

٨ - الآفات ومسببات الأمراض (سواء منها ما يصيب النباتات عن طريق الجذور ، أم النموات الخضرية) باعتبارها جزءاً من بيئة البيوت المحمية .

ونلقى الضوء فى هذا الفصل على وسائل التحكم فى العوامل البيئية الأربعة الأولى (درجة الحرارة ، والرطوبة النسبية ، وشدة الإضاءة والفترة الضوئية ، ونسبة غاز ثانى أكسيد الكربون) . كما سبقت لنا مناقشة العوامل الثلاثة التالية (بيئة نمو الجذور ، والرطوبة الأرضية ، والعناصر الغذائية) بالتفصيل فى كتاب «تكنولوجيا إنتاج الخضر» (حسن ١٩٩٧ ب) ، كما نوقش العامل الأخير (الآفات ومسببات الأمراض) فى كتاب «الممارسات الزراعية المتكاملة لمكافحة أمراض وآفات وحشائش الخضر» (حسن ١٩٩٨) ؛ الأمر الذى يتطلب مراجعتهما للتفاصيل ، ولكننا نلقى - كذلك - مزيداً من الضوء على تلك العوامل الأربعة الأخيرة ووسائل التحكم فيها - فى الزراعات المحمية - فى الفصول الأخرى من هذا الكتاب .

اساسيات التحكم فى درجة الحرارة فى البيوت المحمية

يتعين قبل الدخول فى تفاصيل طرق التدفئة والتبريد وحساباتهما أن نتعرف أولاً بعض المصطلحات المستخدمة فى هذا المجال ، وطرق تنظيم درجة الحرارة ، وطرق انتقالها ؛ لما لذلك من أهمية كبيرة فى كلٍّ من البيوت المدفأة والمبردة على حدٍّ سواء .

يعبر عن كمية الحرارة (سواء تلك التى يلزم اكتسابها ، أم تلك التى يلزم التخلص منها) بالوحدات الحرارية البريطانية British thermal units (اختصار Btu) ، وهى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطلٍ واحدٍ من الماء درجةً فهرنهايتية واحدةً .

ونظراً لأن عدد الوحدات الحرارية البريطانية الداخلة فى الحساب يكون - عادة - كبيراً ؛ لذلك فإنه يستعاض عنها بقوة الحصان ، وكل قوة حصان تعادل ٣٣٤٧٥ وحدةً حراريةً بريطانية .

وفى النظام المترى يُعرّف الكالورى Calorie بأنه كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة جرامٍ واحدٍ من الماء درجةً مئويةً واحدةً . ويعادل الكيلو كالورى k cal ١٠٠٠ كالورى ، أو ٣,٩٦٨ وحدةً حراريةً بريطانية .

وسائل التحكم فى العوامل البيئية داخل البيوت المحمية

وفى الوحدات الدولية يستعمل الجول Joule (اختصاراً : J) كمقياس لكمية الحرارة ، وهو يعادل ٠,٢٣٩ كالورى ، أو ٠,٠٠٠٩٥ وحدة حرارية بريطانية .

ولإجراء التحويلات اللازمة . . فإن كل وحدة حرارية بريطانية تعادل ٢٥٢ كالورى ، أو ١٠٥٥ جول .

هذا . . والوات Watt (اختصاراً W) يساوى جولاً واحداً / ثانية .

طرق انتقال الحرارة وأهميتها العملية

تفيد دراسة طرق انتقال الحرارة فى الجوانب التالية :

١ - زيادة كفاءة عملية التدفئة بتقليل فقد الحرارة من داخل البيت إلى خارجه ، مع الاستفادة من الطاقة الشمسية نهاراً ، والحرارة الصادرة من الأجسام الصلبة داخل البيت ليلاً .

٢ - زيادة كفاءة عملية التبريد بتقليل اكتساب البيت للحرارة من الجو الخارجى ، مع سرعة التخلص من هذه الحرارة أولاً بأول .

وسائل انتقال الحرارة

تنتقل الحرارة بأربع وسائل رئيسية ؛ هى كما يلى :

١ - الإشعاع Radiation :

يكون الإشعاع على صورة موجات كهرومغناطيسية تتدفق بانتظام خلال الفضاء ؛ وبذلك فإن انتقال الطاقة فى هذه الصورة لا يكون فى صورة حرارة ؛ لأن ذلك يتطلب حركة جزيئات ، لكن هذا الإشعاع يتحول إلى طاقة حرارية بمجرد تلامسه مع أى سطح . وتكتسب البيوت المحمية الحرارة نهاراً من الأشعة الشمسية التى تنفذ من خلال غطاء البيت ، ثم تتحول إلى طاقة حرارية عند تلامسها مع التربة والأسطح النباتية وغيرهما من الأجسام الصلبة داخل البيت (جانيك ١٩٨٥) .

وبالمقابل . . فإن الأجسام الدافئة داخل البيت (كالتربة والنباتات) تنطلق منها الحرارة بالإشعاع إلى الأجسام الباردة خارج البيت ، دون أن يكون لهذه الظاهرة تأثير

ملحوظ على درجة حرارة الهواء الذى تمر من خلاله . يكون هذا الفقد الحرارى فى صورة أشعة طويلة الموجة (تحت الحمراء) ، ويستمر ليلا ونهاراً ، مادامت درجة حرارة الأجسام داخل البيت أعلى من درجة الحرارة خارج البيت .

٢ - التوصيل Transmission :

يتم انتقال الحرارة بالتوصيل خلال وسط توصيل من النقط الدافئة إلى الأقل منها حرارة ، كما هى الحال عند فقد الحرارة من البيوت المدفأة ، أو اكتساب البيوت المبردة للحرارة بالتوصيل من خلال الغطاء .

٣ - التلامس أو التخلل أو التسرب Infiltration :

هنا تنتقل الحرارة من سطح مشع إلى الهواء أو الماء المتحرك ؛ فترتفع درجة حرارة الوسط الملامس (الماء أو الهواء) وتقل كثافته ، ويبدأ فى التحرك لأعلى ليحل محله هواء أو ماء أبرد ليكتسب حرارة من السطح المشع وهكذا . وتلك هى خاصية انتقال الحرارة التى تعتمد عليها طرق التدفئة فى البيوت المحمية . كما تفقد البيوت المدفأة جزءاً كبيراً من حرارتها مع الهواء الدافئ المتسرب منها .

٤ - الانعكاس Reflection :

حيث تنعكس الحرارة - مثلها فى ذلك مثل الضوء - من الأسطح المعدنية المصقولة (Nelson ١٩٨٥) .

الأهمية العملية لدراسة وسائل الفقد الحرارى

يستفاد من دراسة وسائل الفقد الحرارى فى الأمور التالية :

١ - يلزم فى الجو البارد الاستفادة لأكبر درجة ممكنة من الإشعاع الشمسى نهاراً باختيار التصميم والاتجاه المناسبين للبيت والغطاء المنفذ لأكبر نسبة من أشعة الشمس . كما يفضل أن يكون الغطاء غير منفذ للأشعة تحت الحمراء للاحتفاظ بها داخل البيت ليلا ونهاراً .

٢ - يلزم فى الجو الحار الصحو خفض نفاذية غطاء البيت للإشعاع الشمسى ، كما

وسائل التحكم فى العوامل البيئية داخل البيوت المحمية ———
يفضل أن يكون الغطاء منفذاً للأشعة تحت الحمراء ليتم التخلص من الحرارة المكتسبة
أولاً بأول .

٣ - أما فى الجو المعتدل نهاراً المائل للبرودة ليلاً (كما هى الحال فى فصل الشتاء
فى المناطق المعتدلة) ، فإنه يفضل أن يكون غطاء البيت غير منفذٍ للأشعة تحت
الحمراء ؛ حتى يمكن الاستفادة من هذه الأشعة ليلاً فى رفع درجة حرارة البيت عن
الجو الخارجى بنحو ٢ - ٣ درجات ، دون الحاجة إلى عملية التدفئة الصناعية التى
تكون - عادة - غير اقتصادية فى مثل هذه المناطق .

وقد سبقت لنا مناقشة موضوع نفاذية الأنواع المختلفة من الأغشية للأشعة تحت
الحمراء فى الفصل الثانى ، وذكرنا أن أغشية الزجاج والبولى فينايل كلورايد (سمك
٣٢٥ ميكرونًا) تعد غير منفذة ، بينما تعتبر أغشية الفيرجلاس ، والبوليستر ،
والبولى فينايل كلورايد (سمك ٧٥ ميكرونًا) قليلة النفاذية . وتعتبر أغشية البوليثلين
هى الوحيدة المنفذة للأشعة تحت الحمراء . وعلى الرغم من ذلك . . فإن هذه الأغشية
يشيع استخدامها فى المناطق المعتدلة ، لكن من حسن الحظ أن هذه الأغشية غالباً ما
تكون مغطاةً من الداخل ليلاً بطبقة من قطرات الماء المتكثفة ، والتى تمنع فقد
الحرارى بالإشعاع ؛ نظراً لأن الماء غير منفذٍ للأشعة تحت الحمراء .
ونظراً لأهمية هذا الموضوع . . فإننا نلقى عليه مزيداً من الضوء تحت العنوان التالى .

تأثير نوع الغطاء على الفقد الحرارى من البيوت المحمية

يبين جدول (٣ - ١) الفقد الحرارى المتوقع من البيوت المدفأة المغطاة بمختلف
أنواع الأغشية . كما يمكن الاستفادة من الجدول نفسه فى تقدير إمكانية التخلص من
الحرارة المكتسبة من الجو الخارجى نهاراً فى البيوت المبردة .

ويتضح من الجدول أن هواء البيت يتغير بالكامل - وفى غياب أية تهوية - بمعدل
مرتين فى الساعة فى البيوت الزجاجية ، ويصاحب ذلك فقد كبير للحرارة بالتسرب .
تلى ذلك بيوت الفيرجلاس التى يكون الفقد فيها بالتسرب نصف ما فى البيوت

الزجاجية . أما البيوت المغطاة برقائى البلاستيك ، فلا يحدث فيها أى فقد بالتسرب ؛ نظراً لأنها تكون محكمة الإغلاق .

هذا . . إلا أن تقديرات أخرى تشير إلى أن معدل تغير هواء البيوت فى الساعة يبلغ ٠,٥ - ١,٠ مرة فى البيوت المغطاة بطبقتين من رقائى البوليثلين ، و ٠,٧٥ - ١,٥ مرة فى بيوت الفيرجلاس والبيوت الزجاجية الحديثة الإنشاء ، و ١ - ٢ مرة فى البيوت الزجاجية القديمة التى ما زالت فى حالة جيدة ، و ٢ - ٤ مرات فى البيوت الزجاجية القديمة التى لم تعد فى حالة جيدة .

جدول (٣ - ١) : الفقد الحرارى المتوقع من البيوت المدفأة المغطاة بمختلف أنواع الأغشية (Nelson ١٩٨١) .

الفقد الحرارى			
نوع الغطاء	بالانتقال ^(١) (Btu/ قدم ^٢)	بالتسرب ^(ب) (عدد مرات تغير الهواء/ ساعة)	بالاشعاع (% من الفقد الكلى)
الزجاج	١,١٣	٢	٤,٤
الفيرجلاس	٠,٩٥ - ١,٠٠	١	١,٠
البوليستر (Mylar)	١,٠٥	-	١٦,٢
البوليثلين:			
طبقة واحدة	١,٢٠	صفر	٧٠,٨
طبقتان	٠,٧٠	صفر	-
طبقة واحدة بها خلايا هوائية بقطر ٣/١٦ بوصة	٠,٦٠	-	-

(١) يعبر عن الحرارة المفقودة بالانتقال بالوحدات الحرارية البريطانية التى تنتقل من خلال قدم مربع من الغطاء فى الساعة عندما تكون الحرارة الخارجية أقل من الداخلية بدرجة فهرنهايت واحدة .

(ب) يحدث الفقد بالتسرب من خلال المسافات بين أجزاء الغطاء ، ويعبر عنها بعدد مرات تغير هواء البيت فى الساعة .

وبلغ أعلى فقد بالانتقال فى حالة أغشية البوليثلين ، تليها الأغشية الزجاجية ، فالوليستر ، فأغشية الفيرجلاس . وجميعها متقاربة ، لكن معدل الفقد بالانتقال ينخفض كثيراً عند استعمال طبقتين من البوليثلين العادى ، أو عند استعمال طبقة واحدة بها خلايا هوائية بقطر ٣/١٦ بوصة .

وسائل التحكم فى العوامل البيئية داخل البيوت المحمية

وكما هو متوقع . . فإن النسبة المئوية للفقد الحرارى بالإشعاع تبلغ أقصاها فى البيوت المغطاة بالبولىثلين ، وتقل كثيراً فى البيوت المغطاة بالبولىستر ، وتكون منخفضة للغاية فى البيوت الزجاجية وبيوت الفيرجلاس .

ونظراً للارتفاع الكبير فى تكلفة التدفئة فى البيوت المحمية ؛ فقد اتجهت الدراسات نحو إنتاج أنواع من الأغشية تقلل الفقد الحرارى من البيوت المدفأة إلى أدنى مستوى ممكن . ويبين جدول (٣ - ٢) مقارنة بين الأغشية التقليدية (طبقة واحدة من الزجاج ، أو الفيرجلاس ، أو البولىثلين) وعدد من الأغشية الأخرى الحديثة فى مقدار الفقد الحرارى الذى يحدث من خلالها .

يتضح من الجدول أن أكثر أنواع الأغشية كفاءةً فى تقليل الفقد الحرارى هو الغطاء المكون من ثلاث طبقات من الزجاج ، تفصل بين كل طبقتين منها مسافة ٦ مم ، يليها استعمال غطاء أكريلكى Acrylic ذو طبقتين بسمك ١٦ مم ، أو غطاء من البولى كربونات Polycarbonate ذو طبقتين بسمك ١٦ مم . وبالمقارنة . . فإن أقل أنواع الأغشية كفاءةً فى تقليل الفقد الحرارى هو غطاء الفيرجلاس ، فغطاء البولىثلين من طبقة واحدة بسمك يتراوح بين ٥٠ ميكرونًا و ١٥٠ ميكرونًا ، فغطاء الزجاج العادى المكون من طبقة واحدة . أما باقى الأغشية المذكورة فى الجدول ، فإنها تعد وسطاً فى هذا الشأن .

طريقة حساب احتياجات التدفئة

تستخدم المعادلة التالية لحساب الاحتياجات الحرارية اللازمة لتدفئة البيوت المحمية بالوحدات الحرارية البريطانية فى الساعة :

$$H = [A_1 + (A_2 \times R)] \times T \times G \times W \times C$$

حيث إن :

H احتياجات التدفئة مقدرة بالوحدات الحرارية البريطانية فى الساعة .

A₁ مساحة غطاء البيت بالقدم المربع .

A₂ مساحة جدران البيت المصنوعة من مواد أخرى غير مادة الغطاء .

جدول (٣ - ٢) : الفقد الحرارى من مختلف أنواع أغطية البيوت المحمية .

نوع الغطاء	الفقد الحرارى (U) ^{١)}		الفقد بالإشعاع (% من الفقد الكلى)
	W	Btu	
الزجاج			
طبقة واحدة	٦,٤٠	١,١٣	٤,٤
طبقتان يفصل بينهما مسافة ٦ مم	٣,٦٨	٠,٦٥	
ثلاثة طبقات يفصل بين كل اثنتين منها مسافة ٦ مم	٢,٦٦	٠,٤٧	
البولى فينايل كلورايد	٥,٢١	٠,٩٢	
الفيرجلاس	٦,٨٠	١,٢٠	١,٠
الأكريلك			
طبقة واحدة بسمك ٣ مم	٥,٦٧	١,٠٠	
طبقتان بسمك ١٦ مم	٣,٢٩	٠,٥٨	
طبقتان بسمك ٨ مم	٣,٦٣	٠,٦٤	
البولى كاربونات			
طبقتان بسمك ١٦ مم	٣,٢٩	٠,٥٨	
طبقتان بسمك ٦,٥ مم	٣,٩١	٠,٦٩	
البوليثيلين			
طبقة واحدة بسمك ٥٠ - ١٥٠ ميكرونًا	٦,٥٢	١,١٥	٧٠,٨
طبقتان	٣,٩٧	٠,٧٠	
البوليستر (ميلار Mylar)	٥,٩٥	١,٠٥	١٦,٢
البولى فينايل فلورايد			
طبقة واحدة			٣٠,٠
طبقتان	٤,٣١	٠,٧٦	

(١) U هو مجموع الفقد الحرارى الناتج من التوصيل والإشعاع ، وتقدر إما بالـ Btu لكل قدم مربع / ساعة / فرق درجة واحدة فهرنهايت بين الحرارة داخل وخارج البيت ، أو بالـ W لكل متر مربع / ساعة / فرق درجة واحدة مئوية بين الحرارة داخل وخارج البيت .

R مقاومة مادة جدران البيت (غير الغطاء) لتوصيل الحرارة (معبراً عنها ، بالمقارنة بتوصيل الحرارة فى مادة الغطاء) . ويوضح جدول (٣ - ٣) قيمة R حسب المادة التى تصنع منها جدران البيت .

T أكبر فرق متوقع فى درجة الحرارة بين خارج البيت وداخله بالفهرنهايت .
G معامل التوصيل الحرارى للغطاء حسب أكبر فرق متوقع فى درجة الحرارة بين خارج البيت وداخله . ويبين جدول (٣ - ٤) قيمة G حسب الفرق المتوقع فى درجة الحرارة .

W معامل سرعة الرياح . يستخرج هذا المعامل من جدول (٣ - ٥) .
C معامل الإنشاء . تتحدد قيمته بحالة البيت ، وكيفية إنشائه ، ومدى إحكامه ، ويستخرج من جدول (٣ - ٦) حسب حالة البيت (Mastalerz ١٩٧٧) .
جدول (٣ - ٣) : المعامل R للمادة التى تتكون منها جدران البيت السفلية إن وجدت .

مادة جدران البيت السفلية ومواصفاتها	R
الواح أسبستوس الأسمنت Asbestos Cement Board معرجة بسمك ٩,٥ مم	٠,٩٤
أسمنت :	
سمك ١٠ سم	٠,٧٦
سمك ١٥ سم	٠,٦٧
قوالب أسمنتية :	
سمك ١٠ سم	٠,٥٨
سمك ٢٠ سم	٠,٤٦
قوالب طوب (طابوق) سمك ٢٠ سم	٠,٤٣

جدول (٣ - ٤) : معامل التوصيل الحرارى لغطاء البيت (المعامل G للزجاج ^(١)) حسب أكبر فرق متوقع فى درجة الحرارة بين خارج البيت وداخله .

أكبر فرق متوقع لدرجة الحرارة بين خارج البيت وداخله (ف°)	معامل التوصيل G للزجاج
٥٠	١,٠٩
٥٥	١,١٠
٦٠	١,١١
٦٥	١,١٢
٧٠	١,١٣
٧٥	١,١٤

(١) تلزم جداول بقيم أخرى للمعامل G عندما يكون غطاء البيت من مواد أخرى غير الزجاج .

جدول (٣ - ٥) : معامل سرعة الرياح W .

سرعة الرياح (كيلو متر/ ساعة) ^(١)	معامل سرعة الرياح W ^(ب)	معامل سرعة الرياح البديل ^(ج)
٢٤ أو أقل	١,٠٠	١,١٠
٣٢	١,٠٤	١,١٤
٤٠	١,٠٨	١,١٨
٤٨	١,١٢	١,٢٢
٥٦	١,١٦	١,٢٦

- (١) تؤدي زيادة سرعة الرياح عن ٢٤ كيلو مترًا في الساعة إلى زيادة احتياجات التدفئة بنسبة ٤٪ لكل زيادة قدرها ثمانية كيلو مترات / ساعة في سرعة الرياح .
- (ب) يعتبر معامل سرعة الرياح بمثابة معامل تصحيح لمعامل التوصيل الحراري لمادة غطاء البيت بسبب تأثير زيادة سرعة الرياح على كفاءة الغطاء في توصيل الحرارة .
- (ج) تستخدم هذه القيم البديلة عندما تدفع أجهزة التدفئة بتيار الهواء الدافئ نحو غطاء البيت .
- جدول (٣ - ٦) : معامل الإنشاء C ^(١) .

نوع البيت وحالته	معامل الإنشاء C
هيكل البيت من المعادن فقط وشرائح الزجاج بعرض ٦٠ سم	١,٠٨
هيكل البيت من الخشب والمعادن وشرائح الزجاج بعرض ٤٠ أو ٥٠ سم	١,٠٥
هيكل البيت من الخشب وشرائح الزجاج بعرض ٥٠ سم	
البيت محكم الإغلاق	١,٠٠
البيت متوسط الإحكام	١,١٣
البيت غير محكم	١,٢٥
هيكل البيت من الخشب والغطاء من الفيرجلاس	٠,٩٥
هيكل البيت من المعدن والغطاء من الفيرجلاس	١,٠٠
هيكل البيت معدني والغطاء بلاستيكي :	
طبقة واحدة	١,٠٠
طبقتان بينهما فراغ هوائي قدره ٢,٥ سم	٠,٧٠

(١) يغير هذا المعامل من الاحتياجات الكلية المحسوبة للتدفئة ، ويعتمد على مادة هيكل البيت ، وغطائه ، ومدى إحكامه .

وعلى الرغم من دقة المعادلة السابقة في تقدير الاحتياجات الحرارية اللازمة ، إلا

أنها تتطلب بيانات كثيرة ربما لا تتوفر لدى المزارع العادى ؛ لذا فإنه يشيع استخدام صور أخرى منها أكثر تبسيطاً من السابقة ، وفيها تحسب احتياجات التدفئة كالتالى :

$$H = u A (t_i - t_o)$$

حيث إن :

H هى احتياجات التدفئة مقدرةً بالوحدات الحرارية البريطانية فى الساعة .
u ثابت يتوقف على نوع غطاء البيت (وهو الموضح تحت العمود "Btu" فى جدول (٣ - ٢) .

- A مساحة البيت الخارجية بالقدم المربع .
- t_i درجة الحرارة الداخلية بالفهرنهايت .
- t_o درجة الحرارة الخارجية بالفهرنهايت .

وعلى الرغم من تأثر قيمة u بسرعة الرياح ، إلا أن القيم المبينة فى جدول (٣ - ٢) هى المتفق عليها ، على أساس أن متوسط سرعة الرياح يبلغ حوالى ٢٤ كم / ساعة . وليبيان تأثير الرياح فى هذا الشأن ، فإن قيمة u المتفق عليها لغطاء زجاجى من طبقة واحدة - وهى ١,١٣ - تنخفض إلى ١,٠٥ عندما لا يكون البيت معرضاً للرياح ، وتزيد إلى ١,١٥ فى حالة تعرض البيت للرياح .

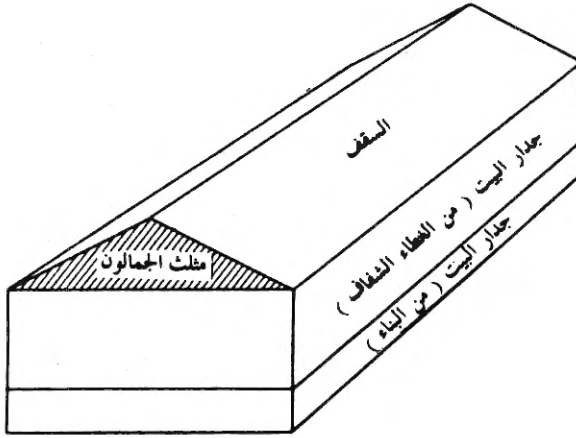
ويعنى استخدام هذه المعادلة أنه فى حالة البيوت البلاستيكية المغطاة بطبقة واحدة من البوليثلين يلزم ١١٥٠ وحدة حرارية بريطانية / ساعة / ١٠٠٠ قدم^٢ من المساحة الخارجية للبيت لكل درجة فهرنهايتية واحدة من الفرق فى درجات الحرارة داخل وخارج البيت (Sheldrake وآخرون ١٩٦٢ ، و Sheldrake ١٩٦٧) .

طريقة حساب المساحة الخارجية للبيت المحمي

يتطلب حساب احتياجات التدفئة (وكذلك التبريد) فى البيوت المحمية معرفة المساحة الخارجية للبيت . ويمكن تقدير ذلك فى الأنواع المختلفة من البيوت ، كما يلى :

١ - البيوت المفردة ذات الشكل الجمالونى المتناظر الانحدار على جانبي البيت

: Even Span



شكل (٣ - ١) : رسم تخطيطي للبيت الجمالوني المتناظر الانحدار على الجانبين even span ، يبين الأجزاء المختلفة من البيت اللازمة لحساب مساحته الخارجية واحتياجات التدفئة .

تتكون الأسطح الخارجية من (شكل ٣ - ١) مما يلي :

أ - الجانبان الطويلان للبيت ؛ وهما مستطيلان .

ب - الجانبان القصيران للبيت ؛ ويتكون كل منهما من :

(١) الجزء السفلي ، وهو مستطيل .

(٢) الجزء العلوي (تحت الجمالون) ؛ وهو مثلث يتساوى فيه ضلعان .

ج - جانبا السقف المنحدران ؛ وهما مستطيلان .

وتحسب أطوال ومساحة الأشكال الهندسية المختلفة كالتالى :

مساحة المستطيل = الطول × العرض

مساحة المثلث الذى يتساوى فيه ضلعان = نصف القاعدة × الارتفاع . وتعتبر قاعدة

المثلث هى الجانب القصير للبيت ، أما ارتفاعه ، فهو المسافة من مركز الجمالون إلى الأرض ، مطروحا منها ارتفاع الجانب الرأسى من البيت .

طول الضلع القصير لكل من جانبي السقف المنحدرين (أو وتر مثل الجمالون)

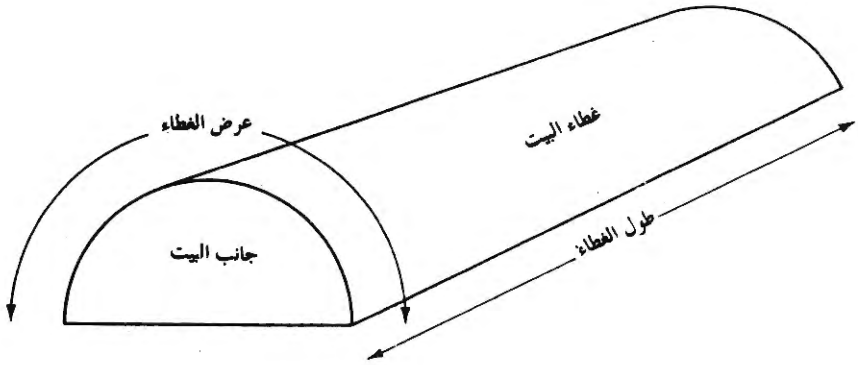
= $\sqrt{\text{مربع نصف قاعدة مثلث الجمالون} + \text{مربع ارتفاع مثلث الجمالون}}$

٢ - البيوت المفردة النصف أسطوانية Quonset :

يعتبر كل بيتٍ بمثابة نصف أسطوانة (شكل ٣ - ٢) وتحسب مساحته الخارجية بالمعادلة التالية :

$$\text{المساحة الخارجية للبيت} = \frac{1}{2} (2 \text{ ط نق ل} + 2 \text{ ط نق}^2) .$$

حيث إن ط = ١,٤٢ ، ونق = ارتفاع البيت ، و ل = طول البيت .



شكل (٣ - ٢) : رسم تخطيطى للبيت النصف أسطوانى quonset يبين الأجزاء المختلفة من البيت اللازمة لحساب مساحته الخارجية واحتياجات التدفئة .

٣ - البيوت المفردة ذات الشكل النصف أسطوانى المحور Modified quonset :

تتكون الأسطح الخارجية للبيت من :

أ - الجزء السفلى للبيت ، ويتكون من :

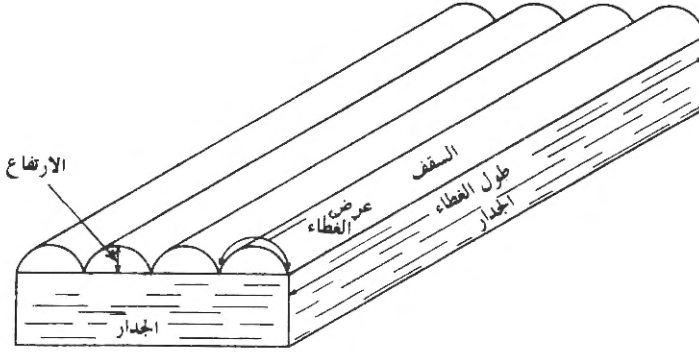
(١) الجانبان الطويلان للبيت ، وهما مستطيلان .

(٢) الجانبان القصيران للبيت ، وهما مستطيلان .

ب - الجزء العلوى للبيت ، ويمكن اعتباره نصف أسطوانة ، وتحسب مساحته كما

فى حالة البيوت النصف أسطوانية .

ويبين شكل (٣ - ٣) مجمعاً من البيوت المتصلة ذات الشكل النصف أسطواني المحور .



شكل (٣ - ٣) : رسم تخطيطي لمجموعة من البيوت المتلاصقة ، كل منها على شكل نصف أسطواني modified quonset يبين الأجزاء المختلفة للبيت اللازمة لحساب مساحته الخارجية واحتياجات التدفئة .

طريقة حساب حجم البيت

تتوقف قوة التدفئة أو التبريد اللازمين للبيت على حجمه . ويمكن تقدير ذلك في الأنواع المختلفة من البيوت كالتالي :

١ - البيوت المفردة ذات الشكل الجمالوني المتناظر الانحدار على جانبي البيت : even span

يقدر حجم البيت من المعادلة التالية :

$$V = L \times [(H_e \times W) + (\frac{H_r \times W}{2})]$$

حيث إن V = حجم البيت ، و L = طول ، و H_e = ارتفاع الجانب الرأسى من البيت ، و W = عرض البيت ، و H_r = ارتفاع مثلث جمالون السقف .

كما يمكن حساب حجم البيت بطريقة مختصرة كما يلي (مع الرجوع إلى شكل ٣ - ٤ أ بخصوص الرموز المستخدمة في المعادلة) :

$$V \text{ (حجم البيت)} = \frac{h+H}{2} \times L \times W$$

٢ - البيوت المفردة النصف أسطوانية Quonset :

يعتبر كل بيت بمثابة نصف أسطوانة ، ويحسب حجمه بالمعادلة التالية :

$$\text{حجم البيت} = \text{طول البيت} \times \left(\frac{1}{2} \times \text{ط نق}^2 \right)$$

حيث إن نق = نصف عرض البيت .

٣ - البيوت المفردة ذات الشكل النصف أسطوانى المحور Modified quonset :

يتكون البيت من جزأين ؛ هما :

أ - الجزء السفلى ، وهو متوازي مستطيلات .

ب - الجزء العلوى ، وهو نصف أسطوانة ، فيها نصف القطر يساوى ارتفاع هذا الجزء .

وبالتالى ، فإنه يمكن حساب حجم البيت بالمعادلة التالية :

$$\text{حجم البيت} = \text{طول البيت} \times [\text{عرض البيت} \times \text{ارتفاع الجزء السفلى} + \frac{(\text{ط} \times \text{مربع ارتفاع الجزء العلوى})}{2}]$$

حيث إن ط = ٣,١٤٢ ، ومربع ارتفاع الجزء العلوى = نق² .

٤ - البيوت المفردة المستندة إلى مبنى (يراجع شكل ٣ - ٤ ب) :

$$V \text{ (حجم البيت)} = \frac{h+H}{2} \times L \times W$$

٥ - البيوت المفردة ثلاثة أرباع الجمالون Three-quarter span (يراجع شكل ٣ -

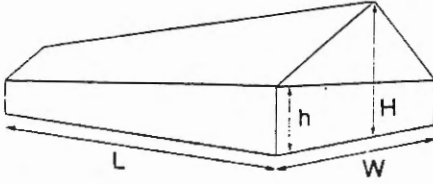
٤ ج) :

$$V \text{ (حجم البيت)} = \left(\frac{h_1+H}{2} \times L \times W_1 \right) + \left(\frac{h_2+H}{2} \times L \times W_2 \right)$$

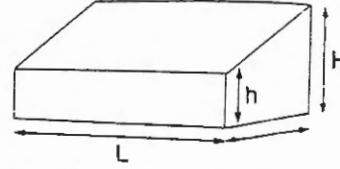
٦ - البيوت المفردة ذات الشكل الجمالونى والجوانب المنحدرة Sloping sides

(يراجع شكل ٣ - ٤ د) :

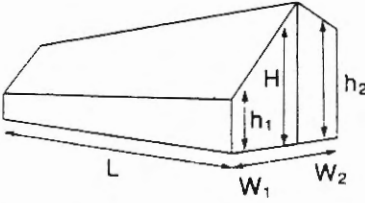
$$V \text{ (حجم البيت)} = \left(\frac{h+H}{2} \times W_1 \right) + (h \times W_2)$$



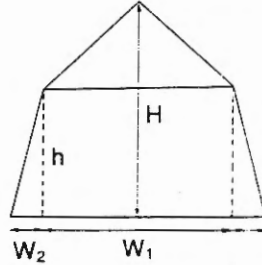
١ - متناظر الانحدار Even span



ب - مستند إلى مبنى Lean-to



ج - ثلاثة أرباع الجمالون Three-quarter span



د - جمالون بجوانب منحدرة Sloping sides

شكل (٣ - ٤) : أشكال بعض أنواع البيوت المحمية وطريقة حساب أحجامها ، يراجع المتن للتفاصيل (عن Boatfield & Hamilton ١٩٩٠) .

منظم الحرارة

يستخدم منظم الحرارة Thermostat فى تنظيم درجة الحرارة داخل البيوت المحمية ، ويعمل الجهاز على التحكم فى درجة الحرارة عن طريق التشغيل الآلى لأجهزة التدفئة والتبريد ونظام التهوية ، سواء بالتحكم فى تشغيل المراوح ، أم فتح وإغلاق منافذ التهوية . ويتم تحديد ذلك - سلفاً - بضبط المنظم على درجات الحرارة التى يتعين عندها تشغيل أو إيقاف أى من هذه الأجهزة . ومن الأهمية بمكان أن يكون منظم الحرارة على درجة كبيرة من الحساسية ؛ حتى لا تحدث تغيرات كبيرة عن درجة الحرارة المرغوبة ؛ مما تكون له تأثيرات ضارة على النباتات ، فضلاً على زيادة استهلاك الوقود دون داع .

ولكى تكون كفاءة منظم الحرارة أعلى ما يمكن ، تتعين مراعاة ما يلى بشأنه :

١ - يجب أن يوضع المنظم فى مكانٍ يمثل متوسط درجة الحرارة فى البيت ، على أن يؤخذ فى الحسبان موضع أنابيب التدفئة أو المدفئات والتيارات الهوائية . وغالباً ما يوضع المنظم بالقرب من وسط البيت .

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

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

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

٥ - تجب إضافة منظمٍ 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 بطاريةٍ أو من مولدٍ احتياطيٍّ لضمان عمله حتى فى حالة انقطاع التيار الكهربائي .

٦ - يجب وضع ترمومترٍ آخر عاديٍّ داخل الصندوق ؛ للتأكد من دقة عمل منظم الحرارة .

وسائل توفير الطاقة اللازمة للتدفئة أو التبريد

لا تعتبر دراسة أساسيات التحكم فى درجة الحرارة فى البيوت المحمية كاملةً ، دون الإشارة إلى الوسائل المستخدمة بغرض توفير الطاقة اللازمة للتدفئة أو التبريد ؛ لأن تطبيقها يفيد فى تحقيق قدرٍ 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 ؛ نظراً 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 أيضاً والظروف الجوية السائدة فى المنطقة ؛ نظراً لأن الغطاء لا يؤثر فقط على كمية الضوء التى تنفذ داخل البيت ، بل يؤثر أيضاً على فقد الحرارة من داخل البيت إلى الخارج ، سواء أكان ذلك الفقد بالتوصيل ، أم بالإشعاع ، أم بالتسرب ، وقد سبقت أيضاً مناقشة موضوعى تأثير الغطاء على نفاذية الضوء ، وعلى فقد الحرارة .

٣ - استعمال طبقتين أو ثلاث طبقات من الغطاء بدلاً من طبقة واحدة ؛ نظراً لأن ذلك يقلل معامل التوصيل الحرارى للغطاء بدرجة كبيرة . فإذا كان معامل التوصيل الحرارى لطبقة واحدة من الغطاء واحداً صحيحاً ، فإن هذه القيمة تنخفض بنسبة ٤٢٪ ، و ٥٨٪ عند استخدام طبقتين وثلاث طبقات من الزجاج على التوالى ، وبنسبة ٤٠٪ عند استخدام طبقتين من البوليثلين (جدول ٣ - ٢) . ويعنى 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 أولاً بأول لخفض معامل الإنشاء C فى حسابات التدفئة (جدول ٣ - ٦) .

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

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

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

٩ - يمكن خفض الفاقد فى الحرارة ليلاً بمقدار ٧٠٪ - ٨٠٪ فى البيوت المحمية التى تتكون أسقفها من طبقتين من الغطاء بدفع رغوة foam خاصة بين الطبقتين . ويتم ذلك بدفع تيار من الهواء فى سائل يتمدد بمقدار ١٠٠٠ ضعف ، مكوناً الرغوة التى تنتشر بين طبقتى الغطاء . هذا . . وتتلاشى الرغوة فى خلال نصف ساعة ، ويتجمع السائل من جديد فى خزان خاص؛ ليتم ضخه من جديد حسب الحاجة . (ويمكن استخدام النظام نفسه للحماية الجزئية من أشعة الشمس القوية نهائياً) (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 فى حالة عدم توفر شباك التظليل رش السطح الخارجى للبيت بالجير فى بداية فصل الصيف .

١١ - يمكن تحسين التدفئة ليلاً بملء أنابيب بلاستيكية واسعة بالماء ، مع جعلها ممتدة على سطح التربة قريباً من خطوط الزراعة ؛ حيث يكتسب الماء كمية كبيرة من الحرارة نهاراً ؛ نظراً لارتفاع حرارته النوعية ، ثم يفقدها ليلاً بالإشعاع إلى جو البيت بالقرب من النباتات (شكل ٣ - ٥ ، يوجد فى آخر الكتاب) .

ويذكر Tüzel (١٩٩٤) أن استعمال هذه الأنابيب فى البيوت البلاستيكية فى تركيا أدى إلى زيادة محصول الطماطم بنسبة ٣٠٠٪ ، فى الوقت الذى أدت فيه الأنابيب إلى خفض درجة الحرارة العظمى بمقدار ٢,٤م ، وزيادة درجة الحرارة

الصغرى - ليلا - بمقدار : ١,٣٦م على ارتفاع ٥٠سم من سطح التربة ، و ١,٤٩م على ارتفاع ١٠سم من سطح التربة ، و ٠,٦٨م على عمق ١٠سم فى التربة .

١٢- استعمال ستائر حرارية متحركة Mobile Thermal Screens تُضم نهاراً لتسمح بنفاذ الأشعة الشمسية ، وتُفرد ليلاً ل تمنع نفاذ الأشعة تحت الحمراء التى تنبعث من التربة والنباتات داخل البيت (عن Koning ١٩٨٨) . هذا . . ولم يجد Pirard وآخرون (١٩٩٤) أية اختلافات بين خمسة أنواع من الستائر الحرارية (هى : ستائر البوليثيلين ، والبوليستر ، والبوليستر المغطى بالألومنيوم بنسبة ٥٠٪ ، أو ٧٥٪ أو ١٠٠٪) ؛ حيث وفّرت جميعها فى استهلاك الطاقة بنسبة ٢٠٪ .

وقد قارن Abak وآخرون (١٩٩٤) استعمال غطاء البوليثيلين المفرد مع كلى 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 الكترول) ، وكان ذلك مُصاحباً بارتفاع قدره ٣,٤م فى درجة الحرارة الصغرى .

الغطاء البلاستيكي المزدوج وأهميته

سبق أن بينا أن استعمال طبقتين من الغطاء البلاستيكي بدلا 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 البلاستيكية ؛ نظراً لرخص أغشية رقائق البلاستيك كثيراً 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

تلاصهما ، فإنهما يعملان معاً كطبقة واحدة ، ولا يؤثران على معامل التوصيل . أما فى حالة زيادة المسافة بينهما ، فإن ذلك يكون مصاحباً بتحركات الهواء المحصور بينهما ، فإذا ما وصلت المسافة بينهما إلى ٢٠سم ، 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 بتخصيص موتور صغير لدفع الهواء motor blower لكل بيت يكون قادرًا على دفع ٠,٧٥ - ١,٥٠ م^٣ من الهواء / دقيقة ، وبقوة نصف حصان تقريبًا ، ويستهلك ٤٠ وات / ساعة . ويجب أن يكون الضغط بين شريحتى البلاستيك ٥ - ٧,٥ مم ماء . ويمكن قياس ذلك بواسطة مانومتر manometer يتم تصنيعه من أنبوبة بلاستيكية شفافة بطول ٦٠سم تُثنى على شكل حرف U ، وتثبت على لوحة خشبية يوضع أحد طرفيها بين شريحتى البلاستيك ، والطرف الآخر داخل البيت ، ومع إضافة ١٥ - ٢٠ سم طولى من الماء فى الأنبوبة يمكن قراءة الفرق بين مستوى سطح الماء فى طرفى الأنبوبة . وكل فرق مقداره ٥ مم يعنى ضغطاً مقداره رطل واحد / بوصة مربعة . هذا . . ويمكن تدريج الأنبوبة واستعمال ماء ملون ليتمكن رؤيته بسهولة .

ومن أهم مزايا استخدام طبقتين من البلاستيك ما يلى :

- ١ - خفض معامل التوصيل الحرارى من ١,٣٥ إلى ٠,٧ ، ويتبع ذلك توفير احتياجات التدفئة والتبريد بمقدار ٤٠٪ ، وارتفاع درجة الحرارة الصغرى أثناء الليل .
- ٢ - تقليل أو منع ظاهرة التكثف ، ويتبع ذلك نقص أو انعدام الأضرار التى تصاحب تساقط قطرات الماء على النباتات .
- ٣ - زيادة مقدار الضوء النافذ نتيجة لقلّة أو انعدام ظاهرة التكثف .
- ٤ - يكون من الأسهل الاحتفاظ بدرجة حرارة ثابتة داخل البيت .
- ٥ - زيادة المحصول .
- ٦ - تكون الشريحة البلاستيكية الثانية بمثابة ضمان لوقاية المزروعات فى حالة

التلف المفاجيء لإحدى الشريحتين ، خاصة في الجو الشديد البرودة أو الحرارة (Sheldrake ١٩٦٩ و ١٩٧١ ، و Nelson ١٩٨٥ ، و Campiotti وآخرون (١٩٩١) .

لكن من عيوب استخدام طبقتين من الغطاء خفض نسبة الضوء النافذ إلى داخل البيت بدرجة يسيرة (جدول ٣ - ٧) . وبينما يعد هذا الانخفاض في نسبة الضوء النافذ أمراً قليل الأهمية في المناطق المعتدلة ، وقد يكون مرغوباً في المناطق الحارة ، إلا أنه يعد عيباً كبيراً في المناطق الباردة التي تنخفض فيها شدة الإضاءة كثيراً .

جدول (٣ - ٧) : تأثير وجود طبقتين من الغطاء على نفاذيته للضوء .

نفاذية الغطاء للضوء (%) في حالة وجود		
الغطاء	طبقة واحدة	طبقتين
زجاج (سمك ٣,٢ مم)	٨٨ - ٨٩	٧٨ - ٨٠
فيبرجلاس (سمك ٦,٤ مم)	٨٦	٧٥ - ٧٧
بوليثيلين (سمك ١٠٠ ميكرون)	٩١ - ٩٢	٨٣ - ٨٤
بولي فينايل كلورايد (سمك ١٠٠ ميكرون)	٩٢ - ٩٣	٨٦ - ٨٧

ويؤيد ذلك دراسة أجريت في البرتغال (خلال الفترة من يناير إلى يولية) قُورن فيها تأثير استعمال غطاء من البوليثلين (بسمك ٢٠٠ ميكرون) أو غطاءين (بسمك ٢٠٠ ميكرون + ٨٠ ميكرون) ، مع الزراعة في الحقل المكشوف ؛ حيث وُجد ما يلي :

١ - كانت حرارة الهواء ليلاً تحت الغطاء المزدوج أعلى بمقدار درجتين مما في الحقل المكشوف ، وأعلى بمقدار درجة واحدة مما تحت الغطاء المفرد .

٢ - كان الإشعاع المؤثر في عملية البناء الضوئي أقل تحت الغطاء المزدوج بمقدار ٢٠٪ مقارنةً بالإشعاع تحت الغطاء المفرد ، وبلغ ٥٥٪ فقط من إجمالي الإشعاع في الحقل المكشوف .

٣ - كانت حرارة التربة أعلى عندما استعمل غطاء مزدوج ، مقارنةً باستعمال غطاء مفرد ، وذلك في شهر يناير ، ولكن ارتفعت درجة حرارة التربة بسرعة أكبر بكثير

وسائل التحكم فى العوامل البيئية داخل البيوت المحمية ———

تحت الغطاء المفرد مقارنةً بالغطاء المزدوج خلال الشهور التالية ؛ حتى أصبح الفارق بينهما ٣ - ٤ م (أعلى تحت الغطاء المفرد) فى شهر مايو .

٤ - كانت النباتات تحت الغطاء المزدوج أطول منها تحت الغطاء المفرد ؛ بسبب زيادة استطالة سلامياتها .

٥ - أدى استعمال الغطاء المزدوج إلى نقص المحصول الكلى بنسبة ٤,٦ ٪ ، ولكن لم يختلف استعمال الغطاء المزدوج معنوياً عن استعمال الغطاء المفرد فى كلٍّ من المحصول المبكر وعدد الثمار الكلى (Vargues وآخرون ١٩٩٤) .

كذلك وجد Başçetinçelik وآخرون (١٩٩٤) أن نمو نباتات الطماطم لم يختلف تحت الغطاء البلاستيكي المزدوج عنه تحت الغطاء المفرد ، على الرغم من أن الغطاء المزدوج أدى إلى نقص نفاذ الأشعة المؤثرة فى عملية البناء الضوئى - إلى داخل البيت - بمقدار ٥ ٪ - ١٠ ٪ ، ونقص نفاذ الإشعاع الكلى بمقدار ٢٥ ٪ - ٢٩ ٪ مقارنةً بالغطاء المفرد .

طرق التدفئة

تتعدد وتنوع الطرق المستخدمة فى تدفئة البيوت المحمية ، ولكل طريقة الظروف الخاصة التى تناسبها . ويمكن توصيل جميع نظم التدفئة بمنظم الحرارة الذى يتحكم فى تشغيلها ؛ بحيث تظل درجة الحرارة دائماً فى الحدود المسموح بها . ويستثنى من ذلك التدفئة بالمدفئات الغازية ، ومدافئ الكيروسين ، والبارافين ، حيث يتم تشغيلها يدوياً خلال فترة انخفاض درجة الحرارة . هذا . . ويفضل نظام التدفئة المركزية Central heating فى تجمعات البيوت المتصلة .

ويلزم فى جميع نظم التدفئة التى تعتمد على الكهرباء فى تشغيلها لتوليد الحرارة أن يوجد مصدر إضافى للتدفئة ، أو مولد كهربائى احتياطى للاستعانة بأى منهما فى حالة انقطاع التيار الكهربائى .

وفىما يلى عرض للطرق المتبعة فى تدفئة البيوت المحمية :

التدفئة بـ"ناييب الماء الساخن وناييب البخار"

يعتمد كلا النظامين على تسخين الماء فى غلايات boilers ، ثم نقله فى صورة ماءٍ