وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

نشریه فنی :

# کاربردهای فنی- اقتصادی پرده‌های ذخیرهٔ انرژی در گلخانه‌ها

فرزاد آزادشهرکی، قاسم زارعی و داود مؤمنی

سال انتشار: ۱۴۰۱

AERI

آدرس: کرج، بلوار شهید فهمیده، کدپستی: ۳۱۳۵۹۱۳۵۳۳، مؤسسه تحقیقات فنی ومهندسی کشاورزی
تلفن: ۳۲۷۰۵۳۲۰، ۳۲۷۰۵۲۴۲ و ۳۶۱۵۰۰۰۰(۰۲۶)
دورنگار: ۳۲۷۰۶۲۷۷ (۰۲۶)، آدرس دسترسی: www.aeri.ir(بخش انتشارات الکترونیکی)

**بسم الله الرحمن الرحیم**

**مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی**

# نشریهٔ فنی:
# کاربردهای فنی – اقتصادی پرده‌های ذخیرهٔ انرژی در گلخانه‌ها

**تهیه و تدوین:**
**فرزاد آزادشهرکی، قاسم زارعی و داود مؤمنی**

**به‌ترتیب عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی**
**عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی**
**عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان**

**سال انتشار:**
**۱۴۰۱**

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
**مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی**

**نوع نوشتار:** نشریهٔ فنی
**عنوان نوشتار:** کاربردهای فنی – اقتصادی پرده‌های ذخیرهٔ انرژی در گلخانه‌ها
**نگارنده:** فرزاد آزادشهرکی، قاسم زارعی و داود مؤمنی
**ویراستار ادبی:** محمدرضا داهی
**صفحه‌آرا:** سمیه وطن دوست
**ناشر:** مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
**شمارگان:** محدود
**نوبت چاپ:** اول
**سال انتشار:** ۱۴۰۱

**مسئولیت صحت مطالب با نگارندگان است.**

**شماره ثبت ٦٢٨٦٢ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی**
**سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به تاریخ ١٤٠١/١٠/٢٧**

**مخاطبان نشریه:**

شـرکت‌های گلخانه‌سـاز، گلخانه‌داران، ناظران فنی گلخانه و کارشـناسـان فنی تولید در گلخانه‌ها

**اهداف آموزشی:**

**شما خوانندگان گرامی در این نشریه با:**

- اهمیت پرده ذخیرهٔ انرژی در گلخانه
- نصب و پشتیبانی پرده‌های ذخیرهٔ انرژی
- مدیریت صحیح استفاده از پردهٔ ذخیرهٔ انرژی
- استفاده از پرده به‌عنوان سایه‌انداز در گلخانه‌ها

**آشنا خواهید شد.**

# فهرست مطالب


| عنوان | صفحه |
| --- | --- |
| مقدمه | ۱ |
| اثر دما بر رشد گیاه در گلخانه | ۲ |
| اهمیت و کارکرد پرده‌های ذخیره انرژی (پرده‌های انرژی) | ۴ |
| سیستم‌های پرده‌ای گلخانه | ۵ |
| سیستم‌های پشتیبانی | ۹ |
| سیستم حرکتی | ۱۳ |
| جنس پردهٔ ذخیره انرژی | ۱۷ |
| مدیریت صحیح استفاده بهینه از پردهٔ ذخیرهٔ انرژی | ۲۱ |
| استفاده از پرده به‌عنوان سایه‌انداز در گلخانه | ۲۲ |
| جنبه‌های اقتصادی استفاده از پرده‌های ذخیرهٔ انرژی در گلخانه‌ها | ۲۵ |
| توصیه‌های فنی و کاربردی برای افزایش طول عمر پرده‌ها و کاهش تلفات حرارتی | ۲۷ |
| خلاصه و جمع‌بندی | ۳۰ |
| منابع | ۳۰ |

## مقدمه

تقاضای روزافزون برای محصولات کشاورزی، نیاز به افزایش بهره‌وری تولید محصولات کشاورزی، محدودیت نهاده‌ها، تغییر عادت‌های غذایی و الگوی مصرف انسان‌ها و مصرف انواع میوه و سبزی در طول سال، ضرورت استفاده از انواع محیط‌های کنترل شده را بیش از پیش نمایان می‌سازد. استفاده از گلخانه به عنوان متداول‌ترین محیط کنترل شده، امکان کنترل عواملی مانند شدت، کیفیت و مدت تابش آفتاب، دمای محیط، رطوبت نسبی، درصد گازهای مختلف موجود در هوا، آفات و بیماری‌های گیاهی و عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان را فراهم آورده است. با کنترل و تنظیم شرایط محیطی رشد و نمو گیاهان، افزون بر افزایش تولید در واحد سطح، بالا بردن راندمان استفاده از نهاده‌ها و افزایش کیفیت محصول، زمان تولید و عرضهٔ محصول نیز تنظیم می‌شود و در تمام طول سال محصول تازه یا محصول پیش‌رس در دسترس مصرف‌کنندگان خواهد بود (کرمی و قاسمی قهساره، ۱۳۸۷؛ برزگر و یادگاری، ۱۳۸۹). مزایای تولید در گلخانه‌ها باعث توجه هرچه بیشتر به این فناوری روز دنیا شده‌است به‌نحوی که پیش‌بینی می‌شود سطح کشت‌های گلخانه‌ای در کشور تا سال ۱۴۰۴ به حدود ۶۰۰۰۰ هکتار برسد (مؤمنی و زارعی، ۱۳۹۶).

یکی از محدودیت‌های مهم تولید در گلخانه، هزینه‌های مرتبط با مصرف انرژی برای گرمایش به‌ویژه در فصل‌های سرد سال است، زیرا باید بدون توجه به شرایط آب و هوایی بیرون از گلخانه، خرد اقلیم[1] مناسب رشد و نمو محصول را ایجاد و حفظ کرد. به‌دلیل وابستگی تولیدات گلخانه‌ای به انرژی فسیلی، توسعهٔ این‌گونه کشت‌ها باعث افزایش مصرف انرژی فسیلی و در پی آن افزایش انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی خواهد شد. با توجه به محدود بودن ذخایر سوخت‌های

1- Microclimate

فسیلی، افزایش جمعیت و افزایش تقاضا در سایر بخش‌ها، استفاده از دیگرمنابع انرژی و به‌کارگیری روش‌هایی ضروری است که به مصرف کمتر انرژی بینجامد. برای کاهش مصرف انرژی و کاهش هزینه‌های آن، راهکارهای موثر فراوان‌اند از جمله آنها می توان به این موارد اشاره کرد: مکان‌یابی مناسب برای احداث گلخانه‌ها و انتخاب نوع سازه و محصول مورد کشت با توجه به اقلیم منطقه، ساخت گلخانه‌های چند دهانه به‌جای گلخانه‌های تک‌دهانه، استفاده از پوشش‌های با ضریب انتقال حرارتی و هدررفت کمتر انرژی، نصب صحیح و درزبندی پوشش، استفاده از پوشش‌های دولایهٔ دارای هوای فشرده، نگهداری مناسب پوشش و نبود پارگی و سوراخ یا شکاف در پوشش، استفاده از سامانه‌های مناسب گرمایشی و با راندمان بالا، نصب بادشکن و استفاده از پرده‌های ذخیره انرژی (پرده‌های انرژی) و پرده‌های سایه‌انداز، تنظیم مناسب و تمیز بودن بخاری یا هر سامانهٔ گرمایش به منظور دستیابی به حداکثر عملکرد سامانه، انتخاب بخاری‌های نو به‌جای بخاری‌های قدیمی و جداسازی بخش غیرقابل استفاده گلخانه برای کاهش فضای گرم شونده (آزادشهرکی و همکاران، ۱۴۰۰؛ سنفورد[1]، ۲۰۱۱a؛ جایاسکارا[2] و همکاران، ۲۰۱۸).

## اثر دما بر رشد گیاه در گلخانه

دمای مناسب یکی از مهم‌ترین عواملی است که باید برای رشد و نمو گیاه در گلخانه تأمین شود. هر گیاه دامنهٔ حرارتی مطلوبی دارد و در خارج از این دامنه، در اثر سرما یا گرمای بیش از حد از بین خواهد رفت یا دچار آسیب می‌شود و افت عملکرد یا کیفیت محصول نهایی را به‌همراه خواهد داشت. واکنش‌های بیوشیمیایی گیاه به‌شدت تحت تأثیر دماست و با افزایش هر ۱۰ درجه سلسیوس

1- Sanford
2- Jayasekara

در دما، فعالیت آنزیم‌های گیاهی دو برابر می‌شود ولی باید در نظر داشت که با بالاتر رفتن دما از ۴۰ درجه سلسیوس، فعالیت آنزیم‌ها کاهش می‌یابد و دماهای بالاتر منجر به واسرشتی یا دناتوره[1] شدن آنزیم‌ها (از بین رفتن پیوندهای پایدار کننده پروتئین) می‌شود. در دماهای خیلی پایین، درون بافت‌های زندهٔ گیاه بلورهای یخ تشکیل می‌شود و آب لازم برای فرایندهای حیاتی گیاه از دسترس خارج خواهد شد. تشکیل یخ، تخریب سلول را به‌همراه دارد. تعادل بین فتوسنتز و تنفس تحت کنترل آنزیم‌ها و تحت تأثیر دماست، میزان فتوسنتز اگر بیشتر از میزان تنفس باشد، گیاه رشد می‌کند و اگر کمتر باشد، گیاه ضعیف می‌شود و در صورت استمرار این روند از بین می‌رود. در محیط کنترل شده دمای شبانه باید از دمای روزانه کمتر باشد تا طی شب تنفس کمتر شود.

اختلاف بین دمای روز و دمای شب در آسمان صاف و بدون ابر معمولاً ۱۰-۸ درجه سلسیوس و در روزهای ابری ۶-۳ درجه سلسیوس برای محیط گلخانه‌ای مناسب است. مطالعات نشان می‌دهد که در برخی گیاهان مانند سوسن، رز و گوجه‌فرنگی با افزایش اختلاف دمای بین روز و شب، ارتفاع گیاه بیشتر و با کاهش این اختلاف ارتفاع گیاه کم می‌شود. از تأثیر اختلاف دمای شب و روز بر ارتفاع گیاه در کنترل ارتفاع این نوع گیاهان تأثیرپذیر از این پدیده استفاده می‌شود. سرعت رشد و نمو گیاهان، به‌ویژه در زمان گلدهی، تحت تأثیر دما و به‌طور خاص تحت تاثیر میانگین دمای شبانه‌روز است. علاوه بر دمای محیط، مناسب بودن دمای خاک نیز به‌دلیل تأثیر آن بر میزان جذب آب و مواد معدنی و رشد گیاه، مهم است. همان‌طورکه گفته شد، رشد سریع، امکان پیش‌رس کردن محصول و ارائهٔ آن در تمام فصول سال، از مزایای کشت در گلخانه است که بدون گرم کردن گلخانه قابل دسترس نیست. سیستم گرمایشی و عایق‌بندی در گلخانه باید به نحوی باشد که میزان و زمان تولید را به‌گونه‌ای تغییر دهد که

1- Denaturation

هزینه‌های اولیه و جاری را جبران کند. با گرم کردن مناسب گلخانه، میزان رطوبت در گلخانه و در پی آن بسیاری از آلودگی‌ها و بیماری‌ها بهتر کنترل می‌شوند (کرمی و قاسمی قهساره، ۱۳۸۷؛ برزگر و یادگاری، ۱۳۸۹؛ کریمی، ۱۳۹۵؛ زارعی و همکاران، ۱۴۰۰).

## اهمیت و کارکرد پرده‌های ذخیرهٔ انرژی (پرده‌های انرژی)

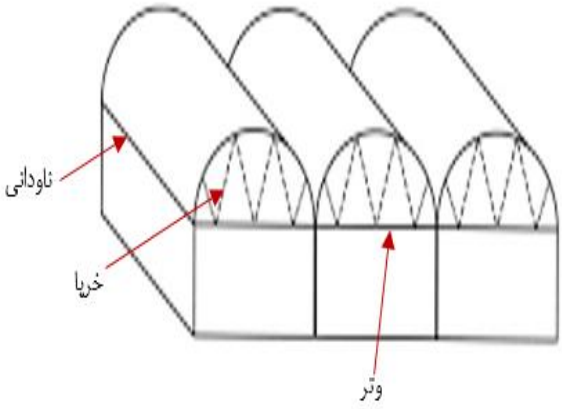
پرده‌های ذخیرهٔ انرژی (پرده‌های حرارتی[1])، منسوجاتی هستند که در عرض گلخانه یا گاهی برای پوشاندن دیواره‌های گلخانه، برای کاهش تلفات حرارتی در طول شب استفاده می‌شوند. این پرده‌ها به‌عنوان عایق بین گیاهان و سقف گلخانه عمل می‌کنند و حجم فضای گرم شونده در گلخانه را کاهش می‌دهند. پرده‌های حرارتی آلومینیمی افزون‌بر تأمین اهداف مذکور، امواج فروسرخ منتشر شده توسط سازه، گیاه، سکوهای کشت و کف گلخانه را به داخل محیط گلخانه منعکس می‌کنند (باز می‌گردانند). از کاربرد دیگر این منسوجات می‌توان به استفاده از آنها به‌عنوان پرده سایه‌انداز برای کمک به کاهش دمای داخل گلخانه در تابستان و کاهش انرژی مصرفی و هزینهٔ خنک‌کاری و صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری به دلیل کاهش تبخیر سطحی آب یا کنترل میزان نور ورودی به گلخانه و کاهش پیامدهای نور شدید مانند آفتاب‌سوختگی اشاره کرد. پرده‌های دیگری نیز می‌توانند برای ایجاد سایه در روزهای گرم، انعکاس گرمای تابشی یا کنترل طول روز (پرده‌های تاریک‌کننده[2]) استفاده شوند. انواع مختلفی از مواد برای استفاده به‌عنوان پرده‌های انرژی و سایه‌اندازها وجود دارند که قادر به کاهش تلفات حرارتی در شب به‌میزان ۷۵–۲۵ درصد و سایه‌اندازی در تابستان به‌میزان ۹۹/۹–۱۵درصد هستند. لازم است گفته شود توری‌های سایه‌انداز با

1- Energy (thermal) curtain or screen
2- Light block

۹۹/۹ درصد سایه‌اندازی، به‌عنوان پرده‌های خاموشی به‌کار می‌روند و از این رو طول روز را کاهش می‌دهند. گزارش‌های برخی از تولیدکنندگان حاکی از صرفه-جویی ۵۰–۳۰ درصد در هزینه‌های مصرف انرژی است. افزون‌بر این، استفاده از پرده‌های سایه‌انداز در ماه‌های تابستان نیز می‌تواند با کاهش مصرف انرژی الکتریسیتهٔ لازم برای خنک‌کردن، میزان صرفه‌جویی در هزینهٔ انرژی را از این طریق نیز افزایش دهد (برزگر و یادگاری، ۱۳۸۹؛ کیم[1] و همکاران، ۲۰۱۸).

## سیستم‌های پرده‌ای گلخانه

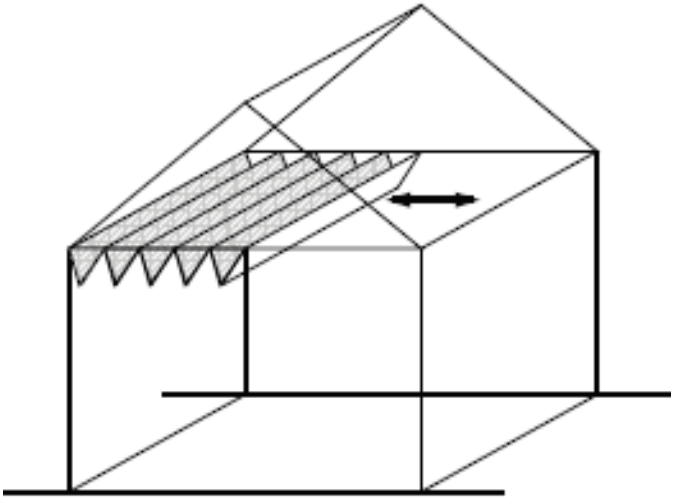
سیستم پرده‌ای گلخانه معمولاً بر اساس محل نصب پرده نامگذاری می‌شود. سیستم پرده‌ای مسطح[2] توسط دو خرپا[3] (وتر یا بازو) عرضی طاق یا ناودانی‌های[4] سازه حمایت می‌شود (شکل ۱).




1- Kim
2- Flat
۳- Truss
۴- Gutter

**شکل ۱- اجزای حمایت کنندهٔ پردهٔ انرژی**

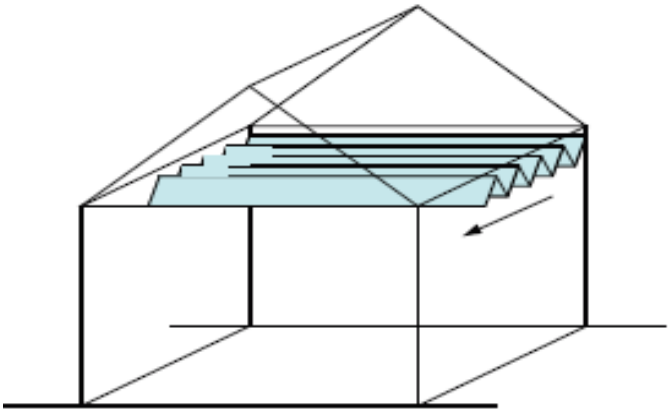
در این سیستم، پرده‌ها در عرض گلخانه از یک ناودانی به ناودانی دیگر باز و بسته می‌شوند (سیستم پرده‌ای ناودان به ناودان[۱]) یا در طول گلخانه حرکت می‌کنند. در صورتی‌که پرده در طول گلخانه حرکت کند، پرده به بخش‌هایی بین خرپا (وتر)های عرضی تقسیم می‌شود و به پرده باز شونده خرپا به خرپا[۲] (وتر به وتر) معروف است. در شکل‌های ۲ و ۳ نحوه باز و بسته شدن پرده در یک سیستم پرده‌ای مسطح آورده شده است. پرده‌های مسطح ارزان‌ترین پرده ذخیرهٔ انرژی از نظر نصب هستند و بیشترین کاهش فضای گرم شونده در گلخانه را ایجاد می‌کنند.



**شکل ۲- سیستم پرده‌ای ناودان به ناودان**

۱- Gutter to gutter

۲- Truss to truss



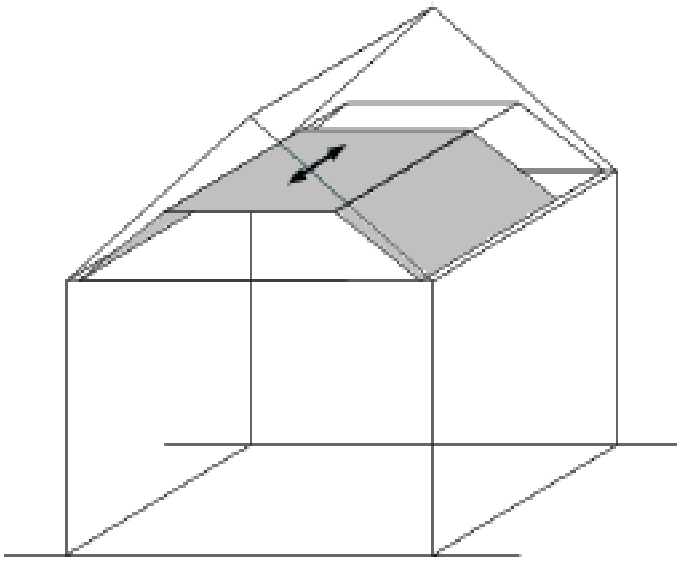
**شکل ۳- سیستم پرده‌ای خرپا به خرپا**

بسیاری از گلخانه‌داران وسایل و اشیای مورد استفاده در گلخانه را از خرپاها آویزان می‌کنند در حالی که بهتر است وسایل و تجهیزات مورد استفاده در گلخانه را از سقف آویزان کنند یا از طرح دیگری برای نصب پرده ذخیرهٔ انرژی استفاده کنند تا هنگام بستن پرده نیاز نباشد تجهیزات و وسایل از روی خرپا جا-به‌جا شوند.

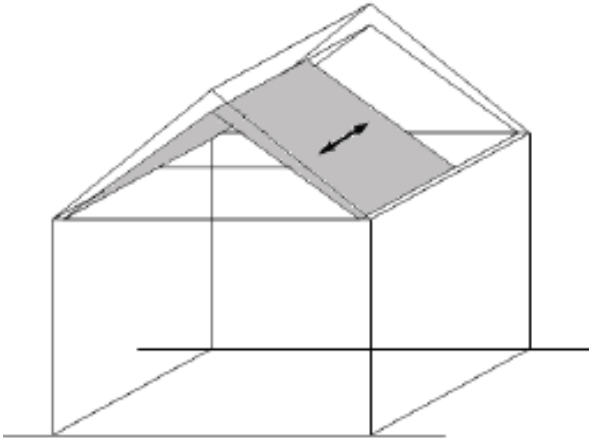
به‌منظور راحتی کار با تجهیزات و وسایل مورد استفاده در گلخانه، می‌توان از سیستم پرده‌ای شیب‌دار–تخت–شیب‌دار[1] استفاده کرد که بخش مرکزی آن موازی با سقف است و دو بخش کناری آن به سمت دیوارهای جانبی شیب داده می‌شود (شکل ۴). بدین‌ترتیب خرپاها برای آویزان کردن تجهیزات قابل استفاده خواهند شد و پرده‌ها از یک خرپا به خرپای دیگر باز می‌شوند. در سیستم شیب-دار–شیب‌دار[2] (شکل ۵) که شبیه سیستم شیب‌دار–تخت–شیب‌دار است، الگوی شیب پرده مانند سقف گلخانه است و دو سطح شیب‌دار پرده در خط تقاطع دو

[1]- Slope-flat-slope
2- Slope-slope

سطح شیب‌دار سقف گلخانه به هم می‌رسند. در این طرح، میزان هوای سرد کمتری در بالای پرده به تله می‌افتد که هنگام باز شدن پرده در صبح سرد مزیت محسوب می‌شود. در صورت وجود دریچه‌های تهویه یا بخاری روی دیوارهای کناری، با استفاده از سیستم شیب‌دار-تخت-شیب‌دار و سیستم شیب‌دار-شیب‌دار، این امکان وجود خواهد داشت که پرده‌ها قادر به باز و بسته شدن در خرپاهای مربوط به دیوار انتهایی نیز باشند. در برخی موارد پرده را فقط می‌توان تا آخرین خرپا اجرا کرد، زیرا تجهیزات و وسایل مورد استفاده در گلخانه نزدیک دیوار انتهایی نصب شده‌اند. در این حالت، آخرین خرپا باید با پلاستیک پوشانده شود تا سطح بالای پرده آب‌بندی شود.



**شکل ٤- سیستم پرده‌ای شیب‌دار-تخت-شیب‌دار**



**شکل ۵- سیستم پرده‌ای شیب‌دار- شیب‌دار**

در نظرگرفتن فضای عمودی بدون مانع ۳۰ سانتی‌متری (فضای جابه‌جایی[1]) هنگام طراحی گلخانه‌ای که احتمال دارد در آینده در آن پرده انرژی نصب شود، ضروری است. در گلخانه‌های جدیدتر معمولاً وترهای خرپا ۳۰ سانتی‌متر پایین‌تر از ناودانی نصب می‌شوند. بدین‌ترتیب این امکان به‌وجود می‌آید تا پردهٔ انرژی در بالای وتر خرپا به‌راحتی حرکت کند و در عین حال اجازهٔ آویزان کردن لامپ و سایر وسایل و تجهیزات به خرپا داده شود (سنفورد، ۲۰۱۱a).

## سیستم‌های پشتیبانی (روش‌های نگهداشت پرده‌ها در گلخانه)

پرده‌های انرژی معمولاً به دو صورت پشتیبانی (مهار) می‌شوند: روی سیم-های حامل می‌لغزند (پردهٔ کشویی[2]) یا به صورت آویز به سیم‌ها متصل می شوند (پرده آویزان[3]). در سیستم پشتیبانی کشویی، سیم‌های پلی‌استری یا

1- Travel envelope
2- Sliding curtain
3- Suspended curtain

مونوفیلامنت[1] به قطر ۲/۵ میلی‌متر با دانسیتهٔ بالا (شکل ۶) با فاصله ۴۵-۴۰ سانتی‌متر در بین ناودانی‌ها یا خرپا کشیده شده و پرده انرژی روی آنها قرار می‌گیرد (شکل ۷). پرده هنگام باز و بسته شدن روی این سیم‌ها می‌لغزد. لبهٔ جلویی پرده دارای یک جیب دوخته شده است که لولهٔ غیرقابل انعطافی در آن جا گرفته است (لولهٔ لبهٔ انتهایی[2]) که سیستم مکانیکی باز و بسته کننده پرده به آن متصل است. وقتی پرده باز می‌شود، بافت پرده روی هم انباشته خواهد شد و به ابزاری برای جمع کردن پرده پشت لولهٔ لبه انتهایی نیاز دارد (شکل ۸).

**شکل ٦- سیم‌های پلی‌استری برای نگهداری پرده‌های انرژی در سیستم پشتیبانی کشویی**

**شکل ۷- سیستم پرده‌ای کشویی و سیم‌های پلی‌استر نگهدارندهٔ آن**

1- Monofilament
2- Leading edg tube

**شکل ۸- نمونه‌ای از ابزارِ جمع کردن پردهٔ کشویی پشت لولهٔ لبهٔ انتهایی هنگام باز بودن پرده**

در سیستم پرده‌ای آویزان، پرده از سیم‌های فولادی نصب شده به فاصلهٔ ۱/۵–۱ متر آویزان می‌شود. این نوع پرده دارای شبکهٔ دوخته شده‌ای است که قلاب‌هایی به آن متصل می‌شود و پرده توسط این قلاب‌ها از سیم‌های فلزی آویزان است. هنگام باز و بسته شدن پرده، قلاب‌ها روی سیم‌ها می‌لغزند (شکل ۹). هنگامی که پردهٔ آویزان باز می‌شود، بافت پرده مانند آکاردئون تا می‌شود (شکل ۱۰). پرده معمولاً ۲۳–۱۵ سانتی‌متر از سیم آویزان می‌شود که این ارتفاع به فاصلهٔ قلاب‌ها از یکدیگر بستگی دارد. باید توجه داشت در سیستم پرده‌ای آویزان از سیم‌های فلزی ضد زنگ استفاده شود و به هیچ عنوان از کابل برای این منظور استفاده نشود. کابل باعث ساییده شدن قلاب می‌شود و منجر خواهد شد به اینکه پرده قبل از رسیدن به نصف طول عمر توصیه شده خود، قابل استفاده نباشد. همچنین به دلیل اصطکاک کمتر ناشی از سیم فلزی نسبت به کابل، قلاب‌ها روی سیم‌های فولادی آسان‌تر خواهند لغزید. سیستم‌های پرده‌ای معلق معمولاً در برابر باد مقاوم‌ترند و بهتر است در گلخانه‌های سقف‌باز یا دریچه

دندانه اره[1] و گلخانه‌هایی کـه اطـراف آنهـا مـانعی (بادشـکن) در برابـر بـاد وجـود نـدارد، از این سیستم پرده‌ای استفاده شود (پاربست[2]، ۲۰۱۱؛ سنفورد، ۲۰۱۱b).

**شکل ۹- سیستم پرده‌ای آویزان**

**شکل ۱۰- نحوه تا شدن پرده آویزان، هنگام باز شدن آن**

۱- Sawtooth vent designs

۲- Parbst

## سیستم حرکتی

سیستم مکانیکی که پرده را به حرکت در می‌آورد، معمولاً گران‌ترین بخش سیستم پرده انرژی است. این بخش می‌تواند ساده یا مجهز به سیستم‌های پیچیده‌تر حرکتی باشد. در گلخانهٔ مستقل، سیستم می‌تواند شامل تعدادی (سه یا بیشتر) ریل پرده[1] (شکل ۱۱) باشد. در صورت استفاده از سه ریل پرده، دو ریل پرده در هر سمت و دیگری در مرکز گلخانه نصب می‌شود و غلتک‌های گیره‌دار در داخل ریل‌ها سوار و به پرده متصل می‌شوند. سیستم ساده می‌تواند به‌صورت دستی یا به‌صورت خودکار و بر اساس دمای بیرون گلخانه و میزان تابش یا زمان روز باز و بسته شود.

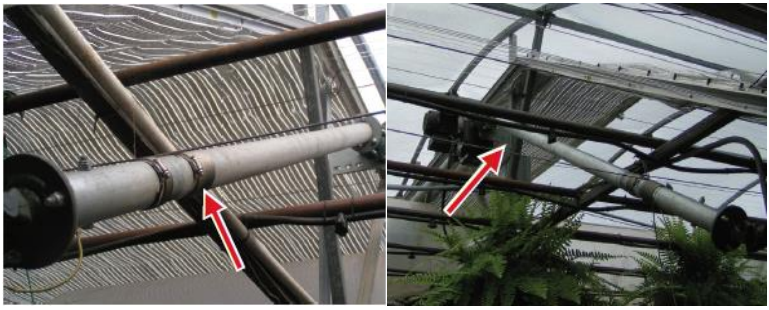
**شکل ۱۱- ریل پرده برای حرکت پرده در گلخانه کوچک یا مستقل**

دو نوع سیستم محرک تجاری برای پرده‌های انرژی وجود دارد: سیستم محرک کابلی و سیستم محرک ریل و چرخ‌دنده[2]. سیستم محرک کابلی دارای تعدادی حلقهٔ کابل است که در طول گلخانه نصب می‌شوند. جعبه دندهٔ محرک،

1- Curtain track

۲- Rack and pinion

شافت محرک (لوله‌ای به قطر ۷/۵–۵ سانتی‌متر) نصب شده در طول یا عرض گلخانه (بسته به سیستم پرده‌ای) را می‌چرخاند. یک کابل دور شافت محرک پیچیده می‌شود و با چرخش شافت، کابل از یک سمت روی آن می‌پیچد و از طرف دیگر باز می‌شود و پرده را جلو می‌برد (شکل ۱۲). در سیستم پرده‌ای خرپا به خرپا، کابل باید پرده را در فاصلهٔ دو خرپا جلو ببرد که معمولاً بین ۱/۸ تا ۳/۶ متر است. لولهٔ لبهٔ انتهایی هر بخش پرده توسط گیره یا قلاب به کابل متصل می‌شود.



(ب) (الف)

**شکل ۱۲- سیستم محرک کابلی شامل موتور و جعبه دندهٔ محرک (شکل الف) و شافت محرک و کابل پیچیده شده روی آن (شکل ب)**

سیستم موتور و جعبه دنده می‌تواند نیروی محرک لازم برای فضای بین چندین ناودانی را تأمین کند. برای انتقال توان از یک دهانه به دهانهٔ دیگر، می‌توان از یک چهار شاخ گاردان استفاده کرد. این چهار شاخ گاردان به شافت محرک کمک می‌کند تا از زیر یک ناودان به دهانهٔ بعدی عبور کند (شکل ۱۳).

**شکل ۱۳- استفاده از یک چهار شاخ گاردان[۱] برای انتقال قدرت از یک دهانه به دهانهٔ دیگر در سیستم محرک کابلی**

سیستم حرکتی ریل و چرخ‌دنده، شبیه سیستم حرکتی کابل است ولی به‌جای داشتن حلقه‌های کابل، یک لوله توسط غلتک‌هایی حمایت و به ریل و چرخ‌دنده متصل می‌شود (شکل ۱۴). طول سیستم ریل و چرخ‌دنده به‌اندازهٔ فاصلهٔ دو خرپاست و چرخ دندهٔ پینیون به شافتی بسته می‌شود که به چرخ دنده محرک متصل است. برای سیستم پرده‌ای خرپا به خرپا سه یا چهار لوله در عرض پرده قرار داده می‌شوند. بخش‌های پرده توسط گیره به لوله رفت و برگشت (رانش-کشش)[۲] متصل است که به لولهٔ لبهٔ انتهایی متصل می‌شود. با استفاده از اتصالات مخصوص می‌توان چندین بخش از یک گلخانه را با یک موتور و چرخ دندهٔ محرک تأمین نیرو کرد (شکل‌های ۱۱۴و ۱۵).

۱- Universal joint

۲- Push-pull pipe

**شکل ١٤- سیستم محرک ریل و چرخ‌دنده**

**(ب) (الف)**

**شکل ١٥- موتور و جعبه دندهٔ محرک (الف) و لولهٔ رفت و برگشت (ب)**

در نصب و راه‌اندازی سیستم محرک پرده باید حتماً نکات ایمنی رعایت شوند و نیز از سالم بودن تمام کلیدهای سیستم مطمئن بود. برای جلوگیری از آسیب رسیدن به سیستم محرک پرده، معمولاً از کلیدهای ایمنی استفاده می‌شود تا در صورت از کار افتادن یک کلید مشخص یا گیر کردن سیستم (گیر کردن کابل یا ریل و چرخ‌دنده)، ادامهٔ کار سیستم متوقف شود.

به‌منظور کاهش هزینه‌ها در گلخانه‌های کوچک، می‌توان از یک میل‌لنگ دستی[1] برای باز و بسته کردن پرده استفاده کرد. در شکل‌های ١٦ و ١٧ اجزای

١- Crank handle

سیستم محرک دستی باز و بسته کردن پردهٔ انرژی آورده شده است. در این حالت، کابل‌ها در عرض گلخانه نصب می‌شوند و در امتداد عرض گلخانه به فاصلهٔ ۳/۵ متر از هم فاصله دارند. کابل‌ها دور شافت محرک پیچیده می‌شوند و به لولهٔ انتهایی متصل هستند. با چرخاندن میل‌لنگ، قرقره‌های کابل شافت محرک را به حرکت درمی‌آورد و پرده باز یا بسته می‌شود (سنفورد، ۲۰۱۱b).

(ب) (الف)

**شکل ۱۶- شافت محرک (الف) و قرقرهٔ کابل (ب) در سیستم دستی باز و بسته کردن پردهٔ گلخانه**

(ب) (الف)

**شکل ۱۷- گیرهٔ اتصال پرده و کابل (الف) و دستهٔ میل‌لنگ (ب)**

**جنس پردهٔ ذخیرهٔ انرژی**

به‌طورکلی، پارچه یا منسوجاتی که به عنوان پردهٔ انرژی به‌کار می‌روند، باید به انعکاس گرما به داخل گلخانه کمک کنند. مواد مختلفی وجود دارند که به

صورت اختصاصی برای پردهٔ انرژی در گلخانه کاربرد دارند. پرده‌های انرژی نیمه متخلخل یا متخلخل هستند و در بافت آنها اغلب از الیاف پلاستیکی (پلی‌اتیلن[1]، پلی‌استر[2] یا پلی‌اتیلن وینیل استات[3]) استفاده می‌شود. برای کارایی بیشتر در برخی نمونه‌ها، بافت‌های آلومینیمی نیز در پردهٔ استفاده می‌شود.

پوشش‌های پلاستیکی گلخانه (پلی‌اتیلن یا اتیلن وینیل استات) مواد غیر قابل نفوذ (غیر متخلخل) هستند. عیب اصلی پوشش‌های غیر قابل نفوذ این است که هنگامی که قطره‌های حاصل از میعان بخار آب روی پرده چکه می‌کنند، آب در وسط پرده جمع می‌شود و ضمن کدر کردن پرده، بار اضافی ناشی از آن به فرو ریختن پرده می‌انجامد. این مواد برای کاربرد به عنوان پردهٔ گلخانه مناسب نیستند.

پرده‌های متخلخل معمولاً به‌عنوان توری سایه‌انداز کاربرد دارند (شکل ۱۸). مواد متخلخل اجازه عبور قطره‌های آب را از بین منافذ می‌دهند و آب در وسط توری جمع نمی‌شود ولی در این پرده‌ها، تبادل هوا بین سطح زیرین و بالایی پرده زیاد است و این امر دقیقاً چیزی است که پرده‌های حرارتی برای توقف آن به‌کار می‌روند. پرده‌های حرارتی متخلخل تقریباً ۳۰-۲۰ درصد گرما را حفظ می‌کنند. هرچه گذر نور کمتر باشد (درصد سایه‌اندازی بیشتر باشد) تبادل هوا کمتر است و ذخیره انرژی بیشتری به‌دست خواهد آمد. میزان گذر نور در پرده‌های متخلخل می‌تواند ۶۰-۲۵ درصد باشد.

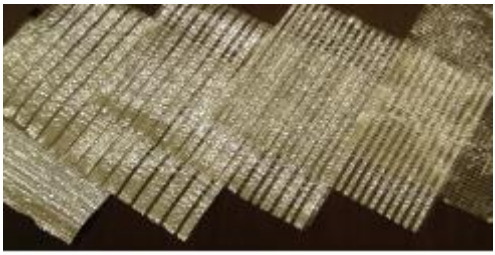
1- Polyethylene

2- Polyester

3- Ethylene vinyl acetate

**شکل ۱۸- پرده‌های متخلخل با درصدهای مختلف سایه‌اندازی**
**( از چپ به راست:۳۰، ٤٠، ٥٠ و ٦٠ درصد)**

پرده‌های نیمه متخلخل علاوه بر حفظ گرما و سایه‌اندازی، قطره‌های آب حاصل از میعان را روی خود جمع نمی‌کنند (شکل ۱۹). این پرده‌ها نوارهای متناوب پلی‌استری شفاف آلومینیم‌دار یا اکریلیک هستند که محکم به‌هم بافته شده‌اند. با این حال این مواد ضدآب نیستند، به قطره‌های آب حاصل از میعان بخار آب اجازه نفوذ می‌دهند و در مقابل جابه‌جایی هوا از پرده مقاوم هستند. پرده‌های نیمه متخلخل دارای دامنهٔ متنوعی از گذر نور (صفر تا ۸۰ درصد) و ذخیرهٔ بالای انرژی (۸۰–۵۰ درصد) هستند. توصیه می‌شود از مواد غیرقابل اشتعال برای پرده‌های انرژی استفاده شود. نوارهای آلومینیمی نور شدید تابستان را به سمت بیرون گلخانه، و گرمای داخل گلخانه را در شب‌های سرد به سمت داخل گلخانه منعکس می‌کنند. در شکل‌های ۲۰ و ۲۱، پرده‌های ذخیرهٔ انرژی با تراکم‌های مختلف نوارهای آلومینیمی به‌منظور ایجاد درصدهای مختلف سایه-اندازی و ذخیرهٔ انرژی نشان داده شده‌اند. پرده‌های گلخانه‌ای معمولاً ۱۰–۸ سال عمر مفید دارند.



**شکل ۱۹- پرده‌های نیمه‌متخلخل با درصدهای مختلف عبور نور**
**( از چپ به راست: ۰، ۲۵، ۳۵، ٤٥ و ۸۵ درصد)**

**شکل ۲۰- پرده‌های ذخیرهٔ انرژی با تراکم‌های مختلف نوارهای آلومینیمی به‌ترتیب از چپ به راست با ۵۰، ۵۰ و ۵۵ درصد ذخیرهٔ انرژی و ۳۰، ٤٠ و ۵۰ درصد سایه‌اندازی**

**شکل ۲۱- پرده‌های ذخیرهٔ انرژی با تراکم‌های مختلف نوارهای آلومینیمی به‌ترتیب از چپ به راست با ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درصد ذخیرهٔ انرژی و ٦٥، ۷۵ و ۸۵ درصد سایه‌اندازی**

## مدیریت صحیح استفادهٔ بهینه از پرده ذخیره انرژی

پرده‌های حرارتی گلخانه می‌توانند به‌صورت دستی یا اتوماتیک کنترل شوند. پرده می‌تواند در زمانی مشخص از روز یا متناسب با مقدار تابش مشخصی از خورشید به صورت اتوماتیک باز و بسته شود. سیستم‌های پرده‌ای اتوماتیک برای باز شدن مرحله به مرحله و کاهش تنش سرما به محصول نیز قابل برنامه‌ریزی هستند.

باز کردن پرده در صبح باید مرحله به مرحله و تدریجی باشد تا هوای سرد بین پرده و سقف گلخانه به یک‌باره به محل رشد گیاهان نرسد و گیاهان را دچار تنش نکند. با باز شدن تدریجی پرده معمولاً فرصت کافی برای مخلوط شدن هوای سرد بالای پرده و هوای گرم داخل گلخانه، ایجاد می‌شود. برای کاهش تنش سرما، علاوه بر باز کردن مرحله‌ای پرده حرارتی، می‌توان پرده را با تأخیر باز کرد. بدین‌ترتیب پرده پس از سپری شدن ساعاتی از روز و در زمانی باز می‌شود

که خورشید هوای بالای پرده را گرم کرده و دمای هوای بالای پرده به حداقل دمای مورد نیاز برای گیاه رسیده است.

تمامی لبه‌های پرده باید به‌نحو مناسبی آب‌بندی شده باشند تا هنگامی‌که پرده کشیده شده است، از حرکت هوای گرم به بخش سرد گلخانه جلوگیری شود و هوای گرم با هوای سرد جایگزین نشود وگر نه می‌تواند منجر به آسیب موضعی به محصول شود. لبهٔ انتهایی پرده به روش‌های مختلفی قابل آب‌بندی است. برخی شرکت‌ها از پروفیل آلومینیمی همراه با لاستیک درزبندی برای آب‌بندی لبهٔ انتهایی استفاده می‌کنند تا در هنگام بسته شدن، پرده روی آن قرار گیرد (شکل ۲۲). در برخی موارد، تکه‌ای از پرده آویزان می‌شود و لبهٔ جلویی پرده زیر این تکهٔ پرده می‌لغزد، تکه پارچه روی پرده قرار می‌گیرد و با بسته شدن کامل پرده ، آب‌بندی صورت می‌گیرد. در نصب پردهٔ ذخیرهٔ انرژی باید به تمام موانع از جمله دریچه‌های تهویه و سایر محل‌هایی دقت شود که نیاز به آب‌بندی وجود دارد (پاربست، ۲۰۱۱؛ سنفورد، ۲۰۱۱b).

**شکل ۲۲- پروفیل آلومینیمی همراه با لاستیک درزبندی برای آب‌بندی لبه‌های انتهایی پرده**

## استفاده از پرده به‌عنوان سایه‌انداز در گلخانه

اغلب گیاهان تنها به‌میزان ۵۰۰ تا ۶۳۵ $\frac{\text{میکرومول}}{\text{متر مربع} \times \text{ثانیه}}$ (۴۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ لوکس) نور نیاز دارند، اما در ماه‌های خرداد و تیر تابش خورشید می‌تواند به ۱۲۵۰

$\frac{\text{میکرومول}}{\text{متر مربع× ثانیه}}$ (۱۰۰۰۰۰ لوکس) برسد. در گلخانه‌های دارای دولایه پوشش، ۸۰ درصد تابش خورشید (تقریباً برابر ۱۰۰۰ $\frac{\text{میکرومول}}{\text{متر مربع× ثانیه}}$ معادل ۸۵۰۰۰ لوکس) به داخل گلخانه می‌رسد که هنوز از نور مورد نیاز گیاهان بیشتر است. اگر پرده‌ای با گذر نور ۵۵ درصد (۴۵ درصد سایه‌اندازی) استفاده شود، تقریباً ۵۵۰ $\frac{\text{میکرومول}}{\text{متر مربع× ثانیه}}$ (۴۷۰۰۰ لوکس) نور به گیاهان خواهد رسید که در دامنه میزان نور مورد نیاز گیاهان قرار دارد (علاقه‌مندان می‌توانند برای مطالعهٔ بیشتر به دستنامهٔ فنی شناخت و شرایط کاربرد پوشش‌های گلخانه‌ای در تالار ترویج مراجعه کنند). مطالعات و تجربیات نشان می‌دهند این‌چنین پرده‌های سایه‌اندازی بیش از ۵۰ درصد صرفه‌جویی را در مصرف انرژی لازم برای خنک‌کنندگی در تابستان به دنبال خواهند داشت.

بسته بودن پردهٔ حرارتی و پردهٔ سایه‌انداز در گلخانهٔ سقف‌باز، یا گلخانهٔ تهویه شونده از تاج (پشته)[۱] یا تهویه شونده از دیوار کناری[۲]، منجر به محدود شدن جریان هوا از دریچه می‌شود. اولین گزینه برای حل این مشکل، استفاده از پردهٔ متخلخل یا دارای بافت باز است که حتی در صورت بسته بودن پرده، هوا آزادانه از طریق پرده حرکت کند. برخی پرده‌های حرارتی علاوه بر انعکاس نور، دارای بافت باز هستند. در صورت استفاده از این پرده‌ها به‌منظور حفظ گرما در زمستان، تنها ۳۰–۲۰ در صد از تلفات گرما جلوگیری می‌شود در حالی‌که در پرده‌های نیمه متخلخل، بدون کاهش گذر نور، تلفات گرما ۷۵–۵۰ درصد کاهش می‌یابد. دومین راه حل برای این مشکل، استفاده از پرده‌های نیمه متخلخل و باز نگه‌داشتن یا حذف کردن بخشی از پرده است تا بدین ترتیب هوا از اطراف پرده جریان داشته باشد. گزینهٔ دیگر، تعویض فصلی نوع بافت پرده یا نصب دو نوع

۱- Peak vented greenhouse

۲- Gable vented greenhouse

سیستم پرده‌ای است، به‌گونه‌ای که در فصل زمستان از پردهٔ نیمه‌متخلخل و در فصل تابستان از پردهٔ متخلخل استفاده شود (سنفورد، ۲۰۱۱a؛ سنفورد، ۲۰۱۱b؛ پاربست، ۲۰۱۱).

پردهٔ نیمه متخلخل ساخته شده از مواد آلومینیمی می‌تواند دمای گلخانه را در فصل گرم تا ۷ درجه سلسیوس کاهش دهد. این کاهش دما، هزینهٔ خنک کردن توسط پنکه یا سیستم خنک کننده تبخیری را کاهش می‌دهد و به‌دلیل یکنواختی خنک‌کنندگی، می‌تواند کیفیت محصول را نیز بهبود بخشد. اگر پردهٔ سایه‌انداز بین منطقهٔ رشد محصول و سقف یا دریچه‌های تهویهٔ کناری قرار گیرد، باید پرده‌ای از جنس متخلخل باشد یا تاحدی باز باشد که به جابه‌جایی هوا کمک کند (سنفورد، ۲۰۱۱a؛ سنفورد، ۲۰۱۱b؛ پاربست، ۲۰۱۱).

ممکن است در یک گلخانه از پرده‌های متعدد استفاده شود. یک توری سایه‌انداز و یک پردهٔ سایه‌انداز/ ذخیرهٔ انرژی عملکرد خوبی برای ذخیرهٔ انرژی و سرمایش در طول سال از خود ارائه می‌کند. برخی از تولیدکنندگان، پردهٔ دومی نیز نصب می‌کنند. استفاده از پردهٔ دوم ممکن است برای سایه‌اندازی در تابستان در گلخانه‌های تهویه شونده از دیوار انتهایی یا از سقف استفاده شود. ممکن است پرده به‌منظور کنترل طول روز (۱۰۰ درصد انسداد نور) و پردهٔ دوم برای کنترل معمولی نور در تابستان (با ۵۵ درصد عبور نور) استفاده شود. در صورت استفادهٔ همزمان از پردهٔ سایه‌انداز متخلخل و پردهٔ ذخیره گرما، دمای هوا ۴-۲ درجه سلسیوس خنک‌تر می‌شود. در صورت استفاده از دو پرده به صورت همزمان، باید توجه داشت که جهت‌های بافت دو پرده خلاف یکدیگر باشند تا تهویه و سایه-اندازی مناسب به دنبال داشته باشد. استفاده از پردهٔ دوم در هوای سرد میزان ذخیرهٔ گرما را نیز افزایش می‌دهد. در بسیاری از گلخانه‌ها، پرده‌ای روی گلخانه یا زیر سقف گلخانه در فصل تابستان، نصب می‌شود. این پرده‌ها صرفاً برای سایه‌اندازی به‌کار می‌روند و به عنوان پردهٔ ذخیرهٔ انرژی در زمستان استفاده نمی-شوند (پاربست، ۲۰۱۱؛ سنفورد، ۲۰۱۱b).

## جنبه‌های اقتصادی استفاده از پرده‌های ذخیرهٔ انرژی در گلخانه‌ها

همان‌طورکه پیش از این گفته شد، استفاده از پرده‌های انرژی ۳۰ تا ۵۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف سوخت را به دنبال دارد. این ابزار می‌تواند به عنوان توری‌های سایه‌انداز و کنترل نور نیز به‌کار رود. نوع بافت مورد استفاده و نداشتن نیاز به آب‌بندی در توری‌های سایه‌انداز از تفاوت‌های بین پرده‌های انرژی و توری‌های سایه‌انداز است.

در گلخانهٔ در حال بهره‌برداری، تقریباً ۸۰ درصد هزینه‌های گرمایش در شب مصرف می‌شود. بنابراین کاهش تلفات گرمایش در شب، بیشترین تأثیر را در کاهش هزینه گرمایش گلخانه خواهد داشت. گلخانهٔ دارای پوشش دولایه و مجهز به پردهٔ حرارتی در داخل گلخانه، دارای ضریب انتقال حرارت معادل $۲/۲۷ \frac{\text{وات}}{\text{متر مربع× درجه سلسیوس}} (۰/۴ \frac{\text{بی تی یو}}{\text{فوت مربع×ساعت× درجه فارنهایت}})$ است. در حالی‌که گلخانهٔ دارای پوشش دولایه به‌تنهایی، دارای ضریب انتقال حرارت ۳/۹۷ $\frac{\text{وات}}{\text{متر مربع× درجه سلسیوس}} (۰/۷ \frac{\text{بی تی یو}}{\text{فوت مربع×ساعت× درجه فارنهایت}})$ خواهد بود. می‌بینیم که کاهش ضریب انتقال حرارت بیش از ۴۰ درصد است. این پرده‌ها بسته به نوع استفاده (ذخیرهٔ انرژی، سایه‌انداز تابستان یا کنترل روز) می‌توانند به صورت دو تایی استفاده شوند (سنفورد، ۲۰۱۱b).

بر اساس استاندارد شماره ۱۴۳۰۰ (بی‌نام، ۱۳۹۱) و توافق معاونت باغبانی وزارت جهاد کشاورزی با شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران در خصوص سهمیه سوخت مصرفی گلخانه‌های کشور و نیز در نظر گرفتن ارزش حرارتی گاز طبیعی نسبت به گازوئیل، مصرف گاز طبیعی کنونی برای گلخانه‌های مناطق گرمسیر، معتدل، و سردسیر به‌ترتیب ۲۰/۸۲، ۲۶/۰۳ ، و ۳۱/۲۳ مترمکعب به‌ازای هر مترمربع است. با در نظر گرفتن حداقل۴۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف

سوخت در صورت استفاده از پردهٔ ذخیره انرژی، میزان مصرف گاز برای گلخانه‌های مناطق گرمسیر، معتدل، و سردسیر به‌ترتیب به ۱۲/۴۹ ، ۱۵/۶۲، و ۱۸/۷۴ مترمکعب به‌ازای هر مترمربع خواهد رسید. با در نظر گرفتن قیمت بین المللی هر مترمکعب گاز معادل ۳۷۵۰۰ ریال (بی‌نام، ۱۴۰۰)، صرفه‌جویی در هزینهٔ سوخت در طول یک سال برای مناطق گرمسیر، معتدل و سردسیر به‌ترتیب ۳۱۲۳۷۵، ۳۹۰۳۷۵ و ۴۶۸۳۷۵ ریال به‌ازای هر مترمربع به‌دست خواهد آمد.

بر اساس نتایج استعلام از تأمین‌کنندگان تجهیزات گلخانه، متوسط قیمت تمام شده نصب هر متر مربع پردهٔ انرژی آلومینیمی با سیستم محرک کابلی ۱۲۰۰۰۰۰–۹۰۰۰۰۰ ریال است. مشاهده می‌شود که هزینهٔ اولیهٔ سرمایه‌گذاری استفاده از پردهٔ ذخیرهٔ انرژی نسبت به سود حاصل از ذخیرهٔ انرژی در سال اول استفاده (به‌ویژه برای مناطق گرمسیر و معتدل) بالاست. اما در مناطق سردسیر پس از پایان سال دوم و در مناطق معتدل و گرمسیر پس از پایان سال سوم و چهارم، هزینهٔ سرمایه‌گذاری استفاده از این پرده به‌واسطهٔ صرفه‌جویی در گاز مصرفی جبران خواهد شد. بنابراین، با توجه به طول عمر ۱۰–۸ ساله پرده و طول عمر بالاتر سیستم محرک، استفاده از این فناوری به‌ویژه در مناطق سردسیر مقرون به‌صرفه به‌نظر می‌رسد. لازم است گفته شود زمان استهلاک هزینهٔ سرمایه‌گذاری پردهٔ ذخیرهٔ انرژی برای گلخانه‌های بزرگ، کمتر است و در گلخانه‌های کوچک‌تر، زمان طولانی‌تری برای استهلاک هزینهٔ سرمایه‌گذاری پردهٔ ذخیرهٔ انرژی لازم خواهد بود.

در گلخانه‌های کوچک، استفاده از سیستم دستی برای حرکت پرده مناسب‌تر به‌نظر می‌رسد (سنفورد، ۲۰۱۱b). یاد آور می‌شود در مناطق سردسیر، به‌ویژه در شرایط بحرانی کمبود سوخت، حتی استفاده از پرده‌های با درصد بیشتر ذخیرهٔ انرژی مناسب‌تر به نظر می‌رسد. یکی از مزیت‌های مهم استفاده از پرده‌های ذخیرهٔ انرژی، حفظ دمای گلخانه در محدودهٔ دمایی بهینه برای رشد گیاه، کاهش

اثر تنش سرما بر محصول در شب‌های سرد سال و نیز جلوگیری از افت عملکرد و کیفیت محصول است. یادآور می‌گردد، جنبه‌های اقتصادی استفاده از پرده‌های ذخیرهٔ انرژی و تأثیر آن بر کیفیت و عملکرد محصولات گلخانه‌ای در کشور هنوز تحقیق نشده و بنابراین نیاز است که این موضوع در اقلیم‌های مختلف کشور و برای محصولات مختلف گلخانه‌ای بررسی شود.

## توصیه‌های فنی و کاربردی برای افزایش طول عمر پرده‌ها و کاهش تلفات حرارتی

دمای بالا به تخریب همهٔ پلاستیک‌ها می‌انجامد. معمولاً در طول روز دمای زیر سقف از دمایی که حسگرها نشان می‌دهند بیشتر است. دمای بسیار بالا در گلخانه‌ها رایج نیست ولی در گلخانه خالی و نو (بدون کشت) دیده می‌شود. در گلخانهٔ خالی، ممکن است سیستم آبیاری خاموش و دریچه‌ها بسته باشند که این شرایط خشک و راکد منجر به ایجاد دمای بسیار بالا و مخرب خواهد شد و باید از وقوع آن جلوگیری شود. گاهی مشاهده شده است که گلخانه‌داران در تابستان، زمانی که گلخانه خالی است و کسی در آن حضور ندارد، با بستن دریچه‌های تهویه، با استفاده از تابش خورشید دمای گلخانه را بالا می‌برند و آن را ضدعفونی می‌کنند. بهتر است از این روش ضدعفونی اجتناب شود. زیرا هنگامی که پلاستیک‌ها یا مواد حاوی پلاستیک به مدت طولانی در معرض دمای بالا قرار گیرند، ممکن است ساختار پلیمری آنها آسیب ببیند. تغییرات زیاد دما منجر به تحریک واکنش‌های شیمیایی و تضعیف خواص مواد ترمو- فیزیکی پلاستیکی نیز می‌شود و بدین‌ترتیب طول عمر پردهٔ انرژی کاهش خواهد یافت.

پرده‌ها در برابر پرتو فرابنفش و کاهش اندازه تا پنج سال ضمانت دارند و ۸ تا ۱۰ سال بعد از نصب تعویض می‌شوند. قرارگیری پرده در معرض پرتو فرابنفش پلیمرهای پرده را ضعیف می‌کند و با گذشت زمان کیفیت پرده را کاهش می‌دهد (علاقه‌مندان می‌توانند برای مطالعه بیشتر به دستنامه فنی شناخت و شرایط

کاربرد پوشش‌های گلخانه‌ای در تالار ترویج مراجعه کنند). اولین نشانه‌های پایان عمر مفید پرده، پارگی یا باز شدن نخ‌های پرده از هم به‌ویژه در طول پرده است. اگر این پارگی بعد از هفت سال اتفاق بیفتد، طول عمر پرده پایان یافته‌است و نخ‌های پرده دیگر توانایی نگهداری بافت پرده را ندارند. ممکن است خرابی زودتر از زمان پیش‌بینی اتفاق بیفتد که در زمان مناسب و قبل از نیاز گرمایشی، باید پرده تعویض شود. زمان تعویض پرده، بهترین زمان برای تعویض سیم‌های پلی‌استری یا مونوفیلامنتی پرده‌های کشویی است. کوچک‌ترین ساییدگی در این سیم‌ها باعث آسیب‌دیدگی پرده خواهد شد. یادآوری می‌شود هزینهٔ مونوفیلامنت‌ها نسبت به هزینهٔ پرده بسیار پایین‌تر است.

در نظر گرفتن توصیه‌های کاربردی زیر می‌تواند در افزایش طول عمر پرده‌های حرارتی و استفادهٔ بهینه از آنها و دستیابی به حداقل تلفات حرارتی موثر باشد.

– پرده نیاز به بازرسی و نگهداری مناسب دارد.

– آب‌بندی لبه‌ها به‌صورت هفتگی کنترل شود.

– سیم‌ها ممکن است نیاز به محکم شدن و تنظیم داشته باشند. نقاط ساییدگی موجود در پرده، مونوفیلامنت‌ها یا قلاب‌ها باید تعویض یا تعمیر شوند. غلتک‌ها، موتور و چرخدنده‌ها باید به‌طور منظم بازدید و روغن‌کاری شوند.

– در زمان بارش برف، پرده انرژی باید باز شود تا با گرم شدن سقف، برف روی سقف گلخانه ذوب و از انباشته شدن برف روی آن جلوگیری شود. انباشته شدن برف روی سقف گلخانه علاوه بر آسیب به سازه و پوشش، مانع گذر نور به داخل گلخانه می‌شود.

– برای صرفه‌جویی حداکثری در مصرف انرژی و دستیابی به عملکرد مناسب، از آب‌بندی مناسب پرده‌ها اطمینان حاصل شود.

– با توجه به طول عمر پرده، زمان تعویض آن مشخص و پیش از شروع فصل سرد، پرده تعویض شود.

– پرده بعد از گذشت زمان، به میزان کمی کوتاه می‌شود و کاهش طول پیدا می‌کند. هنگام نصب پرده به این میزان کوتاه شدن پرده توجه شده و بر اساس توصیه سازنده، در نصب به اندازهٔ پرده اضافه شود.

– از مناسب بودن فاصلهٔ پرده تا منابع احتمالی احتراق مانند لامپ‌ها، بخاری‌ها و سایر تجهیزات گرمایش و تولید کننده‌های دی اکسیدکربن که امکان تولید شعله دارند، مطمئن شوید. معمولاً حفظ فاصلهٔ حداقل ۵۰ سانتی‌متری برای این منظور توصیه می‌شود. در صورتی‌که امکان ایجاد چنین فاصله‌ای نیست، از پرده‌های با جنس ضداشتعال استفاده شود.

– برای جلوگیری از خستگی زودرس و سایش، از فاصلهٔ مناسب پرده‌ها با پنکه‌های تهویه، تجهیزات مکانیکی، چرخ‌دهنده‌های در حال حرکت و سیستم حرکتی اطمینان حاصل کنید.

– فاصلهٔ کم دمنده و پرده می‌تواند منجر به تکان‌های پی در پی، ایجاد خستگی و درنهایت کاهش عمر پرده شود. در صورت بروز نوسان‌های شدید پرده بر اثر جریان هوای دمنده، باید جریان هوای به سمت پایین هدایت یا دمنده در ارتفاع کمتری نصب شود.

– برای نگهداری پرده در انبار از مکان خشک، خنک و دور از نور استفاده شود.

– به‌منظور جلوگیری از تجزیه حرارتی و افت کیفیت پرده، از دمای بالا برای ضدعفونی کردن گلخانه استفاده نشود.

– هنگام تعویض پرده، سیم‌های پلی‌استری یا مونوفیلامنت پرده نیز تعویض شوند تا سایش کمتر شود.

– بخش قابل توجهی از هزینهٔ نصب پرده مربوط است به کارگر نصاب. از افراد خبره برای نصب استفاده کنید و مطمئن شوید که عملیات نصب به خوبی پیش می‌رود.

– هنگام نصب پرده‌های جدید، پرده‌ها را از نظر آسیب‌های احتمالی ناشی از حمل و نقل بررسی کنید و تا زمان نصب در مکانی خشک، خنک، دور از آفتاب و دور

از دسترس جونـدگان قـرار دهیـد (آزادشـهرکی و همکـاران، ۱۴۰۰؛ مـؤمنی و همکاران، ۱۳۹۹؛ سنفورد، ۲۰۱۱a؛ سنفورد، ۲۰۱۱b؛ پاربست، ۲۰۱۱).

## خلاصه و جمع‌بندی

یکـی از چـالش‌هـای مهـم تولیـد در گلخانـه‌هـا، مصـرف بـالای انـرژی و هزینـه بالای آن به‌ویژه در فصـل سـرد سـال اسـت. یکـی از راه‌هـای حفـظ دمـای مطلـوب در گلخانه و کاهش مصرف انـرژی، اسـتفاده از پـرده‌هـای ویـژهٔ ذخیـرهٔ انـرژی در گلخانـه است. این پرده‌هـا منسـوجاتی هسـتند کـه اغلـب از مـواد پلاسـتیکی آلـومنیم‌دار سـاخته شده‌اند و به‌صورت کشـویی یـا آویـزان نصـب و توسـط سیسـتم‌هـای متحـرک ویـژه‌ای باز و بسته می‌شوند. جنس این پرده‌ها بـه‌گونـه‌ای اسـت کـه قابلیـت اسـتفاده بـه‌عنـوان سایه‌انداز در تابسـتان را نیـز دارنـد. آب‌بنـدی مناسـب، بازرسـی پیوسـته، رعایـت فاصلهٔ مناسب پـرده تـا وسـایل گرمـازا و تجهیـزات مکـانیکی و دمنـده‌هـا و اسـتفاده از سـیم-های مناسب نگهداری از جمله مـواردی هسـتند کـه مـی‌تواننـد در افـزایش طـول عمـر مفیـد پـرده و اسـتفادهٔ بهینـه از آن مـؤثر باشـند. در ایـن نشـریه سـعی شـده تـا ضـمن بیان اهمیت استفاده از ایـن منسـوجات در گلخانـه‌هـا، سیسـتم‌هـای نصـب، پشـتیبانی و حرکتی و مدیریت استفاده بهینه از آن‌ها نیز شرح داده شوند.

## منابع

آزادشـهرکی، ف.، جـوادی‌مقـدم، ج. و زارعـی، ق. ۱۴۰۰. دسـتنامه فنـی شـناخت و شـرایط کاربردپوشـش‌هـای گلخانـه‌ای. انتشـارات مؤسسـه تحقیقـات فنـی و مهندسی کشاورزی. ۷۰ ص.

برزگـر، ر. و یادگـاری، م. ۱۳۸۹. مـدیریت تولیـد در گلخانـه. انتشـارات مؤسسـه آمـوزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی. ۲۴۶ صفحه.

بی‌نام، ۱۳۹۱. استاندارد معیار مصرف انرژی در فرآیندهای تولید گلخانه‌های تجاری ایران. سازمان ملی استاندارد ایران.

بی‌نام، ۱۴۰۰. ارزیابی دلایل افزایش قیمت گاز طبیعی در انتهای سال ۲۰۲۱. یادداشت های تحلیلی مرکز مطالعات زنجیره ارزش نفت و گاز.

زارعی، ق.، جوادی، مقدم، ج. و فریدی، حمیده. ۱۴۰۰. اهمیت کنترل عامل‌های مؤثر در شرایط محیطی گلخانه‌های تجاری. مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۶، شماره ۲.

کرمی، ا. و قاسمی قهساره، م. ۱۳۸۷. گلخانه: فناوری و کاربردها. انتشارات کوشا مهر. ۳۱۷ صفحه.

کریمی، و. ۱۳۹۵. اصول و مبانی عملیات ساخت گلخانه. انتشارات آزاد پیما. ۲۹۰ص.

مؤمنی، د .و زارعی .ق .۱۳۹۶ .چالش های توسعه محصولات گلخانه ای در ایران از منظر انرژی و محیط زیست .تحلیل تحلیلی در مدیریت و مهندسی کشاورزی ایران .انتشارات موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

Jayasekara, S. N., Na, W. H., Owolabi, A. B., Lee, J. W., Rasheed, A., Kim, H. T., & Lee, H. W. 2018. Comparison of environmental conditions and insulation effect between air inflated and conventional double layer greenhouse. Protected horticulture and plant factory, 27(1), 46-53.

Kim, H. K., Kang, G. C., Moon, J. P., Lee, T. S., & Oh, S. S. (2018). Estimation of thermal performance and heat loss in plastic greenhouses with and without thermal curtains. Energies, 11(3), 578.

Parbst, K. 2011. Energy curtain installation considerations. Greenhouse Product News (GPN). October, 2011. 42-46.

Sanford, S. 2011a. Reducing greenhouse energy consumption– An overview. Energy, 3907(01).

Sanford, S. 2011b. Using curtains to reduce greenhouse heating and cooling costs. ENERGY, 3907, 03.