقه‌های دارای ضخامت ۴ میلی (۰/۱۰ میلیمتری) نیز اگر در زیر ورقه ۶ میلی بازدارنده UV به‌کار روند به مدت چهار سال دوام می‌آورند. ورقه چهار میلی سه‌لایه‌ای به اندازه کافی محکم است تا بتواند با طول عمر ورقه‌های اخیر سه ساله و ۶ میلی برابری کند. ورقه‌های متوسط پوششهای پلی‌اتیلن ۶ میلی سه ساله به ازای هر مترمربع، ۰/۰۷۵ دلار برای بازدارنده UV، ۰/۸۹ دلار برای بازدارنده UV به همراه ضدّمه و ۱/۰۲ دلار برای بازدارندهٔ UV به همراه بازدارندهٔ IR می‌باشد. قیمت ورقه‌های سه‌لایه‌ای ۶ میلی چهار ساله معادل ۰/۷۹، ۰/۸۹ و ۱/۰۹ دلار به ازای هر مترمربع با توجه به موارد فوق است چندین شرکت ساخت گلخانه‌ها را می‌توان برای پوشش مجدد گلخانه‌ها استخدام کرد. قیمتها بین ۹۰ تا ۱۸۰ سنت به ازای هر مترمربع از زمین متغیرند.

وینیل ـ پوششهای وینیل مقاوم به نور ماورای بنفش مانند پلی‌کلریدوینیل با ضخامت‌های ۰/۲۰ و ۰/۳۰ میلیمتر به ترتیب به مدت ۴ و ۵ سال دوام می‌آورند. این طول عمر در سالها پیش، وقتی که پلی‌اتیلن فقط یک یا دو سال دوام می‌آورد، مزیت

عمده‌ای بود. با ظهور پلی‌اتیلن چهار سالهٔ اخیر، این امر دیگر مزیت محسوب نمی‌شود. قیمت وینیل ۰/۳۰ میلیمتری ۱۹۳/۵ سنت به ازای هر مترمربع است که سه برابر پلی‌اتیلن ۰/۱۵ میلیمتری است. اگرچه ورقه وینیل در توپ‌هایی[1] که تا ۱/۲۷ متر عرض دارند، تولید می‌شود. ولی تهیه‌کننده می‌تواند نوارهای وینیل را به هم بچسباند. پوششهای وینیل قابلیت تجمع الکتریسیته ساکن را دارند که باعث جذب و نگهداری غبار می‌شود و این به نوبهٔ خود انتقال نور را کاهش می‌دهند، مگر اینکه شسته شوند. ورقه‌های وینیل در آمریکا به‌طور گسترده به‌کار برده نمی‌شود. پلی‌استر ـ پوشش پلی‌استر با مارک مایلر که محکم و بادوام بود برای مدتی به بازار عرضه شد. چنین پوششهایی با ضخامت ۰/۱۳ میلیمتر، برای سقفها به‌کار رفتند و چهار سال دوام داشتند. در حالی‌که پوششهای ورقه‌ای ۰/۰۸ میلیمتری که در روی دیوارهای عمودی به‌کار می‌رفتند، طول عمر هفت ساله داشتند. اگرچه قیمت مایلر بالاتر از پلی‌اتیلن بود ولی با توجه به طول عمر اضافی آن از نظر اقتصادی بصرفه بود. مزیتهای دیگر آن شامل انتقال نور برابر با شیشه و عدم تجمع الکتریسیته ساکن (که غبار را جمع می‌کند) است. در اواسط دهه ۱۹۶۰ برای مایلر استفاده‌های صنعتی دیگری پیدا شد و به زودی قیمت آن به قدری افزایش یافت که دیگر در گلخانه از آن استفاده نشد. به‌هرحال هنوز هم پلی‌استر به‌عنوان پرده‌های نگهدارنده گرما (به دلیل ظرفیت بالای آن در نگهداری انرژی تابشی) به‌کار می‌رود.

پلی‌فلورید وینیل (PVF)[2]

جدیدترین نوع از پوششهای پلاستیکی برای پوشاندن گلخانه‌ها، پلی‌فلورید وینیل (PVF) است که با مارک تجارتی تدلر[3] در دسترس است (شکل ۶ـ۲). در عمل این ورقه،

1- roll 2- Polyvinyl Fluoride 3- Tedlar

جدول ۲ـ۲ـ میزان انتقال نور برای پوششهای مختلف گلخانه‌ای

پوشش	تعداد لایه	درصد انتقال
شیشه (حاوی فلز با دو برابر استحکام، ۳/۲ میلیمتر)	۱	۸۸
	۲	۷۷
شیشه (با درصد کم آهن، ۳/۲ میلیمتر)	۱	۹۰ـ۹۲
	۲	۸۱ـ۸۵
FRP (شفاف، ۰/۶۴۰ میلیمتر)	۱	۸۱
	۲	۷۷
پلی‌اتیلن (جاذب U.V.، ۰/۱۰ یا ۰/۱۵ میلیمتر، ۴ تا ۶ میل)	۱	۸۷
	۲	۷۶
پلی‌اتیلن (جاذب IR، ۰/۱۰ یا ۰/۱۵ میلیمتر، ۴ تا ۶ میل)	۱	۸۲
	۲	۶۷
وینیل شفاف	۱	۹۷
وینیل مات	۱	۸۹
ورقه پلی‌فلوریدوینیل (۰/۱۰ میلیمتر)	۱	۹۲
	۲	۸۵
صفحات اکریلیک (۸ یا ۱۶ میلیمتر)	۱	۸۳
صفحات پلی‌کربنات (۶ یا ۸ میلیمتر)	۲	۷۹

همچون پوشش محافظ روی صفحات FRP برای سالیان زیادی به کار می‌رود. طول عمر برآورد شده ۱۰ سال یا بیشتر است. انتقال نور از ورقه‌های ۴ میلی (۰/۱۰ میلیمتری) PVF، ۹۲ درصد است که بیشتر از شیشه که عموماً در گلخانه‌ها به کار می‌رود، است. PVF به صورت توپهای ۰/۰۵ + ۰/۰۸ میلیمتری در دسترس است. ترکیب ۰/۰۵ + ۰/۰۸

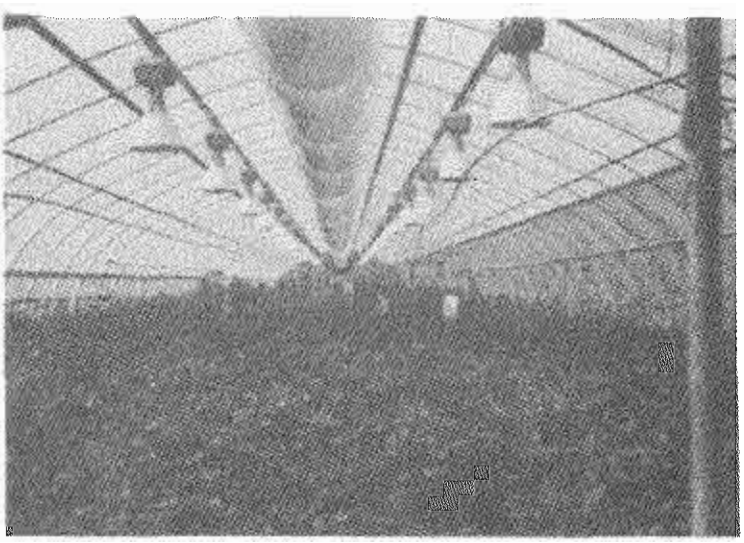
میلیمتری در شرایط معمولی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حالی‌که ترکیب ۰/۰۵ + ۰/۱۰ میلیمتری برای شرایطی با شدت نور بالا به‌کار می‌رود. PVF چهار میلی (۰/۱ میلیمتری) چهار برابر از نظر مقاومت کششی از پلی‌اتیلن ۶ میلی (۰/۱۵ میلیمتری) قویتر است. توپهای PVF در عرضهای ۲/۶، ۳/۰ و ۳/۲ متری و در طولهایی تا ۶۷ متر موجودند.

قیمت فعلی برای ورقه‌هایی با ترکیب ۰/۰۵ + ۰/۰۸ میلیمتری، ۷/۸۶ دلار به ازای هر مترمربع است. یک توپ پلی‌اتیلن دوبل، (۰/۱۵ میلیمتری، ضدّمه، با عمر سه ساله) حدوداً ۱/۷۲ دلار در هر مترمربع قیمت دارد. می‌توان با استفاده از PVF (به دلیل برطرف کردن نیاز دوباره پوشاندن که در هر ۱۰ سال، ۲/۳ بار تکرار می‌شود و نیز به علت رشد بیشتر محصولات در شرایط نور بالا) به صرفه اقتصادی دست یافت در هر مترمربع از مساحت سطح گلخانه (نه مساحت کف)، هزینه دوباره پوشاندن یک گلخانه پلی‌اتیلن دولایه‌ای معادل ۱/۰۸ دلار برای نیروی کار و ۱/۷۲ دلار پلاستیک، می‌باشد. یکی از اشکالات عمده در استفاده از PVF، پهنای کم آن و نیاز به استفاده از ریلهای اتصالی برای چسباندن تکه‌ها به همدیگر در روی گلخانه است. پوشش PVF را می‌توان روی چهارچوبها برای ساخت صفحات ایده‌آل به منظور عدم استفاده از شیشه یا FRP نصب کرد (شکل ۶ـ۲). پوشش PVF روی چهارچوب برگردانده می‌شوند تا دو لایه تشکیل دهد و سپس با نوار چسب چسبانده می‌شود. سپس با قرار دادن آن در حرارت، سطح آن در عرض ۵ تا ۱۰ دقیقه کشیده و صاف خواهد شد.

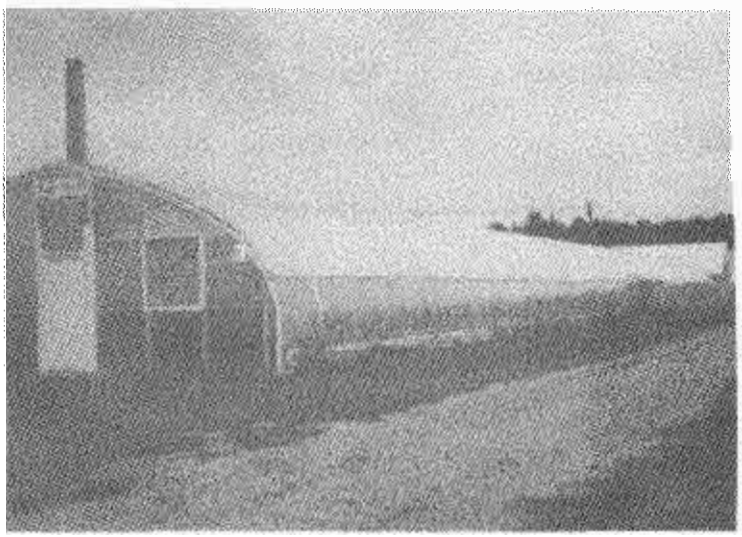
طرحهای گلخانه با پوشش پلاستیکی

وقتی برای اولین بار پلی‌اتیلن وارد حرفهٔ باغبانی شد از آن در کارهای موقتی

الف

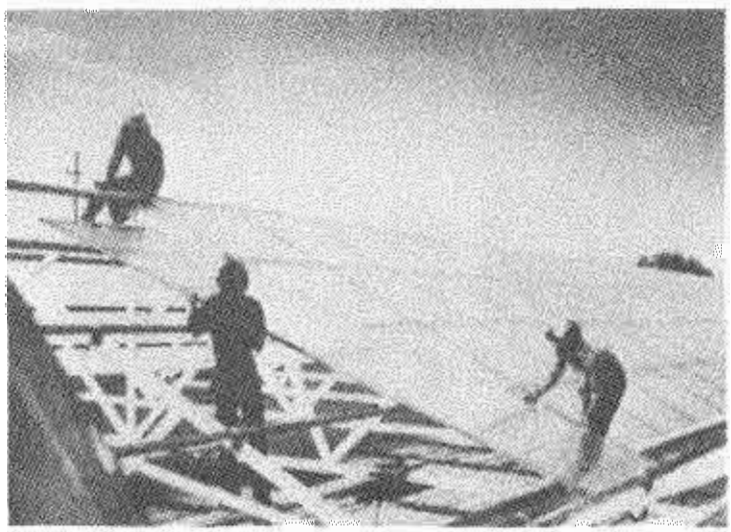


ب



شکل ۶ـ۲ـ الف و ب) گلخانه رزهای واریته الیوت و ویلیامز، که با لایه دوبل از ورقه‌های پلاستیکی تدلر پوشانده شده است. به ریلهای اتصالی دوبل که در طول گلخانه امتداد یافته توجه کنید که به آنها صفحه‌های پهن سه متری، وصل شده است. خارجی‌ترین قسمت ورقه پلاستیک در هر طرف پلی‌اتیلن است.

پ) یک گلخانه چوبی که پیش از این با FRP پوشانده می‌شد، که در مرحله نصب صفحات دوبل تدلر روی چهارچوبهای فلزی گالوانیزه در گلخانهٔ تگوادر-رایستون است.

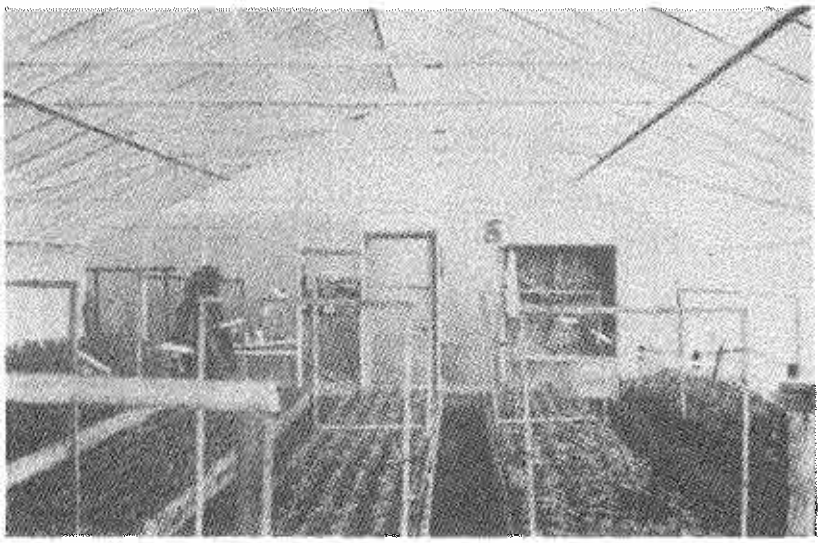


پ

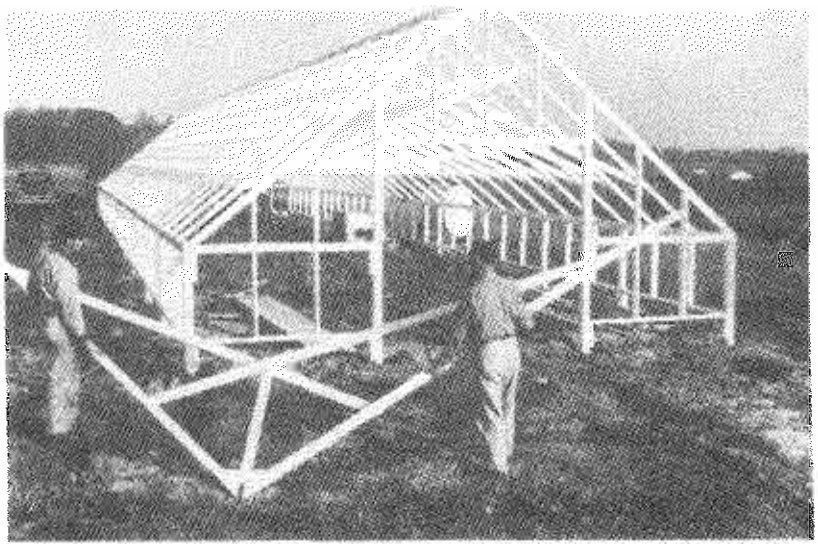
استفاده گردید. و همه به دنبال اسکلتهای ارزانتر بودند. معمولاً از چوب[1] کاج برای ساخت اسکلت استفاده می‌شد. از سال ۱۹۵۰ تا ۱۹۶۰ اسکلتهای متعددی طراحی شد. اسکلتهای A (شکل۷ـ۲) یکی از اسکلتهای معمول بود. اسکلت دارای سربندی متقاطع (شکل۸ـ۲) بسیار محکم بود. این اسکلتها و اسکلتهای دیگر که دارای ستون حمایتی بیرونی می‌باشد برای گلخانه‌هایی با پهنای ۶/۱ متری تا ۹/۱ متری مورد استفاده قرار می‌گرفت.

عموماً از یک واحد پوششی یک لایه‌ای تا اوایل دهۀ ۱۹۶۰ استفاده می‌شد. که این امر موجب افزایش هزینه سوخت می‌گردید. پوششهای دوبل پلاستیکی برای صرفه‌جویی در حدود یک سوم هزینه سوخت مورد استفاده قرار می‌گیرد، در ابتدا، لایۀ دوم از داخل گلخانه کار گذاشته می‌شود. چنین کاری در گلخانه‌هایی که ستون دارند مشکل است و به همین دلیل طرحهای سوله‌ای محکمتری ارائه شدند که در آنها هیچ ستونی در داخل گلخانه وجود ندارد.

1- Pine

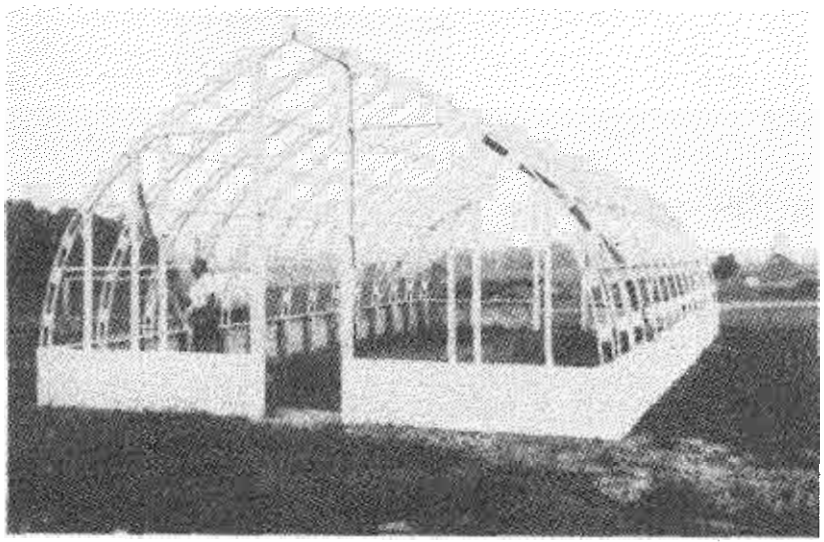


شکل ۷ـ۲ـ گلخانه‌ای ارزان ولی موقتی با اسکلت A شکل از پوشش پلاستیکی که در روزهای اول پیدایش گلخانه‌های ساخته شده از ورقه‌های پلاستیکی محبوبیت زیادی داشتند.



شکل ۸ـ۲ـ گلخانه‌ای سوله‌ای با پوشش پلاستیکی و سربندی متقاطع که در موسسه پلی‌تکنیک ویرجینیا، طراحی شد. و طرحی محکم است.

بعدها ضخامت فضای دارای هوای مرده، مورد توجه قرار گرفت. به‌طور ایده‌آل فضای دارای هوای مرده باید ۱/۲۵ تا ۱۰ سانتیمتر ضخامت داشته باشد. (آژانس مالی مسکن و شهرسازی ایالات متحده ۱۹۵۴) وقتی که فضای مزبور از ۱۰ سانتیمتر تجاوز می‌کند، جریان هوا می‌توانند در داخل آن برقرار شوند و خاصیت عایق بودن این فضا را کاهش دهد. هوای گرمی که بلافاصله در بالای پوشش درونی قرار می‌گیرد بالا آمده و با پوشش‌بیرونی تماس پیدا می‌کند. و در همین محل که گرما را از دست می‌دهد. همین که هوا سرد می‌شود، سنگین شده و دوباره روی پوشش درونی قرار می‌گیرد و گرم می‌شود. اتلاف گرما تا رسیدن ضخامت ۴۶ سانتیمتر محسوس نیست. ضخامت هوای مرده اگر کمتر از ۱/۲۵ سانتیمتر باشد، خاصیت عایقی، دوباره کاهش می‌یابد و وقتی دو لایه تماس پیدا می‌کنند خاصیت عایقی کاملاً از بین می‌رود. در ساختمانهایی که ستون حمایتی دارند، برای نصب ستون سوراخهایی در لایهٔ درونی ایجاد می‌کنند. عموماً این سوراخها کاملاً بسته نمی‌شوند، به‌این‌ترتیب راههایی برای ورود هوای گرم به داخل



شکل ۹-۲- یک گلخانه گاتیک‌آرچ (از نوعی که در موسسه پلی‌تکنیک ویرجینیا طراحی شد.) در برپایی این گلخانه‌ها، از طرح سوله‌ای استفاده می‌شود. این گلخانه ظاهری دلپذیر داشته و در داخل آن ستونی دیده نمی‌شود.

فضای دارای هوای مرده باقی می‌ماند که خاصیت عایقی را بیشتر کاهش می‌داد. اسکلتهای A شکل و سوله‌ای باید دارای فضای هوای مرده‌ای به ضخامت چند فوت باشند. برای حل این مشکل، گلخانه گاتیک‌آرچ در موسسه پلی‌تکنیک ویرجینیا گسترش پیدا کرد. (شکل ۹ـ۲) گلخانه‌هایی که عرض ۹/۱m و چهارچوبهایی با ضخامت ۱۱ سانتیمتر دارند، می‌توانند بدون استفاده از ستونها ساخته شوند.

گلخانه‌هایی که تاکنون در مورد آنها بحث شده است از چوبهایی با طول عمر کم ساخته می‌شدند که نیاز به نقاشی ممتد برای جلوگیری از پوسیدگی داشتند، معمولاً از رنگ سفید برای نقاشی گلخانه‌ها، استفاده می‌گردد تا شدت نور داخلی را افزایش دهد. وقتی رنگ در قسمت داخلی یا خارجی گلخانه به‌کار برده می‌شود، نباید از رنگ جیوه‌دار استفاده کرد. زیرا جیوه موجود در رنگ، شروع به تبخیر می‌کند و در نتیجه برای محصول زیان‌آور است. رنگهایی که برای نقاشی گلخانه ساخته می‌شوند، بی‌خطرند. برای جلوگیری از آسیب جیوه، می‌توان از رنگهای دیگر استفاده کرد. اگر رنگ جیوه‌دار، اشتباهاً استفاده شود، می‌توان با پوشاندن آن با مخلوط وزنی حاوی ۵ قسمت قارچ‌کش آهک ـ گوگرد و ۱۰ قسمت آرد گندم در ۱۰۰ قسمت آب جلوی زیان به محصول را گرفت.

تیرها و چوبهای دیگر که در تماس با زمین هستند باید با یک ماده محافظ آغشته شوند. ممکن است چوبهای دارای پوشش محافظ را بتوان خریداری کرد. چندین ماده محافظ موجود است که همهٔ این مواد بی‌خطر نیستند. از پنتاکلروفنل[1] و کریوزت (کریوزف)[2] هرگز استفاده نکنید. کریوزت وقتی با ریشه و برگها تماس پیدا می‌کند آنها را می‌سوزاند. پنتاکلروفنل، بخاراتی تولید می‌کند که بیش از یک سال دوام دارند و برای گیاهان سمی هستند. بعضی از مواد محافظ قادرند تمام گیاهان گلخانه را از بین ببرند. با

1- pentachlorophenol 2- creosote

انتقال محصولات به گلخانه‌هایی که تیرکهای آن به تازگی به مواد محافظ آغشته شده‌اند باعث مرگ این محصولات می‌شود. یکی از محافظین مناسب چوب نفتنات مس است[1] که با نامهای تجاری مختلفی به فروش می‌رسد و معمولاً دارای ۲ درصد از محلول نفتنات مس است و به صورت اسپری، شستشو دادن، یا با استفاده از قلم‌مو به کار می‌رود. این ماده محافظ عالی برای اسکلت و نیز برای سکوها و طبقات چوبی بسیار مناسب است. چوبهایی که تحت فشار با نمک وُلمن[2] آغشته شده‌اند را نیز می‌توان برای گلخانه‌ها به کار برد. این ماده نیز بی‌خطر است.

با گذشت زمان قیمت چوب در مقایسه با فلز به‌طور شگفت‌انگیزی بالا رفت و هزینهٔ نقاشی مداوم چوب نیز مزید بر علت بود. تا سال ۱۹۷۰ طرحهای گلخانه‌های دارای پوشش پلاستیکی بیشتر از دو نوع بودند. اولین نوع که حداقل هزینه را دارد و امروزه نیز از آن استفاده می‌شود، گلخانهٔ کوانست است. (شکل ۱۰ـ۲). گلخانه‌های کوانست را می‌توان به صورت پیش‌ساخته خرید و یا در محل درست کرد. اغلب این سوله‌ها از لوله‌های آبی که قوسهای ۱۸۰ درجه دارند ساخته می‌شوند. که برای هرچه عمودی‌تر قرار دادن دیواره‌های جانبی اصلاحاتی در آن صورت می‌گرفت. در گلخانه‌هایی که عرض ۶/۱m دارند لولهٔ دارای ۱/۸۸ سانتیمتر قطر و برای گلخانه‌هایی که عرض ۹/۱m دارند، لولهٔ دارای ۲/۵ سانتیمتر قطر به‌کار می‌روند. نباید از لوله‌های برگمان آلومینیومی استفاده کرد. زیرا توانایی کافی برای نگهداری وزن برف را ندارد. برای ساخت این گلخانه‌ها کمانهای لوله‌ای که تا حدی بزرگتر است به داخل زمین، فرو می‌کنند. الوار چوبی دارای مقطع ۵×۲۰ سانتیمتر طوری نصب می‌شود که مقداری از آن را خاک می‌پوشاند. این الوار نقطه اتکا را برای نصب پوشش پلاستیکی فراهم می‌کند. کمانهای لوله‌ای توسط تیرهای افقی که در امتداد طولی خانه قرار گرفته‌اند، حمایت

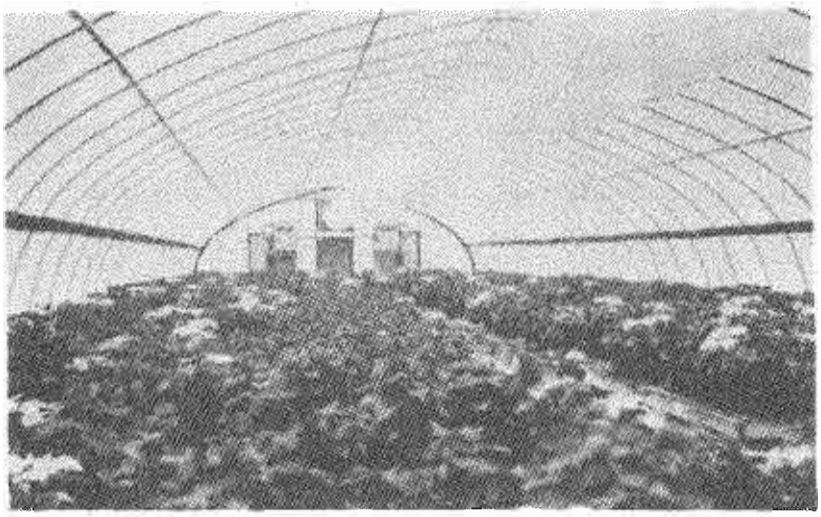
1- copper naphthenate 2- Wolman salt

می‌شوند. کمانها به فاصله‌های ۹۰ ـ ۷۵ سانتیمتری از یکدیگر قرار می‌گیرند. عرض پوشش پلاستیکی مورد استفاده برای پوشاندن گلخانه‌های کوانست با توجه به ارتفاع و شکل سوله‌ها متغیر می‌باشد. معمولاً گلخانه‌ای با عرض ۶/۱m نیاز به صفحهٔ پلاستیکی با عرض ۹/۸m دارد عرض پوششی که برای گلخانه‌های کوانستی با پهنای ۹/۱m به کار می‌رود تا حد زیادی متغیر است. بیشترین عرضهای معمول ۱۲/۲ و ۱۲/۸ متری‌اند.

گلخانه‌های کوانست ممکن است یا به صورت مجزا ساخته شده یا به‌صورت جوی و پشته‌ای همانطوری که در شکل (۱۱ـ۲) نشان داده شده است، ساخته شوند. در این گلخانه‌های جوی و پشته‌ای کمانها به تعداد کافی به هم متصل می‌شوند. و به این ترتیب فضای درونی بزرگ و واحدی به‌وجود می‌آید که ساختار آن با حرکتهای نیروی کار ماشینی در داخل آن سازگاری دارد. و به عبارت دیگر اتوماسیون در آن قابل اجرا است.

دومین طرح گلخانه‌ای ساخته شده از ورقه‌های پلاستیک که اخیراً عمومیت یافته است، گلخانه‌هایی است که سقفهای قوسی‌شان از عرض به هم متصل است. شکل (۱۲ـ۲). آبروها می‌توانند در این نوع گلخانه در ارتفاعات بالاتری نسبت به گلخانه‌های کوانست و جوی و پشته‌ای، قرار گیرند. در این نوع گلخانه فضای لازم برای فعالیت تراکتورها و کامیونها وجود دارد. آبروها در فواصل ۳/۶۵ تا ۱۲/۲ متری قرار می‌گیرند که بستگی به سازندهٔ آن دارد. ستونها را می‌توان در گلخانه‌هایی که آبروهایشان به فاصله ۳/۶۵ متری از یکدیگرند، زیر هر آبرو، بطور یک در میان و یا سه در میان قرار گیرند. فاصله‌گذاری ۱۱ متری بین ردیف ستون اگرچه پرهزینه است، اما این امکان را فراهم می‌کند که به این وسیله بتوان با پارچهٔ سیاه، روی گیاهان سایه انداخت.

در گلخانه‌هایی که سقفهای قوسی‌شان از عرض به هم متصل است سطح کوچکتری



شکل ۱۰ـ۲ـ گلخانهٔ کوانست دارای اسکلت فلزی که امروزه بین استفاده‌کنندگان پوشش پلاستیکی بسیار پرطرفدار است. ساخت این گلخانه خیلی کم‌هزینه بوده، نیاز به نقاشی ندارد و برای استفاده از پوشش‌های دوبل (دولایه‌ای) پلاستیکی بسیار مناسب است.

در معرض هوا قرار می‌گیرد و در نتیجه هزینهٔ سوخت کم می‌شود. فقط یک پوشش پلاستیکی ۱۱/۱ متری برای پوشاندن مساحتی از سقف که بین دو ستون واقع شده است، در این نوع گلخانه مورد نیاز است. مساحت مابین ستونهایی که دارای فاصله‌های ۳/۷، ۵/۲، ۶/۴، ۶/۷ و ۹ متری هستند را می‌توان با ورقه‌های پلاستیکی دارای ۴/۳، ۶/۱، ۷/۳، ۱۰/۷ و ۱۱ متر عرض، پوشاند. وقتی قسمت جدیدی به این گلخانه اضافه می‌شود می‌توان پوشش پلاستیکی را از روی دیوار کناری موجود برداشت و قسمت جدید را در آن نقطه بدون اینکه فاصله‌ای به‌وجود آید به‌گلخانه متصل کرد. به این روش در ابتدا گلخانه‌ای که با اتوماسیون سازگاری ندارد ساخته می‌شود و به تدریج با اضافه کردن قسمت‌های جدید، به ساختمانی که برای اتوماسیون مناسب است تبدیل می‌شود. امروزه بیشتر گلخانه‌های جدید در آمریکا، (چه موقتی و چه دایمی) با پوشش پلاستیکی است.

پوشش دولایه‌ای

امروزه عملاً تمام گلخانه‌های دارای پوشش پلاستیکی، از سیستم هوای فشردهٔ بین دو لایه استفاده می‌کنند. دولایه پلاستیک که یکی از آنها مستقیماً روی سطح خارجی ورقهٔ دیگر قرار می‌گیرد، توسط بالشتکی از هوای فشرده، از یکدیگر جدا می‌شوند. صفحه‌های پلاستیکی دولایه‌ای که در امتداد طولی گلخانه باز می‌شود و برای پوشاندن کل سوله به اندازه کافی عریضند برای این کار مناسب‌اند. توپهای این صفحات پلاستیکی در طول گلخانه (چه در گلخانه‌های کوانست و چه در گلخانه‌هایی که سقف‌های قوسی‌شان از عرض به هم متصل است)، غلتیده و باز شده و نصب می‌شوند. این صفحات در دو طرف جانبی گلخانه‌های کوانست به زمین متصل بوده و در گلخانه‌های دارای سقف‌های قوسی متصل از عرض، به آبروها متصل می‌باشند. این صفحات هرگز بر روی سوله محکم نمی‌شوند و فقط به طول چند سانتیمتر روی هم

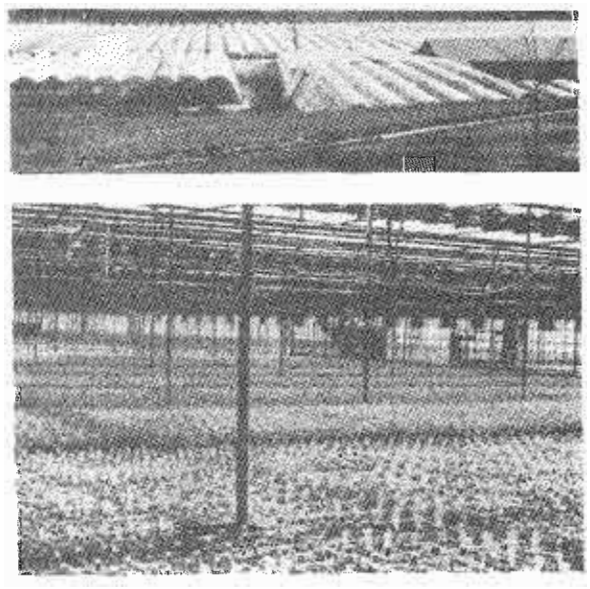
۲ـ۱۱ـ ترتیب گلخانه‌های کوانست به هم پیوسته که فضای داخلی بزرگی که متشکل از چندین واحد است را به‌وجود می‌آورد. به این ترتیب گلخانه‌ای متناسب با نیازهای اخیر اتوماسیون و کارآیی بیشتر به دست می‌آید.

می‌افتند و فقط در قسمت‌های انتهایی گلخانه این صفحهٔ دولایه‌ای محکم می‌شود. گاه در گلخانه‌های کوانست، صفحات پلاستیک با قرار دادن زهوارهای چوبی، روی آن محکم می‌شوند. بعضی از پرورش‌دهندگان از نوارهای پلاستیکی ضخیمی که ۲/۵ سانتیمتر عرض دارند استفاده می‌کنند که می‌توان آنها را از شرکتهای تجهیزات گلخانه‌ای تهیه کرد. بسیاری از گلخانه‌ها با بستهای شیاردار پلاستیکی یا فلزی مجهزند. لایه‌های پوششی پلاستیکی روی شیار قرار گرفته و به داخل شیار رانده می‌شود و پلاستیک را محکم نگه می‌دارد. لایهٔ خارجی پلاستیک جهت کاهش نور ماورای بنفش (U.V.) باید ۰/۱۵۲ میلیمتر ضخامت داشته باشد، در حالی‌که لایهٔ درونی فقط نیاز به ۰/۱۰۲ میلیمتر ضخامت دارد زیرا میزان نور U.V. در این محل کمتر است. توپ پلی‌اتیلنی که ۷/۶m پهنا دارد، اغلب برای پوشاندن گلخانه‌های کم‌عرض به کار می‌رود. و به این روش هر دو لایه در یک مرحله نصب می‌شوند و نتیجتاً هزینه کارگر کمتر می‌شود. میزان کششی که به پلاستیک جهت نصب وارد می‌شود، مهم است. زیرا پوشش پلاستیکی با تغییرات درجه حرارت منقبض و منبسط می‌شود. وقتی که پوشش در یک روز سرد نصب می‌شود باید آن را سخت کشید. در یک روز گرم با درجه حرارتی نزدیک به ۲۷°c، باید به اندازهٔ ۵ تا ۸ سانتیمتر در یک طرف از سرتاسر طول گلخانه (کوانست با عرض ۶/۱m) پلاستیک را آزاد گذاشت (کمتر کشیده شود) تا در موقع انقباض در هوای سرد، پاره نشود. اگر در هوای گرم پلاستیک محکم کشیده شود در هوای سرد زمستان پوشش پلاستیکی در نقطه‌های اتصال پاره خواهد شد و برعکس در هوای سرد اگر ورقه محکم کشیده نشود، شل شدن بیش از حد در هوای گرم باعث به‌وجود آمدن فضای‌اضافی هوا در بین دو لایه خواهد شد.

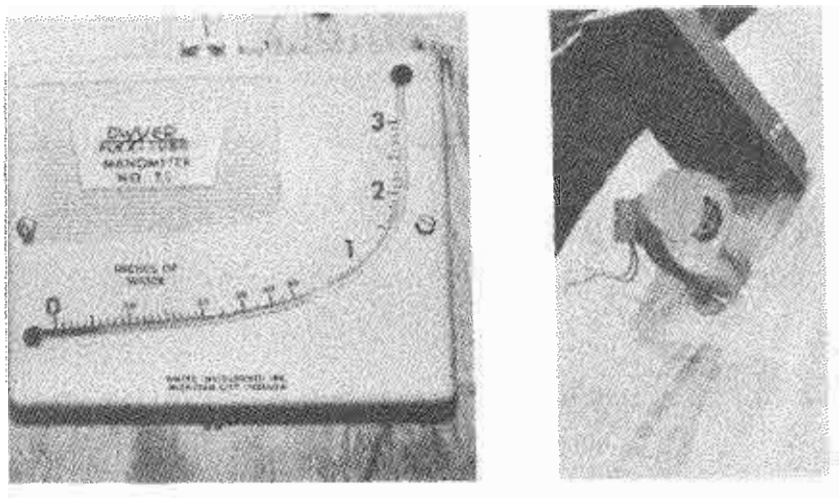
یک کمپرسور هوا در داخل گلخانه برای دمیدن هوا بین دو لایه پلاستیکی تعبیه می‌شود (شکل ۱۳ـ۲) فشار هوا بین ۵/۱ و ۷/۶ سانتیمتر ستون آب نگه داشته می‌شود.

حتی فشارهای بالاتر از ۱۳ سانتیمتر در زمانی که باد شدید می‌وزد استفاده شده است. به دلیل کشیده شدن پلاستیک، فشار زیاد نباید مورد استفاده قرار گیرد کمپرسور باید دارای دریچه قابل تنظیم جهت تنظیم فشار هوای بین دو لایه باشد. برای گلخانه‌ای به اندازه ۸m در ۲۹m فشار هوایی که کمپرسور ایجاد می‌کند باید بین ۱۱/۳ـ۵/۷ سانتیمتر باشد و در صورت نیاز به فشار زیاد فشار ۱۳ سانتیمتر ستون آب کافی است. در زمان بارندگی برف، وقتی که برف به سقف می‌چسبد، ممکن است خاموش کردن کمپرسور لازم باشد. این کار باعث خواهد شد که دو لایهٔ پلی‌اتیلن به هم رسیده و تاثیر عایقی فضای هوای مرده را از بین ببرد. در نتیجه گرمای زیادتری از پوشش عبور می‌کند و باعث ذوب شدن برف و از بین رفتن فشار حاصل از وزن برف روی سقف می‌شود.

معمولاً کمپرسور روی دیوار انتهایی گلخانه نصب می‌شود، سوراخی در دیوار انتهایی متصل به کمپرسور ایجاد می‌شود، طوری که هوای تغذیه کننده کمپرسور از بیرون



شکل ۱۲ـ۲ـ نمایی از قسمت درونی و بیرونی گلخانهٔ پلی‌اتیلن که سقف‌های قوسی‌شکل آن از عرض به هم متصل است. آقای آرت ون وین‌گردن در هرس‌شو، کارولینای شمالی.



ب الف

شکل ۱۳ـ۲ـ الف) کمپرسوری که برای دمیدن هوا در فضای بین دو لایه پلاستیک مورد استفاده قرار می‌گیرد. دریچهٔ کناری را می‌توان برای تنظیم هوای تغذیه‌کنندهٔ کمپرسور و در نتیجه فشار بین دو پوشش گلخانه تنظیم کرد.
ب) یک فشارسنج به‌کار رفته برای اندازه‌گیری فشار هوای بین دو لایهٔ پلاستیکی.

تأمین می‌شود. هوای بیرون سردتر از هوای بین دو لایهٔ پلاستیکی است. همچنانکه هوای سرد بین دو لایه سقف گرم می‌شود، منبسط می‌گردد. این عمل به کنترل تراکم بین دو لایه پلاستیک کمک می‌کند. چنان تراکمی مقدار نور را کمی کاهش می‌دهد و همچنین مشکلات فرسودگی را فراهم می‌کند. اگر هوای مرطوب و گرم داخل گلخانه مورداستفاده قرار گیرد، سردشده وبخارآب دربین دو لایه به‌مایع تبدیل خواهد شد.

لوله‌ای انعطاف‌پذیر بین کمپرسور و لایهٔ درونی پلاستیک برای هدایت هوای فشرده به‌کار برده می‌شود. یک بریدگی به شکل + در داخل لایهٔ درونی پلاستیک ایجاد و لوله از میان آن رد می‌شود. چهار نقطه‌ای که از بریدن پلاستیک حاصل می‌شود، به طرف بیرون کشیده شده و روی لوله چسبانده می‌شوند تا هوایی خارج یا داخل نشود. هوا از طریق این لوله از کمپرسور به فضای بین دو لایه هدایت می‌شود. این سیستم برای

دمیدن هوا در کل سقف گلخانه سبک کوانست کافی است. معمولاً پلاستیک دولایه در قسمت یال بالایی سقف گلخانه‌های A شکل، سخت کشیده می‌شوند و به این وسیله سقف را به دو بخش مجزا برای دمیدن تقسیم می‌شود. و هوا را به هر یک از این بخشها، توسط لوله‌های قابل انعطافی که درست در زیر یال بالایی سقف[1] قرار می‌گیرند، هدایت کرد. در دیواره‌های کناری و انتهایی نیز می‌توان بدون استفاده از کمپرسورهای اضافه هوا دمید.

تکه‌هایی از لولهٔ آبیاری باغ را می‌توان بین دو لایه پلاستیک قرار داد تا فضای بین دو لایه سقف را به فضای بین دو لایه دیوارهای کناری یا انتهایی مرتبط کنند. یا می‌توان از لوله‌ها ارتباطی انعطاف‌پذیری که برای این منظور ساخته می‌شوند استفاده کرد.

فشار بین لایه‌های پلاستیک، باید برای جدا نگهداشتن لایه‌ها در هنگام وزش باد کافی باشد و در عین حال برای جلوگیری از پاره شدن لایه‌ها فشار خیلی زیاد نباشد. می‌توان برای اندازه‌گیری این فشار، فشارسنجی را از شرکتهای تجهیزات گلخانه‌ای خرید. فشارسنج وسیلهٔ ساده‌ای است و خود پرورش‌دهنده می‌تواند آن را به ترتیب زیر به آسانی بسازد.

۱. یک تکه طویل ۶۱ سانتیمتری از لولهٔ پلاستیکی شفاف را به شکل U خم کنید و آن را به یک تخته بچسبانید.
۲. یک بریدگی به شکل + در لایهٔ درونی پلاستیک ایجاد کنید و یکی از سرهای لوله پلاستیکی را در آن جا دهید.
۳. پوشش پلاستیکی را به لوله با استفاده از نوار پلاستیکی بچسبانید.
۴. در حدود ۲۰ سانتیمتر آب در لوله، بریزید که در قعر لولهٔ U شکل قرار گیرد. هر دو سر

1- ridge

لوله را باز بگذارید.

۵. خط کشی را به تخته در پشت یا در کنار طولی لوله پلاستیکی بچسبانید.

فشار بین لایه‌های پلاستیک، آب را در آن طرف از لولهٔ U شکل که به ورقهٔ پلاستیک وصل است به سمت پایین می‌راند و در طرف مقابل ستون آب به طرف بالا می‌رود. صعود آب به میزان ۷/۶ـ۵/۱ سانتیمتر نشان‌دهنده فشار مطلوب است. اگر مادهٔ رنگی به آب اضافه کنیم بهتر دیده شده و فشار به آسانی خوانده می‌شود.

استفاده از سیستمهای هوای فشرده بهترین روش برای پوشاندن گلخانه‌های دارای پوشش دو لایه‌ای پلاستیکی است. مزیت دیگر این سیستم طول عمر بیشتر آن است. چرا که لایهٔ خارجی پلاستیک روی بالشتکی از هوا قرار می‌گیرد. پلاستیک به‌کار برده شده در روشهای دیگر، (غیر از سیستم هوای فشرده) با برخورد مکرر به سوله، (به وسیله بلند شدن و افتادن) توسط باد فرسوده می‌شود. پلی‌اتیلن موجود در پوشش دو لایه‌ای حاوی هوای فشرده سه سال دوام می‌آورد.

گلخانه‌های ساخته شده از صفحات محکم

پلی‌وینیل کلراید[1]

صفحات محکم پلی‌کلرید وینیل (PVC) در اکثر نقاط بدون استفاده مانده‌اند. در ابتدا تصور می‌شد که از نظر هزینه، این صفحات، ارزانترند. (حدود ۴۰ درصد کمتر از هزینهٔ FRP). این صفحات، زمانی که پلی‌اتیلن یک سال عمر داشت، طول عمر تقریبی آن پنج سال یا بیشتر بود. استفاده تجاری از این صفحات موجب شد که این عمر به کمتر از ۲ سال برسد. همچنین هزینه صفحات PVC ۴ تا ۵ برابر بیشتر از ورقه پلی‌اتیلن

1- Polyvinyl chloride

و نیاز به زمان بیشتری برای نصب دارد. PVC محکم مثل ورقه‌های پلاستیکی دیگر در معرض تاثیر تخریب‌کننده نور UV بود که باعث تیره شدن و شکنندگی آن می‌شود و در ابتدای کار، انتقال نور کاهش می‌یابد و بعد از مدتی صفحات می‌شکنند. PVC محکم به صورت چین‌دار در پهنای ۶۶ تا ۷۱ سانتیمتر و طول ۲/۴ تا ۳/۷ متری و به رنگهای مختلف در بازار وجود دارند. به‌هرحال صفحات روشن برای استفاده در گلخانه به‌کار می‌رود.

فایبرگلاس مقاوم (FRP)

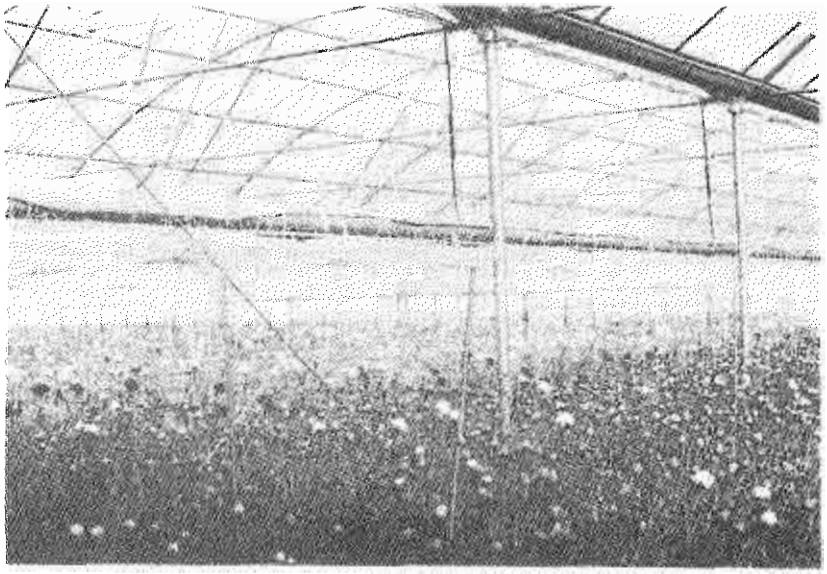
نقش: فایبرگلاس مقاوم، FRP از دهۀ گذشته تا به حال بیشتر، برای پوشش گلخانه‌ها به‌کار می‌روند. همانند PVC، صفحات چین‌دار FRP به دلیل استحکام بیشترشان مورد استفاده قرار می‌گیرند. گاه صفحات مسطح در روی دیوارهای کناری و انتهایی، یعنی جایی که سنگینی بار کمتر می‌باشد، استفاده می‌شود. صفحات با پهنای ۱/۳ متر و در ازای ۷/۳ متری در رنگهای مختلف در بازار یافت می‌شوند. صفحات به اندازه کافی برای نصب بر روی گلخانه‌های کوانست انعطاف‌پذیرند. و به دلیل همین خاصیت است که از FRP به چندمنظوره استفاده می‌شود.

FRP را می‌توان در اسکلت‌های ارزان‌قیمت گلخانه‌های پلاستیکی (شکل ۱۴ـ۲) یا در اسکلتهای مستحکم گلخانه‌های شیشه‌ای به‌کار برد (شکل ۱۵ـ۲). در مورد اول، هزینۀ FRP حد واسط پوشش پلاستیکی و شیشه‌ای است ولی این هزینه به علت عدم نیاز به تعویض جبران می‌شود. در مورد دوم گلخانه‌های حاوی FRP به همان اندازه گلخانه‌های شیشه‌ای هزینه دارد. گلخانه‌های FRP و شیشه‌ای هر کدام مزایا و معایبی دارد. FRP در برابر عوامل شکننده‌ای مثل تگرگ یا عوامل مخرب دیگر مقاومتر است. نور خورشید که از FRP می‌گذرد، توسط الیاف صفحات پخش می‌شود که در نتیجۀ آن شدت نور (در مقایسه با گلخانه‌هایی که پوشش شیشه‌ای دارند) تا حدی یکنواخت‌تر

است و گیاهانی که در کناره‌های شمالی گلخانه قرار دارند، بهتر رشد می‌کنند. شیشهٔ مشجر نیز مزیت پخش‌کنندگانی نور یکنواخت آن را داراست.

سطح صفحات FRP در معرض ساییدگی و خوردگی قرار می‌گیرد و به‌تدریج روی آنها گردوغبار جمع می‌شود و مکان مناسبی برای جلبکها می‌شود، که در نتیجهٔ آن، صفحات سیاه شده و انتقال نور کم می‌شود. می‌توان با ساییدن سطح FRP با استفاده از یک فرچهٔ سفت یا سیم ظرفشویی و سپس آغشته کردن آن با رزین اکریلیک وضع را بهبود بخشید. این ماده ارزان ولی نیاز به نیروی کار زیاد دارد. نیاز به آغشته کردن باشکل توجه به کیفیت FRP خریداری شده فرق می‌کند. بعضی از آنها ضمانت‌نامه نداشته و ممکن است فقط پنج سال یا کمتر دوام آورند. بعضی دیگر دارای ضمانت‌نامه‌هایی تا ده سال می‌باشند. آنهایی که دارای محافظ در برابر نور UV هستند، عمر طولانی‌تری دارند. در مقایسه با FRP شیشه می‌تواند به اندازه عمر پرورش‌دهنده یا بیشتر عمر کند. در حالی که FRP حدوداً نصف آن زمان دوام می‌آورد. تصمیم‌گیری در مورد انتخاب بین

۱۴ـ۲ـ گلخانهٔ کوانست که با صفحه‌های FRP موج‌دار پوشانده شده است.



شکل ۱۵ـ۲ـ گلخانه‌ای با اسکلت آهنی و پوشش FRP

شیشه و FRP آسان نیست. بعضی از پرورش‌دهندگان بخشهای شمالی ایالات متحده گلخانه‌های شیشه‌ای را با FRP می‌پوشانند تا شدت نور داخل آن را افزایش دهند. آن بخش از اشعه‌های آفتاب که روی سقف شمالی می‌افتد، به جای منعکس شدن به طرف خارج، به داخل انتقال می‌یابد.

انتقال نور: مقدار کل نوری که از میان FRP شفاف انتقال می‌یابد، تقریباً با نوری که از میان شیشه انتقال می‌یابد برابر است (جدول ۲ـ۲) ولی با توجه به رنگ آن کاهش پیدا می‌کند. برای محصولات گلخانه به‌طور کلی، فقط FRP شفاف، انتقال نور رضایت‌بخشی دارد (۸۸ تا ۹۰ درصد). FRP رنگی استفاده محدودی در گلخانه‌ها دارد و برای مثال برای رشد بعضی از گیاهان خانگی که نیاز به شدت نور پایین دارد به کار می‌روند و نیز در نمایشگاهها که گیاهان را در طول دورهٔ فروش نگه می‌دارند استفاده می‌شوند.

انتقال گرما: از این نظر FRP، مزیتهایی بر شیشه دارد. FRP آسانتر خنک می‌شود. در آزمایشی که در دانشگاه ایالتی کلرادو روی دو گلخانه‌ای که از نظر سبک و اندازه یکی بود و یکی را با FRP شفاف و دیگری را با شیشه پوشاندند انجام شد، طول مدتی که فن‌های خنک‌کننده در هر گلخانه کار می‌کرد (از چهارم ماه ژوئن ۱۹۶۱ تا ۱۴ ژوئن ۱۹۶۲). در گلخانه FRP، برای خنک کردن به تعداد ساعات کمتری در هر ماه نیاز بود. در پایان این مدت، کلاً ۲۰۶۶ ساعت برای خنک کردن گلخانه شیشه‌ای مورد نیاز بود، در حالی که برای گلخانه FRP، مدت زمان مورد نیاز برای خنک کردن فقط ۱۶۶۸ ساعت بود. و تفاوت این دو، ۱۹ درصد بود. اما نیاز گرمایی زمستان برای گلخانه‌هایی که با FRP چین‌دار (موج‌دار) پوشانده شده‌اند حدوداً معادل گلخانه‌های شیشه‌ای کوچک است.

ساخت: گلخانه‌های FRP به اجزای ساختمانی کمتری نسبت به گلخانه‌های شیشه‌ای نیاز دارند. زیرا به قاب پنجره نیازی نیست. بنابراین در امر ساختن گلخانه‌های FRP به نیروی کار کمتری نیاز است. FRP هم دارای کیفیت بالاتر است و هم هزینه آن نسبت به شیشه کمتر است. صفحات FRP ۱/۲۸ـ۱/۳۴m پهنا دارند. ولی در زمان نصب که بخشهایی از آنها روی هم می‌افتد عرض مفید آنها به ۱/۲۲ متر کاهش می‌یابد، یعنی ۱/۲۲m پهنای پوششی موثر دارند. ضخامت FRP با توجه به وزن هر $\frac{۱}{۹}$ مترمربع اندازه‌گیری می‌شود. جایی که احتمال برف سنگین می‌رود صفحات ۱۴۰ گرمی (با ضخامت ۰/۷۶ میلیمتر) روی بخشهای مسطح سقف مورد استفاده قرار می‌گیرند و صفحات ۳۹۲گرمی (با ضخامت ۰/۷۶ میلیمتر) روی طاق سقفها و دیوارهای عمودی به‌کار می‌روند. به این ترتیب خرپاها به فاصلهٔ ۳ـ۲/۴ متر و تیرکهای طولی افقی به فاصلهٔ ۱/۲ متری از یکدیگر قرار می‌گیرند.

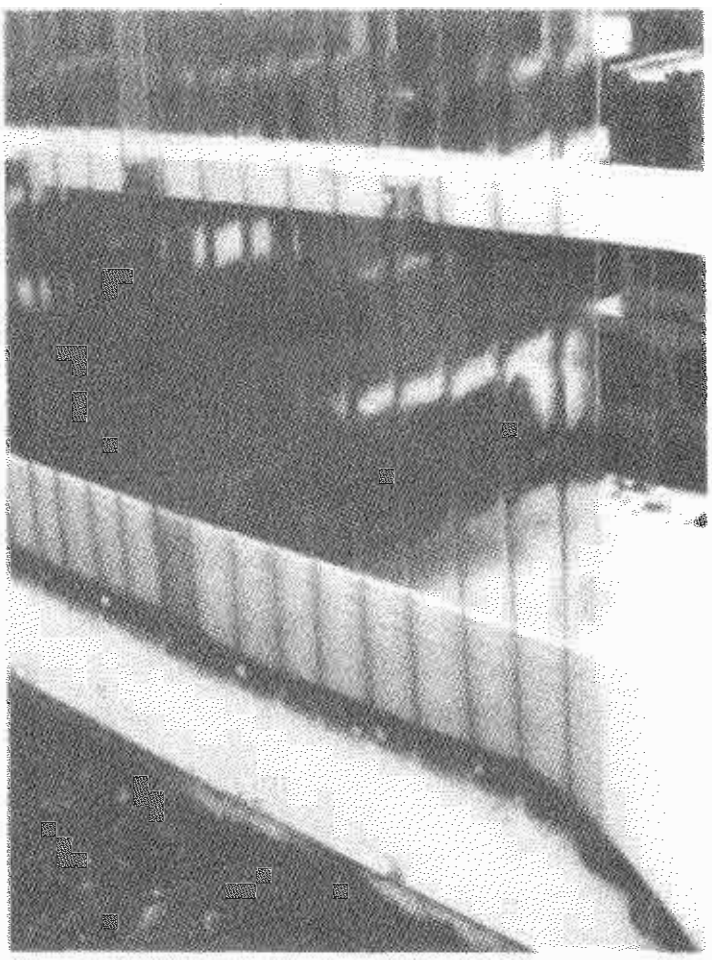
تا آنجا که ممکن است گلخانه باید طوری ساخته شود که اجازه ورود هوا به داخل را ندهد. آب‌بندهای پلاستیکی چین‌داری (شکل ۱۶ـ۲) وجود دارند که بین پانل FRP و

اجزای اسکلت (مثل پیشامدگی لبه بام[1]) و پایه قرار گرفته و جلوی هوای خارجی را می‌گیرند. درزگیرهایی را می‌توان برای جلوگیری از نفوذ آب باران از محل اتصال صفحات FRP واقع در قسمت فوقانی سقف به‌کار برد. درزگیرها را می‌توان از آلومینیوم یا FRP چین‌دار درست کرد. و با پیچهای خودکار مخصوص چوب یا آلومینیوم به تیرکهای طولی افقی وصل کرد. این پیچها دارای واشرهای لاستیکی‌اند که در زیر سر پیچ قرار گرفته و سوراخ به‌وجود آمده توسط آن را می‌بندند.

زمانی که عمل میعان در سطح درونی FRP انجام می‌شود، در طول فرورفتگیهای چین جریان می‌یابد. اگر صفحات FRP مستقیماً به تیرکهای طولی افقی وصل شوند، فرورفتگیهای چین با تیرکهای طولی افقی تماس پیدا می‌کند. آب با رسیدن به این نقطه به طرف تیرک طولی افقی جریان پیدا می‌کند و از لبهٔ آن پایین می‌چکد و به این ترتیب به گیاهان واقع در زیر آن آسیب می‌رساند. صفحه FRP باید بالاتر از تیرک طولی افقی قرار گیرد که برای این امر از پایه‌های فلزی U شکل بین تیرک طولی افقی و فرورفتگی صفحه FRP استفاده می‌شود. میخ یا پیچی که صفحه را به تیرک طولی افقی وصل می‌کند، از میان پایه می‌گذرد (شکل ۱۷ـ۲)

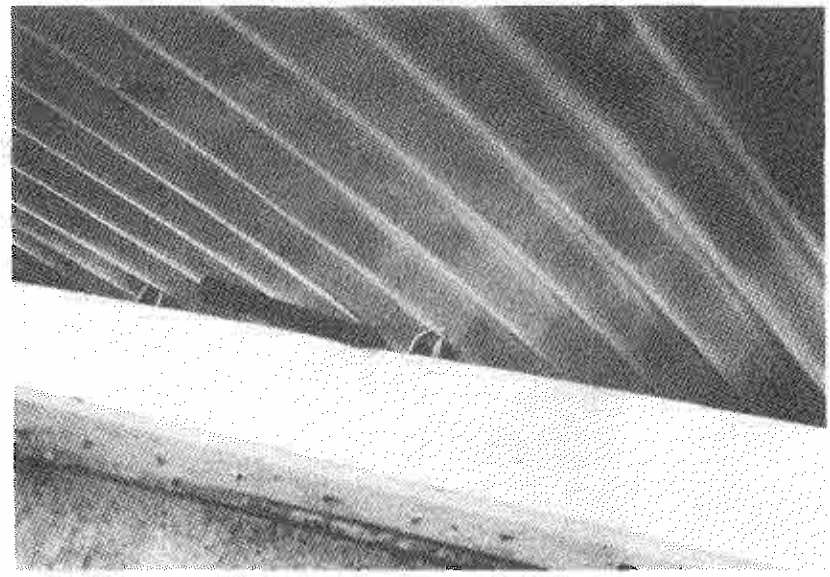
خطر آتش‌سوزی: بسیاری از گلخانه‌ها از این نظر بیمه‌اند. آتش در گلخانه‌های شیشه‌ای خطر مهمی محسوب نمی‌شود ولی نگرانی‌های زیادی را در گلخانه‌های FRP به‌وجود می‌آورد. فایبرگلاس خالص نمی‌سوزد ولی رزینهای پلی‌استر[2] و اکریلیک[3] که آنها را به هم چسبانده، می‌سوزد. چند سال پیش در شبی که باد تندی می‌وزید، آتشی که تصور می‌شد ناشی از سیم الکتریکی خراب واقع در زیر پردهٔ پارچه‌ای سیاه (سایه‌انداز) بود، به پوشش FRP یک گلخانه جوی پشته‌ای سرایت کرد. و بدین ترتیب بیش از ۴۸۴

1- eaving 2- Polyester 3- acrylic



شکل ۱۶ـ۲ـ یک نوار آب‌بند پلاستیکی چین‌دار که جهت جلوگیری از ورود هوای بیرون در نقطه‌ای که صفحه FRP چین‌دار به اجزای اسکلت متصل می‌شود، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مترمربع گلخانه در عرض ۲۰ دقیقه سوخت. نرخهای بیمه که برحسب احتمال خطر بیشتر، ارائه می‌شوند، برای گلخانه‌های FRP زیادترند. صفحات FRP که به آسانی شعله‌ور نمی‌شوند نیز، وجود دارند که از بهترین نوع FRP می‌باشند. این صفحات وقتی که مستقیماً در معرض آتش قرار می‌گیرند، هیچ کمکی برای جلوگیری از شعله‌ها نمی‌کنند.



شکل ۱۷ـ۲ـ پایه‌های فلزی U شکل بین تیرک طولی افقی و صفحه FRP قرار می‌گیرند تا فضایی را جهت جریان آبی که از عمل میعان به‌وجود آمده بتواند در طول سطح درونی صفحه به طرف ناودان فراهم کند. علامتی که مشاهده می‌شود برای نشان دادن این محل است.

آکریلیک و پلی‌کربنات

صفحات آکریلیک و پلی‌کربنات دولایه‌ای محکم، با عمر حدود ۱۰ سال برای استفاده در گلخانه یافت می‌شوند. تعدادی از موسسات تحقیقاتی از این صفحات استفاده می‌کنند. ولی در صنعت تجاری کاربرد این صفحات کم است. بیشترین استفاده‌ای که از آنها تاکنون شده است در دیوارهای انتهایی گلخانه‌های ساخته شده از ورقه‌های پلاستیکی و FRP و شیشه‌ای کهنه قابل استفاده، بوده است. تعداد کمی از گلخانه‌های جدید کاملاً با این صفحات پوشانده می‌شوند. صفحات اکریلیک به میزان زیادی، قابلیت اشتعال دارند، ولی پلی‌کربناتها این قابلیت را ندارند. صفحات اکریلیک در ضخامتهای ۱۶ میلیمتر و ۸ میلیمتر وجود دارند. صفحات ضخیمتر نمی‌توانند خم شوند ولی صفحات نازکتر خم می‌شوند تا مناسب گلخانه‌هایی که سقف خمیده دارند،

باشند. صفحاتی وجود دارند که برای جلوگیری از میعان ساخته شده‌اند. دو لایه اکریلیک این صفحات توسط رگه‌هایی که در فواصل ۲۴ـ۱۶ میلیمتری قرار گرفته‌اند از هم جدا می‌مانند. این صفحات دارای پهنای ۱۲۰ سانتیمتر بوده و درازایشان تا ۱۱/۹m می‌رسند. پهنای پوششی موثر صفحه ۱۲۲ سانتیمتراست زیرا تکیه‌گاه پایه فلزی فضای بین صفحات را پر می‌کند. میزان گرمای از دست رفته (U) از صفحات ۸ و ۱۶ میلیمتری به ترتیب (۳/۶۸ w/m۲.k و ۳/۲۹) است. میزان گرمای از دست رفته از شیشه (۶/۴۰W) است که تقریباً دو برابر میزان فوق است.

میزان عبور نور از صفحات (PAR) ۸۳ درصد است. صفحات نازک این نوع پوشش، کمی بیش از ۳ درصد از انتقال نورشان در مدت ۱۰ سال کاهش می‌یابد. صفحات با ضخامت هشت میلیمتر، ۱۷/۲۲ دلار به ازای هر مترمربع به فروش می‌رسند، در حالی‌که قیمت صفحات ۱۰ میلیمتری تقریباً ۲۱/۵۳ دلار به ازای هر مترمربع است. صفحات پلی‌کربنات با ضخامت ۶/۴، ۸، ۱۰ و ۱۶ میلیمتر عرضه می‌شوند. صفحات نازکتر قابلیت خم شدن دارند و مناسب گلخانه‌های دارای سقف خمیده می‌باشند. ولی صفحات ضخیم‌تر را نمی‌توان خم کرد و مشخصات آنها مشابه صفحات اکریلیک است. صفحات دارای پوشش برای جلوگیری از ریزش قطرات آب (بخار آب میعان شده) و اگر دارای پوشش اکریلیک باشند برای ممانعت از عبور نور UV ساخته می‌شوند. این صفحات با پهنای ۱۲۲ سانتیمتر تا ۲۴۴ سانتیمتر و در ازای ۹/۷۵ متر موجود می‌باشند. میزان گرمای از دست رفته از این صفحات (۳/۶۹،۳/۲۹m^2.kw) به ترتیب برای صفحات نازک و ضخیم بوده و انتقال نور (PAR) ۷۹ درصد است. کاهش انتقال نور در صفحات نازک در هر سال یک درصد تخمین زده می‌شود. صفحات ۶ و ۸ میلیمتری به ترتیب ۱۷/۲۲،۱۴/۵۳ دلار به ازای هر مترمربع بفروش می‌رسند.

سکوهای کشت و بسترها . . . . . .

گلهای بریده (شاخه بریده)

اولین تقسیم در پرورش گلهای بریده این است که آیا آنها را در سکو پرورش دهیم یا در زمین. اگر محصول دارای ارتفاع متوسط است مثل گل داودی و میمون می‌توان از سکو استفاده کرد. به‌هرحال این سکوها باید نزدیک زمین قرار داده شوند تا گیاهان در ارتفاعی که امکان حذف جوانه‌ها، محلول‌پاشی و برداشت وجود داشته باشد، قرار گیرند. رزها به مدت حدوداً ۵ سال پرورش پیدا می‌کنند و در طول این مدت به‌طور فزاینده‌ای طویل می‌شود. بیشتر آنها را در زمین پرورش می‌دهند تا در ارتفاع پایینتری قرار گیرند. دورهٔ رشد میخکها حدود یک تا دو سال است و آنها نیز خیلی بلند می‌شوند. سالها پیش این گیاه بیشتر در زمین پرورش داده می‌شد، ولی به‌وجود آمدن یک بیماری (پژمردگی باکتریایی)، این روش پرورش را در شمال ایالات متحده منسوخ کرد زیرا پاستوریزه کردن خاک اطراف ریشه در بسترهای زمینی به اندازهٔ کافی ممکن نبود و گیاه مرتباً دچار بیماری می‌شد. از آن زمان به بعد آنها را در سکو پرورش می‌دهند.

اگر بسترهای زمینی برای پرورش انتخاب شوند، باید آنها را به گونه‌ای مورد استفاده قرار داد که خاک اطراف ریشه را از قسمتهای دیگر خاک مجزا گردد. به‌این ترتیب، خاک اطراف ریشه را می‌توان به‌طور کامل براساس برنامه‌ای منظم پاستوریزه کرد و احتمال بیماری را کاهش داد. بتون برای بسترهای زمینی خیلی مناسب است (شکل ۱۸ـ۲) ته بستر باید V شکل بوده و از دو سطح مورب ساخته شده باشد، محل تقاطع این دو سطح حداقل ۴ سانتیمتر پایینتر از اطراف باشد. باید روی محل تقاطع را با آجرهای نصفه پوشاند و بستر باید در هر ۱۲۰۰ سانتیمتر یک سانتیمتر اختلاف ارتفاع داشته باشد تا زهکشی به خوبی انجام گیرد و بعد از این عمل کل بستر را با سنگ‌ریزه پوشاند تا اجازه

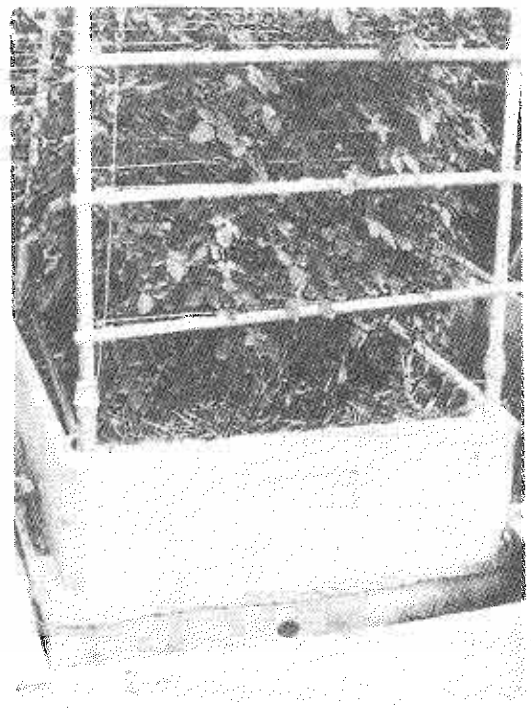
حرکت جانبی آب را به طرف آجر بدهد. در نقطه‌ای که آجر با بستر تماس پیدا می‌کند باید سوراخی برای زهکشی آب تعبیه شود. آجرنیاز دیگری را نیز برآورده می‌کند و آن این است که بخار داده شده، از میان آجر و متعاقب آن از خاک عبور کرده و آن را پاستوریزه می‌کند.

بسترهای زمینی به طریق دیگری نیز ساخته می‌شوند که هزینهٔ بیشتری دارند (شکل ۱۹ـ۲). در این بسترها دیواره‌های کناری از چوب روکش‌دار یا بلوکهای بتونی می‌باشند. دیواره باید حداقل تا عمق ۲۰ سانتیمتری در خاک فرو رود تا به خاک زیرین دارای زهکشی خوب مثل خاک تحت‌الارض شنی برسد. اگر خاک زیرین دارای زهکشی مناسبی نباشد، باید لوله‌های سفالی زهکشی در زیر بستر تعبیه شود. راهروها باید با سنگ‌ریزه پوشانده شوند، راهروهای سنگفرش شده باید برای زهکشی شیب‌دار باشند. جدا کردن راهروها از بسترها مهم است زیرا: ۱) به‌آسانی توسط خاک چسبیده به ته کفش آلوده می‌شوند و آلودگی به بسترها گسترش پیدا می‌کند و ۲) در موقع آبیاری، آب از بسترها به راهروها جریان می‌یابد.

بسترهای زمینی برای گلهای بریده بلند مثل رزها و میخک کاملاً مناسبند. اگر سکوها برای گلهای بریده استفاده می‌شوند، باید بسیار نزدیک به زمین قرار گیرند. یک بلوک سیمانی ۲۰ سانتیمتری پایه مناسبی برای جدا کردن سکوها از زمین است. باید سوراخهای زهکشی متعدد در امتداد طول سکو ایجاد کرد. سکو باید کاملاً تراز بوده تا آب‌گرفتگی و خشکی در بعضی از سطوح به چشم نخورد. سکوهای کشت عموماً از سیمان و چوب روکش‌دار ساخته می‌شوند. سکوی سیمانی را می‌توان در محل گلخانه درست کرد و یا به صورت قالبهای سیمانی پیش‌ساخته تهیه نمود. برای هر سطوح جانبی سکو یک قالب به کار می‌رود. چند قالب که به صورت طولی قرار می‌گیرند، برای ته سکو استفاده می‌شوند. و برای انجام عمل زهکشی آنها به فاصلهٔ ۱/۳ سانتیمتر از هم قرار می‌دهند. از بستهای آهنی گالوانیزه برای محکم کردن این

قالبها به چهارچوب لوله‌ای یا پایه‌های سیمانی که در زیر کف شاسی هستند، استفاده می‌شود.

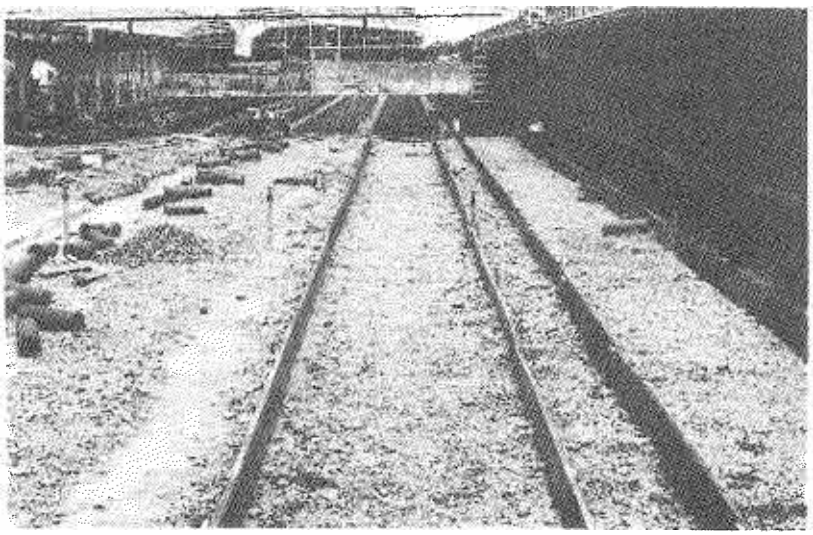
چوبهایی که برای ساختن سکو مناسبند شامل چوب سرو، سرخدار، اقاقیا و سدرند که در برابر پوسیدگی مقاوم می‌باشند. سکوهای چوبی برای محافظت باید با نفتنات مس[1] رنگ شوند. از آنجا که مواد نگهدارندهٔ طبیعی موجود در سرخدار باعث خورده شدن آهن و فولاد می‌شود به جای استفاده از میخها و پیچها و بستهای آهنی



شکل ۱۸ـ۲ـ بستر زمینی بتونی برای تولید گل بریده به‌کار می‌رود. بستر دارای شیب و V شکل است. ردیفی از آجرهای نصفه در طول بستررو در پایین‌ترین نقطه قرار می‌گیرد. تا آب را به طرف شیار زهکش موجود در کف بستر هدایت کند. زهکش بتونی که در عرض گلخانه قرار گرفته آب تمام بسترها را جمع می‌کند و به بیرون از گلخانه هدایت می‌نماید. می‌توان بخار را از داخل سوراخ زهکش برای پاستوریزه کردن بستر تزریق کرد.

1- copper naphthenate

الف



ب

شکل ۱۹ـ۲ـالف) لوله‌های سفالی زهکشی در سنگ‌ریزه‌ها و در زیر زمین قرار می‌گیرند.
ب) بسترهای زمینی با دیواره‌های چوبی روکش‌دار. خاک روی سنگ‌ریزه بستر که دربرگیرندهٔ زهکش است قرار می‌گیرد.

باید از نوع آلومینیومی یا برنجی یا رویی استفاده کرد.

عرضهایی که برای سکوهای کشت گلهای بریده در نظر گرفته می‌شود ۱/۱ تا ۱/۲ می‌باشد. رزها در بسترهایی که پهنای ۱/۲ متری دارند، پرورش می‌یابند. زیرا بوته‌ها به فاصله ۳۰ سانتیمتر از یکدیگر (در هر جهت) کاشته می‌شوند. به‌این‌ترتیب، ۴ گیاه درعرض بستر قرار می‌گیرد. دیگر گلهای بریده ممکن است به فاصله‌های مختلفی از یکدیگر کاشته شوند، غیر از گلخانه‌های بسیار وسیع، سکوهای کشت در طول گلخانه‌ها قرار می‌گیرند. سکوهای کشت و بسترها باید دارای ۲۰ سانتیمتر خاک باشند تا ریشهٔ گیاهانی که عمقشان ۱۸ سانتیمتر است را در خود جای دهند. اما بسترهای رز که باید ۳۰ سانتیمتر عمق داشته باشند، از این قاعده مستثنی هستند. راهروهایی با عرض ۴۶ سانتیمتر باید بین سکوهای کشت وجود داشته باشد. برای قسمت‌های مرکزی گلخانه به راهروی ۶۱ سانتیمتری نیاز است. به این ترتیب استفاده از سکوهای کشت، موجب می‌شود که حدود ۶۷ درصد از مساحت گلخانه تحت پرورش گل باشد.

محصولات گلدانی

سکوهای کشت، معمولاً برای محصولات گلدانی به‌کار می‌روند. برای آسانی کار باید ارتفاعشان از سطح زمین ۸۱ تا ۹۱ سانتیمتر باشد. اگر سکو در مقابل دیواری قرار گرفته است نباید پهنای آن از ۹۱ سانتیمتر تجاوز کند، و یا اگر از دو طرف می‌توان به آن دسترسی داشت پهنای سکو نباید از ۱/۸۳ متر تجاوز کند. کار بر روی گیاهانی که در مرکز سکوهای با عرض بیشتر قرار دارند، مشکل است و کارآیی کارگر کم می‌شود. وجود جریان هوا در اطراف هر گیاه مهم است تا اشباع رطوبتی در اطراف برگ و در نتیجه امکان بیماری کاهش داده شود. سکوهای کشت گیاهان گلدانی نباید دیواره داشته باشند. کف سکوها تا آنجا که ممکن است باید منفذ داشته باشد. تخته‌های چوب سرخدار به همراه تور سیمی محکم برای ساختن کف سکوها مناسبند. تخته‌های چوب

سرخدار می‌توان بر روی چهارچوبی با مقطع ۵ در ۱۰ سانتیمتر (شکل ۲۰ـ۲) یا با چهارچوبی که از لوله ساخته شده قرار دارد.

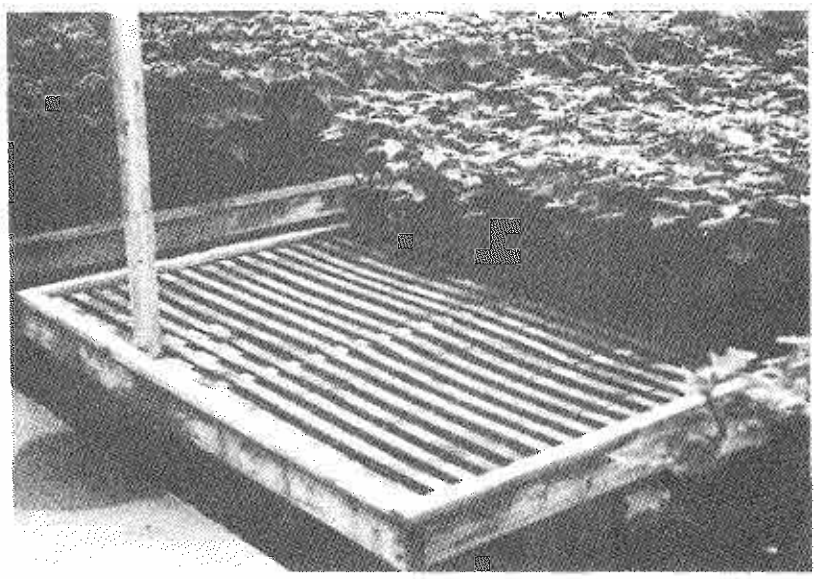
این چهارچوب، اغلب روی بلوکهای بتونی قرار می‌گیرند. تور سیمی دارای مربعات ۲/۵ سانتیمتر مربعی که دارای ۱۴ ردیف طولی از سیم است را می‌توان برای ساخت سکوها به‌کار برد. این سکوها موجب می‌شوند که هوا به میزان مناسبی جریان یابد.

نوع خاصی از سکوهای کشت گیاهان گلدانی برای سیستم کشت بسته به کار می‌رود. این سکوها نسبت به آب نفوذناپذیرند آنها را با محلولهای کود پر می‌کنند و با لوله به مخزنی که در زیر آن قرار گرفته وصل می‌نمایند تا محلول مزبور را در زمان عدم نیاز در خود ذخیره کند. (برای درک جزییات این سیستم به بخش ۹ رجوع کنید).

سکوهای کشت گلهای بریده به صورت طولی در گلخانه قرار می‌گیرند تا تعداد قیم‌های انتهایی را که برای نگهداری گیاهان مورد نیازند و همچنین زمان لازم برای نصب سیمهای حمایتی را به حداقل برسانند. از آنجا که نصب محکم در سکوهای گیاهان گلدانی مورد نظر نیست، می‌توان این سکوها را در عرض گلخانه قرار داد تا مشکل جابه‌جایی گلدانهای سنگین را به حداقل برسانند. راهروی مرکزی با پهنای ۰/۶ تا ۱/۲ متری در امتداد طولی گلخانه‌های کوچک درست می‌شود تا گاریهای موتوری، جهت حمل‌ونقل گیاهان و مواد قادر به حرکت باشند. در گلخانه‌های سلسله‌ای بزرگتر باید راه ماشین‌روی ۲/۴ متری مرکزی برای حمل‌ونقل در داخل گلخانه فراهم گردد. راهروهای فرعی باید در اکثر جاها ۴۶ سانتیمتر پهنا داشته باشد و در جایی که این راهرو منتهی به دیوار است باید دارای پهنای ۹۱ سانتیمتری باشد و سکوها در انتهای راهروها واقع می‌شوند و سکوهایی که به این ترتیب مرتب شده‌اند به سکوهای شبه‌جزیره‌ای معروفند این امر منجر به استفاده از ۸۰٪ مساحت گلخانه می‌شود. ولی این میزان برای گلخانه‌هایی که سکوها در آن به صورت طولی مرتب شده‌اند ۷۶٪ است.

یکی از روشهای جدیدتر در استفاده موثر از فضای گلخانه‌هایی که در آن گیاهان گلدانی بر روی سکو پرورش می‌یابند، استفاده از سیستم سکوهای متحرک است. چنین سیستمی می‌تواند فضای تولید را تا حدود ۹۰٪ درصد مساحت کف گلخانه افزایش دهد. با چرخاندن اهرمی در انتهای سکو یا در انواع ساده‌تر با هل دادن سکو، می‌توان آن را به هر طرف حرکت داد. وقتی که سکو از راست به چپ حرکت داده می‌شود، راهروی طرف چپ بسته شده و راهروی جدیدی در طرف راست باز می‌شود (شکل ۲۱ـ۲) وقتی که چندین سکوی متحرک مورد استفاده قرار می‌گیرند، فقط یک راهرو مورد نیاز است که می‌تواند در هر موقعیتی قرار گیرد.

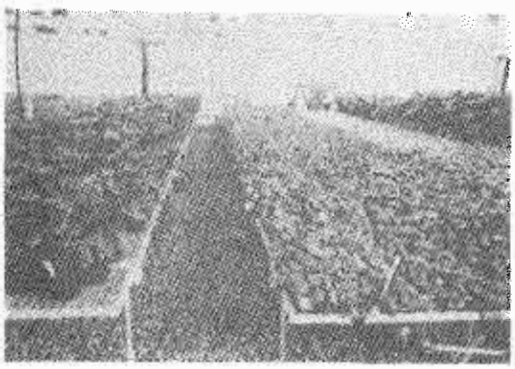
تعداد سکوهایی که باید در هر راهرو قرار گیرد، خود مسئله مهمی است. در روشی که نیمکتها بطور ثابت قرار می‌گیرند، عملیات تولید را می‌توان به‌طور همزمان در هر راهرو انجام داد. این کار به سود محصولاتی است که نیاز به توجه مستمر، مثل تغییر فاصلهٔ



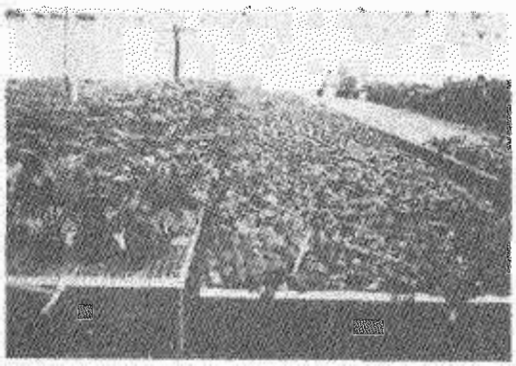
شکل ۲۰ـ۲ـ سکوی پرورش گیاهان گلدانی که کف آن از تخته سرخدار ساخته شده است، چهارچوب از الواری به سطح مقطع ۴ در ۱۰ سانتیمتر ساخته شده است. برای پایه‌های سکوها از بلوکهای بتونی استفاده می‌شود.

گیاهان، چیدن جوانه‌های اضافی، سربرداری کردن یا انتخاب گیاهان برای بازار دارند. محصولی مثل زنبق ایستر[1] یا بنفشه آفریقایی[2] که نیاز به عملیات زیاد تولید ندارند و در مدت کوتاهی به مصرف بازار نمی‌رسند سازگاری خوبی با سکوهای متحرک دارند. ممکن است تعداد ۵ سکو را در هر راهرو به عرض ۶۱ سانتیمتر برای چنین محصولی به‌کار برد. سکوها در زمرهٔ هزینه‌هایی‌اند که بیشتر در برآورد هزینه گلخانه‌های تجارتی فراموش می‌شوند. سکوهای پیش‌ساخته در طرحهای مختلف وجود دارند و قیمت آنها ۱۹/۳۸ تا ۳۷/۶۷ دلار به ازای هر مترمربع از سکو، است. هزینه اضافی شامل ۵/۳۸ تا ۱۰/۷۶ دلار به ازای هر مترمربع برای نصب آنها است. در گلخانه‌های سلسله‌ای جوی و پشته‌ای که دارای یک فضای داخلی بزرگ و واحدند، نیاز به سنگفرش کردن کف یا اسفالت حفره‌دار یا بتون و بستر سنگریزه‌ای در زیر برای پرورش گیاهان گلدانی دارند (شکل ۲۲ـ۲). آب از میان سنگفرش بستر سنگ‌ریزه نفوذ می‌کند، ولی علفهای هرز نمی‌توانند از میان این لایه رشد کنند. می‌توان از اسفالت استاندارد که با زیرسازی کمتر همراه است یا از بتون منفذدار استفاده کرد که ترکیبی است از ۰/۷۶ مترمکعب سنگ‌ریزه شسته شده، ۵/۵ کیسه سیمان و ۸۸ لیتر آب. بتون منفذدار معمولاً در لایه‌ای به ضخامت ۱۰ سانتیمتر ریخته می‌شود. این سیمان با آزمایش مقاومت به فشار، معادل ۴۱۳۷ کیلو پاسکال مقاومت نشان داده است بنابراین می‌توان از وسایل حمل‌ونقل سبک در روی کف برای جابه‌جایی و انتقال محصولات استفاده کرد. این سیستم امکان استفاده از ۹۰ درصد مساحت گلخانه که برای پرورش محصول استفاده می‌شود، فراهم می‌آورد. یکی از معایب این سیستم این است که هزینه کار در آن زیاد است زیرا کار در روی زمین خسته کننده است و کارآیی کارگران را پایین می‌آورد. گیاهانی که در بستر کاشت می‌شوند مثل آزالیا، برخی گیاهان سبز و احتمالاً بنفشه

1- Easter Liliy 2- Poinsettia



الف



ب

شکل ۲۱ـ۲ـ استفاده از سکوی متحرک برای کاهش سطح اشغال شده: الف ـ سکوی سمت راست در منتهاالیه موقعیت راست واقع شده است: ب ـ سکوی سمت راست به سمت چپ قابلیت حرکت دارند که در نتیجه راهروها به سمت راست انتقال می‌یابند.

شکل ۲۲ـ۲ـ یک سلسله از گلخانه‌های حوی پشته‌ای (ridge-and-furrow) که در آن گیاهان گلدانی در کف گلخانه بر روی سطحی از آسفالت متخلخل پرورش می‌یابند. در این گلخانه فضای لازم برای پرورش به حداکثر خود می‌رسد و می‌توان در آن از تراکتور و بارکشها جهت انتقال و جابجایی گیاهان و مواد استفاده کرد.

آفریقایی سازگاری خوبی با این سیستم دارند.

هزینه ساختن گلخانه‌ها

جدول ۳ـ۲ میزان هزینه‌های ساخت انواع مختلف گلخانه‌های تجاری به مساحت $۱۸۵۸m^۲$ را در سال ۱۹۹۰ نشان می‌دهد. هزینه‌ها شامل ساختار کلی، پوششهای منفذدار نقاط انتهایی گلخانه برای خنک و مرطوب کردن گلخانه، درها و کارگر مورد نیاز برای برقراری سیستمهای گرمایی و خنک‌کننده است. سیستمهای گرمایی از نوع بخاری‌های مجهز به فن می‌باشند. سیستمهای حرارت مرکزی که با آب گرم و بخار کار می‌کند ۱۶ تا ۳۲ دلار در مترمربع از گلخانه هزینه دارد. عمل خنک کردن در زمستان توسط عمل کنوکسیون (همرفت) انجام می‌شود ولی در تابستان برای خنک کردن از پوشالهای سلولزی مرطوب و فن که در پشت آن تعبیه شده است، استفاده می‌شود. صفحه‌های گرماده که به نام پرده‌هایی گرمایی نیز معروفند، قیمتشان در یک مساحت مشخص با توجه به تعداد پرده‌های به کاررفته متغییر است.

قیمت کلی و معقول گلخانه پلی‌اتیلن می‌تواند به میزان ۱/۵۰ دلار در هر $\frac{۱}{۹}$ مترمربع باشد. ولی این میزان هزینه شامل پوشش، دیوارهای انتهایی، هزینه برپایی، سیستمهای گرمایشی و سرمایشی، سیم‌کشی و لوله کشی نمی‌شود. وقتی این هزینه‌ها نیز در نظر گرفته شوند هزینهٔ کل به ۵۸ تا ۸۴ دلار در مترمربع می‌رسد. اگر هزینهٔ سکوها و صفحه‌های گرماده نیز اضافه شود، قیمت به ۸۸ تا ۱۵۴ دلار در مترمربع می‌رسد. تا اینجا قیمت زمین و هموار کردن آن، ساختمانهای سرویس، راههای منتهی به گلخانه و پارکینگها درنظر گرفته نشده است که موارد اخیر به آسانی می‌تواند ۲/۵۰ دلار در هر $\frac{۱}{۹}$ مترمربع به رقم فوق اضافه کرده و هزینهٔ موارد بالا در مجموع ۱۱۵ تا ۱۷۸ دلار در هر مترمربع از گلخانه می‌رسد. گلخانه‌های شیشه‌ای با هزینه بیشتری ساخته می‌شوند.

جدول ۳ـ۲ـ هزینه (دلار در هر $\frac{۱}{۹}$ مترمربع از مساحت گلخانه) گلخانه‌های تماماً شیشه‌ای، گلخانه‌هایی که کمتر در آن شیشه به‌کار رفته، گلخانه‌هایی که سقفهای قوسی‌شکل آن از عرض به هم متصل است، و گلخانه‌های با پوشش پلی‌اتیلنی دولایه که همگی به مساحت ۱۸۵۸ مترمربع ساخته شدند.[۱]

موارد	گلخانهٔ تماماً شیشه‌ای	گلخانه‌ای که شیشهٔ کمتری در آن به‌کار رفته	گلخانه‌های پلی‌اتیلن
ساختار اولیه (به‌انضمام هزینهٔ کار)	۱۱/۰۰ ـ ۸/۵۰ دلار	۵/۷۴ ـ ۵/۰۰ دلار	۴/۰۰ ـ ۲/۷۵ دلار
سیستم گرمایی[۲]	۱/۰۰ ـ ۰/۵۰ دلار	۱/۰۰ ـ ۰/۵۰ دلار	۱/۰۰ ـ ۰/۵۰ دلار
سیستم خنک‌کننده	۱/۱۵ ـ ۰/۷۵ دلار	۱/۱۵ ـ ۰/۷۵ دلار	۱/۱۵ ـ ۰/۷۵ دلار
لوله‌کشی	۱/۰۰ ـ ۰/۵۰ دلار	۱/۰۰ ـ ۰/۵۰ دلار	۱/۰۰ ـ ۰/۵۰ دلار
سیم‌کشی	۱/۱۰ ـ ۰/۵۰ دلار	۱/۱۰ ـ ۰/۵۰ دلار	۱/۱۰ ـ ۰/۵۰ دلار
هزینه عمده	۱۴/۵۸ ـ ۱۱/۱۵ دلار	۹/۶۰ ـ ۷/۶۵ دلار	۷/۸۵ ـ ۵/۴۰ دلار
سکوها	۳/۵۰ ـ ۱/۸۰ دلار	۳/۵۰ ـ ۱/۸۰ دلار	۳/۵۰ ـ ۱/۸۰ دلار
صفحه گرماده	۳/۰۰ ـ ۱/۰۰ دلار	۳/۰۰ ـ ۱/۰۰ دلار	۳/۰۰ ـ ۱/۰۰ دلار
هزینه (کل)	۲۱/۳۵ ـ ۱۳/۹۵ دلار	۱۰/۴۵ـ۱۶/۱۰ دلار	۱۴/۳۵ ـ ۸/۳ دلار

۱. قیمتها از بسیاری از فروشندگان تجهیزات گلخانه‌ای در آمریکا در سال ۱۹۹۰ گرفته شده است.
۲. هزینهٔ سیستم گرمایی و هزینهٔ سیستم خنک‌کننده در کنار هم درج شده‌اند. تا بیانگر هزینهٔ گلخانه‌های موجود در نواحی گرم باشند. درحالی‌که عکس این حالت بیانگر هزینهٔ زیاد سیستم گرمایشی در گلخانه‌های موجود در مناطق سرد است. سیستمهای گرمایی از نوع بخاریهای مجهز به فن برای به جریان انداختن هوا، است. سیستمهای خنک‌کننده شامل سیستم پوشال مرطوب ـ فن و سیستم لوله ـ فن است.

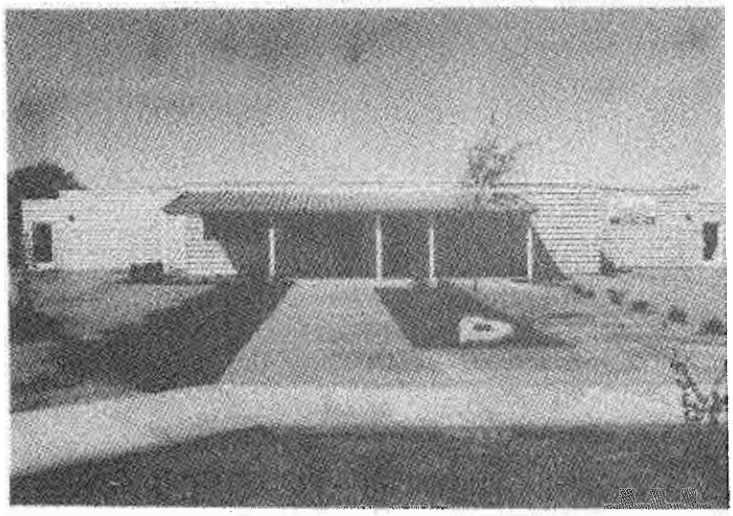
دیگر هزینه‌های گلخانه در جدول گنجانده نشده‌اند. اگر صفحات اکریلیک و پلی‌کربنات روی اسکلتهای دایمی به کار برده شوند بیشتر از گلخانه‌های شیشه هزینه دارند و اگر از FRP روی اسکلتهای دایمی استفاده شود هزینه‌ها همانند گلخانه‌های شیشه‌ای است. هزینهٔ گلخانه‌های کوانست پلی‌اتیلنی نصف هزینهٔ گلخانه‌های پلی‌اتیلنی که سقفهای قوسی‌شکل آن از عرض به هم متصل است، می‌باشد.

انتخاب یک گلخانه نباید تنها براساس قیمت کل خرید یا هزینهٔ ساخت آن باشد. نگهداری از قبیل دوباره پوشاندن گلخانه با پلی‌اتیلن که در هر سه سال، با PVF که در هر ۱۰ سال یا با FRP که در هر ۲۰ سال انجام می‌شود باید به این هزینه اضافه شوند.

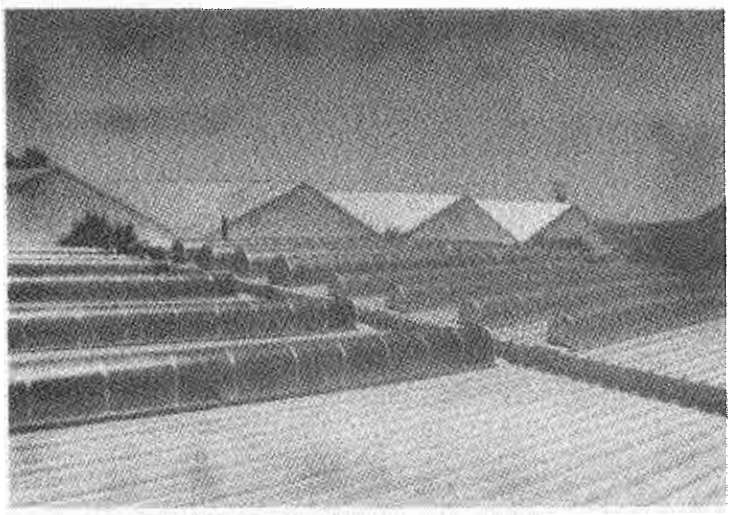
صرفه‌جویی ۴۰ درصد در سوخت در گلخانه ساخته شده از ورقه‌های پلاستیکی دولایه، یا صرفه‌جویی تقریباً ۵۰ درصد سوخت در گلخانه‌های ساخته شده از صفحات اکریلیک و پلی‌کربنات در مقایسه با شیشه یک‌لایه، باید در تصمیم‌گیری مدنظر باشند. اکثر مدیران امروزی گلخانه‌ها ورقه‌های پلاستیکی را برمی‌گزینند. به‌هرحال در دنیا نواحی وجود دارند که هنوز در آنها شیشه به سبب دلایلی نظیر زیادتر بودن شدت نور در داخل گلخانه و استحکام در برابر سنگینی برف و بادها بیشتر به‌کار می‌رود. ورقه‌های PVF می‌توانند از لحاظ شدت نور با شیشه رقابت کنند. به‌دلیل وجود انواع مختلف گلخانه و تفاوتها در قیمت اسکلتهای گلخانه، پوششها، سیستم حفظ گرما و سیستمهای گرم‌کننده، بسیار مهم است که متصدی گلخانه اطلاعات موجود را بررسی و تحلیل مناسبی از قیمتها داشته باشد. باید این نکته را مدنظر داشت که به‌کارگیری تکنولوژی خیلی ارزان‌قیمت، موجب دور شدن از هدف خواهد شد.

طرحهای جدید گلخانه

وقتی که عایقهای ضعیف حرارتی در طرحهای اخیر در مقایسه با ساختمانهای دیگری مثل منازل مقایسه می‌شوند، درمی‌یابیم که امکان زیادی برای بهبود وجود دارد. یک دیوار منزل را که تشکیل شده از مواد پوششی، مانند تخته چندلایه ۱/۲۵ سانتیمتری، عایق فایبرگلاس ۱/۷۵ سانتیمتری و یک‌لایه گچ به ضخامت ۱/۲۵ سانتیمتر را درنظر بگیرید. ارزش R برای انتقال گرما از میان چنین دیواری حدوداً ۱۴/۵ است. در مقام مقایسه، ارزشهای R برای گلخانه‌هایی که یا با شیشه و یا با پلی‌اتیلن دولایه پوشیده شده‌اند به ترتیب فقط ۰/۹۳ و ۱۱/۴۳ است. هرچه ارزش R بالاتر باشد، مقاومت دیوار در برابر انتقال گرما به طرف خارج در زمستان و به طرف داخل در تابستان زیادتر می‌شود. گلخانهٔ پلی‌اتیلنی گرما را ۱۰ بار بیشتر از دیوار فوق‌الذکر انتقال می‌دهد. کارآیی انرژی در گلخانه با این واقعیت افزایش می‌یابد که تمام نور در دسترس برای بعضی از گیاهان در زمستان و نصف آن و یا کمتر از نصف در تابستان مورد استفاده قرار گیرد. شرکت آپتیمم گرین هاوس (گلخانه مطلوب)، گلخانه‌ای را با دیوار و بخش بیشتری از سقف را از فولاد و عایق مناسبی راکه عامل R در آن بیش از ۳۰ است، ایجاد کرده است. فقط ۲۰ درصد از سقف (در کالیفرنیای جنوبی) (شکل ۲۲ـ۲) تا ۵۰ درصد آن (در کانادا) نیاز به باز بودن جهت ورود نور خورشید دارد. بخشهای باز سقف با طاقهای شفافی پوشانده شده‌اند که از شرق به غرب امتداد داشته و عرض قاعدهٔ آن ۴۵ تا ۷۵ سانتیمتر می‌باشند. عامل R برای این طاقها حدوداً ۲/۲۵ است که به مراتب بهتر از گلخانه‌های شیشه‌ای دولایه است. طاقها را می‌توان با یک لایه از پلاستیک فایبرگلاس تقویت شده ساخت. به بخشی از جدار درونی این لایه که دیوارهٔ شمالی طاق را تشکیل می‌دهد ورقه منعکس‌کننده‌ای چسبانده می‌شود تا نور آفتاب را به داخل گلخانه منعکس کند. طاقهایی نیز وجود دارند که به صورت دولایه ساخته می‌شوند.



الف



ب

شکل ۲۳ـ۲ـالف) نمای خارجی گلخانه مطلوب (optimum) در گوبلرارکیدز لاندرز. از آنجائیکه نور فقط از طریق سقف وارد می‌شود می‌توان از هر روش دیگری برای رساندن نور به مناطق غیرنورگیر تحت پرورش استفاده کرد. **ب)** سقف یک گلخانه مطلوب (optimum). طاقهای منعکس‌کنندهٔ کوچک نوری را با شدت ۱۶klux در محیط داخل گلخانه فراهم می‌آورند در حالیکه طاقهای منعکس‌کننده بزرگتر شدت نور داخلی را تا ۳۲ کیلولوکس افزایش می‌دهند. مقادیر دیگری از شدت نور قابل دستیابی است. **پ)** محصولات تجارتی ارکیده‌ها در گلخانه مطلوب (optimum) در گوبلر ارکیدز (Gubler orchids)

پ

سطح بالایی این طاقها از یک صفحهٔ پلی‌کربنات تشکیل می‌شود. بعد از آن یک لایه هوا وجود دارد و در زیر لایه هوا یک ورقه اکریلیک قرار می‌گیرد. ورقه اکریلیک پخش‌کننده نور است و برای پخش نور به کار می‌رود. به‌طوری که تاثیر سایه‌ای آن بخش از سقف که کدر است در داخل گلخانه از بین می‌رود. ابعاد طاق کاملاً وابسته به عرض جغرافیایی محلی است که گلخانه در آنجا قرار گرفته و همچنین وابسته به شدت نور مورد نظر در گلخانه است. با افزایش ارتفاع طاق، جلوگیری از ورود نور به گلخانه به‌تدریج به میزانی می‌رسد که توسط گلخانه‌های سنتی انجام می‌شود. در گلخانه‌های با طرح طاقی، فقط ۲۰ تا ۵۰ درصد سقف نیاز به باز بودن دارد، بقیهٔ آن با عایق مناسب پوشانده می‌شود. طاقها به حد کافی از همدیگر فاصله پیدا می‌کنند تا جلوی سایه انداختن بر روی یکدیگر را در کوتاهترین روز سال بگیرند. شدت نور در تمام روز، در داخل گلخانه‌های با طرح طاقی تقریباً ثابت است. در صبح و عصر، نور خورشید توسط منعکس‌کننده طاق به بهترین نحو جهت می‌یابد، تا انتقال نور را در داخل گلخانه به حداکثر برساند. به این ترتیب میزان نور دریافتی به مراتب بیشتر از گلخانه‌های سنتی است. همان‌طوری که زاویهٔ تابش نور خورشید در طول روز افزایش می‌یابد. مقدار نور کمتری توسط

منعکس‌کننده به داخل فرستاده می‌شود و بخشی از آن به قسمت کدر سقف برخورد می‌کند و به این نحو، شدت نور در سراسر سال نیز تقریباً ثابت می‌شود. در ماه دسامبر (اواخر آذر، اوایل دی) در نیمکره شمالی، که نور خورشید با زاویهٔ کوچکتری می‌تابد در گلخانه‌های با طرح طاقی تقریباً تمام نوری که به سقف می‌رسد، توسط منعکس‌کننده‌های طاق به داخل هدایت می‌شود. در ژوئن (تیرماه)، وقتی که خورشید نسبت به سطح زمین تقریباً عمود می‌تابد. مقدار زیادی از نور اضافی توسط بخشهای کدر سقف جذب می‌شوند. همچنین جلوی بخشی از نور خورشید که به منعکس‌کننده می‌رسد، گرفته می‌شود. چرا که انحنای بالایی منعکس‌کننده روی بخشی از سطوح باز سقف سایه می‌اندازد. میزان از دست دادن گرما در طی فصل گرما و به دست آوردن گرما در طول فصل خنک می‌تواند در یک گلخانه سنتی از یک ششم تا یک دهم گلخانه‌های دارای سقف طاقی باشد که به همین میزان هزینهٔ انرژی در گلخانه‌های با طرح طاقی کم می‌شود. اولین بخش سیستم کنترل هوا، به طور مرتب هوای مرطوب گلخانه را توسط مبادله کنندهٔ گرمای موجود در خاک گلخانه به جریان درمی‌آورد. در خلال سرمادهی به گلخانه، رطوبت در هوای گرم گلخانه، متراکم شده (عمل میعان صورت می‌گیرد) و به خنک شدن این هوا توسط زمین نیز کمک می‌کند. وقتی که هوای خنک شده به گلخانه برمی‌گردد و گرم می‌شود، خشکتر است. هوای خشک نیز، خنک شدن توسط عمل تبخیر را در برگ گیاه افزایش می‌دهد. در فصول سرد، هوای گلخانه توسط زمین گرم می‌شود و نیز هوا را برای کنترل بهتر بیماری خشک می‌کند. کف این گلخانه مطلوب فلزی است ولی می‌توان از بتون نیز استفاده کرد. این امر بسیار مهم است که کف گلخانه توسط لایه غیرقابل نفوذ رطوبت پوشانده شود تا از خنک شدن تبخیری ناخواسته جلوگیری شود.

بخش دوم سیستم کنترل هوا، مرتب هوای داخلی را با هوای خارجی به میزان خیلی کمی مبادله می‌کند که این تبادل برای نگهداری سطح دی‌اکسیدکربن محیط لازم

است. خنک کردن بیشتر توسط دو سیستم کنترل زمانی دما که مبادله کنندهٔ گرما در خاک نمی‌تواند بار گرمایی را کنترل کند انجام می‌گیرد. سیستم اول از طریق رطوبت‌زدایی خنک می‌کند. (هوا با بیرون مبادله نمی‌شود). سیستم دوم هوا را به بیرون می‌راند. زمانی که گرمای مورد نیاز با تابش خورشید و مبادله کنندهٔ گرما در خاک برآورده نشود، باید سیستم حرارتی تقویتی به کار رود. برای این منظور، امکان تعبیه یک جذب‌کننده انرژی خورشیدی در دیوار جنوبی وجود دارد. زیرا آن دیوار برای ورود نور به کار نمی‌رود.

خلاصه

۱. مکان گلخانه به اندازه طرح گلخانه اهمیت دارد. در انتخاب محل گلخانه باید عوامل زیر را درنظر داشت:

الف ـ فضای لازم برای توسعه

ب ـ محل مسطح با زهکشی مناسب

پ ـ میزان پرداخت مالیات در حال و آینده

ت ـ آب و هوای مناسب برای محصول مورد نظر

ث ـ موجود بودن نیروی کار

ج ـ دسترسی به وسایل و راههای ارسال

چ ـ منبع غنی آب با کیفیت خوب

۲. گلخانه‌های شیشه‌ای دایمی‌اند و می‌توانند به اندازه عمر صاحب گلخانه و یا بیشتر دوام بیاورند. در گلخانه‌های شیشه‌ای هزینه مواد و کارگر مورد نیاز برای جایگزینی دوبارهٔ این مواد به خاطر شیشه‌ای بودن بسیار کاهش می‌یابد. ولی هزینه‌های ساخت گلخانه‌های شیشه‌ای بالاتر است. عموماً دو نوع گلخانه موجود است:

گلخانه‌های تمام‌شیشه‌ای آمریکایی که می‌توانند به سبک مجزا یا پیوسته یعنی به صورت جوی و پشته‌ای باشند و گلخانه‌های نیمه‌شیشه‌ای به سبک هلندی که به صورت جوی و پشته‌ای تنها به دلیل عرض کم‌شان (۳/۲ متری) ساخته می‌شوند.

۳. گلخانه‌های ساخته شده از ورقه‌های پلاستیکی کم‌ترین هزینه ساخت را دارند که می‌توان به‌طور موقتی یعنی فقط در یک فصل سال از آنها استفاده کرد. و در جاهایی که مزیت مالیاتی برای ساختمانهای غیردایمی وجود دارد، نیز ساخته می‌شوند. گلخانه‌های پلاستیکی، روشهای کم‌خرجی را برای وارد شدن به حرفه پرورش گل ارائه می‌دهند. به‌هرحال می‌توان گلخانه‌های پلاستیکی را با اسکلتهای دایمی (فلزی) به صورت جوی و پشته‌ای ساخت که با این اسکلت‌ها می‌توان اتوماسیون را اجرا کرد و کارآیی این گلخانه همانند گلخانه‌های ساخته شده از FRP یا شیشه‌ای است. پلی‌اتیلن معمولترین پلاستیک مورد استفاده است. و معمولاً به صورت دو لایه حاوی لایه‌ای از هوا به کار برده می‌شود. خاصیت عایقی پوشش دولایه مصرف سوخت را حدوداً ۴۰ درصد در مقایسه با پوشش یک‌لایه‌ای، شیشه، یا FRP کاهش می‌دهد و موجب کمتر شدن هزینه خرید مواد پوششی و هزینهٔ جایگزینی دوره‌ای پلاستیک‌ها، هزینهٔ نصب و برپایی، می‌شود. گلخانه‌های جدید بیشتر از ورقه‌های پلاستیکی ساخته می‌شوند.

۴. نوع سوم، گلخانه‌های ساخته شده از صفحات FRP (پلاستیک تقویت شده با فایبرگلاس) است. صفحات FRP را می‌توان خم کرد که برای اسکلت گلخانه‌های ساخته شده از ورقه‌های پلاستیکی نیز مناسب است. استفاده از FRP باعث کاهش کارگر مورد نیاز برای جایگزینی ورقه‌های پلاستیکی می‌شود زیرا با توجه به کیفیت آن، می‌تواند ۵ تا ۲۰ سال دوام بیاورد. همچنین FRP روی گلخانه‌های دایمی (اسکلت فلزی) به کار می‌رود. در مورد اخیر هزینه ساخت تقریباً برابر با هزینهٔ ساخت گلخانه‌های شیشه‌ای است. پوشش FRP به اندازه شیشه دوام نمی‌آورد ولی در

مقابل شکستگی مقاومتر و برای خنک کردن در تابستان هزینهٔ کمتری را موجب شده و در سرتاسر گلخانه شدت نور یکنواخت‌تری ایجاد می‌کند. گلخانه‌های FRP در اواخر دهه ۱۹۷۰ و اوایل ۱۹۸۰ از رونق افتاد ولی در حال حاضر FRP هنوز در بازار به‌فروش می‌رسد. مرکز عمده استفاده از آنها در کالیفرنیاست.

۵. صفحات اکریلیک و پلی‌کربنات دولایه‌ای به‌تدریج دارای کاربرد بیشتری می‌شوند. صفحات ضخیم ۱۶ میلیمتری می‌توانند اتلاف گرما را تا ۵۰ درصد در مقایسه با شیشهٔ تک‌لایه‌ای کاهش دهند. صرفه‌جویی در گرما توسط صفحات نازکتر نسبتاً قابل توجه است. هزینه زیاد، پایین بودن عمر مفید و در مورد اکریلیک قابلیت احتراق آن بوده و پذیرش آنها را با مشکل مواجه کرده است. صفحات نازکتر ۶ و ۸ میلی را می‌توان خم کرد تا مناسب طرح گلخانه‌های کوانست شوند. این صفحات به میزان زیادی برای پوشاندن دیواره‌های جانبی و انتهایی و گلخانه‌های ساخته شده از ورقه‌های پلاستیکی و تعمیر دوبارهٔ گلخانه‌های شیشه‌ای کهنه و گلخانه‌های FRP به کار می‌روند.

۶. گلهای بریده یا در بسترهای زمینی و یا در سکوها پرورش می‌یابند. چنان بسترهایی دارای پهنای ۱/۱ تا ۱/۲ متری و عموماً عمق ۲۰ سانتیمتری‌اند ولی برای بسترهای رز ۳۰ سانتیمتر بهترین عمق است. بسترهای گل‌بریده را در جهت طولی گلخانه با ایجاد راهروهای ۴۶ سانتیمتری در بین آنها به‌وجود می‌آورند. ترتیب مزبور بسترها اجازهٔ ۶۷ درصد استفاده از فضای کف را برای پرورش گلها می‌دهد.

۷. می‌توان گیاهان گلدانی را روی سکوها و یا مستقیماً روی کف گلخانه پرورش داد. ته سکوها باز است و از تور سیمی، فلز، تخته‌های چوب سرخدار، تخته‌های پوشیده از مواد نگاهدارنده با ایجاد ۱/۳ سانتیمتر فاصله در بین‌شان، ساخته می‌شوند. کناره‌های این بستر یا برآمده نیستند و یا دارای ارتفاع کمی‌اند. سکوها دارای عرض ۱/۸ـ۱/۵ مترند و به‌صورت شبه‌جزیره‌ای (متراکم دارای سه‌راه دسترسی) در

گلخانه قرار می‌گیرند. یک راهروی مرکزی به عرض ۹۱ سانتیمتر یا بیشتر در طول گلخانه درنظر گرفته می‌شود. راهروهای کوچکتر از راهروی مرکزی منشعب می‌شوند. چنان ترتیبی استفاده از مساحت گلخانه را مؤثرتر و تا ۸۰ درصد برای پرورش افزایش می‌دهد. و حمل گیاهان با دست را به حداقل می‌رساند. برخی از محصولات گلدانی مستقیماً روی سطحی پرورش می‌یابند که با اسفالت یا بتون منفذدار پوشیده شده است. آب در کف گلخانه نفوذ می‌کند و از رشد علفهای هرز نیز جلوگیری می‌شود. این سیستم استفاده از مساحت گلخانه را به ۹۰ درصد می‌رساند.

مرجع

Various greenhouse manufacturers offer literature concerning products and technical information.

1. Aldrich, R. A., W. A. Bailey, J. W. Bartok, Jr., W. J. Roberts, and D. S. Ross. 1976. *Hobby Greenhouses and Other Gardening Structures*. Pub. NRAES-2. Northeast Reg. Agri. Eng. Ser., Cornell Univ., 152 Riley-Robb Hall, Ithaca, NY 14853.
2. Aldrich, R. A., and J. W. Bartok, Jr. 1989. *Greenhouse Engineering*. Pub. NRAES-33. Northeast Reg. Agr. Eng. Ser., Cornell Univ., 152 Riley-Robb Hall, Ithaca, NY 14853.
3. Aldrich, R. A., and T. J. Krall. 1978. Compression strength of porous concrete. *Pennsylvania Flower Growers' Bul.* 307:1-6.
4. American Society of Agricultural Engineers. 1991. Engineering practices—Commercial greenhouse design and layout. In *Engineering Standards*. Amer. Soc. Agr. Engineers, St. Joseph, MI 49085-9659.
5. Bartok, J. W., Jr. 1984. Greenhouse startup and expansion. *Greenhouse Manager* 3 (1):57-78.
6. Beese, E. J. 1978. Wood preservatives and treated lumber for use in landscape construction. *Illinois State Florists' Assoc. Bul.* 377 (May-June):20-21.
7. Brumfield, R. G., P. V. Nelson, A. J. Coutu, D. H. Willits, and R. S. Sowell. 1981. Overhead costs of greenhouse firms differentiated by size of firm and market channel. North Carolina Agr. Res. Ser. Tech. Bul. 269.
8. Courter, J. W. 1965. Plastic greenhouses. Univ. of Illinois Coop. Ext. Ser. Cir. 905.
9. Duncan, G. A., and J. N. Walker. 1973. Preservative treatment of greenhouse wood. AEN-6. Univ. of Kentucky, Dept. of Agr. Eng., Lexington, KY.
10. ———. 1973. Greenhouse coverings. AEN-10. Univ. of Kentucky, Dept. of Agr. Eng., Lexington, KY.

11. Godbey, L. C., T. E. Bond, and H. F. Zornig. 1979. Transmission of solar and long-wavelength energy by materials used as covers for solar collectors and greenhouses. *Trans. Amer. Soc. Agr. Engineers* 22 (5):1137–1144.
12. Gray, H. E. 1956. *Greenhouse Heating and Construction*. Florists' Publishing Co., 343 S. Dearborn St., Chicago, IL.
13. Kozai, T., J. Gourdriaan, and M. Kimura. 1978. *Light Transmission and Photosynthesis in Greenhouses*. Center for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, The Netherlands.
14. Laurie, A., D. C. Kiplinger, and K. S. Nelson. 1979. *Commercial Flower-Forcing*, 8th ed. New York: McGraw-Hill.
15. Robbins, F. V., and C. K. Spillman. 1980. Solar energy transmission through two transparent covers. *Trans. Amer. Soc. Agr. Engineers* 23 (5):1224–1231.
16. Sheldrake, R., Jr., and R. M. Sayles. 1974. *Plastic Greenhouse Manual: Planning, Construction and Operation*. Dept. of Vegetable Crops, New York State College of Agr. and Life Sci., Cornell Univ., Ithaca, NY 14650.
17. U.S. Housing and Home Finance Agency. 1954. The thermal insulating value of air spaces. Res. Paper 32. Office of Administration, Div. of Housing Res., Washington, D.C.
18. Walker, J. N., and G. A. Duncan. 1973. Greenhouse structures, AEN–12. Univ. of Kentucky, Dept. of Agr. Eng., Lexington, KY.
19. _____. 1973. Greenhouse benches. AEN–13. Univ. of Kentucky, Dept. of Agr. Eng., Lexington, KY.
20. _____. 1973. Rigid-frame greenhouse construction. AEN–15. Univ. of Kentucky, Dept. of Agr. Eng., Lexington, KY.
21. _____. 1974. Painting greenhouses and equipment. AEN–14. Univ. of Kentucky, Dept. of Agr. Eng., Lexington, KY.
22. _____. 1974. Greenhouse location and orientation. AEN–32. Univ. of Kentucky, Dept. of Agr. Eng., Lexington, KY.
23. Wiebe, Jr., and R. E. Barrett. 1970. Plastic greenhouses. Ontario Dept. of Agr. and Food. Pub. 40.

۳. گرم کردن گلخانه

گرما را براساس واحد حرارتی انگلستان (Btu) اندازه‌گیری می‌کنند که بنا به تعریف، عبارت است از مقدار گرمایی که لازم است تا دمای یک پوند آب را یک درجه فارنهایت افزایش دهد. وقتی مقدار عددی گرما برحسب واحد Btu بزرگ است، مانند آنچه به هنگام گرم کردن گلخانه‌ها رخ می‌دهد، استفاده از قوه اسب (hp) که واحد بزرگتری است آسانتر می‌باشد. یک اسب بخار برابر ۳۳۴۷۵Btu است. برای تبدیل Btu به اسب بخار باید آن را بر ۳۳۴۷۵ تقسیم کرد. در سیستم متریک، یک کالری (Cal) عبارت است از مقدار گرمایی که لازم است تا دمای ۱گرم آب را یک درجه سانتیگراد افزایش دهد. یک کیلوکالری معادل ۱۰۰۰کالری یا ۳/۹۶۸Btu است. در واحدهای بین‌المللی، از ژول (J) که معادل ۰/۲۳۹کالری یا ۰/۰۰۰۹۵Btu است، استفاده می‌شود. متقابلاً یک Btu معادل ۲۵۲ کالری یا ۱۰۵۵ ژول می‌باشد. یک وات نیز معادل ۱ ژول بر ثانیه است.

مقدار حرارت لازم برای گرم کردن گلخانه معادل گرمای اتلاف شده است. بخش بیشتر گرما از طریق رسانایی یا هدایت[1] از پوشش گلخانه‌ها از دست می‌رود. خاصیت رسانایی مواد مختلف مانند قابهای آلومینیومی، شیشه‌ها، پلی‌اتیلن و دیوارهای حاجب از جنس پنبه نسوز متفاوت است و اساس سنجش آن سرعتی است که این مواد، حرارت را از محیط گرم داخلی به محیط سرد خارجی منتقل می‌کنند. به عنوان مثال قابهای آلومینیومی حرارت را سریعتر از چوب هدایت می‌کنند و به همین دلیل، گرما را زودتر از دست می‌دهند. (از آنجایی که هزینه نگهداری و بازسازی چوب خیلی بیشتر است

1- Conduction

استفاده از آن توصیه نمی‌شود). شیشه کمی سریعتر از فایبرگلاس فشرده مسطح (FRP) حرارت را هدایت می‌کند. بنابراین هزینه گرم کردن یک گلخانه ساخته شده از صفحات مسطح FRP کمتر است. وقتی از صفحات موجدار FRP استفاده می‌شود، به ازای هر مترمربع از پوشش گلخانه بیش از یک مترمربع سطح هادی خواهیم داشت و بدین‌ترتیب، اتلاف گرما افزایش می‌یابد زیرا این امر به مساحت سطح هادی بستگی دارد. مقدار اتلاف گرما در گلخانه‌هایی که از صفحات موجدار ساخته شده است کمی بیش از گلخانه‌های شیشه‌ای است. جدول ۱-۳ میزان اتلاف گرما را در چند نوع پوشش گلخانه نشان می‌دهد. به عنوان مثال گلخانه‌ای که از یک لایه پلی‌اتیلن پوشیده شده است، وقتی دمای محیط خارج ۱۷/۲° سانتیگراد کمتر از داخل است میزان اتلاف گرما در هر ساعت ۱/۲Btu از هر مترمربع از سطح پوشش آن خواهد بود. اگر لایه دومی از پلی‌اتیلن به عنوان پوشش اضافه کنیم، فقط ۰/۷Btu حرارت اتلاف خواهد شد. بدین‌ترتیب می‌توان حدود ۴۰٪ از اتلاف گرما را کاهش داد.

روشهای محدودی وجود دارد که بتوان پوشش گلخانه را عایق کرد و در عین حال، مانعی در مقابل عبور نور ایجاد نشود. همانگونه که پیش از این عنوان شد بهترین روش، ایجاد لایه‌ای هوای ساکن بین دو لایه پوشش گلخانه است. با افزایش لایه دومی به پوشش گلخانه می‌توان حدود ۴۰٪ از حرارت مورد نیاز را ذخیره کرد. وقتی فاصله بین دو لایه پوشش گلخانه به حدی افزایش یابد که هوا در آن جریان یابد (معمولاً ۴۶ سانتیمتر یا بیشتر) امکان ذخیره حرارت کاهش می‌یابد و اگر دو لایه با یکدیگر تماس پیدا کنند خاصیت عایق بودن خود را از دست خواهند داد.

گرچه پانلهای شیشه‌ای ترموپین (دو لایه شیشه که در کارخانه به یک دیگر مهر و موم شده‌اند و بین آنها هوای ساکن وجود دارد) تا حد زیادی از اتلاف گرما جلوگیری می‌کنند، اما بسیار گران هستند. داخل برخی قابها دو یا حتی سه لایه شیشه تعبیه شده‌اند و این امر باعث می‌شود یک یا دو لایه هوای ساکن در بین شیشه‌ها حضور داشته باشد که میزان اتلاف گرما در حالت اول (۳/۹۷W) ۰/۷Btu و حالت دوم (۲/۶۶W) ۰/۴۷Btu خواهد بود. پانلهای سخت دو لایه‌ای از جنس پلاستیک پلی‌کربنات یا آکریلیک نیز گرما را براساس خاصیت لایه‌ای از هوای ساکن حفظ می‌کنند. با وجود آنکه

جدول ۱ـ۳ـ میزان اتلاف حرارت در چندین نوع پوشش گلخانه‌ای

ماده پوشاننده	اتلاف گرما (U)[1] Btu	W	اتلاف به طریق تابش (درصد از کل)[2]
شیشه	۱/۱۳	۶/۴۰	۴/۴
شیشه (دو لایه)	۰/۷	۳/۹۷	–
لایه نازکی بر روی شیشه	۰/۸۵	۴/۸۲	–
دو لایه نازک بر روی شیشه	۰/۶۸	۳/۸۶	–
PVC (سخت)	۰/۹۲۳	۵/۲۱	–
FRP (موجدار)	۱/۲۰	۶/۸۰	۱/۰
آکریلیک یا پلی‌کربنات (پانلهای ۱۶ میلیمتری)	۰/۵۸	۳/۲۹	–
آکریلیک یا پلی‌کربنات (پانلهای ۸ میلیمتری)	۰/۶۵	۳/۶۹	–
پلی‌کربنات (پانلهای ۶ میلیمتری)	۰/۷۲	۴/۰۸	–
پلی‌اتیلن (یک لایه، ۶ میل، عایق در برابر اشعه ماوراء بنفش)	۱/۲۰	۶/۸۰	۷۰/۸
پلی‌اتیلن (دو لایه، ۶ میل، عایق در برابر ماوراء بنفش)	۰/۷۰	۳/۹۷	–
لایه نازکی از پلی‌استر (مایلر، یک لایه نازک)	۱/۰۵۴	۵/۹۵	۱۶/۲
PVF (تدلر، یک لایه نازک)	–	–	۳۰/۰۵
PVF (تدلر، دو لایه نازک)	۰/۷۶۶	۴/۳۱	–

۱- $W/m^2.k$, $Btu/hr/Ft/F^\circ$ ؛U مجموع اتلاف گرما به طریق هدایت و تابش است. ۲ـ تابشهای هدر رفته گویای مقدار حرارت تابشی است که از پوشش گلخانه عبور می‌کند و در واقع درصدی از کل تابشهای حرارتی است که به پوشش گلخانه می‌تابد. ۳- اختصاصات سازنده ۴- ویلر (۱۹۶۳) ۵- شری (۱۹۸۳)

در مقایسه با پوششهای سنتی گرانتر هستند اما پانلهای ۱۶ میلیمتری آنها مقدار کمتری حرارتی یعنی (۳/۲۹W) ۰/۵۸Btu گرما از دست می‌دهند.

طریقه دیگر اتلاف گرما، نفوذ تدریجی هوا است. شکافهای موجود در بین قطعات FRP یا شیشه‌ها و اطراف تهویه‌ها و دربها اجازه خروج هوای گرم و ورود هوای سرد را

می‌دهند. تصور عموم بر آن است که، هوای داخل یک گلخانه پلی‌اتیلن دو لایه‌ای هر ۶۰ دقیقه یک‌بار، یک گلخانه FRP یا شیشه‌ای جدید هر ۴۰ دقیقه یک‌بار، یک گلخانه قدیمی خوب نگهداری شده هر ۳۰ دقیقه یک‌بار و یک گلخانه شیشه‌ای قدیمی که خوب نگهداری نشده است هر ۱۵ دقیقه یک‌بار از دست می‌رود (به جدول ۲-۳ مراجعه کنید) (جامعه آمریکایی مهندسین کشاورزی، سال ۱۹۹۰). در گلخانه‌های شیشه‌ای که ساختار محکمی دارند حدود ۱۰٪ کل گرما از طریق نفوذ تدریجی هوا اتلاف می‌شود.

جدول ۲ـ۳

نفوذ تدریجی هوا در گلخانه‌ها*

نوع گلخانه	تبادل هوا در ساعت
پلی‌اتیلن، دو لایه	۱/۰-۰/۵
شیشه‌ای، ساختمان جدید یا FRP	۱/۵-۰/۷۵
شیشه‌ای، ساختمان قدیمی، وضعیت خوب	۲-۱
شیشه‌ای، ساختمان قدیمی، وضعیت بد	۴-۲

* - راس و همکاران (۱۹۷۸)

سومین طریق اتلاف گرما در گلخانه‌ها، تشعشع یا تابش است. اجسام گرم انرژی تشعشعی از خود متصاعد می‌سازند. این تشعشعات بدون آن که موجب گرم شدن قابل توجه هوا شوند از آن عبور می‌کنند و به اجسام سرد می‌رسند و آنها را کمی گرم می‌کنند. شیشه، پلاستیک وینیل، FRP و آب تقریباً، مانع عبور انرژی تشعشعی می‌شوند (اجازه نمی‌دهند گرمای تابشی به سهولت از آنجا عبور کند) درحالی‌که پلی‌اتیلن این خاصیت را ندارد (جدول ۱-۳). گلخانه‌های پلی‌اتیلنی مقدار قابل توجهی گرما به صورت تابش از دست داده و این گرما به اجسام سردتر واقع در بیرون منتقل می‌شود، اما تشکیل لایه‌ای رطوبت بر روی پلی‌اتیلن به صورت مانع عمل می‌کند.

منبع گرما

برای جبران گرمایی که از طریق رسانایی، نفوذ تدریجی، و تشعشع از دست می‌رود باید از دیگ بخار یا بخاری استفاده کرد. برای این منظور باید، از یک منبع گرمایی مرکزی یا موضعی بهره گیریم. در سیستم مرکزی، یک یا چند دیگ بخار در یک محل واقعند و بخار آب یا آب داغ تولید شده، از طریق لوله‌هایی به نقاط مختلف گلخانه منتقل می‌شوند. در سیستم موضعی، از بخاریهای متعددی استفاده می‌شود که در نقاط مختلف قرار داده شده‌اند و فقط محیط اطراف خود را گرم می‌کنند.

هزینه تهیه اسباب و نصب یک سیستم مرکزی تقریباً سه برابر یک سیستم موضعی است.

سیستم حرارت مرکزی

سیستم موضعی نیازمند سرمایه‌گذاری ابتدایی پایینی است که از این نظر مناسب گلخانه‌هایی است که در آغاز کوچک بوده و به‌طور پیوسته گسترش می‌یابند و بنابر نیاز، بخاریهای جدید خریداری می‌شوند. بخش اعظم هزینه ابتدایی بالای سیستم دیگ بخار مرکزی تا توسعه آتی و استفاده از کل ظرفیت دیگ قابل توجیه نمی‌باشد. سیستم دیگ بخار مرکزی برای گلخانه‌هایی مناسب است که در مساحتهای بزرگ (۰/۴ هکتار) آغاز به‌کار کرده و گسترش آنها نیز در مقیاسهای بزرگ است. کارآیی دیگ بخاری که بخشی از ظرفیت آن مورد استفاده قرار می‌گیرد، بسیار کم است. مقدار زیادی گرما صرف گرم کردن دیگ بخار و لوله‌کشیهای مربوط به آن می‌شود تا گلخانه گرمای خالصی دریافت کند. با افزایش گرمای خالص لازم برای گلخانه، مقدار اتلاف حرارت، کاهش می‌یابد و بدین‌ترتیب کارآیی دیگ بخار افزایش می‌یابد. بنابراین تناسب بین دیگ بخار و فضای گلخانه مهم است. از آنجایی که خرید دیگهای بخار بزرگ اقتصادی است.

گسترش گلخانه‌ها در مقیاسهای بزرگ توصیه می‌شود.

مقدار هزینه اضافی که در سیستم حرارت مرکزی در مقایسه با سیستم حرارت موضعی مصرف می‌شود باید در جایی جبران شود. این امر به هنگام سوزاندن چوب که حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد نفت هزینه دارد میسر می‌باشد و در صورت سوزاندن زغال یا نفتهای با درجه سنگین[1] مقداری از این هزینه قابل جبران است. اما در بخاریهای موضعی خودکار نمی‌توان از این گونه سوختها استفاده کرد. برای یک مؤسسه بزرگ، هزینه نگهداری یک یا تعدادی دیگ بخار بزرگ، ارزانتر از تعداد زیادی بخاریهای موضعی است. در نهایت پرورش‌دهندگانی که گیاهان آنها از خاکهای گرمتر بهره می‌گیرند باید دیگ بخاری داشته باشند که آب داغ را درون زمین و بسترهای کاشت به جریان اندازند. بدین‌ترتیب اطلاعات جامع اقتصادی برای توجیه برتری یک منبع حرارتی بر دیگری در دست نمی‌باشد.

سالها پیش، معمولاً سیستم مرکزی در اتاقی جدا از گلخانه قرار داشت. امروزه دیگهای بخار را می‌توان در ساختمان خدمات یا داخل گلخانه یافت. اگر دیک بخار خارج از گلخانه واقع شود و حتی عایق‌بندی مناسب نیز صورت گیرد باز هم مقدار زیادی گرما از طریق پوشش دیگ بخار، لوله‌های آب داغ و بخار آب و لوله‌های برگرداننده آب سرد یا آب حاصل از میعان به دیگ بخار از دست می‌رود. اگر دیگ بخار داخل گلخانه قرار گیرد، گرمای فرار در تأمین حرارت لازم برای گیاهان شرکت می‌کند. اما قرار دادن دیگ بخار داخل گلخانه، این عیب را دارد که رطوبت بالای محیط موجب پوسیدگی و شکستن پیش از موقع کلیدها، پمپها و موتورها می‌شود. اگر دیگ بخار را در ساختمان سرویس قرار دهیم مناسبتر است زیرا در آنجا نیز به گرما نیاز داریم و هوا نیز در مقایسه با گلخانه خشکتر است.

۱- به انتهای همین فصل مراجعه شود.

برخی از انواع گلخانه‌های آمریکایی علاوه بر آب داغ، توسط بخار آب نیز گرم می‌شوند. در گلخانه‌هایی که مساحت کف آنها کمتر از ۱۸۲۰ مترمربع (۲۰۰۰۰ فوت‌مربع) است از سیستم آب داغ با حرارت تقریباً ۸۲° سانتیگراد استفاده می‌شود. از آنجایی که اگر دمای ۱ گرم آب، ۱° سانتیگراد کاهش یابد فقط ۱ کالری انرژی حرارتی آزاد می‌شود (۱Btu/P water/F°) باید مقادیر زیادی آب در این‌گونه سیستمها مورد استفاده قرار گیرد. در ضمن برای به جریان درآوردن آب در سیستم به پمپهایی نیازمندیم.

در گلخانه‌های بزرگتر، به طور سنتی، از سیستمهای بخار آب استفاده می‌شد. زیرا حجم آب مورد نیاز خیلی کمتر است. وقتی ۱ پوند بخار آب‌جوش ۱۰۰° به آب‌جوش ۱۰۰° تبدیل می‌شود ۹۷۰Btu انرژی حرارتی آزاد می‌کند و از آن پس به ازای هر درجه کاهش در دمای آب ۱Btu انرژی آزاد می‌شود. مزایای سیستمهای بخار به این شرح است: دیگ بخار آنها کوچکتر است، فاقد پمپهای به جریان درآورنده آب می‌باشند و به لوله کشی کمتری نیاز دارند.

درگذشته به هنگام شب، گلخانه‌های کوچک به خوبی گلخانه‌های بزرگ رسیدگی و یا به‌طور خودکار کنترل نمی‌شدند، به همین علت احتمال یخ زدن گیاهان در این‌گونه گلخانه‌ها بیشتر بود. در سیستمهای آب داغ، منبع تولید گرما حجم زیادی آب است که به آرامی گرما آزاد می‌کند و در صورت از کار افتادن دیگ بخار نیز ساعتها از یخ زدن گلخانه جلوگیری می‌کنند. اما در سیستمهای بخار آب چون گرما به سرعت پراکنده شده و تحلیل می‌رود، تداوم کار دیگ بخار اهمیت بیشتری دارد.

در گلخانه‌هایی که دارای سیستم حرارتی آب داغ می‌باشند دما، ثابت‌تر می‌ماند اما اگر دما سهواً نزول کند، در سیستمهای بخار می‌توان به نتیجه مثبت سریعتری برسیم، بدون شک هر دو سیستم آب داغ و بخار آب دارای مزایایی می‌باشند.

در سیستمهای اروپایی، حتی در گلخانه‌های بزرگتر نیز از آب داغ استفاده

گسترده‌تری می‌شود. در این موارد از سیستمهای تحت فشار (۱ اتمسفر، ۱۴/۷ پوند بر اینچ مربع) استفاده می‌شود که در آنها دمای آب بیشتر صعود کرده (°۲۰۳ فارنهایت یا °۹۵ سانتیگراد در مدخل ورودی گلخانه) و ظرفیت گرمایی سیستم در مقایسه با سیستمهای کم‌فشار افزایش می‌یابد. این عامل موجب می‌شود که نیاز چندانی به لوله‌ها و دیگهای بخار با اندازه‌های مورد استفاده در سیستمهای آمریکایی فشار پایین نباشد. امروزه در گلخانه‌های بزرگتر آمریکایی نیز اغلب از یک چنان سیستمهای آب داغ با فشار بالا استفاده شود.

در سیستم حرارت مرکزی، باید محل و ارتفاع دودکش را مورد توجه قرار داد. ارتفاع دودکش باید طوری انتخاب شود که تغییر جهت باد موجب ورود گازهای متصاعد شده به درون گلخانه نشود زیرا در صورت ورود گیاهان صدمه خواهند دید. بهترین روش، آن است که دودکش را در جایی قرار دهیم که بادهای غالب، دود را از زنجیره گلخانه‌ها دور کنند و همچنین بر روی گیاهان سایه نیاندازد. برای مثال اگر جهت باد غالب از غرب باشد، سمت شمال و گوشه شمال شرقی محل مناسبی برای قرار دادن دیگ بخار و دودکش است.

سیستم حرارتی موضعی

در سیستم حرارتی موضعی گلخانه‌ها، از بخاریهایی با طرحهای متنوع استفاده می‌شود. این بخاریها در سه دسته اصلی جای می‌گیرند: ۱) بخاریهای منفرد یا تراکمی ۲) کنوکسیونی یا همرفتی ۳) بخاریهای تابشی با انرژی پایین قرار می‌گیرند.

بخاریهای منفرد: بخاریهای منفرد اغلب بخاریهای تراکمی نیز نامیده می‌شوند. نرخ یک سیستم بخاری تراکمی با توجه به آب و هوای محلی که در آن واقع است، متفاوت می‌باشد.

این بخاریها، همان‌طور که در شکل ۱-۳ نشان داده شده است از سه بخش اصلی

تشکیل یافته‌اند. سوخت در جعبه احتراق سوزانده می‌شود تا گرما تولید کند. گرما، ابتدا در بخاراتی است که از درون یک سری لوله‌های فلزی با دیواره نازک عبور کرده و به دودکش می‌رسند. بخارات گرم، حرارت را به دیوارهای سرد لوله منتقل می‌کنند. بخارات در مسیر خود به سمت دودکش که از طریق آن گلخانه را ترک می‌کنند، بخش بیشتر حرارت خود را از دست می‌دهند. هوای گلخانه، به وسیله پنکه‌ای که در پشت بخاری تراکمی قرار گرفته به درون کشیده می‌شود و از بخش خارجی لوله‌ها عبور می‌کند، سپس از جلوی بخارات دوباره به محیط گلخانه وارد می‌شود. هوای سردی که از اطراف لوله‌های فلزی گرم عبور می‌کند گرم می‌شود. به‌طور خلاصه لوله‌های فلزی به عنوان تبادل‌کنندگان گرما عمل می‌کنند یعنی گرما را از بخارات گرمی که از داخل آنها می‌گذرند جذب می‌کند و به هوا سرد گلخانه، که در اطراف سطح خارجی آنها جریان دارند، منتقل می‌کند.

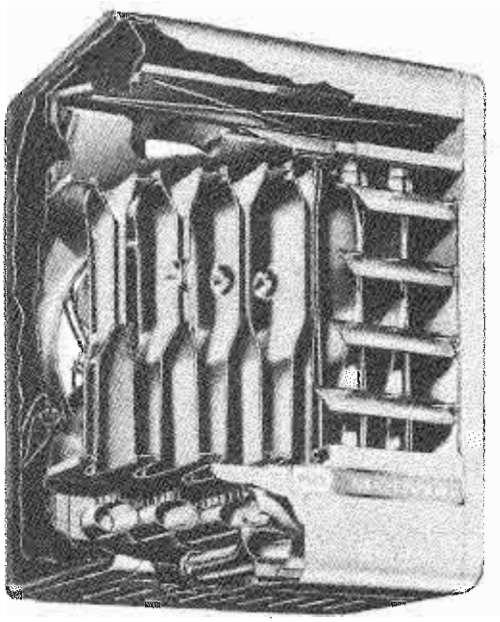
معمولاً منبع سوخت و پنکه به ترموستاتی که در جای مناسبی از گلخانه واقع است متصل می‌باشند. فقط در صورت لزوم گرما تولید می‌شود، خودکار بودن این بخاریها مزیت بارز آنها است. در بخاریهای تراکمی می‌توان از سوختهای متعددی مثل روغن شماره ۲، نفت سفید، گاز Lp و گاز طبیعی استفاده کرد. اما در صورت تغییر سوخت باید تغییراتی در بخاری نیز ایجاد کرد.

بخاریهای تراکمی، علاوه بر طرحهای افقی در طرحهای عمودی نیز به بازار عرضه می‌شوند (به شکل ۲-۳ مراجعه شود) و اساس آنها مسیری است که هوای گرم شده از آنها خارج می‌شود. بخاریهای عمودی هوا را از حاشیه‌های گلخانه به درون می‌کشند و آن را به سمت پایین و کف گلخانه می‌رانند. این بخاریها در اندازه‌هایی خریداری می‌شوند که بتوانند فضای مربع شکلی به ابعاد معادل، پهنای گلخانه را گرم کنند. آنها را در امتداد طول از سقف گلخانه و در ارتفاع بالاتر از قد انسان و به فواصل برابر عرض گلخانه آویزان می‌کنند. زمانی که در دهه ۱۹۴۰ بخاریهای تراکمی برای اولین‌بار

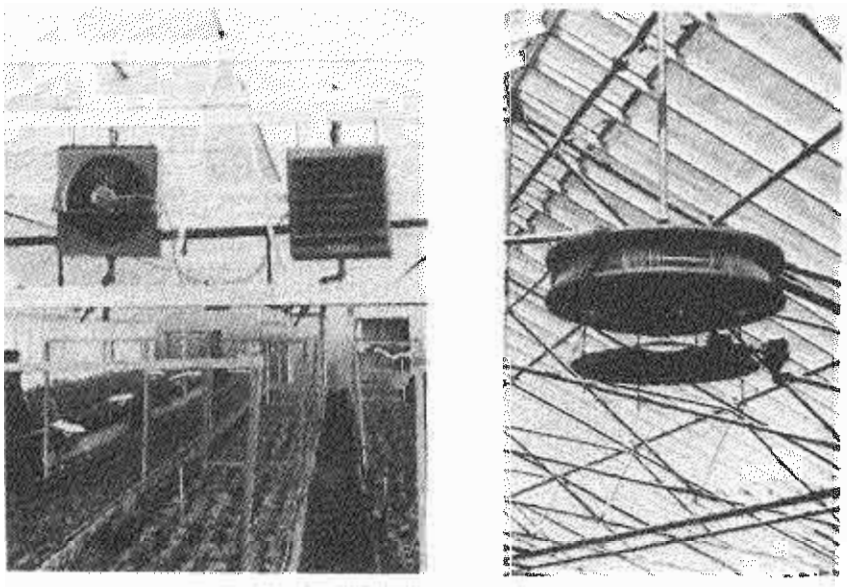
عمومیت یافتند، تصور می‌شد که نوع عمودی آنها برای گلخانه‌ها بهتر است. گاهی اختلاف دما و خشکی خاک به وقوع می‌پیوست که منجر به رشد ناهماهنگ می‌شد. اما امروزه بخاریهای تراکمی افقی بیشتر مورد تأیید می‌باشند. با توزیع افقی هوا مشکل اختلاف دما و خشکی کاهش می‌یابد. می‌توان از تعداد کمتری بخاری اما در اندازه‌های بزرگتر استفاده کرد که در نتیجه هزینه اولیه و مخارج نصب کاهش خواهد یافت. بخاریهای افقی با سیستمهای گرمایی تکمیل شده و جدیدتر حرارتی، خنک‌کننده و توزیع افقی هوا نیز سازگاری دارند.

به هنگام احتراق سوخت، اکسیژن مصرف می‌شود. در گلخانه‌های قدیمی شیشه‌ای ممکن است میزان نفوذ هوا برای مرتفع کردن نیاز اتاق احتراق بخاریها کافی باشد. گلخانه‌های پلاستیکی غیرقابل نفوذتر بوده و بارها پس از پایان یافتن اکسیژن موجود در محیط اطراف بخاریها در شب خاموش شده و گیاهان یخ زده‌اند. معمولاً پیش از خاموش شدن آتش، بر اثر کمبود اکسیژن گاز دیگری تشکیل می‌شود، که منواکسیدکربن نام داشته و بی‌بو است. اگر این گاز در محیط گلخانه باشد و کسی وارد شود به احتمال قوی جان می‌سپارد. معمولاً باید به ازای هر ۲۵۰۰Btu از ظرفیت بخاری یک دریچه به ابعاد ۲/۵ سانتیمتر (اینچ) به بیرون وجود داشته باشد ($1cm^2/114W$). ممکن است در نزدیکی مدخل ورودی دستگاه گرماده سوختی از یک لوله بخاری، سفال یا لوله برزنتی نسوز که به بیرون راه دارد ممکن است استفاده شود. یک لوله به قطر ۲۰ سانتیمتر (۸ اینچ) ۵۰ اینچ مربع لازم برای یک بخاری با ظرفیت ۱۲۵۰۰۰Btu را تأمین می‌کند. برای جلوگیری از ورود جانوران باید انتهای لوله را با صفحه‌ای مشبک پوشاند.

بخاریهای تراکمی دارای دودکشی می‌باشند که عموماً به‌طور مستقیم از سقف بالای بخاری به خارج راه دارند. ارتفاع دودکش باید به حد کفایت بلند باشد تا دود به هنگام خروج، دوباره به درون گلخانه وارد نشود. ارتفاع دودکش از محفظه احتراق باید ۲۴ تا ۳۷ سانتیمتر باشد تا جریان هوا به خوبی صورت گیرد.



تصویر ۱-۳ـ نمای داخلی یک بخاری تراکمی افقی. سوخت در اتاق واقع در زیر احتراق می‌یابد. بخارات داغ داخل لوله‌های تعادل‌کننده گرما بالا می‌روند و حرارت خود را به دیوارهای لوله‌ها منتقل می‌کنند. دود از بخش بالایی لوله و پشت آن، به داخل دودکش تخلیه می‌شود. پنکه‌ای در پشت بخاری نصب شده است که هوای سرد گلخانه را با فشار از بالای سطح خارجی لوله‌ها عبور می‌دهد و بدین‌ترتیب این هوا گرما دریافت می‌کنند.



ب

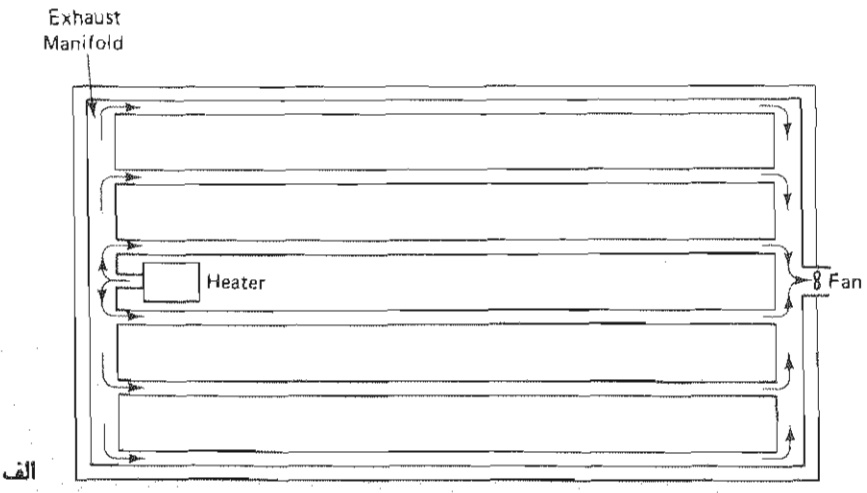
الف

تصویر ۲-۳ـ الف) نمونه‌ای از یک بخاری تراکمی عمودی قدیمی که برای گرم کردن گلخانه‌ها استفاده می‌شده است. ب) یک بخاری تراکمی افقی که امروزه در گلخانه‌ها استفاده می‌شود.

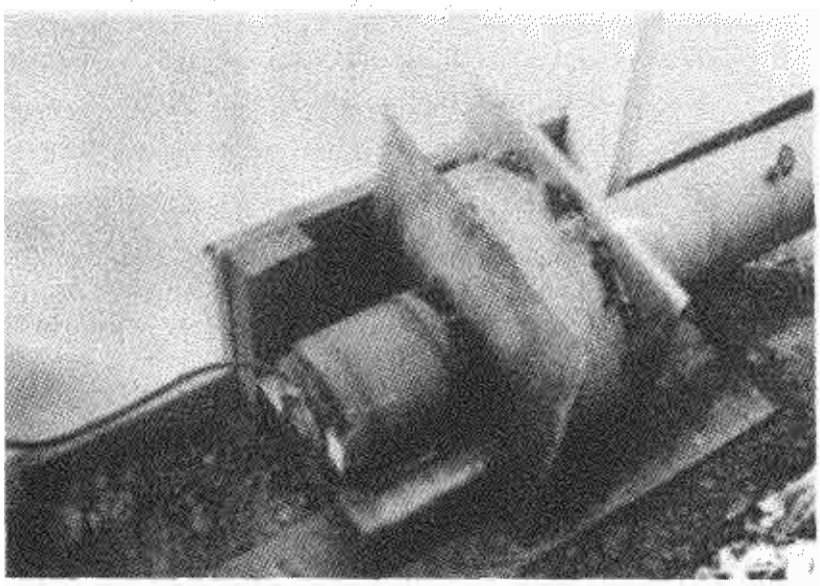
بخاریهای کنوکسیونی یا همرفتی: بخاریهای کنوکسیونی را به علت ارزان بودنشان می‌توان در گلخانه‌های تجارتی و تفریحی یافت. این بخاریها به حد کفایت خودکار نیستند. تفاوت این بخاریها در این است که فاقد تعادل‌کننده گرما در خود می‌باشند. اغلب سوختها مانند چوب، ذغال، نفت و گاز در یک محفظه احتراق، سوزانده می‌شوند. دودهای حاصله، از داخل لوله اگزوزی که در امتداد زمین یا زیر بسترهای زمینی یا سکوهای کاشت تعبیه شده‌اند، بیرون رانده می‌شوند (شکل ۳-۳).

دودکش به اندازه کافی بلند است تا بخارات، پیش از خروج خنک شوند. بخارات معمولاً از نقطه مقابل محلی که بخاری واقع است خارج می‌شوند. دودکش همچون مبادله کننده گرما عمل می‌کند و گرما را از بخارات داخل لوله به هوای گلخانه منتقل می‌کند. بخارات اغلب مستقیماً به یک لوله قطور منشعبی وارد می‌شوند که چندین لوله بخاری کوچکتر از آن تغذیه می‌کنند. گرچه معمولاً از لوله بخاری استفاده می‌شود اما می‌توان از لوله‌های پلی‌اتیلن سیاه نیز استفاده کرد. تمام زانوهای به‌کار رفته در سیستم‌لوله‌ها را باید با نوار ضدآتش پوشاند تا دود نتواند به داخل گلخانه نفوذ کند. برای اطمینان بیشتر باید از پنکه‌ای با ظرفیت پایین شبیه آنچه در بخاریهای معمولی نفت‌سوز به‌کار می‌رود در مدخل خروجی دودکش استفاده شود. پنکه دود را به بیرون کشیده و به این ترتیب مکش یا فشاری منفی در داخل سیستم برقرار می‌کند. اگر زانوها عایق‌بندی نشوند، هوای گلخانه از طریق آنها نفوذ کرده و دود از دودکش خارج نمی‌شود. در این سیستم نمی‌توان از لوله‌های پلی‌اتیلن استفاده کرد زیرا در برابر فشار منفی فرو می‌ریزند.

نکته مهم در مورد کلیه سیستمهای حرارتی آن است که دود با گیاهان تماس پیدا نکند. اگر درجه خلوص سوخت بالا باشد و به‌طور کامل نیز بسوزد فقط بخار آب و دی‌اکسیدکربن تولید می‌شود اما به‌ندرت سوخت به‌طور کامل می‌سوزد. محصولات حاصل از سوخت ناقص؛ شامل گاز اتیلن است که برای گیاهان زیان‌آور است

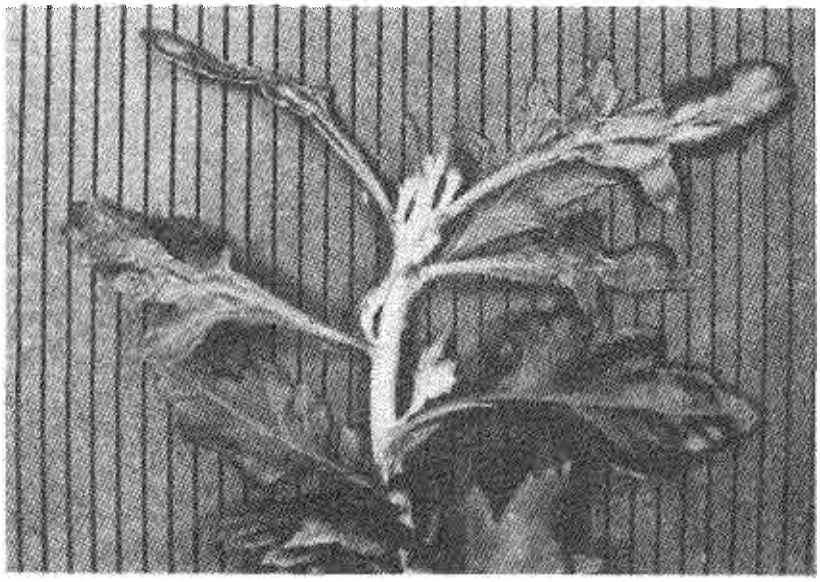


الف



ب

تصویر ۳-۳ـ ساختار فیزیکی یک سیستم حرارتی انتقالی در گلخانه. بخار حاصل از بخاری انتقالی وارد لوله بخاری قطوری می‌شود که خود به صورت چندین لوله کم قطرتر منشعب می‌شود و در امتداد طولی زمین بین بسترها یا در زیر سکوهای کاشت تا انتهای دیگر گلخانه امتداد می‌یابد. در آنجا بخارات در لوله منشعب دیگری جمع‌آوری شده و به بیرون رانده می‌شوند. پنکه‌ای که در مدخل خروجی قرار گرفته، دود را بیرون می‌راند و فشاری منفی را در سیستم لوله‌ها ایجاد می‌کند که اجازه نمی‌دهد بخارات از طریق شکافها دوباره وارد گلخانه بشود. ب) پنکه واقع در انتهای لوله بخاری



تصویر ۴-۳ـ صدمه وارد بر گلهای داوودی در یک گلخانه بر اثر گاز اتیلن تولید شده از یک بخاری که خروجی مناسب برای دود ندارد. برگها تغییرشکل یافته و به‌طور غیرعادی باریک شده‌اند و جوانه انتهایی سقط شده است.

(شکل ۴-۳). گاز اتیلن می‌تواند باعث کج شدن یا پیچیدگی ساقه یا باریک شدن برگها و سقط جوانه‌ها بشود. در سوختها ناخالصیهایی نیز وجود دارند. در ذغال، انواع نفت و گازها معمولاً دارای گوگرد می‌باشند. هنگام سوختن، گوگرد به صورت دی‌اکسیدگوگرد (SO_2) آزاد می‌شود. دی‌اکسیدگوگرد در لایه نازک رطوبت موجود بر روی سطح گیاهان حل می‌شود و به اسیدسولفورو و پس از اکسیده شدن به اسیدسولفوریک تبدیل می‌شود و سلولهایی را که با آنها در تماس است می‌سوزاند (شکل ۵-۳). نقاط زرد کوچکی روی برگها ظاهر می‌شود که در موارد حاد به مرگ کامل برگ منجر می‌شود.

بخاریهای تابشی: بخاریهای تابشی مادون قرمز کم‌انرژی در طی دوازده سال گذشته عمومیت پیدا کرده‌اند. گزارشهای پرورش‌دهندگان در مورد ذخیره سوخت دلالت بر کاهش ۳۰ تا ۵۰ درصد از هزینه سوخت دارد. بخاریهای تابشی مادون قرمز در داخل

گلخانه و در بالای سر قرار می‌گیرد (شکل ۶-۳) آنها پرتوهای مادون قرمز تولید می‌کنند که در مسیری مستقیم و با سرعت نور حرکت می‌کنند. اشیاء موجود در مسیر، این انرژی الکترومغناطیسی را جذب می‌کنند و بی‌درنگ به گرما تبدیل می‌شود. تابشهای مادون قرمز در مسیر حرکت خود هوا را گرم نمی‌کنند. بلکه، پس از آن که اشیاء موجود در محیط مثل گیاهان، کفپوشها و سکوهای کاشت گرم شوند، آنها به نوبه خود هوای اطراف را گرم می‌کنند. درجه حرارت زمین و گیاه برای رویش اهمیت دارند. درجه حرارت هوا در گلخانه‌هایی که با تابش مادون قرمز گرم می‌شوند تا ۴° درجه سانتیگراد (۷° فارنهایت) خنکتر از گلخانه‌های سنتی است، در حالی که پوشش گیاهی یکسان دارند. در سیستم سنتی ابتدا هوا گرم می‌شود و سپس هوا گیاه را گرم می‌کند. بنابراین درجه حرارت هوا در طول شب بیشتر از درجه حرارت گیاهان است. این امر باعث میعان

تصویر ۵-۳ـ صدمه وارد بر شاخ و برگ بگونیای رایگو بر اثر گاز دی‌اکسیدسولفور بخاریهایی که هواکشهای نامناسبی دارند این گاز را متصاعد می‌سازند ژنراتورهای دی‌اکسیدکربن، که سوختهای دارای سولفور بالا را می‌سوزانند نیز این گاز را در سطحی مسموم‌کننده در داخل گلخانه‌ها تولید می‌کنند.

آب‌بر روی سطح گیاهان می‌شود. امادر گلخانه‌هایی که با تابش مادون قرمز گرم می‌شوند، میعان کمتر صورت می‌گیرد و شرایط برای رشد بیماریها چندان مناسب نیست.

اندازه بخاریهای که در گلخانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد بین ۲۰۰۰۰Btu/hr تا ۱۲۰۰۰۰ (۵۸۶۰W تا ۳۵۱۶۰) با یک ترتیب افزایش ۲۰۰۰۰تایی می‌باشد فاصله بین بخاریها می‌تواند ۹/۱ تا ۱۲/۲ متر (۳۰ تا ۴۰ فوت) باشد و به‌طور یک در میان، در بالای سر و در طول گلخانه نصب شوند. در طول گلخانه و در بالای این بخاریها صفحه فلزی عمیق منعکس‌کننده‌ای وجود دارد که کلیه اشعه‌ها را به سمت پایین و به طرف گیاهان هدایت می‌کند و گرمای مناسب یکنواختی را در تمام فضای زیر کاشت تأمین می‌کند. مسأله مهم برای اطمینان از انعکاس بخش بیشتر اشعه‌ها، جنس این منعکس‌کننده‌ها است. بهترین فلز برای این منظور آلومینیوم است. هر یک از بخاریها هوای گلخانه را با سوخت مخلوط می‌سازد و به درون یک لوله ۱۰ سانتیمتری (۴ اینچی) تزریق می‌کند. سیستمهای جدید در ازای استفاده از فندک یا شمع، سوخت را مستقیماً می‌سوزانند. لوله تا حدود ۴۸۰° سانتیگراد (۹۰۰° فارنهایت) گرم می‌شود. این دما نمی‌تواند لوله را آنقدر داغ کند تا نور قرمز قابل رؤیت که در تنظیم پریودیکی گیاهان دخالت می‌کند تولید شود (به فصل ۱۱ مراجعه کنید) تولیدکننده، عملاً می‌تواند دما را تغییر دهد تا مناسب نیازهای خاص فضای گلخانه شود. این لوله طول گلخانه را طی می‌کند و سپس خارج می‌شود. در انتهای لوله پمپی وجود دارد که خلأ ایجاد می‌کند و گازها را در طول لوله به حرکت در می‌آورد. خلائی دو اینچی از ستون آب در لوله تشکیل می‌شود. یک پمپ ۰/۵hp (۳۷۰W) می‌تواند حداکثر ۱۶ بخاری کوچکتر را اداره کند. از آنجایی که ممکن است دمای لوله مجاور هر بخاری تا ۴۸۰° سانتیگراد (۹۰۰° فارنهایت) برسد نباید گیاهان را تا فاصله ۱/۵۰ متری لوله قرار دهیم. بخاریهای تابشی امروزه می‌توانند پوشش گیاهی با وسعت تا سه برابر ارتفاع بخاریها از سطح گیاهان را گرم کنند.

دلایل مربوط به ذخیره کردن سوخت را در دو دسته می‌توان جای داد. اول، دمای گازهایی که در این سیستم تولید می‌شوند کمتر از ۶۵° سانتیگراد یا ۱۵۰° فارنهایت می‌باشد که در مقابل ۲۰۴° تا ۳۱۵° سانتیگراد (۶۰۰F تا ۴۰۰) است که در بخاریهای سنتی گلخانه‌ها تولید می‌شود. بنابراین گرمای بیشتری از سوخت احتراق یافته به دست می‌آید. معتقدند که کارآیی احتراق حدود ۹۰٪ می‌باشد. دوم، وقتی هوای داخل گلخانه خنکتر باشد اختلاف دمای آن با محیط خارج کمتر خواهد بود و گلخانه گرمای کمتری را از دست می‌دهد. جریان هوای سریعی که در لوله‌های همرفتی تولید می‌شود در گلخانه‌هایی که با استفاده از سیستم تابش ماورای قرمز گرم می‌شوند مشاهده نمی‌شود که این خود دارای اهمیت است، جریانات هوایی که توسط این پنکه‌ها برقرار می‌شود گیاهان را خنک می‌کنند و هوایی را که به وسیله گیاهان و زمین گرم شده است به سوی پوشش سرد گلخانه حمل می‌کنند. سیستم جریان هوای افقی (HAF) (که بعداً در این فصل توضیح داده خواهد شد) که جریان هوا در آن آرامتر می‌باشد ظاهراً قابل قبول است. مزیت دیگر این سیستم گرم‌کننده آن است که مصرف الکتریکی آن حدود ۷۵٪ کمتر از سیستمهای گرم‌کننده سنتی است. تنها یک موتور در سیستم گرم‌کننده تابشی لازم می‌باشد که آن هم برای پنکه خارج‌کننده گازها است.

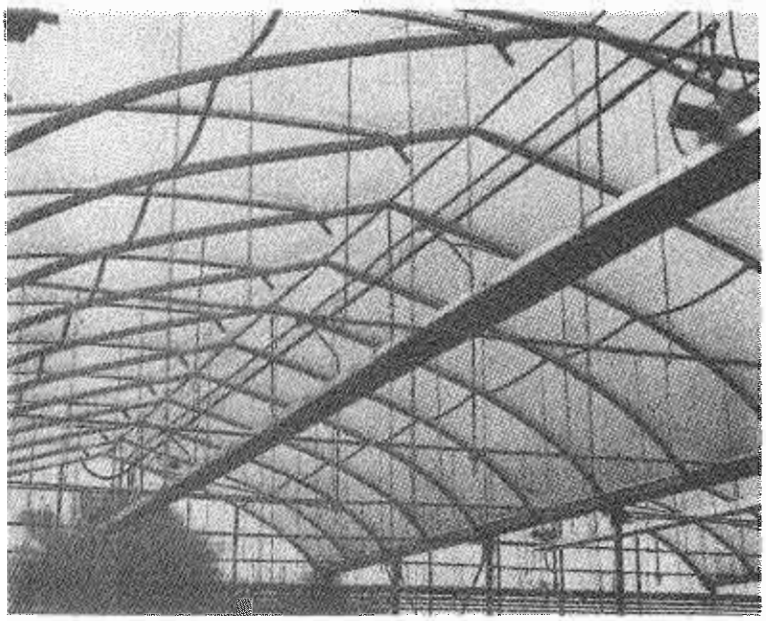
گرچه هزینه سرمایه گذاری، در سیستم گرم‌کننده تابش اشعه مادون قرمز سیستم در مقایسه با سیستمهای گرم‌کننده Forcedan سنتی بیشتر می‌باشد اما ذخیره سوخت در این سیستم طی چند سال این هزینه اضافی را جبران می‌کند. اما باید توجه داشت که در سالهای اخیر بخاریهای منفرد و دیگهای بخاری در بازار عرضه شده‌اند که دمای دودکش آنها پایین (۱۵۰° سانتیگراد، ۳۰۰° فارنهایت) می‌باشد و این خاصیت آنها باعث شده که بتوانند در مزیتی که مثلاً منحصراً به بخاریهای ماورای قرمز اختصاص داشت مشارکت کنند. در ثانی به وسیله سیستمهای گرم‌کننده واقع در زمین (که بعداً

توضیح خواهیم داد) نیز می‌توان به مزیت دیگر سیستمهای گرم‌کننده ماورای قرمز که کمتر بودن دما در عرض پوشش گلخانه در مقایسه با محیط خارج می‌باشد، رسید. در نهایت، بخاریهای ماورای قرمز می‌توان هر دو نوع گاز طبیعی و مصنوعی را بسوزانند. در حالی که گازهای طبیعی از نظر قیمت همچنان بر سایر گازها مزیت دارند، در سالهای اخیر گازهای مصنوعی در مقایسه با سایر گازها گرانتر شده‌اند. بنابراین پرورش‌دهندگانی که باید از گازهای مصنوعی استفاده کنند در شرایط نامساعدی قرار دارند.

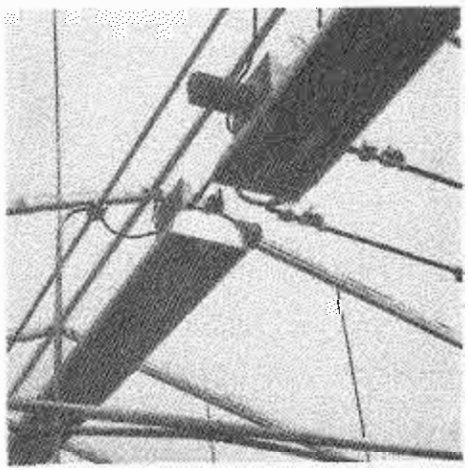
مسأله نحوه انتخاب وسایل گرم‌کننده ماورای قرمز باقی می‌ماند. عواملی را که باید در نظر گرفت عبارتند از: کارآیی حرارتی، قدرت تشعشع، انعکاس، کارآیی قسمتهای ثابت دستگاه، کارآیی الگوی ساختمانی. کارآیی حرارتی عبارت از نسبت توان گرمایی سوخت مصرفی به انرژی آزاد شده در بخاری می‌باشد. قدرت تشعشع، اندازه‌گیری ظرفیت آزاد نمودن انرژی ماورای قرمز به وسیله لوله‌های بخاری است. انعکاس، اندازه‌گیری توانایی هدایت انرژی منعکس‌کننده‌ها است. کارآیی قسمتهای ثابت دستگاه عبارت است از مقدار انرژی مادون قرمزی که به‌وسیله بخشهای ثابت گرم‌کننده جذب می‌شود و در نهایت به گرما تبدیل می‌گردد و منتقل می‌شود و این مقدار باید تا حد ممکن کم باشد. کارآیی الگوی ساختمانی اندازه‌گیری توانایی انتشار انرژی ماورای قرمز به وسیله بخاری و متناسب با نیازهای فضا می‌باشد. کارآیی کلی سیستم، ترکیبی از کلیه این عوامل است.

حرارت خورشیدی

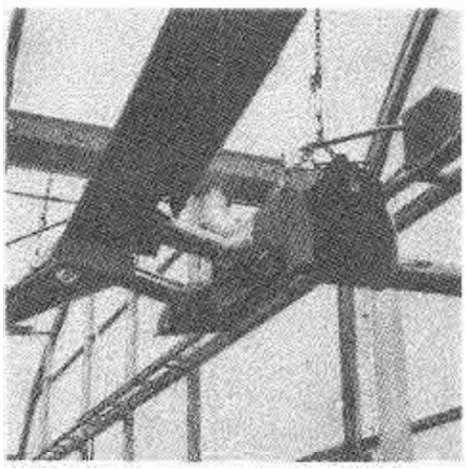
حرارت خورشیدی اخیراً موضوع قابل توجهی بوده است که به‌طور نسبی یا کامل جای سیستمهای حرارتی با سوخت فسیلی را گرفته امروزه سیستمهای حرارتی خورشیدی معدودی در گلخانه‌ها وجود دارد. همانگونه که خواهیم دید، مسایل



الف



ب



پ

تصویر ۶-۳ـ تأسیسات گلخانه‌ای که دارای سیستم حرارتی با تابش مادون‌قرمز است. پ) دستگاههای احتراق در دو خط مجاور حرارتی مادون‌قرمز قرار گرفته‌اند. پ) پنکه مکنده دود و خروجی که برای دو خط حرارتی تابش مادون‌قرمز کار می‌کنند.

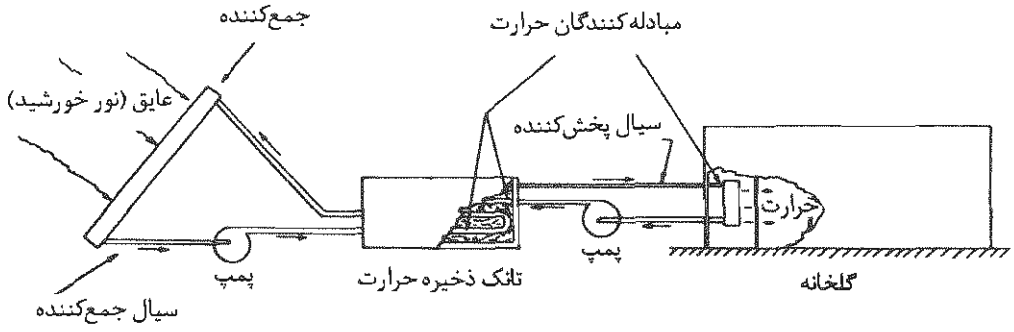
اقتصادی یک چنین سیستمهایی باید مورد بررسی قرار گیرند. در این بخش، اصول اساسی و اجزاء سیستم حرارت خورشیدی را مورد بررسی قرار خواهیم داد. اجزاء آن عبارتند از: (شکل ۷ـ۳) ۱) یک جمع‌کننده ۲) وسیله تسهیل‌کننده ذخیره گرما ۳) یک وسیله مبادله‌کننده برای انتقال حرارت گرفته شده از خورشید، هوای گلخانه ۴) منبع گرمایی‌کمکی که در صورت عدم کفایت سیستم حرارتی خورشیدی جانشین آن می‌شود ۵) تعدادی تنظیم‌کننده.

جمع‌کننده: انواع متنوعی از جمع‌کننده‌ها موجود می‌باشند. اما جمع‌کننده با صفحه مسطح بیشترین توجهات را به سوی خود جلب کرده است. این نوع، دارای یک صفحه سیاه مسطح (پلاستیک فشرده، یک لایه نازک پلاستیک، یا تخته) است که انرژی خورشیدی را جذب می‌کند. سطح رو به خورشید این صفحه به وسیله دو یا چند لایه شیشه یا پلاستیک شفاف و سطح پشتی آن به وسیله ماده‌ای عایق پوشیده شده است. لایه‌های پوشاننده، برای نگهداری گرمای جذب شده درون جمع‌کننده به‌کار می‌رود. آب یا هوا از داخل یا از روی صفحه سیاه‌رنگ می‌گذرد تاگرمای‌به دام انداخته شده را با خود حمل کرده و به منبع ذخیره کمکی منتقل کند.

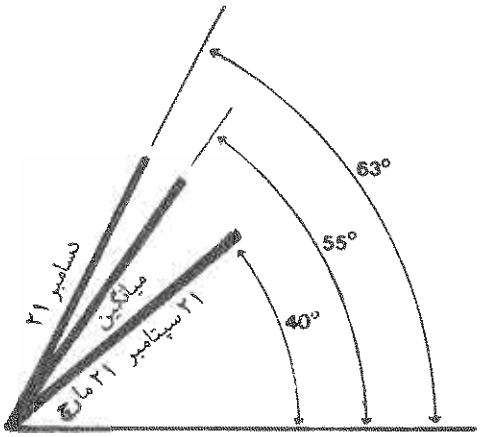
گلخانه خود نیز یک جمع‌کننده حرارت خورشیدی است. مقداری از این انرژی جمع‌آوری شده در خاک، گیاهان، اسکلت گلخانه، مسیرهای عبور مانند آنها ذخیره می‌شود. مقدار حرارت باقیمانده، ممکن است برای رویش گیاه زیاد باشد و به همین علت به بیرون رانده می‌شود. این گرمای خروجی را نیز می‌توان به سمت بستر سنگی هدایت کرد تا ذخیره شود و متعاقباً در یک دوره گرم کردن گلخانه مورد استفاده قرار گیرد. حرارتی که بدین‌ترتیب بدست می‌آید می‌تواند نصف تا تمام حرارت لازم برای گلخانه‌های ایالات متحده جنوبی و احتمالاً ۱۰ تا ۲۰ درصد کل حرارت لازم برای ایالات شمالی را تأمین کند. وقتی جمع‌کننده با صفحه مسطح را در یک ظهر آفتابی به صورت ستونی در مقابل خورشید قرار می‌دهیم، جمع‌آوری حرارت به وسیله آن

بیشترین کارآیی خود را خواهد داشت. زاویه انحراف نسبت به سطح زمین در اول ماه فروردین و سی‌ام شهریور، (یعنی اعتدال بهار و پاییز) برابر عرض جغرافیایی است. این زاویه به‌تدریج افزایش می‌یابد و در سی آذر (انقلاب زمستانی) به حداکثر خود یعنی ۲۳° بیشتر از عرض جغرافیایی می‌رسد پس از آن کاهش می‌یابد. از آنجایی که جمع‌کننده‌های متحرک هزینه را به مقدار قابل توجهی افزایش می‌دهد یک زاویه میانگین ثابت، حدود ۱۵° بیشتر از عرض جغرافیایی معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۸ـ۳).

مقدار تابش خورشیدی که به سطح زمین می‌رسد با عواملی مانند شرایط آب و هوایی و ارتفاع تغییر می‌کند. در شکل ۹ـ۳ مقادیر روزانه متوسط تابشهای خورشیدی که در طول مرداد و دی به سی سانتیمترمربع از سطح افقی زمین می‌رسد نشان داده شده است. با وجو آن که مقدار انرژی تابشی ورودی روزانه حدود $۶۰۰ But/Ft^{۲}$ ($۱۶۲۵ kcal/m^{۲}, ۶۸۰۰ Kj/m^{۲}$)در سطح در فضای واشنگتن دی. سی (عرض جغرافیایی ۳۸ درجه شمالی) انتظار می‌رود اما کل این مقدار به وسیله جمع‌کننده‌های حرارت به



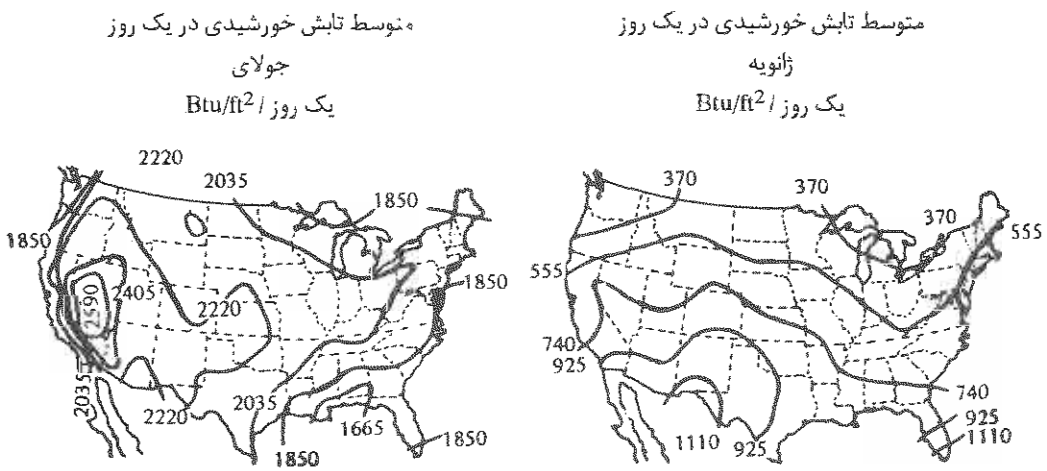
تصویر ۷-۳ـ نمونه‌ای از یک سیستم حرارتی خورشیدی برای گلخانه‌ها.



تصویر ۸-۳- بهترین زاویه انحراف برای یک جمع‌آوری‌کننده خورشیدی نسبت به زمین در عرض جغرافیایی ۴۰° شمال (فیلادلفیا، دنور) در ۲۱ مارس و ۲۱ سپتامبر ۴۰° می‌باشد و در طی ۹۱ روز یعنی از ۲۱ سپتامبر تا ۲۱ دسامبر، ۲۳° افزایش می‌یابد تا به ۶۳° برسد پس از ۲۱ دسامبر پیوسته کاهش می‌یابد تا در ۲۱ مارس به ۴۰° برسد. در این مثال یک جمع‌کننده ثابت معمولاً در زاویه متوسط ۱۵°+ یعنی ۵۵° قرار می‌گیرد.

دام نمی‌افتد. در یک ظهر آفتابی کارآیی یک جمع‌کننده با صفحه مسطح که از آب در آن استفاده می‌شود حدود ۶۵ درصد است اما در صبح زود و اواخر غروب کارآیی در دو طرف آن نقطه کاهش یافته و به صفر درصد می‌رسد. اگر کارآیی را ۴۰ درصد درنظر بگیریم، ۲۴۰ Btu از ۶۰۰ Btu تابشی که در طول یک روز به ۳۰ سانتیمترمربع از جمع‌کننده برخورد می‌کند قابل جمع‌آوری برای گرم کردن یک گلخانه است. اگر مقدار تولید (محصول) یک گالن نفت را ۱۰۰۰۰۰ Btu درنظر بگیریم، جمع‌کننده باید سطحی معادل ۱۲/۵۱ مترمربع داشته باشد تا ظرفیت گرمایی آن برابر ۱ گالن نفت بشود. به ازای هر ۳۰ سانتیمترمربع از سطح زمین گلخانه حداقل ۱۵ سانتیمترمربع از سطح گلخانه مورد نیاز است.

گرمای جذب شده به وسیله صفحه سیاه‌رنگ، داخل جمع‌کننده اغلب به وسیله آب یا هوا انتقال می‌یابد. صفحه سیاه‌رنگ ممکن است لایه‌ای از لوله‌های پلاستیکی سیاه‌رنگ باشد که در کنار هم قرار گرفته‌اند. در این حالت آب از داخل این لوله‌ها می‌تواند جریان یابد. اگر یک صفحه سیاه‌رنگ جامد باشد آب از روی سطح آن عبور کند. آب گرما را جذب می‌کند و سپس به یک مخزن ذخیره انتقال می‌دهد. هوا نیز ممکن است به‌همین‌ترتیب از داخل یا روی صفحه سیاه‌رنگ عبور کند و حرارت را از آن جذب



تصویر ۹-۳ـ مقدار متوسط تابش خورشیدی که هر فوت مربع از سطح افقی در سراسر ایالات متحده در جولای و ژانویه دریافت می‌کند.

کند. شدت جریان لازم برای جمع‌کننده‌های آب ۰/۴ تا ۱/۲ لیتر در دقیقه بر مترمربع (۱ تا ۳گالن در هر ثانیه به ازای ۱۰۰ فوت مربع) می‌باشد. گرم‌کننده‌هایی که در جمع‌کننده آنها هوا جریان دارد نیز به‌همین‌ترتیب به جریانی با شدت ۱/۵ تا ۴/۶ سانتیمتر در ثانیه بر مترمربع (یا ۵-۱۵ فوت مربع در ثانیه به ازای هر فوت مربع) از جمع‌کننده است.

مخزن و مبادله کننده گرما: در حال حاضر آب و سنگ معمولترین ماده ذخیره کننده گرما در گلخانه‌ها می‌باشند. هر گرم آب می‌تواند ۴/۲۳ ژول گرما را به ازای هر ۱ درجه سانتیگراد افزایش دما نگه دارد. بنابراین گرمای ویژه آن ۱ است. هر گرم سنگ می‌تواند ۰/۸۳ ژول گرما را به ازای هر ۱ درجه سانتیگراد افزایش دما (۰/۲Btu/p rock/F°). گرمای ویژه در این حالت ۰/۲ است. وسعت یک بستر سنگی باید ۳ برابر مخزن آب، باشد. تا مقدار حرارت ذخیره شده در هر دوی آنها یکسان باشد. بسترهای بسیار مناسب

جمع‌کننده‌های محتوی هوا و سیستمهای حرارتی هوای فشرده می‌باشند. در این حالت هوای گرم شده در داخل جمع‌کننده به همراه هوایی که در طول روز در داخل گلخانه بسیار گرم شده است به داخل بسترهای سنگی فرستاده می‌شوند. سنگ بخش بیشتر این گرما را جذب می‌کند. بسترهای سنگی را مشروط بر آن که به خوبی عایق‌بندی شده‌اند می‌توان در زیر زمین گلخانه و یا در خارج از گلخانه قرار داد. در طول شب که گلخانه باید گرم شود، هوای سرد داخل گلخانه از میان سنگ عبور داده می‌شود، در آنجا، گرم شده و دوباره در داخل گلخانه جریان می‌یابد. یک لوله پلی‌اتیلن روشن که در طول خود دارای سوراخهایی در هر یک از دو سمت است گرما را به‌طور یکنواخت در طول گلخانه توزیع می‌کند. برای توزیع هوای گرم‌شده به‌وسیله خورشید می‌توان از لوله‌های همرفتی سنتی (مانند آنهایی که در این فصل برای گرم کردن و سرد کردن گلخانه مورد بحث قرار می‌گیرند) استفاده کرد.

یک سیستم ذخیره آبی، با جمع‌کننده‌های آبی و سیستمهای گرم‌کننده گلخانه‌ها که از لوله‌های مارپیچی یا بخاری تراکمی (واحد) که دارای لوله‌های مارپیچی محتوی آب در داخل خود می‌باشند بسیار سازگار است. در طول روز آب‌گرم جمع‌کننده به داخل مخزن ذخیره پمپ می‌شود. وقتی حرارت لازم است، آب‌گرم درون مخزن ذخیره به درون یک دیگ بخار آب یا آب‌داغ یا آب‌داغ لوله‌های مارپیچی درون یک بخاری پمپ می‌شود. گرچه آبی که به وسیله حرارت خورشیدی گرم شده است خنکتر از ترموستات نصب شده به دیگ بخار خواهد بود اما مقداری گرما ذخیره می‌شود زیرا نیازی نیست که دمای این آب به اندازه حرارت خروجی از آب یا بخار آب داخل دیگر بخار افزایش یابد.

تاکنون سیستمهای خورشیدی با دمای پایین بیشتر به علت ارزان بودنشان معمولترین سیستم برای گلخانه‌ها بوده‌اند. انرژی خورشیدی ورودی در طول روز در حکم خازن گرمایی عمل می‌کند و دمای این‌گونه سیستمها را تا ۱۷° سانتیگراد (۳۰°

فارنهایت) بالاتر از دمای متوسط عصر افزایش می‌دهد. هر نیم کیلو[1] آب یا سنگ وقتی تا ۱۷° سانتیگراد (۳۰° فارنهایت) سرد می‌شوند به ترتیب ۳۰Btu و ۶Btu حرارت فراهم می‌کنند. بنابر گزارش به دست آمده یک گلخانه با پوشش پلی‌اتیلن دو لایه به ابعاد ۶ متر (۲۰ فوت) در ۳۰ متر (۱۰۰ فوت) به ازای هر درجه فارنهایت اختلاف دما بین محیط خارج و داخل حدود ۳۵۰۰Btu برساعت انرژی از دست می‌دهد. اگر گرمای داخلی ۱۶° سانتیگراد (۶۰° فارنهایت) و دمای متوسط شبانه فضای خارج ۲° سانتیگراد (۳۵° فارنهایت) بوده و مدت گرمادهی حدود ۱۳ ساعت باشد تقریباً ۱,۱۰۰,۰۰۰ (۱/۱۷ میلیون کیلوژول) گرما لازم است. این میزان مخزنی ۱۶۶۰۰ لیتری (۴۴۰۰ گالنی) از آب لازم دارد. (توجه ۱,۱۰۰,۰۰۰Btu گرمای لازم تقسیم بر (۸/۳Lb/gal water) × (Btu/Lb × F°) × ۳۰°F معادل ۴۴۰۰ گالن می‌باشد. برای ذخیره مقدار حرارت فوق حدود ۵۷ مترمکعب (۲۰۰۰ فوت مکعب) سنگ لازم دارد.

مخازن آبی و سنگی فضای زیادی را اشغال می‌کنند و اگر در فضای خارج باشند باید کاملاً عایق‌بندی شوند. اگر مخازن داخل گلخانه قرار داده شوند گرمای اتلافی برای گرم کردن گلخانه استفاده می‌شود اما اگر گرما لازم نباشد، زیان‌آور است. بسترهای سنگی مشکل دیگری نیز به همراه دارند و آن این که باید نسبتاً خشک بمانند. زیرا تبخیر آب از سطح آنها باعث از دست رفتن مقدار زیادی از گرمای می‌شود.

بخاریهای کمکی: امروزه سیستمهای حرارتی خورشیدی بسیار گرانتر از سیستمهای سنتی می‌باشند. اخیراً کوشش می‌شود که اندازه سیستمهای خورشیدی طوری باشد که متوسط نیازهای زمستانی را تأمین کند. یک سیستم سنتی کمکی با سوخت فسیلی‌برای تأمین گرمای اضافی لازم در شبهای سرد زمستانی نصب می‌شود.این امر

۱- یک پوند

کمک می‌کند تا بتوان هزینه سیستمهای حرارتی خورشیدی را تعدیل کرد.

کنترل‌کننده‌ها: برای نشان دادن نمونه‌ای از کنترلها در یک گلخانه با سیستم حرارتی خورشیدی، یک سیستم آبی را بررسی می‌کنیم. اولین کنترل‌کننده وقتی فعال می‌شود که دمای آب داخل جمع‌کننده ۶° سانتیگراد (۱۰° فارنهایت) بالاتر از تانک ذخیره باشدو اگر این اختلاف ۳° سانتیگراد (۵° فارنهایت) باشد، متوقف می‌شود. آب از داخل جمع‌کننده به بخش بالایی تانک ذخیره پمپ می‌شود و آب سردتر که در زیر تانک ذخیره قرار دارد به جمع‌کننده برمی‌گردد. پمپ دیگری وقتی تانک ذخیره را به صورت یک پمپ تبادل‌کننده گرما، فعال می‌کند که دمای هوای گلخانه به ۱۷° سانتیگراد (۶۳° فارنهایت) تنزل کند و وقتی به ۱۸° سانتیگراد (۶۵° فارنهایت) برسد متوقف می‌کند. وقتی سیستم خورشیدی دمای مطلوب را فراهم نکند، کنترل سومی بخاری کمکی را در دمای ۱۶° سانتیگراد (۶۰° فارنهایت) به‌کار می‌اندازد. وقتی دمای جمع‌کننده به نقطه انجماد برسد کنترل سومی آب داخل آن را به داخل یک تانک زیرزمینی وارد می‌کند و با صعود دمای جمع‌کننده، تانک را تخلیه می‌کند.

اقتصاد: جمع‌کننده‌های با ظرفیت بالا که قادرند دمای مخزن تراکمی را بیش از ۱۷° سانتیگراد (۳۰° فارنهایت) افزایش دهند این مزیت را دارند که فضای کمتری اشغال می‌کنند و به ظرفیت ذخیره‌ای کمتری نیاز دارند. سیستمهای با ظرفیت بالا بسیار گران هستند، بنابراین سیستمهای کم‌ظرفیت در گلخانه‌ها بیشتر استفاده می‌شوند. قیمت جمع‌آوری‌کننده یک سیستم با ظرفیت پایین در پنج سال پیش حدود نصف قیمت کل سیستم بود.

حتی وقتی که قیمت جمع‌آوری‌کننده کل سیستم ۱۰۸ دلار به ازای هر مترمربع (۸ دلار به ازای هر فوت مربع) است. قیمت سیستم حرارتی خورشیدی ۸۷۱۰۰۰ دلار به

ازای هر هکتار (۳۸۴۵۰۰ دلار به ازای هر اکر) خواهد بود. بنابراین نسبت یک فوت مربع از جمع‌آوری‌کننده به ازای هر فوت مربع از فضای کف گلخانه خواهد بود. یک چنان سیستمی ممکن است کل حرارت لازم برای نقاط جنوبی را تأمین کند در این نقاط ۱ گالن نفت به ازای هر فوت مربع از کف زمین در هر سال در گلخانه‌هایی که از یک لایه شیشه تشکیل شده‌اند، استفاده می‌شود. با توجه به آن که به ازای هر گالن نفت ۰/۷ دلار (۰/۹ دلار به ازای هر لیتر) صرفه‌جویی می‌شود مقدار ذخیره سوخت در سال ۷۵۰۰۰ دلار در هر هکتار (۳۰/۵۰۰ دلار در هر اکر) خواهد بود با درنظر گرفتن بهره سرمایه‌گذاری صورت گرفته، هزینه تعمیرات، برق مصرفی، هزینه‌های ناخواسته، مدت زمان لازم برای جبران در این سیستم، بیش از ۲۰ سال و بسیار سؤال برانگیز خواهد بود.

سیستمهای حرارتی خورشیدی در گلخانه‌های تجارتی استفاده می‌شوند. این‌گونه گلخانه‌ها معمولاً کوچک هستند و صاحبان آنها، می‌پذیرند که از بخشی از مخارج حقیقی سیستم چشم‌پوشی کنند. صاحبان آنها ممکن است خود به شخصه گلخانه را ساخته باشند و هزینه کارگر نپرداخته باشند. هزینه مربوط به سیستم ممکن است خارج از سود به دست آمده از گلخانه تأمین شود و بهره پول محاسبه نگردیده باشد. در غیر این صورت با استفاده از این بهره می‌توان سرمایه‌گذاری کرد و سود جست.

توزیع حرارت

به دنبال احتراق سوخت در جعبه احتراق بخاری یا دیگ بخار، گرما باید به گلخانه منتقل شود. این مسأله مهم است که به هنگام انتقال گرما حداقل مقدار ممکن اتلاف شود و گرما به محض ورود به گلخانه به‌طور یکنواخت در اطراف گیاهان توزیع شود. هوای گرم، به سمت بالای گلخانه به محلی که اهمیت چندانی ندارد، منتقل می‌شود و

هوای سردتری که در مجاورت شیشه تشکیل می‌شود به بخشهای پایینتر، محلی که گیاهان می‌رویند، نزول می‌کند. این امر هزینه گرم کردن گلخانه را افزایش می‌دهد اما خوشبختانه قابل کنترل است. تاکنون نحوه توزیع گرما را توسط بخاریهای تابشی و همرفتی و همچنین مشارکت گرمای حاصل از سیتمهای خورشیدی را در اغلب انواع سیستمهای حرارتی کمکی سنتی مکانیسمهای توزیع گرما مشاهده کردیم.از این پس بحث را روی توزیع گرما از ۱) بخارآب و آب‌داغ، ۲) منابع تولیدکننده هوا گرم متمرکز می‌سازیم.

بخارآب و آب‌داغ

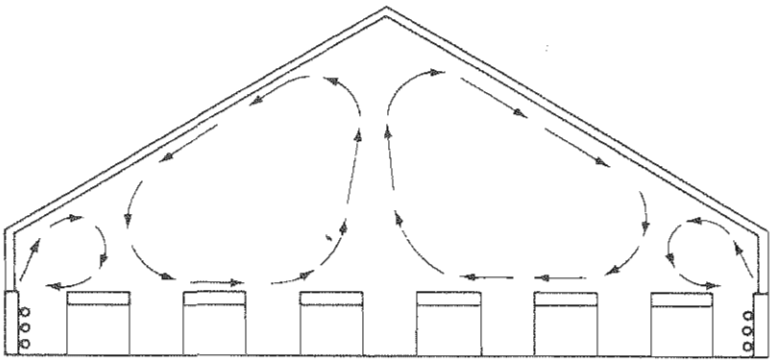
معمولاً در گلخانه‌های آمریکایی آب‌داغ را در دمای $^{\circ}$۸۲ سانتیگراد ($^{\circ}$۱۸۰ فارنهایت) و در لوله‌های ۵۱ میلیمتری (۲ اینچی) و در هلند در دمای $^{\circ}$۹۵ سانتیگراد ($^{\circ}$۲۰۳ فارنهایت) و در لوله‌های ۵۱ میلیمتری (۲ اینچی) تهیه می‌کنند. از طرف دیگر بخارآب را در سیستمهای خاص خود معمولاً در دمای $^{\circ}$۱۰۲ سانتیگراد ($^{\circ}$۲۱۵ فارنهایت) یعنی حدود $^{\circ}$۲ سانتیگراد بالاتر از دمایی که آب به بخارآب تبدیل می‌شود، تهیه می‌کنند. علت میسر بودن این امر آن است که سیستم تحت فشار پایین حدود ۵ پاند است. چون مقاومت در برابر جریان بخارآب کمتر می‌باشد از لوله‌های کوچکتر به قطر ۳۲ الی ۳۸ میلیمتر ($1\frac{1}{2}$ یا $1\frac{1}{4}$ اینچ) استفاده می‌شود می‌توان با مراجعه به جدول ۳-۳ که مقادیر گرمای تولیدشده به وسیله انواع مختلف لوله‌ها را فهرست کرده است مقدار لوله لازم برای یک گلخانه دارای لوله‌های مارپیچی را تعیین کرد. برای گرم کردن گلخانه‌ای که به ۱۶۰۰۰۰Btu گرما در هرساعت نیاز دارد باید از ۱۰۰۰ فوت خطی لوله‌های ۵ سانتیمتری آب‌داغ استفاده کنیم. این مقدار با تقسیم کردن کل گرمای لازم برای گرم کردن گلخانه بر مقدار گرمایی که ۱ فوت خطی لوله تولید می‌کند به دست آمده است، در این مورد می‌شود ۱۶۰۰۰۰Btu/hr تقسیم بر ۱۶۰Btu به ازای هر فوت خطی از لوله‌های

جدول ۳ـ۳ـ گرمای حاصل از لوله‌هایی که دارای قطرهای مختلف می‌باشند و به‌وسیله آب داغ یا بخارآب گرم می‌شوند.

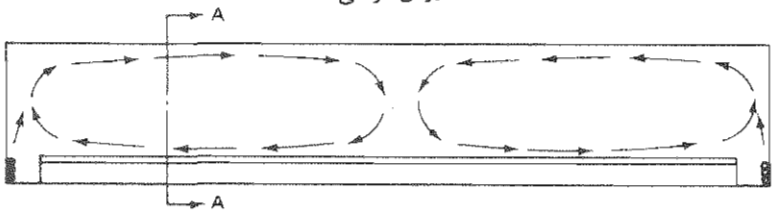
منبع گرما	قطر لوله	گرمای تولید شده	
		Btu/hr/ft	W/m
بخار آب	۳۸ میلیمتر (۱$\frac{۱}{۲}$ اینچ)	۲۱۰	۲۰۲
بخار آب	۳۲ میلیمتر ۱$\frac{۱}{۴}$ اینچ)	۱۸۰	۱۷۳
آب‌داغ	۵۱ میلیمتر (۲ اینچ)	۱۶۰	۱۵۴
آب‌داغ	۵۱ میلیمتر (۲ اینچ	۲۰۰	۱۹۲

آب داغ ۵ سانتیمتری که نتیجه آن ۱۰۰۰ فوت لوله خواهد بود. اگر از سیستم لوله‌های بخارآب ۳۸ میلیمتری استفاده کنیم در آن صورت ۱۶۰۰۰۰ Btu/hr تقسیم بر ۲۱۰ Btu/hr که نتیجه ۷۶۲ فوت لوله است.

نحوه استقرار لوله‌های گرم‌کننده بسیار مهم است. اگر تمام لوله‌ها را در دیوارهای جانبی و انتهایی قرار دهیم جریان نامناسبی از هوا را خواهیم داشت. برش عرضی گلخانه در تصویر الف ۱۰-۳ نشان می‌دهد که حرارت از لوله‌های مارپیچی جانبی در امتداد دیوار جانبی و بخشی از سقف گلخانه به سمت بالا حرکت می‌کند تا به جریان هوایی که بر اثر سرمای شیشه‌ها سرد شده و به سمت پایین حرکت می‌کند، برخورد نماید. این دو جریان درهم آمیخته و در این نقطه به سمت پایین نزول می‌کنند. بخشی از این هوا به سمت لوله‌های مارپیچی بازمی‌گردد و بخش دیگر به سمت مرکز گلخانه و محل رویش گیاهان حرکت می‌کند و بدین‌ترتیب نقطه سردی را در مرکز گلخانه ایجاد می‌کند. در مرکز گلخانه، جریانات متعلق به دو سمت گلخانه با هم تماس پیدا می‌کنند و صعود نمایند. برش طولی نشان می‌دهد که حرارت از لوله‌های مارپیچی دیوار انتهایی به سمت بالای گلخانه حرکت می‌کند، سپس در مسیر حرکت خود به سمت مرکز گلخانه

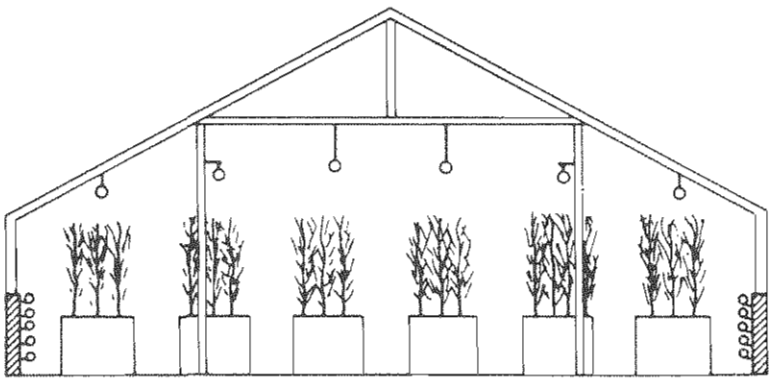


برش عرضی A-A



برش طولی

الف



ب

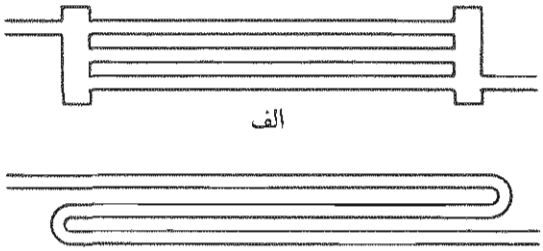
تصویر ۱۰ـ۳ـالف) الگوی گردش هوا در گلخانه‌هایی که در طول زمستان فقط از لوله‌های مارپیچی جانبی در آنها استفاده می‌شود. ب) ترکیب مطلوبی از لوله‌هایی که در بالای سر نصب می‌شوند و لوله‌های مارپیچی جانبی برای کنترل جریان رو به پایین هوا و نقاط سرد در گلخانه.

جدول ۴-۳- مقایسه گرمای حاصل از لوله‌های عمودی روی هم انباشته شده و لوله‌های مجزا واقع شده

تعداد لوله‌های روی هم انباشته شده به‌طور عمودی	تعداد لوله‌های منفردی که گرمایی معادل حالت مقابل خود تولید می‌کند.
۱	۱
۲	۲
۳	۲ ۲/۳
۴	۳ ۱/۳
۵	۴
۶	۴ ۱/۳
۸	۵

سرد می‌شود دو توده هوای سرد در مرکز با یکدیگر تماس پیدا کرده و به سمت زمین نزول می‌کنند. بدین‌ترتیب این نقطه سرد شده و رشد گیاهان موجود در این محل به تعویق می‌افتد. برای خنثی کردن نقاط سرد می‌توان لوله‌ها را در مناطقی قرار داد که جریان هوا به سمت پایین است. برای این منظور حدود $\frac{1}{3}$ لوله‌ها را به نحوی که در شکل ب ۱۰-۳ نشان داده شده است در عرض گلخانه از یک سمت به سمت دیگر قرار می‌دهیم. $\frac{2}{3}$ باقیمانده لوله‌ها را در طول دیوارهای خارجی قرار می‌دهیم. چند اینچی از طول لوله‌هایی که در دیوارهای جانبی قرار دارند باید کاملاً آزاد باشد تا برقراری جریان هوا میسر شود. در ضمن این لوله‌ها باید آنقدر پایین قرار گیرند که مانع ورود نور از دیوارهایی جانبی نشوند. این لوله‌ها معمولاً در تماس با دیوار حاجب می‌باشند.

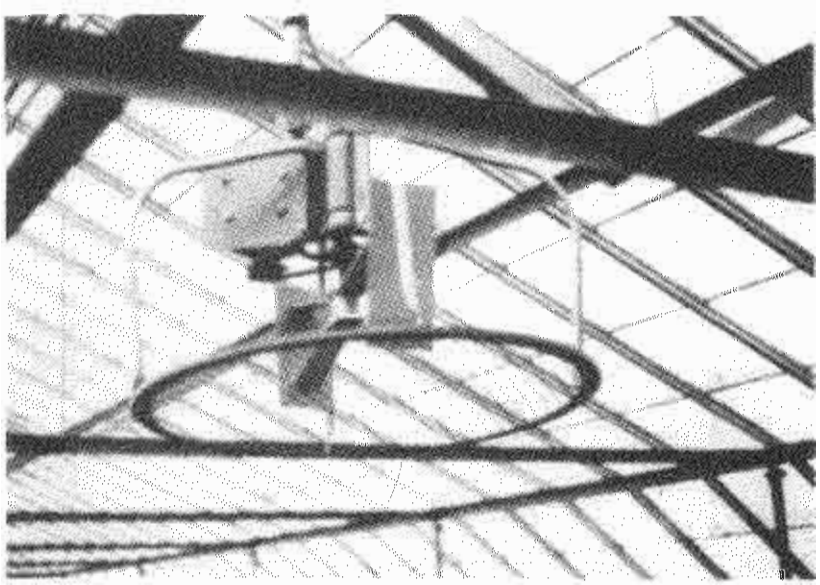
وقتی تعداد زیادی از لوله‌ها را روی هم انباشته می‌کنیم کارآیی آنها کاهش می‌یابد و برای جبران این کاهش باید از لوله‌های اضافی استفاده کنیم. جدول ۴-۳ این مسأله را



الف

ب

تصویر ۱۱-۳ـ الف) لوله‌های مارپیچی جعبه‌ای برای توزیع آب در گلخانه. **ب)** لوله‌های مارپیچی شیپوری‌شکل در یک سیستم حرارتی بخار آب‌داغ.



تصویر ۱۲ـ۳ـ یک پنکه عمودی بالابر هواکه در قله (نوک) گلخانه و برای انتقال هوای گرم به سمت پایین و سطح گیاهان نصب شده است.

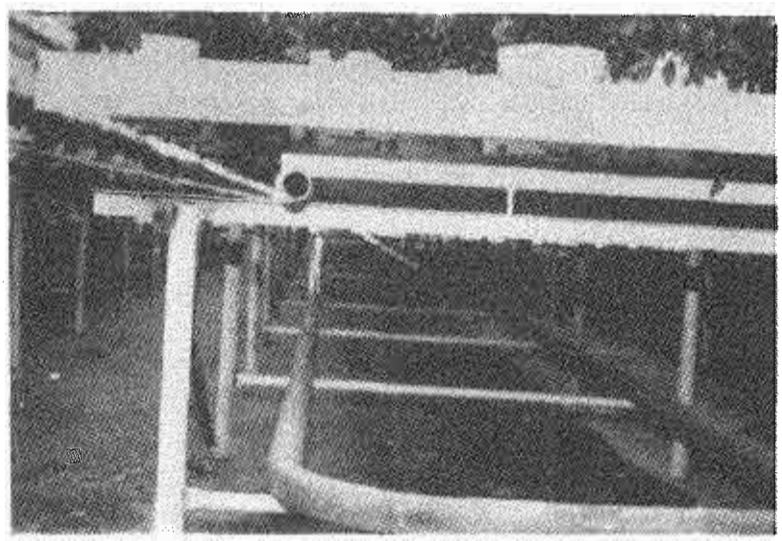
نشان می‌دهد. در مورد دو لوله این کاهش ناچیز است. کارآیی پنج لوله که بر روی هم انباشته شده‌اند معادل چهار لوله‌ای است که به‌طور مجزا قرار گرفته‌اند. در طراحی یک سیستم گرم‌کننده در جاهایی که به حرارت چهار لوله در لوله‌های مارپیچی جانبی نیاز است باید پنج لوله نصب کنیم. لوله‌هایی که در بخش بالای گلخانه قرار می‌گیرند آنقدر از هم فاصله دارند که مشکلی ایجاد نمی‌شود.

در دهه ۱۹۵۰ هزینه لوله‌ها و نصب آنها مشکلی به‌شمار می‌رفت و به دنبال مواد و طراحی‌های دیگری برای راه چاره بودند. لوله‌های پرک همچون لوله‌هایی که تا حدودی می‌توانستند جایگزین لوله‌های سنتی بشوند عمومیت یافتند. لوله‌های پرک به لوله‌های سنتی که دارای تعداد زیادی صفحات فلزی ظریف است که از سطح لوله به صورت شعاعی به طرف بیرون قرار گرفته‌اند و موجب افزایش سطح لوله و افزایش توانایی آنها برای انتقال گرما از آب‌داغ یا بخار آبّ داخل به محیط خارج می‌شوند.

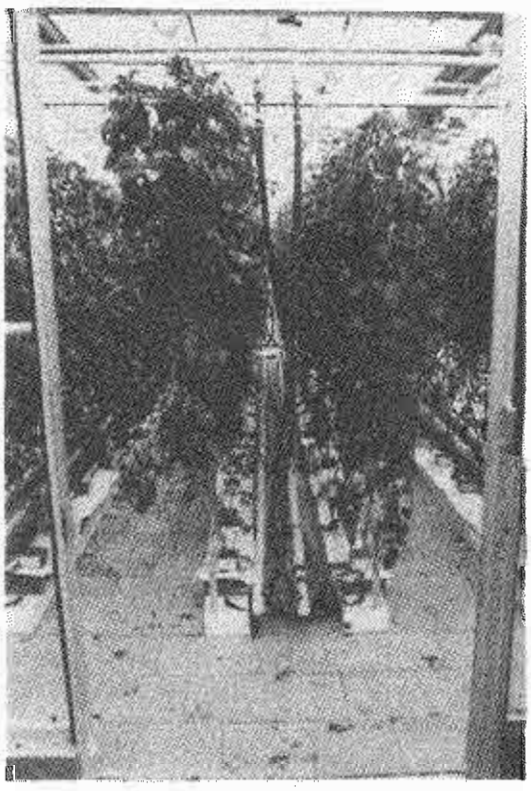
بنا به طرح مورد نظر یک فوت خطی از لوله‌های پرک‌دار می‌تواند معادل ۴ فوت خطی یا بیشتر از لوله‌های سنتی است. باید به خاطر داشته باشیم، که گرمای آزاد شده از سطح لوله‌های پرک‌دار بسیار شدیدتر از لوله‌های سنتی است. بنابراین توزیع یکنواخت این لوله‌ها در سراسر گلخانه مهم است اگر نیازی به یک ردیف لوله‌های مارپیچی پیوسته از لوله‌های پرک‌دار در دورتادور گلخانه است، باید از لوله‌های پرک‌دار و سنتی به صورت یک‌درمیان و با فواصل مساوی استفاده کرد.

لوله‌های مارپیچی به دو شکل جعبه‌ای یا شیپوری (شکل ۱۱-۳) می‌باشند. در سیستمهای آب‌داغ از نوع جعبه‌ای استفاده می‌شود. آب‌داغ از طریق یک لوله اصلی وارد گلخانه می‌شود و به وسیله یک لوله T شکل منشعب یا header به داخل تعدادی لوله‌های کوچکتر توزیع می‌گردد و از داخل آنها عبور کرده و همزمان به انتهای دیگر گلخانه می‌رسد. در آنجا یکی شده و برای این که دوباره گرم شوند به داخل دیگ بخار برمی‌گردند. در داخل لوله‌ها مقاومتی در مقابل جریان آب وجود دارد. لوله‌های مارپیچی جعبه‌ای به‌وسیله کاهش طول لوله‌هایی که بخش معینی آب از آنها عبور می‌کند و افزایش بخش عرضی که آب جاری در انشعابات در آن یکی می‌شوند، این مقاومت را کاهش می‌دهند.

در سیستمهای بخارآب از لوله‌های مارپیچی شیپوری استفاده می‌شود. در اینجا



تصویر ۱۳ـ۳ـ یک لوله ۲ اینچی (۵۱ میلیمتری) آب‌داغ که به وسیله چهارچوب پایینی یک سکوی کاشت متحرک نگهداری می‌شود.



تصویر ۱۴ـ۳ـ لوله‌های آب داغ که گوجه‌فرنگیهایی در حال رشد در راک‌وول را گرم می‌کنند برای آن که حداکثر کارآیی را داشته باشند در بین ردیفها ی گیاهان و درست در بالای سطح زمین قرار داده شده‌اند. لوله‌های آب‌داغ به‌وسیله شیلنگهای لاستیکی انعطاف‌پذیر از شاه‌لوله‌های واقع در بالای سر آویزان شده‌اند. این امر موجب می‌شود که به هنگام اتمام محصول و تمیزکردن محیط بتوان لوله‌ها را به بالای سر بلند کرد.

مشکل ما مقاومت در مقابل جریان بخار آب نیست اما کاهش سریع فشار و دما در طول لوله‌ها مشکل ایجاد می‌کند. اگر در سیستم همرفت بخار آب از لوله‌های مارپیچی جعبه‌ای استفاده شود مدخل ورودی داغ و مدخل خروجی بسیار خنکتر خواهد بود و در نتیجه یک شیب حرارتی غیرقابل تحمل در گلخانه برقرار می‌شود. در لوله‌های مارپیچی شیپوری از لوله‌ای ممتد استفاده می‌شود. بخارآب از بخش بالایی لوله‌های مارپیچی وارد می‌شود و مسافتی را طی کرده و به انتهای گلخانه می‌رسد. سپس از داخل لوله دوم که در زیر واقع است عبور کرده و به مدخل ورودی برمی‌گردد. پس از آن از طریق لوله سوم دوباره به انتهای گلخانه می‌رود، این ترتیب ادامه می‌یابد تا آب به انتهای مارپیچ برسد. آب در انتها متراکم شده و بخارآب وارد تله‌ای می‌شود که امکان بازگشت آب به دیگ بخار را فراهم می‌آورد اما مانع عبور بخارآب می‌شود. هیچ‌گونه شیب حرارتی در طول لوله مارپیچی وجود ندارد و شیب حرارتی بالا و پایین لوله نیز اهمیت ندارد. لوله‌های مارپیچی که در بالا نصب می‌شوند، خواه آب‌داغ یا بخارآب در آنها جریان داشته باشد معمولاً شیپوری‌شکل می‌باشند. در سیستمهای بخار آب‌داغ برای کاهش مقاومت از دو لوله مارپیچی در بالای سر استفاده می‌شود.

تا پیش از اواسط قرن اخیر لوله‌های گرم‌کننده، در عرض گلخانه و نزدیک زمین و مجاور بسترهای زمین یا زیر سکوهای کاشت قرار داده می‌شدند. هدف گرم کردن خاک و گیاهان و به حداقل رساندن اتلاف گرما زیر سه‌گوش شیروانی بود. بیشتر به علت لزوم فضایی باز، برای آسان کردن استفاده از ماشین‌آلات خودکار، لوله‌های گرم‌کننده را پس از جنگ جهانی دوم از زمین به فضای موجود در بالای گیاهان منتقل کردند.

اندکی پس از تغییر مکان لوله‌های گرم‌کننده، پنکه‌های عمودی بالا بر هوا به منظور کاهش شیب عمودی دما که در گلخانه‌های دارای لوله‌های مارپیچی گرم‌کننده مشاهده می‌شد، به بازار عرضه شدند (شکل ۱۲-۳) هوای گرم به سمت بالا حرکت می‌کند

بنابراین برای محاسبه دمای بلندترین نقطه گلخانه باید توجه داشت که درجه حرارت به ازای هر یک متر که از سطح زمین بالا می‌رویم $^{\circ}$۱/۸ سانتیگراد افزایش می‌یابد. پنکه‌های عمودی بالا بر هوا در ردیفی در زیر باربند گلخانه‌هایی به وسیله لوله‌های مارپیچی گرم می‌شوند، نصب می‌شدند. هوای گرم، بخش بالای فضای گلخانه از بالای پنکه وارد آن می‌شود و سپس در جهت پایین و با زاویه ملایمی به سمت بیرون توزیع می‌شود. این‌گونه پنکه‌ها شیب عمودی گرما را به آرامی کاهش می‌دهد، از گرما بهتر استفاده می‌کند و هزینه سوخت را کاهش می‌دهد. این‌گونه پنکه‌ها گرمای غیریکنواختی را در ارتفاعی که گیاهان واقعند ایجاد می‌کنند. پنکه‌های عمودی بالا بر هوا به همراه سیستمهای گرم‌کننده هوای فشرده استفاده نمی‌شدند.

قدم بعدی در راه تکامل سیستمهای توزیع گرما، از قیمت بالای لوله‌های گرم‌کننده منشعب می‌شود. بخاریهای تراکمی که با بخارآب یا آب داغی که از یک دیگ بخار مرکزی تأمین می‌شود کار می‌کردند و در حدود سال ۱۹۶۰ همچون جانشینی برای لوله‌های مارپیچی مورد استفاده قرار گرفتند. آنها باعث شدند که مقدار زیادی از هزینه مربوط به مواد و نصب ذخیره شود. از آنجایی که بخاریهای تراکمی دارای یک پنکه برای توزیع حرارت می‌باشند، پنکه‌های عمودی بالا بر هوا همراه آنها استفاده نمی‌شدند. بخاریهای تراکمی در امریکا معمول شدند درحالی‌که، لوله‌های مارپیچ همچنان در هلند مورد استفاده قرار می‌گرفتند. در دهه گذشته کوشش فراوان به عمل آمد تا سیستمهای توزیع گرما را به سطح زمین منتقل کنند تا فضای گلخانه خالی بماند. در این مواقع به جای بخاریهای تراکمی بیشتر از لوله‌های مارپیچی استفاده می‌شود. لوله‌ها در داخل اسکلت سکوهای کاشت و در زیر سطح بالایی نیز نصب می‌شدند (شکل ۱۳-۳) این ترتیب در مورد سکوهای کاشت متحرک نیز ممکن است زیرا، اسکلت آنها در محل باقی می‌ماند. بسترهای گلهای تازه و سبزیجات در هلند به‌همین ترتیب یعنی به وسیله لوله‌های آب‌داغ که توسط شیلنگهای لاستیکی قابل ارتجاع در هوا و در بالای شاه‌لوله

معلقند گرم می‌شوند (تصویر ۱۴-۳) لوله‌های گرم‌کننده به بستر محدود می‌شوند و راهروها را قطع نمی‌کنند. برای گیاهانی مانند رزها ممکن است لوله‌ها را در بستر آنها قرار دهیم اما برای سایر گیاهان لوله‌ها را در یکی از دو طرف بستر قرار می‌دهیم. در این‌گونه سیستمها از آب‌داغ استفاده می‌شود زیرا دمایی پایینتر از دمای بخارآب لازم است تا گیاهان نسوزند. در ضمن آب‌داغ دمایی یکنواخت را در سراسر گلخانه تضمین می‌کند. برای تسهیل امر برداشت گیاهان، ضدعفونی بستر، و کاشت دوباره می‌توان لوله‌های گرم‌کننده را بدون آن‌که قطع کنیم، در ارتفاع بالای سر ببندیم.

در این سیستم جدید کاشت، لوله‌های گرم‌کننده محتوی آب داغ در زیر لایه‌ای از پشم شیشه قرار داده می‌شوند تا خاک واقع در زیر سیستم ریشه‌ای را گرم کنند. در برخی تکنیکهای NFT (لایه‌ای نازک از مواد مغذی) سیستم هیدروپونیک برای آن که فقط هوای اطراف گیاه را گرم نکنند و گرما مستقیماً به ریشه‌ها داده شود، محلول مغذی را حرارت می‌دهند. (پشم شیشه و سایر سیستمهای کشتی مربوطه در فصل ۹ توضیح داده خواهند شد)

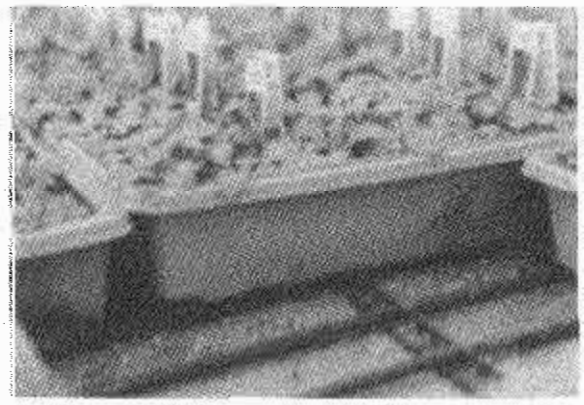
آخرین موفقیتهای به دست آمده در امر گرم کردن محیط ریشه را به دو دسته می‌توان تقسیم کرد. دسته اول آنهایی که لوله‌های ۱۹ میلیمتری (۰/۷۵ اینچی) را در زمین و بنا به نیازهای گرمایی، دمای آب، و عمق لوله‌ها به فواصل ۲۰ الی ۳۰ سانتیمتری (۸ الی ۱۲ اینچ) قرار می‌دهیم. جنس زمین ممکن است شنی یا سیمان متخلخل باشد. لوله‌های پلی‌اتیلن که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرند شکننده هستند. از لوله‌های PVC می‌توان استفاده کرد اما به علت انعطاف‌ناپذیر بودن و هزینه متداول نمی‌باشند. امروزه لوله‌های پلی‌بوتلنی به علت انعطاف‌پذیر بودن، قدرت و مقاومت زیاد آنها در برابر حرارت توصیه می‌شوند. برای آن که، دمای مطلوبی در سطحی که گیاهان واقعند داشته باشیم، معمولاً آب‌داغ با دمای 38° سانتیگراد (100° فارنهایت) در لوله‌ها جریان دارد. آب‌داغ در طول زمین پمپ می‌شود و دوباره به مدخل خروجی بازمی‌گردد

تا جریان دوطرفه برای توزیع یکنواخت حرارت در طول گلخانه برقرار شود. معمولاً حرارتی معادل ۲۰ But/hr به ازای هر فوت‌مربع ($۶۳W/m^2$) از سطح زمین گلخانه استعمال می‌شود. از آنجایی‌که در ابتدا محیط اطراف ریشه و گیاه گرم می‌شود معمولاً دمای بالای گیاهان ۳ تا ۶ سانتیگراد (۵ تا ۱۰ درجه فارنهایت) کمتر از گلخانه‌هایی است که به‌طور سنتی و بدون کاهش در رشد گیاه گرم می‌شدند. در این حالت نیز، مانند سیستمهای گرم‌کننده تابشی اختلاف دما در عرض پوشش گلخانه کم می‌شود و بنابراین هزینه سوخت کاهش می‌یابد. سیستمهای حرارتی که در زمین قرار دارند وسیله دیگری برای تعدیل هزینه مربوط به سیستمهای حرارتی مرکزی می‌باشند.

یک سیستم حرارتی کف، حرات لازم در طی فصول پاییز و بهار را تأمین می‌کند. در روزهای سرد زمستانی به یک سیستم حرارتی کمکی مانند بخاری تراکمی یا لوله‌های مارپیچ واقع در بالای سطح زمین نیاز داریم. سیستمهای حرارتی کف بین ۲۰ تا ۵۰ درصد کل گرمای لازم و احتمالاً بیش از ۲۵ درصد متوسط گرمای لازم را در طول سال تأمین می‌کنند. اگر زمین، به‌وسیله گیاهان گلدانی یا گیاهانی که در بستر رویانده می‌شوند، پوشیده باشد، مقدار کل گرما درصد بالایی خواهد داشت زیرا گیاهان در نزدیکی منبع گرما می‌باشند و تمایل دارند که گرما را در پایین نگه دارند. هنگامی‌که گیاهان روی سکوهای کاشت پرورش داده می‌شوند، کارآیی این سیستم کاهش می‌یابد. در ارتفاعی که گیاهان واقعند گرمای بیشتری لازم است. همچنین، گرما از سطح بدون پوشش به آسانی فرار می‌کند و به سه‌گوش شیروانی یعنی جایی که مورد نظر نمی‌باشد فرار می‌کند. سبدهای آویزان کارآیی این سیستمها را حتی بیشتر کاهش می‌دهد. در آب و هوای سرد نمی‌توان کل گرمای لازم را از طریق کف تأمین کرد. زیرا، دما در اطراف گیاهان یا نزدیک زمین بسیار بالا می‌رود. در سیستم حرارتی کف، گرما بیشتر از طریق زمین تأمین می‌گردد و فقط در صورت عدم‌کفایت از بخاریهای کمکی استفاده می‌شود.

روش جدید دیگری که برای گرم کردن محیط ریشه مورد استفاده قرار می‌گیرد به صورت بسته‌های تجارتی متنوعی در دسترس است. (شکل ۱۵-۳) لوله‌های EPDM را می‌توان در داخل زمین، روی سطح زمین، زیر یا روی سکوهای کاشت قرار داد. توصیه می‌شود که برای انتقال بهتر دما، لوله‌ها را در جای داخل زمین، روی آن قرار دهیم. لوله‌ها را معمولاً به فاصله ۵ سانتیمتر (۲/۵ اینچ) در طول زمین یا سکوی کاشت قرار می‌دهیم اما ممکن است برای دستیابی به نیازهای دمایی منطقه‌ای لوله‌ها را نزدیکتر یا دورتر قرار دهیم. شاه‌لوله‌های ورودی و خروجی این سیستم لوله کشی برای ایجاد جریان دوطرفه، در یک بخش زمین گلخانه یا سکوی کاشت قرار داده می‌شوند. قطر خارجی لوله‌ها ۸ میلیمتر ($\frac{5}{16}$ اینچ) است. این لوله‌ها آنقدر مقاوم هستند که بتوان آنها را درون سیمان منفذدار یا شن قرار داد و یا گلدانها را مستقیماً روی آنها گذاشت. دمای آبی که در لوله‌ها جریان دارد تا 60° سانتیگراد (۱۴۰ درجه فارنهایت) می‌رسد. این سیستم می‌تواند نیازهای دمایی محیطی را که اختلاف بین فضای بیرون و داخل آن 56° سانتیگراد (100° فارنهایت) است، تأمین کند.

تعداد متوسطی از تأسیسات بزرگ لوله‌های گرم‌کننده EPDM روی سطح زمین و داخل سکوهای کاشت ساخته شده‌اند. این گونه تأسیسات نیازمند منبع آب‌داغ بزرگی هستند. بسیاری از گلخانه‌هایی که دیگهای آب‌داغ مرکزی ندارند سیستم لوله‌های



تصویر ۱۵-۳- لوله‌های آب داغ EPDM که برای گرم کردن گیاهان در بستر کاشته شده بر روی سطح یک سکوی کاشت مورد استفاده قرار می‌گیرند. توجه داشته باشید که گلدانها، مستقیماً بر روی لوله‌های گرم‌کننده قرار داده می‌شوند.

گرم‌کننده EPDM را بیشتر برای مقاصدی خاص مانند تکثیر گیاهان استفاده می‌کنند. در این‌گونه موارد، برای سیستمهای لوله‌های گرم‌کننده از بخاریهای آب‌داغ کوچکتر غیروابسته به منبع حرارتی اصلی گلخانه استفاده می‌شود. یک سیستم لوله‌های گرم‌کننده که شامل منبع گرما، لوله‌های منشعب، لوله‌ها، کنترلها (تنظیم‌کننده‌ها) و هزینه نصب خواهد بود.

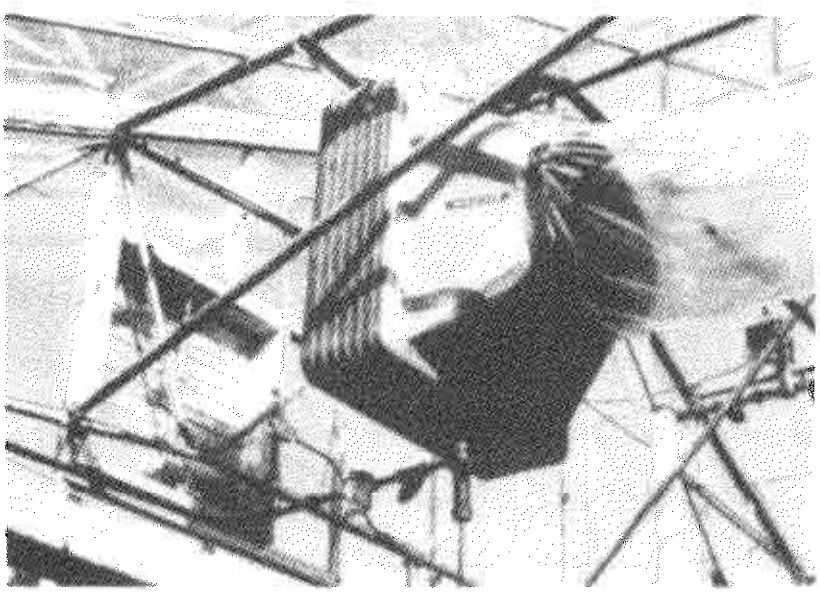
منابع هوای گرم

بخاریهای منفرد (تراکمی): در بسیاری از گلخانه‌های امریکایی به جای لوله‌های مارپیچی به تنهایی از بخاریهای منفرد برای گرم کردن استفاده می‌شود. بخاریهای منفرد ممکن است دارای جعبه احتراق باشند و یا اینکه از بخارآب و آب‌داغ یک دیگ بخار مرکزی گرما دریافت می‌کنند و سپس آن را از طریق لوله‌هایی به لوله‌های مارپیچ مبادله کننده گرما که داخل بخاریهای منفرد قرار دارند، بفرستند. بخاریهای منفرد افقی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در بسیاری از گلخانه‌های کوچک هوای گرم مستقیماً به داخل محیط گلخانه انتشار می‌یابد. در گلخانه‌های بزرگتر، که جریان هوا یک مشکل به‌شمار می‌رود یک لوله پلی‌اتیلن به منفذ خروجی هوا متصل است (شکل ۱۶-۳). لوله پلی‌اتیلنی در طول گلخانه و در بالای ارتفاع گیاهان نصب شده و در انتهای مسیر بسته می‌شود. در فواصل چند سانتیمتری (۰/۵ تا ۱ سانتیمتر) در طول لوله منافذ مدوری به قطر ۵ تا ۸ سانتیمتر (۲-۳ اینچ) به صورت جفت در دو طرف آن قرار دارند. هوای گرم بخاری، از داخل لوله عبور می‌کند و از منافذ جانبی خارج می‌شود. در یک سیستم بخار آب پرفشار هوای گرم با سرعت زیادی از آن خارج شده و سریعاً با هوای اطراف خود مخلوط می‌شود. این سیستم، توزیع گرما را از یک سمت گلخانه به سمت دیگر آن تضمین می‌کند. وقتی گلخانه نیازی به گرم کردن و سرد کردن ندارد، بسیاری از پرورش‌دهندگان

پنکه‌های بخاریهای منفرد را بدون آن که گرمایی در آنها جریان داشته باشد، روشن می‌گذارند تا هوای گلخانه دایماً در لوله جریان داشته باشد. جریان هوا، باعث می‌شود دمای گلخانه یکنواختتر باشد، گرما ذخیره شود، بروز بیماریها با کاهش تراکم هوا بر روی شاخ و برگ گیاهان کمتر شود. از لوله‌های پلی‌اتیلنی برای داخل کردن هوای سرد در فصل زمستان که خنک کردن لازم است، نیز استفاده می‌شود.

گرمای قابل توجهی از طریق دیوارهای جانبی گلخانه‌ها از دست می‌رود. به علاوه، گیاهان گرم، انرژی گرمایی را به صورت تابش به اشیا سرد واقع در خارج گلخانه منتقل می‌کنند. این امر باعث می‌شود که، بسترهای خارجی‌تر به صورت نامتناسبی بسیار سرد شوند. در آب و هوای سردتر، بسیاری از سیستمهای بخاریهای منفرد واقع در بالای سر به‌وسیله یک یا دو ردیف لوله در پیرامون گلخانه تکمیل می‌شوند ظرفیت تولید گرمای لوله‌های مارپیچی جانبی باید معادل گرمایی باشد که از طریق دیواره‌های گلخانه از



تصویر ۱۶ـ۳ـ یک بخاری تراکمی افقی متصل به یک لوله پلی‌اتیلینی شفاف که در یکی از دو سمت خود دارای سوراخهایی برای توزیع یکنواخت گرما است.

دست می‌رود. این میزان، معمولاً معادل $\frac{1}{3}$ کل گرمای لازم یا کمی بیش از آن است. اگر بیش از یک ردیف لوله نیاز داشته باشیم، می‌توان از لوله‌های پره‌دار استفاده کرد تا اندازه حجم تأسیسات را به حداقل برسانیم. در صورت نیاز به ظرفیتهای بالاتر، ابتدا معمولاً لوله‌های مارپیچی پیرامونی و سپس بخاریهای واقع در بالای سر روشن می‌شوند.

باید دقت کنیم که بخاریهای واحد (منفرد) و لوله‌های توزیع هوا را در زیر پره‌های حرارتی و پتوهای سایه‌انداز فتوپریوتیک که ممکن است در گلخانه‌ها استفاده شوند قرار دهیم. در برخی گلخانه‌ها، لوله‌های توزیع هوا در زیر سکوهای کاشت نصب شده‌اند. این امر هنگامی عملی است که سکوهای کاشت را طوری قرار دهیم تا نیازی نباشد که لوله‌ها از عرض راهروها بگذرند.

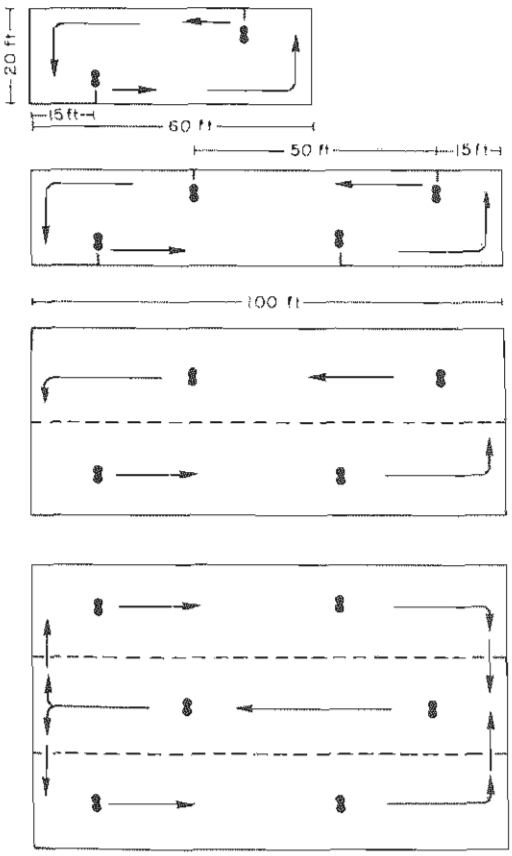
سیستمهای افقی جریان هوا: سیستمی جدیدتر برای برقراری دمای یکنواخت در گلخانه‌هایی که به‌وسیله لوله گرم شده‌اند، سیستم افقی جریان هوا (HAF) است که در دانشگاه کانکتیکات [1] آماده بهره‌برداری شده است. در این سیستم از پنکه‌های افقی کوچکی استفاده می‌شود و توده هوا به وسیله الکتریسیته‌ای معادل نصف مقدار لازم برای پنکه‌های عمودی بالا بر هوا جابه‌جا می‌شود.

گلخانه را ممکن است به صورت جعبه بزرگ محتوی هوا تصور کنیم. به حرکت درآوردن هوا در ابتدا مشکل است اما هنگامی که حرکت دایره‌ای آن آغاز شد، مانند آب داخل وان حمام، تداوم بخشیدن به جریان آن کار ساده‌ای است. الگوی افقی جریان هوا در سیستم HAF باعث می‌شود که هوای گرمتر از سه گوش سقف گلخانه به ارتفاعی که درختان واقعند، حرکت کند و مخارج گرم کردن را کاهش دهد. در سیستم HAF دما در

1- Connecticut

ارتفاعی که گیاهان واقعند بسیار یکنواختتر از الگوهای توزیع گرما در پنکه‌های عمودی بالا بر هوا که جانشین آنها شده‌اند می‌باشد.

حداقل و حداکثر سرعت جریان هوا در این سیستم ۰/۲ و ۱ متر برثانیه (یا ۴۰ و ۲۰۰ فوت بر دقیقه FPM است. جریان هوا در زیر این میزان نامنظم بوده و اختلاط یکنواخت هوا تضمنین نمی‌شود سرعتی معادل ۰/۲ متر برثانیه (۴۰FPM) باعث حرکت ناچیزی در برگهای گیاهان طویل برگ‌مانند گوجه‌فرنگی می‌شود. این سیستم باید هوا را ۲Cfm/Ft^2 تا ۳ جابه‌جا کند. پنکه‌های $\frac{1}{15}$ hp تا $\frac{1}{10}$ hp (۶۲ تا ۷۵ وات) و پهنکی به قطر ۴۰ تا ۵۰ سانتیمتر (۱۶ تا ۲۰ اینچ) کفایت می‌کند. باید از موتورهای تجارتی و مستمر



تصویر ۱۷ـ۳ـ ترتیب پنکه‌ها برای یک سیستم جریان هوای افقی (HAF) در گلخانه‌هایی با اندازه‌های مختلف. در دو گلخانه ابتدایی نمایش داده شده پنکه‌ها به فاصله $\frac{1}{4}$ عرض گلخانه از دیواره‌های جانبی نصب شده‌اند. آنها را در زیر پشته‌های گلخانه‌های جوی پشته‌ای واقع می‌شوند.

استفاده کرد. اگر به ازای هر ۱۵ متر (۵۰ فوت) از طول کف گلخانه یک پنکه داشته باشیم باید جهت پنکه‌ها را به طرف پایین و طول گلخانه و موازی زمین قرار دهیم. اولین پنکه باید به فاصله ۴/۶ تا ۶/۱ متر (۱۵ تا ۲۰ فوت) از انتهای گلخانه و آخرین آن به فاصله ۱۲/۲ تا ۱۵/۲ (۴۰ تا ۵۰ فوت) از انتهایی که جهت باد به آن می‌وزد قرار دهیم.

صفحات خاص سیستم HAF در شکل ۱۷-۳ نمایش داده و در زیر توصیف شده است.

۱ـ در گلخانه‌های منفرد دو ردیف پنکه را طوری نصب کنید که هر یک از آنها به فاصله $\frac{1}{4}$ عرض گلخانه از دیواره جانبی واقع شوند. پنکه‌هایی که در یک سمت گلخانه قرار دارند باید هوا را در جهت مخالف پنکه‌های دیوار مقابل به جریان اندازند تا هوا با الگوی گردشی جریان یابد. پنکه‌ها را باید در فاصله ۰/۵ تا ۱ متری (۲ تا ۳ فوت) بالای گیاهان نصب کنیم.

۲ـ در گلخانه‌های آبروپیوسته یک ردیف پنکه را در پایین مرکز هر گلخانه نصب کنید. اگر تعداد گلخانه‌ها زوج می‌باشند جهت جریان هوا را در یکی به سمت پایین و در گلخانه مجاور به محل اولیه خود (به سمت بالا) هدایت کنید. ارتفاع آبروها باید آنقدر باشد که، امکان جریان هوا در زیر آنها وجود داشته باشد. اگر تعداد گلخانه‌ها فرد می‌باشد جهت جریان هوا را در اولی و سومی یکسان و در دومی در جهت مخالف هدایت کنید.

در مواردی که به جای لوله‌های مارپیچی از بخاریهای واحد، استفاده می‌شود نیز، می‌توان از سیستم HAF استفاده کرد. بنا به نیاز گرمایی گلخانه در یک سمت یا هر دو طرف آن به جای پنکه، یک بخاری تکی نصب می‌شود. این کار منبع گرمایی را در مسیر جریان هوا قرار می‌دهد. پنکه موجود در بخاری واحد هوا را به گردش درمی‌آورد.

تشخیص و تنظیم هوای گلخانه

سیستمهای خنک‌کننده و گرم‌کننده به وسیله گیرنده‌های گرمایی، مانند ترموستاتها و ترمیستورها کنترل می‌شوند. از آنجایی که حتی بهترین سیستمهای حرارتی نیز باعث شیب[1] دمایی در گلخانه‌ها می‌شوند نصب یک گیرنده بسیار مهم است. این گیرنده‌ها باید در محلی قرار گیرند که دمای متوسط گلخانه را نشان دهند. اگر در نزدیکی منبع گرما (بخاری) یا در مسیر اصلی هوای گرم قرار گیرند در آن صورت منبع حرارتی براساس شرایط آن نقطه گرم، خاموش و روشن می‌شود و سایر بخشهای گلخانه سردتر از مقدار مطلوب خواهند بود در نتیجه اغلب محصولات به تأخیر می‌افتند. گیرنده‌ها را در اغلب موارد نزدیک مرکز گلخانه قرار می‌دهند. با توجه به شیب عمودی دما، ارتفاعی که گیرنده نصب می‌شود نیز بسیار مهم می‌باشد. گیرنده‌ها را باید در ارتفاعی قرار داد که نقاط رویشی گیاهان واقعند، این ارتفاع برای گیاهان گلدانی معمولاً ۱۵ تا ۳۰ سانتیمتر (۶ تا ۱۲ اینچ) بالاتر از لبه گلدان است. اما برای گلهای شاخه بریده متفاوت است و گیرنده را باید به چوبی (نقطه‌ای) نصب کرد که بتوان آن را بالا پایین برد.

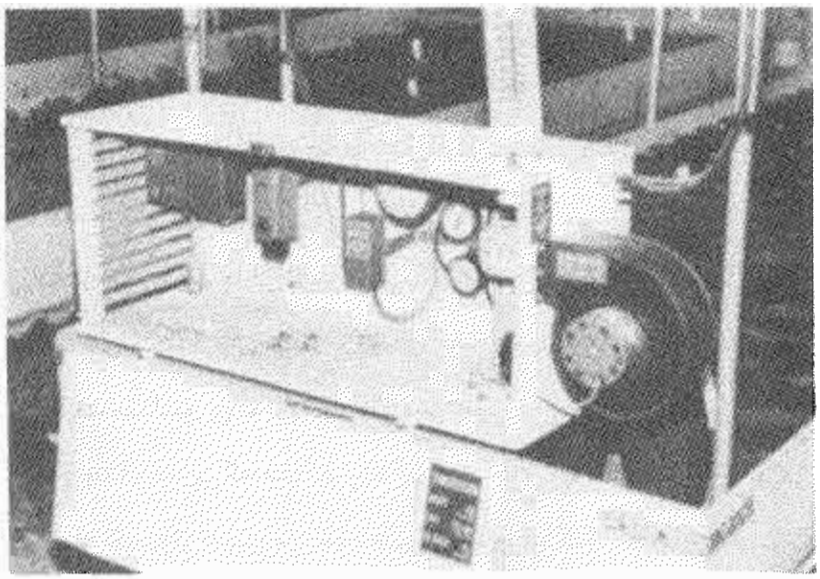
پرتوهای مستقیم یا غیرمستقیم خورشید دمای گیرنده را به میزان قابل توجهی بالاتر از دمای هوا می‌برند این امر باعث خاموش شدن منابع تولید گرما در روزهای سرد ولی آفتابی زمستان که به گرما نیاز داریم، می‌شود. بنابراین گیرنده‌ها را باید در برابر تابشهای خورشید محافظت کنیم. یک سیستم بسیار مناسب آن است که گیرنده را در جعبه قرار دهیم (شکل ۱۸-۳) سطح خارجی جعبه به‌وسیله یک رنگ بازتاب‌کننده مانند سفید و یا آلومینیوم پوشیده می‌شد که تجمع حرارت کاهش یابد. در بخش انتهایی جعبه بادگیرهایی وجود دارد که، اجازه می‌دهد هوا جریان پیدا کند اما مانع

1- gradient

ورود تابشهای خورشیدی می‌شود. پنکه‌ای نصب می‌شود، تا حداقل جریان هوایی معادل ۳ متر برثانیه (۶۰۰FPM) را از داخل جعبه تأمین کند. این امر تضمین می‌کند که توده بسیار بزرگی از هوا دایماً به وسیله گیرنده کنترل می‌شود. محفظه‌ای تجارتی برای گیرنده‌های کنترل‌کننده هوا وجود دارد که به آسانی بر روی زنجیر معلقی که به آن متصلند، بالا و پایین می‌روند.

وسایل دیگری نیز باید در ایستگاه گیرنده نصب کرد. گیرنده دیگری که برای دمای پایین مثلاً ۱۰° سانتیگراد (۵۰° فارنهایت) تنظیم شده است را باید به یک اسباب هشداردهنده که در منزل صاحب یا مدیر گلخانه واقع است متصل کنیم. این وسیله شخص را زمانی از فقدان گرما آماده می‌سازد که هنوز برای اصلاح، وقت باقی است. سیستم هشداردهنده را باید به وسیله یک باطری یا ژنراتور کمکی مجهز کنیم تا در صورت قطع برق نیز کار کنند. اگر اسباب هشداردهنده در فاصله زیادی از گلخانه نصب می‌شود می‌توان از خطوط شرکتهای محلی تلفن استفاده کرد.

تاریخ نشان می‌دهد که ترموستاتها برای تشخیص و تنظیم درجه حرارت گلخانه‌ها استفاده می‌شده‌اند. اغلب موارد، ترموستاتها از نوار دو لایه‌ای فلزی تشکیل شده‌اند. این نوار برای تطابق با دمای هوا خمیده می‌شود زیرا ضریب انبساط دو فلزی که در این نوار به هم متصلند متفاوت است. یک چنان ترموستاتهایی دارای یک کلید در داخل خود می‌باشند، که ممکن است این کلید مکانیکی باشد و بر اثر تماس با انتهای نوار دو لایه فلزی فعال شود یا دارای یک کلید جیوه‌ای باشد که به انتهای نوار دولایه‌ای فلزی مارپیچی متصل است. این‌گونه ترموستاتها چندان دقیق نیستند و در طول زمان نیز قابل اصلاح نیستند و نیاز به تنظیم مرتب دارند. یکی از مشکلات، تنوع ترموستاتهایی است که حتی به یک نوع تعلق دارند...



تصویر ۱۸- ۳ـ جعبه‌ای خالی که ترموستات بخاری، یک ترموستات هشداردهنده حساس به دماهای پایین و یک دماسنج را در خود جای می‌دهد سطح خارجی این جعبه، بازتاب‌کننده است. و انتهاهای آن مجهزند به بادگیر و دارای پنکه‌ای برای ایجاد جریان هوایی به سرعت ۶۰۰ فوت در دقیقه است. این جعبه در ارتفاع برابر نقطه رویشی گیاهان نصب می‌شود.

پرورش‌دهندگانی که از ترمیستور استفاده می‌کنند گیرنده حرارتی دقیقتر و قابل اصلاحی را در اختیار دارند. ترمیستور یک گیرنده دمایی جامد است که ولتاژ خروجی خود را متناسب با دما تغییر می‌دهد. این گیرنده، نیازمند مداری برای حمل علایم به کلید است. در وسایل کوچکتر ممکن است از کلیدهای سنتی و در وسایل بزرگتر از کلیدهای متغیر استفاده شود. مدار را می‌توان طوری تنظیم کرد که کلید در یک ولتاژ (دمای) خاص فعال شود. فقط به دما پاسخ داده می‌شود و هیچ عامل دیگری دخیل نیست.

سومین نوع وسایلی که برای کنترل دما مورد استفاده قرار می‌گیرند نیز دارای یک گیرنده از نوع ترمیستور می‌باشند. در مدار یک میکرو پروسسر یا حتی یک کامپیوتر وجود دارد که با ترکیب اطلاعات دریافتی تصمیماتی می‌گیرد و به همین علت، حافظه نام دارد. ارزش نهایی این وسایل به توانایی آنها در درک عوامل مختلف محیطی و

ترکیب آنها به بهترین وجه به منظور تصمیم‌گیری و تنظیم شرایط مناسب برای رویش گیاهان و سپس فرستادن علاماتی به منظور فعال کردن وسایل چندی که این محیط را کنترل می‌کنند، بستگی دارد.

عواملی که در حال حاضر دارای اهمیت می‌باشند، شدت نور، دمای داخل، رطوبت نسبی، و غلظت دی‌اکسیدکربن (Co_2) در فضای گلخانه است. هنگامی که از نور کمکی استفاده نمی‌شود، مقدار نوری که به‌وسیله طبیعت تأمین می‌شود، بدون تغییر پذیرفته می‌شود. سطح Co_2 و دمایی که حداکثر رشد ممکن را برای شدت نور موجود تضمین می‌کند به وسیله کامپیوتر تعیین می‌شود. سیستمهای خنک‌کننده یا گرم‌کننده و تولیدکننده Co_2 به‌وسیله علاماتی که از کامپیوتر صادر می‌شود، آغاز به‌کار می‌کنند تا این تعادل اپتیم عوامل رشد برقرار شود. این اندازه‌گیریها و کنترلها صورت می‌گیرد تا رشد بیشترین مقدار خود را داشته باشد و هیچ هزینه غیرضروری انرژی به همراه نداشته باشد.

بسیاری از سیستمهای کامپیوتری کنترل‌کننده محیط از پیش برنامه‌ریزی شده‌اند و خریدار نمی‌تواند به منظور تغییر تنظیم‌کنندگان عوامل محیطی وارد برنامه‌ها بشود و آنها را متناسب قضاوتهای شخصی خود سازد، گیاهی را قبلاً در برنامه اصلی طراحی نشده است وارد محیط کند، یا حتی اطلاعاتی را که از سایر مؤسسات تحقیقاتی به دست آمده وارد کامپیوتر سازد. شاید به مرور زمان افزایش حجم فروش به توسعه نرم‌افزارها (برنامه‌ها)یی که براساس خواسته پرورش‌دهندگان و برای استفاده انفرادی آنها طراحی شده و یا به وسیله آنها قابل تغییر است، کمک کند.

یکی از عوامل اصلی بازدارنده گسترش کنترل‌کنندگان حافظه‌دار محیط، کمبود یافته‌های جامع تحقیقاتی درباره عوامل رشدی است. عصر کامپیوتر اطلاعات خوبی در مورد تنظیم دمای روز یا شب به‌طور جداگانه، سطح Co_2، شدت نور، بدون نیاز مبرم، اطلاعاتی گسترده برای ترکیب حتی تعداد محدودی از این عوامل در اختیار ما

می‌گذارد. برای مثال، تصور می‌کنیم که دمای روز باید ۶° تا ۸° سانتیگراد (۱۰° تا ۱۵° فارنهایت) از دمای شب بیشتر باشد. این اعتقاد ممکن است به‌طور متوسط درست باشد، اما برای تمام مراحل رشد و کلیه روزها عمومیت ندارد. چند روز و به چه میزان باید دمای شب را پایینتر بیاوریم تا مناسب مرحله تولیدمثل گیاه داوودی باشد؟ آیا بهتر نیست افت دما از روز به شب را به‌تدریج و طی ساعتها انجام دهیم (برخلاف آنچه که در حال حاضر به‌طور ناگهانی انجام می‌شود)؟ آیا دمای پایین شبانه بنا به شرایط رشدی روز قبل باید تغییر کند؟ اینگونه تصمیمات، روزی جزیی از تصمیمات کامپیوتر خواهد شد؟ نتایج این امر را می‌توان در محصولات بهتر، کیفیت بالاتر، و مصرف سوخت مشاهده کرد. امروز ما پاسخهای محدودی برای پرسشهای بالا داریم. پیش از آن که، کسی سرمایه‌گذاری کند باید منابع اطلاعاتی مورد استفاده برای گسترش نرم‌افزارهای به‌کار رفته در کنترل‌کننده‌های شرایط محیطی را به دقت بررسی کند. نکته باارزش نهایی آن است که یک میکروپرسسور حافظه‌دار کنترل‌کننده دما که نسبت به سایر اطلاعات به جزء دما برنامه‌ریزی نشده است و به‌وسیله پرورش‌دهنده نیز قابل برنامه‌ریزی نیست، هیچ مزیتی نسبت به یک ترمیستور بدون حافظه ندارد و هزینه بسیار بالاتری دربردارد.

علاوه بر خدمات بالا به کنترل‌کننده‌های محیطی که از اطلاعات گیرنده‌های نوری بهره می‌گیرند برای کشیدن پرده‌ها بر روی گیاهان در روزهای بسیار آفتابی استفاده می‌شوند. از آنجایی که این سیستمها مکرراً تحت تأثیر شرایط نوری قرار می‌گیرند ممکن است در روزهای نیمه‌ابری چندین بار باز و بسته شوند. اطلاعات به گیرنده‌های رطوبتی، به‌ویژه در شبهای زمستانی، برای فعال کردن سیستمهای بخار که مختصراً هوای اشباع شده متصاعد می‌سازند و هوای خشکتر را به درون می‌کشند استفاده می‌شود. این امر از میعان آب بر روی برگها و همچنین گسترش بیماری ناشی از آن، جلوگیری می‌کند. از کنترل‌کننده‌های محیطی برای تصمیم‌گیری در مورد زمان

استفاده از محلولهای غذایی یا آب بر روی گیاهان استفاده می‌شود. هنگامی که مقدار انرژی خورشیدی از پیش تعیین شده دریافت شد، دریچه سلونوئید یا پمپها فعال می‌شوند. تابشهای خورشیدی تا حد زیادی با خشک شدن خاک (محیط اطراف ریشه) در ارتباط هستند.

در آینده نزدیک، کامپیوترها مصارف بسیار زیادتری را در گلخانه‌های تجارتی خواهند داشت. تاکنون نقش بدون جایگزینی را در حفظ و بقاء اقتصادی گلخانه‌ها داشته‌اند. جهت تحقیقات با توجه به لزوم بهره گیری از تکنولوژی کامپیوتری تغییر کرده و خواهد کرد.

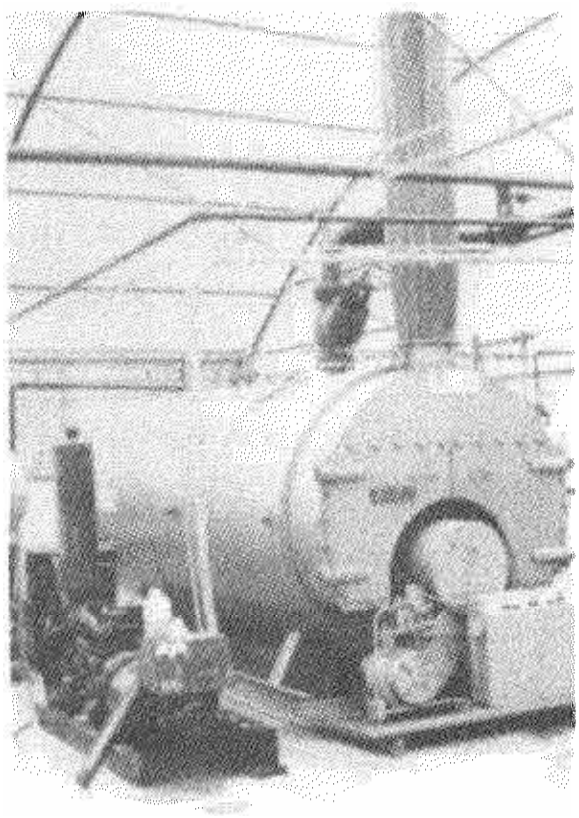
ژنراتورها و بخاریهای اضطراری

احتمال قطع برق همیشه وجود دارد. اگر در یک دوره سرما مانند برف سنگین یا کولاک برق قطع شود احتمالاً گیاهان بر اثر یخزدگی از بین می‌روند زیرا بخاریها و دیگهای بخار به جریان برق وابسته می‌باشند. دریچه‌های مارپیچی کنترل‌کننده ورود سوخت، کلیدهای کنترل ایمنی، ترموستاتها، و پنکه‌های تأمین‌کننده هوای جعبه احتراق همه به انرژی الکتریکی وابسته‌اند.

قطع برق در تابستان نیز می‌تواند خسارت به بار آورد. کنترل دما در گلخانه‌هایی که تهویه ندارند به پنکه‌های هواکش الکتریکی وابسته است. اگر در یک روز تمیز تابستانی سیستم تهویه‌های یک گلخانه بسته کار نکنند احتمالاً دما به $^{\circ}$۴۹ سانتیگراد ($^{\circ}$۱۲۰ فارنهایت) خواهد رسید. دماهای بالا موجب تأخیر گلدهی در بسیاری از گیاهان می‌شوند و اگر برای چند روز به طول انجامند؛ ممکن است باعث سقط جوانه شوند. بسیاری از سایر ابزاری که در پرورش گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرند به جریان برق وابسته هستند. به این دلایل، نصب یک ژنراتور الکتریکی کمکی دارای اهمیت

است (شکل ۱۹-۳).

ژنراتور را می‌توان چنان به مدار گلخانه متصل کرد که در صورت قطع برق به‌طور خودکار شروع به کار کند. در مورد وسایلی که در این حالت مورد استفاده قرار می‌گیرند باید کمی فکر کرد. توجیه هزینه ژنراتوری که تمام نیروی لازم را تأمین می‌کند به ندرت مقدور است. نوری که در طول شب برای کنترل گلدهی گیاهان استفاده می‌شود نیروی قابل توجهی مصرف می‌کند و معمولاً به‌وسیله ژنراتورهای موجود نمی‌توان تأمین کرد. همانگونه که در فصل ۱۱ بحث خواهد شد می‌توان از نوردهی دوره‌ای (flash) استفاده کرد که گیاهان را در آن به سه یا پنج منطقه می‌توان تقسیم کرد. هر بار فقط به یک منطقه نور داده می‌شود و بدین‌ترتیب بار (نوری) مورد تقاضا کاهش می‌یابد. اگر در طول



تصویر ۱۹-۳- یک ژنراتور الکتریکی کمکی (سمت چپ) که به هنگام قطع برگ و برای ادامه کار دیگ بخار (سمت راست) سیستم سردکننده، و چراغهای مربوط به تنظیمهای فتوپردیویکی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تابستان نتوانیم کلیه سیستمهای خنک‌کننده را به کار اندازیم حداقل تعدادی از پنکه‌ها را باید روشن نگاه داریم تا دما بیش از حد صعود نکند.

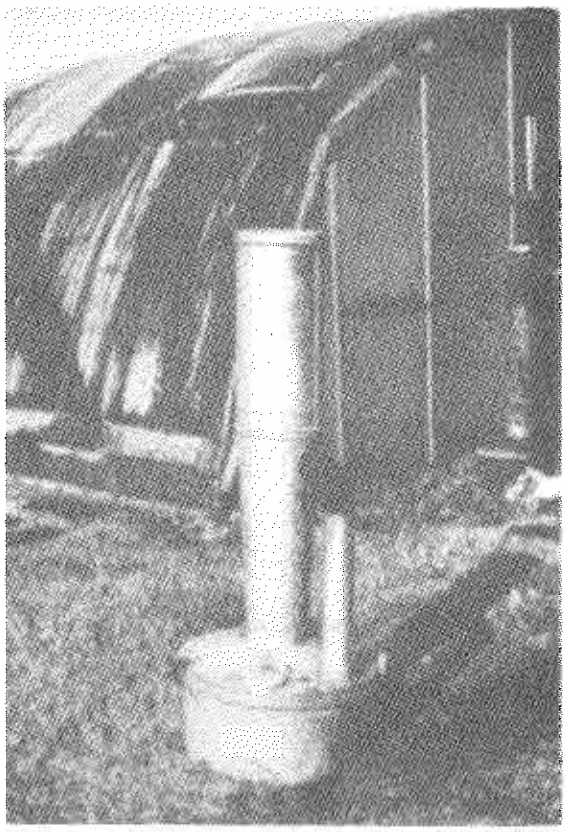
یک ژنراتور الکتریکی کمکی برای هرگونه فعالیت گلخانه‌ای لازم است. این ژنراتور ممکن است هیچ‌گاه مورد استفاده قرار نگیرد، اما اگر حتی برای یک شب سرد بحرانی نیز از آنها استفاده شود سرمایه‌گذاری برای آن بسیار مفید خواهد بود. ژنراتورها را می‌توان از برخی منابع اسباب دست دوم مانند اضافات دولتی تهیه کرد. برای هر ۱۸۴مترمربع (۲۰۰۰ فوت مربع) از کف گلخانه حداقل ۱ کیلووات ظرفیت ژنراتور لازم است.

احتمال از کار افتادن سیستمهای حرارتی نیز، به همین میزان وجود دارد. اگر خاصیت نفوذناپذیری پوششها ضعیف باشد دما سریعاً افت می‌کند. هر چه دمای بیرون گلخانه پایینتر و یا سرعت باد بیشتر باشد، میزان نزول دما افزایش می‌یابد. اغلب زمان کافی برای کمک جستن یا تعمیر بخاریها پیش از آن که دمای داخل به نقطه انجمادبرسد، وجود ندارد. در عرضهای جغرافیایی شمالی‌تر این مدت به کوتاهی ۳ یا ۴ ساعت‌است. صاحبان گلخانه گاهی دو دیگ بخار را خریداری می‌کنند تا کار یک دیگ را انجام دهند. در صورت از کار افتادن یک دیگ، دیگری می‌تواند دما را در بالای نقطه انجماد نگاه دارد. در گلخانه‌هایی که به‌وسیله بخاریهای واحد دارای جعبه احتراق و یا بخاریهای ماورای قرمز گرم می‌شوند نگرانی کمتری وجود دارد زیرا تعداد زیادی بخاری وجود دارد و احتمال آن که بیش از یک یا دو بخاری به‌طور همزمان از کار بیفتد بسیار کم است. در مواقعی که فقط یک بخاری یا دیگ بخار مرکزی در گلخانه وجود دارد حضور یک سیستم گرم‌کننده مرکزی ضروری است.

برخی از پرورش‌دهندگان، سوزاننده‌های گاز Lp یا گاز طبیعی را بر روی خطوط انعطاف‌پذیر سوخت در گلخانه‌ها نصب کرده‌اند. در صورت لزوم می‌توان آنها را از محل نگهداریشان یعنی زیر نیمکتها یا در طول دیوارها به مسیرهای عبور منتقل کرد، چون

از پیش به منبع سوخت متصلند و با دست می‌توان آنها را روشن کرد، نیازی به جریان برق نیست.

بخاری تابشی سالاماندر که در تصویر ۲۰-۳ ملاحظه می‌کنید، بخاری کمکی معمول و ارزان‌قیمتی است. نفت سفید در مخزنی که در ته بخاری قرار دارد نگه داشته می‌شود و در بخش انتهایی لوله بخاری عمودی احتراق می‌یابد. دود از لوله بالا آمده و از بخش بالایی آن خارج و وارد گلخانه می‌شود. به این علت برای جلوگیری از تجمع دودها، باید یک تهویه در حدود ۱/۳ سانتیمتر ($\frac{1}{2}$ اینچ) باز باشد. لوله بخاری قرمز می‌شود و مقدار قابل توجهی گرما تابش می‌کند. یک بخاری می‌تواند دمای ۳۴۰ مترمکعب (۱۲۰۰۰۰ فوت مکعب) هوا را ۱۴ تا ۱۷ درجه سانتیگراد (۲۵ تا ۳۰ درجه فارنهایت) بالا برد که این



تصویر ۲۰-۳- نمونه‌ای از یک بخاری سالاماندر که باید برای مواقعی که برق قطع می‌شود نگهداری شود. گازوییل موجود در مخزن پایین داخل دودکش می‌سوزد. از آنجایی که بخارات از قسمت بالایی خارج می‌شوند به هنگام استفاده از این بخاریها باید تهویه‌ها را کمی باز بگذاریم.

میزان به عنوان گرمای اضطراری بیش از ۱۴۰ مترمربع (۱۵۰۰ فوت مربع) از کف گلخانه کفایت می‌کند.

بخاری بین ۱/۸۹ تا ۳/۷۹ لیتر ($\frac{1}{2}$ تا ۱ گالن) نفت سفید را در ساعت می‌سوزاند. از قوطیهای یک گالنی (۳/۸۱) نیز برای گرمای اضطراری استفاده می‌شده است. بالای آن حذف می‌شود و دو سوراخ ۲/۵ سانتیمتری (۱ اینچی) در دو سمت مخالف و به فاصله ۵ تا ۸ سانتیمتر (۲ تا ۳ اینچ) از بالای آن ایجاد می‌شود که جریان هوا برقرار شود. قوطی تا نیمه از الکل پر شده و روشن می‌شود. بسیاری از سیستمهای دیگر نیز عملی هستند. مهم آن است که یکی از آنها در دسترس باشد.

سوخت

سوختهای جامد، مایع و گاز که چوب، زغال، نفت، و گاز نمونه‌های آنها می‌باشند، برای گرم کردن گلخانه‌ها استفاده می‌شوند که هر یک دارای مزایا و معایبی می‌باشند. انتخاب آنها تحت تأثیر قوانین پاکیزگی هوا[1] است. در برخی نقاط، استفاده از زغال و نفتهای محتوی گوگرد زیاد ممنوع شده است.

مطلوبترین آنها، گاز طبیعی است زیرا هزینه نصب یک سیستم گاز طبیعی ارزانتر است، نیازی به مخزن ذخیره نیست، گاز تمیز می‌سوزد و در نتیجه آن زحمت تمیز کردن و تنظیم دیگ بخار کاهش می‌یابد. گازهای پروپان و بوتان نیز بسیاری از مزایای گاز طبیعی را دارند اما گرانترند.

انتخاب دوم معمولاً نفت است. سیستمهای نفت‌سوز را به آسانی می‌توان خودکار کرد، اما به مخزن ذخیره نیاز دارند و خاکستر و دود قابل توجه بیشتری تولید می‌کنند.

1- antipollutoin regulations

اغلب، لوله‌ها و مسیرهای عبور دود باید تمیز شوند و جعبه احتراق حداقل، سالی یکبار تنظیم شود. سوختهای نفتی در پنج درجه موجود می‌باشند که با شماره‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ مشخص می‌شوند. شماره ۱ کمی سنگینتر از نفت سفید است و معمولاً برای گرم کردن منازل به‌کار می‌رود، سوختهای نفتی با بالا رفتن شماره‌شان سنگینتر می‌شوند. نفت شماره ۶ باید پیش از احتراق گرم شود، در غیر این صورت در داخل نازلهای[1] دستگاه احتراق به جریان درنمی‌آید. نفت شماره ۲ در بخاریهای گلخانه‌های کوچک و درجه‌های سنگینتر آن در دیگهای بخار بزرگ استفاده می‌شود. نفتهای سنگینتر کمی ارزانتر هستند و محتوای گرمایی بیشتری دارند. دیگهای بخار مرکزی بزرگ که می‌توانند نفتهای با درجه سنگینتر را بسوزانند، از نظر هزینه مزیت دارند.

زغالهایی با درجات مختلف موجود می‌باشند. عبارات آنتراسیت و بیتومینوس به ترتیب به زغالهای سخت و نرم گفته می‌شوند. بسیاری از انواع حد واسط آنها وجود دارند که هیچ حد و مرز مشخصی ندارند. موادی نرمتر از بیتومینوس نیز وجود دارند که در محدوده بین بیتومینوس و پیت قرار می‌گیرند. تمام آنها، بقایای فشرده گیاهی می‌باشند. زغال در بالای سطح زمین به فضای قابل توجهی برای مخزن ذخیره نیاز دارد، نگهداری آن در مقایسه با سیستمهای نفت‌سوز کار و زحمت بیشتری به همراه دارد، و مقدار زیادی خاکستر تولید می‌کند که باید جابه‌جا و دور ریخته شود.

دیگهای بخار تجارتی برای سوزاندن چوب موجود می‌باشند. این‌گونه سیستمها را می‌توان کاملاً خودکار کرد. صاحبان گلخانه‌های متوسط که نیازمند دیگ بخاری با تولید ۹۸۰ کیلووات (یا ۱۰۰ اسب بخار) یا بیشتر می‌باشند، می‌توانند از آنها استفاده کنند.

1- noggles

تعداد محدودی این کار را کرده‌اند و دریافته‌اند که مقدار زیادی از مخارج سوخت را می‌توانند پس‌انداز کنند. سوخت ممکن است، از تراشه‌هایی که از تمام بخشهای گیاه قابل تهیه می‌باشد، تراشه‌های گیاهی که برای تهیه خمیر کاغذ استفاده می‌شود، یا خاک اره تشکیل شده باشد. محتوای گرمایی تراشه‌های گیاهی حدود ۱۰/۵ کیلوژول بر گرم (یا ۴۵۰۰ Btu/p) و محتوای رطوبتی آنها بسته به گونه درخت حدود ۴۰-۵۰٪ است، محتوای گرمایی چوب خشک حدود ۱۹/۸ کیلوژول برگرم (۸۵۰۰ Btu/p) درصد است. اگر کارآیی سوختی چوب را ۶۰ درصد و نفت را ۷۰ درصد محسوب نماییم نرخ ۱ دلار برای هر تن تراشه سبز چوبی معادل ۱/۸ سنت برای هر گالن نفت (نشت ۰/۴۲ = تن متریک چوب/۱ دلار) خواهد بود.

اختلاف قیمت همیشه مفید نیست زیرا به یک سیستم پیچیده‌تری برای چوب نیاز داریم. برای محافظت چوبها در مقابل باران به یک مخزن سربسته نیاز داریم. به خاطر داشته باشید که به ازای هر ۵۶×۳/۷۹ لیتر نفت که به‌طور معمول استفاده می‌شود به یک تن چوب نیاز داریم (لیتر نفت ۱/۲۳۳ تن متریک چوب) برای آن که بتوان، دایماً چوب در اختیار اره قرار داد به یک سیلو نیاز داریم و این اره نیز خود دیگ بخار را تغذیه می‌کند. یک دیگ بخار زغالی را می‌توان چوب‌سوز کنیم. به یک تراکتور نیاز داریم تا چوب را در اطراف مخزن. سقف و به داخل سیلو جابه‌جا کند. بالاخره به یک جعبه بزرگ برای جمع‌آور خاکستر از دیگ بخار نیاز داریم. گرچه سیستم را می‌توان خودکار کرد، اما برای جابه‌جا کردن و دور ریختن خاکستر به نیروی اضافی نیازمندیم. علی‌رغم این هزینه‌ها و سایرین، یک گلخانه بزرگ در کمتر از دو سال می‌توانست هزینه سرمایه‌گذاری اضافی در یک سیستم نفتی را جبران کند و به همین علت معتقدند که صرفه‌جویی قابل توجهی در مخارج سوخت می‌شود. در سیستمهای جدید، چوب آنقدر تمیز می‌سوزد، که تابع استانداردهای تعیین شده از طرف دولت است.

اخیراً دیگهای بخار هیزم‌سوز به صنعت گلخانه‌داری راه یافته‌اند. از آنها می‌توان

جدول ۵ـ۳ـ نمونه‌ای از محتوای حرارتی انواع سوختهایی که برای گرم کردن گلخانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

سوخت	مقدار حرارت		کارآیی دستگاه گرم‌کننده	گرمای تولیدی
زغال‌سنگ مرطوب	Btu per lb	kJ per g		Btu per lb	kJ per g
آنتراسیت (سخت)	۱۲,۹۱۰	۳۰/۰	۶۵	۸,۳۹۲	۱۹/۵
آنتراسیت معمولی	۱۳,۷۷۰	۳۲/۰	۶۰	۸/۲۶۲	۱۹/۲
بیتومینوس (کمی فرار)	۱۴,۳۴۰	۳۳/۳	۶۵	۹,۳۲۱	۲۱/۷
بیتومینوس (فرار)	۱۳,۸۴۰	۳۲/۲	۶۰	۸,۳۰۴	۱۹/۳
بیتومینوس (خیلی فرار)	۱۰,۷۵۰ـ۱۳,۰۹۰	۲۵/۰ـ۳۰/۴	۵۵	۵,۹۱۳ـ۷,۲۰۰	۱۳/۷ـ۱۶/۷
شبه‌بیتومینوس	۸,۹۴۰ـ۹,۱۵۰	۲۰/۸ـ۲۱/۲۳	۵۵	۴,۹۱۷ـ۵,۰۳۳	۱۱/۴ـ۱۱/۷
سوختهای نفتی	Btu per gal	kJ per ml		Btu per gal	kJ per ml
شماره ۱	۱۳۲,۹۰۰ـ۱۳۷,۰۰۰	۳۷/۱ـ۳۸/۲	۷۰	۹۳,۰۳۰ـ۹۵,۹۰۰	۲۶/۰ـ۲۶/۸
شماره ۲	۱۳۵,۸۰۰ـ۱۴۱,۸۰۰	۳۷/۹ـ۳۹/۶	۷۰	۹۵,۰۶۰ـ۹۹,۲۶۰	۲۶/۵ـ۲۷/۷
شماره ۴	۱۴۰,۶۰۰ـ۱۵۳,۳۰۰	۳۹/۲ـ۴۲/۸	۶۸	۹۵,۶۰۸ـ۱۰۴,۲۴۴	۲۶/۷ـ۲۹/۱
شماره ۵	۱۴۸,۱۰۰ـ۱۵۵,۹۰۰	۴۱/۳ـ۴۳/۵	۶۷	۹۹,۲۲۷ـ۱۰۴,۴۵۳	۲۷/۷ـ۲۹/۲
شماره ۶	۱۴۹,۴۰۰ـ۱۵۷,۳۰۰	۴۱/۷ـ۴۳/۹	۶۵	۹۷,۱۱۰ـ۱۰۲,۲۴۵	۲۷/۱ـ۲۸/۵
گازها	Btu per cu ft	kJ per dm^3		Btu per cu ft	kJ per dm^3
طبیعی	۱,۰۰۰	۳۷/۳	۷۵	۷۵۰	۲۷/۹
مصنوعی	۵۵۰	۲۰/۵	۷۰	۳۸۵	۱۴/۳
پروپان	۲,۵۷۰	۹۵/۷	۷۵	۱,۹۲۸	۷۱/۸
بوتان	۳,۲۲۵	۱۲۰/۱	۷۵	۲,۴۱۹	۹۰/۱
چوب	Btu per lb	kJ per g		Btu per lb	kJ per g
تراشه‌های فیبر	۴,۵۰۰	۱۰/۵	۶۰	۲,۷۰۰	۶/۳
پهن خشک‌شده	۸,۵۰۰	۱۹/۸	۶۰	۵,۱۰۰	۱۱/۹

برای مواردی که به مقادیر کم حرارت مثل ۵۶۶۰۰ وات (یا ۲۰۰۰۰۰ Btu/hr) نیاز داریم استفاده کنیم. جعبه احتراق آنها می‌تواند هیزمهایی را در خود جای دهد که تقریباً ۲ متر(۶ فوت) طول دارند و به‌وسیله تراکتور حمل می‌شوند. این‌گونه سیستمهای باز

جدول ۶ـ۳ـ مقایسه هزینه‌های مربوط به جریان برق، نفت و گاز

مقدار الکتریسیته	هزینه آن معادل خواهد بود با:			
	سوخت نفتی		گاز	
¢	¢gal^2	¢l^2	¢/therm	¢\m^3 (گاز طبیعی)^2
۲/۰	۵۷/۰	۱۵/۱	۴۳/۸	۴/۷
۲/۲	۶۲/۷	۱۶/۶	۴۸/۲	۵/۲
۲/۴	۶۸/۴	۱۸/۱	۵۲/۶	۵/۷
۲/۶	۷۴/۱	۱۹/۶	۵۶/۹	۶/۱
۲/۸	۷۹/۸	۲۱/۱	۶۱/۳	۶/۶
۳/۰	۸۵/۵	۲۲/۶	۶۵/۷	۷/۱
۳/۲	۹۱/۲	۲۴/۱	۷۰/۱	۷/۵
۳/۴	۹۶/۹	۲۵/۶	۷۴/۵	۸/۰
۳/۶	۱۰۲/۶	۲۷/۱	۷۸/۸	۸/۵
۳/۸	۱۰۸/۳	۲۸/۷	۸۳/۲	۹/۰
۴/۰	۱۱۴/۰	۳۰/۲	۸۷/۶	۹/۴
۴/۴	۱۲۵/۴	۳۳/۲	۹۶/۴	۱۰/۴
۴/۸	۱۳۶/۸	۳۶/۲	۱۰۵/۱	۱۱/۳
۵/۲	۱۴۸/۲	۳۹/۲	۱۱۳/۹	۱۲/۳
۶/۰	۱۷۱/۰	۴۵/۲	۱۳۱/۴	۱۴/۱
۶/۸	۱۹۳/۸	۵۱/۳	۱۴۸/۹	۱۶/۰

دیگهای آب‌داغ فشاری تولید نمی‌کنند به همین علت نیاز به بازرسیهای ایالتی مربوط به دیگهای فشار نمی‌باشد. کارآیی سوختی آنها حدود ۶۵ درصد است. برای سوخت این دیگها می‌توان از هیزمهای شکافدار، در اندازه‌های نامطلوب، و گونه‌هایی که معمولاً پس از برداشت جنگل باقی می‌مانند، استفاده کرد. با توجه به کارآییهای سوختی یک کورد چوب گرمایی معادل ۱۴۷ گالن نفت (یک متر مکعب چوب = ۱۴۸ لیتر نفت) را تولید می‌کند دیگهای بخار هیزم‌سوز هزینه کمتری در مقایسه با دیگهای بخار نفتی یا گازی دارند. هیزمها را پیش از سوزاندن می‌توان خارج از گلخانه و زیر باران قرار داد و نیازی به سرپناه ندارند. باید برای بریدن و حمل آنها به جعبه احتراق، کارگر استخدام کرد.

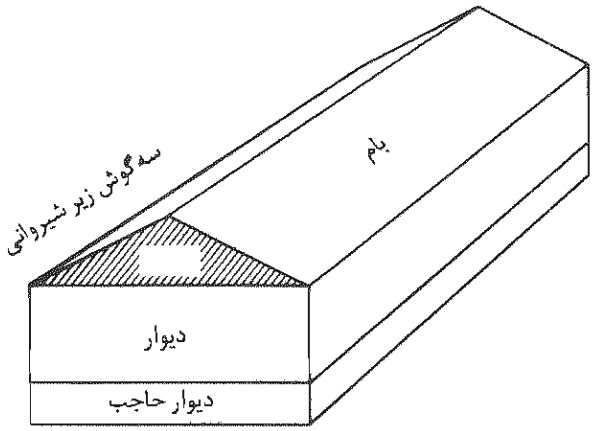
با اطلاع از ارزش حرارتی سوخت مورد استفاده و گرمای لازم برای گلخانه، مقدار سوخت لازم برای یک شب یا هر طول دیگری از زمان را می‌توان تعیین کرد. مقدار گرمای لازم برای گلخانه را، به آسانی می‌توان محاسبه کرد (در انتهای این فصل خواهیم دید.) مقدار ارزش حرارتی چند سوخت در جدول ۵ـ۳ آمده است.

محاسبه نیازهای گرمایی

گلخانه A شکل

برای محاسبه نیاز گرمایی این گونه گلخانه‌ها باید سطح آن را مطابق تصویر ۲۱ـ۳ به چهار جزء تقسیم کرد، که عبارتند از سقف، سه گوش زیر شیروانی، دیوار، دیوار حاجب، جداول ۷ـ۳ و ۸ـ۳ میزان اتلاف گرما از میان هر یک از آنها را در شرایط استاندار نشان می‌دهد. کلیه مقادیر موجود در این جداول برحسب MBtu می‌باشد که به معنای هزار Btu است. برای مثال، عدد ۵ در جدول به معنای ۵۰۰۰ Btu می‌باشد. یک MBtu معادل ۲۹۳ وات یا ۲۵۲ کیلوکالری بر ساعت است. مقادیر اتلاف گرما، از سه گوش زیر شیروانی

و سقف را می‌توان در جدول ۷ـ۳ یافت. دیوار که در بالا گفته شد، خود به دو صورت یافت می‌شود: ۱ـ دیواری که با مواد شفاف پوشیده شده‌اند و ۲ـ دیوار حاجب که در زیر آن واقع است و پوشش آن مواد غیرشفاف مانند پنبه نسوز یا بلوکهای سیمانی است. در جدول ۸-۳ اتلاف گرما از هر کدام به‌طور جداگانه تعیین شده است. در هر مورد، ارتفاع دیوار در مورد پیرامون گلخانه درست است. زیرا دیوار در چهار طرف آن واقع است.



تصویر ۲۱ـ۳ـ طراحی از یک گلخانه A شکل و اجزای تشکیل‌دهنده آن که برای محاسبه مقدار گرمای لازم برای گلخانه ضروری است.

کلیه مقادیر اتلاف گرما که تاکنون تعیین شده است متعلق به شرایط استاندارد یعنی اختلاف دما از خارج به داخل $^{\circ}$۲۱ سانتیگراد ($^{\circ}$۷۰ فارنهایت) و سرعت متوسط باد ۶/۷ متر برثانیه (۱۵ مایل برساعت (mph)) می‌باشد. احتمالاً برای گلخانه‌ای با ساختمانی متفاوت دما و شرایط باد متفاوتی نیز خواهید داشت. شما می‌توانید مقادیر موجود در جدول ۷-۳ و ۸-۳ را با ضرب کردن آنها در دو عامل اصلاحی تغییر دهید. اول، تفاوت بین دمای مورد نظر داخل در شب و سردترین دمای خارجی که شما انتظار دارید در طول زمستان با آن مواجه شوید تعیین کنید.

(دماهای احتمالی محلی را می‌توان از نزدیکترین دفتر اداره هواشناسی ایالات متحده یا با خرید آخرین جزوه اطلاعات هواشناسی اداره هواشناسی از مسئول اطلاعات دفتر انتشارات دولتی واشنگتن دی.سی.۲۰۰۴۲ به دست آورد). سپس سرعت متوسط باد را در منطقه مورد نظر خود به دست آورید. برای اغلب نقاط ۶/۷ متر برثانیه (۱۵ متر برساعت) کفایت می‌کند. (ولی این مقدار را نیز می‌توان با نزدیکترین دفتر اداره هواشناسی ایالات متحده کنترل کرد.) برای اختلاف دمای خاص و سرعت بادی که در دست دارید یک عامل دمایی، K، از جدول ۹-۳ پیدا کنید و هر یک از مقادیر حرارت اتلاف شده به دست آمده از جدول ۷-۳ و ۸-۳ را در این عامل ضرب کنید. برای نوع گلخانه مورد نظر خود یک عامل ساختمانی، C، از جدول ۱۰-۳ پیدا کنید و در میزان اتلاف گرما از سه گوش زیرشیروانی، سقف، دیوار (فقط دیواری که پوشش شفاف دارد). یک عامل ساختمانی برای دیوار حاجب، CW، از جدول ۱۱-۳ پیدا کنید و میزان اتلاف حرارت از دیوار حاجب را در این عامل ضرب کنید. بدین‌ترتیب میزان گرمایی که از طریق اجزاء گلخانه اتلاف می‌شوند اصلاح شدند. برای به دست آوردن کل گرمای ورودی لازم برای گرم کردن گلخانه به مدت یک ساعت باید چهار مقدار اصلاح شده را با هم جمع کنیم.

اگر سیستم گرم‌کننده شما در داخل گلخانه قرار دارد محاسبات خاتمه می‌یابد. دیگی با میزان خالص معادل گرمای لازم محاسبه شده خریداری کنید. اگر سیستم حرارتی متمرکزی واقع در یک ساختمان مجزا دارید مقدار دیگری گرما لازم است تا مقادیر گرمای اتلاف شده از لوله‌های ورودی به گلخانه و خروجی از آن را جبران کند. برای محاسبه این مقدار گرمای اتلاف شده باید با یک مهندس مشورت کنید و مقدار محاسبه شده را با نیاز گرمایی محاسبه شده برای گلخانه جمع کنید.

جدول ۷ـ۳ـ مقادیر استاندارد اتلاف گرما از سه‌گوش زیرشیروانی و بامهای گلخانه‌های Aشکل

طول گلخانه برحسب فوت (متر)	پهنای گلخانه برحسب فوت (قد)													
	۱۶ (۴/۹)	۱۸ (۵/۵)	۲۰ (۶/۱)	۲۲ (۶/۷)	۲۴ (۷/۳)	۲۶ (۷/۹)	۲۸ (۸/۵)	۳۰ (۹/۱)	۳۲ (۹/۸)	۳۴ (۱۰/۴)	۳۶ (۱۱/۰)	۳۸ (۱۱/۶)	۴۰ (۱۲/۲)	۵۰ (۱۵/۲)	۶۰ (۱۸/۳)
	اتلاف گرما از سه‌گوش زیرشیروانی برحسب $MBtu/hr^2$														
	۵	۶	۸	۱۰	۱۱	۱۳	۱۵	۱۸	۲۰	۲۳	۲۶	۲۹	۳۲	۵۰	۷۲
	اتلاف گرما از بام برحسب $MBtu/hr^2$														
۵(۱/۵)	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۲۲	۲۶
۱۰(۳/۰)	۱۴	۱۶	۱۸	۱۹	۲۱	۲۳	۲۵	۲۷	۲۸	۳۰	۳۲	۳۴	۳۵	۴۵	۵۴
۲۰(۶/۱)	۲۸	۳۲	۳۵	۳۹	۴۲	۴۶	۵۰	۵۳	۵۷	۶۰	۶۴	۶۷	۷۱	۸۸	۱۰۶
۳۰(۹/۱)	۴۲	۴۸	۵۳	۵۸	۶۴	۶۹	۷۴	۸۰	۸۵	۹۰	۹۶	۱۰۱	۱۰۶	۱۳۳	۱۶۰
۴۰(۱۲/۲)	۵۷	۶۴	۷۱	۷۸	۸۵	۹۲	۹۹	۱۰۶	۱۱۳	۱۲۰	۱۲۷	۱۳۵	۱۴۲	۱۷۷	۲۱۲
۵۰(۱۵/۲)	۷۱	۸۰	۸۹	۹۷	۱۰۶	۱۱۵	۱۲۴	۱۳۳	۱۴۲	۱۵۱	۱۵۹	۱۶۸	۱۷۷	۲۲۲	۲۶۶
۶۰(۱۸/۳)	۸۵	۹۶	۱۰۶	۱۱۷	۱۲۷	۱۳۸	۱۴۹	۱۵۹	۱۷۰	۱۸۱	۱۹۱	۲۰۲	۲۱۲	۲۶۵	۳۱۸
۷۰(۲۱/۳)	۹۹	۱۱۲	۱۲۴	۱۳۶	۱۴۹	۱۶۱	۱۷۳	۱۸۶	۱۹۸	۲۱۱	۲۲۳	۲۳۵	۲۴۸	۳۱۰	۳۷۲
۸۰(۲۴/۴)	۱۱۳	۱۲۷	۱۴۲	۱۵۶	۱۷۰	۱۸۴	۱۹۸	۲۱۲	۲۲۷	۲۴۱	۲۵۵	۲۶۹	۲۸۳	۳۵۴	۴۲۴
۹۰(۲۷/۴)	۱۲۷	۱۴۳	۱۵۹	۱۷۵	۱۹۱	۲۰۷	۲۲۳	۲۳۹	۲۵۵	۲۷۱	۲۸۷	۳۰۳	۳۱۹	۳۹۸	۴۷۸
۱۰۰(۳۰/۵)	۱۴۲	۱۵۹	۱۷۷	۱۹۵	۲۱۲	۲۳۰	۲۴۸	۲۶۶	۲۸۳	۳۰۱	۳۱۹	۳۳۶	۳۵۴	۴۴۳	۵۳۲
۲۰۰(۶۱/۰)	۲۸۳	۳۱۹	۳۵۴	۳۹۰	۴۲۵	۴۶۰	۴۹۶	۵۳۱	۵۶۷	۶۰۲	۶۳۷	۶۷۳	۷۰۸	۸۸۵	۱۰۶۲
۳۰۰(۹۱/۴)	۴۲۵	۴۷۸	۵۳۱	۵۸۴	۶۳۷	۶۹۰	۷۴۳	۷۹۷	۸۵۰	۹۰۳	۹۵۶	۱٫۰۰۹	۱٫۰۶۲	۱٫۳۲۸	۱٫۵۹۴
۴۰۰(۱۲۱/۹)	۵۶۶	۶۳۷	۷۰۸	۷۷۹	۸۵۰	۹۲۰	۹۹۱	۱٫۰۶۲	۱٫۱۳۳	۱٫۲۰۴	۱٫۲۷۴	۱٫۳۴۵	۱٫۴۱۶	۱٫۷۷۰	۲٫۱۲۴
۵۰۰(۱۵۲/۴)	۷۰۸	۷۹۷	۷۸۵	۹۷۴	۱٫۰۶۲	۱٫۱۵۰	۱٫۲۳۹	۱٫۳۲۸	۱٫۴۱۷	۱٫۵۰۵	۱٫۵۹۳	۱٫۶۸۲	۱٫۷۷۰	۲٫۲۱۳	۲٫۶۶۶

جدول ۸ـ۳ـ مقادیر استاندارد اتلاف گرما از دیوارهای گلخانه

ارتفاع دیوار برحسب فوت (متر)	ارتفاع دیوار برحسب فوت (متر) ۲ (۰/۶۱)	۴ (۱/۲۲)	۶ (۱/۸۳)	۸ (۲/۴۴)	۱۰ (۳/۰۵)
	اتلاف از دیوارها برحسب $MBtu/hr^2$				
۵(۱/۵)	۱	۲	۲	۳	۴
۱۰(۳/۰)	۲	۳	۵	۶	۸
۲۰(۶/۱)	۳	۶	۹	۱۳	۱۶
۳۰(۹/۱)	۵	۹	۱۴	۱۹	۲۴
۴۰(۱۲/۲)	۶	۱۳	۱۹	۲۶	۳۲
۵۰(۱۵/۲)	۸	۱۶	۲۴	۳۲	۴۰
۶۰(۱۸/۳)	۹	۱۹	۲۸	۳۸	۴۷
۷۰(۲۱/۳)	۱۱	۲۲	۳۳	۴۴	۵۵
۸۰(۲۴/۴)	۱۳	۲۵	۳۸	۵۱	۶۳
۹۰(۲۷/۴)	۱۴	۲۸	۴۳	۵۸	۷۱
۱۰۰(۳۰/۵)	۱۶	۳۲	۴۷	۶۴	۷۹
۲۰۰(۶۱/۰)	۳۲	۶۳	۹۵	۱۲۸	۱۵۸
۳۰۰(۹۱/۴)	۴۷	۹۵	۱۴۲	۱۹۲	۲۳۷
۴۰۰(۱۲۱/۹)	۶۳	۱۲۷	۱۹۰	۲۵۶	۳۱۶
۵۰۰(۱۵۲/۴)	۷۹	۱۵۸	۲۳۷	۳۲۰	۳۹۵

مسأله نمونه . . . . . .

مراحل زیر، جهت محاسبه گرمای لازم برای یک گلخانه تمام فلزی با پوشش شیشه‌ای به ابعاد ۱۰/۰ متر (۳۰ فوت) عرض و ۳۰ متر (۱۰۰ فوت) طول طی می‌شود. دیوار حاجب ۶۰ سانتیمتر (۲ فوت) ارتفاع دارد و از قطعات سیمانی ۱۰ سانتیمتری (۴ اینچ) ساخته شده است. دیوار شیشه‌ای واقع در بالای دیوار حاجب ۲ متر (۶ فوت) ارتفاع دارد. متوسط سرعت باد، ۱۵ متر برساعت انتظار می‌رود. اختلاف دمای $15/6^{\circ}$ سانتیگراد (60° فارنهایت) بین پایین ترین دمای محیط خارج که $17/8^{\circ}$ سانتیگراد (صفر درجه فارنهایت) است و دمای داخل که $15/6^{\circ}$ سانتیگراد (60° فارنهایت) است انتظار می‌رود.

۱ـ جدول مشابه جدول زیر تهیه کنید.

اجزای گلخانه	اتلاف گرمای استاندارد (MBtu/hr) (از جدول ۳-۷ یا ۳-۸)	K ازجدول۹-۳	C یا CW ازجدول ۱۰-۳ یا ۱۱-۳	گرمای اتلاف شده پس از اصلاح (MBtu/hr)
سه‌گوش زیرشیروانی			C	
سقف			C	
دیوار (شفاف)			C	
دیوار حاجب			CW	
			کل گرمای لازم	

جدول ۹ـ۳ـ عوامل آب‌وهوایی، K، برای چند سرعت متوسط باد و شرایط حرارتی

اختلاف دما از بیرون به داخل برحسب فوت (درجه سانتیگراد)	سرعت باد برحسب متر بر ساعت (m/s)				
	۱۵ (۶/۷)	۲۰ (۸/۹)	۲۵ (۱۱/۲)	۳۰ (۱۳/۴)	۳۵ (۱۵/۶)
۳۰ (۱۶/۷)	/۴۱	/۴۳	/۴۶	/۴۸	/۵۰
۳۵ (۱۹/۴)	/۴۸	/۵۰	/۵۳	/۵۵	/۵۷
۴۰ (۲۲/۲)	/۵۵	/۵۷	/۶۰	/۶۲	/۶۴
۴۵ (۲۵/۰)	/۶۲	/۶۵	/۶۷	/۷۰	/۷۲
۵۰ (۲۷/۸)	/۶۹	/۷۲	/۷۴	/۷۷	/۸۰
۵۵ (۳۰/۶)	/۷۷	/۸۰	/۸۳	/۸۶	/۸۹
۶۰ (۳۳/۳)	/۸۴	/۸۸	/۹۱	/۹۴	/۹۸
۶۵ (۳۶/۱)	/۹۲	/۹۶	/۹۹	۱/۰۳	۱/۰۷
۷۰ (۳۸/۹)	۱/۰۰	۱/۰۴	۱/۰۸	۱/۱۲	۱/۱۶
۷۵ (۴۱/۷)	۱/۰۸	۱/۱۲	۱/۱۷	۱/۲۱	۱/۲۵
۸۰ (۴۴/۴)	۱/۱۶	۱/۲۱	۱/۲۶	۱/۳۰	۱/۳۵
۸۵ (۴۷/۲)	۱/۲۵	۱/۳۰	۱/۳۵	۱/۴۰	۱/۴۵
۹۰ (۵۰/۰)	۱/۳۳	۱/۳۸	۱/۴۴	۱/۴۹	۱/۵۴

۲ـ از جدول ۷-۳ مقدار اتلاف گرما، از طریق هر دو سه‌گوش زیرشیروانی را که درست در زیر عدد عرض گلخانه قرار دارد پیدا کنید. برای عرض ۱۰ متر (۳۰ فوت) این مقدار ۱۸MBtu (۱۸۰۰۰MBtu) در ساعت است.

۳ـ از جدول ۷-۳، مقدار اتلاف گرما از طریق سقفها را در نقطه تقاطع ستون مربوط به گلخانه با عرض ۱۰ متر (۳۰ فوت) با ردیف مربوط به گلخانه‌ای با طول ۳۰ متر (۱۰۰

فوت) پیدا کنید. که در این مورد ۲۶۶MBtu است.

۴ـ برابر محیط گلخانه یعنی ۱۰+۳۰+۱۰+۳۰ متر (یا ۳۰+۱۰۰+۳۰+۱۰۰ فوت) یا ۸۰ متر (یا ۲۶۰ فوت) است از جدول ۸-۳ مقدار اتلاف گرما را برای دیوار شفاف به ابعاد ۲ متر (۶ فوت) ارتفاع و ۸۰ متر (یا ۲۶۰ فوت) طول به‌دست آورید. از آنجایی، که هیچ عددی برای دیواری به طول ۸۰ متر (۲۶۰ فوت) در جدول وجود ندارد، ارقام مربوط ۶۰ متر (۲۰۰ فوت) و ۲۰ متر (۶۰ فوت) را بیابید و با هم جمع کنید تا به مقدار مورد نظر برسید. در مورد دیوار شفاف ۹۵MBtu برای ۶۰ متر (۲۰۰ فوت) دیوار و ۲۸MBtu دیگر برای ۲۰ متر (۶۰ فوت) اضافی آن به دست می‌آید. مقدار کل اتلاف

جدول ۱۰ـ۳ـ عوامل ساختمانی موثر، C، برای انواع گلخانه‌هایی که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرند

نوع گلخانه	C
تمام‌فلزی	۱/۰۸
چوبی و فولادی	**۱/۰۵**
گلخانه‌های چوبی	
گلخانه‌های فاقد منفذ نشت	۱/۰۰
گلخانه‌هایی که کمی تبادل با بیرون دارند	۱/۱۳
گلخانه‌هایی که تبادل زیاد با بیرون دارند	۱/۲۵
گلخانه‌های چوبی پوشیده از FRP	۰/۹۵
گلخانه‌های فلزی پوشیده از FRP	۱/۰۰
گلخانه‌های شیشه‌ای دولایه که دارای لایه‌ای هوا (۲/۵cm) است	۷/۰
گلخانه‌های فلزی پوشیده از پلاستیک (یک‌لایه)	۱/۰۰
گلخانه‌های فلزی پوشیده از پلاستیک (دولایه)	۰/۷۰

گرما برابر ۲۸+۹۵ یا ۱۲۳MBtu/hr است. مقدار اتلاف گرما از دیوار حاجب برابر ۹+۳۲ یا ۴۱ MBtu/hr است.

۵ـ از جدول ۹-۳ مقدار عامل K را برای بادی با سرعت ۱۵mph و اختلاف دمای (۶۰° فارنهایت) به دست آورید. مقدار K برابر ۰/۸۴ است که در محل تقاطع ستون سرعت باد و ردیف اختلاف دما قرار دارد. این مقدار را در جای مناسب خود، در جدول و پس از هر یک از چهار جزء گلخانه قرار دهید.

۶ـ از جدول ۱۰-۳ مقدار عامل C را برای نوع گلخانه مورد نظر به دست آورید. در مثال ما، گلخانه دارای اسکلت فلزی و پوشش شیشه‌ای است و مقدار عامل C آن ۱/۰۸ است. این مقدار را در جای مناسب خود و پس از سه گوش زیرشیروانی، سقف، و دیوار شفاف وارد کنید. این سه جزء از مواد بالا ساخته شده‌اند.

۷ـ از جدول ۱۱-۳ مقدار عامل CW را برای دیوار حاجب پیدا کنید و در جای مناسب خود در جدول یعنی ردیف دیوار حاجب قرار دهید. این مقدار برای یک قطعه سیمان ۱۰ سانتیمتری (۴ اینچ) برابر ۰/۵۸ است.

۸ـ هر یک از مقادیر استاندارد اتلاف گرما در جدول با ضرب در عامل K و سپس در عامل C یا CW موجود در همان ردیف اصلاح کنید، این چهار مقدار را وارد جدول کنید.

۹ـ چهار مقدار اتلاف گرمای اصلاح شده را، با هم جمع کنید تا به کل اتلاف گرما برسید. این مقدار، گرمایی است که اگر بخاری در گلخانه قرار دهیم، باید در هر ساعت به گلخانه وارد شود تا دمای آن در مقدار مورد نظر باقی بماند. برای

گلخانه مربوط به مثال، به یک بخاری یا دیگ بخار با تولید خالص ۳۸۹۱۲۸Btu/hr نیازمندیم.

۱۰ـ اگر بخاری در ساختمانی جدا از گلخانه قرار دارد، مقدار اتلاف دیگ بخار، شاه‌لوله‌های بخارآب یا آب‌داغ و خطوط بازگشت نیز باید تعیین شوند و به مقدار محاسبه شده قبلی اضافه شوند.

۱۱ـ در آب و هوای معتدل، تمام این گرما را می‌توان به وسیله یک سیستم بخاری منفرد واقع در بالای سر تأمین کرد. در آب و هوای سرد، لوله‌های مارپیچی در دیوار لازم است، تا بتواند گرمای اتلاف شده از دیوارهای شفاف و دیوار حاجب را جبران کند. در این مثال مقدار گرمای لازم ۱۱۱/۵۶۱+۱۹/۹۷۵ یا ۱۳۱/۵۳۶MBtu/hr است. گرمای باقی‌مانده، مربوط به سه گوش زیرشیروانی و سقف (۲۵۷/۵۹۲MBtu/hr) به‌وسیله سیستم بالای سر تأمین می‌شود.

جدول ۱۱ـ۳ـ عامل مربوط به ساختمان دیوارهای حاجب، GW، برای انواع پوششهایی که برای دیوارهای حاجب غیرشفاف استفاده می‌شوند

نوع پوشش	GW
شیشه	۱/۰۰
سیمان آسبستوس	۱/۰۰
بتون آرمه، ۱۰ سانتیمتر	/۷۶
بتون آرمه، ۲۰ سانتیمتر	/۶۰
بلوک بتون آرمه، ۱۰ سانتیمتر	/۵۸
بلوک بتون آرمه، ۲۰ سانتیمتر	/۴۶

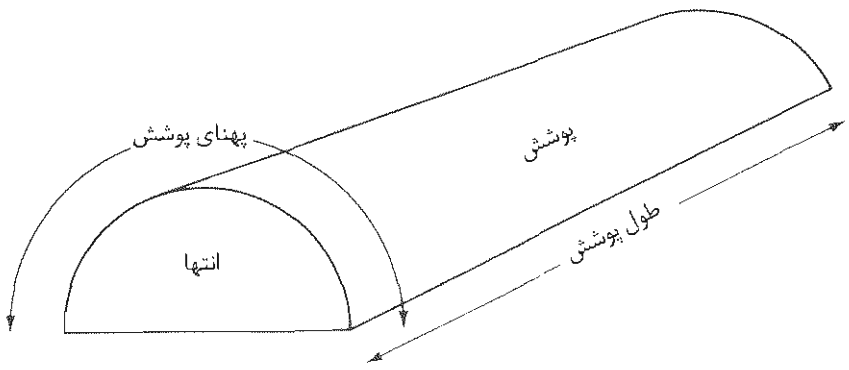
۱۲ـدر صورت تمایل، می‌توان مقدار سوخت مصرفی برای یک ساعت در طول شب مورد بحث قابل محاسبه است. مقدار کل گرمای لازم را بر گرمای تولید شده از سوخت مصرفی تقسیم کنید.

زغال آنتراسیت: $\frac{۳۸۹۱۲۸\text{Btu/hr}}{۸۳۹۲\text{Btu/lb coal}} = ۴۶/۴\text{lb/hr}$

نفت شماره ۲: $\frac{۳۸۹۱۲۸\text{Btu/hr}}{۹۷۰۰۰\text{Btu/lb gal}} = ۴/۰\text{gal/hr}$

گلخانه کوآنست

برای تعیین مقدار گرمای لازم برای گلخانه کوآنست، باید تغییراتی صورت پذیرد. زیرا همانگونه که در تصویر ۲۲-۳ نشان داده شده است از نظر شکل متفاوت است. پوشش گلخانه‌های کوآنست، FRP یا پلی‌کربنات است. و به‌ندرت پرده حاجب دارند و پوشش شفاف معمولاً تا سطح زمین امتداد دارد. در محاسبات گرمایی دو سطح باید در نظر گرفته شوند: ۱ـ مجموع دو سطح انتهایی و ۲ـ پوشش که در طول گلخانه امتداد دارد و سقف و دیوارها را منهای دو سطح انتهایی می‌پوشاند. مقادیر اتلاف گرمای استاندارد



تصویر ۲۲ـ۳ـ طرحی از یک گلخانه کوآنست و اجزای تشکیل‌دهنده آن که برای محاسبه مقدار گرمای لازم ضروری می‌باشند.

این دو جزء در جدول ۱۲-۳ به دست آمده‌اند. این مقادیر مانند مقادیر مربوط به گلخانه A شکل باید متناسب شرایط مورد نظر شما اصلاح شوند. در جداول ۹-۳ و ۱۰-۳ مقادیر مشابهی آمده است. برای محاسبه مقدار اتلاف گرمای تصحیح شده مقادیر اتلاف گرمای پوشش و سطوح انتهایی را باید در هر یک از این عوامل ضرب کنیم. دو مقدار اتلاف گرمای تصحیح شده را جمع می‌کنیم تا به گرمای لازم برای گرم کردن گلخانه برسیم.

مسأله نمونه .....

صفحات بعدی، مراحلی را نشان می‌دهد که به هنگام محاسبه گرمای لازم برای یک گلخانه کوآنست فلزی به عرض ۹/۱ متر و طول ۳۰/۵ متر (۳۰ فوت در ۱۰۰ فوت) و دارای پوشش دو لایه از پلی‌اتیلن که هر یک ۱۲/۲ (۴۰ فوت) پنها دارند باید طی کرد. اختلاف دما $^{\circ}$۳۳ سانتیگراد و متوسط سرعت باد ۶/۷ متر برثانیه (۱۵ متر برساعت) است.

۱ـ مقدار اتلاف گرما از مجموع دو سطح انتهایی را از داخل جدول ۱۲-۳ بیابید. این مقدار، درست در زیر مقدار عددی حدودی پوشش به نهایی ۴۰ فوت (۱۲/۲ متر) قرار دارد و مقدار آن ۴۰Btu (۴۰۰۰۰Btu) در ساعت است.

۲ـ مقدار اتلاف گرما از پوشش گلخانه را از داخل جدول ۱۲-۳ بیابید. این مقدار، در محل تقاطع ستون واقع در زیر پوشش به پهنای ۴۰ فوت (۱۲/۲ متر) و ردیف مربوط به گلخانه‌ای با طول ۱۰۰ فوت (۳۰/۵ متر) قرار دارد. در این مثال مقدار آن برابر ۳۱۶MBtu/hr است.

جدول ۱۲ـ۳ـ اتلاف گرمای استاندارد از گلخانه‌های کوانست

طول گلخانه	پهنای پوشش برحسب فوت (متر)											
	۱۸ (۵/۵)	۲۰ (۶/۱)	۲۲ (۶/۷)	۲۴ (۷/۳)	۲۶ (۷/۹)	۲۸ (۸/۵)	۳۰ (۹/۱)	۳۲ (۹/۸)	۳۴ (۱۰/۴)	۳۶ (۱۱/۰)	۳۸ (۱۱/۶)	۴۰ (۱۲/۲)
برحسب فوت(متر)	اتلاف از بخش انتهایی برحسب $MBtu/hr^3$											
۸	۱۰	۱۲	۱۵	۱۷	۲۰	۲۳	۲۶	۲۹	۳۳	۳۶	۴۰	
	اتلاف از پوشش برحسب $MBtu/hr^3$											
۵(۱/۵)	۷	۸	۹	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
۱۰(۳/۰)	۱۴	۱۶	۱۷	۱۹	۲۱	۲۲	۲۴	۲۵	۲۷	۲۸	۳۰	۳۲
۲۰(۶/۱)	۲۸	۳۲	۳۵	۳۸	۴۱	۴۴	۴۷	۵۱	۵۴	۵۷	۶۰	۶۳
۳۰(۹/۱)	۴۳	۴۷	۵۲	۵۷	۶۲	۶۶	۷۱	۷۶	۸۱	۸۵	۹۰	۹۵
۴۰(۱۲/۲)	۵۷	۶۳	۷۰	۷۶	۸۲	۸۹	۹۵	۱۰۱	۱۰۳	۱۱۴	۱۲۰	۱۲۷
۵۰(۱۵/۲)	۷۱	۷۹	۸۷	۹۵	۱۰۳	۱۱۱	۱۱۹	۱۲۷	۱۳۴	۱۴۲	۱۵۰	۱۵۸
۶۰(۱۸/۳)	۸۵	۹۵	۱۰۴	۱۱۴	۱۲۳	۱۳۳	۱۴۲	۱۵۲	۱۶۱	۱۷۱	۱۸۰	۱۹۰
۷۰(۲۱/۳)	۱۰۰	۱۱۱	۱۲۲	۱۳۳	۱۴۴	۱۵۵	۱۶۶	۱۷۷	۱۸۸	۱۹۹	۲۱۱	۲۲۲
۸۰(۲۴/۴)	۱۱۴	۱۲۷	۱۳۹	۱۵۲	۱۶۴	۱۷۷	۱۹۰	۲۰۲	۲۱۵	۲۲۸	۲۴۰	۲۵۳
۹۰(۲۷/۴)	۱۲۸	۱۴۲	۱۵۷	۱۷۱	۱۸۵	۱۹۹	۲۱۴	۲۲۸	۲۴۲	۲۵۶	۲۷۱	۲۸۵
۱۰۰(۳۰/۵)	۱۴۲	۱۵۸	۱۷۴	۱۹۰	۲۰۶	۲۲۱	۲۳۷	۲۵۳	۲۶۹	۲۸۵	۳۰۱	۳۱۶
۲۰۰(۶۱/۰)	۲۵۸	۳۱۶	۳۴۸	۳۸۰	۴۱۱	۴۴۳	۴۷۵	۵۰۶	۵۳۸	۵۷۰	۶۰۱	۶۳۳
۳۰۰(۹۱/۴)	۴۲۷	۴۷۵	۵۲۲	۵۶۹	۶۱۷	۶۶۴	۷۱۲	۷۵۹	۸۰۷	۸۵۴	۹۰۲	۹۴۹
۴۰۰(۱۲۱/۹)	۵۷۰	۶۳۳	۶۹۶	۷۵۹	۸۲۲	۸۸۶	۹۴۹	۱/۰۱۲	۱/۰۷۵	۱/۱۳۹	۱/۲۰۲	۱/۲۶۵
۵۰۰(۱۵۲/۴)	۷۱۲	۷۹۱	۸۷۰	۹۴۹	۱/۰۲۸	۱/۱۰۷	۱/۱۸۷	۱/۲۶۵	۱/۳۴۵	۱/۴۲۴	۱/۵۰۳	۱/۵۸۲

۳ـ مقدار فاکتور K را برای بادی به سرعت ۱۵ متر برساعت (۶/۷ متر برثانیه) و اختلاف دمای $^{\circ}$۶۰ فارنهایت ($^{\circ}$۳۳ سانتیگراد) از داخل جدول ۹-۳ بیابید. این مقدار برابر ۰/۸۴ است.

۴ـ مقدار فاکتور C را از داخل جدول ۱۰-۳ برای گلخانه‌ای فلزی و پوشیده از دو لایه پلی‌اتیلن بیابید. مقدار آن برابر ۰/۷ است.

۵ـ هر یک از مقادیر اتلاف گرمای استاندارد را ابتدا در فاکتور K و سپس در فاکتور C ضرب کنید تا مقدار صحیح اتلاف گرما را به دست آورید.

۴۰×۰/۸۴×۰/۷۰ = ۲۳/۵۲۰MBtu/hr

۳۱۶×۰/۸۴×۰/۷۰ = ۱۸۵/۸۰۸MBtu/hr

۶ـ دو مقدار درست اتلاف گرمای به دست آمده را جمع کنید تا مقدار گرمای لازم برای گلخانه به دست آید. این مقدار گرمایی است که بخاری باید در ساعت تولید کند.

اجزا گلخانه	مقدار اتلاف گرمای استاندارد (MBtu/hr) (از جدول ۱۲-۳)	K (از جدول ۹-۳)	C (از جدول ۱۰-۳	گرمای اتلاف شده پس از تصحیح (MBtu/hr)
مجموع دو انتها	۴۰	۰/۸۴	۰/۷۰	۲۳/۵۲۰
پوشش	۳۱۶	۰/۸۴	۰/۷۰	۱۸۵/۸۰۸
			کل گرمای لازم	۲۰۹/۳۲۸

کل گرمای لازم کیلوکالری/ساعت = ۲۰۹/۳۲۸MBtu/hr×۲۵۲ = ۵۲۷۵۰ ساعت بر کیلوکالری

کل وات لازم = ۲۰۹/۳۲۸MBtu/hr×۲۹۳ = ۶۱۳۳۳ وات

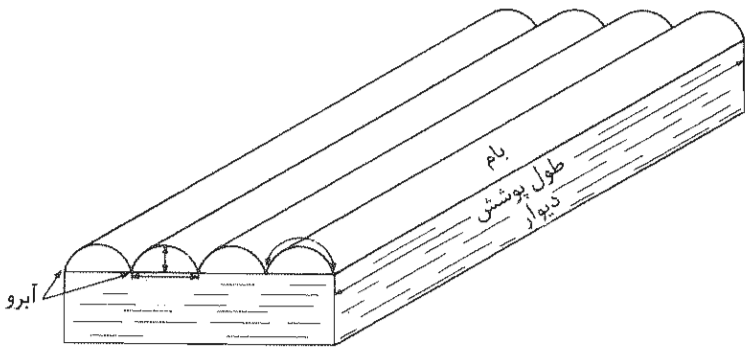
گلخانه‌هایی که در طول به هم متصلند

گلخانه‌هایی که در طول به هم متصلند، از سه جز تشکیل شده‌اند که باید در محاسبات نیاز گرمایی درنظر گرفته شوند. این سه جزء عبارتند از: سقف، مقطع عرضی سقف، و دیوارها (شکل ۲۳-۳). از جدول ۸-۳ می‌توان مقادیر استاندارد گرمای اتلافی از دیوارها را به دست آورد. ارتفاع دیوار عبارت است از فاصله زمین تا آبرو درحالی‌که

طول دیوار، محیط گلخانه است. مقدار گرمایی که از هر سقف اتلاف می‌شود در جدول ۱۲-۳ موجود است. مقدار گرمایی که از یک سقف اتلاف می‌شود را باید در تعداد سقفها ضرب کنیم. مقادیر گرمای اتلاف شده از سطوح انتهایی که در جدول ۱۲-۳ مشاهده می‌شود. مقادیر بزرگی را برای اتلاف گرما. از قطع عرضی سقف نشان می‌دهد. سطح انتهایی یک گلخانه کوآنست معادل مقطع عرضی سقف به علاوه بخشی از دیواره جانبی در گلخانه‌هایی است که، از طول به هم پیوسته است. بهترین روش برای محاسبه اتلاف گرما از مقطع عرضی سقف، عبارت است از به دست آوردن سطح مقطع عرضی سقف و محسوب کردن ۸MBtu/hr گرمای اتلافی استاندارد برای هر ۱۰۰ فوت مربع (۲۵۲ وات بر مترمربع، ۲۱۷ کیلوکالری برساعت مترمربع) از آن، برای محاسبه سطح مقطع عرضی سقف باید ارتفاع آن را در عرض آن و سپس در عدد ۰/۵۵ ضرب کنیم.

سطح یک مقطع عرضی سقف = ۰/۵۵ × عرض × ارتفاع

شکی نیست که برای هر طرح خاصی از گلخانه‌ها به معادله متفاوتی نیاز داریم اما



تصویر ۲۳ـ۳ـ طراحی از یک گلخانه و اجزای تشکیل‌دهنده آن که برای محاسبه مقدار گرمای لازم ضروری می‌باشند.

معادله بالا برای کلیه طرحها مقادیر نسبتاً درستی به دست می‌دهد. توجه داشته باشید سطح به دست آمده، برای یک مقطع عرضی سقف را در تعداد آنها ضرب کنید. برای هر سقفی دو مقطع عرضی وجود دارد. پس از آنکه مقادیر اتلاف گرمای استاندارد سقفها، دیوار، و مقاطع عرضی سقف محاسبه گردید، باید هر یک را در مقدار K (جدول ۹-۳) و C (جدول ۱۰-۳) مربوطه ضرب کنیم. مجموع سه مقدار اتلاف گرما پس از تصحیح، مقدار کل گرمای اتلاف شده از گلخانه است.

اهمیت مقادیر k، C و CW

به منظور تصحیح مقادیر گرمای استاندارد برای شرایط محلی مدنظر، باید آنها را در عوامل K، C و CW ضرب کنیم. اگر شرایط محلی مشابه شرایط استانداردی باشد که مقادیر جداول ۳-۷، ۳-۸، ۱۲-۳ در آنها محاسبه شده است، در آن صورت مقدار عددی این فاکتورها برابر ۱ خواهد بود. آشکار است که ضرب کردن عدد ۱، تأثیری در مقادیر اتلاف گرما ندارد. با توجه به جدول ۹-۳ در می‌یابید که اگر متوسط سرعت باد ۱۵ متر برساعت (۶/۷ مترثانیه) و اختلاف دما $^{\circ}$۷۰ فارنهایت ($^{\circ}$۳۹ سانتیگراد) باشد، مقدار فاکتور K عدد ۱ خواهد بود.

اگر سرعت باد، همان ۱۵ متر برساعت (۶/۷ متر برثانیه) بماند و دمای داخل $^{\circ}$۱۰ فارنهایت ($^{\circ}$۶ سانتیگراد) کاهش یابد و اختلاف دما به جای $^{\circ}$۷۰ فارنهایت ($^{\circ}$۳۹ سانتیگراد) به $^{\circ}$۶۰ فارنهایت ($^{\circ}$۳۳ سانتیگراد) برسد، مقدار گرمای کمتری در گلخانه لازم است. و این مسأله در مقدار فاکتور K که ۰/۸۴ خواهد بود قابل مشاهده است. هرگاه مقدار عددی فاکتوری کمتر از ۱ باشد، مانند همین حالت که ۰/۸۴ است، وقتی در مقدار گرمای اتلاف شده استاندارد ضرب می‌شود، میزان اتلاف گرما و یا به میان دیگر مقدار گرمای لازم کاهش می‌یابد. پوششهایی که در مقابل انتقال گرما بسیار مقاوم هستند و گرما را با بهترین وجهی در گلخانه نگه می‌دارند، کمترین مقدار فاکتور C را در جدول

۱۰-۳ دارا می‌باشند. همین امر، در مورد مواد پوشاننده دیوارهای حاجب که در جدول ۱۱-۳ آمده است، درست می‌باشد.

حفظ گرما

طرح گلخانه

مقدار گرمای اتلاف شده نتیجه عمل سطح مبادله کننده گلخانه است. گلخانه‌های کوآنست ممکن است به ازای هر فوت مربع از سطح کف گلخانه، سطح مبادله کننده‌ای نزدیک به دو فوت مربع داشته باشد، درحالی‌که در مجموعه‌های بزرگتر گلخانه‌هایی که از طول به هم متصلند. این نسبت ۱/۲ فوت سطح مبادله کننده به ازای هر فوت مربع از سطح کف گلخانه است. بنا به طراحی گلخانه، می‌توان به مقدار قابل توجهی از مقدار اتلاف گرما کاست.

پوشش دو لایه

یک گلخانه پلی‌اتیلینی دو لایه در مقایسه با یک گلخانه مشابه شیشه‌ای یک لایه، FRP، یا پوشیده از پلی‌اتیلن حدود ۴۰ درصد سوخت کمتری مصرف می‌کند.

پرده‌های محافظ حرارت

در گلخانه‌هایی که بیشترین فاصله بین ردیفهای چوبهای محافظ آنها وجود دارد، نصب پرده‌های محافظ حرارت اقتصادیتر است. پرده‌های محافظ حرارت، پرده‌هایی است از جنس پلی‌اتیلن، ورقه پلی‌استر، نوارهایی از ورقه‌های پلی‌استر پوشیده از آلومینیوم، یا پوششهای پلی‌استر که هر شب از یک پیش‌آمدگی شیروانی تا پیش‌آمدگی بعدی یا از یک آبرو به آبروی بعدی و همچنین دورتادور محیط داخلی کشیده می‌شوند،

تا گیاهان را مانند جعبه‌ای دربرگیرند. در صبح به وسیله یک مکانیزم موتوری برداشته می‌شوند. پلی‌استر در مقایسه با پل‌اتیلن، برتری دارد، زیرا بهتر می‌تواند از عبور پرتورهای حرارتی جلوگیری کند. (جدول ۱ـ۳) اغلب پرده‌ها یک سطح آلومینیومی در یک سمت خود دارند که شب‌هنگام پرتوهای حرارتی را بیشتر به سمت خاک و گیاهان برمی‌گردانند و از خروج آنها از محیط گلخانه جلوگیری می‌کنند. پرده‌های محافظ حرارت از انتقال گرما به طریق کنوکسیون یا همرفت نیز جلوگیری می‌کنند و هوای گرم را در اطراف گیاهان و دور از پوشش گلخانه نگه می‌دارند. بدین‌ترتیب، چون اختلاف دما در دو سمت پوشش گلخانه کمتر خواهد بود گرمای کمتری اتلاف می‌شود. پرده‌های محافظ حرارت می‌توانند ۲۰ تا ۳۰ درصد مصرف سوخت را کاهش دهند که ۶۰ درصد ارزش میانگین واقعی آن است.

هزینه سیستمهای پرده‌های محافظ همراه مخارج نصب آنها ۱ تا ۳ به ازای هر فوت از کف گلخانه که پوشیده شده است، می‌باشد. این دامنه تنوع قیمت مربوط به نوع، تعداد موانع موجود در گلخانه مانند ردیفهای پایه‌های محافظ، تعداد مناطقی که باید به‌طور جداگانه پوشانده شوند، آیا گلخانه طوری طراحی شده است که پرده‌های محافظ حرارت نصب شوند، آیا پرده‌های محافظ از یک پیش‌آمدگی به پیش‌آمدگی دیگر یا از یک تیر پایه به تیر دیگر کشیده شده است (حالت دوم هزینه کمتری دارد)، و جنس پرده محافظ است. این سیستم برای گلخانه‌های کوآنست، چندان عملی نیست زیرا برای هر یک از گلخانه‌ها به تجهیزات کوچک خاص نیازمندیم. جنس پرده‌های محافظ بسته به عملی که انجام می‌دهند متفاوت است. این پرده‌ها ممکن است سه نقش داشته باشند: (۱) حفظ حرارت در شبهای زمستان، (۲) تا حدودی جلوگیری از ورود پرتوهای خورشید در روزهای آفتابی تابستان. (۳) جلوگیری کامل از ورود نور برای طولانی کردن شبها در تابستان برای گیاهانی که فعالیتهای آنها به طول شب و روز وابسته است (برای کسب اطلاعات در مورد دو نقش آخر به فصل ۱۱ مراجعه کنید). پرده‌های خاصی وجود

دارند که می‌توانند هر یک از این اعمال را به تنهایی انجام دهند. پرده‌هایی نیز وجود دارند که می‌توانند به‌طور همزمان گرما را نگه دارند و از ورود پرتوهای خورشیدی جلوگیری کنند یا گرما را نگه دارند و طول شب و روز را تغییر دهند و کنترل کنند. اگر هر سه نقش گفته شده در بالا در یک گلخانه مورد نظر باشند می‌توان در سیستم پرده‌های متحرک خودکار نصب کرد.

شرکتهایی که با تغییر طول شب و روز (فتوپریودیسم) گیاهانی به بازار عرضه می‌کند و نیازمند پوشش هستند که سایه ایجاد کند تا طول شب افزایش یابد، برای نصب پرده‌های محافظ مساعدتر می‌باشند. سیستمهای اتوماتیکی که برای کشیدن پرده‌های محافظ در زمستان مورد استفاده قرار می‌گیرند از بهار تا پاییز برای کشیدن پوششهای سایه‌انداز استفاده می‌شوند. برای هر دو منظور بالا، می‌توان از یک جنس پرده استفاده کرد و بدین‌ترتیب از یک سرمایه‌گذاری واحد در دو جهت بهره جست. (این سیستم را در شکل ۱۲-۱۱ می‌توان دید) پرده‌های محافظ باعث می‌شوند که دمای پوشش گلخانه پایینتر بیاید و در نتیجه برف را کمتر ذوب کند. این امر خطر فرو ریختن گلخانه را بر اثر سنگینی برف افزایش می‌دهد و برای رفع این مشکل می‌توان به هنگام توفان برف، پرده‌های محافظ را باز گذاشت. همچنین می‌توان وسیله‌ای حساس به برف را روی سقف تعبیه کرد. احتمالاً بیمه گلخانه‌های مجهز به پرده‌های محافظ بیشتر است. برخی پرورش‌دهندگان با مشکل میعان بخارآب و تجمع آن بر روی پرده‌های محافظ، مواجه می‌باشند اما برای رفع این مشکل پرده‌های مشبک موجود می‌باشند بالاخره، برخی از پرورش‌دهندگان نیز در صبح که پرده‌ها باز می‌شوند با مشکل هجوم هوای سرد بر روی گیاهان مواجه هستند. امروزه برای حل این مشکل، پرده‌های چندی، درست در زیر پوشش سقف و از یک پایه به پایه دیگر کشیده شده‌اند که مشکل سایه‌اندازی بدین‌ترتیب کاهش می‌یابد.

گرمای تابشی

در مواردی که گاز طبیعی موجود است می‌توان بخاریهای تابشی کم‌انرژی را نیز به منظور ذخیره انرژی تا میزان ۳۰٪ در سیستمهای حرارتی مورد استفاده قرار داد. در گلخانه‌هایی که دارای سقف بلند می‌باشند، سیستمهای حرارتی تابشی را می‌توان در ارتفاع پایینتر نصب کرد و در بالای آنها پرده‌های حرارتی تعبیه نمود.

عایق‌بندی دیوارها

از نور پراکنده که از طریق پنجره شمالی وارد می‌شود بهره کمی عاید می‌شود. با ساختن یک دیوار شمالی عایق‌بندی شده جامد با سطح داخلی صیقلی می‌توان ۵ تا ۱۰ درصد از سوخت را ذخیره کرد. با عایق‌بندی کردن فوندانسیون (پرده) دیوارهای گلخانه نیز بین ۳ تا ۶ درصد از سوخت ذخیره می‌شود.

بستن منافذ نشت هوا

برخی تکنیکهای بستن منافذ هوا را می‌توان در گلخانه‌های موجود که انرژی کارآیی ندارند، استفاده کرد. بسیاری از گلخانه‌های تجارتی شیشه‌ای به‌وسیله دو لایه پلی‌اتیلن پر شده از هوا پوشانده شده‌اند تا ۴ الی ۶۰ درصد سوخت ذخیره شود. مشکلی که در مورد این سیستمها وجود دارد کاهش عبور نور است. در مطالعه‌ای که در دانشگاه ایالت اُهایو صورت گرفت، مقدار کاهش تشعشعات خورشیدی در یک گلخانه شیشه‌ای سنتی ۳۵ درصد اندازه گیری شده که علت آن شیشه‌ها، قابها و اسکلت گلخانه است. اگر دو لایه پلی‌اتیلن بر روی شیشه‌ها وجود داشته باشد، ۱۸ درصد دیگر نیز از مقدار سوخت مصرفی کاهش می‌یابد. این شرایط برای بسیاری از گیاهان نورپسند ممکن است نامساعد باشد. اما بسیاری دیگر از آنها این شرایط را می‌پذیرند. مقدار زیادی حرارت از طریق شکافهای موجود در بین قطعات شیشه یا صفحات FRP اتلاف می‌شود. بر اثر

گذشت زمان این شکافها باز شده و ممکن است خمیر نگهدارنده شیشه در قابها شکننده شود و از جای خود فرو ریزد. شیشه‌ها ممکن است ترک بردارند، گوشه آنها بشکنند، یا در قاب خود جابه‌جا شده و فضاهای خالی یا سوراخهایی ایجاد کنند. در نهایت، مهره کشی شیشه‌ها الزامی می‌شود. به محض آن که تشخیص دادیم مهره کشی شیشه‌ها ضروری است، باید صورت پذیرد. زیرا در غیر این صورت هزینه گرم کردن گلخانه افزایش خواهد یافت. با توجه به وضعیت سوختی موجود، به تعویق انداختن مهره کشی شیشه‌ها یک صرفه‌جویی کاذب (خطا) است. بتون شفاف و درخشانی که بخش بیشتر آن سیلسیوم است را می‌توان به صورت تیوبی خریداری کرد و شکافهای موجود در اطراف شیشه‌ها را پر کرد. هزینه مواد دستمزد آن حدود ۴۰ سنت به ازای هر فوت مربع از کف گلخانه خواهد بود. بنا به میزان نشت هوا و لق بودن شیشه‌ها میزان ذخیره گرما بین ۵ تا ۴۰ درصد تغییر می‌کند. برای ذخیره حرارت، می‌توان از این روش به جای استفاده از ورقه پلی‌اتیلن بهره برد.

بادشکنها

عواملی که در جدول ۹-۳ ارائه شده‌اند اثر باد را بر روی حرارت مورد نیاز گلخانه‌ها نشان می‌دهند. به ازای هر ۵ متر برساعت (۲/۲ متر برثانیه) افزایش در سرعتهای متوسط بالای ۱۵ متر برساعت (۶/۷ متر برثانیه) حدود ۴ درصد افزایش در اتلاف گرما از گلخانه مشاهده می‌شود. با استفاده از درختان به صورت بادشکن، می‌توان سرعت بادی را که به گلخانه برخورد می‌کند کاهش داد. درختان سریع‌الرشد همیشه سبزمانند شوکران hemlecle برای این منظور بسیار مناسبند. در برخی موارد کاشت درختان حتی پیش از ساخت گلخانه‌های زنجیره‌ای صورت می‌گیرد. باید دقت کنیم که این‌گونه درختان در محلی کاشته شوند که تأثیر مثبت دارند. با وجود آن که بادشکنها مهم می‌باشند، اما نباید بر روی محل پرورش گیاهان سایه افکند. زیرا موجب کاهش

محصولات می‌شوند که از نظر اقتصادی در مقایسه با مقدار سوخت ذخیره شده هزینه بیشتری را دربردارند. برای جلوگیری از سایه‌های زمستانی و تأثیر آنها بر روی رویش گیاهان باید، بادشکنهای واقع در شرق، غرب و جنوب گلخانه حداقل ۲/۵ برابر ارتفاع بادشکن از گلخانه فاصله داشته باشند. با استفاده از بادشکنها می‌توان ۵ تا ۱۰ درصد از سوخت را ذخیره کرد.

بخاریهای با کارآیی بالا

امروزه بخاریهایی با کارآیی بالا موجودند که تبادل‌کننده‌های گرمایی گسترده‌تری در مقایسه با مدلهای قدیمی دارند. در نتیجه گرمای بیشتری نیز از لوله‌های خروج گاز انتقال می‌یابد و بدین‌ترتیب می‌توان دمای لوله‌های خروج گاز را از $^{\circ}$۳۱۵ سانتیگراد ($^{\circ}$۶۰۰ فارنهایت) و بالاتر به حدود $^{\circ}$۱۵۰ سانتیگراد ($^{\circ}$۳۰۰ فارنهایت) کاهش داد. درجایی‌که از دیگ بخار با کارآیی پایین استفاده می‌شود، می‌توان با نصب یک دودکش منتقل‌کننده حرارت در کوره لوله‌های آب‌داغ کارآیی را افزایش داد. این دودکش دارای یک تبادل‌کننده گرما است که در برخی مدلهای آن هوا و در برخی دیگر آب از آن عبور می‌کند. هوایی که بدین‌ترتیب گرم می‌شود، ممکن است برای گرم کردن ساختمان خدمات یا بخشی از گلخانه و آب‌گرم شده برای آبیاری مورد استفاده قرار گیرد. باید دقت کنیم که دمای دودکش به پایینتر از مقدار توصیه شده به‌وسیله سازنده تنزل نکند. در دماهای پایین، آب، اسیدها و سایر مواد فرساینده ممکن است تجمع یافته و موجب پوسیدگی و تخریب دودکش بشوند.

نگهداری بخاری

بخاریها بنا به تنظیم نسبت سوخت به هوا می‌توانند سوخت را با کارآییهای مختلفی استفاده کنند. به همین علت باید بخاریها را در شرایط مطلوب نگهداری کنیم. حذف

سرویس و خدمات دوره‌ای و منظم باعث افزایش مصرف سوخت و هزینه بسیار بالاتر خواهد شد. دوده ممکن است در داخل لوله‌های دیگ بخار، تجمع یابند و بر روی صفحات فلزی که در حقیقت تبادل‌کنندگان دیگ بخار می‌باشد، همچون یک عایق عمل کنند. گرمای کمتری به آب منتقل می‌شود و بخش بیشتر آن از دودکش بالا می‌رود و بدین ترتیب مصرف سوخت افزایش می‌یابد. لایه‌ای دوه به ضخامت ۳ میلیمتر ($\frac{1}{8}$ اینچ) می‌تواند موجب شود تا ۱۵ درصد حرارت و لایه‌ای به ضخامت ۵ میلیمتر ($\frac{3}{16}$ اینچ) تا ۲۱ درصد حرارتی که به‌وسیله دیگ بخار گرفته شده اتلاف شود. دیگهای بخار را باید به‌طور منظم تمیز کرد. با استفاده از مواد خاص به‌عنوان همچون پوشاننده لوله‌ها می‌توان تمایل دوده‌ها را برای چسبیدن به سطوح کاهش داد و اجازه دهیم بخش بیشتر آنها از لوله‌های خروجی دود خارج شوند. اگر این لوله‌ها به‌طور مداوم و با برنامه‌ای خاص تمیز نگاه داشته شوند به‌طور متوسط تبادل‌کننده‌های حرارتی کارآمدتری خواهند بود.

نگهداری ترموستات

وسایل دیگری نیز وجود دارند که اگر از آنها نگهداری کنیم می‌توانیم اتلاف گرما را کاهش دهیم. ترموستاتها باید به دقت تنظیم شوند تا دما به بالاتر از مقدار مطلوب بالا نرود. ترموستاتهای تنظیم شده باید به‌طور منظم (هر ۶ ماه یکبار) کنترل شوند. از ترموستاتهای بسیار دقیق باید استفاده کرد. ترموستاتهای دارای دو نوار فلزی و یا دارای حبابهای جیوه، معمولاً بخاری را در دمای مطلوب فعال می‌کنند و در دماهای بالاتر از آن، متوقف می‌کنند. فواصل موجود در این میان بارمرده نام دارند. برای این‌گونه ترموستاتها بارمرده‌ای برابر $^{\circ}$۱ سانتیگراد ($^{\circ}$۲ فارنهایت) کاملاً قابل قبول است. در یک ترموستاتی که به‌خوبی کار نمی‌کند بارمرده ممکن است $^{\circ}$۳ سانتیگراد ($^{\circ}$۶ فارنهایت) یا بیشتر باشد. هر بار که ترموستات شروع به فعالیت می‌کند گرمای

قابل توجهی اتلاف می‌شود.

محصولات دماهای پایین

برخی کولتیوارهای گیاهان، می‌توانند در مقایسه با سایرین در دماهای پایینتری محصولاتی تولید کنند. این امر خصوصاً در مورد بنت‌القنسولها و داوودیها درست است. گیاهان گلخانه‌ای کاملاً در دماهای پایینتری نسبت به آنچه توصیه می‌شوند قابل تولید می‌باشند، اما زمان باردهی آنها طولانی‌تر خواهد بود. بحثهای موافق و مخالفی در رابطه با این امر و توجه به مسأله ذخیره سوخت صورت گرفته است. در برخی موارد، سوخت ذخیره شده در طی مدت زمانی که به طول دوره رویش اضافه می‌شود مصرف و اتلاف می‌شود پیش از انتخاب این روش حفظ گرما، باید آن را آزمایش و یادداشتهای دقیق برداشته شود.

اقتصاد ترکیبی

آشکار است اگر چند روش برای ذخیره گرما اتخاذ کنیم، کل گرمای ذخیره شده برابر مجموع گرمای ذخیره شده در هر روش نیست. اگر لایه دیگری از پلی‌اتیلن به یک گلخانه پلاستیکی اضافه کنیم حدود ۴۰٪ گرما بر میزان ذخیره ابتدایی افزوده می‌شود. مقدار مصرفی ۶۰٪ مقدار اولیه است. نصب یک پرده محافظت حرارت که پیش‌بینی می‌شود حدود ۴۰٪ سوخت مصرفی را ذخیره کند، مقدار مصرفی را به ۲۰٪ مقدار اولیه نیز کاهش نمی‌دهند. با اضافه کردن لایه دیگری پلی‌اتیلن می‌توان مقدار سوخت مصرفی را تا ۴۰٪ کاهش داد. مقدار سوخت مصرفی ۲۴٪ کاهش خواهد یافت. (۰/۴×۰/۶ = ۰/۲۴)

خلاصه

۱ـ برای آن که گلخانه دمای مطلوبی داشته باشد باید با همان سرعتی که گرما از دست می‌رود، محیط را گرم کنیم. گرما به سه طریق اتلاف می‌شود ـ هدایت یا رسانایی، نفوذ تدریجی، و تابش یا تشعشع. در روش هدایت، گرما مستقیماً از طریق پوشش گلخانه منتقل می‌شود. نفوذ تدریجی عبارت است از خروج هوای گرم از طریق شکافهای موجود در پوشش گلخانه. در طریق تابش، گرما از اجسام گرم داخل گلخانه و از طریق پوشش آن به اجسام سردتر خارج گلخانه تشعشع می‌شود.

۲ـ در گلخانه‌های زنجیره‌ای، یک سیستم حرارتی مرکزی کارآمدتر از بخاریهای موضعی است. در سیستم حرارت مرکزی، دو یا چند دیگ بخار در یک محل قرار داده می‌شوند. گرما به صورت آب‌داغ یا بخارآب و از طریق لوله‌های اصلی به فضای رویش گیاهان منتقل می‌شود. در گلخانه‌های اروپایی مشهورترین سیستم، سیستمهای حرارت مرکزی می‌باشند.

۳ـ سیستمهای حرارت موضعی به علت هزینه ابتدایی آنها بسیار مشهور می‌باشند. با توسعه این سیستمها، بخاریهای کوچکی که خود دارای جعبه‌های احتراق می‌باشند در هر یک از گلخانه‌های زنجیره‌ای قرار داده می‌شوند. در نهایت، این سیستم در مقایسه با سیستم حرارت مرکزی مستلزم هزینه بالاتری برای نگهداری است.

۴ـ بخاریهای ماشینی مادون‌قرمز با شدت ضعیف در مقایسه با بخاریهای سنتی می‌توانند ۳۰٪ یا بیشتر از مقدار سوخت را ذخیره کنند. تعداد زیادی از این بخاریها پشت سرهم در گلخانه‌ها نصب می‌شوند. از آنجایی‌که گیاهان و محیط ریشه‌ها مستقیماً گرم می‌شوند می‌توان دمای هوا را پایینتر نگاه داشت.

۵ـ سیستمهای خورشیدی گرم‌کننده در گلخانه‌های تفریحی و تجارتی یافت می‌شوند. از آب یا سنگ به عنوان منبع ذخیره استفاده می‌شود. هزینه بالای سیستمهای

خورشیدی تاکنون مانع پذیرش عمده این سیستم توسط صنعت پرورش گل شده است.

۶ـ تجهیزات اضطراری از ضروریاتند و باید شامل یک منبع حرارتی و یک ژنراتور الکتریکی باشد. ژنراتور را طوری می‌توان نصب کرد که در صورت قطع برق به‌طور خودکار شروع به کار کند. نیاز به گرم کردن محیط توسط یک سیستم هشداردهنده که به‌وسیله ترموستات فعال می‌شوند و در منزل مدیر یا صاحب گلخانه واقع است، باید اعلام شود.

۷ـ گرما از سیستمهای حرارت مرکزی به‌وسیله آب‌داغ یا بخارآب و از داخل لوله‌های مارپیچی منتشر می‌شود $\frac{2}{3}$ لوله‌ها در دیوارهای جانبی و انتهایی و $\frac{1}{3}$ آنها از یک سوی گلخانه به سوی دیگر آن کشیده شده است. لوله‌هایی که در عرض گلخانه قرار دارند جریانات رو به پایین و نقاط سرد را خنثی می‌کنند. امروزه برای آن که دمای محیط اطراف ریشه گرم باشد، لوله‌ها را در عرض گلخانه و در ارتفاع پایین زیر بسترهای کشت، در طول بسترهای زمینی، یا داخل زمین قرار داده می‌دهند. در گذشته از پنکه‌های عمودی بالابر هوا استفاده می‌شد اما امروزه به منظور کاهش شیب عمودی دما از سیستم جریان هوای افقی (HAF) به همراه لوله‌های مارپیچی، استفاده می‌شود.

حرارت حاصل از سیستمهای فشار هوای موضعی به‌وسیله سیستم HAF یا لوله‌های انتقالی یا رسانایی منتشر می‌شوند. گرمای حاصل از یک بخاری واحد که خود دارای جعبه احتراق است. یا گرمای آن به‌وسیله یک دیگ بخار مرکزی تأمین می‌شود، از طریق لوله‌های پلی‌اتیلنی شفاف که در طول گلخانه قرار دارند منتشر می‌شوند. در Jet streamهای کوچک، گرما از داخل سوراخهایی که در یک سمت لوله قرار دارند منتشر می‌شود و سریعاً با هوای اطراف مخلوط شده و به منظور به حداقل رساندن شیب دما جریانی دایره‌ای برقرار می‌کنند.

۸ـ نصب یک گیرنده حرارتی حیاتی است. گیرنده باید در ارتفاع معادل نقطه رویش گیاهان و در محلی که نشانگر متوسط دمای گلخانه باشد، قرار گیرد. گیرنده باید در جعبه‌ای باشد که نور را بازتاب کند و با حداقل جریانی با سرعت ۳ متر برثانیه (یا ۶۰۰ فوت بر دقیقه) تخلیه شود. در داخل جعبه باید کنترل‌کننده‌های دمایی دیگر و یک دماسنج برای کنترل و اصلاح گیرنده نصب شوند.

۹ـ روشهای نسبتاً ساده‌ای جهت محاسبه گرمای لازم برای گلخانه، گفته شده است. اطلاعات لازم جهت محاسبه گرمای لازم برای گلخانه A شکل در جداول ۷-۳ تا ۱۱-۳ و گلخانه کوآنست در جداول ۹-۳ تا ۱۲-۳ گرفته شده است برای محاسبات مربوط به گلخانه‌هایی که در طول به هم پیوسته‌اند باید از مجموع جداول استفاده کرد.

۱۰ـ جهت کاهش گرمای لازم برای گلخانه‌ها می‌توان از دو پوشش استفاده کرد، گلخانه را طوری طراحی کرد که سطح آن به حداقل برسد، از پرده‌های محافظ حرارت استفاده کرد. شیشه‌های شکسته را ترمیم کرد، شیشه‌های موجود را در جای خود محکم کرد، از درختان به‌عنوان بادشکن و برای کاهش سرعت باد استفاده کرد، از بخاریها و دیگهای بخار با کارآیی بالا بهره جست، بخاریها، دیگهای بخار و ترموستاتها را مرتباً تمیز و تنظیم کرد و در صورت امکان از واریته‌های مقاوم به سرما استفاده کرد.

مرجع

Various manufacturers of heating equipment offer literature concerning products and technical information.

1. Agricultural Development and Advisory Service. 1976. Greenhouse heating sysrems. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Mechanization Leaflet 27. Her Majesty's Stationery Office, London.
2. Aldrich, R. A., W. A. Bailey, J. W. Bartok, Jr., W. J. Roberts, and D. S. Ross. 1976. *Hobby Greenhouses and Other Gardening Structures*. Pub. NRAES-2. Northeast Reg. Agr. Eng. Ser., Cornell Univ., 152 Riley-Robb Hall, Ithaca, NY 14853.
3. Aldrich, R. A., and J. W. Bartok, Jr. 1989. *Greenhouse Engineering*. Pub. NRAES-33. Northeast Reg. Agr. Eng. Ser., Cornell Univ., 152 Riley-Robb Hall, Ithaca, NY 14853.
4. American Society of Agricultural Engineers. 1990. Heating, ventilating, and cooling greenhouses. In *Agricultural Engineers Yearbook of Standards*. Amer. Soc. Agr. Engineers, St. Joseph, MI 49085.
5. Badger, P. C., and H. A. Poole. 1979. Conserving energy in Ohio greenhouses. Ohio Coop. Ext. Ser. Bul. 651. The Ohio State Univ., Columbus, OH 43210.
6. Blom, T., F. Ingratta, and J. Hughes. 1982. Energy conservation in Ontario greenhouses. Ontario Minisrry of Agr. and Food. Pub. 65.
7. Bohanon, H. R., C. E. Rahilly, J. Stout, and P. E. Bush. 1989. The greenhouse climate control handbook. Form C7S. Acme Engineering and Manufacturing Corp., Muskogee, OK 74402.
8. Boyette, M. D., and R. W. Watkins. 1988. Getting into hot water. Norrh Carolina Agr. Ext. Ser. Bul. AG-398. North Carolina State Univ., Raleigh, NC 27695.
9. Duncan, G. A., and J. N. Walker. 1973. Poly-tube heating-ventilation systems and equipment. AEN-9. Univ. of Kentucky, Dept. of Agr. Eng., Lexington, KY.
10. Gray, H. E. 1956. *Greenhouse Heating and Construction*. Florists' Publishing Co., 343 S. Dearborn St., Chicago, IL.
11. Jacobson, J. S., and A. C. Hill, eds. 1970. *Recognirion of Air Pollution Injury to Vegetation: A Pictorial Atlas*. Informative Report No. 1. Air Pollution Control Assoc., Pittsburgh, PA.
12. Jahn, L. G. 1985. Wood energy guide for agricultural and small commercial applications. North Carolina Agr. Ext. Ser. Bul. AG-363. North Carolina State Univ., Raleigh, NC 27695.
13. Laurie, A., D. C. Kiplinger, and K. S. Nelson. 1968. *Commercial Flower-Forcing*, New York: McGraw-Hill.
14. National Greenhouse Manufacturers' Association. 1979. National Greenhouse Manufacturers' greenhouse heat loss standards. *Florists' Review* 164 (4249):132-133.
15. Poole, H. A., and P. C. Badger. 1980. Management practices to conserve energy in Ohio greenhouses. Ohio Coop. Ext. Ser. Bul. 668. The Ohio State Univ., Columbus, OH 43210.

16. Roberts, W. J., J. W. Bartok, Jr., E. E. Fabian, and J. Simpkins. 1989. *Energy Conservation for Commercial Greenhouses*. Pub. NRAES-3. Northeast Reg. Agr. Eng. Ser., Cornell Univ., 152 Riley-Robb Hall, Ithaca, NY 14853.

17. Ross, D. S., W. J. Roberts, R. A. Parsons, J. W. Bartok, Jr., and R. A. Aldrich. 1978. *Energy Conservation and Solar Heating for Greenhouses*. Northeast Regional Agricultural Engineering Services, NRAES-3, 144 Riley-Robb Hall, Cornell Univ., Ithaca, NY 14853.

18. Sherry, W. J. 1983. *Which greenhouse cover is for you? Greenhouse Manager* 2 (2):126-132.

19. U.S. Housing and Home Finance Agency. 1954. Thermal insulation value of air space. Housing Res. Paper No. 32. Housing and Home Financing Agency, Div. of Housing Research, Washington, D.C.

20. Walker, J. N., and G. A. Duncan. 1975. Estimating greenhouse heating requirements and fuel costs. AEN-8. Univ. of Kentucky, Dept. uf Agr. Eng., Lexingron, KY.

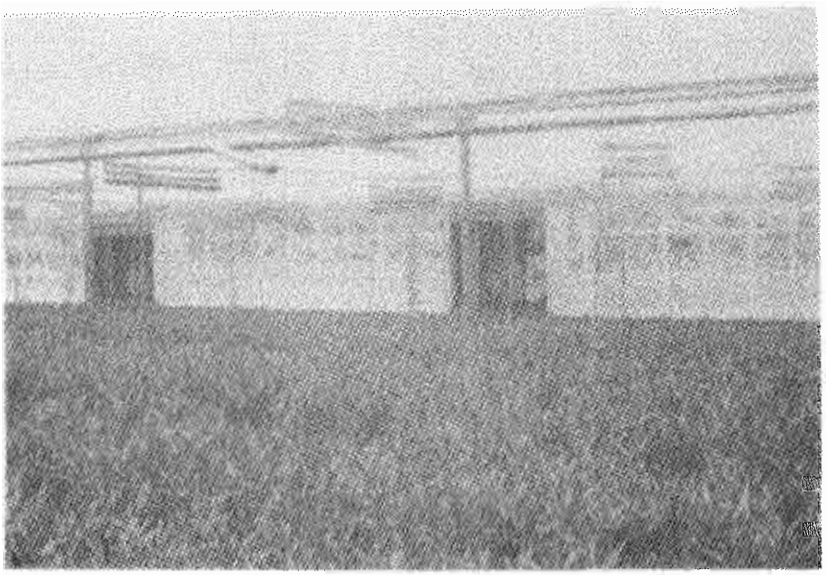
21. _____. 1974. Greenhouse heating systems. AEN-31. Univ. of Kentucky, Dept. of Agr. Eng., Lexington, KY.

22. Whillier, A. 1963. Plastic covers for solar collectors. *Solar Energy* 7 (3):148-151.

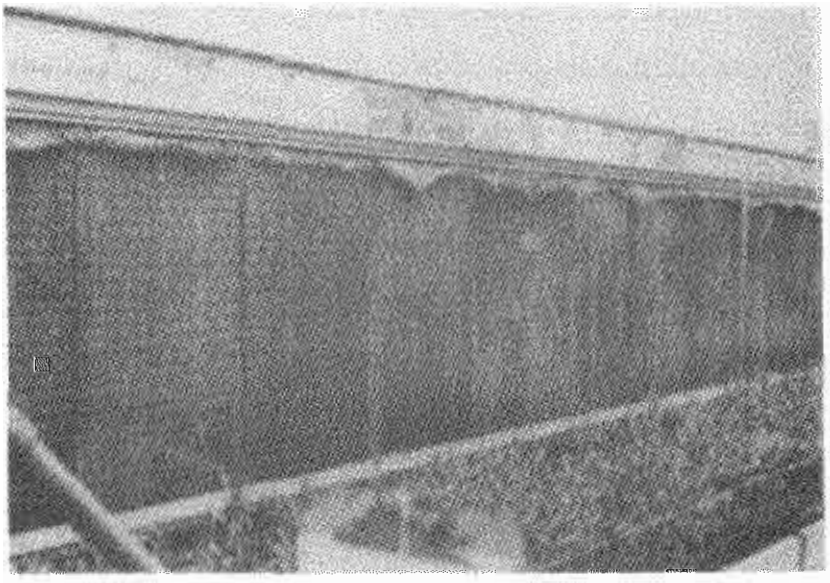
۴. خنک کردن گلخانه

گلخانه‌ها به دو سیستم کاملاً متفاوت خنک‌کننده، یکی برای تابستان و دیگری برای زمستان، نیاز دارند. اغلب مناطق، به استثنای مناطقی که در ارتفاعات بالا قرار دارند، دوره‌های گرمای تابستانی را طی می‌کنند که برای محصولات گلخانه مضرند. اگرچه در گلخانه‌ها هواکشهای باز وجود دارد، ولی درجه حرارت داخل گلخانه اغلب $11^{\circ}c$ بالاتر از درجه حرارت محیط بیرون است. اثرات زیانبار دماهای بالا به صور مختلفی از جمله عدم استحکام ساقه، کاهش اندازه گل، تاخیر گلدهی و حتی مرگ جوانه نمایان می‌شود. سیستمهای خنک‌کننده تبخیری برای تابستان مناسب‌اند. اساس کار این سیستمها به این صورت است که هنگام تبخیر آب، گرما جذب می‌شود. گرمای اضافی در طول زمستان نیز می‌تواند مشکل‌آفرین باشد. حتی زمانی که درجه حرارت بیرون کمتر از درجه حرارت داخل گلخانه است، جذب گرمای خورشیدی دمای داخل را تا حد زیانباری بالا می‌برد.

ازسال ۱۹۵۴ سیستم‌خنک‌کنندهٔ‌تبخیری‌پنکه‌وتشک (fan-and - pad evaporative cooling system) موجود بوده و هنوز هم به عنوان متداولترین سیستم تابستانی گلخانه‌ها به‌شمار می‌رود (شکل ۱ـ۴). در طول یکی از دیوارهای گلخانه یک تشک سراسری به صورت ایستاده قرار می‌گیرد و آب از میان آن عبور داده می‌شود. انواع قدیمی این تشکها از تراشه‌های نجاری (خرده چوب) تهیه می‌شدند، ولی امروزه این



الف

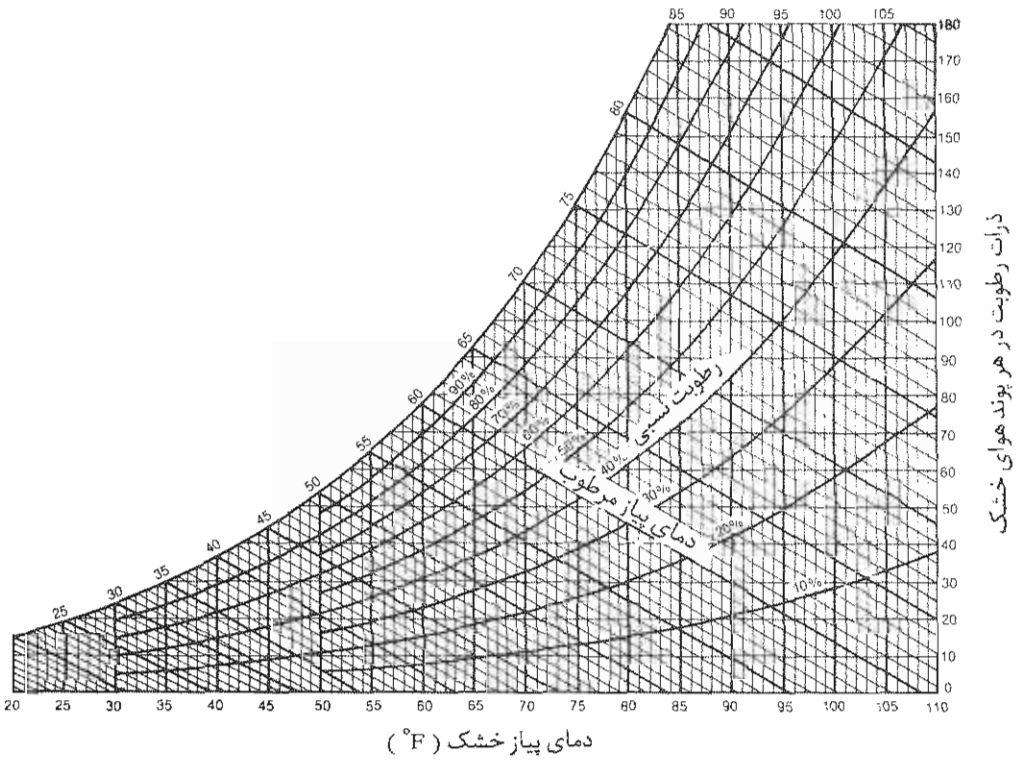


ب

شکل ۱ـ۴ـ تاسیسات **الف)** یک تشک تبخیری و **ب)** پنکه‌های هواکش که برای خنک کردن تبخیری یک گلخانه در طول تابستان به‌کار می‌روند.

تشکها معمولاً از مواد سلولزی که دارای شیارهای عرضی است و از نظر ظاهری شبیه مقوای شیاردار است ساخته می‌شوند. پنکه‌های هواکش در دیوار مقابل قرار داده می‌شوند. هوای گرم بیرون از میان تشک به داخل کشیده می‌شود. آب داخل تشک از طریق پروسهٔ تبخیر، گرمای تشک، قاب فلزی و همچنین هوایی که از میان تشک می‌گذرد را جذب می‌کند.

سیستم خنک‌کنندهٔ تبخیری مه (fog evaporating cooling system) که در ۱۹۸۰ به گلخانه‌ها راه یافت براساس همان اصل سیستم خنک‌کنندهٔ تشک و پنکه عمل می‌کند



شکل ۲ـ۴ـ رابطهٔ بین درجه حرارت پیاز خشک، درجه حرارت پیاز مرطوب و رطوبت نسبی. برای تعیین کردن درجه حرارت پیاز مرطوب (خنکترین دمای ممکن)، از نقطهٔ درجه حرارت پیاز خشک (که از دماسنج استاندارد خوانده می‌شود) واقع در محور افقی پایین آغاز کرده و در امتداد خط عمودی بالای آن نقطه بالا بروید تا به محل تقاطع آن با منحنی رطوبت نسبی محیط بیرون برسید. حال از این نقطهٔ تقاطع، خط موربی را که به سمت بالاترین گوشهٔ سمت چپ نمودار می‌رود دنبال کنید تا به منحنی واقع در منتهاالیه سمت چپ برسید. در این نقطه می‌توانید درجه حرارت پیاز مرطوب را بخوانید.

ولی ترتیب آن کاملاً متفاوت است. یک دستگاه پمپ فشار بالا، ایجاد مه می‌کند. این مه از قطرات کوچک آب به اندازهٔ میانگین کمتر از ۱۰ میکرون تشکیل یافته است. این قطرات به قدری کوچک هستند که در حین تبخیر شدن به حالت معلق در هوا باقی می‌مانند. مه در سراسر گلخانه پخش شده و موجب خنک شدن هوا می‌شود. در این پروسه گیاهان و افراد موجود در گلخانه خشک باقی می‌مانند. این سیستم برای جوانه‌زنی بذور و تکثیر از طریق قلمه سودمند است زیرا دیگر سیستم مه‌پاش مورد نیاز نیست.

هر دو سیستم خنک‌کنندهٔ تبخیری تابستانی به خوبی دمای هوای گلخانه را به میزان ۱۴°c (۲۵°F) یا بیشتر نسبت به دمای محیط بیرون کاهش می‌دهند. سیستم پنکه و تشک می‌تواند دماهای حدود ۱/۷°c (۳-۴°F) کمتر از درجه حرارت پیاز مرطوب[1] ایجاد کند، در حالی‌که سیستم مه اساساً دمای گلخانه را به درجه حرارت پیاز مرطوب می‌رساند. بنابراین هرچه هوا خشکتر باشد، خنکی بیشتری می‌توان ایجاد کرد (شکل ۲-۴). هوا را در درجه حرارت پیاز خشک[2] ۳۲°c (۹۰°F) و با رطوبت نسبی ۲۰ درصد در آریزونا (Arizona) و ۶۰ درصد در فلوریدا (Florida) درنظر بگیرید. دماهای پیاز مرطوب (خنکترین دماهای ممکن) به ترتیب ۱۷°c (۶۳°F) و ۲۶°c (۷۸°F) خواهند بود.

تفاوت اساسی بین سیستمهای خنک‌کنندهٔ تابستانی و زمستانی در دمای هوای محیط خارج گلخانه است. در طول تابستان لازم است هوا پیش از عبور کردن از روی گیاهان خنک شود. هوای خنک شده در حجم‌های وسیع مستقیماً و به طور یکنواخت در اختیار همهٔ گیاهان قرار می‌گیرد. در زمستان هوای سرد خارجی باید به‌طور غیرمستقیم وارد شده و با هوای گرم ناخواستهٔ موجود در گلخانه مخلوط شود و سپس در تماس با گیاهان قرار گیرد، تا از ایجاد نقاط سرد متمرکز در ارتفاع گیاهان جلوگیری شود. برای دستیابی به بهترین نتایج، جریان هوای ورودی باید در تابستان ملایم و در زمستان شدید (فورانی) باشد تا عمل مخلوط شدن به سرعت انجام شود.

1- Wet bulb temperature 2- Dry bulb temperature

در ابتدا، هواگیرهای گلخانه‌ها در مجاورت سقف تعبیه می‌شدند. هنگامی که در زمستان هوای خنک مورد نیاز بود، آنها باز می‌شدند. هوای سرد که از هوای گرم درون گلخانه متراکمتر است به کف گلخانه (زیر هواگیر) راه می‌یافت و از آنجا به‌طور جانبی منتشر می‌شد و در حین مخلوط شدن با هوای گرم، دمای آن بالا می‌رفت. نتیجهٔ این‌عمل برقرار شدن یک گرادیان (gradient) دمایی به ارتفاع گیاهان در عرض گلخانه بود. این عمل به رشدهای غیریکسان و نتیجتاً اختلاف در تاریخهای رسیدن محصولات منجر می‌شود. سیستم تهویهٔ پنکه ـ لوله (fan - tube ventilation system) که برای خنک کردن زمستانی به‌کار می‌رود مشکل گرادیان دمای افقی را برطرف می‌کند. این سیستم هوا را در گلخانه به گردش می‌اندازد.

سیستمهای خنک‌کنندهٔ تابستانی گلخانه .....

سیستم تشک و پنکه

عمده مسایل مربوط به سیستم تشک و پنکه به ترتیبی که مورد بحث قرار خواهند گرفت عبارتند از: (۱) سرعتی که هوای گرم باید با آن از گلخانه خارج شود تا هوای خنک بتواند به داخل کشیده شود، (۲) انواع تشکهای به کار رفته برای تبخیر آب و ویژگیهای آنها، (۳) نصب پنکه‌ها، و (۴) مسیر جریان هوا.

سرعت جابجایی هوا: سرعت جابه‌جایی هوابرحسب فوت مکعب هوا در دقیقه (cfm) یا مترمکعب در دقیقه (cmm) اندازه‌گیری می‌شود. معمولاً سرعت $۲/۵cmm/m^2$ ($۸cfm/ft^2$) برای جابجایی‌هوا از کف گلخانه مناسب است. این سرعت برای گلخانه‌ای که در ارتفاع کمتر از ۳۰۰ متر (۱۰۰۰ فوت) قرار دارد و شدت نور فضای داخل حداکثر ۵۳/۸ کیلولوکس (۵۰۰۰ فوت شمع) و افزایش‌دما از تشکها تا پنکه‌ها حدود $۴^{\circ}c$ ($۷^{\circ}F$) است به کار می‌رود.

با افزایش ارتفاع گلخانه، سرعت خروج هوا نیز باید افزایش یابد. در ارتفاع بالا هوا رقیقتر و سبکتر می‌شود. توانایی هوا برای کاستن گرمای خورشیدی در گلخانه، به وزن آن بستگی دارد نه به حجم آن. بنابراین در ارتفاعات بالا حجم بزرگتری از هوا باید از میان گلخانه جابجا شود تا اثر خنک‌کنندگی معادل ارتفاعات پایین به‌دست آید. در جدول ۱ـ۴ فاکتورهایی که برای اصلاح سرعت جابجایی هوا در ارتفاعات مختلف (F_{elev}) به کار می‌روند، داده شده است.

سرعت جابجایی هوا به شدت نور داخل گلخانه نیز بستگی دارد. با افزایش شدت نور، گرمای حاصل از انرژی خورشیدی افزایش یافته و در نتیجه سرعت خارج شدن هوا از گلخانه‌بایدافزایش یابد. فاکتورهای (F_{light}) مورداستفاده‌برای‌تنظیم‌سرعت خروج هوا در

جدول ۱-۴ـ فاکتورهای مورد استفاده برای اصلاح سرعت جابجایی هوا در ارتفاعات مختلف بالاتر از سطح دریا.

فوت	کمتر از ۱۰۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰	۴۰۰۰	۵۰۰۰	۶۰۰۰	۷۰۰۰	۸۰۰۰
متر	کمتر از ۳۰۰	۳۰۰	۶۰۰	۹۰۰	۱۲۰۰	۱۵۰۰	۱۸۰۰	۲۱۰۰	۲۴۰۰
F_{elev}	۱	۱/۰۴	۱/۰۸	۱/۱۲	۱/۱۶	۱/۲۰	۱/۲۵	۱/۳۰	۱/۳۶

جدول ۲-۴ـ فاکتورهای مورد استفاده برای اصلاح سرعت خروج هوا در شدت نورهای ماکزیمم مختلف در گلخانه.

Fc	۴۰۰۰	۴۵۰۰	۵۰۰۰	۵۵۰۰	۶۰۰۰	۶۵۰۰	۷۰۰۰	۷۵۰۰	۸۰۰۰
Klux	۴۳/۱	۴۸/۴	۵۳/۸	۵۹/۲	۶۴/۶	۷۰	۷۵/۳	۸۰/۱	۸۶/۱
F_{Light}	۰/۸	۰/۹	۱	۱/۱	۱/۲۰	۱/۳۰	۱/۴۰	۱/۵۰	۱/۶۰

جدول ۲-۴ لیست شده‌اند. به‌طور کلی شدت نور ۵۳/۸ کیلولوکس (۵۰۰۰ فوت‌شمع) برای محصولات گلخانه مناسب است و می‌توان با ایجاد پوششی از یک مادهٔ سایه‌انداز بر روی گلخانه و یا کشیدن صفحه‌ای بر روی دیواره‌های داخلی گلخانه به این میزان روشنایی دست یافت.

انرژی خورشیدی، هوا را درحین جابجا شدن از تشک به پنکه‌های تهویه گرم می‌کند. معمولاً، افزایش دمایی معادل ۴°c (۷°F) در عرض گلخانه، قابل قبول است. اگر حفظ دمای نسبتاً ثابتی در عرض گلخانه ضرورت پیدا کند، یعنی افزایش دما کاهش یابد، لازم است که سرعت جابجایی هوا در میان گلخانه افزایش یابد. فاکتورهای (F_{temp}) مورد استفاده برای این تنظیم به ازای افزایش دماهای مجاز مختلف در جدول ۳-۴ داده شده‌اند.

تشک و پنکه‌ها باید در دو دیوار مقابل هم قرار داده شوند. این دیوارها می‌توانند دیوارهای جانبی یا انتهایی گلخانه باشند. فاصلهٔ بین تشک و پنکه‌ها عامل مهمی برای تعیین دیوارهای مورد نظر است. معمولاً بهترین فاصله ۶۰ـ۳۰ متر

جدول ۳-۴ـ فاکتورهای مورد استفاده برای تصحیح سرعت جابجایی هوا برای افزایش دماهای (تشک تا پنکه) مختلف داده شده.

$^{\circ}F$	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴
$^{\circ}C$	۵/۶	۵	۴/۴	۳/۹	۳/۳	۲/۸	۲/۲
F_{temp}	۰/۷	۰/۷۸	۰/۸۸	۱	۱/۱۸	۱/۴	۱/۷۵

(فوت ۲۰۰ـ۱۰۰) است. فواصل بیش از ۶۰ متر (۲۰۰ فوت) به افزایش دماهای بالاتر از حد مطلوب در عرض گلخانه منجر می‌شوند. اگر فاصله کمتر از ۳۰ متر (۱۰۰ فوت) باشد، سرعت جابجایی هوا در بُعد عرضی کاهش می‌یابد و حالت سرمای مرطوب در محیط گلخانه ایجاد می‌شود. این وضعیت باید با افزایش اندازهٔ پنکه‌های تهویه یا به عبارت دیگر، با افزایش سرعت جابجایی هوا اصلاح شود. این عمل هزینهٔ سیستم را بالا می‌برد. فاکتورهای (F_{vel}) مورد استفاده برای جبران این اثر در جدول ۴ـ۴ فهرست شده‌اند.

حال با استفاده از فاکتورهای داده شده در جداول ۱ـ۴ تا ۴ـ۴ می‌توان سرعت جابجایی هوا را در حد مورد نیاز برای هر گلخانه محاسبه کرد. ابتدا سرعت جابجایی هوای مورد نیاز برای یک گلخانه در شرایط استاندارد، با استفاده از معادلهٔ زیر تعیین می‌شود. L و W به ترتیب نمایانگر طول و عرض گلخانه می‌باشند. این معادله نشان‌دهندهٔ جابجایی هوا با سرعت $۲/۵\ cmm/m^2$ ($۸\ cfm/ft^2$) از سطح کف می‌باشد.

$$\text{استاندارد } cmm = L \times W \times ۲/۵$$

$$(\text{استاندارد } cfm = L \times W \times ۸)$$

حال سرعت استاندارد جابجایی هوا به وسیله ضرب آن در یکی از دو فاکتور ذیل (فاکتور بزرگتر) اصلاح می‌شود. F_{house} یا F_{vel} . F_{vel} مستقیماً از جدول ۴ـ۴ بدست می‌آید. F_{house} به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$F_{house} = F_{elev} \times F_{light} \times F_{temp}$$

جدول ۴-۴ـ فاکتورهای مورد استفاده برای اصلاح سرعت حرکت هوا برای فواصل مختلف تشک تا پنکه.

فوت	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵
متر	۶/۱	۷/۶	۹/۱	۱۰/۷	۱۲/۲	۱۳/۷	۱۵/۲	۱۶/۸
F_{vel}	۲/۲۴	۲	۱/۸۳	۱/۶۹	۱/۵۸	۱/۴۸	۱/۴۱	۱/۳۵

فوت	۶۰	۶۵	۷۰	۷۵	۸۰	۸۵	۹۰	۹۵	۱۰۰ و بیشتر
متر	۱۸/۳	۱۹/۸	۲۱/۳	۲۲/۹	۲۴/۴	۲۵/۹	۲۷/۴	۲۹	۳۰/۵
F_{vel}	۱/۲۹	۱/۲۴	۱/۲۰	۱/۱۶	۱/۱۲	۱/۰۸	۱/۰۵	۱/۰۲	۱

بنابراین ظرفیت نهایی پنکه‌های تهویه به صورت زیر است:

$$\text{cmm کل} = \text{cmm استاندارد} \times (F_{house} \text{ یا } F_{temp})$$

$$(\text{cfm کل} = \text{cfm استاندارد} \times (F_{house} \text{ یا } F_{temp}))$$

سپس اندازه و تعداد پنکه‌ها باید تعیین شود. پنکه‌ها باید حداقل معادل سرعت هوای مورد نیاز انتخاب شوند و ظرفیت آنها باید به روشی ارزیابی شود که در فشار آب استاتیک ۳۰ پاسکال (۰/۱ اینچ) این کارایی را داشته باشند. اگر پنکه‌های مخصوص دیوارهای شیبدار (که پنکه بیرون کرکره است) مورد استفاده قرار گیرند، ظرفیت پنکه‌ها باید در فشار آب استاتیک ۱۵ پاسکال (۰/۰۵ اینچ) ارزیابی شود. در واقع عدد فشار استاتیک، برای در نظر گرفتن مقاومت پره‌ها در برابر هوا به کار می‌رود. مقادیر مختلف تخلیهٔ هوا برای اندازه‌های مختلف پنکه در جدول ۴ـ۵ ذکر شده است. فاصلهٔ پنکه‌ها از یکدیگر نباید بیش از ۷/۶ متر (۲۵ فوت) باشد. اگر عرض انتهای گلخانه ۱۸ متر (۶۰ فوت) باشد، حداقل سه پنکه مورد نیاز خواهد بود. ظرفیت مورد نیاز هر پنکه از تقسیم cmm کل (cfm کل) هوای جابجاشوندهٔ مورد نیاز بر ۳ تعیین می‌شود. سپس پنکه‌هایی که برای این ظرفیت ارزیابی شده‌اند از روی جدول انتخاب می‌شوند. این پنکه‌ها باید با

فواصل یکنواخت در سراسر دیوارهٔ انتهایی گلخانه و حتی‌الامکان در ارتفاع گیاهان تعبیه شوند تا جریان یکنواختی از هوا در میان گیاهان برقرار شود.

مشخصات تشک سلولزی دارای شیار عرضی [۳]

در ابتدا تشکهای ساخته شده از تراشه‌های چوب که ضخامت آنها ۴ـ۲/۵ سانتیمتر (۱/۵ـ۱ اینچ) بود مورد استفاده قرار می‌گرفتند. آنها باید همه ساله جایگزین می‌شدند. اغلب تشکهایی که امروزه به‌کار می‌روند از مواد سلولزی خاصی که دارای شیار عرضی هستند تهیه می‌شوند (شکل a ۳ـ۴). این تشکها، ظاهری مقوامانند و شیاردار دارند. در صورت استفاده درست، این تشکها می‌توانند تا ۱۰ سال دوام بیاورند. این تشکها را باید از برخورد قطرات باران و جریانات سنگین آب محافظت کرد و فقط وقتی که خشک هستند آنها را جابجا کرد. سلولز با محلول نمکهای ضدزنگ، محلولهای اشباع سخت‌کننده و عوامل مرطوب‌کننده آغشته می‌شود تا استحکام، دوام و خاصیت رطوبت‌پذیری پیدا کند. اگرچه تشکهای سلولزی ظاهراً گرانترند، ولی به علت طول عمر مفید ۱۰ ساله‌شان در مقایسه با انواع قبلی، یعنی تشکهای تراشه‌ای، مقرون به‌صرفه‌تر می‌باشند.

تشکهای سلولزی دارای شیار عرضی در واحدهایی به پهنای ۳۰ سانتیمتر (۱ فوت) و ضخامت ۱۵،۱۰،۵ یا ۳۰ سانتیمتر (۶،۴،۲ یا ۱۲ اینچ) عرضه می‌شوند. ارتفاع این واحدها متغیر بوده و با یک ترتیب افزایشی ۳۰ سانتیمتری (۱ فوت) برای ضخامتهای مختلف در دسترس می‌باشند (در انواع دارای ضخامت ۵ سانتیمتر (۲ اینچ) از ارتفاع ۰/۶ تا ۱/۵ متر (۲ـ۵ فوت)، در انواع دارای ضخامت ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر (۶ـ۴ اینچ) از ارتفاع ۰/۶ تا ۱/۸ متر (۶ـ۲ فوت) و در انواع دارای ضخامت ۳۰ سانتیمتر (۱۲ اینچ) از

3- Cross - fluted cellulose pad specifications

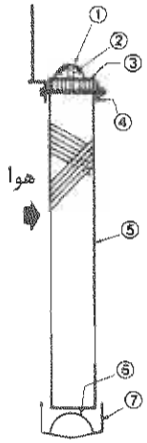
ارتفاع ۰/۶ تا ۱/۲ متر (۴-۲ فوت)). واحدها به صورت عمودی قرار می‌گیرند و هر یک ۳۰ سانتیمتر (۱ فوت) از طول تشک سراسری گلخانه را تشکیل می‌دهند. امروزه تشکهای به ضخامت ۱۰ سانتیمتر بیشترین کاربرد را دارد. تشکهای با ضخامت ۱۵ سانتیمتر برای دیوارهای کوچکتری که نمی‌توانند تشکهای ۱۰ سانتیمتری را در خود جای دهند مناسب‌هستند. یک‌فوت‌مربع (۹۰۰ سانتیمترمربع)از تشک ۴ اینچی (۱۰ سانتیمتری) می‌تواند هوا را به میزان ۲۵۰ cfm (۷۵ cmm/m^2) در خود جذب کند، در صورتی‌که یک فوت‌مربع‌از تشک ۶ اینچی (۱۵ سانتیمتری) هوا را به میزان ۳۵۰ cfm (۱۰۵ cmm/m^2) جذب‌می‌کند. تشکهای ۳۰ سانتیمتری (۱۲ اینچی) درمناطق‌بسیار گرم و مرطوب مورد استفاده قرار می‌گیرند. مساحت مورد نیاز تشکهای سلولزی ۱۰ و ۱۵ سانتیمتری (۴ و ۶ اینچی) به‌ترتیب‌تنها ۶۰ و ۴۳ درصد از مساحت مورد نیاز برای تشکهای تراشه‌ای است.

مساحت مورد نیاز تشک را می‌توان با استفاده از ارقامی که در پاراگراف قبل آمده محاسبه کرد و یا از جدول ۵-۴ به‌دست آورد. تشک خنک‌کننده باید به وسعت کل یکی از دیوارهای گلخانه باشد تا هوای خنک به همهٔ گیاهان برسد. ارتفاع تشک با تقسیم مساحت کل تشک بر طول آن محاسبه می‌شود. تشکها باید بدون هیچ فاصله‌ای در داخل دیوار جانبی یا انتهایی نصب شوند. این دیوار باید به هواگیرهای خارجی مجهز باشد، تا در روزهای گرم سال هوا بتواند وارد شود و در طول شبهای سرد پاییز و بهار از ورود هوای بیرونی جلوگیری کند. دسته‌ها و چرخ‌دنده‌های این هواگیرها در خارج گلخانه قرار دارند (شکل ۴-۴). پنکه‌های هواکش (خارج‌کنندهٔ هوا) باید در دیوار مقابل تشک نصب شوند تا هوای خنک از تمام بخشهای گلخانه عبور کند. ارتفاع پنکه‌هاوتشکها لازم است همسطح گیاهان باشد تاگیاهان از هوای خنک بهره‌مند شوند.

دریک‌تشک ۱۰ سانتیمتری(۴اینچی)،آب‌بایدباسرعتی‌معادل۶/۲۱/minبه‌ازاءهر متر ازطول‌تشک (۰/۵ gpm/foot) به‌بالا انتقال یابد. برای تشکهایی به طول ۹/۱ تا ۱۵/۲ متر

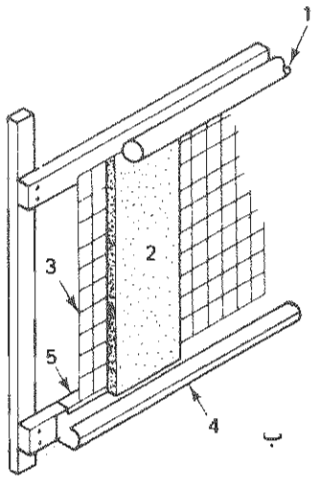
جدول ۵-۴ـ مقادیر خروج هوا و مساحتهای تشک مورد نیاز برای اندازه‌های مختلف پنکه‌های فولادی.

اندازهٔ پنکه (اینچ)	قوهٔ اسب (hp)	cfm در فشار استاتیک ۰/۱ اینچ	سطح تشک برای هر پنکه (ft^2)		
			تراشه‌ای	سلولزی ۴ اینچ	سلولزی ۶ اینچ
۲۴	$\frac{1}{4}$	۴۵۰۰	۳۰	۱۸	۱۳
۲۴	$\frac{1}{3}$	۵۷۰۰	۳۸	۲۳	۱۶
۲۴	$\frac{1}{2}$	۶۵۰۰	۴۳	۲۶	۱۹
۲۴	$\frac{3}{4}$	۷۶۰۰	۵۱	۳۰	۲۲
۳۰	$\frac{1}{3}$	۷۴۰۰	۴۹	۳۰	۲۱
۳۰	$\frac{1}{2}$	۸۸۰۰	۵۹	۳۵	۲۵
۳۰	$\frac{3}{4}$	۱۰۲۰۰	۶۸	۴۱	۲۹
۳۶	$\frac{1}{3}$	۸۸۰۰	۵۹	۳۵	۲۵
۳۶	$\frac{1}{2}$	۱۰۶۰۰	۷۱	۴۳	۳۱
۳۶	$\frac{3}{4}$	۱۲۷۰۰	۸۵	۵۱	۳۷
۳۶	۱	۱۴۲۰۰	۹۵	۵۷	۴۱
۴۲	$\frac{1}{2}$	۱۲۵۰۰	۸۴	۵۰	۳۶
۴۲	$\frac{3}{4}$	۱۵۰۰۰	۱۰۰	۶۰	۴۳
۴۲	۱	۱۶۸۰۰	۱۱۲	۶۸	۴۸
۴۸	$\frac{1}{2}$	۱۴۷۰۰	۹۸	۵۹	۴۲
۴۸	$\frac{3}{4}$	۱۷۸۰۰	۱۱۹	۷۲	۵۱
۴۸	۱	۱۹۶۰۰	۱۳۱	۷۸	۵۶
۵۴	۱	۲۲۹۰۰	۱۵۳	۹۲	۶۶
۵۴	$۱\frac{1}{2}$	۲۵۸۰۰	۱۷۲	۱۰۴	۷۴



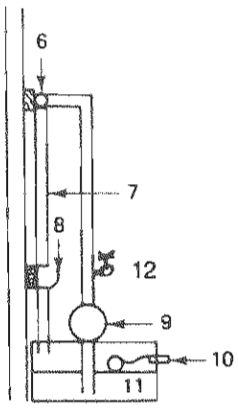
الف

۱ـ پوشش پخش‌کنندهٔ آب
۲ـ لولهٔ توزیع آب
۳ـ لایهٔ مخصوص توزیع آب
۴ـ درزگیر و پیچ حمایتی
۵ـ تشک سلولزی دارای شیار عرضی
۶ـ فضادهنده
۷ـ آبرو



ب

۱ـ لولهٔ توزیع آب
۲ـ تشک تراشه‌ای
۳ـ قاب سیمی
۴ـ آبروی برگردان آب
۵ـ درزگیر گالوانیزه



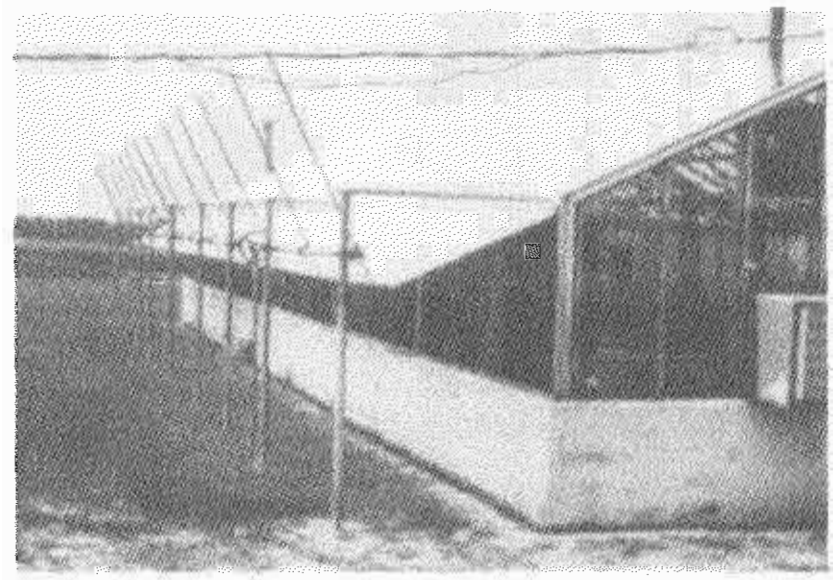
پ

۶ـ لولهٔ توزیع آب
۷ـ تشک تراشه‌ای
۸ـ آبروی برگردان آب
۹ـ پمپ
۱۰ـ شیر ورودی آب و شناور
۱۱ـ مخزن
۱۲ـ دریچهٔ خروج آب

شکل ۳-۴ـ طرح الف) اجزای سیستم تشک سلولزی با شیار عرضی برای خنک‌کردن تبخیری، ب) اجزای سیستم خنک‌کنندهٔ تشک تراشه‌ای و ج) سیستم توزیع آب برای هر دو سیستم خنک‌کننده که شامل مخزن، شیر شناور و پمپ است.

(۳۰ تا ۵۰ فوت)، لولهٔ آب ۳۲ میلیمتری (۱ ۱/۴ اینچی) و برای طولهای ۱۵/۲ تا ۱۸/۳ متر (۵۰ تا ۶۰ فوت) لولهٔ آب ۳۸ میلیمتری (۱ ۱/۲ اینچی) مورد نیاز است. حداکثر طولی‌که برای لوله توصیه می‌شود ۱۸/۳ متر (۶۰ فوت) است. برای یک تشک به طول ۳۷ متر (۱۲۰ فوت) می‌توان از دو لولهٔ ۱۸/۳ متری استفاده کرد، به طوری‌که آب در وسط تشک ریخته شود. بر روی لوله به فواصل ۷/۶ سانتیمتر (۳ اینچ)، سوراخهایی به قطر ۳ میلیمتر (۱/۸ اینچ) ایجاد می‌شود.

سرعت جریان آب در یک تشک ۱۵ سانتیمتری (۶ اینچی) 9/3 l/min به ازای هر متر از طول تشک (۰/۷۵ gpm/foot) است.برای تشکهایی به طول ۹/۱ متر (۳۰ فوت) و کوتاهتر، از لولهٔ توزیع آب ۳۲ میلیمتری(۱/۴ اینچی) استفاده می‌شود، در حالی‌که برای تشکهایی بطول ۹/۱ تا ۱۵/۲ متر (۳۰ تا ۵۰ فوت) لولهٔ ۳۸ میلیمتری (۱ ۱/۲ اینچی) مورد



شکل ۴ـ۴ـ ترتیب یک سیستم خنک‌کنندهٔ تبخیری که تشکهای آن در داخل و تجهیزات تهویهٔ آن در خارج گلخانه قرار دارند. این سیستم در روزهای گرم پاییز محیط داخل گلخانه را خنک می‌کند و در شب که هوای بیرون، بیش از حد سرد است با بسته شدن دریچه‌ها، از ورود هوای سرد جلوگیری می‌کند.

استفاده قرار می‌گیرد. حداکثر طولی‌که برای لوله توصیه می‌شود ۱۵/۲ متر (۵۰ فوت) است. بر روی این لوله‌ها، سوراخهایی به قطر ۳ میلیمتر ($\frac{۱}{۸}$ اینچ) به فاصلهٔ ۷/۶ سانتیمتر (۳ اینچ) از یکدیگر ایجاد می‌شوند.

جهت سوراخهای لوله‌های توزیع آب تشکهای سلولزی رو به بالاست. یک پوشش پخش‌کنندهٔ آب بر روی لولهٔ توزیع قرار می‌گیرد. آب از سوراخهای لوله به بالا فوران می‌کند و پس از برخورد با سطح داخلی پوشش پخش می‌شود. از نصف یک لولهٔ پلاستیکی ۱۰ سانتیمتری (۴ اینچی) برای تهیهٔ این پوشش می‌توان استفاده کرد. آب برگشته بر روی لایهٔ توزیع‌کننده‌ای که ۵ سانتیمتر (۲ اینچ) ارتفاع داشته و همقطر تشک سلولزی زیر آن است می‌ریزد. این لایه آب را بیشتر پراکنده کرده و بالای تشک را کاملاً مرطوب می‌سازد. آنچه که اهمیت دارد این است که تمام تشک باید مرطوب شود. در تشک خشک مقاومت کمتری در برابر جریان هوا وجود دارد، بنابراین هوا از نقاط خشک عبور کرده و کارایی کلی تشک کاهش می‌یابد. آبرویی که در قاعدهٔ تشک قرار دارد آب را جمع‌آوری می‌کند و آن را به مخزنی هدایت می‌کند. از این مخزن آب دوباره به بالای تشک پمپ می‌شود. در بین آبرو و قاعدهٔ تشک یک فضادهنده (spacer) قرار دارد. برای تهیهٔ فضادهنده می‌توان از نصف یک لولهٔ پلاستیکی ۱۰ سانتیمتری (۴ اینچی) استفاده کرد. حجم مخزن باید ۳۰/۵ لیتر (فوت مربع/گالن ۰/۷۵) برای هر مترمربع از تشکهای ۱۰ سانتیمتری (۴ اینچی) و ۴۰/۷ لیتر (فوت مربع/گالن ۱) برای هر مترمربع از تشکهای ۱۵ سانتیمتری (۶ اینچی) باشد. این حجمها از آن جهت برای مخزن درنظر گرفته شده‌اند که سطح آب در نصف عمق مخزن نگاه داشته شود و فضای کافی برای جمع‌آوری آبی که از تشک به هنگام خاموش شدن سیستم برمی‌گردد، موجود باشد. آب با سرعت ۰/۴ لیتر در دقیقه می‌تواند از هر ۱ مترمربع از سطح تشک (۱ گالن در دقیقه از هر ۱۰۰ فوت مربع تشک) در یک روز گرم و خشک تبخیر شود. بنابراین جریانی از آب از طریق یک شیر شناور باید به درون مخزن هدایت شود تا سطح

آب به‌طور خودکار ثابت بماند. وقتی‌که آب از سطح تشک تبخیر می‌شود، نمکهای موجود در آن باقی می‌مانند. اگر این عمل به مدت طولانی اتفاق افتد، رسوب نمک سفیدرنگی هنگام خاموش بودن دستگاه بر روی تشک ایجاد می‌شود. بسته به محتوای نمک آب مورد استفاده، ممکن است لازم باشد که ۱ تا ۲ درصد آب دوباره به گردش درآمده را از طریق لوله‌ای خارج کرد تا از ایجاد نمک جلوگیری شود. برای این منظور یک دریچهٔ ۹/۵ میلیمتری ($\frac{۳}{۸}$ اینچی) برای خروج آب بر روی لولهٔ خروجی پمپ قرار داده می‌شود. این دریچه باید طوری تنظیم شود که سرعت آب خروجی را به میزانی برساند که آثار نمکها از روی تشک حذف شوند. تشکیل رسوب بر روی تشک تراشه‌ای تا این اندازه دارای اهمیت نیست زیرا این تشکها فقط یک فصل مورد استفاده قرار می‌گیرند و آب ضمن حرکت به سمت پایین از روی تشک ریخته می‌شود.

پس از دو یا سه سال ممکن است بر روی تشکهای سلولزی شیاردار عرضی جلبک تشکیل شود. رویش جلبکها سلولز را از بین نمی‌برد ولی می‌تواند منافذ تشک را ببندد. می‌توان محلول ۱ درصد هیپوکلریت سدیم (Sodium hypochlorite) (سفیدکننده) به داخل لولهٔ تامین آب تشک تزریق کرد. این عمل ۳ تا ۵ قسمت در میلیون (ppm) کلر آزاد مورد نیاز را در تشک تامین می‌کند. با مصرف ماهانه ۱۱۴ لیتر (۳۰ گالن) از محلول مورد نظر می‌توان تشکی به طول ۳۰ متر (۱۰۰ فوت) و ضخامت ۱۵ سانتیمتر (۶ اینچ) را عاری از جلبک نگاهداشت. یکی از مشکلات مواد سفیدکننده بالا بردن PH است. سطح PH نباید از ۹ بالاتر رود زیرا موجب نرمی تشک می‌شود و نباید از ۶ هم پایینتر بیاید. برخی از پرورش‌دهندگان، پراکسیدهیدروژن (hydrogen peroxide) به داخل خط تامین آب تزریق می‌کنند. این ماده از بالا رفتن PH جلوگیری می‌کند. کلر و پراکسیدهیدروژن به سرعت تجزیه می‌شوند و از این‌رو باید به‌طور متناوب اضافه شوند. شرکتهای کوچک که توانایی استفاده از تجهیزات تزریق این مواد را ندارند می‌توانند تشکها را متناوباً با محلول کلر اسپری کنند. همچنین برخی مواد کُشنده (biocide) برای

پاکسازی آب سیستم خنک کننده موجود می باشند که می توان آنها را به مخزن افزود. مادهٔ Oakite Biocide 20^{R} (Oakite Products, Inc., 50 Valley Rd., Berkeley Heights, 07922) NJ چنان که یک یا دو بار در هفته به مخزن افزوده شود می تواند جلبکها، قارچها و باکتریهای تشکهای گلخانه را از بین ببرد. میزان مصرف اولیهٔ این ماده ۱۰۰۰۱/۴۷ml-۲۰ (گالن ۱۰۰۰ / ۲/۴-۶ اونس مایع) و میزان مصرف نوبت دوم آن ۱۰۰۰۱/۴۷ml-۴ (گالن ۱۰۰۰ / ۰/۶-۶ اونس مایع) است.

اخیراً قرصهای Agribrom^{R} (Great Lake Chemical) Corp., P.O.Box 2200, West Lafayette IN 47906 که محتوی بُرم و مقدار کمتری کلر است مورد استفاده قرار گرفته‌اند. سیستم تزریق از یک لولهٔ PVC ۱۵ سانتیمتری (۶ اینچی) به عنوان اپلیکاتور ساخته می‌شود (شکل ۵-۴). در این سیستم قرصها درون اپلیکاتور نگهداشته می‌شوند. برای حذف مقادیر زیاد جلبک، از محلول برم به غلظت ppm ۳-۱ در بالای تشک استفاده می‌شود. پس از پاکسازی باید غلظت ppm ۱-۰/۱ برم حفظ شود. تست‌کنندهٔ برم در برخی فروشگاههای مواد شیمیایی موجود است. می‌توان غلظتها را با تنظیم ورودی آب زیر اپلیکاتور کنترل کرد.

سیستم پنکه و تشک می‌تواند اتوماتیک یا دستی عمل کند. اگر سیستم خنک‌کنندهٔ خودکار مورد نیاز باشد، در آغاز باید پنکه‌های هواکش روشن و هواگیرهای بالای تشک‌ها باز شوند. اگر این عمل خنکی مورد نظر را تامین نکند و دما همچنان بالا رود، باید سیستم پمپ آب به کار انداخته شود. با برطرف شدن نیاز خنکی، سیستم مرحله به مرحله و به ترتیب عکس خاموش می‌شود.

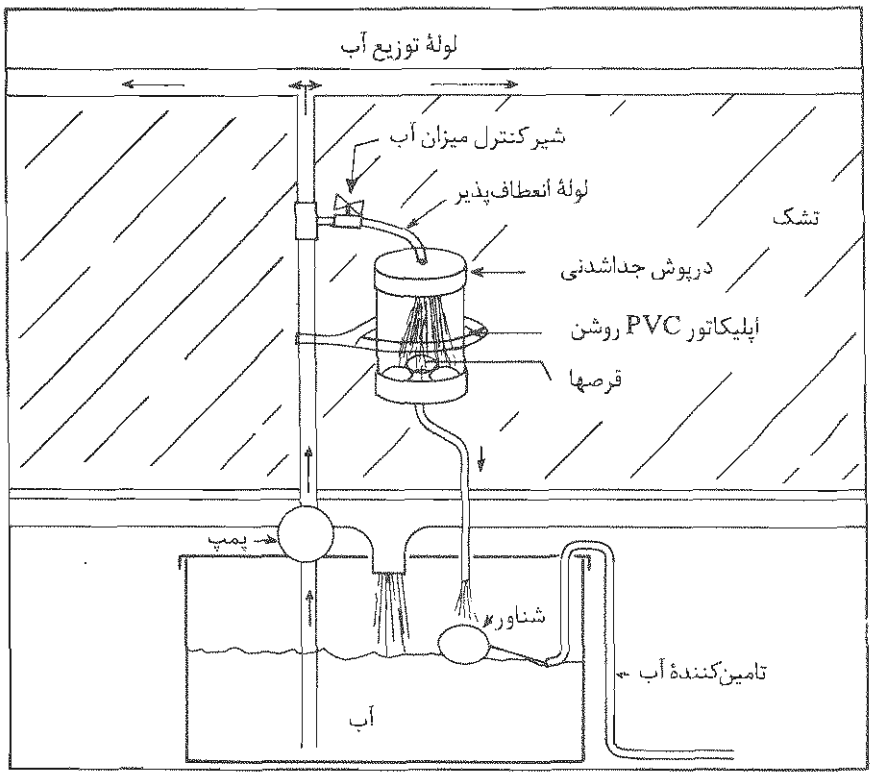
ویژگیهای تشک تراشه‌ای[1]

تشک تراشه‌ای حدود ۲/۵ سانتیمتر(۱ اینچ) ضخامت داشته و از الیاف چوب

1- Excelsior Pad

تشکیل شده است (شکل ۴.۳b). طول عمر مفید آن معمولاً یک سال است. تشک در داخل چهارچوب سیمی مشبک که ابعاد روزنه‌های آن ۲/۵ سانتیمتر در ۵ سانتیمتر است (۲ اینچ × ۱ اینچ) قرار داده می‌شود. به ازای هر مترمربع از سطح تشک تراشه‌ای سطح تبخیر کمتری در مقایسه با همان سطح از تشک سلولزی شیاردار عرضی ضخیمتر وجود دارد. بنابراین مساحت هر تشک تراشه‌ای باید بزرگتر از مساحت یک تشک سلولزی شیاردار عرضی باشد تا بتواند همان کار را انجام دهد. سرعت جریان هوا از میان تشک تراشه‌ای $۴۵\ cmm/m^2$ (تشک $۱۵۰\ cfm/ft^2$) است. این تنها ۶۰٪ سرعت جریان ممکن در یک تشک سلولزی شیاردار عرضی به ضخامت ۱۰ سانتیمتر (۴ اینچ) است. از آنجایی‌که برای تشکهای تراشه‌ای مساحت بزرگتری مورد نیاز است، آنها گاهی هم‌اندازهٔ دیوار گلخانه، خصوصاً دیوارهٔ انتهایی نمی‌باشند. اگر سطح تشک مورد نیاز از سطح دیوار گلخانه بزرگتر باشد، لازم است آنرا در بیرون دیوار گلخانه قرار داد(شکل ۶.۴). مدخل ورودی هوا باید حداقل نصف مساحت تشک باشد. تشک باید به اندازهٔ نصف ارتفاعی که از مدخل هوا بلندتر است از آن عقبتر نصب شود. در حالت ایده‌آل، ارتفاع اضافی تشک باید به‌طور مساوی در بالا و زیر مدخل هوا تقسیم شود. تشک باید از بالا و در انتها با استفاده از یک مادهٔ پوششی شفاف به گلخانه متصل شود تا اطمینان حاصل شود که کل هوایی که از تشک عبور می‌کند به داخل گلخانه راه می‌یابد.

آب با سرعتی معادل ۴/۱ l/min به ازای هر متر از طول تشک ($\frac{۱}{۳}$ gpm/ft)، (بدون توجه به ارتفاع تشک) به بالای تشک انتقال داده می‌شود. از آنجایی‌که کل آب هنگام خاموش بودن دستگاه به مخزن بازخواهد گشت، مخزنی به گنجایش ۱۹ لیتر برای هر متر از طول تشک (۱/۵ گالن برای هر فوت تشک) مورد نیاز است.



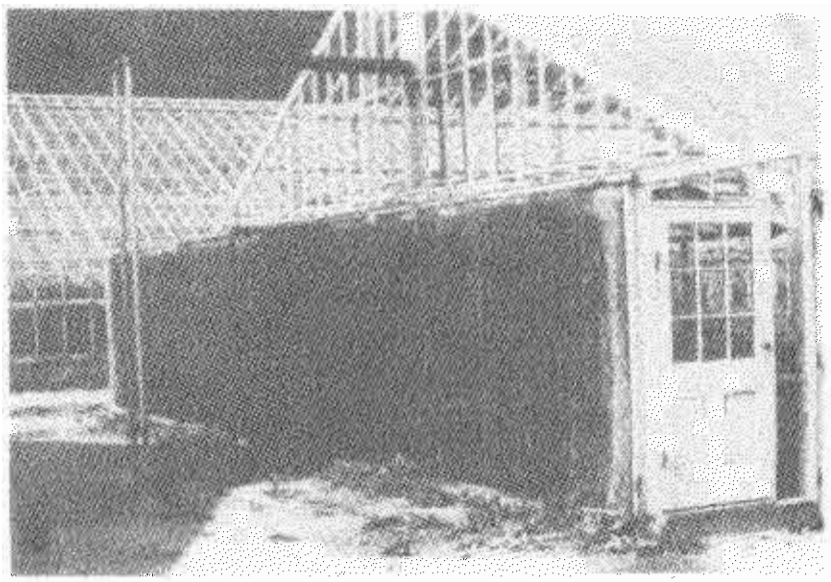
شکل ۵ـ۴ـ طرح و طرز تعبیه یک اپلیکاتور برم و کلر برای کنترل رویش جلبکها در تشکهای خنک‌کننده. بدنهٔ اصلی اپلیکاتور شامل قطعه‌ای لولهٔ PVC به طول ۳۰ سانتیمتر است که به زیر آن یک درپوش با سیمان محکم می‌شود و درپوش دومی در بالای آن گذاشته می‌شود. قرصهای آگری‌برم (Agribrom) که محتوی کلروبرم می‌باشند هنگام به مصرف رسیدن قرصهای قبلی داخل اپلیکاتور با برداشتن درب بالایی قرار داده می‌شوند. قرصها روی یک صفحهٔ سیمی قرار می‌گیرند. هر دو درپوش سوراخ شده و به آن‌ها یک لولهٔ انعطاف‌پذیر متصل می‌شود. آب لولهٔ بالایی از لولهٔ اصلی پمپ تامین می‌شود و توسط شیری جریان آب کنترل می‌شود. لولهٔ پایینی اجازه می‌دهد که آب عبور کرده از اپلیکاتور که محتوی برم و کلر است به محفظهٔ مخزن یا آبروی برگردانندهٔ آب راه یابد.

سایر انواع تشک

سلولز شیاردار عرضی و تراشه چوب تنها موادی نیستند که تشکهای خنک‌کننده از آنها ساخته می‌شوند. تشکهای فیبرآلومینیومی برای مصارف گلخانه موجود می‌باشند و در تعدادی از شرکتها یافت می‌شوند. تشکهای فیبر شیشه‌ای که معمولاً کاربردهای صنعتی دارند نیز ممکن است در گلخانه‌ها به کار روند.

تشکهای افقی

برخی پرورش‌دهندگان از تشکهای افقی استفاده می‌کنند. یک صفحهٔ افقی از گلخانه به سمت خارج ساخته می‌شود. سپس با قرار دادن خرده‌سنگ، ورمیکولیت یا تراشهٔ چوب، بر روی صفحه سطح تبخیری ایجاد می‌شود که در عین حال به هوا اجازه نفوذ می‌دهد. سیستم مه‌پاش تشک را مرطوب نگه می‌دارد و هوا از میان تشک به داخل گلخانه کشانده می‌شود. ممکن است چندین تشک روی هم در طول یکی از دیوارهای گلخانه چیده شوند که این عمل از نظر فضا اقتصادی است. مزیت دیگر، طول عمر مفید طولانی این تشکها است زیرا در ساخت آنها از مواد بادوامتری استفاده می‌شود.



شکل ۶ـ۴ـ یک تشک خنک‌کننده که در بیرون گلخانه قرار دارد. در این ترتیب قرارگیری می‌توان از تشکی که اندازه‌اش بزرگتر از دیوار گلخانه است استفاده کرد. تشک به اندازهٔ نصف ارتفاعی که از دیوار بلندتر است از دیوار عقبتر قرار داده می‌شود و با پوشش شفافی به گلخانه متصل می‌شود تا هوا فقط از میان تشک به داخل گلخانه راه یابد.

نصب پنکه

حتی‌الامکان در گلخانه بهتر است پنکه‌ها در سمت مخالف باد و تشک‌ها در طرف رو به بادهای غالب نصب شوند تا باد سیستم خنک‌کننده را تقویت کند. اگر پنکه‌ها در سمت مقابل باد قرار گیرند، ظرفیت آنها باید حداقل به میزان ۱۰ درصد افزایش داده شود. وقتی که دو یا چند گلخانه در جنب یکدیگر قرار دارند، فاکتورهایی مهمتر از جهت باد در تعیین محل نصب پنکه‌ها دخالت می‌کنند. پنکه‌های یک گلخانه نباید هوای گرم و مرطوب داخل را به سمت تشکهای گلخانهٔ مجاور هدایت کنند مگر اینکه حداقل ۱۵/۲ متر (۵۰ فوت) از یکدیگر فاصله داشته باشند.

اگر پنکه‌ها در دیوارهای مجاور دو گلخانه، که در ۴/۶ متری (۱۵ فوتی) یکدیگر قرار دارند، نصب شوند لازم است به‌طور متناوب جای‌گذاری شوند تا به سمت یکدیگر نوزند. ساختمانهای سرویس مجاور نیز ممکن است ایجاد مشکل کنند. بین پنکه و اشیاء همجوار آن باید فضایی به اندازهٔ یک برابر و نیم قطر پنکه موجود باشد. در غیر این‌صورت باید از پنکه‌های سقفی مخصوص استفاده کرد.

پنکه را باید با قرار دادن در محفظه ضدآب از برخورد اشیاء مختلف محافظت کرد. کرکره‌های مخصوصی یک سمت پنکه را پوشش می‌دهند. قرار دادن یک صفحه یا حفاظ سیمی مشبک در سمت دیگر پنکه برای محافظت کارگران و بازدیدکنندگان در مقابل صدمات احتمالی، امری ضروری است.

جریان هوا

تشکها باید در ارتفاع همسطح یا کمی بالاتر از گیاهان قرار داده شوند تا هوای خنک به روی گیاهان هدایت شود. به علت مقاومت شاخ و برگ و حائلهای گیاهان و همچنین دمای در حال افزایش، جریان هوا در یک زاویهٔ ۷° بالا می‌رود و به زودی از روی گیاهان عبور کرده و در نهایت توده‌ای هوای گرم در سطح گیاهان باقی می‌ماند. اگر هوا به‌طور

طولی در طول گلخانه جریان داشته باشد به بالا برخواهد خواست. در این حالت، باید تیغه‌های عمودی شفافی (پلی‌اتیلن) در دیوار زیر سه کنج سقف گلخانه به‌طور عمود بر جریان هوا تعبیه شوند تا جریان هوا را به پایین و به سمت گیاهان هدایت کنند. تیغه‌ها باید به فاصلهٔ ۱۰ متر (۳۰ فوت) از یکدیگر نصب شوند. پایین تیغه‌ها باید کاملاً بالاتر از گیاهان باشد تا عبور هوا را میسر سازد.

اگر تشکها نزدیک سطح زمین قرار داشته و میزها نسبتاً بلند باشند، مقدار هوای قابل ملاحظه‌ای از زیر میزها عبور می‌کند که بی‌فایده است. در این‌صورت تیغه‌ها باید در زیر میزها و در نزدیکی تشکها نصب شوند.

وضعیت گلخانه‌هایی را که طولشان بیش از ۶۱ متر (۲۰۰ فوت) و عرضشان کمتر از ۳۰ متر (۱۰۰ فوت) است می‌توان با قرار دادن تشکهایی در دو انتهای گلخانه و پنکه‌های هواکش در وسط سقف اصلاح کرد. در این حالت، گلخانه به وسیلهٔ دو سیستم خنک‌کنندهٔ هم‌ارز که هر یک نیمی از گلخانه را تحت تاثیر قرار می‌دهند، خنک می‌شود. هرگاه از پنکه‌های سقفی استفاده می‌شود، یک تیغهٔ پلی‌اتیلن باید در ۱/۵ متری (۵ فوتی) زیر پنکه و کاملاً بالای گیاهان قرار داده شود تا هوای خنک شده را به سمت پایین و بر روی گیاهان هدایت کند.

مساله نمونه .....

مثال زیر محاسبات مربوط به طراحی یک سیستم خنک‌کنندهٔ تبخیری را نشان می‌دهد. گلخانهٔ واحدی به طول ۳۰ متر (۱۰۰ فوت) و عرض ۱۵ متر (۵۰ فوت) که در ارتفاع ۹۱۵ متری (۳۰۰۰ فوتی) واقع است درنظر بگیرید. این گلخانه توسط لایهٔ سایه‌اندازی پوشش داده شده است و از این‌رو، شدت نور ماکزیمم داخل آن ۵۳/۸ کیلولوکس (۵۰۰۰ فوت شمع) است. افزایش دمای مجاز از تشک تا پنکه‌ها حدود $4^{\circ}c$

($۷^{o}F$) است. سلسله مراحل محاسبات لازم برای توسعهٔ یک سیستم خنک‌کنندهٔ سلولزی شیاردار عرضی به ضخامت ۱۰ سانتیمتر (۴ اینچ) برای این گلخانه به صورت زیر است:

۱ـ برای به‌دست آوردن مقدار هوایی که باید در هر دقیقه از گلخانه در شرایط استاندارد عبور داده شود، عرض کف گلخانه در طول آن و عدد ۲/۵ (۸) ضرب می‌شود:

$$cmm_{standard} = L \times W \times ۲/۵$$

$$= ۳۰ \times ۱۵ \times ۲/۵ = ۱/۲۵cmm$$

یا

$$(cmm_{standard} = L \times W \times ۸)$$

$$= ۱۰۰ \times ۵۰ \times ۸ = ۴۰۰۰۰cfm$$

۲ـ با ضرب کردن سه فاکتور ارتفاع، شدت نور داخل گلخانه، و افزایش دمای تشک تا پنکه‌ها در یکدیگر فاکتور گلخانه (F_{house}) به‌دست می‌آید. فاکتورهای مزبور در جدولهای ۱ـ۴ تا ۳ـ۴ یافت می‌شوند:

$$F_{house} = F_{elev} \times F_{light} \times F_{temp}$$

$$= ۱/۱۲ \times ۱ \times ۱ = ۱/۱۲$$

۳ـ با مراجعه به جدول ۴ـ۴ فاکتور سرعت (F_{vel}) به‌دست می‌آید. دو دیوار متقابل که فاصلهٔ آنها از یکدیگر ۳۰ تا ۶۱ متر (۱۰۰ تا ۲۰۰ فوت) است برای نصب تشک و پنکه‌ها انتخاب می‌شود. در این مثال دیوارهای انتهایی که فاصله‌شان از یکدیگر ۳۰ متر (۱۰۰ فوت) است برای این منظور درنظر گرفته می‌شوند:

$$F_{vel} = ۱$$

۴ـ ارزش cmm (cfm) استاندارد مرحلهٔ ۱ در F_{house} یا F_{vel} (هر فاکتور که بزرگتر است) ضرب می‌شود. در این مثال F_{house} مورد استفاده قرار می‌گیرد. به این ترتیب حجم هوایی که باید در هر دقیقه از گلخانه خارج شود به‌دست می‌آید:

$$cmm_{adjusted} = \text{std cmm} \times F_{house}$$

$$= ۱/۲۵ \text{ cmm} \times ۱/۱۲ = ۱۲۶۰ \text{ cmm}$$

یا

$$cfm_{adjusted} = \text{std cfm} \times F_{house}$$

$$= ۴۰۰۰۰ \text{ cfm} \times ۱/۱۲ = ۴۴۸۰۰ \text{ cfm}$$

۵ـ تعداد پنکه‌های مورد نیاز به این ترتیب تعیین می‌شود. از آنجایی‌که فاصلهٔ آنها از یکدیگر نباید بیش از ۷/۶ متر (۲۵ فوت) باشد، طول دیواری که پنکه‌ها در آن نصب می‌شوند بر عدد ۷/۶ (۲۵) تقسیم می‌شود:

$$\frac{۱۵m}{۷/۶m} = \text{پنکه } ۲$$

$$\frac{۵۰ft}{۲۵ft} = \text{پنکه } ۲$$

۶ـ اندازهٔ پنکه‌های مورد نیاز با تقسیم $cmm_{adjusted}$ هوایی که باید به بیرون رانده شود ($cfm_{adjusted}$) (مرحلهٔ ۴) بر تعداد پنکه‌های لازم به‌دست می‌آید:

$$\text{اندازهٔ پنکه} = \frac{cmm_{adjusted}}{\text{تعداد پنکه‌ها}}$$

$$\frac{۱۲۶۰ cmm}{۲} = ۶۳۰ \text{ cmm برای هر پنکه}$$

یا

$$(\frac{۴۴۸۰۰ cfm}{۲} = ۲۲۴۰۰ \text{ cfm برای هر پنکه})$$

۷ـ دو پنکه در اندازهٔ تعیین شده در مرحلهٔ ۶ خریداری و در یکی از دو انتهای گلخانه نصب می‌شوند، اگر قرار است پنکه‌ها از کارخانهٔ تولیدکنندهٔ نامبرده شده در جدول ۵ـ۴ تهیه شوند، دو پنکهٔ ۵۴ اینچی با قدرت ۱ اسب بخار باید انتخاب شوند.

۸ـ سپس سطح تشک تعیین می‌شود. به ازاء هر ۷۵ cmm ظرفیت پنکه، ۱ مترمربع تشک مورد نیاز است (۱ فوت مربع برای هر ۲۵۰ cfm ظرفیت پنکه). با تقسیم ظرفیت مورد نیاز پنکه یعنی ۶۳۰ cmm بر ۷۵ cmm، سطح تشک مورد نیاز برای هر پنکه یعنی ۸/۴ مترمربع (برای هر پنکه $\frac{۲۲۴۰۰ cfm}{۲۵۰ cfm} = ۹۰ ft^2$) به‌دست می‌آید. از آنجایی‌که ۲ پنکه وجود دارد سطح کل تشک مورد نیاز ۱۶/۸ مترمربع ($۱۸۰ ft^2$) است. تقریباً همین رقم را می‌توان مستقیماً از جدول ۵ـ۴ به‌دست آورد.

۹ـ تشک باید عرض دیوار را، که در این مثال ۱۵ متر (۵۰ فوت) است، بپوشاند. ارتفاع تشک با تقسیم مساحت کل تشک بر عرض آن معلوم می‌شود. در این مثال ارتفاع تشک ۱/۱ متر (۴ فوت) است:

$$\text{ارتفاع تشک} = \frac{\text{مساحت تشک}}{\text{عرض تشک}}$$

$$= \frac{۱۶/۸ m^2}{۱۵ m} = ۱/۱ m$$

$$\left(\text{ارتفاع تشک} = \frac{۱۸۰ ft^2}{۵۰ ft} = ۳/۶ ft\right)$$

۱۰ـ ظرفیت پمپ با ضرب ۶/۲ در طول تشک یعنی ۱۵ متر ($۰/۵ gpm \times ۵۰ ft$) به‌دست می‌آید و باید به نحوی انتخاب شود که بتواند با این سرعت جریان آب را از مخزن به بالای تشک بفرستد:

$$\text{ظرفیت پمپ} = ۶/۲ l/min \times ۱۵ m = ۹/۳ l/min$$

$$\left(\text{ظرفیت پمپ} = ۰/۵ gpm \times ۵۰ ft = ۲۵ gpm\right)$$

۱۱ـ اندازهٔ مخزن معادل ۳۰/۵ لیتر به ازای هر مترمربع از تشک (تشک $0/75\ gallon/ft^2$) است:

$$\text{حجم مخزن} = ۳۰/۵۱ \times ۱۸/۶\ m^2 = ۵۶۷\ l$$

$$(\text{حجم مخزن} = ۰/۷۵\ gal \times ۲۰۰\ ft^2 = ۱۵۰\ gal)$$

سیستم خنک‌کنندهٔ مه‌پاش[1]

سرعت تبخیر آب و بنابراین سرعت خنک شدن هوا با کاهش اندازهٔ قطرات آب، افزایش می‌یابد. قطر قطرات آب اسپری شده (mist) حدود ۱۰۰۰ میکرون (۰/۰۴۰ اینچ) است. اگر آب یک فنجان اسپری شود حجمی معادل ۴۰۰ برابر حجم قبلی را اشغال خواهد کرد و ۴۰۰ بار سریعتر از آب فنجان تبخیر خواهد شد. قطرات آب اسپری شده (mist) درشت بوده و از هوا به سطح گیاهان، خاک و انسان می‌نشینند و آنها را خیس می‌کنند. اما قطر قطرات مه (fog) ۴۰ میکرون و یا کوچکتر (۰/۰۰۱۶ اینچ) است. سطح و سرعت تبخیر آنها ۱۰۰۰۰ مرتبه بیشتر از آنِ آبِ درون فنجان است. این قطره‌ها هنگام تبخیر شدن به حالت معلق در هوا باقی می‌مانند و هوا را خنک می‌کنند. **در این‌صورت دیگر آب به سطح اجسام نمی‌نشیند.**

سیستمهای خنک‌کنندهٔ مه‌پاش که قادرند ۹۹/۵ درصد از آب را به قطراتی به اندازهٔ ۴۰ میکرون و یا حتی کمتر از ۱۰ میکرون (۰/۰۰۰۴ اینچ) تبدیل کنند برای گلخانه‌ها موجود است (شکل ۷ـ۴). این قطرات ۴۰۰۰۰ بار سریعتر از آب درون یک فنجان تبخیر می‌شوند. با چنین پاسخ تبخیری سریعی، می‌توان هوا را با کارایی تقریباً ۱۰۰ درصد خنک کرد. نتیجه این است که می‌توان به دماهای بسیار مرطوب دست یافت. یکی از سیستمهایی که می‌تواند این شرایط را ایجاد کند سیستم خنک‌کنندهٔ Mee fog است (Mee Industries, Inc., 4443 N. Rowland Ave., El Monte, CA 91731). این

1- Fog cooling

دستگاه دارای یک سیستم پمپ است که در فشار ۶/۹ مگاپاسکال (psi ۱۰۰۰) عمل می‌کند و تا فشار ۱۰/۳ مگاپاسکال (psi ۱۵۰۰) را تحمل می‌کند.

سیستم خنک‌کنندهٔ مه‌پاش می‌تواند در گلخانه‌هایی که فقط با دستگاههای تهویه خنک می‌شوند مورد استفاده قرار گیرد. نازلهای مه‌پاش در سراسر گلخانه بر روی گیاهان استقرار می‌یابند. مه به‌طور تناوب خارج می‌شود و هوایی را که از طریق هواکشها وارد شده‌اند خنک می‌کند. همچنان‌که هوای مرطوب خنک شده شروع به گرم شدن می‌کند و از هواکشها خارج می‌شود، هوای بیشتری از خارج به داخل کشانده شده و توسط مه، خنک می‌شود.

گلخانه‌هایی که مجهز به پنکه‌های هواکش هستند با سیستم خنک‌کنندهٔ مه‌پاش به خوبی تطابق دارند. نازلهای مه‌پاش در داخل دستگاه تهویه (ورودی) تعبیه می‌شوند. پنکه‌های هواکش (خارج‌کنندهٔ هوا) که در دیوار مقابل قرار دارند با ایجاد مکش، هوای خارج را از میان دستگاههای تهویهٔ باز و سپس از میان مه به داخل می‌کشند. در اینجا، فقط حدود نصف ظرفیت پنکهٔ هواکش سیستم پنکه و تشک یعنی cmm/m^2 سطح کف ۱/۲ـ۱/۵ (cfm/ft^2 سطح کف ۴ـ۵)، مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر خنک‌کنندهٔ دیگری در سیستم موجود نباشد، دمای هوا ضمن عبور در عرض گلخانه (همانطور که در سیستم تشک و پنکه اتفاق می‌افتد) افزایش می‌یابد. برای جلوگیری از این امر، مجموعهٔ دیگری از نازلهای مه‌پاش در سراسر گلخانه بالای گیاهان قرار داده می‌شود.

کیفیت آب فوق‌العاده دارای اهمیت است. ذرات شن و رس می‌توانند نازلهای مه‌پاش را ببندند. به همین دلیل فیلترهای چندی که توانایی جداسازی ذراتی تا حد ۵ میکرون را دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای جلوگیری از تشکیل رسوب، کربناتها و بیکربناتها باید حذف شوند. سولفور و آهن رشد برخی از ارگانیزمها را که می‌توانند نازلها را ببندند، تقویت می‌کند. شرکتهایی که سیستمهای خنک‌کنندهٔ مه‌پاش را عرضه می‌کنند همهٔ این عوامل را مورد بررسی قرار می‌دهند و فیلترهای مناسب و