الفصل الثانى

طرق التحكم فى العوامل البيئية داخل البيوت المحمية

برغم أن الهدف الرئيسى من الزراعة المحمية كان – وما زال – هو حماية النباتات من الإنحرافات الشديدة فى درجات الحرارة ، إلّا أن المفهوم العام للزراعة المحمية قد توسع فى السنوات الأخيرة ليشمل كافة العوامل البيئية – الجوية منها والأرضية – بغرض توفير الظروف المثلى للنمو النباتى لتحقيق أكبر عائد ممكن من وحدة المساحة . وأهم العوامل البيئية التى يسعى منتج الخضر إلى التحكم فيها فى الزراعات المحمية ما يلى :

١ – درجة الحرارة .

٢ – الرطوبة النسبية .

٣ – شدة الإضاءة .

٤ – نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون .

٥ – بيئة نمو الجذور (التربة والبيئات الصناعية المجهزة) .

٦ – الرطوبة الأرضية .

٧ – العناصر الغذائية .

٨ – الطفيليات المسببة للأمراض النباتية (سواء منها ما يصيب النباتات عن طريق الجذور ، أو الهوائية الخضرية) باعتبارها جزءًا من بيئة البيوت المحمية .

هذا .. وسنتناول بالدراسة فى هذا الفصل طرق التحكم فى العوامل البيئية الأربعة الأولى المذكورة أعلاه . أما باقى العوامل ، فهى إما أن يرجع إليها فى كتاب : « أساسيات إنتاج الخضر وتكنولوجيا الزراعات المكشوفة والمحمية (الصوبات) » للمؤلف – على أساس أنها تخدم كلًا من الزراعات المكشوفة والمحمية – أو أنها ستقدم فى الفصول التالية من هذا الكتاب الخاص بالزراعة المحمية فقط .

٢ – ١ : أساسيات التحكم فى درجة الحرارة فى البيوت المحمية

يتعين قبل الدخول فى تفاصيل طرق التدفئة والتبريد وحساباتهما أن نتعرف أولًا على بعض المصطلحات المستخدمة فى هذا المجال ، وعلى طرق تنظيم درجة الحرارة ، وطرق انتقالها ، لما لذلك من أهمية كبيرة فى كل من البيوت المدفأة والمبردة على حد 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 رطل واحد من الماء درجة واحدة فهرنهيتية .

ونظراً .. لأن عدد الوحدات الحرارية البريطانية الداخلة فى الحساب يكون عادة كبيرًا ، لذلك فإنه يستعاض عنها بقوة الحصان ، وكل قوة حصان تعادل ٣٣٤٧٥ وحدة حرارية بريطانية .

٢ - ١ - ١ : طرق انتقال الحرارة ، والاستفادة العملية من ذلك فى اختيار الغطاء المناسب للبيوت المحمية

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 نهارًا ، والحرارة الصادرة من الأجسام الصلبة داخل البيت ليلًا .

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

هذا .. وتنتقل الحرارة بأربع طرق رئيسية هى ما يلى :

١ - الإشعاع Radiation :

يكون الإشعاع على صورة موجات كهرومغناطيسية تندفق 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 . هذا .. وتكتسب البيوت المحمية الحرارة نهارًا 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 ليلًا ونهارًا ، طالما أن درجة حرارة الأجسام داخل البيت أعلى من درجة الحرارة خارج البيت .

ويستفاد من هذه الحقائق فيما يلى :

(أ) يلزم فى الجو البارد الاستفادة لأكبر درجة ممكنة من الإشعاع الشمسى نهارًا 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 ليلًا ونهارًا .

(ب) يلزم فى الجو الحار الصحو خفض نفاذية غطاء البيت للإشعاع الشمسى ، كما يفضل أن يكون الغطاء منفذًا للأشعة تحت الحمراء ليتم التخلص من الحرارة المكتسبة أولًا بأول .

(جـ) أما فى الجو المعتدل نهارًا ، المائل للبرودة ليلًا (كما هو الحال فى فصل الشتاء فى المناطق المعتدلة) ، فإنه يفضل أن يكون غطاء البيت غير منفذ للأشعة تحت الحمراء ، حتى يمكن الاستفادة من هذه الأشعة ليلًا فى رفع درجة حرارة البيت عن الجو الخارجى بنحو ٢ – ٣ درجات ، دون الحاجة لعملية التدفئة الصناعية التى تكون عادة غير اقتصادية فى مثل هذه المناطق .

وقد سبقت لنا مناقشة موضوع نفاذية الأنواع المختلفة من الأغطية للأشعة تحت الحمراء فى القسم (١ - ٤) ، وذكرنا أن أغطية الزجاج ، والبولى فينايل كلورايد (سمك ٣٢٥ ميكرون) تعد غير منفذة ، بينما تعتبر أغطية الفيبرجلاس ، والبوليستر ، والبولى فينايل كلورايد (سمك ٧٥ ميكرون) قليلة النفاذية . وتعتبر أغطية البولثيلين هى الوحيدة المنفذة للأشعة تحت الحمراء . وبرغم ذلك .. فإن هذه الأغطية يشيع استخدامها فى المناطق المعتدلة ، لكن من حسن الحظ أن هذه الأغطية غالبًا ما تكون مغطاة من الداخل ليلًا بطبقة من قطرات الماء المتكثفة ، والتى تمنع الفقد الحرارى بالإشعاع ، نظرًا لأن الماء غير منفذ للأشعة تحت الحمراء .

٢ – التوصيل Transmission :

يتم انتقال الحرارة بالتوصيل خلال وسط توصيل من النقط الدافئة إلى الأقل منها حرارة ، كما هو 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 ، ماء أو هواء) 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 جزءًا كبيرًا من حرارتها مع الهواء الدافىء المتسرب منها .

٤ – الانعكاس Reflection

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

هذا .. ويبين جدول (٢ – ١ عن Nelson ١٩٨١) الفقد الحرارى المتوقع من البيوت المدفأة المغطاة بمختلف أنواع الأغطية . كما يمكن الاستفادة من نفس الجدول فى تقدير إمكانيات التخلص من الحرارة المكتسبة من الجو الخارجى نهارًا 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 . تل ذلك بيوت الفيبرجلاس التى يكون الفقد فيها بالتسرب نصف ما فى البيوت الزجاجية . أما البيوت المغطاة برقائق البلاستيك ، فلا يحدث فيها أى فقد بالتسرب ، نظرًا لأنها تكون محكمة الغلق ، إلا أن تقديرات أخرى تشير إلى أن معدل تغير هواء البيوت فى الساعة يبلغ ٠,٥ – ١,٠ مرة فى البيوت المغطاة بطبقتين من رقائق البوليثيلين ، و ٠,٧٥ – ١,٥ مرة فى بيوت الفيبرجلاس 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 (٢ – ١) : الفقد الحرارى المتوقع من البيوت المدفأة المغطاة بمختلف أنواع الأغطية .

نوع الغطاء	الفقد الحرارى بالانتقال[أ] (Btu /قدم٢)	الفقد الحرارى بالتسرب[ب] (عدد مرات تغير الهواء/ساعة)	الفقد الحرارى بالاشعاع (٪ من الفقد الكلى)
الزجاج	١,١٣	٢	٤,٤
الفيبرجلاس	٠,٩٥ – ١,٠٠	١	١,٠
البوليستر (Mylar)	١,٠٥	-	١٦,٢
البولثيلين :			
طبقة واحدة	١,٢٠	صفر	٧٠,٨
طبقتان	٠,٧٠	صفر	-
طبقة واحدة بها خلايا هوائية بقطر $\frac{٣}{١٦}$ بوصة	٠,٦٠	-	-

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

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

ويبلغ أعلى فقد بالانتقال فى حالة أغطية البولثيلين ، تليها الأغطية الزجاجية ، فالبوليستر ، فأغطية الفيبرجلاس . وجميعها متقاربة ، لكن معدل الفقد بالانتقال ينخفض كثيرًا عند استعمال طبقتين من البولثيلين العادى ، أو عند استعمال طبقة واحدة بها خلايا هوائية بقطر $\frac{٣}{١٦}$ بوصة .

وكما هو متوقع .. فإن النسبة المئوية للفقد الحرارى بالإشعاع تبلغ أقصاها فى البيوت المغطاة بالبولثيلين ، وتقل كثيرًا فى البيوت المغطاة بالبوليستر ، وتكون منخفضة للغاية فى البيوت الزجاجية وبيوت الفيبرجلاس .

ونظرًا للارتفاع الكبير فى تكلفة التدفئة فى البيوت المحمية (وهو الأمر الذى صاحب الارتفاع فى أسعار النفط خلال الفترة من عام ١٩٨٣ ، وحتى عام ١٩٨٥) لذا فقد اتجهت الدراسات نحو إنتاج أنواع من الأغطية تقلل الفقد الحرارى من البيوت المدفأة إلى أدنى مستوى ممكن . ويبين جدول (٢ – ٢) مقارنة بين الأغطية التقليدية (طبقة واحدة من الزجاج ، أو الفيبرجلاس ، أو البولثيلين) وعدد من الأغطية الأخرى الحديثة فى مقدار الفقد الحرارى الذى يحدث من خلالها . ويتضح من الجدول أن أكثر أنواع الأغطية كفاءة فى تقليل الفقد الحرارى هو الغطاء المكون من ثلاث طبقات من الزجاج ، تفصل بين كل اثنين منها مسافة ٦ مم ، يليها استعمال غطاء أكريلكى Acrylic ذى طبقتين بسمك ١٦ مم ، أو غطاء من البولى كربونات Polycarbonate ذى طبقتين بسمك ١٦ مم . وبالمقارنة .. فإن أقل أنواع الأغطية كفاءة فى تقليل الفقد الحرارى هو غطاء الفيبرجلاس ، فغطاء البولثيلين من طبقة واحدة بسمك يتراوح من ٥٠ – ١٥٠ ميكرون ، فغطاء الزجاج العادى المكون من طبقة واحدة . أما باقى الأغطية المذكورة فى الجدول ، فإنها تعد وسطًا فى هذا الشأن .

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

نوع الغطاء	الفقد الحرارى (U)(١) Btu	W	الفقد بالاشعاع (٪ من الفقد الكلى)
الزجاج : طبقة واحدة	١,١٣	٦,٤٠	٤٠,٤
طبقتان يفصل بينهما مسافة ٦ مم	٠,٦٥	٣,٦٨	
ثلاثة طبقات يفصل بين كل اثنين منها مسافة ٦ مم	٠,٤٧	٢,٦٦	
البولى فينايل كلورايد	٠,٩٢	٥,٢١	
الفيبرجلاس	١,٢٠	٦,٨٠	١,٠
الاكريلك : طبقة واحدة بسمك ٣ مم	١,٠٠	٥,٦٧	
طبقتان بسمك ١٦ مم	٠,٥٨	٣,٢٩	
طبقتان بسمك ٨ مم	٠,٦٤	٣,٦٣	
البولى كاربونات : طبقتان بسمك ١٦ مم	٠,٥٨	٣,٢٩	
طبقتان بسمك ٦,٥ مم	٠,٦٩	٣,٩١	
البولثيلين : طبقة واحدة بسمك ٥٠ ـ ١٥٠ ميكرون	١,١٥	٦,٥٢	٧٠,٨
طبقتان	٠,٧٠	٣,٩٧	
البوليستر (ميلار Mylar)	١,٠٥	٥,٩٥	١٦,٢
البولى فينايل فلورايد : طبقة واحدة			٣٠,٠
طبقتان	٠,٧٦	٤,٣١	

(١) U هى مجموع الفقد الحرارى الناتج من التوصيل والاشعاع ، وتقدر اما بالـ Btuالكل قدم مربع / ساعة / فرق درجة واحدة فهرنهيتية بين الحرارة داخل وخارج البيت ، أو بالـ W لكل متر مربع / ساعة / فرق درجة واحدة مئوية بين الحرارة داخل وخارج البيت .

٢ - ١ - ٢ : 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 .

A_1 مساحة غطاء البيت بالقدم المربع .

A_2 مساحة جدران البيت المصنوعة من مواد أخرى غير مادة الغطاء .

R مقاومة مادة جدران البيت (غير الغطاء) لتوصيل الحرارة (معبرًا عنها ، بالمقارنة بتوصيل الحرارة فى مادة الغطاء) . ويوضح جدول (٢ - ٣) قيمة R حسب المادة التى تصنع منها جدران البيت .

T أكبر فرق متوقع فى درجة الحرارة بين خارج البيت وداخله بالفهرنهيت .

G معامل التوصيل الحرارى للغطاء حسب أكبر فرق متوقع فى درجة الحرارة بين خارج البيت وداخله . ويبين جدول (٢ - ٤) قيمة G حسب الفرق المتوقع فى درجة الحرارة .

W معامل سرعة الرياح . يستخرج هذا المعامل من جدول (٢ - ٥)

C معامل الإنشاء . تتحدد قيمته بحالة البيت ، وكيفية إنشائه ، ومدى إحكامه ، ويستخرج من جدول (٢ - ٦) حسب حالة البيت (Mastalerz ١٩٧٧) .

جدول (٢ - ٣) : المعامل R للمادة التى تتكون منها جدران البيت السفلية إن وجدت .

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

جدول (٢ - ٤) : معامل التوصيل الحرارى لغطاء البيت (المعامل "ق" 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 "ق" للزجاج
٥٠	١.٠٩
٥٥	١.١٠
٦٠	١.١١
٦٥	١.١٢
٧٠	١.١٣
٧٥	١.١٤

(١) تقرء جداول طبع أخرى للمعامل "ق" عندما يكون غطاء البيت من مواد أخرى غير الزجاج

جدول (٢ - ٥) : معامل سرعة الرياح "ر"[٢]

سرعة الرياح (ميل / ساعة)[٣]	معامل سرعة الرياح "ر"	معامل سرعة الرياح المعدل "ر"
١٥ أو أقل	١.٠٠	١.١٠
٢٠	١.٠٤	١.١٤
٢٥	١.٠٨	١.١٨
٣٠	١.١٢	١.٢٢
٣٥	١.١٦	١.٢٦

(١) تؤدى زيادة سرعة الرياح عن ١٥ ميلا فى الساعة إلى زيادة احتياجات التدفئة بنسبة ٤٪ لكل زيادة قدرها ٥ أميال/ ساعة فى سرعة الرياح

(٢) يعتبر معامل سرعة الرياح بمثابة معامل تصحيح لمعامل التوصيل الحرارى نتيجة غطاء البيت بسبب تأثير زيادة سرعة الرياح على كفاءة الغطاء فى توصيل الحرارة .

(٣) تستخدم القيم الدنيا هذه عندما تدفع أجهزة التدفئة تيار الهواء الداخلى لخو غطاء البيت .

جدول (٢ - ٦) : معامل الإنشاء "م"[١] .

نوع البيت وحالته	معامل الانشاء "م"
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 الغلق	١.٠٠
البيت متوسط الأحكام	١.١٣
البيت غير محكم	١.٢٥
هيكل البيت من الخشب والغطاء الفيبرجلاس	٠.٩٥
هيكل البيت من المعدن والغطاء من الفيبرجلاس	١.٠٠
هيكل البيت معدنى والغطاء بلاستيكى : طبقة واحدة	١.٠٠
طبقتان بينهما فراغ هوائى قدره ٢.٥ سم	٠.٧٠

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

وبرغم دقة المعادلة السابقة فى تقدير الاحتياجات الحرارية اللازمة ، إلّا أنها تتطلب بيانات كثيرة قد لا تتوفر لدى المزارع العادى ، لذا فإنه يشيع استخدام صور أخرى منها أكثر تبسيطًا من السابقة ، وفيها تُحسب احتياجات التدفئة كالتالى :

حيث إن : $$H = u\,A\,(t_i - t_o)$$

H هى احتياجات التدفئة ، مقدرة بالوحدات الحرارية البريطانية فى الساعة .

u ثابت يتوقف على نوع غطاء البيت (وهو الموضح تحت العمود "Btu" فى جدول ٢ – ٢)

A مساحة البيت الخارجية بالقدم المربع .

t_i درجة الحرارة الداخلية بالفهرنهيت .

t_o درجة الحرارة الخارجية بالفهرنهيت

وبرغم تأثر قيمة u بسرعة الرياح ، إلّا أن القيم المبينة فى جدول (٢ – ٢) هى المتفق عليها ، على اعتبار أن متوسط سرعة الرياح يبلغ حوالى ٢٤ كم/ساعة . ولبيان 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 معرضًا للرياح ، وتزيد إلى ١,١٥ فى حالة تعرض البيت للرياح .

ويعنى استخدام هذه المعادلة أنه فى حالة البيوت البلاستيكية المغطاة بطبقة واحدة من البولييثيلين يلزم ١١٥٠ وحدة حرارية بريطانية/ساعة/ ١٠٠٠ قدم^2 من المساحة الخارجية للبيت لكل درجة واحدة فهرنهيتية من الفرق فى درجات الحرارة داخل وخارج البيت (Sheldrake وآخرون ١٩٦٢ ، Sheldrake ١٩٦٧) .

طريقة حساب المساحة الخارجية للبيت

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

١ – البيوت المفردة ذات الشكل الجمالونى المتناظر الانحدار على جانبى البيت Even Span : تتكون الأسطح الخارجية من (شكل ٢ – ١) :

(أ) الجانبان الطوليان للبيت ، وهما مستطيلان .

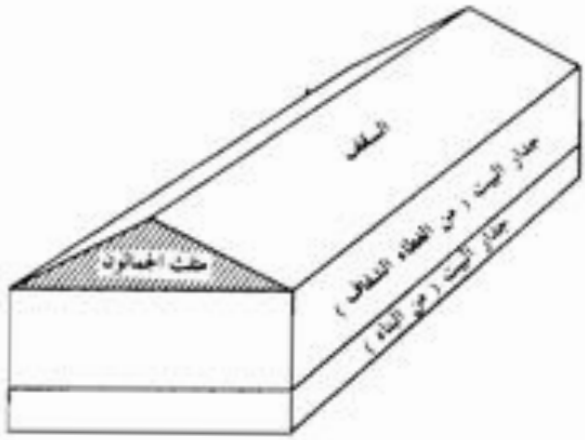
(ب) الجانبان القصيران للبيت ، ويتكون كل منهما من :

(١) الجزء السفلى ، وهو مستطيل .

(٢) الجزء العلوى (تحت الجمالون) ، وهو مثلث يتساوى فيه ضلعان .

(جـ) جانبا السقف المنحدران ، وهما مستطيلان .

وتحسب أطوال ومساحة الأشكال الهندسية المختلفة كالتالى :



شكل ٢ - ١ : رسم تخطيطى للبيت الجمالونى الناظر الاتجاه على الجانبين even span وبين الأجزاء المختلفة من البيت اللازمة لحساب مساحه الخارجية واحتياجات التدفئة .

مساحة المستطيل = الطول × العرض

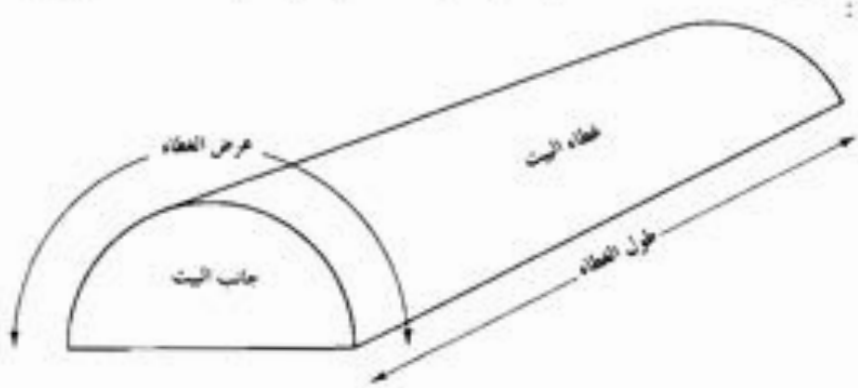
مساحة المثلث الذى يتساوى فيه ضلعان = نصف القاعدة × الارتفاع . هذا .. وتعتبر قاعدة المثلث هى الجانب القصير للبيت ، أما ارتفاعه ، فهو المسافة من مركز الجمالون إلى الأرض ، مطروحًا منها ارتفاع الجانب الرأسى من البيت .

طول الضلع القصير لكل من جانبى السقف المنحدرين (أو وتر مثلث الجمالون)

= مربع نصف قاعدة مثل الجمالون + مربع ارتفاع مثلث الجمالون

٢ - البيوت المفردة النصف أسطوانية Quonset :

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



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

المساحة الخارجية للبيت = $\frac{1}{4}$ (٢ ط نق ل + ٢ ط نق^{2}) .

حيث إن ط = ٣,١٤٢ ، و نق = ارتفاع البيت ، و ل = طول البيت

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

تتكون الأسطح الخارجية للبيت من :

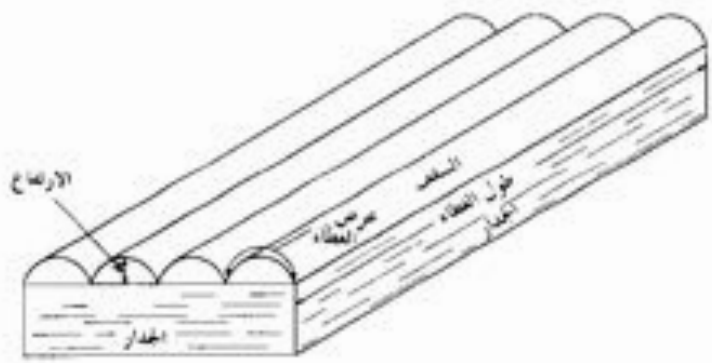
(أ) الجزء السفلى للبيت ، ويتكون من :

(١) الجانبان الطوليان للبيت ، وهما مستطيلان .

(٢) الجانبان القصيران للبيت ، وهما مستطيلان .

(ب) الجزء العلوى للبيت ، ويمكن اعتباره نصف أسطوانة ، وتحسب مساحته كما فى حالة البيوت انصف أسطوانية .

ويبين شكل (٢ - ٣) مجمعًا من البيوت المتصلة ذات الشكل النصف أسطوانى المحور .



شكل ٢ - ٣ : رسم تخطيطى لمجموعة من البيوت المتلاصقة ، كل منها على شكل نصف أسطوانى محور modified quonset بين 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 فى الأنواع المختلفة من البيوت كالتالى :

١ - البيوت المفردة ذات الشكل الجمالونى المتناظر الأنحدار على جانبى البيت even span :

يقدر حجم البيت من المعادلة التالية :

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

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

٢ – البيوت المفردة النصف أسطوانية Quonset :

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

حجم البيت = طول البيت × ($\frac{1}{2}$ × ط نق^{2})

حيث إن نق = نصف عرض البيت .

٣ – البيوت المفردة ذات الشكل النصف أسطوانى المحور Modified quonset

يتكون البيت من جزءين هما :

(أ) الجزء السفلى ، وهو متوازى مستطيلات .

(ب) الجزء العلوى ، وهو نصف أسطوانة ، فيها نصف القطر يساوى ارتفاع هذا الجزء . وبالتالى ، فإنه يمكن حساب حجم البيت بالمعادلة التالية :

حجم البيت = طول البيت [(عرض البيت × ارتفاع الجزء السفلى)

$$+ \frac{(\text{ط} \times \text{مربع ارتفاع الجزء العلوى})}{2}]$$

حيث إن ط = ٣,١٤٢ ، ومربع ارتفاع الجزء العلوى = نق^{2}

٢ – ١ – ٣ : 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 ، أو فتح وغلق منافذ التهوية . ويتم تحديد ذلك مسبقًا 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 عن زيادة استهلاك الوقود دون داع .

ولكى تكون كفاءة منظم الحرارة أعلى ما يمكن ، تعين مراعاة ما يلى بشأنه .

١ – يجب أن يوضع المنظم فى مكان يمثل متوسط درجة الحرارة فى البيت ، وعلى أن يؤخذ فى الاعتبار 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 دهان 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 متر/ دقيقة .

٥ – تجب إضافة منظم آخر داخل الصندوق مع ضبطه على درجة 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 .

٢ – ١ – ٤ : 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 ، نظرًا لأن كلا الأمرين يؤثر على كمية الضوء التى تنفذ داخل البيت ، وبالتالى على كمية الطاقة الحرارية التى تصل إلى البيت مع الأشعة الشمسية . هذا .. وقد سبقت مناقشة موضوعى تصميم البيوت (الجزء ١ – ٢) واتجاهها (الجزء ١ – ٣ – ١) .

٢ – اختيار نوع الغطاء وسمكه بما يتناسب أيضًا والظروف الجوية السائدة فى المنطقة ، نظرًا لأن الغطاء لا يؤثر فقط على كمية الضوء التى تنفذ داخل البيت ، بل يؤثر أيضًا 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 (الجزء ١ – ٤) وعلى فقد الحرارة (الجزء ٢ – ١ – ١) .

٣ – استعمال طبقتين أو ثلاث طبقات من الغطاء بدلًا من طبقة واحدة ، نظرًا لأن ذلك يقلل معامل التوصيل الحرارى للغطاء بدرجة كبيرة . فإذا كان معامل التوصيل الحرارى لطبقة واحدة من الغطاء واحدًا صحيحًا ، فإن هذه القيمة تنخفض بنسبة ٤٢٪ ، و ٥٨٪ عند استخدام طبقتين وثلاث طبقات من الزجاج على التوالى ، وبنسبة ٤٠٪ عند استخدام طبقتين من البولىثيلين (جدول ٢ – ٢) . ويعنى ذلك انخفاض احتياجات التدفئة والتبريد بنفس النسبة .

٤ – ضرورة إقامة البيوت المحمية بجانب مصدات الرياح لخفض معامل سرعة الرياح (W) فى حسابات التدفئة (الجزء ٢ – ١ – ٢) .

٥ – الاهتمام بحالة البيت ومدى إحكامه ، وتغيير الزجاج المكسور أولًا بأول لخفض معامل الإنشاء "C" فى حسابات التدفئة (الجزء ٢ – ١ – ٢) .

٦ – التقليل – قدر المستطاع – من حركة الهواء الدافىء 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 (الجزء ٢ – ٢) .

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) ، نظرًا لأن هذه المسارات تقلل كثيرًا من كفاءة عملية التبريد (الجزء ٢ – ٣ – ٢) .

٨ – الاستفادة القصوى من عملية التهوية فى خفض احتياجات التبريد ، أو الاستغناء عنها نهائيًا فى المناطق المعتدلة (الجزء ٢ – ٤) .

٩ – يمكن خفض الفاقد فى الحرارة ليلًا 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 ، مكونًا 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 نفس النظام 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 من ١٠ إلى ٩٠٪ حسب الحاجة . ويمكن فى حالة عدم توفر شباك التظليل رش السطح الخارجى للبيت بالجير فى بداية فصل الصيف .

١١ – يمكن تحسين التدفئة ليلًا 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 ليلًا بالإشعاع إلى جو البيت بالقرب من النباتات (شكل ٢ – ٤) .

استخدام طبقتين من الغطاء فى البيوت المحمية

سبق أن بينا أن استعمال طبقتين من الغطاء بدلًا من طبقة واحد يقلل معامل التوصيل الحرارى للغطاء بنسبة ٤٠٪ ، ويخفض احتياجات التدفئة – والتبريد – بنفس القدر . ولهذا .. فقد اتجهت الدراسات نحو الاستفادة من هذه الخاصية . وكانت البداية فى البيوت 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 مساحة 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 للهواء المحصور

بينهما ، فإذا ما وصلت المسافة بينهما إلى ٢٠ سم ، تولدت تيارات هوائية تحمل الحرارة من الطبقة الداخلية إلى الطبقة الخارجية ، ثم إلى الجو الخارجي ، وبذلك تنخفض كفاءتهما في العزل الحراري .

شكل ٢ - ٤ : تدفئة الفلفل بالأنابيب البلاستيكية المملوءة بالماء ، والممتدة بين خطوط الزراعة . يكتسب الماء الحرارة نهارًا ، ويفقدها ليلًا بالإشعاع .

يتم تثبيت طبقتي البلاستيك من خارج البيت . ويفضل أن تكون شريحة البلاستيك الخارجية بسمك ١٥٠ ميكرون ، والداخلية بسمك ١٠٠ ميكرون . ويتم تأمين الوسادة الهوائية بين طبقتي البلاستيك بدفع تيار مستمر من الهواء بينهما ويتم ذلك بتخصيص موتور صغير لدفع الهواء motor blower لكل بيت يكون قادرًا على دفع ٠,٧٥ - ١,٥٠ م٣ من الهواء/دقيقة ، وبقوة نصف حصان تقريبًا ، ويستهلك ٤٠ وات/ ساعة ويجب أن يكون الضغط بين شريحتي البلاستيك ٥ - ٧,٥ مم ماء . ويمكن قياس ذلك بواسطة مانومتر manometer يتم تصنيعه من أنبوبة بلاستيكية شفافة بطول ٦٠ سم تثنى على شكل حرف U ، وتثبت على لوحة خشبية يوضع أحد طرفيها بين شريحتي البلاستيك ، والطرف الآخر داخل البيت ، ومع إضافة ١٥ - ٢٠ سم طول من الماء في الأنبوبة يمكن قراءة الفرق بين مستوى سطح الماء في طرفي الأنبوبة . وكل فرق مقداره ٥ مم يعني ضغطًا مقداره ١ رطل/ بوصة مربعة . هذا .. ويمكن تفريغ الأنبوبة واستعمال ماء ملون يمكن رؤيته بسهولة .

ومن أهم مزايا استخدام طبقتين من البلاستيك ما يلي :

١ - خفض معامل التوصيل الحراري من ١,٣٥ إلى ٠,٧ ، ويتبع ذلك توفير احتياجات التدفئة والتبريد بمقدار ٤٠٪ .

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 لقلة أو انعدام ظاهرة التكثف .

٤ – يكون من الأسهل الاحتفاظ بدرجة حرارة ثابتة داخل البيت .

٥ – تكون الشريحة البلاستيكية الثانية بمثابة ضمان لوقاية المزروعات فى حالة التلف المفاجىء لإحدى الشريحتين ، خاصة فى الجو الشديد البرودة أو الحرارة (Sheldrake ١٩٦٩ و ١٩٧١ ، Nelson ١٩٨٥) .

لكن يعاب على استخدام طبقتين من الغطاء خفض نسبة الضوء النافذ إلى داخل البيت بدرجة يسيرة (جدول ٢ – ٧) . وبينما يعد هذا الانخفاض فى نسبة الضوء النافذ أمرًا قليل الأهمية فى المناطق المعتدلة ، وقد يكون مرغوبًا فى المناطق الحارة ، إلّا أنه يعد عيبًا كبيرًا فى المناطق الباردة التى تنخفض فيها شدة الإضاءة كثيرًا .

جدول (٢ – ٧) : تأثير وجود طبقتين من الغطاء على نفاذيته للضوء .

الغطاء	نفاذية الغطاء للضوء (٪) طبقة واحدة	فى حالة وجود طبقتين
زجاج (سمك ٣,٢ مم)	٨٨ – ٨٩	٧٨ – ٨٠
فيبر جلاس (سمك ٦,٤ مم)	٨٦	٧٥ – ٧٧
بولثيلين (سمك ١٠٠ ميكرون)	٩١ – ٩٢	٨٣ – ٨٤
بولى فينايل كلورايد (سمك ١٠٠ ميكرون)	٩٢ – ٩٣	٨٦ – ٨٧

٢ – ٢ : طرق التدفئة

تتعدد وتتنوع 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 دائمًا فى الحدود المسموح بها . ويستثنى من ذلك التدفئة بالمدفئات الغازية ، ومداق الكيروسين ، والبارافين ، حيث يتم تشغيلها يدويًا خلال فترة انخفاض درجة الحرارة . هذا .. ويفضل نظام التدفئة المركزية Centeral hearing فى تجمعات البيوت المتصلة . ويلزم فى جميع نظم التدفئة التى تعتمد على الكهرباء فى تشغيلها فى توليد الحرارة أن يؤمن مصدر إضافى للتدفئة ، أو مولد كهربائى احتياطى للاستعانة بأى منهما فى حالة انقطاع التيار الكهربائى . وفيما يلى عرض للطرق المتبعة فى تدفئة البيوت المحمية .

٢ – ٢ – ١ : التدفئة بأنابيب الماء الساخن وأنابيب البخار

يعتمد كلاً النظامين على تسخين الماء فى غلايات boilers ، ثم نقله فى صورة ماء ساخن أو بخار فى أنابيب خاصة إلى داخل البيت الذى تتم تدفئته بالإشعاع الحرارى من الأنابيب .