يؤخذ فى الحسبان موضع أنابيب التدفئة أو المدفئات والتيارات الهوائية. وغالبًا ما يوضع المنظم بالقرب من وسط البيت.

٢- يجب أن يكون موضع المنظم قريبًا من مستوى القمة النامية للنباتات.

٣- يجب إبعاد المنظم كلية عن أشعة الشمس المباشرة التى تؤدى إلى رفع درجة حرارته عن درجة حرارة الهواء المحيط به. ويتحقق ذلك بوضعه داخل صندوق خشبى، مع طلاء السطح الخارجى للصندوق باللون الأبيض أو الفضى لعكس أشعة الشمس.

٤- كما يجب أن يكون المنظم فى مكان جيد التهوية، ويتحقق ذلك بجعل جوانب الصندوق على شكل ريش تعلو واحدة فوق الأخرى لتسمح بمرور الهواء من خلاله ويفضل تزويد جانب الصندوق بمروحة تدفع الهواء داخل الصندوق بسرعة ١٨٠ مترًا/دقيقة.

٥- تجب إضافة منظم آخر داخل الصندوق مع ضبطه على حرارة ١٠°م؛ بحيث يعطى رنين جرس فى منزل المزارع إذا انخفضت درجة الحرارة إلى هذا الحد. ويفيد ذلك فى تدارك الأمر فى حالة فشل أجهزة التدفئة؛ حيث يكون هناك متسع من الوقت قبل انخفاض الحرارة إلى درجة التجمد. كما يجب أن يكون مصدر الطاقة لهذا المنظم من بطارية أو من مولد احتياطى لضمان عمله حتى فى حالة انقطاع التيار الكهربائى.

٦- يجب وضع ترمومتر آخر عادى داخل الصندوق؛ للتأكد من دقة عمل منظم الحرارة.

وسائل التوفير فى الطاقة اللازمة للتدفئة أو التبريد

لا تعتبر دراسة أساسيات التحكم فى درجة الحرارة فى البيوت المحمية كاملة. دون الإشارة إلى الوسائل المستخدمة بغرض توفير الطاقة اللازمة للتدفئة أو التبريد؛ لأن تطبيقها يفيد فى تحقيق قدر أكبر من التحكم فى درجة الحرارة داخل البيوت.

وفيما يلى بيان بالطرق والوسائل المتبعة بغرض توفير الطاقة اللازمة للتدفئة أو التبريد فى البيوت المحمية:

١- اختيار تصميم البيت وتحديد اتجاهه بما يتناسب والظروف الجوية السائدة فى المنطقة. نظرا لأن كلا الأمرين يؤثر على كمية الضوء التى تنفذ داخل البيت؛ ومن ثم على كمية الطاقة الحرارية التى تصل إلى البيت مع الأشعة الشمسية، وقد سبقت مناقشة كلا الأمرين.

٢- اختيار نوع الغطاء وسمكه بما يتناسب أيضًا والظروف الجوية السائدة فى المنطقة. نظرا لأن الغطاء لا يؤثر فقط على كمية الضوء التى تنفذ داخل البيت، بل يؤثر أيضا على فقد الحرارة من داخل البيت إلى الخارج. سواء أكان ذلك الفقد بالتوصيل، أم بالإشعاع، أم بالتسرب؛ وقد سبقت أيضًا مناقشة موضوعى تأثير الغطاء على نفاذية الضوء، وعلى فقد الحرارة

٣ استعمال طبقتين أو ثلاث طبقات من الغطاء بدلاً من طبقة واحدة؛ نظرًا لأن ذلك يقلل معامل التوصيل الحرارى للغطاء بدرجة كبيرة فإذا كان معامل التوصيل الحرارى لطبقة واحدة من الغطاء واحدا صحيحًا، فإن هذه القيمة تنخفض بنسبة ٤٢٪، و ٥٨٪ عند استخدام طبقتين وثلاث طبقات من الزجاج على التوالى. وبنسبة ٤٠٪ عند استخدام طبقتين من البولييثيلين (جدول ٣-٢) وبعنى ذلك انخفاض احتياجات التدفئة والتبريد بالنسبة نفسها

٤ ضرورة إقامة البيوت المحمية بجانب مصدات الرياح لخفض معامل سرعة الرياح (W) فى حسابات التدفئة (جدول ٣-٥)

٥- الاهتمام بحالة البيت ومدى إحكامه. وتغيير الزجاج المكسور أولا بأول لخفض معامل الإنشاء C فى حسابات التدفئة (جدول ٣-٦)

٦- التقليل — قدر المستطاع — من حركة الهواء الدافئ قريبًا من جدران البيت؛ لأن هذه التيارات الهوائية تزيد من فقد الحرارة بالتوصيل ويمكن التحكم فى ذلك الأمر بالاختيار الأمثل لوضع المدفئات وأنابيب التدفئة فى البيت

٧- يجب توجيه الهواء البارد (في البيوت المبردة) في مسار يتخلل النباتات، مع التقليل – قدر المستطاع – من حركته أعلى النباتات (في قمة البيت) أو أسفلها (في حالة الزراعة على المناضد)؛ نظرًا لأن هذه المسارات تقلل كثيرًا من كفاءة عملية التبريد.

٨- الاستفادة القصوى من عملية التهوية في خفض احتياجات التبريد، أو الاستغناء عنها نهائيًا في المناطق المعتدلة.

٩- يمكن خفض الفاقد في الحرارة ليلاً بمقدار ٧٠٪-٨٠٪ في البيوت المحمية التي تتكون أسقفها من طبقتين من الغطاء بدفع رغوة foam خاصة بين الطبقتين. ويتم ذلك بدفع تيار من الهواء في سائل يتمدد بمقدار ١٠٠٠ ضعف، مكونًا الرغوة التي تنتشر بين طبقتي الغطاء. هذا .. وتتلاشى الرغوة في خلال نصف ساعة، ويتجمع السائل من جديد في خزان خاص؛ ليتم ضخه من جديد حسب الحاجة. ويمكن استخدام النظام نفسه للحماية الجزئية من أشعة الشمس القوية نهارًا (Collins & Jensen ١٩٨٣).

١٠- تغطية البيوت المحمية بشباك التظليل من أعلى البلاستيك؛ بهدف خفض احتياجات التبريد. وتتوفر الشباك بنسب تظليل تتراوح بين ١٠٪ و ٩٠٪ حسب الحاجة؛ ويمكن في حالة عدم توفر شباك التظليل رش السطح الخارجي للبيت بالجير في بداية فصل الصيف.

١١- يمكن تحسين التدفئة ليلاً بملء أنابيب بلاستيكية واسعة بالماء، مع جعلها ممتدة على سطح التربة قريبًا من خطوط الزراعة؛ حيث يكتسب الماء كمية كبيرة من الحرارة نهارًا؛ نظرًا لارتفاع حرارته النوعية، ثم يفقدها ليلاً بالإشعاع إلى جو البيت بالقرب من النباتات.

ويذكر Tüzel (١٩٩٤) أن استعمال هذه الأنابيب في البيوت البلاستيكية في تركيا أدى إلى زيادة محصول الطماطم بنسبة ٣٠٠٪، في الوقت الذي أدت فيه الأنابيب إلى خفض درجة الحرارة العظمى بمقدار ٢.٤°م، وزيادة درجة الحرارة الصغرى – ليلاً –

بمقدار ١٣٦ °م على ارتفاع ٥٠ سم من سطح التربة، و ١٤٩ °م على ارتفاع ١٠ سم من سطح التربة و ٠٦٨ م على عمق ١٠ سم فى التربة

وفى دراسة وضعت فيها أنابيب من الأغشية البلاستيكية (plastic sleeves) مملوءة بالماء بين خطوط النباتات فى البيوت المحمية لتعمل كمخزن للحرارة نهارا، ومصدرًا لها ليلاً . أدى تظليل النباتات للأنابيب إلى خفض جمعها للحرارة نهارًا بأكثر من ٥٠٪، بينما أدى عزلها عن التربة حراريًا إلى زيادة كفاءتها بأكثر من الثلث. كذلك أدى استعمال طبقة واحدة من غطاء الصوبة البلاستيكية إلى زيادة جمع الأنابيب للطاقة مقارنة باستعمال طبقتين. ولكن مُجمل الحرارة داخل الصوبة كان أفضل عند استعمال طبقة واحدة عما فى حالة استعمال طبقتين من البلاستيك ولم تكن هناك علاقة واضحة بين الإشعاع الشمسى وجمع الأنابيب للحرارة، مما يدل على أن الحرارة جُمعت كذلك من جو البيت المحمى وبالمقارنة وجد أن جمع بركة مياه للحرارة خارج الصوبة كان أكفء من جمع الأنابيب داخل الصوبة نفسها. إلا أن الفقد الحرارى من مياه البركة قبل الليل وأثناء الليل للصوبة أفقد البركة مزاياها. ولقد كانت الحرارة الدنيا داخل الصوبة المدفأة سببًا بأنابيب الماء أعلى بمقدار خمس درجات مئوية عن نظيراتها فى الصوب غير المدفأة. وهو ما كان كافيا لحماية النباتات من أضرار الصقيع (فى نيقوسيا بقبرص) وبينما ازداد المحصول المبكر باستخدام أنابيب الماء، فإن المحصول الكلى لم يتأثر (Photiades ١٩٩٤)

١٢- استعمال ستائر حرارية متحركة Mobile Thermal Screens تُضم نهارًا لتسمح بنفاذ الأشعة الشمسية. وتُفرد ليلا لتمنع نفاذ الأشعة تحت الحمراء التى تنبعث من التربة والنباتات داخل البيت (عن Koning ١٩٩٨) هذا ولم يجد Pirard وآخرون (١٩٩٤) به اختلافات بين خمسة أنواع من الستائر الحرارية (هى ستائر البوليثيلين، والبوليستر، والبوليستر المغطى بالألومنيوم بنسبة ٥٠٪، أو ٧٥٪، أو ١٠٠٪)، حيث وفرت جميعها فى استهلاك الطاقة بنسبة ٢٠٪

وقد قارن Abak وآخرون (١٩٩٤) استعمال غطاء البوليثيلين المفرد مع كل من

الغطاء المزدوج، والغطاء المزدوج مع ستارة من البوليستر المغطى بالألومنيوم، والغطاء المفرد مع ستارة من البوليثيلين، ووجدوا أن استعمال غطاء مفرد مع ستارة متحركة من البوليثيلين أعطى أعلى محصول كلى من الطماطم (١٠,٣٣ كجم/م^{٢} مقارنة بـ ٨,٦٦ كجم/م^{٢} فى الكنترول)، وكان ذلك مُصاحبًا بارتفاع قدره ٣,٤°م فى درجة الحرارة الصغرى.

الغطاء البلاستيكى المزدوج وأهميته

سبق أن بينا أن استعمال طبقتين من الغطاء البلاستيكى بدلاً من طبقة واحدة يقلل معامل التوصيل الحرارى للغطاء بنسبة ٤٠٪، ويخفض احتياجات التدفئة — والتبريد — بالقدر نفسه ولهذا . فقد اتجهت الدراسات نحو الاستفادة من هذه الخاصية. وكانت البداية فى البيوت المحمية البلاستيكية؛ نظرًا لرخص أغطية رقائق البلاستيك كثيرًا عن ألواح الزجاج أو الفيبرجلاس.

هذا . ولتحقيق أكبر قدر من الاستفادة من طبقتى الغطاء فى خفض معامل التوصيل الحرارى يلزم تأمين مسافة أربعة سنتيمترات من الهواء الساكن dead air space بين الطبقتين تعتبر بمثابة وسادة هوائية air cushion عازلة، لأن نقص المسافة بينهما عن ذلك يقلل من أهميتهما فى خفض معامل التوصيل الحرارى. وفى حالة تلامسهما، فإنهما يعملان معًا كطبقة واحدة. ولا يؤثران على معامل التوصيل. أما فى حالة زيادة المسافة بينهما. فإن ذلك يكون مصاحبًا بتحركات الهواء المحصور بينهما، فإذا ما وصلت المسافة بينهما إلى ٢٠ سم، تولدت تيارات هوائية تحمل الحرارة من الطبقة الداخلية إلى الطبقة الخارجية، ثم إلى الجو الخارجى؛ وبذلك تنخفض كفاءتهما فى العزل الحرارى.

يتم تثبيت طبقتى البلاستيك من خارج البيت. ويفضل أن تكون شريحة البلاستيك الخارجية بسمك ١٥٠ ميكرونًا، والداخلية بسمك ١٠٠ ميكرون. ويتم تأمين الوسادة الهوائية بين طبقتى البلاستيك بدفع تيار مستمر من الهواء بينهما، ويجرى ذلك