

گزارش تحلیلی

وضعیت موجود و چشم‌انداز پوشش‌های گلخانه‌ای

فرزاد آزادشهرکی، سمانه رجبی، محمد شایسته و حسن فرقانی





جمهوری اسلامی ایران

وزارت جهاد کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

گزارش تحلیلی

وضعیت موجود و چشم انداز پوشش های گلخانه ای

شماره ثبت: ۶۷۳۳۹

تاریخ: ۱۴۰۴/۰۲/۲۱



جمهوری اسلامی ایران

وزارت جهاد کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

گزارش تحلیلی:

وضعیت موجود و چشم انداز پوشش های گلخانه ای

نگارش:

فرزاد آزادشهرکی^۱، سمانه رجبی^۲، محمد شایسته^۳ و حسن فرقانی^۴

۱- عضو هیأت علمی بخش تحقیقات مهندسی گلخانه مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۲- مدیر اجرایی

شرکت پرشین پوشش پلیمر، ۳- مدیر عامل شرکت لایتونیک و ۴- مدیر عامل شرکت صنایع گلخانه ای مرصوص کام

شماره ثبت: ۶۷۳۳۹

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

عنوان گزارش : وضعیت موجود و چشم انداز پوشش های گلخانه ای

نگارنده (گان) : فرزاد آزادشهرکی، سمانه رجبی، محمد شایسته و حسن فرقانی

همکاران : -

محل اجرا : مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

تاریخ شروع : ۱۴۰۲/۸/۱

مدت اجرا : هشت ماه

ناشر : مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

شمارگان (تیراژ) : -

سال انتشار : ۱۴۰۴



فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	چکیده
۲	اهمیت گلخانه و چشم انداز آن
۵	اهمیت و ویژگی های یک پوشش مناسب
۶	انتقال نور مرئی
۷	تلفات گرمایی کم
۹	چکه نکردن
۹	طول عمر مناسب و پایداری در برابر تابش UV
۱۰	انواع پوشش های گلخانه ای
۱۰	فیلم های پلی اتیلنی
۱۲	پلاستیک های سخت
۱۴	شیشه
۱۶	فناوری های اخیر تولید پوشش های پلی اتیلنی در جهان
۱۸	پلاستیک های نورگزين و نور تابناك
۱۹	فناوری های اخیر تولید پوشش های شیشه ای در جهان
۱۹	پوشش های کم گسیل و کنترل کننده تابش
۲۰	پوشش های ضد بازتاب
۲۱	پوشش های خود تمیز شونده
۲۳	سایر فناوری های مورد استفاده در پوشش شیشه ای
۲۴	محدودیت های موجود تولید پوشش های پلاستیکی در کشور
۲۵	تأمین مواد اولیه
۲۶	تهیه تجهیزات و لوازم بدکی
۲۷	نبود دستورالعمل یا استاندارد اجباری مناسب پوشش های گلخانه
۲۷	عدم حمایت های لازم از تولید کنندگان محصول با کیفیت
۲۷	نوسانات و قطع برق در صنایع
۲۸	کمبود نیروی کار
۲۸	نبود دانش کافی در تولید کنندگان پوشش
۲۹	نبود دانش کافی در گلخانه داران
۳۲	فهرست منابع
۳۵	چکیده انگلیسی

چکیده

یکی از گزینه‌های کاهش مشکلات بخش کشاورزی، توسعه گلخانه و محیط‌های کنترل شده کشاورزی است که علاوه بر افزایش بهره‌وری آب، مزایای دیگری از جمله ایجاد اشتغال و افزایش صادرات را به دنبال دارد. انتخاب یک پوشش مناسب برای دستیابی به یک محیط کنترل شده بهینه، به ویژه در رابطه با کنترل دما و شدت و طول موج تابش خورشید بسیار مهم است. هر پوشش بسته به نوع آن روی خرد اقلیم گلخانه و در پی آن بر گیاه تأثیر خواهد گذاشت. رایج‌ترین پوشش مورد استفاده در گلخانه‌های کشور، پوشش‌های پلی‌اتیلنی است که تولید موفق و استفاده مناسب از آن، مستلزم وجود هماهنگی بین برخی صنایع مادر، تولیدکنندگان افزودنی‌ها و مسترچ‌ها و دانش مناسب تولیدکنندگان پوشش و گلخانه‌داران است. در این گزارش سعی شده است تا علاوه بر بررسی اجمالی ویژگی‌های انواع پوشش، به فناوری‌های پیش روی پوشش در جهان و چالش‌های تولید آن به‌ویژه برای پوشش‌های پلی‌اتیلنی در کشور پرداخته شود.

واژه‌های کلیدی: گلخانه، پوشش، پلی‌اتیلن، پلی‌کربنات، شیشه

اهمیت گلخانه و چشم‌انداز آن

نیاز به افزایش تولید غذای پایدار برای جمعیت پیش‌بینی شده ۱۰ میلیارد برای جهان تا سال ۲۰۵۰ نشان‌دهنده یک اولویت برای همه کشورها است (تیلمان^۱ و همکاران، ۲۰۱۱) که نیاز به افزایش تولید غذا به میزان ۷۰٪ را ایجاب می‌کند (فائو ۲۰۰۹). تولید در محیط کنترل‌شده کشاورزی این امکان را به‌وجود آورده است تا تولید مواد غذایی در بسیاری از کشورهای جهان افزایش یابد. گلخانه نمادی از کشاورزی مدرن بوده و اثرات زیادی بر اقتصاد، شرایط اجتماعی و اکوسیستم‌های کشاورزی یک منطقه یا کشور به‌دنبال دارد (جنسن^۲ و همکاران، ۱۹۹۵). سطح زیر کشت کشاورزی در محیط کنترل‌شده (گلخانه یا هر کشت زیر پلاستیک) در جهان ۵/۶ میلیون هکتار تخمین زده می‌شود (ایلنانا بلانکو^۳ و همکاران، ۲۰۲۲).

در دهه‌های گذشته در جهان، مساحت گلخانه‌ها چند برابر شده است. سطح زیر کشت گلخانه‌های سبزی و صیفی در سال ۱۹۹۰ جهان ۰/۷ میلیون هکتار بوده، در حالی که در سال ۲۰۱۷، این سطح به ۳/۵ میلیون هکتار رسیده است (کیو^۴ و وو، ۲۰۲۱). میزان توسعه گلخانه در آسیا و حوضه مدیترانه چشمگیرتر بوده است (هیکن^۵ و همکاران، ۲۰۱۹). بیش از ۶۰ درصد از کل مساحت گلخانه‌ها در منطقه مدیترانه در سه کشور اسپانیا (۵۳۸۴۳ هکتار)، ایتالیا (۴۲۸۰۰ هکتار) و ترکیه (۳۰۶۶۹ هکتار) توسعه یافته است. در آسیا، سطح بزرگ گلخانه‌ای در چین (۳/۴ میلیون هکتار در سال ۲۰۱۰) و ژاپن (۴۶۰۰۰ هکتار در سال ۲۰۱۲) ثبت شده است. توسعه گلخانه در چین در بازه زمانی ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۰ بسیار چشمگیر بوده است (شین^۶ و همکاران، ۲۰۱۵؛ تاکشیم^۷ و همکاران، ۲۰۱۹).

-
- 1 - Tilman
 - 2 - Jensen
 - 3 - Ileana Blanco
 - 4- Qiu & Wu
 - 5 - Hickman
 - 6 - Xin
 - 7 - Takeshima

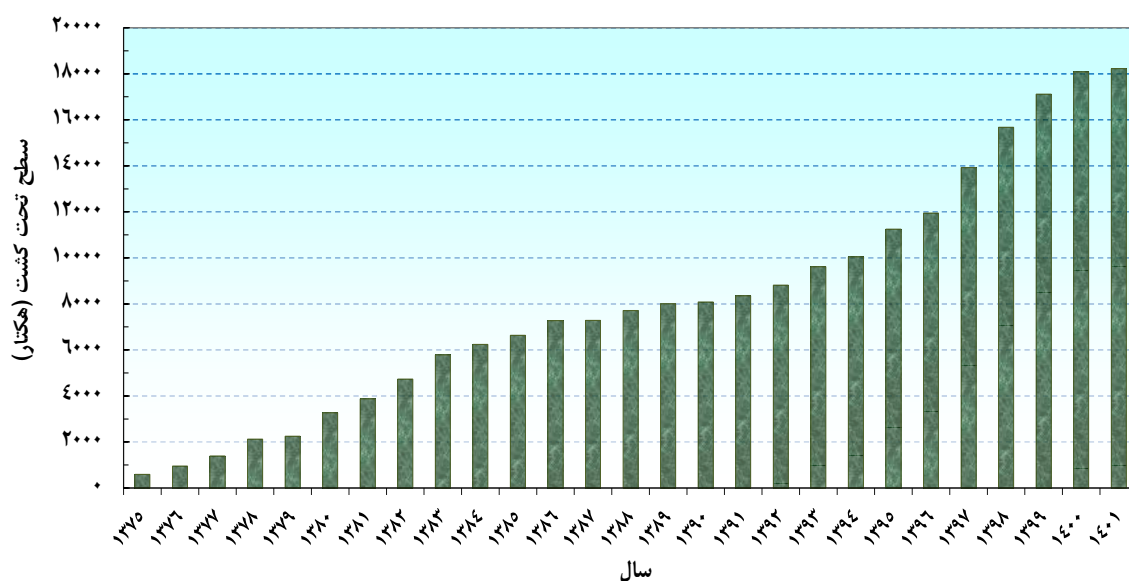
کشت در گلخانه به منظور ایجاد یک محیط کنترل شده و اقدامی دفاعی در برابر شرایط نامساعد آب و هوایی و آفات و بیماری‌ها بوده و افزون بر آن از مزایای زیادی برخوردار است. ایجاد گلخانه برای تولید محصولات کشاورزی به دلایل متعددی مانند امکان کنترل عوامل اقلیمی، کاهش اثرات سوء پدیده‌های اقلیمی، استفاده مؤثرتر از منابع آب و خاک، امکان کاربرد مناسب‌تر سایر نهاده‌ها و امکان تولید خارج از فصل، جایگاه ویژه‌ای به این نوع از تولید داده است. به طوری که کشت گلخانه‌ای به عنوان یک روش تولید متفاوت با بهره‌وری زیاد، در سال‌های اخیر به ویژه در مناطق کم آب نظیر ایران، مورد توجه جدی قرار گرفته و در حال توسعه است. از جمله این مزایا می‌توان به تولید محصولات در خارج از فصل و فراهم نمودن محصول تازه و با کیفیت و تولید بیش از یکبار در طول سال (برای مثال در ایران، تولید خیار سه بار در سال امکان پذیر است) اشاره کرد. در تولید در گلخانه و دیگر محیط‌های کنترل شده، وابستگی تولید به شرایط اقلیم محیط به حداقل رسیده یا از بین رفته و کشت مطابق با نیاز بازار قابل برنامه‌ریزی است و این امکان را به تولید کننده داده است تا هر زمان از سال که مایل باشد محصول خود را عرضه کند. تولید در گلخانه عمدتاً شامل انواع سبزی و صیفی (گوجه‌فرنگی، فلفل، بادمجان، انواع کدو، خیار، انواع ملون و کاهو)، توت‌فرنگی و انواع گل و گیاهان زینتی است. در حال حاضر گوجه‌فرنگی، خیار و فلفل محصولات اصلی تولیدی در گلخانه هستند. تولید در گلخانه امکان استفاده از اراضی غیر قابل کشت با سیستم هیدروپونیک را فراهم کرده است، که این امر علاوه بر کمک به استفاده از زمین‌های غیر قابل کشت، آزادسازی زمین‌های مرغوب برای کشت محصولات استراتژیک را فراهم می‌کند (لامونت^۱، ۲۰۰۹).

در کشورهای با آب و هوای معتدل و گرم، مشخصه اصلی تولید در گلخانه استفاده از فناوری‌های با پیچیدگی کمتر و استفاده کمتر از انرژی است. در تولید محصولات گلخانه‌ای، دمای پایین شب در زمستان و دمای بالا در طول روز در دوره‌های گرم نیاز به راه حل‌های مناسب دارد. افزایش عملکرد در واحد سطح توأم با کاهش مصرف آب برای تولید محصول و در نتیجه افزایش قابل توجه در بهره‌وری آب، از جمله مواردی هستند که در گلخانه‌ها

اهمیت ویژه‌ای دارند (بایل^۱، ۲۰۰۱). مثلاً رسیدن به عملکرد تجاری ۷۲۰، ۶۸۵ و ۴۵۰ تن در هکتار به ترتیب برای محصولات گوجه‌فرنگی، فلفل و خیار در کشت‌های گلخانه‌ای در کشور هلند و یا افزایش بهره‌وری آب در تولید گوجه‌فرنگی از $17-14 \text{ kg/m}^3$ در کشت‌های فضای باز کشورهای حوزه دریای مدیترانه به $39-24 \text{ kg/m}^3$ در کشت‌های گلخانه‌ای در همین کشورها و یا رسیدن به بهره‌وری آب $66-45 \text{ kg/m}^3$ در کشت‌های گلخانه‌ای کشور هلند، در دهه گذشته، حاکی از این مزیت نسبی است. برای مهیا شدن شرایط محیطی مناسب در داخل گلخانه‌ها، انتخاب محل مناسب، نوع سازه، پوشش و تأسیسات بکار رفته در آنها و نیز مدیریت و نحوه بهره‌برداری از گلخانه‌ها اهمیت دارند (زارعی، ۱۳۹۶).

محدودیت توسعه اراضی قابل کشت بویژه در کنار شهرهای بزرگ، بهره‌وری پائین تولید و نیز مسائل محیط - زیستی، تأمین غذا در ایران را با مشکلات جدی مواجه ساخته است. در چنین شرایطی تنها راهکار برای حل این چالش، بهره‌گیری بهینه و پایدار از منابع محدود آب کشور است. برای دستیابی به اهداف کمی و کیفی پیش‌بینی شده در اسناد بالادستی در حوزه کشاورزی، ضروری است آخرین روش‌ها و فناوری‌های روز دنیا با محوریت ارتقای بهره‌وری بکار گرفته شوند. تولید محصولات کشاورزی در محیط‌های کنترل شده، از جمله این فناوری‌ها است. در ایران استفاده از این فناوری‌ها و توسعه تولیدات گلخانه‌ای با توجه به اقلیم خشک و نیمه‌خشک، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. موقعیت جغرافیایی و آب و هوای کشورمان با طول روز بلند، شدت تابش مناسب، وجود اقلیم‌های مختلف و نزدیکی به بازارهای مصرف منطقه‌ای، شرایط مساعدی را برای انتخاب محل مناسب برای ساخت گلخانه‌ها و نیز توسعه کشت و تولید محصولات گلخانه‌ای فراهم آورده است. ولی با وجود موارد عنوان شده، هنوز سطح زیرکشت گلخانه‌های کشور از مرز ۳۰ هزار هکتار فراتر نرفته و این نکته نیاز به شناسایی چالش‌های توسعه دارد (آزادشهرکی و همکاران، ۱۴۰۳).

با توجه به گستره کشور ایران، عرض جغرافیایی و شرایط متنوع اقلیمی موجود در آن، به نظر می‌رسد یکی از مناطق مناسب برای توسعه کشت‌های گلخانه‌ای در غرب آسیا است که تولید خوب محصولات گلخانه‌ای در آن، علاوه بر تأمین نیازهای داخلی، نقش عمده‌ای در صادرات محصولات غیرنفتی، ارزآوری، مثبت کردن تراز تجاری بخش کشاورزی و اشتغال‌زایی خواهد داشت. به‌رغم داشتن این مزیت‌ها، متأسفانه مساحت گلخانه‌های کشور تا سال ۱۴۰۱ حدود ۲۰ هزار هکتار بوده است (زارعی، ۱۳۹۶؛ آزادشهرکی و همکاران، ۱۴۰۳) (شکل ۱).



شکل ۱- روند توسعه گلخانه‌های ایران در سه دهه اخیر (آزادشهرکی و همکاران، ۱۴۰۳)

اهمیت و ویژگی‌های پوشش مناسب

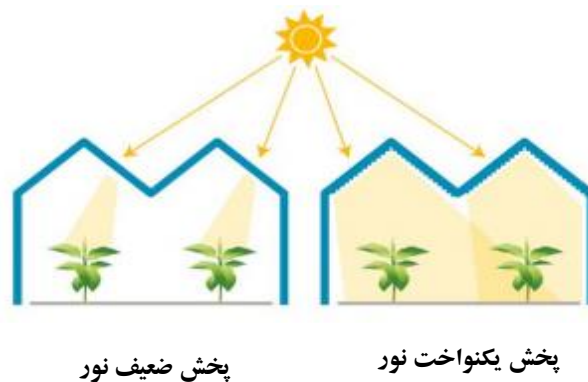
پوشش گلخانه یکی از اجزای مهم گلخانه است. انتخاب یک پوشش مناسب برای دستیابی به یک محیط کنترل‌شده بهینه، به‌ویژه در رابطه با دما و شدت و طول موج تابش خورشید بسیار مهم است. هیچ ماده پوششی کاملاً برای گلخانه ایده‌آل نیست و هر پوشش بسته به نوع آن روی خرد اقلیم گلخانه و در پی آن بر گیاه تأثیر خواهد گذاشت. برای موفقیت در احداث گلخانه، در آغاز طراحی گلخانه باید به نوع پوشش و نحوه نصب آن توجه شود. به دلیل اهمیت نور در رشد و نمو گیاهان، نورگذری بالا در گلخانه و انتخاب پوشش مناسب، بسیار مهم است. در پوشش‌های گلخانه، قابلیت انتقال نور مفید برای رشد و نمو گیاه اهمیت زیادی دارد که تابعی از

سایر ویژگی‌های پوشش یا مدت زمان استفاده از آن است. پوشش‌های مختلف گلخانه از نظر انتقال طیف‌های مختلف نور، متفاوت هستند و متناسب با اهداف و نواحی اقلیمی گوناگون، استفاده می‌شوند. در انتخاب نوع پوشش، افزون بر هزینه خرید و نصب، باید ویژگی‌هایی چون قابلیت انتقال نور مرئی، میزان پخش نور در محیط گلخانه، تلفات گرمایی کم، چکه نکردن قطرات بخار آب سرد شده در زیر پوشش، طول عمر مناسب و پایداری در برابر تابش فرابنفش (UV)^۱، گذردهی مناسب تابش فرابنفش، کاهش نیافتن انتقال نور در اثر گذشت زمان، پایداری در برابر عوامل محیطی باد، تگرگ و برف، و هزینه استفاده را در نظر گرفت (آزادشهرکی و همکاران، ۱۴۰۰). در این بخش به‌طور خلاصه ویژگی‌های مهم یک پوشش گلخانه‌ای و چگونگی تأثیر آن‌ها بر خرداقلیم داخل گلخانه آورده شده است.

انتقال نور مرئی

مقدار نفوذ نور از پوشش به داخل گلخانه، به موقعیت خورشید و زاویه برخورد نور با پوشش (عرض جغرافیائی، فصل و ماه سال و شکل و شیب سقف)، جهت احداث گلخانه، نوع پوشش گلخانه، تمیز بودن پوشش، اجزای سازه‌ای سقف گلخانه، و میعان بخار آب داخل پوشش گلخانه بستگی دارد. بخشی از نور خورشید توسط پوشش گلخانه جذب یا منعکس می‌شود که در صورت کثیف بودن پوشش، وجود گرد و غبار روی پوشش، تراکم قطرات آب روی پوشش، کدر شدن پوشش در اثر گذشت زمان و سایه‌اندازی سازه روی پوشش، تشدید می‌شود (آزادشهرکی و همکاران، ۱۴۰۰).

پوشش‌هایی که افزون بر عبور زیاد نور به داخل گلخانه، باعث پخش بیشتر نور داخل گلخانه شود، می‌توانند تابش مستقیم نور را کاهش دهند و باعث توزیع یکنواخت‌تر نور در کل گلخانه و در نهایت، منجر به رشد یکنواخت‌تر گیاه، افزایش کیفیت و عملکرد محصول و کاهش سوختگی در گیاه شود (شکل ۲).



شکل ۲- نحوه تأثیر پوشش پخش کننده نور در توزیع یکنواخت نور در سراسر گلخانه (آزادشهر کی و همکاران، ۱۴۰۰)

در زمستان که زاویه تابش خورشید نسبت به افق کمتر و طول سایه‌ها در گلخانه بیشتر است، پخش نور یکنواخت داخل گلخانه مختل می‌شود. پخش نور زیاد می‌تواند باعث افزایش شدت نور دریافتی در داخل گلخانه در زمستان شود. البته ممکن است مقدار عبور تشعشع فعال فتوسنتزی^۱ (PAR) توسط پوشش‌هایی که پخش بالایی از نور دارند، کاهش یابد و این امر به‌ویژه در هوای مه‌آلود با تابش حداقل نور، باید مورد توجه قرار گیرد. ترکیب مقدار نور عبوری مستقیم و پخش شده مورد نیاز از یک پوشش، بستگی به نوع محصول، شرایط آب و هوایی و مرحله رشد گیاه دارد (بائز و لوپز^۲، ۲۰۱۲). تحقیقات جدید نشان می‌دهد که شاخص میزان گذردهی مستقیم نور PAR به‌تنهایی برای تأثیر بر بازدهی نور در گلخانه کافی نیست و علاوه بر گذر PAR، محاسبه شاخص گذردهی نیم‌کروی^۳ مناسب‌تر است. شاخص گذردهی نیم‌کروی از حاصل جمع گذردهی نور در زوایای مختلف با ضرائب خاص به‌دست می‌آید و میزان پخش نور نیز بدین ترتیب متفاوت خواهد بود (بی‌نام، ۲۰۱۸).

تلفات گرمایی کم

یکی از اهداف مهم و تأثیرگذار در احداث گلخانه، ایجاد محیطی مناسب برای رشد گیاه است تا گرمای مورد نیاز گیاه را در تمامی مراحل رشد و نمو تأمین کند و همراه با تأمین بهینه سایر عوامل مورد نیاز، منجر به

1 - Photosynthetically active radiation

2 - Baeza & López

3 - Hemispherical transmission

افزایش عملکرد و کیفیت محصول شود. تأمین نیاز گرمایی گیاه با تأثیر بر جوانه‌زنی، رشد رویشی، شروع زمان گل‌دهی، و زمان رسیدن محصول، بر کمیت و کیفیت میوه، سبزی یا گل در گلخانه اثر می‌گذارد. با توجه به اهمیت این موضوع، به حداقل رساندن تلفات حرارتی در گلخانه ضروری است. به‌طور معمول، کاهش تلفات حرارتی با کاهش تلفات در واحد سطح و کاهش سطح تلفات (ساخت گلخانه با سطح تبادل کمتر نسبت به سطح زیر پوشش با احداث گلخانه‌های چند دهانه) انجام‌پذیر است. میزان تلفات حرارتی در واحد سطح، که با ضریب انتقال حرارت بیان می‌شود، بیش از هر چیز به جنس پوشش وابسته است. پوشش‌های با جنس و ترکیبات مختلف، ضریب انتقال حرارت متفاوتی دارند (المهدوری^۱ و همکاران، ۲۰۱۳).

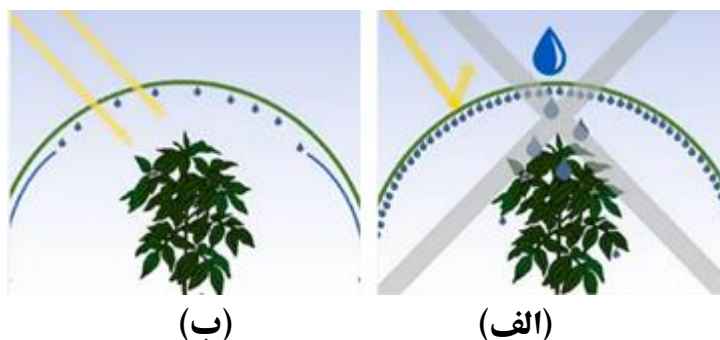
از طرفی پوشش‌هایی که بتوانند تلفات گرما را علاوه بر کاهش تلفات از طریق رسانش، از طریق تابش نیز کم کنند مورد توجه است. اگر انتقال طول موج‌های بلند فروسرخ (FIR)^۲ از پوشش گلخانه زیاد باشد، تلفات گرمایی گلخانه بیشتر می‌شود و دمای گیاه به‌ویژه در شب، در چنین گلخانه‌ای پایین می‌آید. در صورت قطع شدن ناخواسته سیستم گرمایش، تلفات زیاد گرما به شکل انتقال طول موج‌های بلند، موجب آسیب دیدن گیاه به‌ویژه در شب‌های سرد خواهد شد. همچنین، با سرد شدن محیط داخل گلخانه، رطوبت نسبی افزایش یافته و احتمال میعان آب بیشتر می‌شود و لذا احتمال بروز بیماری افزایش خواهد یافت. گرمای ساطع شده از سیستم‌های گرمایشی در بازه طول موجی فروسرخ بلند است که بازتاب این امواج توسط لایه داخلی پوشش می‌تواند دما را در گلخانه در حد ممکن و به‌ویژه در شب، بالا نگه داشته، گرمای تولید شده را در داخل گلخانه حفظ نموده و در پی آن میزان تلفات گرمایی کاهش یافته و نیاز گرمایشی و مصرف سوخت، کاهش می‌یابد (المهدوری و همکاران، ۲۰۱۳).

۱ - Al-Mahdouri

2- Far Infrared

چکه نکردن

از آن جا که معمولاً دمای بیرون گلخانه از دمای داخل گلخانه کمتر است، احتمال ایجاد قطره‌های آب در قسمت داخلی پوشش گلخانه زیاد است. این قطره‌های آب، علاوه بر افزایش بازتاب نور از سطح پوشش، منجر به کاهش نور منتقل شده به داخل گلخانه می‌شود. چکیدن آب روی گیاه، احتمال بروز بیماری‌ها را افزایش داده و یا با ایجاد لکه روی محصول، کیفیت آن را کاهش می‌دهد (شکل ۳). در صورت افزایش چکیدن قطره‌ها، رطوبت خاک گلخانه نیز افزایش یافته و احتمال خفگی گیاه و یا بروز بیماری‌های خاک‌زی وجود خواهد داشت. در پوشش‌هایی که این عیب اصلاح شده است و به پوشش‌های ضد قطره^۱ معروفند، آب حاصل از میعان بخار و رطوبت موجود در گلخانه، به صورت یک لایه پیوسته روی قسمت داخلی پوشش قرار می‌گیرد و به صورت جریانی باریک به کناره‌های گلخانه هدایت می‌شود (برزگر و یادگاری، ۱۳۸۹؛ آزادشهرکی و همکاران، ۱۴۰۰).



شکل ۳- (الف) بازتاب نور و چکیدن قطره‌های آب روی گیاه در اثر میعان بخار موجود در گلخانه در سطح داخلی پوشش و (ب) عبور نور از پوشش (آزادشهرکی و همکاران، ۱۴۰۰)

طول عمر مناسب و پایداری در برابر تابش UV

یکی از عوامل مهم کاهش طول عمر پوشش گلخانه‌ها، قرار گرفتن در برابر تابش UV است که به تدریج باعث کاهش کیفیت و در نهایت، از بین رفتن پوشش گلخانه‌ای می‌شود. نوع پوشش مورد استفاده در گلخانه و تغییرات کم کیفیت پوشش با گذشت زمان، کیفیت نور عبوری به گلخانه را تعیین می‌کند. وجود گرد و غبار و

^۱ - Antifog / Antidrip

آلودگی روی پوشش گلخانه، نور وارده به گلخانه را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد. میزان کاهش نور به دلیل گرد و غبار و آلودگی، بستگی زیاد به منطقه‌ای دارد که گلخانه در آن احداث شده است. در مناطق شهری و صنعتی، افت تابش خورشید نسبت به مناطق روستایی با دود و آلودگی کم، بسیار بیشتر است که می‌تواند باعث کاهش عملکرد و کیفیت محصول شود (شمس کیا و کرمی، ۱۳۹۲). پوشش گلخانه باید در برابر باد، برف و تگرگ مقاومت کافی داشته باشد و دچار خرابی زودهنگام نشود. نکته مهم در مورد پایداری پوشش‌های گلخانه-ای در مقابل بارش برف و باد این است که عواملی مانند تابش خورشید به ویژه پرتو فرابنفش؛ گرمای خورشید و گرم و سرد شدن مستمر پوشش‌ها بر اثر تغییر دمای بیرون و داخل گلخانه؛ وجود رطوبت و ذرات آلوده کننده هوا مانند گرد و غبار، گوگرد، دی‌اکسید گوگرد، ترکیبات دارای کلر و ازن؛ اسید سولفوریک موجود در باران اسیدی و غیره، ممکن است باعث پوسیدگی، تشدید اثر هوازدگی، خرابی زودرس، کاهش مقاومت پوشش در مقابل باد، برف و تگرگ و در نتیجه، کاهش طول عمر پوشش‌ها شود (آزادشهرکی و همکاران، ۱۴۰۰).

انواع پوشش‌های گلخانه‌ای

فیلم‌های پلی اتیلنی

پلی اتیلن (PE) با فرمول شیمیایی $(C_2H_4)_n$ ، پلیمری گرمانرم یا ترموپلاستیک^۱ (پلیمرهایی که با افزایش دما و بدون تغییر شیمیایی ذوب می‌شوند و می‌توان آنها را به دفعات، ذوب و دوباره جامد نمود) است که بسته به فرایند تولید، دامنه گوناگونی از پلی اتیلن با انعطاف پذیری‌های مختلف را در بر می‌گیرد. در جدول ۱ برخی ویژگی‌های فیزیکی فیلم پلی اتیلن با کاربرد پوشش در گلخانه‌ها ارائه شده است. با توجه به ویژگی‌های دمایی پلی اتیلن، این ماده به طور معمول در محدوده دمایی پایین کاربرد دارد. قیمت کم، مقاومت ضربه‌ای خوب در محدوده دمایی ۹۰-۴۰ درجه سلسیوس، مقاومت نسبتاً بالا در برابر رطوبت و اکسیژن از مزایای پلی اتیلن محسوب می‌شود. مهم ترین معایب پلی اتیلن نیز ضریب انبساط حرارتی پایین، مقاومت پایین در برابر پرتو فرابنفش و تغییرات

۱- Thermoplastic

جوی، و قابلیت اشتعال آن است (برزگر و یادگاری، ۱۳۸۹؛ وطن خواه دولت سرا، ۱۳۹۰؛ ماروئاس^۱، ۲۰۱۹). هزینه اولیه تهیه پلی اتیلن از سایر پوشش ها کمتر و به سادگی قابل استفاده است، و بنابراین، بیشترین کاربرد را برای پوشش گلخانه ها دارد. پوشش های پلی اتیلنی در عرض های متنوع عرضه می شود و طاقه های آن تا عرض ۲۴ متر نیز تولید می شود. ضخامت پوشش های پلی اتیلنی ۲۵-۲۵۰ میکرون است (آزادشهرکی و همکاران، ۱۴۰۰؛ برزگر و یادگاری، ۱۳۸۹). از جمله نقاط قوت دیگر پلی اتیلن استفاده راحت از آن برای انواع سازه های دائمی یا موقت و یا گلخانه های کمانی شکل و تولید محصولات فصلی می باشد (آزادشهرکی و همکاران، ۱۴۰۰).

جدول ۱- برخی از ویژگی های پلاستیک پلی اتیلن با کاربرد پوشش در گلخانه ها (وطن خواه دولت سرا،

۱۳۹۰؛ آزادشهرکی و همکاران، ۱۴۰۰)

ویژگی	دامنه
جرم ویژه (g/cm^3)	۰/۹۱
استحکام کششی در نقطه تسلیم (MPa)	۱۵/۵
حداکثر دمای کاری ($^{\circ}\text{C}$)	۶۰-۷۵
دمای ذوب ($^{\circ}\text{C}$)	۱۰۰-۱۱۰

علاقه مندان می توانند برای مطالعه بیشتر به دستنامه فنی شناخت و شرایط کاربرد پوشش های گلخانه ای، انتشارات مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مراجعه نمایند (آزادشهرکی و همکاران، ۱۴۰۰).

از آن جایی که بیش از نیمی از فرمولاسیون فیلم ها را مواد پایه پتروشیمی تشکیل می دهد، کیفیت این مواد بسیار حائز اهمیت می باشد و می تواند بر کیفیت محصول نهایی به ویژه استحکام و خواص فیزیکی و مکانیکی محصول تأثیر مستقیم داشته باشد. به همین دلیل استفاده از مواد با کیفیت و انتخاب گرید مناسب بسیار اهمیت

دارد. به منظور بهبود خواص پوشش‌های پلی‌اتیلنی مورد استفاده در گلخانه، تولیدکنندگان این پوشش‌ها در ایران ملزم به استفاده از انواع مستریچ‌های پلیمری در ساختار پوشش گلخانه می‌باشند. از جمله افزودنی‌های مورد استفاده در پوشش می‌توان به مستریچ‌های پایدارکننده UV، جذب‌کننده UV، انواع مستریچ‌های رنگی، لیزکننده، شفاف‌کننده، آنتی‌اکسیدانت، ضد چکه، ضد مه، ضد حریق، شفاف‌کننده، تمیز کننده و غیره نام برد (شرکت مهندسين مشاور پارس رابین، ۱۳۹۸؛ شرکت پرشین پوشش پلیمر، ۱۴۰۳).

پلاستیک‌های سخت

پلاستیک‌های سخت مورد استفاده در گلخانه که از پلی‌کربنات، فایبرگلاس یا اکریلیک ساخته شده‌اند، و در بازار به صورت تک لایه تخت، چند جداره یا تک لایه موجدار عرضه می‌شوند. اشکال موجدار موجب افزایش استحکام پلاستیک شده و موجب افزایش دو تا چهار برابری مقاومت آن در برابر ضربه و بارگذاری جانبی نسبت به شیشه شده است. در حال حاضر ورقه‌های پلی‌کربنات و اکریلیک، دو جداره (برای عایق‌بندی بهتر) یا موجدار هستند.

پلی‌کربنات یک نوع پلاستیک سخت و شفاف می‌باشد و در ساخت وسایل و مصارف مختلف از جمله ساختمان‌سازی از این پلیمر شیمیایی به وفور استفاده می‌شود. این پلاستیک سخت هم به صورت ورق تک لایه و موج دار و یا به شکل ورق ۲ یا ۳ جداره به عنوان پوشش در دیوار و یا سقف گلخانه‌ها به کار می‌رود. در سقف گلخانه معمولاً انواع موجدار آن به کار می‌رود. پلی‌کربنات انعطاف‌پذیر بوده و شعاع خمشی مناسبی دارد. از ویژگی‌های مثبت این پلاستیک می‌توان به وزن سبک‌تر و تجهیزات نگهدارنده کمتر نسبت به شیشه اشاره کرد. یکی دیگر از ویژگی‌های مهم پلی‌کربنات مقاومت بالای آن در برابر ضربه از جمله تگرگ و یا ضربات مستقیم می‌باشد. بنابراین ساختمان گلخانه با این پوشش در برابر آب و هوای مختلف مقاوم خواهد بود. از دیگر مزیت‌های پلی‌کربنات می‌توان به اتلاف پایین انرژی از طریق ورق‌های آن اشاره کرد. به طوری که در تابستان حرارت کمتری به گلخانه راه پیدا خواهد کرد و در زمستان اتلاف حرارتی به بیرون از گلخانه کم خواهد بود. ورق

پلی کربنات امواج UV نور آفتاب را فیلتر می کند. پلی کربنات در مقایسه با شیشه و آکرلیک در برابر تگرگ بسیار مقاوم تر است. برای جلوگیری از قطره ای شدن رطوبت در گلخانه و چکه کردن، می توان سطح پلی کربنات را با ورق های مخصوص هیدروفیل پوشش داد. پوشش پلی کربنات در مقایسه با پوشش پلی اتیلن (فیلم های پلی اتیلن) گران تر می باشد ولی مقاومت و طول عمر بسیار بیشتری دارد. دمای محیط زیر این پوشش معمولاً بالاتر از پلی اتیلن است و انرژی مورد نیاز برای سرمایش آن بیشتر است. مقاومت این پوشش نسبت به خراش نسبتاً کم و احتمال کدر شدن آن با خراش وجود دارد. ورق پلی کربنات در اثر تغییرات دمایی ممکن است منقبض و منبسط شود. به همین دلیل در زمان نصب در سقف، باید از قاب های مناسبی برای نصب استفاده شود. پلی کربنات رایج ترین پلاستیک سخت مورد استفاده در گلخانه است که در ایران از آن بیشتر برای پوشش دیوارهای گلخانه استفاده می شود (آزادشهرکی و همکاران، ۱۴۰۰؛ تیتل و همکاران، ۲۰۱۷).

ورق آکرلیک دیگر پلاستیک سخت مورد استفاده در گلخانه است، ساختار آن شبیه به پلی کربنات، بسیار شفاف بوده و بیشترین میزان عبور نور را در بین پلاستیک های سخت مورد استفاده در گلخانه دارد. مقاومت این پوشش نسبت به خراش از پلی کربنات بیشتر است. این پوشش اشتعال پذیر است و ذرات و گرد و غبار بیشتری به خود جذب می کند. ورق های این پوشش به شکل صاف می باشد. از ویژگی های مثبت دیگر آن می توان به سطح براق، مقاومت بالا در برابر عوامل جوی، جذب رطوبت پایین و مقاومت کششی بالا اشاره کرد. استفاده از این پوشش برای گلخانه های دائمی کمتر مورد تأیید گلخانه داران می باشد (وطن خواه دولت سرا، ۱۳۹۰؛ ماروائس، ۲۰۱۹).

از دیگر پوشش های سخت مورد استفاده در گلخانه می توان به فایبر گلاس ها اشاره کرد. فایبر گلاس ها نوعی پلیمر تقویت شده با فیبر هستند که در آن ها از فیبرهای شیشه ای به عنوان تقویت کننده در دو یا سه بعد استفاده می شود. پلیمرهای تقویت شده بسته به نوع ماده زمینه و فیبر تقویت کننده دامنه متنوعی از ویژگی ها را برای فایبر گلاس فراهم می کند. پلیمر زمینه فایبر گلاس، پلی استر است. از ویژگی های فایبر گلاس می توان به مقاومت

کششی زیاد نسبت به وزن، تحمل دمای زیاد بدون کاهش خواص، پایداری زیاد، مقاومت زیاد به ضربه، پایداری ابعادی، نیاز به مراقبت کم در طول دوره استفاده، شستشوی راحت با استفاده از فشار آب، و مقاومت بیشتر در برابر مواد شیمیایی در مقایسه با پوشش‌های پلاستیکی اشاره کرد. به دلیل فیبر موجود در این پوشش‌ها، نور تابیده شده به پوشش، پخش و به صورت یکنواخت‌تری در گلخانه توزیع می‌شود. در صورت استفاده از صفحه‌های موج‌دار فایبرگلاس در سقف گلخانه، قطرات آب حاصل از میعان در فرورفتگی‌های صفحه جریان یافته و بدون ریزش روی گیاه یا کف گلخانه، به کناره‌های گلخانه جریان می‌یابد. این پوشش‌ها از شیشه ارزان‌تر و از پلی‌اتیلن گران‌تر است. خنک کردن گلخانه‌های با پوشش فایبرگلاس از گلخانه‌های شیشه‌ای آسانتر است. از معایب صفحه‌های فایبرگلاس می‌توان به اشتعال‌پذیر بودن آن‌ها و کاهش عبوردهی نور پس از چند شستشو اشاره کرد. همچنین، هنگامی که این صفحه‌ها در معرض ساییدگی و خراشیدگی قرار می‌گیرد، تجمع گرد و غبار روی آن‌ها به تدریج زیاد و درصد انتقال نور از آن‌ها کاسته می‌شود (آزادشهرکی و همکاران، ۱۴۰۰).

پوشش‌های پلاستیکی سخت بسیار گران‌تر از پلاستیک‌های نرم هستند، اما به طور قابل توجهی ارزان‌تر از شیشه هستند و از نظر هزینه نصب و نگهداری با شیشه قابل مقایسه هستند. ماندگاری پلاستیک‌های سخت به عنوان پوشش معمولاً ۱۰ سال و بیشتر است (تیتل و همکاران، ۲۰۱۷). علاقه‌مندان می‌توانند برای مطالعه بیشتر به دستنامه فنی شناخت و شرایط کاربرد پوشش‌های گلخانه‌ای، انتشارات مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مراجعه نمایند (آزادشهرکی و همکاران، ۱۴۰۰).

شیشه

پوشش‌های شیشه‌ای رایج، شیشه‌های تک‌لایه تخت ۴ میلی‌متری هستند. ضخامت پوشش‌های شیشه‌ای در گلخانه‌ها ۵-۳ میلی‌متر با جرم ویژه ۲/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. چندین مزیت شیشه به عنوان پوشش برای گلخانه را می‌توان به سختی، دوام و طول عمر بالا، غیر قابل احتراق بودن، قیمت مناسب نسبت به طول عمر، گذر نور مناسب در محدوده PAR اشاره کرد. از معایب اصلی شیشه می‌توان به شکننده بودن و وزن آن اشاره کرد.

طول عمر گلخانه‌های شیشه‌ای بالا ولی هزینه احداث آن‌ها نیز نسبت به سایر گلخانه‌ها بالاتر است. شیشه به عنوان پوشش گلخانه دارای نورگذری، طول عمر و پایداری زیاد است، به طوری که پرتوهای فرابنفش نور هم تأثیری بر پایداری و طول عمر آن ندارد. پوشش‌های شیشه‌ای در مقابل تگرگ و برف سنگین آسیب‌پذیر هستند. به علت طول عمر زیاد شیشه، با گذشت زمان و کثیف شدن آن‌ها، از میزان نورگذری آنها کاسته می‌شود و بنابراین، باید همیشه تمیز نگهداشته شود. علاوه بر جنس و کیفیت شیشه، اندازه قاب نیز بر میزان گذر نور از پوشش شیشه‌ای مؤثر است و با کوچک شدن اندازه و افزایش تعداد قاب‌ها در واحد سطح، سایه‌اندازی بیشتر و در مجموع، گذر نور کاهش می‌یابد. شیشه‌های معمولی با ابعاد بزرگ به آسانی توسط برف، تگرگ و باد آسیب می‌بیند ولی تلفات گرما و سایه‌اندازی قاب‌های بزرگ، کمتر است (آزادشهرکی و همکاران، ۱۴۰۰؛ تیتل و همکاران، ۲۰۱۷).

نصب شیشه به عنوان پوشش گلخانه، مشکل‌تر از سایر پوشش‌ها است. شکاف بین شیشه و قاب باید کاملاً با درزگیرهای پلاستیکی مسدود شود تا از نفوذ آب و سرما به داخل گلخانه جلوگیری شود و هدررفت گرمایی و هزینه گرم کردن گلخانه، افزایش نیابد. در مجموع، مقدار تبادل هوا در گلخانه‌های شیشه‌ای نسبت به گلخانه‌های دارای سایر پوشش‌ها، بیشتر است (کرمی و قاسمی قهساره، ۱۳۸۷). با افزایش عمر گلخانه شیشه‌ای، تبادل هوای گلخانه با محیط بیرون افزایش یافته و تلفات گرمایی گلخانه افزایش می‌یابد. به علت سنگین بودن شیشه نسبت به سایر پوشش‌ها، در گلخانه با پوشش شیشه‌ای، سازه مقاوم‌تر و نیز تجهیزات محافظ و نگهدارنده بیشتری در مقایسه با دیگر پوشش‌ها، مورد نیاز است. بزرگ‌ترین مشکل پوشش‌های شیشه‌ای، هزینه اولیه سازه و تجهیزات و نصب آن‌ها است و به همین دلیل، به کار بردن پوشش شیشه‌ای گران‌تر از دیگر پوشش‌ها است. همچنین، هزینه گرم کردن گلخانه‌های شیشه‌ای بالاتر از گلخانه‌های با پوشش پلاستیکی بوده و احتمال شکستن آن با تگرگ زیاد است (برزگر و یادگاری، ۱۳۸۹). علاقه‌مندان می‌توانند برای مطالعه بیشتر به دستنامه فنی شناخت و شرایط کاربرد پوشش‌های گلخانه‌ای، انتشارات مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مراجعه نمایند.

فناوری‌های اخیر تولید پوشش‌های پلی‌اتیلن در جهان

پلی اتیلن (PE) رایج‌ترین نوع پوشش گلخانه‌ای به‌ویژه در مناطق گرم است. بسته به ضخامت پوشش مورد استفاده، طول عمر پوشش متفاوت است. به طور کلی برای کاربرد در گلخانه، حداقل عمر مفید این پوشش‌ها دو سال است، در صورتی که برای کشت‌های زیر پلاستیک و بدون افزودنی، طول عمر پوشش در نهایت شش ماه است. برای استفاده به‌عنوان پوشش گلخانه‌ای، فیلم‌های پلاستیکی با ضخامت ۱۴۰-۲۵۰ میکرومتر ترجیح داده می‌شود که پوشش‌های دارای این ضخامت و دارای افزودنی‌های لازم، عمر طولانی‌تر (۳-۴ سال) دارند. ضخامت پوشش‌های مورد استفاده در ایران بالای ۱۸۰ میکرومتر است. پوشش‌های پلاستیکی نرم در حال حاضر بسیار رایج هستند و خواص آنها همچنان در حال بهبود است. کوپلیمرهای PE و EVA (اتیلن ونیل استات) ماندگاری بیشتری نسبت به PE دارند. افزودن EVA باعث بهبود ویژگی‌های مکانیکی پلی‌اتیلن به‌ویژه مقاومت در برابر ترک‌خوردگی در دماهای پایین و پارگی آن شده است. ترکیب EVA و متالوسن خواص مکانیکی مهمی را برای پلی‌اتیلن بوجود می‌آورد. علاوه بر این، EVA شفافیت را افزایش داده و باعث بهبود ویژگی‌های حرارتی پلاستیک می‌شود. تکنیک‌های اکستروژن همزمان و چند لایه شدن فیلم‌ها در حین فرآیند اکستروژن، فرصت‌های جدیدی برای بهبود عملکرد فیلم‌های پلی‌اتیلینی ایجاد کرده است که منجر به تولید فیلم‌های چندلایه به‌عنوان پوشش گلخانه‌ای شده و ویژگی‌های مکانیکی و سایر ویژگی‌های آن را بهبود داده است. این فناوری‌ها همچنین منجر می‌شود تا توزیع افزودنی‌ها در فیلم بهینه شده و کارآمدی فیلم در درازمدت افزایش یابد. فناوری پیشرفته اکستروژن چندلایه، امکان گنجاندن افزودنی‌های مختلف و بهینه کردن مقادیر مورد استفاده را به تولیدکننده پوشش می‌دهد. استفاده از پوشش‌های چند لایه این امکان را به‌وجود می‌آورد تا با استفاده از افزودنی‌ها در لایه‌های مختلف، در صورت مهاجرت افزودنی از یک لایه، افزودنی در لایه‌های دیگر باقی بماند. به‌طور مثال افزودنی ضد UV در تمام لایه‌ها استفاده می‌شود. در حال حاضر این امکان به‌وجود آمده است که فیلم‌هایی تولید شوند که سطوح مختلفی از امواج UV را از خود عبور دهند (تیتل و همکاران، ۲۰۱۷).

برای کاهش بار حرارتی داخل گلخانه در طول روز در مناطق گرم و کاهش مصرف انرژی گرمایش در آب و هوای سرد، مواد معدنی ویژه‌ای برای استفاده در لایه‌های میانی فیلم‌های چند لایه برای حبس تابش IR (۷-۱۴ میلی‌متر) معرفی شده است. با در نظر گرفتن قیمت انرژی به صورت قیمت‌های جهانی، فیلم‌های حرارتی با کاهش ۲۰ تا ۳۰ درصدی مصرف سوخت و کاهش مخاطرات حاصل از کاهش دما و افت عملکرد و کیفیت محصول، معمولاً در اولین سال پوشش، هزینه اولیه خود را جبران می‌کنند (تیتل و همکاران، ۲۰۱۷؛ آزادشهرکی و همکاران، ۱۴۰۰).

فیلم‌های پلاستیکی که باعث افزایش درصد پرتوهای پخش شده در گلخانه می‌شوند، اجازه نفوذ بهتر نور به سطوح پایین کانوپی گیاه را می‌دهند، که این ویژگی نیز توسط اضافه کردن افزودنی‌های ویژه‌ای به لایه‌های میانی فیلم به دست می‌آید (تیتل و همکاران، ۲۰۱۷).

افزودنی‌های ویژه‌ای که کشش سطحی سطح داخلی (لایه زیرین) ماده پوشش را تغییر می‌دهند، ایجاد قطرات منفرد و چکه کردن را از بین برده و و آن‌ها را به یک لایه نازک پیوسته آب تبدیل می‌کنند که از کناره‌های سقف و دیوارهای گلخانه پایین می‌ریزند. این افزودنی‌ها به لایه‌های داخلی فیلم‌های چند لایه اضافه می‌شود. این افزودنی‌ها تا حدودی با مواد پلیمری ناسازگار بوده و به دلیل مهاجرت این مواد افزودنی به سطح پوشش، اثر ضد چکه حداکثر تا دو سال باقی می‌ماند. در حال حاضر فیلم‌های دارای خاصیت ضد چکه کردن با ماندگاری طولانی در حال توسعه هستند و در آن‌ها بر خلاف فیلم‌هایی که حرکت افزودنی‌های ضد چکه اتفاق می‌افتد و خاصیت ضد چکه کنندگی طی ۲-۱/۵ سال از بین می‌رود، خاصیت ضد چکه کردن و ضد مه برای مدت طولانی‌تر در فیلم باقی مانده و پدیده مهاجرت افزودنی کاهش می‌یابد. این فناوری که از ترکیب پلاستیک‌های هفت لایه با افزودنی‌های ضد چکه به دست می‌آید عمر مفید پلاستیک و خواص آن را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد. در گلخانه‌های پوشیده از فیلم‌های ضد چکه معمولی و تهویه نامناسب، هنگام غروب و طلوع آفتاب امکان تشکیل مه وجود دارد که می‌تواند برای گیاه نامطلوب باشد و نیاز است گلخانه سریعاً گرم یا تهویه شود. فیلم‌های گلخانه‌ای ضد چکه معمولی، عمدتاً برای گلخانه‌های با تهویه خوب با شیب کافی سقف توصیه می‌شود (تیتل و همکاران، ۲۰۱۷؛ شرکت پرشین پوشش پلیمر، ۱۴۰۳). پوشش تولیدشده با فیلم‌های چند لایه و فناوری جدید، نسبت به پلاستیک‌های ضد چکه معمولی، در شیب‌های کمتر نیز قابل استفاده است (شکل ۴). همچنین می‌توان فیلم‌های

گلخانه‌ای با قابلیت ضد مه، ضد گرد و غبار و اثرات خنک‌کنندگی نیز تولید کرد که در مواقع بسیاری می‌تواند برای گلخانه‌داران مفید واقع شده و به مقدار زیادی مصرف انرژی را نیز کاهش دهد (شرکت پلاستیکا^۱ کریتیس، ۲۰۲۳). استفاده از روکش‌های یک مرحله‌ای در فیلم‌هایی که به صورت دو لایه دارای هوای فشرده در گلخانه استفاده می‌شوند پوشش‌هایی را ارائه کرده‌اند که از نظر نصب به نسبت آسان، ایمن و اقتصادی هستند (تیتل و همکاران، ۲۰۱۷).



فیلم ضد چکه معمولی

فیلم ضد چکه با فناوری جدید

شکل ۴- قابلیت استفاده از فیلم‌های ضد چکه جدید برای کاربرد در شیب کمتر گلخانه در مقایسه با فیلم‌های معمولی (شرکت پلاستیکا کریتیس، ۲۰۲۳)

پلاستیک‌های نورگزین و نورتابناک

پلاستیک‌های نورگزین^۲ و نورتابناک (فوتولومینسانس)^۳ می‌توانند طول موج‌های خاصی از نور را جذب یا منعکس کنند. فیلم‌های رنگی نورتابناک (فوتولومینسانس) آبی و قرمز با افزودن مسترچ‌های مخصوص قادرند تابش UV در دامنه ۳۴۰ تا ۳۹۰ نانومتر را جذب و امواج آبی (۴۹۰-۴۰۰ نانومتر) و امواج قرمز (۷۰۰-۶۲۰ نانومتر) را علاوه بر نور مرئی بازگسیل نمایند. استفاده از این فناوری می‌تواند در تنظیم رشد گیاه و کنترل آفات و بیماری‌ها مورد استفاده قرار گیرد. برخی تحقیقات انجام شده در رابطه با مقایسه پوشش‌های نورگزین یا نورتابناک و

۱ - PLASTIKA KRITIS

۲ - Photo-selective

۳ - Photo-luminescent

پوشش‌های معمولی پلی‌اتیلن یا فضای باز، حاکی از افزایش رشد رویشی به‌ویژه در ساقه است (دسالوادور و همکاران، ۲۰۰۸).

مشخص شده است که پلاستیک‌های جاذب UV جمعیت حشراتی مثل سفیدبالک، تریپس و شته‌ها را کنترل کنند. همچنین این پلاستیک‌ها می‌توانند به‌طور مشخص شیوع بیماری کپک خاکستری را کنترل کنند. از آنجایی که زنبورهای گرده‌افشان برای حرکت به امواج UV نیاز دارند، در صورت استفاده از این زنبورها برای گرده‌افشانی گیاهان در گلخانه، در انتخاب فیلم باید توجه شود که حتماً بخشی از امواج UV عبور یابد یا پوشش‌هایی که اجازه ورود بخشی از نور خورشید را نمی‌دهند، استفاده نشود (تیتل و همکاران، ۲۰۱۷؛ آزادشهرکی و همکاران، ۱۴۰۲). از دیگر پلاستیک‌های مدرن معرفی شده در دنیا، پلاستیک‌های نور‌گزین در طیف طول موجی فروسرخ نزدیک می‌باشد که به طور انتخابی طول موج‌های فروسرخ نزدیک (۸۰۰ الی ۲۵۰۰ نانومتر) را فیلتر کرده و طیف نور فتوسنتزی را عبور می‌دهد. این خاصیت که توسط یک افزونه خاص تولید شرکت آیریس به یکی از لایه‌های پلاستیک اضافه می‌گردد، می‌تواند به طور عملی باعث کاهش دمای ۳ الی ۴ درجه‌ای گلخانه گردد که به طور مؤثر در کاهش مصرف آب کشت و سیستم‌های خنک‌کننده نقش خواهد داشت (لروی^۱، ۲۰۱۹).

فناوری‌های اخیر تولید پوشش‌های شیشه‌ای در جهان

پوشش‌های کم‌گسیل و کنترل‌کننده تابش

استفاده از روکش‌های کم‌گسیل^۲ (Low-E) در سال‌های اخیر برای استفاده در شیشه در صنعت ساختمان مورد استقبال بوده است. هدف استفاده از این روکش‌ها کاهش مصرف انرژی است. این روکش‌ها به پوشش توانایی انعکاس تابش در ناحیه مادون قرمز دور (FIR) یا همان تابش گرمای داخل گلخانه، بدون کاهش چشمگیر گذر نور، در ناحیه PAR را می‌دهند. پوشش‌های دارای روکش کم‌گسیل علاوه بر کاهش تلفات حرارتی منجر

۱ - Leroy

۲- Low-emission

به کاهش میعان آب زیر پوشش و کاهش چکه کردن قطرات آب، در صورت دوجداره بودن پوشش می‌شود. استفاده از روکش اکسید قلع دوپ شده با فلوئور^۱ (FTO) یکی از روش‌های روکش‌دار کردن شیشه است (هاماربرگ و روس^۲، ۲۰۰۳). FTO در ضخامت زیر یک میکرومتر شفاف است. اخیراً این امکان به وجود آمده است که ویژگی کم‌گسیل بودن و ضد بازتابی امواج الکترومغناطیس در ناحیه PAR برای پوشش با هم ترکیب شوند (شایسته^۳، ۲۰۲۴). رایج‌ترین فناوری مورد استفاده برای روکش‌دار کردن شیشه‌های ساختمانی استفاده از یک یا دو لایه نقره است که نرم بوده و به رطوبت و خراش حساس است. این فناوری برای شیشه‌های تک‌لایه در گلخانه عملی نیست. FTO در برابر خراش و رطوبت مقاوم بوده و برای پوشش‌های تک‌لایه قابل استفاده است. پوشش‌های کم‌گسیل مقدار ضریب هدایت حرارتی (U) را تنظیم کرده و در دامنه امواج مرئی شفاف هستند (شایسته^۳، ۲۰۲۴). روکش‌های دیگر مورد استفاده در پوشش‌ها کنترل‌کننده‌های تابش هستند که ضریب g (نسبت بین تابش عبوری مستقیم و جذب‌شده) را تنظیم می‌کنند. روکش‌های کنترل‌کننده تابش به صورت غیر فعال یا فعال موجود بوده که در نوع فعال می‌توانند به ولتاژ یا دما پاسخ دهند (گرانکوویست^۴، ۲۰۰۷).

پوشش‌های ضد بازتاب

شیشه‌های تخت معمولی حدود چهار درصد نور مرئی تاییده شده را منعکس می‌کنند، در حالی که با استفاده از روکش‌های ضد بازتاب^۵ (AR) برای آن می‌توان بازتاب نور برخورد کرده را حذف کرد. AR بستگی به شاخص انکسار نور عبوری از روکش در مقایسه با ماده اصلی پوشش (شیشه) دارد. به طور کلی دو نوع روکش تک‌لایه و چند لایه AR وجود دارد. بهینه عملکرد روکش‌های AR یک لایه هنگامی حاصل می‌شود که شاخص انکسار $1/23$ باشد. پوشش‌های تک‌لایه به طور کلی ارزان‌تر بوده و پایه آن‌ها معمولاً مواد نانو متخلخل SiO_2

۱ - Fluor-doped

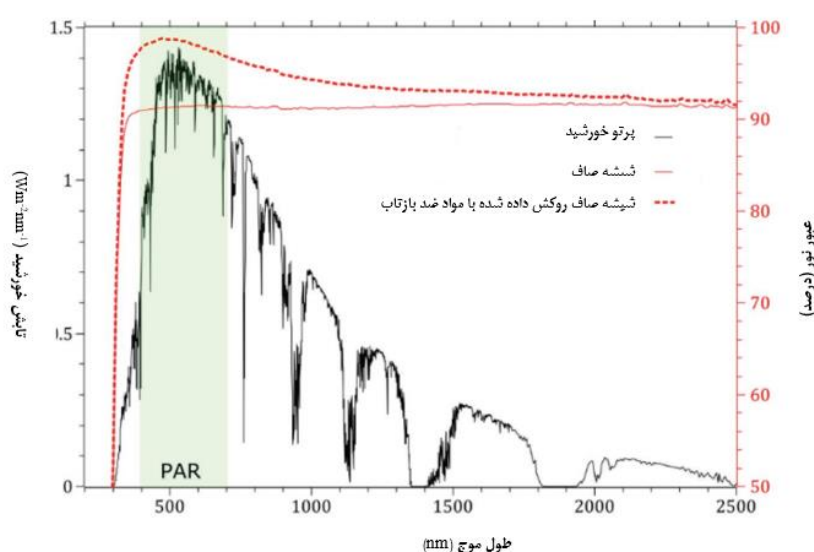
۲ - Hammarberg & Roos

3 -Shayesteh

4 - Granqvist

5- Anti-reflective

CeF_3 و Al_2O_3 ، MgF_2 ، Si_3N_4 می‌باشد. میزان تخلخل و پر بودن مواد نانو مورد استفاده، ضریب شکست را تغییر می‌دهد، در نتیجه ضریب شکست را می‌توان با تغییر تخلخل نانو مواد به‌طور مؤثر تنظیم کرد تا به شرایط مطلوب برسد (شکل ۵). روکش‌های AR تک‌لایه عموماً ارزان هستند، اما اشکال اساسی آن‌ها حساس بودن به خراش است و اخیراً بسیار مورد توجه قرار گرفته است. روکش‌های AR نیز بخشی از تابش NIR را بازتاب می‌کنند ولی این میزان حداکثر چهار درصد است. در سال‌های اخیر استفاده از روکش AR در گلخانه و به‌ویژه در کشور هلند مورد استفاده قرار گرفته است (کارلسون و همکاران^۱، ۲۰۱۷).



شکل ۵- طیف عبوری از شیشه تخت معمولی، شیشه تخت ضد انعکاس (AR) بر پایه نانو مواد متخلخل SiO_2 با ساختار شش وجهی و هوای با چگالی ۱/۵ کیلوگرم بر متر مکعب (کارلسون و همکاران، ۲۰۱۷).

پوشش‌های خودتمیز شونده

در سال‌های اخیر پوشش‌هایی که بتوانند بدون استفاده از کارگر و یا لوازم شستشو به صورت ذاتی تمیز شوند، بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. مزیت اصلی پوشش‌هایی که روکش خودتمیزشونده دارند، کاهش هزینه نگهداری است. در گلخانه‌ها این نوع روکش‌ها ممکن است نه تنها در قسمت بیرونی، بلکه در قسمت داخلی پوشش نیز مورد توجه قرار گیرند. زیرا علاوه بر گرد و غبار، امکان کثیف شدن پوشش از طریق رشد جلبک‌ها،

بقایای مواد شیمیایی و سایر مواد نیز وجود دارد. ویژگی خود تمیزشوندگی پوشش وابستگی به زاویه برخورد قطرات آب به پوشش دارد و زاویه برخورد کمتر از ۵ درجه بسیار آب دوست و زاویه بیشتر از ۱۵۰ درجه بسیار آب گریز^۱ در نظر گرفته می شود.

در مواجهه با امواج فرا بنفش، روکش های TiO_2 بسیار آب دوست شده، گروه های OH ایجاد شده و بدین ترتیب می توان کثیفی ها را با آب شست. علاوه بر این، پس از قرار گرفتن این روکش ها در معرض امواج فرابنفش، TiO_2 به طور فتوکاتالیستی گرد و غبار حاصل از مواد آلی و باکتری هایی که به سطح شیشه چسبیده اند را اکسید می کنند. این موضوع می تواند در علوم باغبانی جالب توجه باشد، زیرا می تواند پاتوژن های عفونی را بین محصول در گلخانه را کاهش دهد (آستارلند و تاپالیان^۲، ۲۰۱۴).

با این وجود، اگر لازم است این فناوری در سطح داخلی شیشه گلخانه به کار برده شود، باید از شیشه کم آهن^۳ استفاده شود. زیرا آهن یک جاذب کارآمد امواج UV در شیشه است. کارایی و طول عمر پوشش فتوکاتالیستی به ساختار کریستال، جهت گیری کریستال و ویژگی های سطح بستگی دارد. این نوع روکش برای شیشه مناسب است زیرا هنگام فعالیت فتوکاتالیستی پلیمرها تجزیه خواهند شد. اخیراً تلاش هایی برای ترکیب فناوری های ضد انعکاسی و خود تمیزشونده با استفاده از روکش های متخلخل SiO_2 دوپ شده با TiO_2 و CeO_2 در حال انجام است (تیتل و همکاران، ۲۰۱۷).

پوشش های فوق آب گریز، پوشش های بیومیمتیک^۴ هستند که در آن ها سعی بر دستیابی به اثر لوتوس (اثر نیلوفر آبی) وجود دارد. گل نیلوفر روی برگ های خود سطحی دارد که باعث تشکیل قطرات آب روی برگ شده و ذرات گرد و خاک و کثیفی، توسط قطره های آب جمع شده از سطح برگ به پایین می غلتند. برگ های نیلوفر آبی دارای ساختار سلسله مراتبی پیچیده ای با چندین لایه از ستون های ۱۰-۵ میکرومتری بوده که سطح آن

1 - Ultra hydrophobic

۲ - Österlund & Topalian

۳ - Low-iron

۴ - Biomimetic

با کریستال‌های موم آب‌گریز پوشیده شده است. بدین ترتیب آب به راحتی از سطح برگ لغزیده و هنگام لغزیدن گرد و خاک را پاک می‌کند. زاویه تماس و زاویه لغزش از پارامترهای مهم در روکش‌های خود تمیزشونده هستند (تیتل و همکاران، ۲۰۱۷).

تری فلورومتیل (CF_3) و پلی‌تترا فلوئورواتیلن (PTFE) یا سایر ترکیبات معدنی فلئوئوردار نمونه‌ای رایج از روکش‌های بسیار آب‌گریز هستند. روکش‌های معدنی غیر فلئوئوری دیگری از قبیل نانو ساختارهای بر پایه سیلیکا نیز برای این فناوری استفاده می‌شوند. مشکل اصلی سطوح دارای روکش خیلی آب‌گریز مقاومت کم در برابر خراش است و نسبتاً طول عمر کمی دارند (تیتل و همکاران، ۲۰۱۷).

سایر فناوری‌های مورد استفاده در پوشش شیشه‌ای

میزان جذب نور و سایر امواج الکترومغناطیس در شیشه عمدتاً به ناخالصی آهن ارتباط دارد. Fe^{2+} دارای دامنه گسترده جذب در ناحیه NIR می‌باشد در حالی که تنها بخش‌هایی از ناحیه مرئی را پوشش می‌دهد. Fe^{2+} و Fe^{3+} هر دو، امواج UV را جذب می‌کنند و پوشش‌های دارای آن‌ها توانایی کنترل امواج UV را دارند. یکی دیگر از روش‌های افزایش گذر تابش خورشیدی از پوشش، استفاده از تکنیک‌های به دام انداختن نور است که معمولاً با ساختاردهی سطح شیشه به دست می‌آید، ولی این امر ممکن است منجر به ایجاد مشکل در تمیز کردن آن شود که در این صورت ایجاد ساختار در ابعاد میکرو یا نانو علاوه بر افزایش گذر نور، قابلیت خود شسته شدن شیشه را نیز حفظ می‌کند (آلسوپ^۱ و همکاران، ۲۰۱۴). مزیت اصلی استفاده از شیشه ساختاریافته برای کاربرد در گلخانه، افزایش پخش نور در گلخانه است. همچنین روش‌های ایجاد ذرات معلق در شیشه که نسبتاً ارزان است برای دستیابی به نور پراکنده قابل استفاده هستند. تقویت استحکام شیشه برای استفاده از شیشه در مواردی که احتمال شکست آن از جمله مناطقی که گاه‌بادهای شدید می‌وزد، مهم است. استفاده از روش‌های حرارتی روشی رایج در افزایش استحکام شیشه است که استحکام شیشه را دو تا سه برابر افزایش می‌دهد. یک ویژگی منحصر به

فرد شیشه‌های تقویت‌شده حرارتی، الگوی شکست آن‌هاست که هنگام شکست به قطعات کوچک شکسته می‌شود و اغلب شیشه ایمن نامیده می‌شود. شیشه ممکن است توسط روش‌های شیمیایی تقویت‌شده باشد، که این روش به طور قابل توجهی گران بوده و بنابراین مناسب صنعت گلخانه نیست (تیتل و همکاران، ۲۰۱۷).

محدودیت‌های موجود تولید پوشش‌های پلاستیکی در کشور

در جدول ۲ مشخصات شرکت‌های تولید کننده پوشش‌های گلخانه‌ای و عضو انجمن ملی گلخانه‌سازان کشور آورده شده است (انجمن ملی گلخانه‌سازان کشور، ۱۴۰۲).

جدول ۲- مشخصات شرکت‌های تولید کننده پوشش‌های گلخانه‌ای

ردیف	نام شرکت	زمینه فعالیت پوشش	نام مدیرعامل	محل فعالیت
۱	پرشین پوشش پلیمر	پوشش‌های پلی اتیلنی	علی محمد مهرآوران	یزد
۲	جوانه پوش پارسه	پوشش‌های پلی اتیلنی	محمد کاظم اوجی	شیراز
۳	گروه صنعتی جی‌لیان‌جی	ورق‌های پلی کربنات	هیبت‌الله خسروی	تهران
۴	پلیمر طلایی یزد	ورق‌های پلی کربنات	سیدعلیرضا ابویی	تهران
۵	نوآوران کیهان پلاستیک پارسام	پوشش‌های پلی اتیلنی	داوود عباسعلی نژاد	تهران
۶	صنایع پوشش گلخانه‌ای ثمن	پوشش‌های پلی اتیلنی	رامین مهدوی	تهران
۷	رخ پلاستیک توس	پوشش‌های پلی اتیلنی	کاظم رضایی	مشهد
۸	ونوس شیشه	شیشه‌های گلخانه‌ای	حسن نوروزی	تهران
۸	رامادُر	شیشه‌های گلخانه‌ای	حامد اسدپور	تهران
۱۰	فایبر گلاس مبارکه	فایبر گلاس	حبيب الله شفيع زاده	اصفهان
۱۱	نیلوفر پلاستیک یزد	پوشش‌های پلی اتیلنی	محسن پوررضایی	یزد
۱۲	شیمی پلاستیک یزد	پوشش‌های پلی اتیلنی	رضا یآوری	یزد

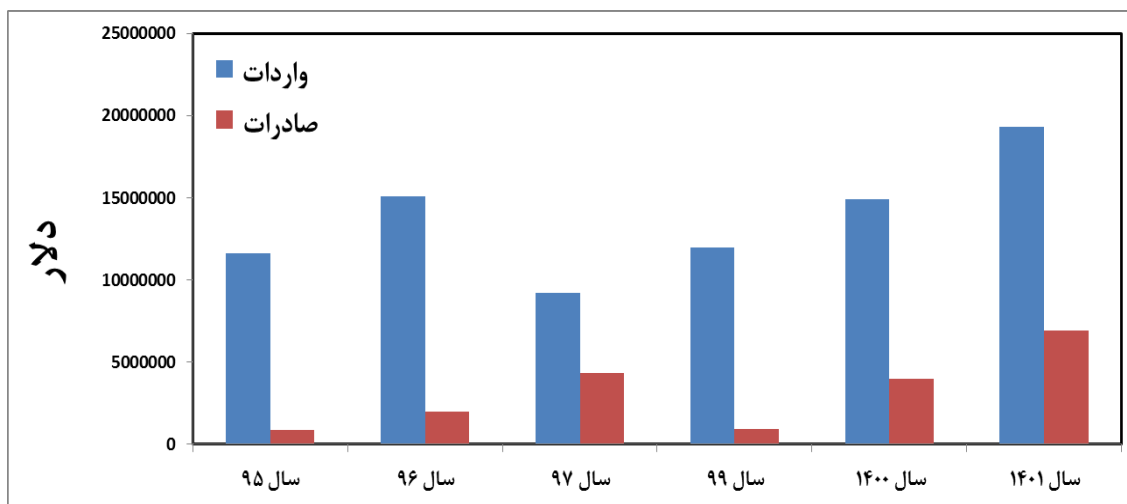
بالغ بر ۹۵ درصد پوشش‌های کشور پوشش پلی اتیلنی است که با احتساب جرم پوشش‌های موجود در بازار (۲۵۰-۲۱۰ گرم در متر مربع) و توسعه حداقل ۲۵۰۰ هکتاری گلخانه در سال و نصب یک‌لایه پوشش، سالانه حداقل ۱۰۰۰۰-۹۰۰۰ تن پوشش پلی اتیلنی در کشور نیاز خواهد بود.

با توجه به اهمیت پوشش در افزایش بهره‌وری گلخانه و از آنجا که اصلی‌ترین پوشش مورد استفاده در گلخانه در کشور پلی‌اتیلن است، در این بخش به اصلی‌ترین چالش‌های موجود در تولید پوشش‌های پلی‌اتیلن بر اساس اظهار نظر تولیدکنندگان، تجربیات نگارندگان نوشتار و سایر منابع پرداخته می‌شود.

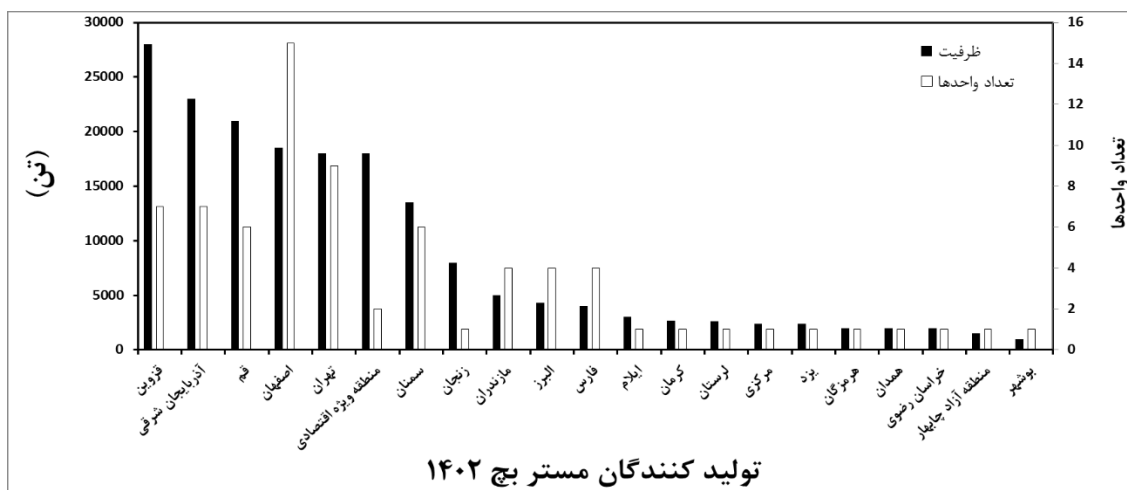
تأمین مواد اولیه

یکی از اصلی‌ترین مشکلات تولیدکنندگان پلاستیک، تأمین مواد اولیه است. صنعت تولید پلاستیک به شدت به محصولات پتروشیمی وابسته است. هرگونه اختلال در صنایع بالادستی، تحریم‌ها یا نوسانات قیمت نفت می‌تواند بر تولید پلاستیک تأثیر مستقیم بگذارد. این وابستگی، برنامه‌ریزی بلندمدت را دشوار می‌سازد. گرانی، افزایش لحظه‌ای نرخ مواد اولیه و عدم ثبات قیمت یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین معضلات در زمینه تولید پوشش‌های پلاستیکی است. از طرفی، متعادل نبودن میزان عرضه و تقاضا و نحوه توزیع نامتناسب مواد اولیه را نیز باید مزید بر علت دانست. در سال‌های اخیر با افزایش تعداد تولیدکنندگان انواع پلاستیک، تقاضا برای مواد اولیه بیشتر شده و این مسئله باعث شده است تا میزان مواد اولیه تخصیص یافته به تولیدکنندگان پوشش‌های گلخانه‌ای پلی‌اتیلن کاهش یابد. با توجه به محدودیت واردات مواد پتروشیمی در کشور، تمامی تولیدکنندگان پوشش پلی‌اتیلن ملزم به استفاده از مواد تولید شده در پتروشیمی‌های داخل کشور بوده که متأسفانه عدم ثبات در کیفیت، شرایط نامناسب عرضه مواد، کمبود عرضه نسبت به تقاضا و رقابتی نبودن شرایط عرضه، کیفیت فیلم‌های مورد استفاده در گلخانه در سال‌های اخیر به شدت تحت تأثیر قرار گرفته است. محدودیت دیگری که در حال حاضر تولیدکنندگان پوشش‌های پلی‌اتیلن گلخانه با آن مواجه هستند، کیفیت پایین برخی مستریج‌های داخلی و مشکلات زیاد برای واردات مستریج‌های با کیفیت و زمان بر بودن فرآیند تخصیص ارز برای واردات می‌باشد (وزین پلاست، ۱۴۰۳؛ سانی پلاست مهر، ۱۴۰۳). در شکل ۶ میزان واردات و صادرات مستریج در سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۱ و در شکل ۷ توزیع تولیدکنندگان آن در کشور در سال ۱۴۰۲ آورده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود حجم واردات

مستربچ‌ها افزایشی بوده و با توجه مشکلات ناشی از تحریم، این امر می‌تواند در فرایند تولید پوشش و در نهایت تولیدات گلخانه‌ای مؤثر باشد (شرکت مهندسين مشاور پارس رابین، ۱۴۰۲).



شکل ۶- میزان واردات و صادرات مستربچ طی سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۱



شکل ۷- توزیع تولید کنندگان مستربچ‌های در کشور

تهیه تجهیزات و لوازم یدکی

کیفیت دستگاه‌های مورد نیاز برای تولید پلی‌اتیلن در کیفیت محصول نهایی بسیار تأثیرگذار است و تجهیزات تولید باید از کیفیت بالایی برخوردار باشند. به همین دلیل بزرگ‌ترین هزینه در شروع کار تولید پلی‌اتیلن، مربوط به خرید تجهیزات است. دستگاه‌های مورد استفاده در صنعت تولید پوشش‌های پلی‌اتیلنی بسیار سنگین و حجیم بوده و در حال حاضر امکان تولید بسیاری از قطعات آن‌ها در داخل کشور وجود ندارد. از طرفی، نوسانات ارزی در کشور نیز باعث شده که هزینه اولیه برای خرید دستگاه‌های خارجی به صورت نجومی افزایش یابد. همچنین

وجود تحریم‌ها و فرآیند زمان‌بر بودن و تخصیص ارز مشکلات زیادی را پیش روی تولیدکنندگان پوشش‌های پلاستیکی گلخانه گذاشته است (پانیدا پلیمر، ۱۴۰۰).

نبود دستورالعمل یا استاندارد جامع اجباری مناسب پوشش‌های گلخانه

محتوی استاندارد ملی پوشش ایران (استاندارد شماره ۱-۲۱۵۵۸) به‌طور عمده منطبق با شرایط اروپا بوده و برای شرایط آب و هوایی کشور ایران بومی‌سازی مناسبی برای این استاندارد صورت نگرفته است. به‌طور مثال در این استاندارد آزمون خزش در دمای ۲۳ درجه سانتیگراد تعریف شده است، در حالی که در بسیاری از مناطق کشور، دمای پوشش بر روی سازه به بیشتر از ۵۰ درجه سانتیگراد نیز می‌رسد. همچنین استاندارد موجود ویژه پوشش‌های پلی‌اتیلنی است و دربرگیرنده سایر پوشش‌ها نمی‌باشد. به‌نظر می‌رسد به منظور بهبود کیفیت فیلم‌های تولیدی در کشور بهتر است استاندارد ملی ایران پس از اصلاح و به‌روزرسانی از حالت تشویقی به اجباری تغییر یابد (نگارندگان).

عدم حمایت‌های لازم از تولید کنندگان محصول با کیفیت

وجود برخی پوشش‌های با دوام و کیفیت کم در بازار، باعث شده است که اعتماد گلخانه‌داران به شرکت‌های تولیدکننده فیلم پلی‌اتیلن کاهش یابد و این امر برای تولیدکنندگان پوشش‌های با کیفیت نیز مشکل ساز شده است. از این رو همانطور که گفته شد اجباری کردن یک استاندارد مناسب که حداقل شاخص‌های لازم در تولید پوشش گلخانه را مد نظر داشته باشد، ضروری به‌نظر می‌رسد. اجباری کردن استاندارد مناسب برای ارتقاء کیفیت پوشش، علاوه بر تأمین نظر گلخانه‌دار، به سود تولیدکننده‌های پوشش با کیفیت خواهد شد (نگارندگان).

نوسانات و قطع برق در صنایع

در کارخانه‌های تولیدکننده فیلم‌های عریض، تولید به صورت پیوسته انجام می‌شود و قطعی برق علاوه بر ایجاد تأخیر و افزایش هزینه در تولید، منجر به ایجاد ضایعات می‌شود. در کارخانه‌های تولید فیلم عریض، راه‌اندازی مجدد، منجر به ایجاد ۱۰۰ تا ۵۰۰ کیلوگرم ضایعات در ابتدای خط تولید می‌شود. کوچکترین نوسان در صنایع

تولید فیلم‌های پلی‌اتیلنی می‌تواند منجر به توقف خط تولید شده و علاوه بر تأخیر در تولید، ضایعات بسیاری را به تولیدکننده تحمیل می‌کند (نگارندگان).

کمبود نیروی کار

در تولید پلی‌اتیلن برای گلخانه نیاز به نیروی کار ماهر است که آموزش لازم برای کار با تجهیزات تولید را دیده باشد. مسأله کمبود نیروی کار، از کارگر ساده گرفته تا نیروی نخبه و متخصص، در حال تبدیل شدن به یک چالش بزرگ و در نهایت بحرانی جدی برای آینده بخش صنعت کشور است. کارکرد بد اقتصاد کلان کشور و وضعیت نامطلوب شاخص‌های آن، اثر سرریزی روی صنعت کشور داشته است؛ تورم مزمن و بالا منجر به از دست رفتن رفاه خانوار و کاهش شدید ارزش پول ملی شده که صرفه اقتصادی کار در حوزه صنعت حتی با وجود ارائه برخی مشوق‌ها از سوی کارفرما را به حداقل رسانده است. این اثر جامعه صنعتی ایران را به یک «جامعه کوتاه‌مدت» بدل ساخته که در آن کارفرما و صاحب کسب و کار توان برنامه‌ریزی حتی برای میان‌مدت را هم ندارد و کارگر نیز ترجیح می‌دهد برای گذران امور معیشتی روزمره به مشاغلی روی بیاورد، که اگرچه امنیت، مهارت‌آموزی، بیمه، رفاهیات یا مزایای جنبی کمتری دارند اما عایدی روزمره آنها بیشتر است و از طرفی برخی سختی‌ها مانند دور بودن محیط کار از شهر و محل سکونت را هم ندارند. در این میان بهره‌گیری از نیروی کار اتباع نیز برای کارفرمایان صنعتی که حداقل نگاهشان بلندمدت است، گزینه مطلوب و دلخواهی نیست و با توجه به ابهام حاکم بر قوانین مهاجرپذیری و غیرشفاف بودن نگاه و مدل نظام حکمرانی در این حوزه، دارای ریسک‌های فراوانی است (اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران، ۱۴۰۳؛ سانی پلاست مهر، ۱۴۰۳).

نبود دانش کافی در تولیدکنندگان پوشش

کمبود دانش برخی تولیدکنندگان فیلم‌های پلی‌اتیلنی باعث شده است تا کیفیت پلاستیک‌های تولید آن‌ها (علی‌رغم برابری قیمت با پلاستیک‌های تولیدشده سایر تولیدکننده‌ها) با کیفیت محصول سایر تولیدکنندگان برابری نکند. همانطور که قبلاً گفته شد استفاده از انواع مسترچ‌ها در تولید پلاستیک‌های پلی‌اتیلنی گلخانه‌ای برای

بهبود خواص پلی اتیلن ضروری است. متأسفانه بسیاری از تولیدکنندگان فیلم پلی اتین بدون اطلاع از ساختار مستریچ‌های موجود، از آن در فرمولاسیون خود استفاده کرده و یا اقدام به خرید این مستریچ‌ها از شرکت‌های نامعتبر می‌نمایند، که این امر موجب کاهش طول عمر و خواص نامطلوب بر روی فیلم‌ها می‌شود. همچنین عدم اطلاع از ویژگی‌های مواد مورد استفاده به‌عنوان مستریچ و استفاده از مستریچ‌ها به‌طور یکسان در تولید پلی اتین‌ها می‌تواند منجر به ایجاد مشکلاتی شود (نگارندگان؛ آزادشهرکی و همکاران، ۱۴۰۰).

در انتخاب مواد اولیه در تولید فیلم‌های پلی اتین گلخانه به‌ویژه مستریچ‌ها داشتن اطلاعات و دانش فنی کامل از ویژگی‌های مستریچ ضروری است. از مهمترین نکات در انتخاب مستریچ درصد مواد فعال آن است. به‌طور مثال در تولید پوشش‌های با ۵ درصد آنتی‌یووی، اگر مستریچ مورد استفاده حاوی ۱۵ درصد مواد فعال باشد در محصول نهایی ۷۵۰ ppm ماده فعال وجود خواهد داشت در حالی که اگر مستریچ حاوی ۲۰ و ۳۰ درصد ماده فعال باشد، در محصول نهایی به‌ترتیب ۱۰۰۰ ppm و ۱۵۰۰ ppm ماده فعال وجود خواهد داشت و به‌این ترتیب کیفیت محصول نهایی با اینکه همگی دارای پنج درصد مستریچ آنتی‌یووی هستند با هم متفاوت خواهد بود. این موضوع در تمامی مستریچ‌های مورد استفاده در فیلم‌های گلخانه‌ای صادق است.

مشاهده شده است تولیدکننده فیلم پلی اتیلن به‌طور ناخواسته از مواد آنتی‌ویروس یا ضد باکتری در تولید پلی اتیلن استفاده کرده که این امر می‌تواند به‌طور مثال موجب اختلال در بینایی حشرات گرده‌افشان شده، گرده-افشانی به‌طور کامل انجام نشده و گلخانه‌دار متحمل خسارت بالایی شود. در تولید و استفاده از پلاستیک‌های پلی اتیلنی باید هم تولیدکننده مواد اولیه و افزودنی‌ها را آگاهانه انتخاب کند و هم اطلاع‌رسانی کافی درباره ویژگی‌های پوشش‌های گلخانه‌ای به گلخانه‌دار رسانده شود. همچنین تولیدکنندگان فیلم باید حتماً از مواد و افزودنی‌هایی استفاده کنند که کمترین میزان تأثیر بر عبور نور مرئی را داشته باشد (نگارندگان؛ آزادشهرکی، ۱۴۰۰).

نبود دانش کافی در گلخانه‌داران

به دلیل شرایط نامناسب بسیاری از گلخانه‌ها، عدم رعایت استانداردها و نبود نظارت‌های کافی در ساخت گلخانه و نصب فیلم توسط نصاب، کارایی پوشش‌های گلخانه به شدت تحت تأثیر قرار گرفته و این مسئله برای تولیدکنندگان پوشش جای نگرانی دارد. عدم رعایت استانداردها، دستورالعمل‌ها و توصیه‌های تولیدکننده در نصب و نگهداری پوشش پلی‌اتیلن می‌تواند پوشش‌های با کیفیت را نیز در مدت کوتاهی از بین ببرد. از آن جا که نصب پوشش بر روی گلخانه سهم بسیار مهمی در دوام آن و همچنین بهینه‌سازی انرژی دارد، لازم است دستورالعمل مشخصی برای نصب آن بر روی سازه‌های گوناگون تدوین گردد (آزادشهرکی، ۱۴۰۰).

از جمله مشکلاتی که در استفاده از پوشش برای بهره‌بردار می‌تواند قابل توجه باشد، کاهش طول عمر مفید پوشش توسط استفاده از سموم شیمیایی در گلخانه است. تأثیر مخرب سموم بر ساختار پلیمر، باعث می‌شود تا فیلم‌های گلخانه‌ای در مدت زمان بسیار کوتاه‌تری از عمر مفید آن دچار پارگی شود و این موضوع به اشتباه به کیفیت پلاستیک تولیدی ارتباط داده می‌شود. حداکثر میزان مجاز سموم برای هر پوشش باید توسط تولیدکننده پوشش اعلام شده و گلخانه دار باید توجه نماید که در تمام طول مدت کارکرد پوشش، میزان سموم مورد استفاده از میزان توصیه شده بیشتر نباشد. هر چه این میزان در سال‌های اولیه و سریع‌تر استفاده شود پوشش بیشتر تحت تنش قرار گرفته و تخریب آن تسریع می‌یابد. بسیاری از کشاورزان از تأثیر منفی سموم بر روی فیلم گلخانه آگاهی نداشته و لازم است طی دوره‌های آموزشی این موضوع به اطلاع کشاورزان رسانده شود، یا به صورت راهنمای استفاده توسط شرکت تولیدکننده فیلم به اطلاع کشاورز رسانده شود (آزادشهرکی، ۱۴۰۰).

مستربچ‌های آنتی-یووی در پوشش‌ها می‌تواند با سولفور و کلر وارد واکنش شده و بر ساختار پلیمر تأثیر می‌گذارد. همچنین یون آهن با تخریب ساختار پلیمری به پوسیدگی سریع‌تر پوشش‌های پلیمری می‌شود. این موضوع حتماً باید در سازه‌های فولادی و به‌ویژه سازه‌های قدیمی و زنگ زده مورد توجه واقع شود (بی‌نام، ۱۳۹۵). برخی از گلخانه‌داران بدون مطالعه و تأثیر نوع رنگ پوشش بر ویژگی‌های نوری گیاه، از پوشش‌های رنگی استفاده می‌کنند که می‌تواند در صورت استفاده نامناسب منجر به تأثیر منفی بر رشد گیاه داشته و عملکرد و کیفیت

محصول نهایی را کاهش دهد. گازهای متصاعد شده ناشی از سوخت‌های فسیلی برای پلاستیک مضر است. لازم است سیستم گرمایشی از نظر نشت گازهای حاصل از سوختن، کنترل و عایق بندی شود. همچنین خروجی وسایل گرمایش باید به نحوی باشد که دود خروجی با پلاستیک تماس پیدا نکند. دمای بالاتر از ۴۵ درجه سانتیگراد می‌تواند باعث آسیب دیدن و ضعیف شدن پلاستیک گلخانه‌ای شود و از این رو لازم است گلخانه به صورت مناسب تهویه شود.

در پایان مجدداً توصیه می‌شود شرایط مناسب نگهداری و استفاده از پوشش توسط کارخانه تولیدکننده به اطلاع گلخانه‌دار رسانده شود و گلخانه‌دار در تولید استفاده از پوشش به توصیه‌های تولیدکننده عمل کند (آزادشهرکی، ۱۴۰۰؛ شرکت پرشین پوشش پلیمر، ۱۴۰۳).

فهرست منابع

- آزادشهرکی، ف.، زارعی، ق. و حسینی، گ. ۱۴۰۳. ارزیابی وضعیت موجود گلخانه‌های استان‌های اصفهان و تهران. گزارش علمی - تحلیلی، انتشارات مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ثبت ۶۶۳۶۶.
- آزادشهرکی، ف.، جمشیدی، ب. و رضاییگی، م. ۱۴۰۲. شناخت روش‌ها و فناوری‌های نوری کنترل آفات در کشاورزی. انتشارات مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ثبت ۶۴۶۵۸.
- آزادشهرکی، ف.، جوادی مقدم، ج. و زارعی، ق. ۱۴۰۰. دستنامه فنی شناخت و شرایط کاربرد پوشش‌های گلخانه‌ای. انتشارات مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ثبت ۵۹۸۰۳.
- برزگر، ر. و یادگاری، م. ۱۳۸۹. مدیریت تولید در گلخانه. انتشارات مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی. ۲۴۶ صفحه.
- بی‌نام. ۱۳۹۵. پلاستیک‌ها - فیلم‌های چند لایه گرمانرم مورد استفاده در کشاورزی و باغبانی - الزامات و روش‌های آزمون، شرایط نصب، استفاده و جمع‌آوری فیلم. قسمت ۱: فیلم‌های پوششی گلخانه. انتشارات سازمان ملی استاندارد ایران شماره ۱-۲۱۵۵۸. ۶۴ صفحه.
- بی‌نام. ۱۴۰۲. انجمن ملی گلخانه‌سازان کشور. ۱۴۰۲. ۱۰۴ صفحه.
- پرشین پوشش پلیمر. (۱۴۰۲). <https://persianpoushesh.com/effects-persian-films-polymer-coatings>
- زارعی، ق. ۱۳۹۶. چالش‌های سازه‌های گلخانه‌ای در ایران. مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۲، شماره.
- شمس کیا، ف. و کرمی، ط. ۱۳۹۲. اصول و مبانی احداث و مدیریت گلخانه. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. ۴۰۵ صفحه.
- وطن خواه دولت سرا، ج. ۱۳۹۰. پلاستیک‌های صنعتی: خواص و کاربرد. نشر دایره صنعت. ۲۳۶ صفحه.
- شرکت مهندس مشاور پارس رابین. (۱۴۰۲). طرح تولید مستریچ پلیمری. <https://etarh.com>
- وزین پلاست. (۱۴۰۳). مشکلات تولید نایلون. <https://www.vazinplast.com>
- سانی پلاست مهر. (۱۴۰۳). <https://saniplastmehr.com/nylon-production-problems>

پانیدا پلیمر. نایلون و پلاستیک و بررسی معضلات و مشکلات. (۱۴۰۰). <https://panizapolymer.com>.

اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران. معضل کمبود نیروی کار صنعتی. (۱۴۰۳). <https://news.tccim.ir/?78256>.

Al-Mahdouri, A., Baneshi, M., Gonome, H., Okajima, J., & Maruyama, S. (2013). Evaluation of optical properties and thermal performances of different greenhouse covering materials. *Solar Energy*, 96, 21-32.

Allsopp, B., Orman, R., Johnson, S. R., Baistow, I., Lundstedt, K., Sundberg, P., & Karlsson, S. (2016). Towards ultra-thin glasses for solar energy applications. In 32nd European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (EU PVSEC 2016), June 20-24, 2016, Munich, Germany

Baeza, E., & López, J. C. 2012. Light transmission through greenhouse covers. In VII International Symposium on Light in Horticultural Systems 956 (pp. 425-440).

Baille, A. (2000, March). Trends in greenhouse technology for improved climate control in mild winter climates. In V International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Current Trends for Sustainable Technologies 559 (pp. 161-168).

Blanco, I., Luvisi, A., De Bellis, L., Schettini, E., Vox, G., & Scarascia Mugnozza, G. (2022). Research trends on greenhouse engineering using a science mapping approach. *Horticulturae*, 8(9), 833.

Anon. 2018. Greenhouse glass - Determination of optical properties of greenhouse covering materials and screens. NEN 2675+C1:2018 en. Standards ICS codes 81.040.20,65.040.30.

De Salvador, F. R., Scarascia Mugnozza, G., Vox, G., Schettini, E., Mastroilli, M., & Bou Jaoudé, M. (2008). Innovative photoselective and photoluminescent plastic films for protected cultivation. *Acta Hortic*, 801(PART 1), 115-121.

FAO, 2009. Feeding the world in 2050. <https://www.fao.org/4/k6021e/k6021e.pdf> . World Summit of Food Security. 2009

Granqvist, C. G. (2007). Transparent conductors as solar energy materials: A panoramic review. *Solar energy materials and solar cells*, 91(17), 1529-1598.

Jensen, M. H., & Malter, A. J. (1995). Protected agriculture: a global review.

Hickman, G. International Greenhouse Vegetable Production—Statistics (2019 Edition); Cuesta Roble Greenhouse Vegetable Consulting: Mariposa, CA, USA, 2019.

Karlsson, S., Järn, M., Welinder, J., Andersson, A., Liinanki, M., & Försth, M. (2017). Transparent intelligens för en bättre värld-en sammanfattning av fyra år med TIME. *GLAS*, (2), 58-59.

- Leroy A., B. Bhatia, C. C. Kelsall, A. Castillejo-Cuberos, M. Di Capua H., L. Zhao, L. Zhang, A. M. Guzman and E. N. Wang; High-performance subambient radiative cooling enabled by optically selective and thermally insulating polyethylene aerogel; *Science Advances*, 2019; 5, eaat9480. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat9480>
- Lamont, W. J. (2009). Overview of the use of high tunnels worldwide. *HortTechnology*, 19(1), 25-29.
- Österlund, L., & Topalian, Z. (2014, November). Photocatalytic oxide films in the built environment. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 559, No. 1, p. 012009). IOP Publishing.
- Qiu, L., & Wu, S. (2021). Trade-offs between economic benefits and environmental impacts of vegetable greenhouses expansion in East China. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(40), 56257-56268.
- Shayestehaminzadeh, S. (2024). GREENHOUSE GLAZING. Publication number: 20240351942. <https://patents.justia.com/patent/20240351942>.
- Takeshima, H., & Joshi, P. K. (2019). Protected agriculture, precision agriculture, and vertical farming: Brief reviews of issues in the literature focusing on the developing region in Asia (Vol. 1814). *Intl Food Policy Res Inst*.
- Teitel, M., Vitoshkin, H., Geoola, F., Karlsson, S., & Stahl, N. (2017, August). Greenhouse and screenhouse cover materials: Literature review and industry perspective. In *International Symposium on New Technologies for Environment Control, Energy-Saving and Crop Production in Greenhouse and Plant* 1227 (pp. 31-44).
- Tilman, D.; Balzer, C.; Hill, J.; Befort, B.L. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2011, 108, 20260–20264.
- Xin, M., Shuang, L., Yue, L., & Qinzhu, G. (2015). Effectiveness of gaseous CO₂ fertilizer application in China's greenhouses between 1982 and 2010. *Journal of CO₂ Utilization*, 11, 63-66.

Current Status and Perspective of Greenhouse Glazing

Abstract

One of the options for reducing the problems of the agricultural sector is the development of greenhouses and other protected environments which, in addition to increasing water productivity, has other benefits such as employment and increasing exports. Choosing a suitable glazing is very important to achieve an optimal controlled environment, especially in relation to temperature and the intensity and wavelength of solar radiation. Each glazing, depending on its type, will affect the microclimate of the greenhouse and subsequently the plant. The most common glazing used for greenhouses in Iran, is polyethylene. The successful production and proper use of polyethylene glazing requires coordination between some primary industries, producers of additives and master batches, and the appropriate knowledge of glazing producers and farmers. In this report, in addition to the overview of the characteristics of the types of greenhouse glazing, it has been tried to review the technologies of glazing production in the world and the challenges of its production, especially for polyethylene glazing in Iran.

Keywords: Glass, Glazing, Greenhouse, Polycarbonate, Polyethylene

**MINISTRY OF AGRICULTURE- JAHAD
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION AND EXTENSION ORGANIZATION
AGRICULTURAL ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE**

Report Title: Current Status and Perspective of Greenhouse Glazing

Written by: F. Aazadshahraki, S. Rajabi, M. Shayesteh, H. Forghani

Location: Alborz Province

Start date: 2024

Duration: 8 Months

Publisher: Agricultural Engineering Research Institute (AERI)

Tirage: -

Date of issue: 2025



Islamic Republic of Iran
Ministry of Agriculture - Jihad
Agricultural Research, Education and Extension Organization
Agricultural Engineering Research Institute

Analytical Report:

Current Status and Perspective of Greenhouse Glazing

Written by:

F. Aazadshahraki &
S. Rajabi, M. Shayesteh, H. Forghani

NO.: 67339

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