به زراعی کشاورزی
دوره ۱۶ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۳
صفحه‌های ۴۴۳-۴۳۱

بررسی اثر خُرداقلیم تونل‌های پلاستیکی بسته و مشبک بر گسترش سطح برگ و مراحل فنولوژیک خیار

اسماعیل حاتمی [۱]*، محمود رائینی سرجاز [۲]، ویدا چالوی [۳] و حاتم حاتمی [۴]

۱. کارشناس ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکدهٔ مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۲. دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکدهٔ مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۳. استادیار، گروه باغبانی، دانشکدهٔ علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۴. کارشناس ارشد زراعت، بخش کشت دوم، مرکز ترویج و توسعهٔ تکنولوژی هراز (کاپیک)، محمودآباد، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۰۴/۲۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۲/۱۶

چکیده

در فصل‌های سرد، رشد خیار در هوای آزاد با سرماهای کشنده روبه‌رو می‌شود. تونل‌های پلاستیکی می‌تواند گرمای مناسبی برای کشت خیار فراهم کند. هدف از اجرای پژوهش حاضر، بررسی مراحل فنولوژی و گسترش سطح برگ خیار در خُرداقلیم های پلاستیکی متفاوت برای امکان‌سنجی کشت این محصول در تونل های پلاستیکی مشبک با محیط رویشی مناسب است. در این پژوهش، از سه خُرداقلیم شامل ۱. تونل پلاستیکی کاملاً پوشیده (MC)؛ ۲. تونل پلاستیکی مشبک (MP10) با ۱۰۰ سوراخ (به قطر ۱۰ میلی متر) در هر متر مربع؛ و ۳. تونل پلاستیکی مشبک (MP15) با ۱۰۰ سوراخ (به‌قطر ۱۵ میلی‌متر) در هر متر مربع، به‌عنوان تیمارهای آزمایشی در طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار استفاده شد. مقایسهٔ داده‌های این پژوهش، با بهره‌گیری از آزمون میانگین‌های SNK، گویای تفاوت معناداری در جمع درجه – روز رویشی و سطح برگ خیار در تیمارها بود. مراحل فنولوژیک خیار در تونل MC همواره زودتر از خیارهای تونل‌های مشبک رخ می‌داد. تعداد برگ و شاخهٔ فرعی ثانویهٔ خیار در تونل MC به‌طور معناداری بیشتر از تونل‌های مشبک بود. در پایان دورهٔ اندازه گیری، سطح برگ بوته ها در تونل MP10 به‌مقدار آن در تونل MC بسیار نزدیک شد. در نتیجه تونل MP10 با خُرداقلیم متعادل می‌تواند گزینهٔ مناسبی برای پیش‌رس کردن خیار باشد.

کلیدواژه‌ها: تعداد برگ، درجه–روز رویشی، دما، زودرسی، شاخهٔ فرعی.

* نویسنده مسئول Email: hatami.esmaeil@yahoo.com

۱. مقدمه

خیار[1] گیاهی یکساله از خانوادهٔ کدوییان و ویژهٔ فصل گرم است. رشد ساقه و گسترش برگ خیار با میانگین دمای هوا در بازهٔ ۱۹ تا ۲۶ درجهٔ سانتی گراد به‌طور خطی افزایش می‌یابد [۱۴]. از جنبهٔ فنولوژیک دست‌کم سه عامل محیطی دما، انرژی خورشیدی و فتوپریود[2] بر گل‌انگیزی و بروز جنسیت در خیار اثر دارند. شرایط آب‌وهوایی خنک تولید گل های ماده را برمی‌انگیزاند. میانگین دما در این زمینه اهمیت بیشتری دارد، ولی دمای شبانه نیز به‌صورت معناداری در بروز جنسیت نقش دارد [۱۸]. به‌طور کلی، نور زیاد برای تولید گل‌های ماده مناسب است، درصورتی‌که سایه دهی یا تابش کم، آغاز گلدهی را به تأخیر می‌اندازد [۱۰ ، ۱۳].

در حدود ۱۹۰۰ هکتار از اراضی استان مازندران با عملکرد ۲۱/۵ تن در هکتار زیر کشت خیار قرار می گیرد که حدود ۵۰۰ هکتار آن با استفاده از تونل‌های پلاستیکی[3] پیش‌رس می‌شود. این پوشش‌ها در شماری از گونه‌های کدوییان (کدو، خیار و هندوانه) موجب افزایش رشد ۲۵ درصدی محصول شده است [۹]. تونل‌ها به‌طور معمول از پلی‌اتیلن[4]، پلی‌استر[5] یا پلی‌پروپیلن[6] ساخته می‌شوند. تونل‌های پلاستیکی با وجود داشتن مزایایی همچون افزایش دمای پیرامون گیاه، کاهش مصرف آب و حفاظت گیاه در برابر آسیب‌های مکانیکی باد، به‌دلیل دما و رطوبت زیاد، شرایط لازم را برای گسترش بیماری‌های قارچی فراهم می کنند. این پیشامد، مصرف زیاد سموم برای مبارزه با این بیماری‌ها را در پی دارد [۷]. مقدار قارچ‌کش بنومیل[7] و مانکوزب[8] در خیارهای تولیدی شهرستان‌های استان مازندران سه تا چهاربرابر استاندارد اعلام‌شدهٔ فائو است [۲].

با توجه به اینکه عامل اصلی افزایش دما در زیر تونل های پلاستیکی، افزایش ضخامت لایهٔ مرزی گیاه و در پی آن کاهش همرفت به دلیل سکون هوا است [۲۱، ۲۴، ۲۷]. استفاده از تونل های پلاستیکی مشبک[9] (منفذدار) روشی ساده برای تعدیل دما و رطوبت در پیرامون گیاه در کشت های پلاستیکی است. در این تونل ها به‌دلیل سکون هوا و افزایش ضخامت لایهٔ مرزی، دما نسبت به محیط آزاد افزایش چشمگیری خواهد داشت. اما به‌دلیل تهویه از راه سوراخ‌های تعبیه‌شده در تونل‌های مشبک، دما و رطوبت نسبی در خُرداقلیم‌های پلاستیکی مشبک نسبت به خُرداقلیم بسته (تونل های رایج بدون منفذ) کمتر خواهد بود [۲۰]. ارزیابی خُرداقلیم‌های زیر پوشش‌های پلاستیکی پلی‌اتیلن بسته و مشبک، با سطح سوراخ ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد، نشان داد که با افزایش سطح سوراخ‌ها به‌دلیل افزایش تهویه، میانگین دمای روزانه کاهش یافت و بیشینهٔ میانگین دما در پوشش کاملاً بسته اتفاق افتاد [۱۶]. در تونل‌هایی با پلاستیک‌های سوراخ‌شده یا تونل‌هایی با پهلوی باز در طول روز، تهویه به‌خوبی انجام می‌گیرد و چگالش بخار آب و رشد علف‌های هرز کاهش می‌یابد، در نتیجه این تونل‌ها، کمتر از تونل‌های رایج به مدیریت نیاز دارند [۸]. ارزیابی متغیرهای محیطی زیرتونل‌های پلاستیکی کوتاه با درصدهای سوراخ ۰/۷۸، ۱/۵۷، ۲/۳۵ و ۳/۱۴ نشان داد کاهش دمای میانگین روزانه با افزایش تعداد سوراخ، اثبات کنندهٔ عملی بودن تهویه در تونل های پلاستیکی مشبک است [۴]. بررسی اثر پلاستیک های پلی‌اتیلن با درصد سوراخ‌های متفاوت ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ در کشت کاهو نشان داد که دما و رطوبت هوا زیر

1. Cucumis sativus
2 Photoperiod
3. Plastic Tunnel
4. Polyethylene
5. Polyester
6. Polypropylene
7. Benomyl
8. Mancozeb
9. Perforated Plastic Tunnel

پوشش های پلاستیکی با درصد سوراخ رابطهٔ عکس دارد [۱۷]. افزایش تهویهٔ طبیعی در گلخانه‌های پلاستیکی به‌مدت سه ساعت در صبح و شب به‌صورت روزانه از ۱۰ تا ۲۰ اردیبهشت، مدت زمان ماندگاری شبنم روی برگ های خیار را کاهش داد. استفاده از تهویهٔ طبیعی در تمام طول شب در ۱۰ روز پایانی اردیبهشت و در ۱۰ روز نخست خرداد سفیدک دروغین را به‌ترتیب ۸۶ و ۴۶ درصد کاهش داد [۵]. بنابراین می‌توان استفاده از تونل‌های پلاستیکی مشبک را که نسبت به تونل های پلاستیکی بسته، شرایط دمایی و رطوبتی متعادل‌تری دارند، به‌عنوان راهکاری ساده در کاهش مصرف سموم قارچ کش در تولید خیار بررسی کرد.

هدف پژوهش حاضر، مطالعهٔ استفاده از تونل های پلاستیکی مشبک در مقایسه با تونل های پلاستیکی بسته برای تولید خیار به‌روش پیش‌رس کردن است. در این مقاله، اثر خُرداقلیم‌های متفاوت تونل‌های پلاستیکی مشبک و بسته بر گسترش سطح برگ، درجه-روز رویشی فراهم در هر خُرداقلیم و مراحل فنولوژیک[1] گیاه خیار بررسی شد تا تولید خیار در خُرداقلیم تونل های پلاستیکی مشبک امکان‌سنجی شود.

۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش در مرکز ترویج و توسعهٔ تکنولوژی هراز (کاپیک) واقع در شهرستان محمودآباد، استان مازندران انجام گرفت. این مرکز در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۱۰ دقیقه و ۱۸ ثانیه قرار دارد. ارتفاع آن از سطح دریای آزاد ۵/۵ متر است. استان مازندران از شمال به دریاچهٔ مازندران و از جنوب به رشته‌کوه البرز ختم می شود. شهرستان محمودآباد بر پایهٔ تقسیم‌بندی دمارتن دارای اقلیم مرطوب است.

برای بررسی ویژگی‌های رویشی گیاه خیار زیر پوشش های پلاستیکی از سه خُرداقلیم ۱. تونل پلاستیکی پوشیده MC؛ ۲. تونل پلاستیکی مشبک (MP10)، با ۱۰۰ سوراخ (به قطر ۱۰ میلی‌متر) در هر متر مربع (۱/۸۴ درصد از سطح پوشش)؛ و ۳. تونل پلاستیکی مشبک (MP15) با ۱۰۰ سوراخ (به‌قطر ۱۵ میلی‌متر) در هر متر مربع (۴/۱۳ درصد از سطح پوشش)، به‌عنوان تیمارهای آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار استفاده شد. این تونل ها به عرض ۳/۳ متر، ارتفاع ۱/۷ متر و طول ۶ متر احداث شدند. برای ساخت چارچوب تونل ها از میلگردهای فولادی بدون آج به قطر ۱۰ میلی متر و برای پوشش آن از پلاستیک پلی اتیلن استفاده شد. با توجه به زاویهٔ تابش خورشید در عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر از ۴۲ درجه، تونل ها در جهت شمالی- جنوبی احداث شد. داده‌های این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخهٔ ۹/۱) تجزیه شدند. برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون چنددامنهٔ استیودنت- نیومن- کویل[2] (SNK) استفاده شد.

برای ایجاد سوراخ روی پلاستیک از استوانه‌های فلزی (سمبه) به قطرهای ۱۰ و ۱۵ میلی‌متر و یک تخته‌چوب استفاده شد. تخته‌چوب در بخش زیرین پلاستیک قرار داده می شد و در بالای همان ناحیه سمبه قرار می گرفت. با زدن ضربه روی سمبه، سوراخ دایره‌شکلی روی پلاستیک ایجاد می‌شد. سوراخ‌ها به فاصلهٔ ۱۰ سانتی‌متر از یکدیگر ایجاد شد تا تراکم آن روی پلاستیک به ۱۰۰ عدد در متر مربع برسد. محدودهٔ ایجاد سوراخ مطابق با عرض کرت تحت پوشش تونل در نظر گرفته شد، زیرا در این عرض همرفت جرم و انرژی اتفاق می‌افتد.

برای اندازه‌گیری سطح برگ خیار از رابطهٔ پیشنهادی چو[3] و همکاران [۲۰۰۷] استفاده شد [۳۰]:

$$LA = -210.61 + 13.36W + 0.54LW \qquad (1)$$

در این رابطه، W: پهنا؛ L: طول برگ (میلی‌متر)؛ و LA: مساحت برگ (میلی‌متر مربع) است.

1. Phenology

2. Student- Newman- Keuls

3. Young Yeol Cho

جدول ۱. مراحل اصلی رشد خیار براساس دستور کار BBCH

کد مراحل اصلی رشد	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
شرح کد	جوانه‌زنی	توسعهٔ برگ	تشکیل شاخه‌های فرعی	-	-	ظهور گل	گلدهی	توسعهٔ میوه	رسیدن میوه و دانه	دورهٔ پیر شدن

در هر یک از نُه تونل شش بوته به طور تصادفی برگزیده شد و اندازه گیری به‌صورت پیوسته به فاصلهٔ ۷ روز انجام گرفت. شش بار اندازه‌گیری صورت گرفت و اندازه گیری ۱۱ روز پس از کاشت (بیست وهفتم اسفند ۱۳۸۹) آغاز و ۵۲ روز پس از کاشت (هشتم اردیبهشت ۱۳۸۹) پایان یافت. با این حال، در هفته های بعد که به‌دلیل رشد بوته های خیار و تداخل ساقه های مجاور به یکدیگر، امکان آسیب رسیدن به بوته‌ها وجود داشت، اندازه‌گیری سطح برگ ادامه نیافت.

مراحل فنولوژیک گیاه خیار بر پایهٔ دستور کار BBCH[1] مورد دیدبانی قرار گرفت. این دستور کار برای یکسان‌سازی کدگذاری مراحل فنولوژیک گونه های گیاهان تک‌لپه و دولپه است که با همکاری سازمان‌های پژوهشی کشاورزی و گیاه‌شناسی کشور آلمان تهیه شده است. این دستور کار مراحل رشد گیاه را به نه مرحلهٔ اصلی تقسیم می کند و هر مرحلهٔ اصلی شامل مراحل فرعی رشد است. در جدول ۱ مراحل اصلی رشد خیار آمده است. در پژوهش حاضر دیدبانی‌های فنولوژی از ۱۰ روز پس از کاشت (بیست وششم اسفند ۱۳۸۸) آغاز شد و دو دیدبانی نخست در بازهٔ دَه‌روزه و بقیه در بازه های هفت‌روزه، تا ۵۷ روز پس از کاشت (سیزدهم اردیبهشت ۱۳۸۹) ادامه یافت. در هر تونل چهار بوته مورد دیدبانی فنولوژیک قرار گرفت.

در این پژوهش، از خیار رقم 'ویکتور' استفاده شد. بذرها پس از خیساندن و جوانه‌زنی به گلدان‌های پلاستیکی منتقل شده و چهار هفته در گلخانه نگهداری شدند. بوته های خیار دو تا چهاربرگی، در شانزدهم اسفند ۱۳۸۸ در زیر تونل‌ها در چهار ردیف با تراکم دو بوته در هر متر مربع نشا شدند. برای جلوگیری از بوته‌میری ناشی از فعالیت قارچ های خاک‌زی بی‌درنگ پس از نشا، اطراف بوته ها با قارچ کش کاربندازیم ۶۰ درصد پودروتابل[2] سمپاشی شد. برای جلوگیری از گسترش بیماری‌های قارچی، به‌ویژه سفیدک دروغین، در مجموع چهار مرتبه سمپاشی روی بوته‌ها انجام گرفت. در دورهٔ رشد رویشی یک بار از قارچ‌کش مانکوزب[3] با دورهٔ کارنس چهارده‌روزه و در دورهٔ برداشت سه بار از قارچ کش اکوایشن پرو[4] با دورهٔ کارنس سه‌روزه استفاده شد. هر سه تیمار، همزمان شش بار آبیاری شدند.

1.Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical industry (Federal Biological Research Centre, Federal Office of Plant Varieties and Chemical Industry)

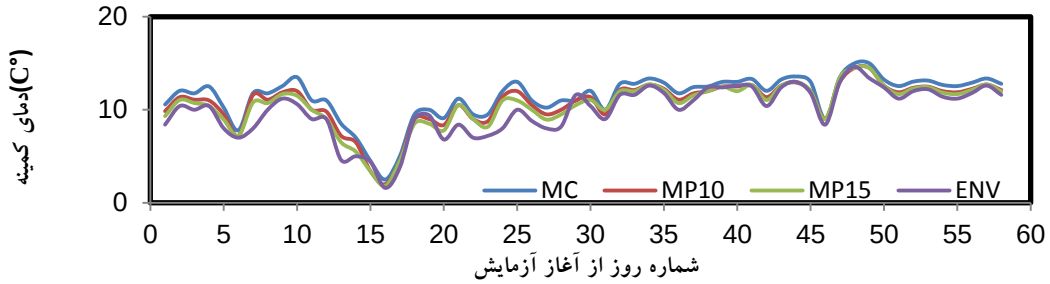
2. Carbendaim 60%W.P
3. Mancozeb
4. Equation pro

دما و رطوبت هوای زیر تونل ها و هوای آزاد با استفاده از دما-رطوبت‌نگار مکانیکی (مدل No.3-B ساخت کارخانهٔ اوتاکیکی سیساکوشو[1] ژاپن) اندازه گیری شدند. با توجه به اینکه ابزار اندازه گیری دما و رطوبت باید دور از تابش مستقیم خورشید در سایه قرار گیرند، این ابزار درون پناهگاه‌های هواشناسی اسکرین قرار داده شدند. کف جعبه ها در ارتفاع ۲۰ سانتی متری از سطح زمین قرار داشت، از این‌رو دما و رطوبت در ارتفاع ۳۰ سانتی متری از سطح زمین در زیر تونل ها و هوای آزاد به‌طور پیوسته ثبت شد.

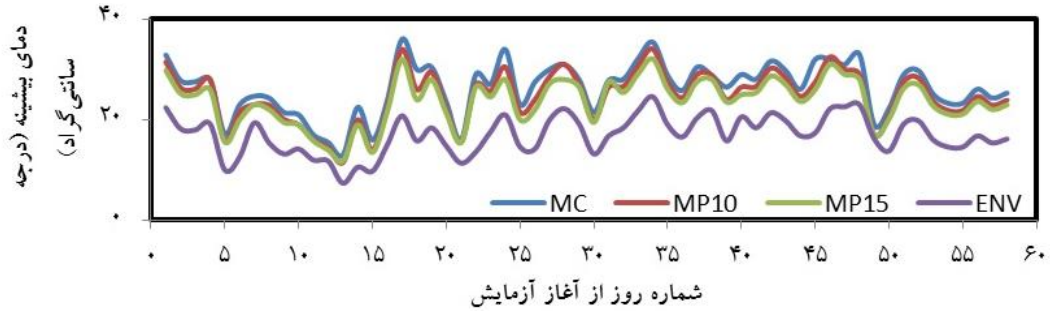
۳. نتایج و بحث

۳.۱. یافته‌های دما و رطوبت

روند تغییرات دماهای کمینه، بیشینه و میانگین در سه تیمار و هوای آزاد مجاور تیمارها در طول ۵۸ روز در شکل‌های ۱ تا ۳ آورده شده است. در درازای آزمایش با افزایش دمای هوا، دمای درون تونل‌ها نیز روندی افزایشی داشت و همواره تیمار MC دارای بیشترین، و هوای آزاد دارای کمترین دما بود.

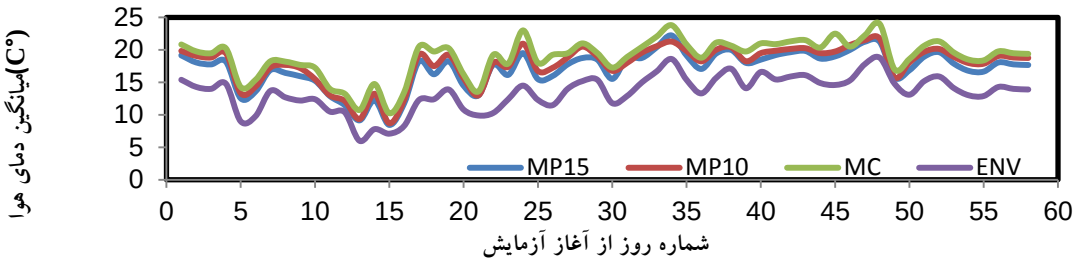


شکل ۱. روند تغییرات دمای کمینه در تیمارهای مختلف و هوای آزاد مجاور تیمارها در بازهٔ اجرای آزمایش (MC: تونل پلاستیکی پوشیده، MP10: تونل پلاستیکی مشبک با ۱۰۰ سوراخ (به‌قطر ۱۰ میلی‌متر) در هر متر مربع (۱/۸۴ درصد از سطح پوشش)، MP15: تونل پلاستیکی مشبک با ۱۰۰ سوراخ (به‌قطر ۱۵ میلی‌متر) در هر متر مربع (۴/۱۳ درصد از سطح پوشش)، ENV: هوای آزاد بدون پوشش)



شکل ۲. روند تغییرات دمای بیشینه در تیمارهای مختلف و هوای آزاد مجاور تیمارها در بازهٔ اجرای آزمایش(MC: تونل پلاستیکی پوشیده، MP10: تونل پلاستیکی مشبک با ۱۰۰ سوراخ (به قطر ۱۰ میلی‌متر) در هر متر مربع (۱/۸۴ درصد از سطح پوشش)، MP15: تونل پلاستیکی مشبک با ۱۰۰ سوراخ (به‌قطر ۱۵ میلی‌متر) در هر متر مربع (۴/۱۳ درصد از سطح پوشش)، ENV: هوای آزاد بدون پوشش)

1. Ota Keiki Seisakusho co., ltd



شکل ۳. روند تغییرات دمای میانگین در تیمارهای مختلف و هوای آزاد مجاور تیمارها در بازهٔ اجرای آزمایش(MC: تونل پلاستیکی پوشیده، MP10: تونل پلاستیکی مشبک با ۱۰۰ سوراخ (به قطر ۱۰ میلی‌متر) در هر متر مربع (۱/۸۴ درصد از سطح پوشش)، MP15: تونل پلاستیکی مشبک با ۱۰۰ سوراخ (به‌قطر ۱۵ میلی‌متر) در هر متر مربع (۴/۱۳ درصد از سطح پوشش)، ENV: هوای آزاد بدون پوشش)

مقایسهٔ میانگین‌ها برای دماهای کمینه، بیشینه، میانگین و درجه-روز رویشی تجمعی تیمارها در سطح معناداری ۵ درصد نشان داد که میان میانگین دمای کمینهٔ تیمارها تفاوت معناداری وجود ندارد (جدول ۲). میانگین دمای کمینهٔ تیمار MC به طور معناداری بیشتر از هوای آزاد بود، درحالی‌که میان تیمارهای MP10 و MP15 با هوای آزاد این تفاوت معنادار نشد. میانگین دمای بیشینه، میانگین دمای روزانه و درجه-روز رویشی تجمعی هر سه تیمار به‌طور معناداری بیشتر از هوای آزاد بود. همچنین بین میانگین دمای بیشینه و میانگین دمای روزانهٔ تیمار MC و MP10، MP10 و MP15 تفاوت معناداری وجود نداشت، اما بین تیمار MC و MP15 تفاوت معنادار دیده شد. تفاوت معناداری بین درجه-روز رویشی تجمعی هر سه تیمار وجود داشت که بیشترین مقدار آن به تیمار MC و کمترین آن به تیمار MP15 مربوط است (جدول ۲).

رطوبت نسبی لحظه‌ای در MC همیشه بیشتر از محیط‌های دیگر بود، درحالی‌که بین رطوبت نسبی کمینه، میانگین و لحظه‌ای شش عصر دو خُرداقلیم مشبک (MP10 و MP15) با هوای آزاد تفاوتی وجود نداشت، اما در ۱۰ بامداد بین دو تیمار مشبک و هوای آزاد تفاوت معناداری مشاهده شد و در تمام روز بین دو تیمار مشبک اختلاف معنادار وجود نداشت (جدول ۳).

۲.۳. یافته‌های دیدبانی فنولوژیکی

اولین دیدبانی ۱۰ روز پس از کاشت انجام گرفت که در آن بوته‌های همهٔ تیمارها در مرحلهٔ اصلی رشد یک (توسعهٔ برگ) قرار داشتند، اما اختلاف معناداری بین تعداد برگ های روی ساقهٔ اصلی تیمار MC با دو تیمار دیگر وجود داشت (جدول ۴).

جدول ۲. اثر خُرداقلیم‌های مختلف بر میانگین دمای کمینه، بیشینه، میانگین و درجه-روز رویشی تجمعی*

دمای هوا در محیط‌های مختلف (°C)	MC	MP10	MP15	هوای آزاد
میانگین دمای کمینه	۱۱/۴^{a}	۱۰/۷^{ab}	۱۰/۵^{ab}	۱۰^{b}
میانگین دمای بیشینه	۲۶/۳^{a}	۲۴/۹^{ab}	۲۳/۹^{b}	۱۵/۳^{c}
میانگین دمای روزانه	۱۸/۹^{a}	۱۷/۹^{ab}	۱۷/۲^{b}	۱۲/۱^{c}
درجه-روز رویشی تجمعی	۱۰۹۶^{a}	۱۰۴۱^{b}	۹۹۸^{c}	۷۰۴^{d}

*: حرف‌های متفاوت در هر ردیف نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار در سطح ۵ درصد است.

جدول ۳. میانگین‌های رطوبت نسبی (٪) در تیمارهای مختلف*

تیمار	MC	MP10	MP15	هوای آزاد
میانگین رطوبت نسبی ساعت ۱۰ صبح	۹۶^{a}	۸۶^{b}	۸۴^{b}	۷۷^{c}
میانگین رطوبت نسبی کمینه	۷۷^{a}	۶۶^{b}	۶۵^{b}	۶۴^{b}
میانگین رطوبت نسبی ساعت ۶ عصر	۸۷^{a}	۸۰^{b}	۷۷^{b}	۷۷^{b}
رطوبت نسبی میانگین	۸۸^{a}	۸۱^{b}	۸۱^{b}	۸۱^{b}

* : حرف‌های متفاوت در هر ردیف نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار در سطح ۵ درصد است.

جدول ۴. اثر خُرداقلیم‌های پلاستیکی بر تعداد برگ روی ساقهٔ اصلی*

تیمار	زمان‌های دیدبانی (days after planting)						
	۱۰	۲۰	۲۹	۳۶	۴۳	۵۰	۵۷
MC	۳^{a}	۴^{a}	۶^{a}	۱۰^{a}	۱۶^{a}	۲۱^{a}	۲۴^{a}
MP10	۲^{b}	۳^{b}	۵^{a}	۸^{b}	۱۳^{b}	۱۷^{b}	۲۰^{b}
MP15	۲^{b}	۳^{b}	۵^{a}	۷^{b}	۱۱^{c}	۱۶^{b}	۱۹^{b}

*: حرف‌های متفاوت در هر ستون نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار در سطح ۵ درصد است.

در دیدبانی دوم (۲۰ روز پس از کاشت)، بوته ها در مراحل اصلی رشد یک و دو (تشکیل شاخه های فرعی) قرار داشتند، به‌طوری‌که همچنان اختلاف بین تعداد برگ‌ها روی ساقهٔ اصلی معنادار بود، اما بین تعداد شاخه های فرعی اولیهٔ تیمارها اختلاف معناداری وجود نداشت (جدول ۵). در دیدبانی سوم (۲۹ روز پس از کاشت)، بوته ها در تیمارهای MP10 و MP15 در مراحل اصلی رشد یک و دو قرار داشتند، اما در تیمار MC بوته‌ها وارد مرحلهٔ اصلی رشد پنج (ظهور گل) شده بودند و بین تعداد برگ ها روی ساقهٔ اصلی و تعداد شاخهٔ فرعی اولیهٔ تیمارها اختلاف معناداری وجود نداشت. در دیدبانی چهارم (۳۶ روز پس از کاشت) بوته های تیمار MC وارد مراحل اصلی رشد شش (گلدهی) و هفت (توسعهٔ میوه) شدند، شاخه‌های فرعی ثانویه نیز روی بوته‌ها تشکیل شد. در تیمار MP10 و MP15 بوته‌ها وارد مراحل پنج، شش و هفت شدند. در این دیدبانی بین تعداد برگ‌های روی شاخهٔ اصلی و شاخهٔ فرعی ثانویهٔ تیمار MC با دیگر تیمارها اختلاف معنادار وجود داشت و تعداد شاخه‌های فرعی اولیهٔ تیمار MP15 از دو تیمار دیگر به‌طور معناداری کمتر بود (جدول های ۴ و ۶). در دیدبانی پنجم (۴۳ روز پس از کاشت) بین تعداد برگ‌های روی ساقهٔ اصلی هر سه تیمار اختلاف معنادار دیده شد و در تیمار MC روی شاخهٔ فرعی اولیه، گل و میوه تشکیل شد. به‌ترتیب در دیدبانی ششم (۵۰ روز پس از کاشت) و هفتم (۵۷ روز پس از کاشت)، روی شاخهٔ فرعی اولیهٔ بوته‌های دو تیمار مشبک، گل و میوه تشکیل شد و بین تعداد برگ های روی ساقهٔ اصلی و شاخه‌های فرعی اولیه و ثانویهٔ بوته‌های تیمار MC با دو تیمار دیگر اختلاف معنادار وجود داشت.

جدول ۵. اثر خُرداقلیم‌های پلاستیکی بر تعداد شاخه‌های فرعی اولیه*

تیمار	زمان‌های دیدبانی (days after planting)						
	۱۰	۲۰	۲۹	۳۶	۴۳	۵۰	۵۷
MC	۰^{a}	۱^{a}	۳^{a}	۵^{a}	۱۰^{a}	۱۴^{a}	۱۶^{a}
MP10	۰^{a}	۱^{a}	۳^{a}	۵^{a}	۸^{a}	۱۲^{a}	۱۴^{a}
MP15	۰^{a}	۱^{a}	۲^{a}	۴^{b}	۸^{a}	۱۱^{a}	۱۴^{a}

*: حرف‌های متفاوت در هر ستون نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار در سطح ۵ درصد است.

جدول ۶. اثر خُرداقلیم‌های پلاستیکی بر تعداد شاخه‌های فرعی ثانویه*

تیمار	زمان‌های دیدبانی (days after planting)						
	۱۰ روز	۲۰ روز	۲۹ روز	۳۶ روز	۴۳ روز	۵۰ روز	۵۷ روز
MC	۰^{a}	۰^{a}	۰^{a}	۱^{a}	۴^{a}	۱۰^{a}	۱۸^{a}
MP10	۰^{a}	۰^{a}	۰^{a}	۰^{b}	۱^{b}	۲^{b}	۸^{b}
MP15	۰^{a}	۰^{a}	۰^{a}	۰^{b}	۱^{b}	۲^{b}	۴^{b}

* : حرف‌های متفاوت در هر ستون نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار در سطح ۵ درصد است.

به طور کلی در طول دورهٔ دیدبانی، همواره بین تعداد برگ روی ساقهٔ اصلی و تعداد شاخه‌های فرعی ثانویهٔ بوته‌های تیمار MC با دو تیمار مشبک MP10 و MP15 اختلاف معناداری وجود داشت، اما این اختلاف بین تعداد شاخه‌های فرعی اولیهٔ تیمارها دیده نشد

مطالعهٔ رابطهٔ بین درجه-روز رویشی و پاسخ گیاه به آن مشخص می‌کند که چگونه پوشش‌های ردیفی، سرعت رشد و توسعهٔ گیاه را افزایش می دهند [۲۸]. تغییر سرعت فرایندهای فنولوژیک را باید در عواملی چون شرایط محیطی، گونهٔ گیاهی و موقعیت جغرافیایی جست‌وجو کرد [۶، ۱۵، ۲۶، ۲۹]. در این پژوهش گونهٔ گیاهی و موقعیت جغرافیایی ثابت بود، بنابراین آنچه سرعت فرایندهای فنولوژیک را متفاوت کرد، شرایط محیطی مختلف بود.

ازاین‌رو علت پیش بودن بوته‌های خیار تیمار MC در مراحل فنولوژیک نسبت به تیمارهای مشبک را باید در میانگین دمای روزانه و درجه-روز رویشی تجمعی تیمارها جست‌وجو کرد. تغییر زمان رخداد مراحل فنولوژیک در گیاهان باردهنده، ناشی از پاسخ گیاه به میانگین دمای هوا است [۱]. دمای هوا یکی از مهم‌ترین متغیرهای هواشناختی است که سرعت رشد و توسعهٔ گیاه را تعیین می‌کند [۳، ۶، ۲۲، ۲۵]. دما از راه تغییر سرعت واکنش‌های شیمیایی، فرایندهای انتقال درونی شیرهٔ گیاهی و توسعهٔ عادی گیاه بر رشد گیاه اثر می‌گذارد. این فرایندها در شرایطی به‌خوبی انجام می‌گیرند که بازهٔ دمایی مناسب فراهم باشد و این بازهٔ دمایی برای گونه‌های گیاهی مختلف متفاوت است [۲۳].

جدول ۷. اثر خُرداقلیم‌های پلاستیکی بر درجه-روز رویشی تجمعی در بازهٔ زمانی دیدبانی‌های فنولوژیکی (°C)*

تیمار	درجه-روز رویشی تجمعی (درجهٔ سانتی‌گراد) در فاصلهٔ زمانی میان دیدبانی‌های فنولوژیکی (days after planting)						
	۱۰	۲۰-۱۰	۲۹-۲۰	۳۶-۲۹	۴۳-۳۶	۵۰-۴۳	۵۷-۵۰
MC	۱۸۱^{a}	۱۵۳^{a}	۱۷۱^{a}	۱۴۲^{a}	۱۴۶^{a}	۱۴۵^{a}	۱۳۸^{a}
MP10	۱۷۸^{b}	۱۴۰^{b}	۱۶۲^{b}	۱۳۴^{b}	۱۳۸^{b}	۱۳۷^{b}	۱۳۲^{b}
MP15	۱۶۹^{c}	۱۳۳^{c}	۱۵۳^{c}	۱۳۲^{c}	۱۳۵^{c}	۱۳۳^{c}	۱۲۶^{c}

*: حرف‌های متفاوت در هر ستون نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار در سطح ۵ درصد است.

در پژوهش حاضر بازهٔ دمایی در تونل MC از میانگین دمای کمینهٔ ۱۱/۴ تا میانگین دمای بیشینهٔ ۲۶/۴ متغیر بود، که نسبت به تونل‌های مشبک شرایط مناسب‌تری را از لحاظ رشد رویشی و توسعهٔ گیاه فراهم کرد. بررسی اثر دمای شب و روز بر رشد خیار بلند انگلیسی در فصل بهار نشان داد که سرعت توسعهٔ گیاه (تعداد برگ ها) با افزایش میانگین دمای روزانه به‌صورت خطی افزایش می یابد، اما با تغییر اختلاف دمای شب و روز تغییری در آن حاصل نمی‌شود. همچنین سرعت توسعهٔ گیاه صرف‌نظر از دمای شب و روز با افزایش دما بیشتر می‌شود [۱۹].

مقدار میانگین دمای روزانهٔ تیمار MC از دو تیمار مشبک به‌طور معناداری بیشتر بود. مقایسهٔ درجه-روزهای رویشی تجمعی در بازه‌های زمانی میان دیدبانی‌های فنولوژیک به‌روش SNK نشان می‌دهد که در همهٔ بازه‌های دیدبانی بین درجه-روز رویشی تجمعی تیمارها اختلاف معنادار وجود داشت و همواره تیمار MC بیشترین، و تیمار MP15 کمترین مقدار را دارا بود (جدول ۷). اگرچه در دو تیمار مشبک بین تعداد برگ روی ساقهٔ اصلی و تعداد شاخهٔ فرعی ثانویه تفاوت معنادار وجود نداشت، همواره تعداد آنها در بوته های تیمار MP10 بیشتر از MP15 بود.

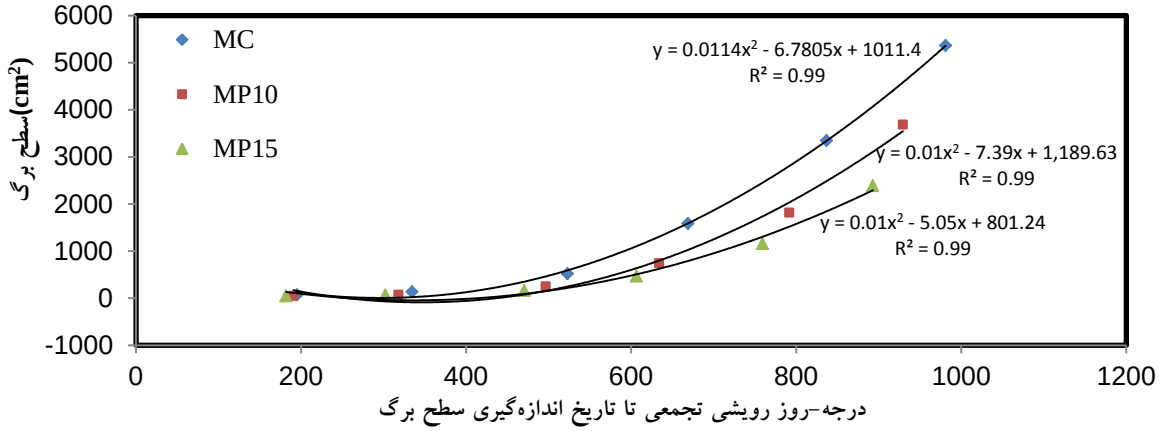
۳.۳. یافته‌های سطح برگ

نتایج حاصل از تجزیهٔ آماری نشان می دهد که بین میانگین سطح برگ تیمارها تفاوت معناداری وجود دارد. یافته‌های اندازه‌گیری‌های روزهای یازدهم و بیستم پس از کاشت، نشان داد که بین تیمار MC و دو تیمار دیگر اختلاف معناداری وجود دارد، اما بین دو تیمار MP10 و MP15 اختلاف معناداری دیده نشد. از اندازه‌گیری‌های سوم تا ششم بین هر سه تیمار اختلاف معناداری دیده شد (جدول ۸).

براساس نتایج موجود، با گذشت زمان، به‌طور طبیعی سطح برگ بوته‌ها زیاد شد، اما اختلاف میانگین‌ها هم بین تیمارها افزایش یافت (جدول ۸). از آغاز انتقال بوته‌ها به تیمارها، درجه-روز رویشی تجمعی در تیمار MC بیش از دو تیمار مشبک و در تیمار MP10 بیش از تیمار MP15 بود که سبب شد سطح برگ بوته های خیار از همان آغاز در تیمارهای گرم‌تر بیشتر باشد.

در شکل ۴ همبستگی میان سطح برگ اندازه‌گیری‌شده در تیمارها و درجه-روز رویشی تجمعی ارائه شده است. همبستگی بسیار قوی بین سطح برگ و درجه-روز رویشی تجمعی در سطح ۵ درصد وجود دارد (شکل ۴).

نتایج نشان می‌دهد که تغییرات دمایی اندک در تونل‌های پلاستیکی مشبک نسبت به تونل‌های پلاستیکی بسته، موجب تفاوت در مراحل فنولوژیک و گسترش سطح برگ گیاه خیار شده است.



شکل ۴. همبستگی میان درجه-روز رویشی تجمعی و سطح برگ اندازه‌گیری‌شده در تیمارهای MC: تونل پلاستیکی پوشیده، MP10: تونل پلاستیکی مشبک با ۱۰۰ سوراخ (به‌قطر ۱۰ میلی‌متر) در هر متر مربع (۱/۸۴ درصد از سطح پوشش)، MP15: تونل پلاستیکی مشبک با ۱۰۰ سوراخ (به‌قطر ۱۵ میلی‌متر) در هر متر مربع (۴/۱۳ درصد از سطح پوشش)

جدول ۸. اثر خُرداقلیم‌های پلاستیکی بر میانگین سطح برگ (سانتی‌متر مربع) خیار در در درازای رشد و نمو خیار*

تیمار	زمان‌های اندازه‌گیری (days after planting)					
	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم
	۱۱	۲۰	۳۰	۳۷	۴۵	۵۲
MC	۷۱^{a}	۱۳۴^{a}	۵۲۱^{a}	۱۵۸۸^{a}	۳۳۴۷^{a}	۵۳۶۵^{a}
MP10	۴۸^{b}	۷۳^{b}	۲۵۲^{b}	۷۴۵^{b}	۱۸۱۹^{b}	۳۶۸۷^{b}
MP15	۴۷^{b}	۶۸^{b}	۱۶۲^{c}	۴۶۸^{c}	۱۱۵۹^{c}	۲۳۸۷^{c}

*: حرف‌های متفاوت در هر ستون بیانگر تفاوت معنادار در سطح ۵ درصد است.

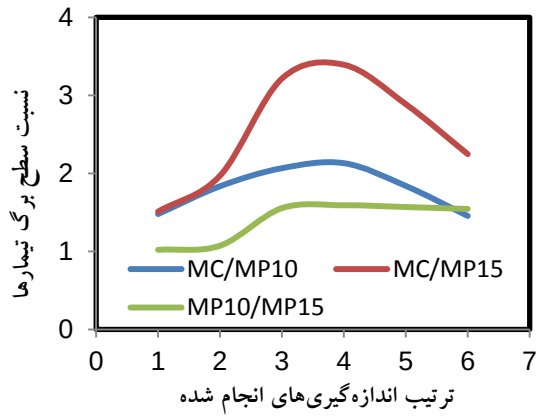
اثر افزایش دما در یک بازهٔ زمانی ۴۰ ساله در کشور لهستان بر مراحل فنولوژیک خیار بررسی شد. بر پایهٔ این بررسی دمای هوا در طول بازهٔ چهل‌ساله در ماه‌های کشت خیار به‌طور میانگین ۱/۴ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش یافت که موجب افزایش سرعت رخداد مراحل فنولوژیک شد. زمان سبز شدن، گلدهی و به‌میوه رفتن گیاه خیار به ترتیب ۴/۸، ۷/۶ و ۸/۴ روز پیش افتاد [۱۲]. همچنین در این پژوهش، اختلاف میانگین دمای هوا بین تیمار گرم‌تر (MC) و دو تیمار خنک‌تر MP10 و MP15 به ترتیب ۱ و ۱/۷ درجهٔ سانتی‌گراد بود که سبب شد مراحل فنولوژیک در تیمار MC سریع‌تر رخ دهد.

نسبت سطح برگ تیمارها در طول اندازه‌گیری برخلاف سطح برگ روند متفاوتی داشت (شکل ۵). از اندازه گیری اول تا چهارم نسبت سطح برگ تیمار MC به تیمارهای مشبک روندی افزایشی داشت و بیشترین آن مربوط به نسبت سطح برگ MC به MP15 بود. این روند افزایشی

نسبت سطح برگ بیانگر شرایط گرمایی مناسب برای گیاهان خُرداقلیم بسته در مقایسه با تونل‌های مشبک است که تا حدی سردتر بودند. از اندازه‌گیری چهارم به بعد این نسبت‌ها روندی کاهشی داشتند که گویای افزایش دمای محیط و جبران رشد رویشی توسط گیاهان درون تونل‌های مشبک در مقایسه با تیمار MC است. نسبت سطح برگ تیمار MP10 به MP15 در دو اندازه‌گیری اول به‌طور تقریبی نزدیک به یک بود، اما در اندازه‌گیری سوم به ۱/۵ رسید و تقریباً تا پایان اندازه‌گیری‌ها ثابت ماند، که این نیز بیانگر تفاوت در گسترش برگ به‌دلیل فراهمی گرمای بیشتر در تونل MP10 در مرحلهٔ سوم است. نکتهٔ شایان توجه دیگر در این نسبت‌ها از اندازه‌گیری ششم است و نسبت سطح برگ MC به MP10 به مقدار این نسبت در اندازه‌گیری اول کاهش یافت که گویای جبران رشد گیاهان در تونل MP10 در اثر افزایش دمای محیط است.

۴. نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج پژوهش حاضر، کشت خیار در تونل مشبک MP10 پیشنهاد می‌شود. داده‌های این پژوهش گویای فراهمی محیطی بایسته برای رویش خیار در این خُرداقلیم است، زیرا رطوبت نسبی به‌طور معناداری در این تونل نسبت به تونل پلاستیکی بسته کاهش یافت. تفاوت‌های دمایی بین این دو خُرداقلیم اندک بود. همچنین سطح برگ گیاه خیار در تونل مشبک MP10 در اندازه‌گیری‌ها بیشتر از تونل مشبک MP15 بود و در دوره‌های پایانی توانست بر آهنگ رشدش بیفزاید، و در اندازه‌گیری‌های پایانی به سطح برگ گیاهان در تونل بسته بسیار نزدیک شود. اگرچه کل محصول خیار برداشتی در هر یک از تونل‌های MP10 و MP15 کمتر از تونل MC بود [۱]، افت زمان ماندگاری شبنم و افت رطوبت نسبی در تونل مشبک MP10 نمایشگر احتمال کمتر گسترش بیماری‌ها در مقایسه با تونل بسته است. بنابراین می‌توان از خُرداقلیم‌هایی نظیر MP10 برای پیش رس کردن خیار به‌عنوان جایگزینی مناسب تونل پلاستیکی بسته استفاده کرد.



شکل ۵. تغییرات نسبت سطح برگ تیمارها در طول اندازه‌گیری

منابع

۱. حاتمی ا، رایینی سرجاز م و چالوی و (۱۳۹۲) بررسی روابط گرمایی و رطوبتی و باردهی خیار در خُرداقلیم-های کشت پلاستیکی. هواشناسی کشاورزی. ۱(۱): ۳۲-۲۲.

۲. شکرزاده لموکی م، واحدی ح و شعبان‌خانی ب (۱۳۸۴) بررسی و اندازه گیری باقیماندهٔ سموم بنومیل و مانکوزب در خیار تولیدی استان مازندران. دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی شهید صدوقی یزد. ۱۳(۵): ۶۵-۷۰.

3. Ahmed M, Hamid A and Akbar Z (2004) Growth and yield performance of six cucumber (*Cucumis sativus* L.) cultivars under agro-climatic conditions of Rawalakot, Azad Jammu and Kashmir. International Journal of Agriculture and Biology. 6: 396-399.

4. Buriol GA, Schneider FM and Streck NA (1993) Environmental modification caused by low tunnels transparent perforated polyethylene used to grow lettuce. Ciência Rural. 23(3): 261-266.

5. Chen DS, Zheng HS and HZ Liu (1989) A primary discussion on adjustment of dew duration by natural ventilation to control downy mildew of cucumber in plastic greenhouse. Horticulture Science. 28(1): 17-30.

6. Chmielewski FM, Müller A and Burns E (2004) Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961-2000. Agricultural and Forest Meteorology. 121: 69-78.

7. Chmielewski FM, Muller A and Kuchler W (2005) possible impacts of climate change on natural vegetation in Saxony (Germany). International Journal of Biometeorology. 50: 96-104.

8. Cunha, NS, Cell WL and Manfroni PA (1997) Evaluation of air temperature inside the low tunnels with different toppings. Proceedings Brazilian Agricultural Engineering. Piracicaba. Pp. 468-470.

9. Helbaka J (2002) Row covers for vegetable gardens, Washington State University, King County Cooperative Extension Service. Fact Sheet. No. 19.

10. Ito H and Satio T (1960) Factors responsible for the sex expression of cucumber plant. XII. Physiological factors associated with the sex expression of flowers. Tohoku Journal of Agricultural Research. 11: 287-308.

11. Kalbarczyk R (2009) Air temperature changes and phenological phases of field cucumber (*Cucumis sativus* L.) in Poland, 1966-2005. Horticultural Science (Prague). 36 (2):75-83.

12. Kalbarczyk R (2010) Unfavorable thermal conditions of air at the turn of the 20th and 21st centuries reducing crop productivity of pickling cucumber (*Cucumis sativus* L.) in Poland. Spanish Journal of Agricultural Research. 8(4):1163-1173.

13. Kooistra E (1967) Femaleness in breeding glasshouse cucumber. Euphytica. 16: 1-17.

14. Krug H and Liebig HP (1980) Diurnal thermoperiodism of the cucumber. Acta Horticulture. 118: 83-94.

15. Lobell DB, Cahill KN and Field CB (2007) Historical effect of temperature and precipitation on California crop yields. Climatic Change. 81: 187-203.

16. Monteiro JEB, Silva IJO and Piedade SMS (2000) Modification of the environment of low tunnels using perforated plastic films. Brazilian Horticulture Magazine. 18: 236-237.

17. Monteiro JEB, Silva IJO and Piedade SMS (2001) PVC film drilled in low tunnels (II) cultivated with lettuce (*Lactuca sativa* L.). Proceedings 12th Brazilian Congress of Meteorology. Fortaleza.777-778.

18. Nitsch JP, Kurt EB, Liverman, JL and Went FW (1952) The development of sex expression in cucurbit flowers. American Journal of Botany. 39: 32-43.

19. Papadopoulos AP and Hao-Xiuming XMH (2000) Effects of day and night air temperature on growth, productivity and energy use of long English cucumber. Canadian Journal of Plant Science. 80(1): 143-150.

20. Pereira ER (2002) Growing Arugula and Radish under low tunnels covered with plastic with different holes. Piracicaba. M.Sc. Thesis. 113p.

21. Pollard JE, Loy JB and Wells OS (1978) A simple method for evaluating thermal transmission properties of plastic polymers for use as row covers. Proceeding of the National Agriculture Plastics Congress. 20: 193-199.

22. Popov EG, Talanov AV, Kurets VK and Drozdov SN (2003) Effect of temperature on diurnal changes in CO_2 exchange in intact cucumber plants. Russian Journal of Plant Physiology. 50: 178-182.

23. Sentelhas PC, Pereira AR and Angelocci LR (1998) Agricultural Meteorology. (Booklet). Department of Physics and Meteorology - College of Agriculture "Luiz de Queiroz"- University of São Paulo, Piracicaba, 131p.

24. Streck NA, Buriol GA and Andriolo JL (1994) Lettuce growth in low tunnels with perforated polyethylene film/ Crescimento da alface em túneis baixos com filme de polietileno perfurado. Ciência Rural. 24(2): 235-240.

25. Sysoeva MI, Markovskaya EF and Kharkina TG (1997) Optimal temperature drop for the growth and development of young cucumber plants. Plant Growth Regulation. 23: 135-139.

26. Wang HL, Gan YY, Wang RY, Niu JY, Zhao H, Yang QG and Li GC (2008) Phenological trends in winter wheat and spring cotton in response to climate changes in northwest China. Agricultural and Forest Meteorology. 148: 1242-1251.

27. Wells OS and Loy JB (1985) Intensive vegetable production with row covers. American Society for Horticultural Science. 20: 822-826.

28. Wolfe DW, Albright LD and Wyland J (1989) Modeling row cover effects on microclimate and yield. I. Growth response of tomato and cucumber. American Society for Horticultural Science. 114: 562-568.

29. Xiao G, Zhang Q, Yao Y, Zhao H, Wang R, Bai H and Zhang F (2008) Impact of recent climatic change on the yield of winter wheat at low and high altitudes in semi-arid northwestern China. Agriculture, Ecosystems and Environment. 127: 37- 42.

30. Cho YY, Oh S, Oh MM and Son JE (2007) Estimation of individual leaf area, fresh weight, and dry weight of hydroponically grown cucumbers (*Cucumis sativus* L.) using leaf length, width, and SPAD value. Scientia Horticulture. 111: 330-334.