الفصل الحادى والعشرون

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 النموات 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 قد ذكرت فى الأقسام الأخرى من هذا الكتاب – على أساس أنها تخدم كلًا من الزراعات المكشوفة والمحمية – أو أنها ستقدم فى الفصلين التاليين من هذا القسم الخاص بالزراعة المحمية فقط . وفيما يلى حصر بالأجزاء الأخرى من الكتاب التى ورد فيها شرح للعوامل البيئية السابقة الذكر ، وتأثيرها على النمو النباتى ، وطرق التحكم فيها :

١ – الطرق العامة لحماية نباتات الخضر من العوامل البيئية غير المناسبة فى الزراعات المكشوفة : الفصل التاسع عشر.

٢ – درجات الحرارة والرطوبة النسبية ، وشدة الإضاءة ، وتأثيرها على نمو وتطور محاصيل الخضر : الفصل السابع .

٣ – التربة وخصائصها ومياه الرى : الفصل الثامن .

٤ – البيئات الصناعية لنمو الجذور : الفصلان : الثانى عشر ، والثالث والعشرون .

٥ – الرطوبة الأرضية وطرق الرى : الفصلان : التاسع عشر ، والثانى والعشرون .

٦ – التسميد والعناصر الغذائية : الفصول : التاسع والسادس عشر ، والثانى والعشرون .

٧ – المحاليل المغذية : الفصل الثالث والعشرون .

٨ – طرق التعقيم : الفصل الثالث عشر .

٩ – الآفات ومكافحتها : الفصول الثانى والعشرون ، والتاسع والعشرون والثلاثون .

٢١ – 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 .

ويعبر 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 .

٢١ - 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 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 . 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 (٢٠ – ٤) ، وذكرنا أن أغطية الزجاج ، والبولى فينايل كلورايد (سمك ٣٢٥ ميكرون) تعد غير منفذة ، بينما تعتبر اغطية آلفيبرجلاس ، والبوليستر ، والبولى فينايل كلورايد (سمك ٧٥ ميكرون) قليلة النفاذية . وتعتبر أغطية البوليثيلين هى الوحيدة المنفذة للأشعة تحت الحمراء . وبرغم ذلك .. فإن هذه الأغطية يشيع استخدامها فى المناطق المعتدلة ، لكن من حسن الحظ أن هذه الأغطية غالباً 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 (الماء أو الهواء) و تقل 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 (Nelson ١٩٨٥) .

هذا .. ويبين جدول (٢١ – ١) 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 . تلى 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 (٢١ – ١) : الفقد الحرارى المتوقع من البيوت المدفأة المغطاة بمختلف أنواع الأغطية (Nelson ١٩٨١) .

نوع الغطاء	الفقد الحرارى بالانتقال(أ) (Btu /قدم٢)	الفقد الحرارى بالتسرب(ب) (عدد مرات تغير الهواء/ساعة)	الفقد الحرارى بالاشعاع (٪ من الفقد الكل)
الزجاج	١,١٣	٢	٤,٤
الفيبرجلاس	١,٠٠ - ٠,٩٥	١	١,٠
البوليستر (Mylar)	١,٠٥	-	١٦,٢
البوليثيلين :			
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 تنتقل 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 اجزاء الغطاء ، ويعبر عنها بعدد مرات تغير هواء البيت فى الساعة .

ويبلغ أعلى فقد بالانتقال فى حالة أغطية البوليثيلين ، تليها الأغطية الزجاجية ، فالبوليستر ، فأغطية الفيبرجلاس . وجميعها متقاربة ، لكن معدل الفقد بالانتقال ينخفض كثيرًا عند استعمال طبقتين من البوليثيلين 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 بالبوليثيلين ، 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 (٢١ – ٢) مقارنة بين الأغطية التقليدية (طبقة واحدة من الزجاج ، أو الفيبرجلاس ، أو البوليثيلين) 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 البوليثيلين 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 (٢١ - 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	٤,٤
طبقتان يفصل بينهما مسافة ٦ مم	٠,٦٥	٣,٦٨	
ثلاثة طبقات يفصل بين كل اثنتين 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	
البوليثيلين : 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 Btu لكل 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 .

٢١ - 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 (٢١ - 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 (٢١ – ٤) قيمة G حسب الفرق المتوقع فى درجة الحرارة .

W معامل سرعة الرياح . يستخرج هذا المعامل من جدول (٢١ – ٥)

C معامل الإنشاء . تتحدد قيمته بحالة البيت ، وكيفية إنشائه ، ومدى إحكامه ، ويستخرج من جدول (٢١ – ٦) حسب حالة البيت (Mastalerz ١٩٧٧) .

جدول (٢١ – ٣) : المعامل R للمادة التى تتكون منها جدران البيت السفلية إن وجدت .

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

جدول (٢١ – 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" إعندما يكون غطاء البيت من مواد أخرى غير الزجاج .

جدول (٢١ - ٥) : معامل سرعة الرياح "W"

سرعة الرياح (ميل / ساعة)[١]	معامل سرعة الرياح "w"[٢]	معامل سرعة الرياح البديل "w"[٣]
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 ميلًا 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 لمادة غطاء البيت بسبب تأثير زيادة سرعة الرياح على كفاءة الغطاء فى توصيل الحرارة .

(٣) تستخدم القيم البديلة هذه عندما تدفع أجهزة التدفئة بتيار الهواء الدافىء نحو غطاء البيت .

جدول (٢١ - ٦) : معامل الإنشاء "C"[١] .

نوع البيت وحالته	معامل الانشاء "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 الغلق	١,٠٠
البيت متوسط الاحكام	١,١٣
البيت غير محكم	١,٢٥
هيكل البيت من الخشب والغطاء من 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) يغير 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 تحسب احتياجات التدفئة كالتالى :

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

حيث إن :

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

u ثابت يتوقف على نوع غطاء البيت (وهو الموضح تحت العمود 'Btu' فى جدول (٢١ – ٢)

A مساحة البيت الخارجية بالقدم المربع .

t_i درجة الحرارة الداخلية بالفهرنهيت .

t_o درجة الحرارة الخارجية بالفهرنهيت

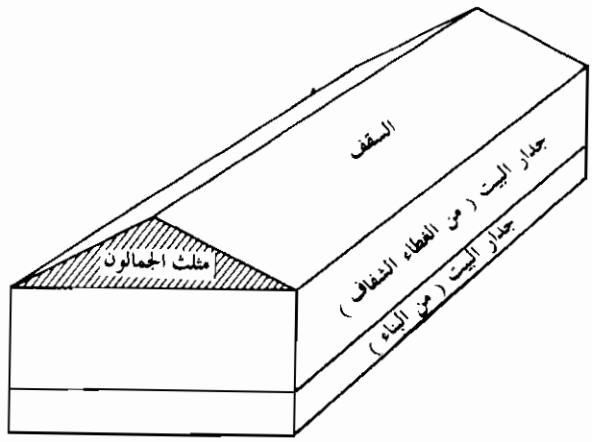
وبرغم تأثر قيمة u بسرعة الرياح ، إلّا أن القيم المبينة فى جدول (٢١ – ٢) هى المتفق عليها ، على اعتبار أن متوسط سرعة الرياح يبلغ حوالى ٢٤ كم/ساعة . ولبيان تأثير الرياح فى هذا الشأن ، فإن قيمة u المتفق عليها لغطاء زجاجى من طبقة واحدة – وهى ١,١٣ – تنخفض إلى ١,٠٥ عندما لا يكون البيت معرضًا للرياح ، وتزيد إلى ١,١٥ فى حالة تعرض البيت للرياح .

ويعنى استخدام هذه المعادلة أنه فى حالة البيوت البلاستيكية المغطاة بطبقة واحدة من البوليثيلين يلزم ١١٥٠ وحدة حرارية بريطانية/ساعة/ ١٠٠٠ قدم٢ 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 المحمية 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 ٢١ – ١) :



شكل ٢١ – ١ : رسم تخطيطى للبيت الجمالونى المتناظر الانحدار على الجانبين even span ويبين الأجزاء المختلفة من البيت اللازمة لحساب مساحته الخارجية واحتياجات التدفئة .

(أ) الجانبان الطوليان للبيت ، وهما مستطيلان .

(ب) الجانبات 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 :

مساحة المستطيل = الطول × العرض

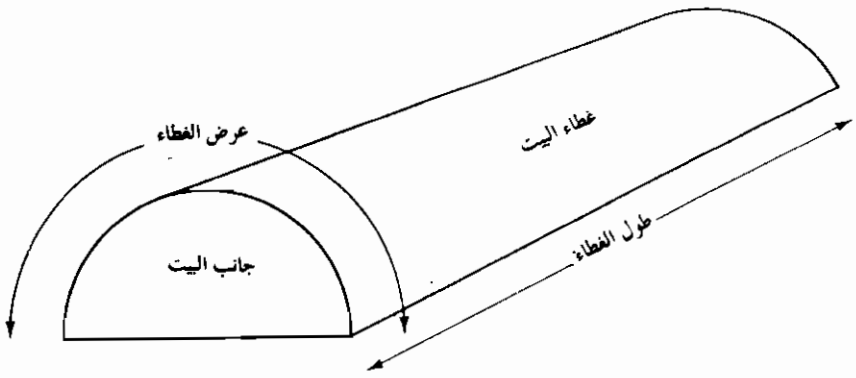
مساحة المثلث الذى يتساوى فيه ضلعان = نصف القاعدة × الارتفاع . هذا .. وتعتبر قاعدة المثلث هى الجانب القصير للبيت ، أما ارتفاعه ، فهو المسافة من مركز الجمالون إلى الأرض ، مطروحًا منها ارتفاع الجانب الرأسى من البيت .

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

= √ مربع نصف قاعدة مثلث الجمالون + مربع ارتفاع مثلث الجمالون

٢ – البيوت المفردة النصف أسطوانيةQuonset :

يعتبر كل بيت بمثابة نصف أسطوانة (شكل ٢١ – ٢) ، وتحسب مساحته الخارجية بالمعادلة التالية :



شكل ٢١ – ٢ : رسم تخطيطى للبيت النصف أسطوانى quonset يبين الأجزاء المختلفة من البيت اللازمة لحساب مساحته الخارجية واحتياجات التدفئة .

المساحة الخارجية للبيت = $\frac{1}{2}$ (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 :

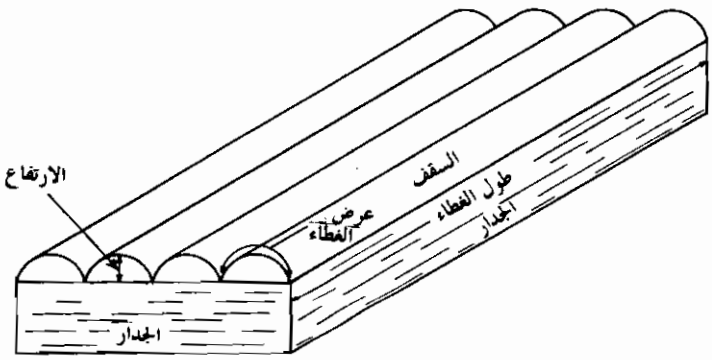
(أ) الجزء السفلى للبيت ، ويتكون من :

(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 النصف أسطوانية .

ويبين شكل (٢١ – ٣) مجمعًا من البيوت المتصلة ذات الشكل النصف أسطوانى المحور .



شكل ٢١ – ٣ : رسم تخطيطى لمجموعة من البيوت المتلاصقة ، كل منها على شكل نصف أسطوانى محور 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 فى الأنواع المختلفة من البيوت كالتالى :

١ – البيوت المفردة ذات الشكل الجمالونى المتناظر الانحدار 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 × ($\frac{١}{٢}$ × ط نق^{٢})

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)

$$+ \left[\frac{\text{(ط × مربع ارتفاع الجزء العلوى)}}{٢}\right.$$

حيث إن ط = ٣,١٤٢ ، ومربع ارتفاع الجزء العلوى = نق^{٢}

٢١ – 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 ، فضلًا عن زيادة استهلاك الوقود دون داع .

ولكى تكون كفاءة منظم الحرارة أعلى ما يمكن ، تتعين 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 .

٢١ – 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 ٢٠ – ٢) واتجاهها (الجزء ٢٠ – 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 ٢٠ – ٤) وعلى فقد الحرارة (الجزء ٢١ – 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 البوليثيلين (جدول ٢١ – 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 ٢١ – ١ – ٢) .

٥ – الاهتمام بحالة البيت ومدى إحكامه ، وتغيير الزجاج المكسور أولًا بأول لخفض معامل الإنشاء 'C' فى حسابات التدفئة (الجزء ٢١ – 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 ٢١ – 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 ٢١ – ٣ – ٢) .

٨ – الاستفادة القصوى من عملية التهوية فى خفض احتياجات التبريد ، أو الاستغناء عنها نهائيًا فى المناطق المعتدلة (الجزء ٢١ – 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 ٢١ – 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 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 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 الخارجى ، وبذلك تنخفض كفاءتهما فى العزل الحرارى

شكل ٢١ – ٤ : تدفئة الفلفل بالأنابيب البلاستيكية المملوءة بالماء ، والممتدة بين خطوط الزراعة . يكتسب الماء الحرارة نهارًا ، ويفقدها ليلًا بالإشعاع .

يتم تثبيت طبقتى البلاستيك من خارج البيت . ويفضل أن تكون شريحة البلاستيك الخارجية بسمك ١٥٠ ميكرون ، والداخلية بسمك ١٠٠ ميكرون . ويتم تأمين الوسادة الهوائية بين طبقتى 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 شريحتى 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 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 ضغطًا مقداره ١ رطل/ بوصة مربعة . هذا .. ويمكن تدريج الأنبوبة واستعمال ماء ملون ليمكن رؤيته بسهولة .

ومن أهم مزايا استخدام طبقتين من البلاستيك ما يلى :

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 ٢١ – 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 (٢١ – ٧) : تأثير وجود طبقتين من الغطاء على نفاذيته للضوء .

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

٢١ – 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 ، ومدافىء الكيروسين ، والبارافين ، حيث يتم تشغيلها يدويًا خلال فترة انخفاض درجة الحرارة . هذا .. ويفضل نظام التدفئة المركزية Centeral heating 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 .

٢١ – 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 .

وفى حالة التدفئة بأنابيب الماء الساخن hot water pipes يتم تسخين الماء فى مراجل خاصة ، ثم يدفع فى شبكة أنابيب التدفئة داخل البيت بمضخة خاصة تعمل بصورة دائمة . وعندما تصل درجة الحرارة داخل البيت إلى حدها الأقصى يقوم منظم الحرارة بتحويل دوران الماء آليًّا ليستمر داخل الأنابيب فقط ، دون الرجوع إلى المراجل . وعندما يبرد الماء داخل الأنابيب ، وتصل درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأدنى المسموح به يقوم منظم الحرارة بفتح الصمام الذى يسمح بدوران الماء داخل المرجل ، ثم إلى الأنابيب ، وبذلك يعاد تسخينه . وقد يوصل المنظم بالمضخة مباشرة ، بحيث لا يضخ الماء إلّا عند انخفاض درجة حرارة البيت إلى الحد الأدنى المسموح به . وإلى جانب منظم الحرارة السابق الذى يتحكم فى حركة دوران الماء فى الأنابيب ، فإنه يوجد منظم آخر لحرارة الماء (aquastat) يتصل بالمرجل ، ويتحكم فى إشعال جهاز تسخين الماء وإطفائه تلقائيًّا للمحافظة على درجة حرارة الماء ، والتى تكون عادة فى حدود ٨٠ – ٨٥°م .

أما فى حالة التدفئة بأنابيب البخار steam pipes ، فإن الماء يتم تسخينه إلى درجة حرارة ١٠٢°م ، بحيث يتحول إلى بخار تحت ضغط خفيف يصل إلى حوالى خمسة أرطال/بوصة مربعة . وينظم صمام آلى دوران البخار داخل الأنابيب ، وفى فتح الصمام الذى يسمح بإدخال البخار إليها . هذا .. وتكون أنابيب التدفئة مائلة قليلًا من أجل إعادة الماء الناتج عن تكثف البخار مرة أخرى إلى المرجل لإعادة تبخيره واستعماله فى التدفئة من جديد .. ويعاب على هذا النظام عدم تجانس التدفئة داخل البيت ، نظرًا لأن الهواء المجاور للأنابيب يكون ساخنًا بدرجة كبيرة ، الأمر الذى قد يضر بالنباتات القريبة منها . ويمكن الاستفادة من مرجل البخار فى تعقيم التربة أيضًا (عرقاوى ١٩٨٤) .

هذا .. وقد كان المتبع قديمًا استعمال أنابيب حديدية بقطر ٤ بوصات للتدفئة . هذه الأنابيب كان يعاب عليها ضعف كفاءتها ، نظرًا لبطء إشعاع الحرارة منها ، فضلًا عن صعوبة تداولها ، نظرًا لضخامتها . وقد تغير ذلك الآن إلى استعمال أنابيب بقطر ٢ بوصة للماء الساخن ، وبقطر ١,٢٥ – ١,٥٠ بوصة للبخار .

ويمكن تقدير الطول اللازم من الأنابيب لتدفئة البيت إذا علمت احتياجات التدفئة من الوحدات الحرارية البريطانية فى الساعة ، لأن كل قدم طولى من الأنابيب يشع :

١٦٠ وحدة حرارية بريطانية/ ساعة فى حالة الأنابيب بقطر ٢ بوصة ، وعند استخدام ماء حرارته ٨٢°م .

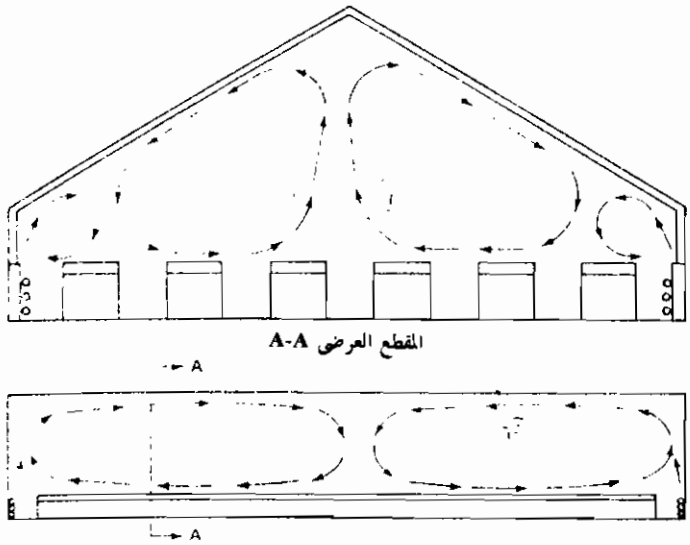
٢١٠ وحدة حرارية بريطانية/ ساعة فى حالة الأنابيب بقطر $1\frac{1}{2}$ بوصة ، وعند استخدام بخار حرارته ١٠٢°م .

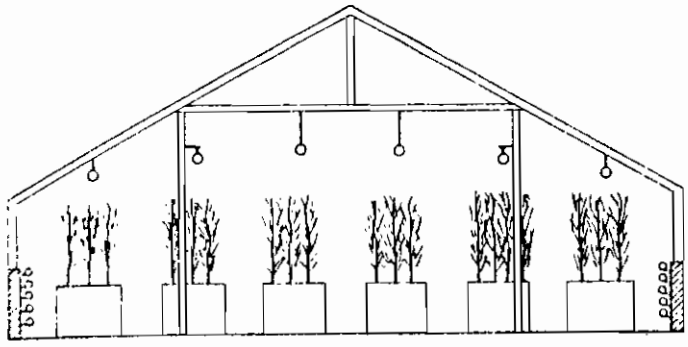
١٨٠ وحدة حرارية بريطانية/ ساعة فى حالة الأنابيب بقطر $1\frac{1}{4}$ بوصة ، وعند استخدام بخار حرارته ١٠٢°م .

وطبيعى أن يزيد الطول اللازم من الأنابيب عن محيط البيت ، الأمر الذى يستلزم معه عمل عدة طبقات من الأنابيب .

ولا يجوز تكديس كل الأنابيب قرب الجدر الجانبية للبيت ، نظرًا لأن ذلك يؤدى إلى تولد تيارات هوائية غير مرغوبة، حيث يتصاعد الهواء الدافىء مباشرة موازيًا لجدار البيت إلى أن يصل إلى

السقف ، ثم يتحرك جانبيًا إلى أن يتقابل مع تيار مقابل له من الجانب الآخر ، فيتجه إلى أسفل من منتصف البيت بعد أن يكون قد برد من جراء تلامسه مع جدران البيت والسقف ، وبعد ذلك يمر على النباتات وهو بارد ، فلا تتحقق بذلك الفائدة المرجوة من التدفئة ، (شكل ٢١ – ٥ أ) . ولهذا السبب يجب توزيع الأنابيب بحيث يكون بعضها بامتداد خطوط الزراعة أو أعلى مستوى النباتات إلى جانب الأنابيب الجانبية (شكل ٢١ – ٥ ب) . وتجدر الإشارة إلى أن تكدس الأنابيب فوق بعضها البعض يقلل من فاعليتها إلى درجة أن كل خمس أنابيب متقاربة توازى فى كفاءتها أربع أنابيب منفردة .





شكل ٢١ – ٥ : (أ) مسار التيارات الهوائية عند وجود أنابيب التدفئة على جانبى البيت . (ب) أنابيب للتدفئة على جانبى البيت ، وأخرى أعلى مستوى النباتات للتغلب على مشكلة تحرك الهواء خلال النباتات بعد أن يفقد حرارته .

وقد استخدم نوع جديد من الأنابيب ذو سطح خارجى كبير يطلق عليه اسم fin pipes ، وهى أنابيب عادية ، إلّا أن لها العديد من الأسطح المعدنية الرقيقة البارزة التى تعمل على زيادة مسطحها الخارجى ، وبالتالى زيادة فعاليتها فى إشعاع الحرارة إلى الهواء المحيط بها . ولهذه الأنابيب المقدرة على إشعاع الحرارة بما يعادل ٤ – ٥ أضعاف الأنابيب العادية .

٢١ – ٢ – ٢ : التدفئة بتيارات الهواء الدافىء

تستخدم فى التدفئة بنظام تيارات الهواء الدافىء Circulating Warm Air مراوح كهربائية لتحريك الهواء الذى يتم إنتاجه إما بمدافىء كهربائية أو بوحدات تدفئة تعمل بالنفط أو بالغاز . والطريقة الثانية أرخص من استعمال المدافىء الكهربائية ، وفيها يتم حرق النفط أو الغاز خارج البيت ، حيث تطلق نواتج الاحتراق بالجو الخارجى ، بينما يدفع تيار الهواء الدافىء المحيط بوحدة حرق الوقود بواسطة مراوح كهربائية فى أنابيب بلاستيكية مثقبة تمتد أعلى مستوى النباتات بطول البيت ، حتى يتوزع بصورة متجانسة فى جميع أنحاء البيت (يراجع الجزء ٢١ – ٤ – ٣) .

٢١ – ٢ – ٣ : المدافىء الكهربائية

تعتبر المدافىء الكهربائية Electric Heaters أنظف وأسهل طرق التدفئة ، لكن يعاب عليها ارتفاع تكاليفها . وقد تنطلق الحرارة منها من خلال أنابيب مشعة ، أو بواسطة المراوح .

٢١ – ٢ – ٤ : مدافىء الكيروسين أو البارافين

لا تستخدم مدافىء الكيروسين أو البارافين إلّا فى البيوت الصغيرة الحجم . وهى قليلة التكاليف وسهلة الاستعمال ، لكن يعاب عليها أنه لا يمكن ربط تشغيلها بمنظم للحرارة ، كما تنطلق منها بعض الغازات السامة التى تضر بالنباتات ، مثل : غاز ثانى أكسيد الكبريت . ولتلافى هذه العيوب يراعى أن يستعمل فى تشغيلها وقود ذو نوعية جيدة ، مع تشغيلها بصورة سليمة تقلل من انطلاق الغازات السامة.هذا .. ويجب توصيل الهواء إلى المدفأة بأنبوبة خاصة تمتد إلى خارج البيت ، نظرًا لأنها تحتاج إلى الأكسجين لعملها ، بينما تكون البيوت البلاستيكية غالبًا محكمة الغلق . وكقاعدة عامة .. تلزم بوصة مربعة (٦,٢٥ سم٢) من مقطع الأنبوبة الموصلة للهواء لكل ٢٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية (Btu) ، وعليه .. يجب أن تكون مساحة مقطع الأنبوبة الموصلة للهواء نحو ٣٠٠ سم٢ لتشغيل مدفأة قوتها ١٠٠ ٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية .

٢١ – ٢ – ٥ : التدفئة بالطاقة الشمسية

يعمل نظام التدفئة بالطاقة الشمسية Solar Heating على مبدأ تخزين الحرارة الناتجة من أشعة الشمس نهارًا بواسطة تسخين الماء وحفظه فى خزانات لإعادة استخدامه فى التدفئة ليلًا .

تجمع الحرارة من أشعة الشمس بواسطة ألواح خاصة مطلية باللون الأسود لزيادة قدرتها على امتصاص الحرارة التى لا تلبث أن تنتقل منها بالتوصيل إلى طبقة رقيقة من الماء تمر بداخلها ، ويدور الماء من أنابيب التسخين إلى خزان متصل بها ببطء بواسطة مضخة خاصة توجد فى خزان الماء . وتقوم مضخة أخرى بدفع الماء الساخن للدوران فى شبكة أنابيب التدفئة فى البيت .

وتجدر الإشارة إلى أن كفاءة هذه الطريقة فى التدفئة تتأثر بشدة ، وتنخفض كثيرًا فى الجو الملبد بالغيوم ، الأمر الذى يدعو إلى تجهيز البيت بنظام تدفئة احتياطى كمواقد الكيروسين مثلًا (عرقاوى ١٩٨٤) .

كما يستفاد من الطاقة الشمسية فى تدفئة نوع من البيوت المحمية يطلق عليها اسم Solar Green houses . وقد أنشئت أول مجموعة من هذه البيوت بمعهد الأبحاث الزراعية الوطنى (INRA) فى Montfavet بفرنسا ، وهى بيوت زجاجية تتكون أسقفها من طبقتين من الزجاج : العلوية منهما زجاج عادى ، والسفلية عبارة عن نوع خاص يمتص الأشعة تحت الحمراء . ويمر على طبقة الزجاج السفلية تيار مستمر من الماء يقوم بامتصاص الحرارة نهارًا ، ويستخدم فى التدفئة ليلًا ، ويحفظ الماء فى مخازن تحت الأرض خارج البيت . وعندما تتغير حرارة الماء بدرجة كبيرة ، فإنه يخلط بماء جوفى يسحب أولًا بأول بطلمبات خاصة ، علما بأن حرارة الماء الأرضى تتراوح دائمًا من ١٢ - ١٥°م .

وبهذه الطريقة لا تحتاج هذه البيوت إلى أية تدفئة أو تبريد ، ولكن المحصول يقل فيها قليلًا ، نظرًا لضعف شدة الإضاءة بها شتاءً .

٢١ - ٢ - ٦ : التدفئة بالأشعة تحت الحمراء

يؤدى استخدام الأشعة تحت الحمراء فى التدفئة إلى رفع درجة حرارة النباتات فقط ، مع بقاء هواء البيت باردًا ، لكن تظهر اختلافات فى درجة الحرارة بين أجزاء النبات الواحد ، لأن الأجزاء المظللة لا تصلها الأشعة ، وتبقى باردة . وبالمقارنة بالطرق الأخرى للتدفئة ، فإن هواء البيت - فى حالة التدفئة بالأشعة تحت الحمراء - يكون أبرد ، وتكون رطوبته النسبية أعلى (Knies & Breuer ١٩٨٠) . وقد ناقش Challa (١٩٨٠) تأثير استخدام الأشعة تحت الحمراء فى تدفئة البيوت المحمية على المحاصيل المختلفة من عدة جوانب ، منها الاختلافات فى درجات حرارة الهواء والتربة والنبات ، والعلاقات المائية .

٢١ - ٣ : طرق التبريد

تعد البيوت المحمية المبردة ضرورة لا غنى عنها لإنتاج الخضروات خلال شهور الصيف فى بعض دول العالم ، والتى من أمثلتها دول الخليج العربى التى يزيد المعدل الشهرى لدرجة الحرارة العظمى فى معظم أرجائها عن ٤٠°م خلال الفترة من مايو حتى سبتمبر . وقد تصل درجة الحرارة العظمى فى بعض أيام الصيف إلى ٤٨ - ٥٠°م ، وهو الأمر الذى يستحيل معه إنتاج معظم محاصيل الخضر فى الحقول المكشوفة ، فضلًا عن انخفاض الرطوبة النسبية فى المناطق الداخلية البعيدة عن السواحل إلى مستويات تقل غالبًا عن ١٥٪ ، وهى دون الحد المناسب للنمو النباتى ، والتلقيح ، وعقد الثمار . وحتى يمكن إنتاج الخضر خلال هذه الأشهر الشديدة الحرارة فى هذه المناطق ، فإنه يتعين خفض درجة الحرارة بمقدار ١٥°م ، ورفع الرطوبة النسبية إلى نحو ٧٠ - ٨٠٪ ، ولا يتأتى ذلك إلّا داخل البيوت المحمية المبردة .

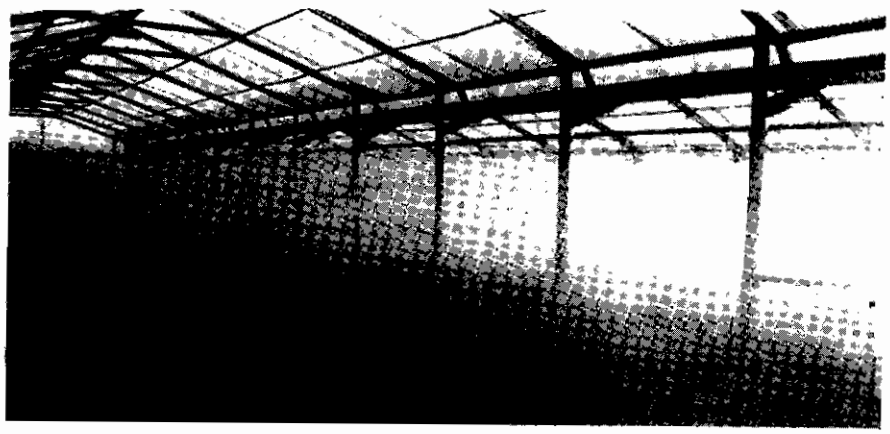
هذا .. وتتبع طريقتان رئيسيتان فى تبريد البيوت المحمية هما : التبريد بالرذاذ أو الضباب ، والتبريد بمبردات الهواء . أما التبريد بمكيفات الهواء ، فلا يصلح للإنتاج التجارى للخضر ، نظرًا لارتفاع تكاليفه ، ولكنه قد يستخدم فى البيوت المخصصة للبحوث العلمية .

٢١ - ٣ - ٦ : التبريد بالرذاذ أو الضباب

يعرف نظام التبريد بالرذاذ أو الضباب mist باسم « التضبيب » misting . ويتم فى هذه الطريقة ضخ الماء تحت ضغط مرتفع لا يقل عن ٤٢ كجم/سم٢ (٦٠٠ رطل/ بوصة٢) فى أنابيب تثبت أعلى مستوى النباتات ، حيث يخرج الماء من بشابير خاصة على شكل رذاذ دقيق جدًّا يشبه الضباب (شكل ٢١ - ٦) ، فيتبخر بسهولة ؛ وبالتالى تنخفض درجة الحرارة ، كما ترتفع الرطوبة النسبية ، ويلزم لنجاح هذه الطريقة أن تتوفر كميات كبيرة من الماء الخالى تقريبًا من الأملاح .

هذا .. وقد يستعمل نظام التبريد بالضباب منفردًا ، كما هو الحال فى المناطق المعتدلة ، أو مع نظام التبريد بمبردات الهواء فى المناطق الشديدة الحرارة . ففى المناطق المعتدلة يفيد الضباب فى تلطيف جو البيت وخفض درجة الحرارة بعد الظهيرة حين لا تكون التهوية كافية بمفردها لخفض حرارة البيت . كما يساعد الضباب على زيادة الرطوبة النسبية إلى الدرجة التى تسمح بالعقد الجيد لثمار بعض المحاصيل كالقاوون . أما فى المناطق الحارة ، فإن الضباب يساعد مع مبردات الهواء فى إحداث خفض أكبر فى درجة الحرارة ؛ نظرًا لأن المبردات قد لا تكفى بمفردها فى الفترات الشديدة الحرارة . ويستفاد من ذلك أنه ينصح بتركيب نظام « التضبيب » فى جميع البيوت المحمية فى المناطق المعتدلة والحارة على حد سواء .

هذا ويمكن الاستفادة من نظام التبريد بالضباب فى تزويد النباتات بجزء من مياه الرى التى تلزمها . وقد لا تروى النباتات إلّا بالرذاذ ، لكن يعاب على هذه الطريقة أن أرض البيت تصبح موحلة . ويمكن التغلب على هذه المشكلة بفرش الممرات بالبلاستيك أو بالزراعة فى بالات القش المضغوط (أنظر الجزء ٢٣ - ٦) .

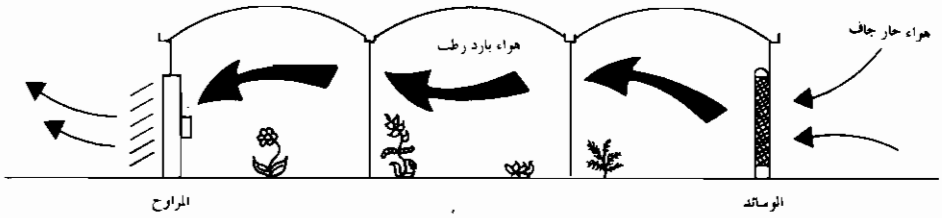


شكل ٢١ - ٦ : التبريد بـ « التضبيب » (رذاذ الماء الشبيه بالضباب) .

٢١ – ٣ – ٢ : التبريد بمبردات الهواء

يطلق على نظام التبريد بمبردات الهواء Air Coolers اسم التبريد الصحراوى ، أو نظام المروحة والوسادة Fan and Pad System .

يعتمد التبريد فى هذه الطريقة على تبخر الماء من وسائد pads مبتلة عن طريق إجبار تيار من الهواء بالمرور من خلالها . يتم إيصال منظم للحرارة بمروحة كبيرة توجد فى أحد جانبى البيت ، بينما توجد الوسائد فى الجانب الآخر . وعند وصول درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأقصى المسموح به يقوم المنظم بتشغيل كل من المروحة ومضخة ماء . تقوم المضخة بدفع تيار من الماء أعلى الوسائد لجعلها رطبة بصفة دائمة ، بينما يؤدى تشغيل المروحة إلى إحداث تفريغ داخل البيت ، يتبعه اندفاع الهواء من خلال الوسائد المبتلة ، حيث يتبخر جزء من الماء ، وبالتالى يكون الهواء الداخل للبيت باردًا أو رطبًا (شكل ٢١ – ٧) . أما الماء الذى لا يتبخر ، فإنه يتجمع أسفل الوسادة ليتم ضخه مرة أخرى ... وهكذا.



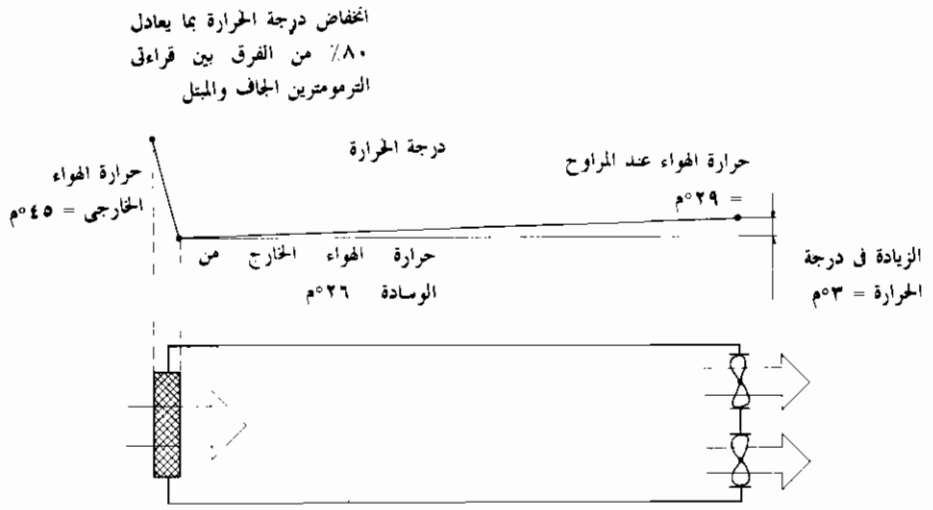
شكل ٢١ – ٧ : مسار الهواء فى البيوت المبردة بنظام المروحة والوسادة .

ويتم التبريد فى هذا النظام على أساس أن تبخر الماء تستلزمه طاقة ، وأن هذه الطاقة تؤخذ من الوسادة أو الهواء المحيط بها ، وعليه .. تنخفض درجة حرارة الهواء الداخل إلى البيت عن الجو الخارجى ، وقد يصل الفرق فى درجة الحرارة بين الهواء الداخل إلى الوسادة والهواء الخارج منها إلى ٦ – ١٤°م ، لكن ترتفع درجة حرارة الهواء الذى يمر خلال البيت تدريجيًّا ، ويقدر الفرق بين درجتى الحرارة عند الوسادة وعند المروحة بنحو ٣ – ٤ درجات مئوية (شكل ٢١ – ٨) .

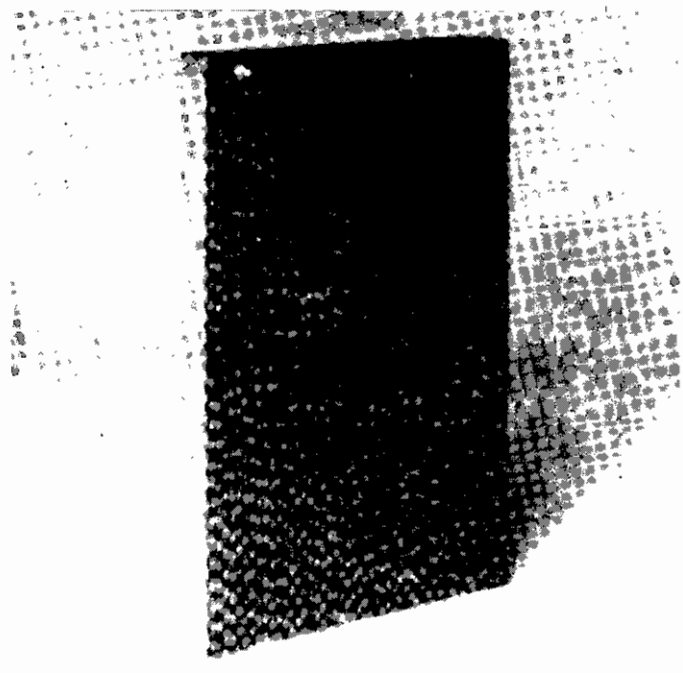
الوســـائد Pads

كانت الوسائد تصنع من أكياس شبكية مملوءة بأية مادة ماصة للماء وذات سطح كبير ، مثل القش ، أو « برى » الخشب ، أو ما شابه ذلك من المواد ، إلّا أن هذه النوعية لم يعد لها استعمال كبير فى الوقت الحاضر ، نظرًا لضعف كفاءتها ، وضرورة تغييرها سنويًّا . أما الوسائد الحديثة ، فإنها تتكون من ورق سيليلوزى معرج ، ومشبع بأملاح غير ذائبة ، وبمواد تزيد من صلابة الورق مع بعض المواد التى تساعد على البلل (شكل ٢١ – ٩) . وتستخدم هذه الوسائد لمدة ١٠ سنوات أو أكثر . وهى تتوفر بسمك يتراوح من ١٠ – ٣٠ سم ، علماً بأن زيادة السمك تعنى نقص المسطح العام للوسادة الذى يجب توفره لتحقيق التبريد اللازم . وتزيد كفاءة هذه النوعية من الوسائد كثيرًا عن كفاءة الوسائد التى تملأ بالمواد الماصة . فبينما نجد أنه تلزم قدم مربع واحد من سطح وسادة عادية

لكل ١٥٠ قدم مكعب من الهواء المار خلالها فى الدقيقة ، نجد أن نفس المساحة من الوسائد الجديدة سمك ١٠ سم تكفى لكل ٢٥٠ قدم مكعب من الهواء المار خلالها فى الدقيقة .



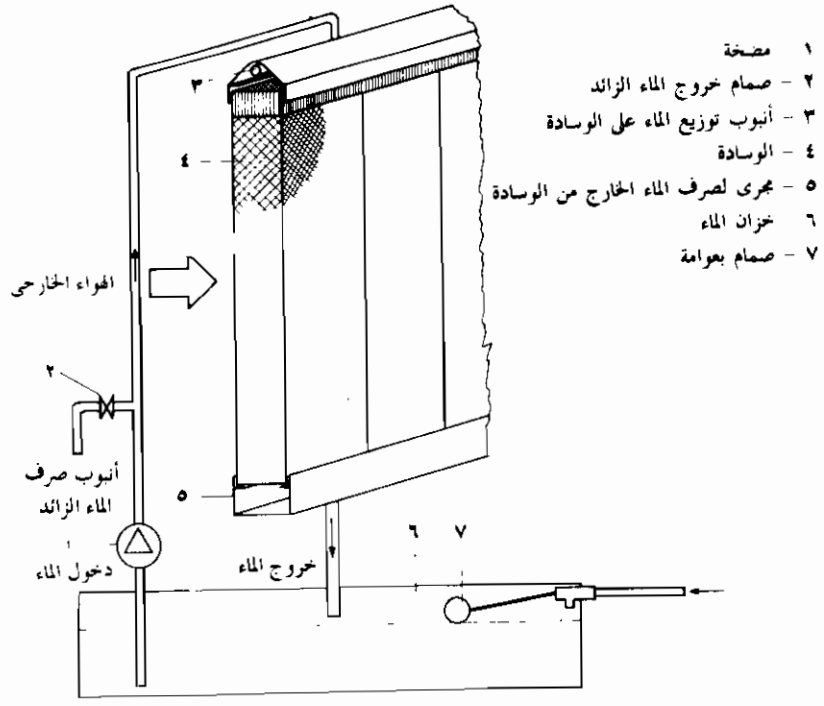
شكل ٢١ – ٨ : التغيرات فى درجة حرارة الهواء المار خلال البيوت المبردة بنظام المروحة والوسادة .



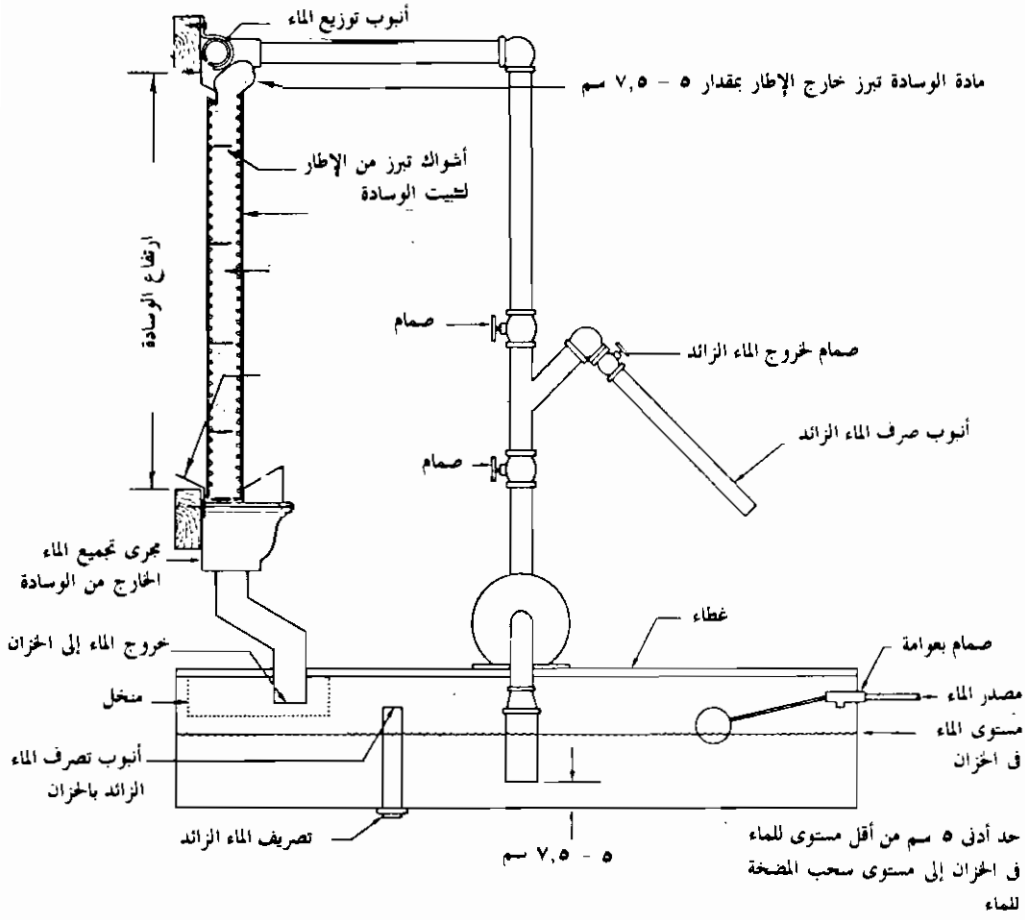
شكل ٢١ – ٩ : أحد الأنواع الحديثة من الوسائد pads المستخدمة فى التبريد (شركة Munters – السويد) .

هذا .. ويوضح شكل (٢١ – ١٠) التركيب العام للوسادة ، وكيفية تزويدها بالماء اللازم للتبريد . أما شكل (٢١ – ١١) ، فيبين التركيب الدقيق لمكونات الوسادة وملحقاتها . ويصل الماء إلى الوسادة من خلال أنبوبة (بلاستيكية غالبًا) تثبت أفقيًا أعلى الوسادة وبامتداد طولها تكون هذه الأنبوبة مسدودة من طرفيها ، وتوجد بأسفلها ثقوب كل نحو ١٠ سم ، وتتصل من منتصفها بمصدر الماء . ولا يجوز أن يصلها الماء من أى موقع آخر ، خاصة عندما يزيد طول الوسادة عن ٢٢ مترًا . وتوضع مصفاة أسفل الأنبوبة لتوزيع الماء بتجانس قبل أن يسقط على الوسادة . وقد لا توجد مثل هذه المصفاة ، لكن يجب أن تكون ثقوب الأنبوبة فى هذه الحالة متقاربة بدرجة تسمح بحسن توزيع الماء على الوسادة بانتظام . وتثبت الوسادة أسفل المصفاة فى وضع رأسى . ونظرًا لأن الوسادة تتمدد بالبلل وتنكمش بالجفاف ، فإنها توضع داخل شبكة سلكية . كما يوجد مجرى أسفل الوسادة لتلقى الماء الزائد الذى ينتقل بعد ذلك إلى خزان للماء يوجد أسفل المجرى ، وهو الذى يضخ منه الماء إلى أعلى الوسادة . ويغطى السطح العلوى لهذا المجرى حتى لا تتجمع به أية بقايا أو شوائب .

هذا .. ويعوض الماء الذى ينقص من الخزان باستمرار بمعدل يوازى كمية الماء المتبخرة ، وهى التى قد تصل إلى جالون فى الدقيقة لكل ١٠٠ قدم مربع من الوسادة فى يوم حار جاف . ويتم تزويد الخزان بالماء من فتحة يتحكم فيها صمام « بعوامة » . هذا .. ومن المفضل تزويد النظام بمرشح للماء يوضع قبل المضخة ، ويمكن تنظيفه بإعادة مرور الماء من خلاله فى الاتجاه العكسى flushable filter .

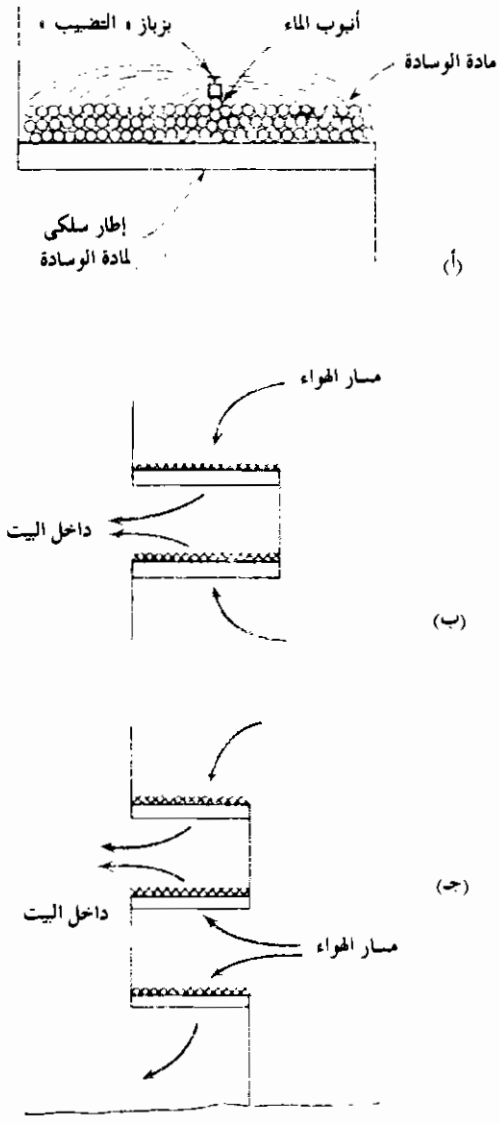


شكل ٢١ – ١٠ : التركيب العام للوسادة ، وكيفية تزويدها بالماء اللازم للتبريد .



شكل ٢١ – ١١ : التركيب الدقيق لمكونات الوسادة وملحقاتها (عن Hanan وآخرين ١٩٧٨) .

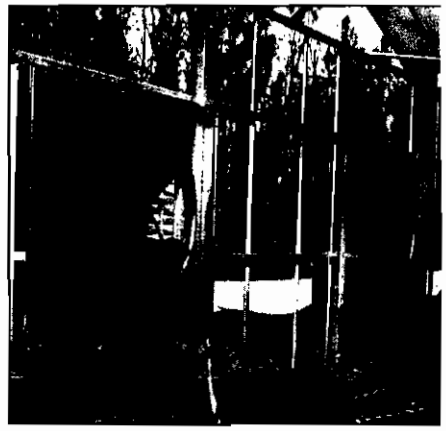
كما توجد وسائد أفقية توضع فيها مواد ، مثل الفيرميكيوليت أو « بروة » الخشب على شبكة سلكية لتعمل كمسطح للتبخر مع السماح بمرور الهواء من خلالها . ويحافظ على الوسادة رطبة باستمرار بواسطة « التضبيب » (شكل ٢١ – ١٢ أ) . كما قد يوجد عدد من الوسائد الأفقية التى تثبت فوق بعضها على جانب البيت من الخارج (شكل ٢١ – ١٢ ب) .



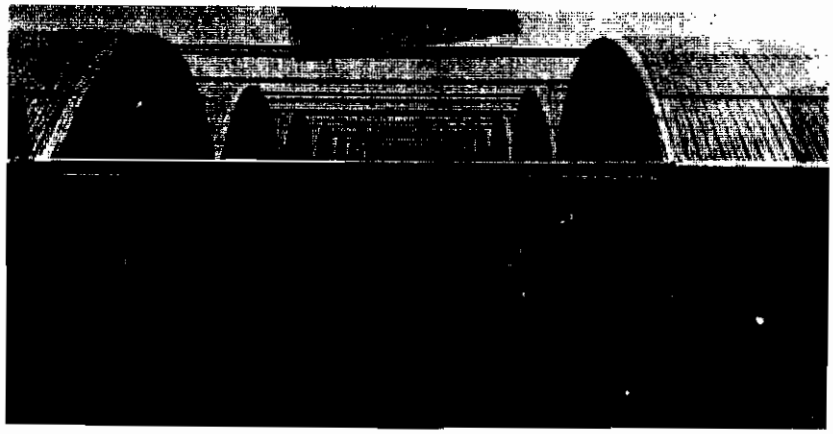
شكل ٢١ – ١٢ : الوسائد الأفقية . (أ) وسادة من مواد ذات سطح ماص وكبير ، مثل الفيرميكيوليت أو بروة الخشب (ب) طبقتان من الوسائد العادية بوضع أفقى (جـ) ثلاث طبقات من الوسائد العادية بوضع أفقى (عن Mastalerz ١٩٧٧) .

المروحة Fan

يجب أن تثبت المروحة (شكل ٢١ – ١٣) فى جانب البيت الذى لا يواجه الرياح ، فى حين تكون الوسادة فى الجانب المواجه للرياح ، حتى تكون الرياح مساعدة لعمل المروحة ، وليست معاكسة لها . وإذا تعذر ذلك ، فلا بد من زيادة كفاءة المروحة بمقدار ١٠٪ . أما إذا وجد عدد من البيوت المتجاورة ، فإن اتجاه الرياح لا يكون عاملًا مهمًّا إلا بقدر ما تكون مراوح إحدى مجموعتى البيوت غير مقابلة لوسائد المجموعة المجاورة ، لأن ذلك يؤدى إلى طرد الهواء الساخن من المجموعة الأولى ليدخل فى البيوت المجاورة . ويحسن فى هذه الحالة أن تكون وسائد مجموعتى البيوت متقابلة (شكل ٢١ – ١٤) ، لكن هذه المشكلة تقل تدريجيًّا بزيادة المسافة بين مجموعتى البيوت ، حتى تنعدم تمامًا عندما تكون المسافة بينهما ٢٠ مترًا او اكثر .



شكل ٢١ – ١٣ : المراوح الساحبة لهواء البيت وهى مثبتة فى الجدار .



شكل ٢١ – ١٤ : مجموعتان من البيوت المبردة تظهر فيهما وسائد التبريد وهى متقابلة (شركة Rovero – هولندا) .

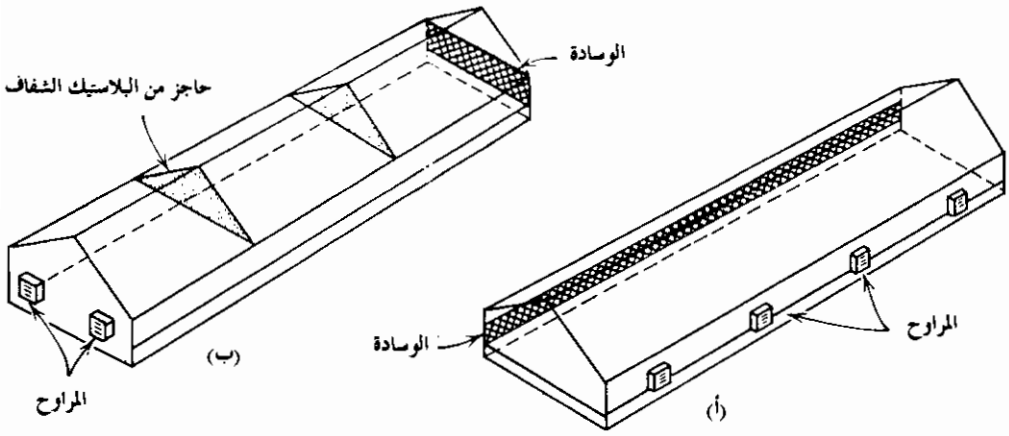
مسار الهواء المبرد

يفضل أن يكون مسار الهواء المُبرّد باتجاه عرض البيت ، وموازيًا لخطوط الزراعة ، وفى مستوى النمو النباتى . ولتحقيق ذلك يجب وضع الوسائد فى مستوى النباتات أو أعلى قليلًا شكل (٢١ – ١٥) . حتى تزيد فرصة مرور الهواء البارد من خلال النباتات ، لكن نظرًا لأن تيار الهواء يجد مقاومة من النباتات ، فإننا نجد أن مسار الهواء يتجه لأعلى بزاوية ٧ درجات (أى بمعدل متر لكل ثمانية أمتار) تاركًا جيوبًا غير مبردة فى مستوى النمو النباتى .

شكل ٢١ – ١٥ : وسائد التبريد وهى مثبتة فى مستوى النمو النباتى .

ويمكن تصحيح ذلك الوضع بتثبيت شرائح من البوليثيلين الشفاف تتدلى من قمة البيت عموديًا على مسار الهواء ، حتى تجبره على أن يسلك مسارًا سفليًا بين النباتات . تثبت هذه الشرائح كل عشرة أمتار . ويجب أن يكون طرفها المتدلى بعيدًا بعدًا كافيًا عن قمة النباتات ، حتى لا تعوق حركة الهواء (شكلا ٢١ – ١٦ ب ، ٢١ – ١٧ هـ) .

كما تظهر مشكلة أخرى إذا كانت الوسائد قريبة من سطح التربة ، وكانت النباتات مرباة على مناضد ، لأن الهواء المبرد يتسرب فى هذه الحالة من تحت المناضد ، دون المرور على النباتات (شكل ٢١ – ١٧ د) . ويمكن التغلب على هذه المشكلة بتثبيت شرائح بلاستيكية تحت المناضد مقابل الوسائد (شكل ٢١ – ١٧ هـ) (Nelson ١٩٨٥) .



شكل ٢١ – ١٦ : وضع المراوح والوسائد فى البيوت المحمية . (أ) على امتداد الجانبين الطويلين لليت . (ب) على امتداد الجانبين القصيرين لليت ، مع تثبيت حواجز من البلاستيك الشفاف تتدلى كل عشرة أمتار من قمة اليت لإجبار الهواء المبرد على اتخاذ مسار سفلى بين النباتات .

هذا .. ويبين شكل (٢١ – ١٧ أ ، ب ، جـ) مسارات الهواء فى حالات الأوضاع المختلفة للوسائد والمراوح والأماكن التى تكون درجة حرارتها أكثر ارتفاعًا عن باقى أجزاء البيت بسبب عدم وجودها فى مسار التحركات الهوائية . يلاحظ بالشكل أن درجة الحرارة تكون أكثر ارتفاعًا فى أركان البيت بالجانب الذى توجد فيه المراوح . كذلك يلاحظ فى حالة البيوت الكبيرة التى قد توضع فيها الوسائد فى الجانبين القصيرين والمراوح فى الجانبين الطوليّين أن مركز البيت تكون حرارته أعلى من باقى أرجاء البيت بسبب عدم وجوده فى مسار التيارات الهوائية (Mastalarez ١٩٧٧) .

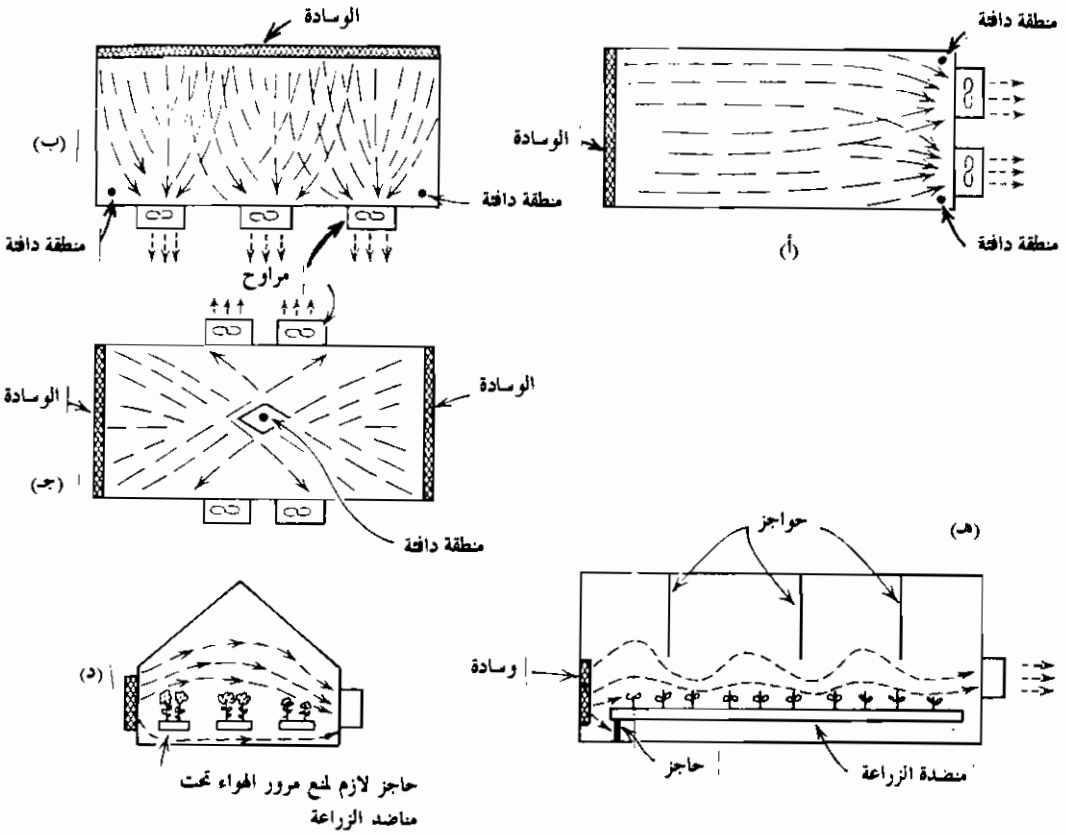
العوامل المؤثرة على كفاءة التبريد

تتوقف درجة التبريد التى يمكن تحقيقها بنظام المروحة والوسادة على عاملين رئيسيين هما :

١ – معدل سحب الهواء الدافىء من البيت .

٢ – مساحة سطح الوسائد .

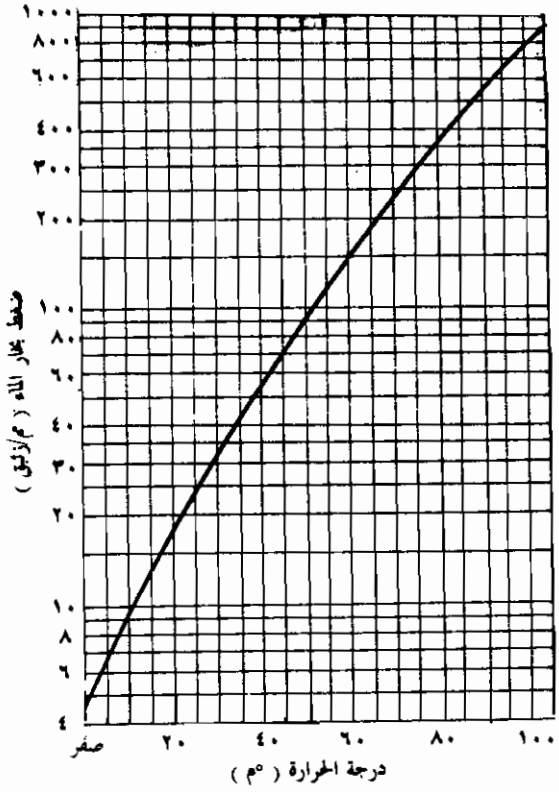
وتتوقف كفاءة التبريد بهذه الطريقة (عند ثبات العاملين السابقين) على كل من منسوب البيت (ارتفاعه عن سطح البحر) وشدة الإضاءة به والرطوبة النسبية فى الجو الخارجى . والعامل الأخير لا يمكن التحكم فيه ، ولذا فإنه لا يؤخذ فى الاعتبار عند حساب احتياجات التبريد ، لكن يجب أن نتذكر أن أقصى درجة تبريد يمكن الحصول عليها بهذه الطريقة تبلغ حوالى ٨٠٪ من الفرق بين قراءتى الترمومترين الجاف والمبتل فى العراء ، وبذلك يزداد التبريد الممكن تحقيقه كلما ازداد الفرق بين القراءتين ، أى كلما ازدادت مقدرة الهواء على تبخير الماء ، أى كلما انخفضت الرطوبة النسبية . وتصبح فعالية هذه الطريقة فى التبريد معدومة تقريبًا عندما تصل الرطوبة النسبية إلى حوالى ٨٠٪ .



شكل ٢١ – ١٧ : مسارات الهواء داخل البيوت المبردة فى حالات الأوضاع المختلفة للمراوح والوسائد . (أ) على امتداد الجانبين القصيرين للبيت . (ب) على امتداد الجانبين الطويلين للبيت . (جـ) الوسائد على امتداد الجانبين القصيرين ، والمراوح فى الجانبين الطويلين للبيت . (د) يسلك الهواء المبرد الطريق الخالى من العوائق من أعلى النباتات وأسفل مناضد الزراعة . (هـ) عوائق أعلى النباتات وتحت مناضد الزراعة لإجبار الهواء المبرد على اتخاذ مسار بين النباتات (Mastalerz ١٩٧٧) .

هذا .. وتزداد مقدرة الهواء على حمل الرطوبة كلما ارتفعت درجة حرارته (شكل ٢١ – ١٨) .

وكقاعدة عامة .. عندما لا يزيد ارتفاع منسوب البيت عن ١٠٠٠ قدم عن سطح الأرض ، وعندما لا تزيد شدة الإضاءة داخل البيت عن ٥٠٠٠ قدم – شمعة ، فإن معدل سحب الهواء من البيت يجب أن يكون فى حدود ٨ قدم٣ فى الدقيقة لكل قدم مربع من مساحة البيت ، مع افتراض أنه يسمح بفرق سبع درجات فهرنهيتية (حوالى أربع درجات مئوية) بين المروحة والوسادة ، وأن المسافة بين المراوح والوسائد تزيد عن ١٠٠ قدمًا (حوالى ٣٣ مترًا) . فإذا أُخِل بأى من هذه الشروط والفروض لزم استعمال معامل خاص لتصحيح المعدل اللازم لسحب الماء من البيت عن المعدل المذكور وهو ٨ قدم٣/ دقيقة/قدم٢ من مساحة البيت . وفيما يلى عرض لهذه الشروط والفروض ، وكيفية تأثيرها على عملية التبريد .



شكل ٢١ – ١٨ : العلاقة بين درجة الحرارة ، ومقدرة الهواء على حمل الرطوبة .

١ – منسوب البيت (ارتفاعه عن سطح البحر)

من الضرورى زيادة معدل سحب الهواء من البيت عند ارتفاع منسوبه عن ١٠٠٠ قدم عن سطح البحر ، لأن مقدرة الهواء على التبريد تعتمد على وزنه وليس على حجمه ، علمًا بأن كثافة الهواء تقل كلما ارتفعنا عن سطح البحر . ولهذا .. يجب استعمال معامل خاص لتصحيح المعدل اللازم لسحب الهواء من البيت يرمز له بالرمز (F_{elev}) ، أو معامل التصحيح الخاص بالمنسوب أو الارتفاع عن سطح البحر (جدول ٢١ – ٨) .

جدول (٢١ – ٨) : معامل التصحيح الخاص بالمنسوب أو الارتفاع عن سطح البحر (F_{elev})

الارتفاع عن سطح البحر (قدم)							
أقل من ١٠٠٠	١٠٠٠	٢٠٠٠	٣٠٠٠	٤٠٠٠	٥٠٠٠	٦٠٠٠	٧٠٠٠	٨٠٠٠
١,٠٠ F_{elev}	١,٠٤	١,٠٨	١,١٢	١,١٦	١,٢٠	١,٢٥	١,٣٠	١,٣٦

٢ – المسافة من الوسائد إلى المراوح

يجب أن تكون الوسائد والمراوح متقابلة . ويتوقف استخدام الحوائط المختلفة لهذا الغرض على أبعاد البيت ، لأن المسافة بين الوسادة والمروحة يجب أن تكون فى حدود ٣٣ – ٤٥ مترًا . فإذا زادت المسافة عن ذلك يحتاج الأمر إلى مراوح ضخمة . وإذا نقصت المسافة عن ٣٣ م لا ينتشر الهواء المبرد فى كل أرجاء البيت ، بل يميل فى حركته نحو مسار ضيق من الوسادة إلى المروحة . وتلزم فى هذه الحالة زيادة سرعة سحب الهواء من البيت لتصحيح ذلك الوضع . ويستخدم لذلك معامل خاص للتصحيح يرمز له بالرمز (F_{vel}) ، أو معامل التصحيح الخاص بالمسافة من الوسادة إلى المروحة (جدول ٢١ – ٩) .

٣ – شدة الإضاءة داخل البيت

يحتاج الأمر إلى معامل تصحيح ثالث خاص بشدة الإضاءة داخل البيت عند اختلافها عن ٥٠٠٠ قدم – شمعة يرمز لها بالرمز (F_{light}) ، ويحصل عليه من جدول (٢١ – ١٠) .

٤ – الفرق المسموح به فى درجة الحرارة بين الوسادة والمروحة

يحتاج الأمر إلى معامل تصحيح رابع للفرق الذى يسمح به فى درجة الحرارة بين الوسادة والمروحة ، لأن المعدل القياسى لسحب الهواء – وهو ٨ قدم^3/دقيقة/قدم^2 من مساحة البيت – يأخذ فى الاعتبار فرق قدره ٤ درجات مئوية (أو ٧ درجات فهرنهيتية) بين درجة حرارة الهواء الداخل إلى البيت بعد مروره على الوسادة ودرجة حرارة الهواء الخارج من البيت عند المروحة . ويمكن تصحيح ذلك باستخدام معامل خاص يرمز له بالرمز (F_{temp}) ، ويعرف باسم معامل التصحيح الخاص بالفرق المسموح به فى درجة الحرارة بين الوسادة والمروحة ، ويحصل عليه من جدول (٢١ – ١١) .

جدول (٢١ – ٩):معامل التصحيح الخاص بالمسافة من الوسادة إلى المروحة (F_{vel})

المسافة (قدم)	معامل التصحيح	المسافة (قدم)	معامل التصحيح	المسافة (قدم)	معامل التصحيح
٢٠	٢,٢٤	٥٠	١,٤١	٨٠	١,١٢
٢٥	٢,٠٠	٥٥	١,٣٥	٨٥	١,٠٨
٣٠	١,٨٣	٦٠	١,٢٩	٩٠	١,٠٥
٣٥	١,٦٩	٦٥	١,٢٤	٩٥	١,٠٢
٤٠	١,٥٨	٧٠	١,٢٠	١٠٠	١,٠٠
٤٥	١,٤٨	٧٥	١,١٦		

جدول (٢١ - ١٠) : معامل التصحيح الخاص بشدة الإضاءة داخل الصوبة (F_{light}) .

شدة الاضاءة (قدم- شمعة)	٤٠٠٠	٤٥٠٠	٥٠٠٠	٥٥٠٠	٦٠٠٠	٦٥٠٠	٧٠٠٠	٧٥٠٠	٨٠٠٠
F_{light}	٠,٨٠	٠,٩٠	١,٠٠	١,١٠	١,٢٠	١,٣٠	١,٤٠	١,٥٠	١,٦٠

جدول (٢ - ١١) : معامل التصحيح الخاص بالفرق المسموح به فى درجة الحرارة داخل البيت بين المروحة والوسادة (F_{temp})

الفرق المسموح به فى درجة الحرارة (°ف)	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤
(F_{temp})	٠,٧٠	٠,٧٨	٠,٨٨	١,٠٠	١,١٧	١,٤٠	١,٧٥

حساب احتياجات البيت من المراوح والوسائد ومياه التبريد

يمر حساب احتياجات البيت من المراوح والوسائد بالخطوات التالية :

١ - يحسب أولًا المعدل اللازم لسحب الهواء من البيت تحت الظروف القياسية السابقة الذكر ، ويقدر ذلك بالمعادلة التالية

معدل سحب الهواء من البيت تحت الظروف القياسية بالقدم المكعب فى الدقيقة
= طول البيت × عرض البيت × ٨

٢ - يلى ذلك تصحيح المعدل ليتناسب مع الظروف الخاصة بالبيت ، وذلك بضرب المعدل المحسوب من الخطوة السابقة فى معامل التصحيح الأكبر من أحد المعاملين التاليين :

(أ) معامل التصحيح الخاص بالمسافة من الوسادة إلى المروحة (F_{vel}) (جدول ٢١ - ٩)

(ب) معامل التصحيح للبيت (F_{house}) ، علمًا بأن :

$F_{elev} = F_{house}$ (جدول ٢١ - ٨) × F_{light} (جدول ٢١ - ١٠) × F_{temp} (جدول ٢١ - ١١)

ويجب أن يكون المعدل المحسوب كافيًا لتغيير هواء البيت كله بمعدل ١,٥ - ٢ مرة فى الدقيقة .

٣ - يتم بعد ذلك اختيار المراوح بالعدد والقدر المناسبين . وتثبت المراوح فى جدار البيت المقابل للوسائد ، بحيث لا تزيد المسافة بين كل مروحتين عن ٢٥ قدمًا ، وأن يكون توزيعها متجانسًا على امتداد البيت ، وعلى ارتفاع واحد من سطح الأرض ، على أن يكون مركزها فى مستوى منتصف النمو النباتى للنباتات المرباه رأسيًا .

٤ – تحسب مساحة الوسائد اللازمة على أساس أن كل ٢٥٠ قدم مكعب من الهواء المسحوب من البيت فى الدقيقة يلزمه قدم مربع من الوسائد الحديثة بسمك ١٠ سم (يزداد هذا المعدل بمقدار الثلثين عند استعمال وسائد القش وبرى الخشب ... إلخ) ونظرًا لأن الوسائد يجب أن تمتد بكامل جدار البيت ، لذا فإن عرضها يتوقف على المساحة اللازمة منها ، كما يمكن التحكم فى العرض باختيار السمك المناسب .

٥ – تزود الوسائد بالماء بمعدلات تزيد عن القدر المتبخر منها ، حتى لا تتراكم بها الأملاح . والمعدل المناسب هو $\frac{1}{3}$ جالون فى الدقيقة لكل قدم طولى من الوسادة (أو حوالى ٠,١٥ لتر/ ثانية/ متر طولى) ، بغض النظر عن عرضها (ارتفاعها) . ويعنى ذلك أنه لو كان طول الوسادة ٧٥ قدمًا ، فإنه يلزم ضخ الماء بمعدل ٢٥ جالونًا فى الدقيقة . ويجب أن يتسع الخزان لـ ١,٥ جالون من الماء لكل قدم طولى من الوسادة حتى يمكنه استيعاب كل الماء الذى يمر فى الوسادة عند توقف التبريد . كما يجب توفير مصدر دائم للماء ، نظرًا لتبخر جزء منه فى عمليات التبريد . ويتحقق ذلك بإيصال خزان الماء بأنبوبة ماء ذات صمام مزود بعوامة ، علمًا بأنه يمكن أن يتبخر جالون من الماء فى الدقيقة لكل ١٠٠ قدم^{٢} من الوسادة فى يوم حار جاف (Nelson ١٩٨٥) .

٢١ – ٤ : التهوية

توجه عناية كبيرة نحو نظام التهوية فى البيوت المحمية لأنها تحقق المزايا التالية :

١ – تعمل التهوية على خفض درجة الحرارة سريعًا داخل البيوت المحمية ؛ فتقل بذلك احتياجات التبريد ، كما يمكن عند اتباع نظام جيد للتهوية الاستغناء عن التبريد كلية خلال فصل الصيف فى المناطق المعتدلة ، وخلال فصل الشتاء فى المناطق الحارة .

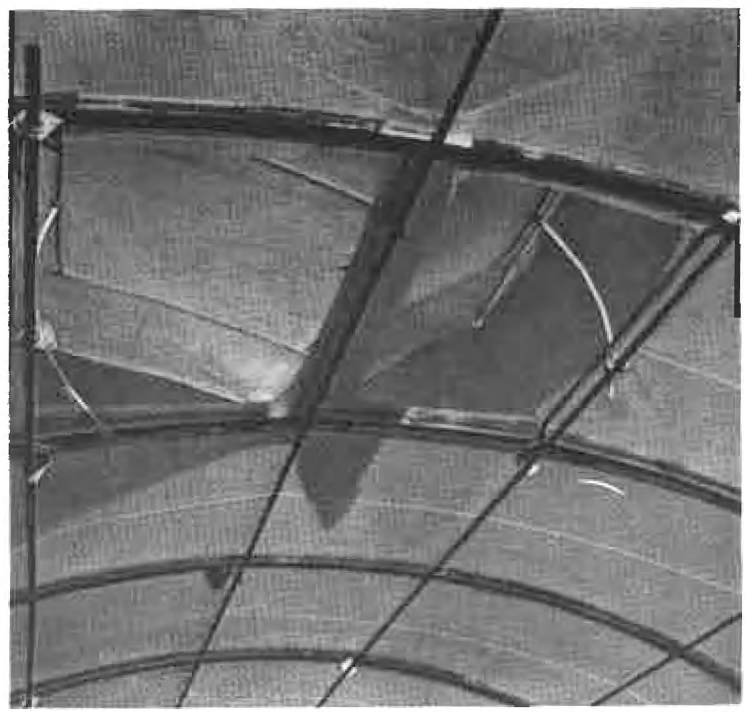
٢ – تؤدى التهوية إلى تجديد هواء البيت ، فيمكن بذلك المحافظة على التركيز الطبيعى لغاز ثانى أكسيد الكربون ، لأن تركيز الغاز يقل سريعًا فى البيوت غير الجيدة التهوية لاستنفاذه من قبل النباتات فى عمليات البناء الضوئى .

٣ – غالبًا ما تصل الرطوبة النسبية داخل البيوت المحكمة الغلق إلى درجة التشبع . وتحت هذه الظروف يزداد انتشار الأمراض ، كما يزداد تكثف قطرات الماء على الجدر الداخلية للبيت فى الجو البارد . ولا توجد وسيلة فعالة لإحداث خفض ملموس فى الرطوبة النسبية إلّا بالتهوية الجيدة ؛ وبذلك فإنها تقلل من فرصة انتشار الأمراض ؛ وتؤدى إلى التخلص من ظاهرة تكثف قطرات الماء وسقوطها على النباتات .

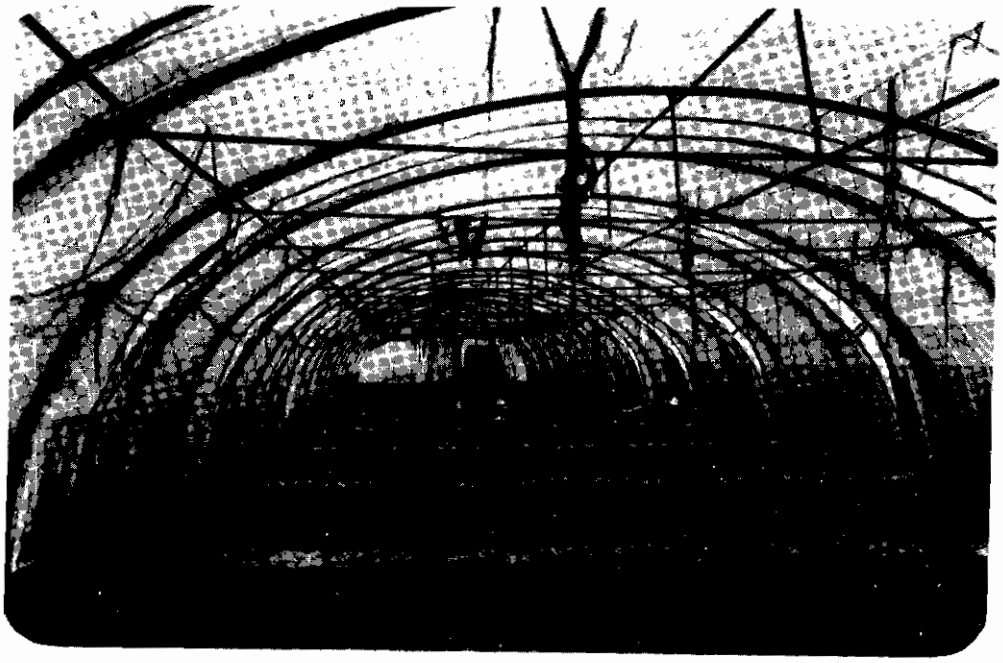
٢١ – ٤ – ١ : التهوية من خلال منافذ خاصة فى الجدران والأسقف

تعتبر أبسط طرق التهوية هى بعمل فتحات خاصة فى جدران أو أسقف البيوت المحمية يتم من خلالها تغيير هواء البيت بطريقة طبيعية ، حيث يخرج الهواء الداخلى الدافىء الذى يتجمع قرب سقف البيت من الفتحات العلوية ليحل محله الهواء الخارجى البارد من الفتحات الجانبية . والقاعدة فى هذه الطريقة للتهوية أنه كلما ازداد اتساع الفتحات ، ازدادت سرعة خفض درجة الحرارة داخل البيت ، وأمكن المحافظة عليها فى المجال المناسب للنمو النباتى . ولتحقيق ذلك يجب ألا تقل مساحة فتحات

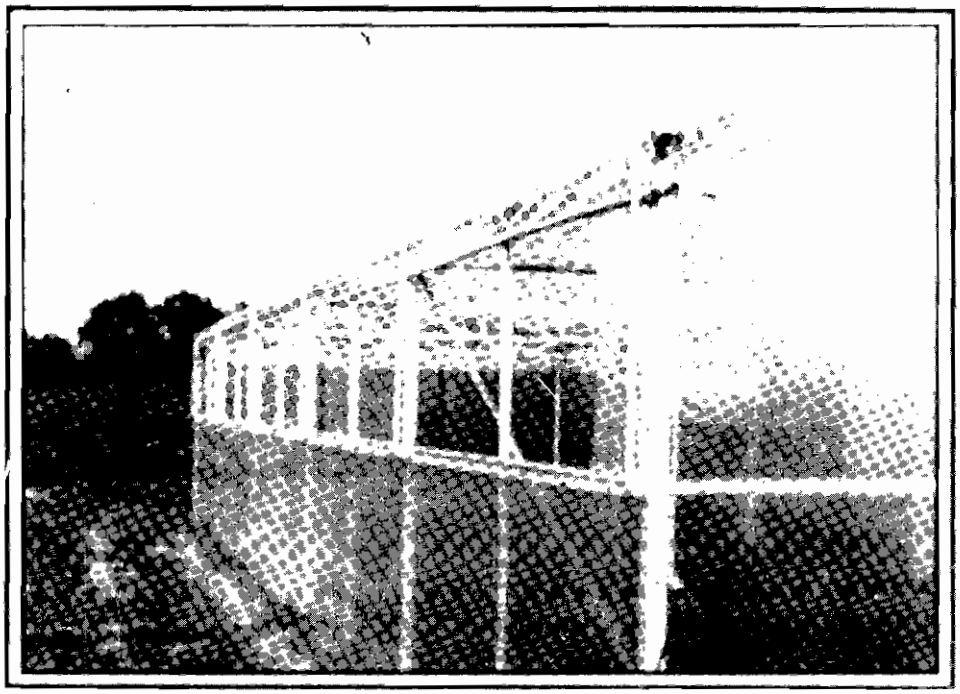
التهوية عن ١٧٪ من مساحة البيت . فمثلًا .. يبين شكل (٢١ - ١٩) فتحات صغيرة للتهوية فى بيت بلاستيكى تناسب المناطق الباردة ، ولكنها لا تكفى للمناطق المعتدلة أو الحارة . ففى المناطق المعتدلة يجب أن تتسع فتحات التهوية ، وتمتد ما بين شرائح البلاستيك المغلفة للبيت (شكل ٢١ - ٢٠) . أما فى المناطق الحارة ، فإن فتحات التهوية يجب أن يزداد اتساعها وتتوزع فى جوانب البيت والأسقف ، كتلك المبينة فى أشكال (٢١-٢١ ، ٢١-٢٢ ، ٢١-٢٣) . أما فى المناطق الباردة التى تنتشر فيها البيوت الزجاجية من النوع الجمالونى المتناظر الانحدار على جانبى البيت ، فإن فتحات التهوية توجد غالبًا فى قمة البيت على جانبى الجمالون . وأيًا كان موضع واتساع فتحات التهوية ، فإنه يجب غلقها عند اشتداد الرياح ، حتى لا تحدث تيارات هوائية شديدة داخل البيت قد يترتب عليها حدوث بعض الأضرار . أما فى حالة الرياح الخفيفة ، فإنه يمكن تشغيل فتحات التهوية فى جانب البيت غير المواجه للرياح .



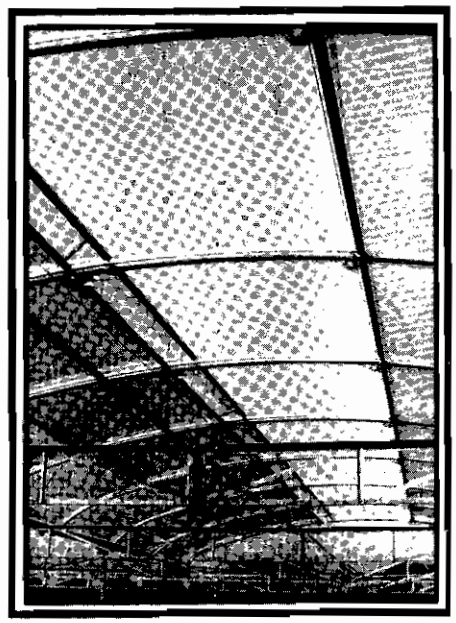
شكل ٢١ - ١٩ : فتحات صغيرة للتهوية تناسب المناطق الباردة .



شكل ٢١ – ٢٠ : فتحات كبيرة للتهوية تمتد ما بين شرائح البلاستيك المغلفة للبيت ، وتناسب المناطق المعتدلة.



شكل ٢١ – ٢١ : فتحات واسعة للتهوية فى جانب البيت تناسب المناطق الحارة (عن Clovis Lande – إنجلترا) .



شكل ٢١ – ٢٢ : فتحات واسعة للتهوية فى سقف البيت تناسب المناطق الحارة (عن Clovis Lande – إنجلترا) .

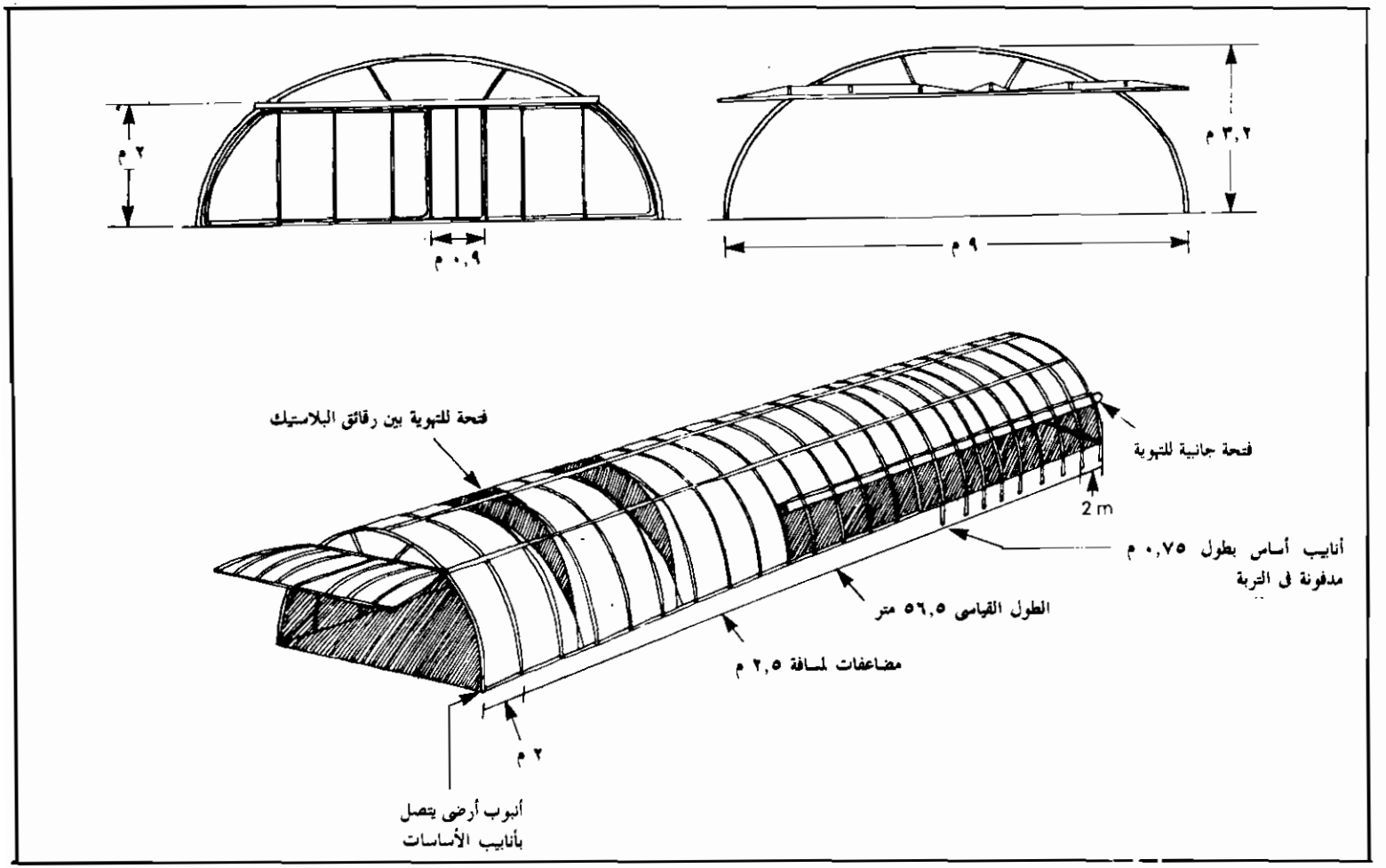
وعند الرغبة فى عدم دخول الحشرات إلى البيت من فتحات التهوية ، فإن الفتحات تغطى بشباك خاصة ، كذلك المبينة فى شكل (٢١ – ٢٣) . ويبين شكل (٢١ – ٢٤) تخطيطًا لفتحة تهوية من هذا النوع ، وكيف يتم التحكم فى فتحها وغلقها .

ويتم التحكم فى فتح وغلق فتحات التهوية بإحدى الطرق الآتية :

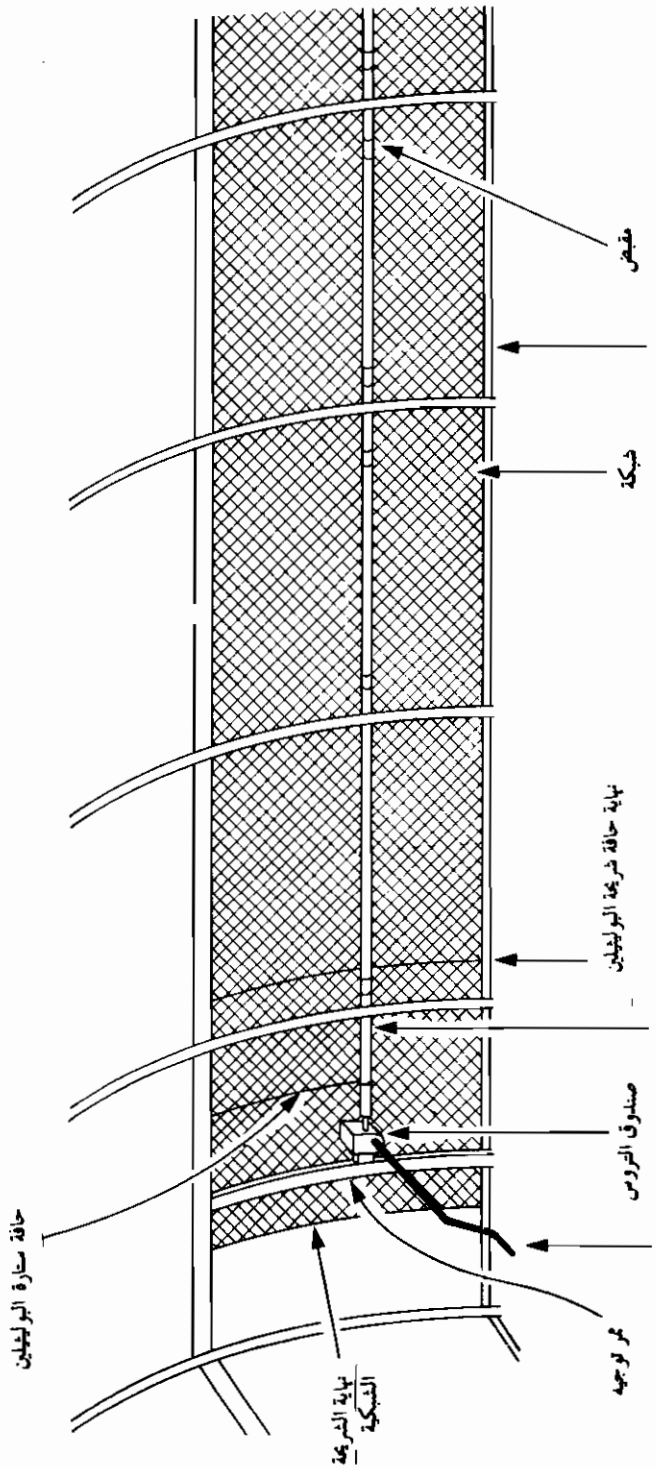
١ – يدويًا بفتح أو غلق الأبواب أو فتحات التهوية الكبيرة .

٢ – يدويًا بإدارة عجلة خاصة تتصل مع فتحات التهوية بأسلاك ، كما فى شكلى (٢١ – ٢٥ ، ٢١ – ٢٦) ، أو بتروس ، كما فى شكل (٢١ – ٢٧) .

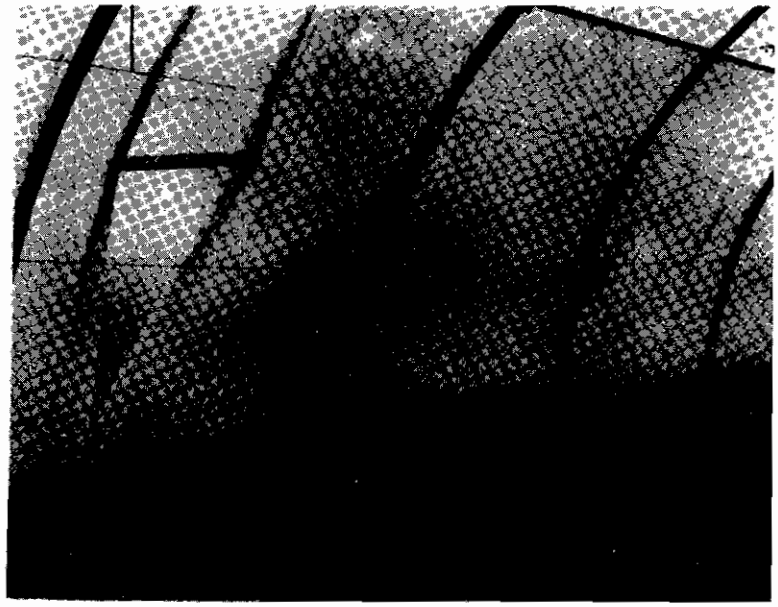
٣ – آليًا كما فى شكلى (٢١ – ٢٨ ، ٢١ – ٢٩) ، حيث يتم توصيل فتحة التهوية بمنظم الحرارة الذى يعمل على تشغيل جهاز منافذ التهوية عند ارتفاع درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأقصى المسموح به .



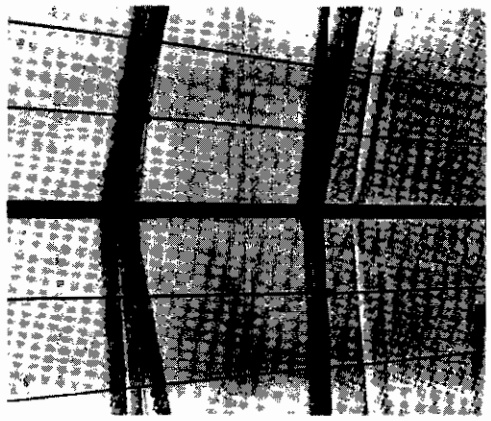
شكل ٢١ – ٢٣ : أنواع مختلفة من فتحات التهوية الواسعة ما بين شرائح البلاستيك ، وبامتداد الجانبين الطويلين ، مع إمكانية رفع الأبواب لأعلى لزيادة التهوية (عن شركة Fordinbridge – إنجلترا) .



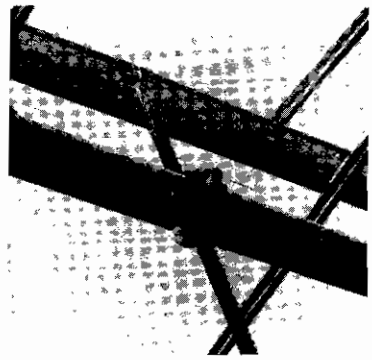
شكل ٢١ – ٢٤ : تخطيط لفتحة تهوية بامتداد الجانب الطولى للبيت يبين الغطاء الشبكى للفتحة ، وكيفية التحكم فى فتحها وغلقها (عن Fordinbridge – إنجلترا) .



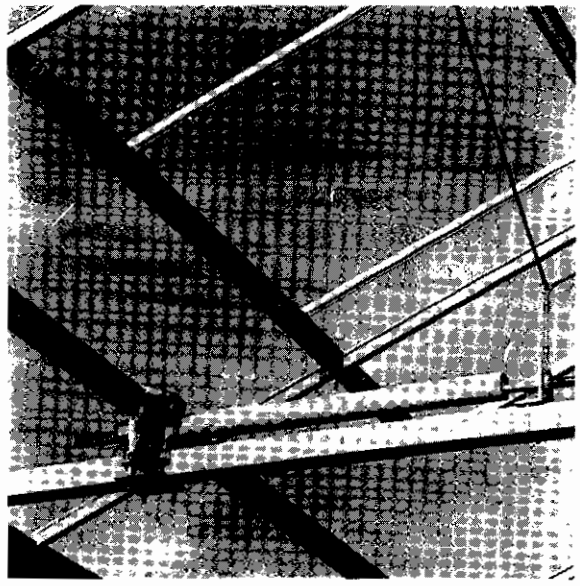
شكل ٢١ – ٢٥ : نظام التحكم فى فتح وغلق منافذ التهوية بإدارة عجلة خاصة تتصل مع فتحات التهوية بأسلاك (عن Roverto – هولندا) .



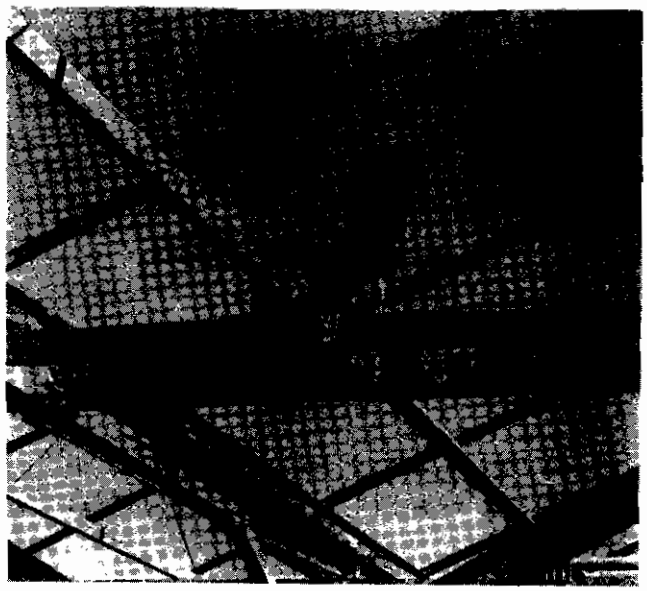
شكل ٢١ – ٢٦ : نظام آخر للتحكم فى فتح وغلق منافذ التهوية بإدارة عجلة خاصة تتصل مع فتحات التهوية بأسلاك (عن Roverto – هولندا) .



شكل ٢١ – ٢٧ : نظام التحكم فى فتح وغلق منافذ التهوية بإدارة عجلة خاصة تتصل مع فتحات لتهوية بتروس ، ويمكن تشغيلها آليًا (عن H.A.G انجلترا) . يلاحظ نفس النظام أيضًا فى شكل (٢١ – ١٩) .



شكل ٢١ – ٢٨ : نظام للتحكم الآلى فى فتحات التهوية (عن J.t.provence – فرنسا)



شكل ٢١ – ٢٩ : نظام آخر للتحكم الآلى فى فتحات التهوية (عن J.I.provence – فرنسا)

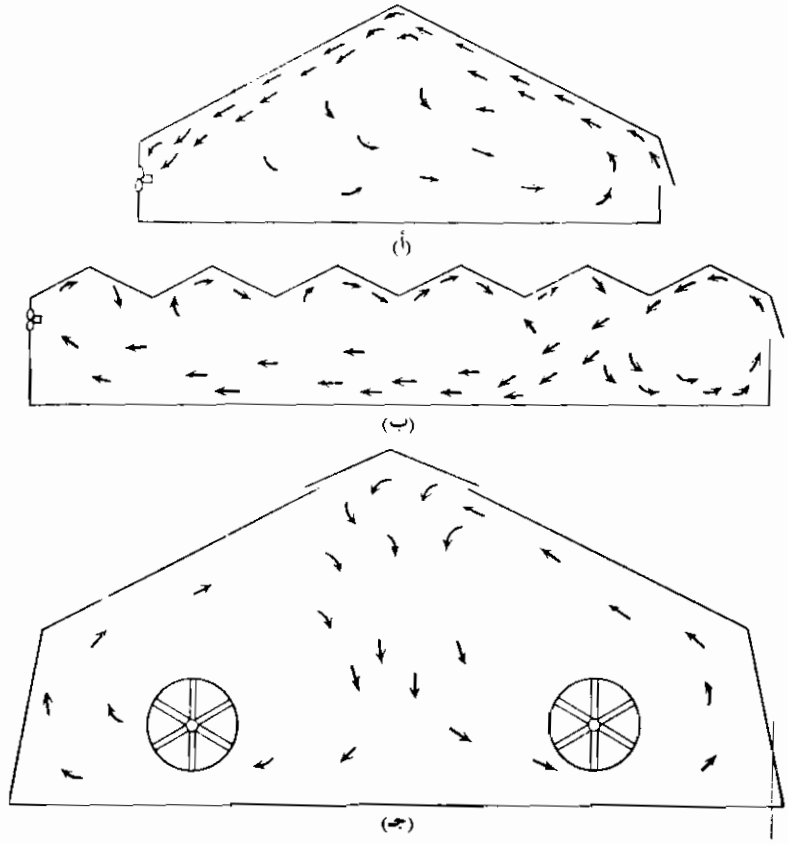
٢١ – ٤ – ٢ : التهوية بنظام المنافذ والمراوح

يتبع نظام المنافذ والمراوح للتهوية فى البيوت الكبيرة التى لا تفيد معها منافذ التهوية العادية ، خاصة فى الجو الحار . وتستخدم لأجل ذلك مراوح كبيرة تعمل على طرد الهواء الدافىء خارج البيت من أحد الجانبين ليحل محله هواء خارجى بارد من المنافذ التى توجد فى الجانب الآخر . تظل المنافذ مفتوحة طول الوقت فى الجو الحار ، بينما يتم توصيل المراوح بمنظم الحرارة الذى يتحكم فى تشغيلها عند وصول درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأقصى المسموح به .

وللحصول على أعلى كفاءة ممكنة يجب أن تكون المراوح المستخدمة قادرة على سحب كل هواء البيت بمعدل مرة فى الدقيقة ، ويفضل استخدام المراوح ذات السرعتين . أما منافذ التهوية ، فيجب أن تكون مساحتها ٤ – ٥ أضعاف مساحة المراوح المستخدمة على الأقل (Sheldrake ١٩٧١) .

يتبع هذا النظام عادة فى البيوت الكبيرة المجهزة بوسائل التبريد بالمروحة والوسادة ، حيث يكتفى فيها بتشغيل المراوح فقط خلال فصل الشتاء حينما تكون درجة الحرارة معتدلة فى الجو الخارجى ، بينما يتم تشغيل نظام التبريد فى الجو الحار .

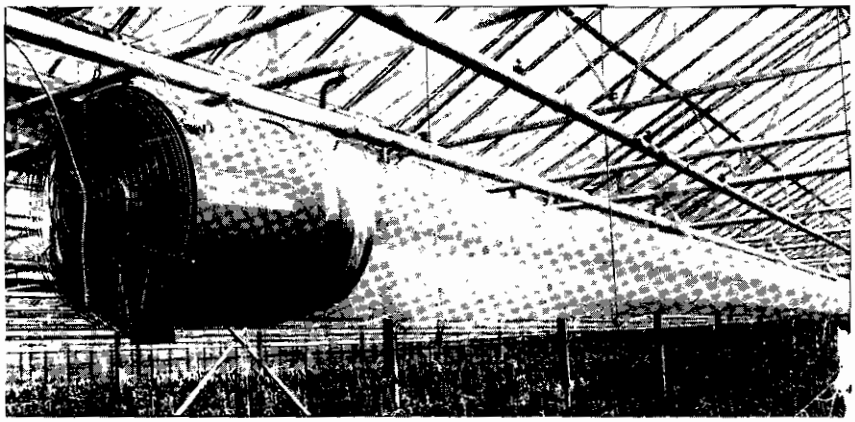
ويبين شكل (٢١ – ٣٠) مسار التحركات الهوائية داخل البيت عند اتباع هذا النظام فى التهوية ، وذلك فى كل من البيوت المفردة ذات الشكل الجمالونى المتناظر الانحدار والبيوت الكبيرة المتصلة بنظام القنوات والخطوط .



شكل ٢١ – ٣٠ : مسار التحركات الهوائية عند التهوية . (أ) فى بيت مفرد على شكل جمالون متناظر الانحدار ، مع وجود فتحة التهوية فى جانب البيت ، والمراوح الساحبة للهواء فى الجانب الآخر . (ب) فى مجموعة من البيوت المتصلة على شكل القنوات والخطوط بنفس نظام التهوية السابق . (جـ) فى بيت مفرد على شكل جمالون متناظر الانحدار ، مع وجود فتحات التهوية فى قمة البيت .

٢١ – ٤ – ٣ : التهوية بنظام الأنبوبة البلاستيكية

تستخدم فى هذا النظام للتهوية أنبوبة من البوليثيلين بقطر ٥٠ – ٧٥ سم تتدلى من سقف البيت بطوله أعلى مستوى النباتات (٢١ – ٣١) . توجد بهذه الأنبوبة ثقوب صغيرة على الجانبين فى الجهة السفلية يخرج منها الهواء ليتوزع فى أرجاء البيت ، وهى مسدودة من أحد طرفيها ، ومفتوحة من الجانب الآخر على المنفذ الذى يأتيها منه الهواء .



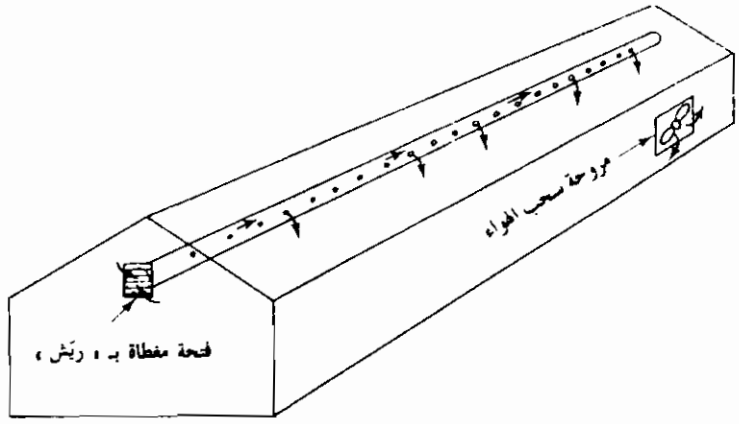
شكل ٢١ – ٣١ : أنبوبة بلاستيكية تتدلى من سقف البيت بطوله أعلى مستوى النباتات ، ويمكن أن تستخدم فى التهوية فى الجو البارد ، وفى توزيع الهواء الدافىء ، وفى المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت .

التهوية فى الجو البارد

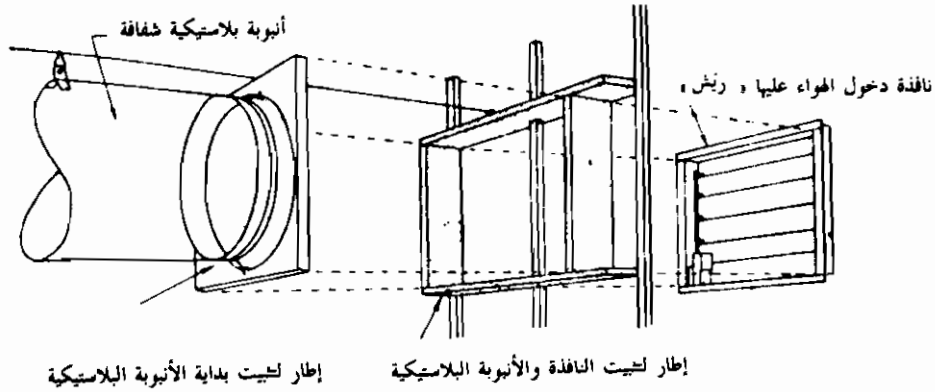
يفضل اتباع نظام الأنبوبة البلاستيكية للتهوية فى الجو البارد ، حيث يكون الهواء الخارجى باردًا بدرجة قد تضر بالنباتات القريبة من فتحات التهوية . ولتلافى ذلك يسمح لهذا الهواء بالدخول إلى الأنبوبة البلاستيكية أولاً ، حيث يوزع منها بالتدريج فى جميع أرجاء البيت .

ويوضح شكل (٢١ – ٣٢) الكيفية التى يتم بها عمل هذا النظام : تثبت مروحة كبيرة ساحبة للهواء فى جانب من البيت ، بينما يوصل أحد طرفى الأنبوبة البلاستيكية بفتحة فى جانب آخر . ويؤدى تشغيل المروحة إلى توليد تفريغ داخل البيت ؛ فيندفع الهواء بالتالى من خارج البيت خلال الفتحة المطلة على الأنبوبة البلاستيكية لتنتفخ الأنبوبة بالهواء الخارجى البارد الذى يخرج من خلال الفتحات الصغيرة ليوزع بالتدريج فى جميع أرجاء البيت .

هذا .. وتغطى الفتحة الخارجية بـ « ريش » خاصة تثبت فى إطار خشبى فى جدار البيت ، وتتصل الأنبوبة البلاستيكية بهذا الإطار من الناحية الداخلية للجدار (شكل ٢١ – ٣٣) . ويتم فتح هذه « الريش » بمجرد اندفاع الهواء من خلالها إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية . وقد يتحكم قفل خاص فى فتحها وغلقها ، ويتم تشغيله بواسطة منظم الحرارة ، حيث يفتح مع تشغيل المروحة فى آن واحد . وليس لموقع المروحة الساحبة للهواء أهمية كبيرة ، نظرًا لأن كل وظيفتها هى توليد تفريغ داخلى طفيف يسمح باندفاع الهواء إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية .



شكل ٢١ – ٣٢ : تخطيط للكيفية التى تتم بها التهوية فى الجو البارد بنظام الأنبوبة البلاستيكية (عن Nelson ١٩٨٥) .



شكل ٢١ – ٣٣ : تخطيط يوضح مكان اتصال الأنبوبة البلاستيكية بفتحة التهوية التى توجد فى جدار البيت .

ويجب أن تعطى أهمية خاصة لقدرة المروحة على سحب الهواء من البيت ، نظرًا لتأثير ذلك على كفاءة عملية التهوية . وتختلف التقديرات فى هذا الأمر من ١,٥ – ٤ أمتار مكعبة من الهواء المسحوب من البيت فى الدقيقة لكل قدم مربع من مساحة البيت بمتوسط قدره ٢ قدم مكعب فى الدقيقة . تعمل التهوية بهذا المعدل – تحت الظروف القياسية – على عدم ارتفاع درجة الحرارة داخل البيت لأكثر من ١٥°ف عن الجو الخارجى . فإذا أُريدت المحافظة على فرق أقل فى درجة الحرارة بين الهواء الداخلى والخارجى ، وجبت زيادة معدل دخول الهواء البارد . ويستخدم لأجل ذلك معامل التصحيح (F_{winter}) المبين فى جدول (٢١ – ١٢) ، والذى يطلق عليه اسم معامل التهوية للفرق المسموح به فى درجة الحرارة . هذا .. والظروف القياسية المشار إليها هى ألا يزيد منسوب البيت

عن ١٠٠٠ قدم عن سطح البحر ، وألا تزيد شدة الإضاءة داخل البيت عن ٥٠٠٠ قدم – شمعة . فإذا اختلفت الظروف الحقيقية عن القياسية ، لزم تصحيح معدل سحب الهواء باستعمال معاملات التصحيح التى سبقت الإشارة إليها فى جدولى (٢١ – ٧ ، ٢١ – ٩) .

جدول (٢١ – ١٢) : معامل تصحيح التهوية للفرق المسموح به فى درجة الحرارة بين داخل وخارج البيت (F_{winter})

الفرق المسموح به فى درجة الحرارة بين داخل وخارج البيت (ف°)									
٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	
١,٦٧	١,٥٠	١,٣٧	١,٢٥	١,١٥	١,٠٧	١,٠٠	٠,٩٤	٠,٨٨	٠,٨٣	F_{winter}

كذلك يجب أن تعطى أهمية لحساب عدد الأنابيب البلاستيكية اللازمة للتهوية ، ومساحة الثقوب بها ، لأن كل أنبوبة بقطر ٧٥ سم تكفى لتهوية نحو ١٠ أمتار من عرض البيت (أى ٥ أمتار على كل جانب من جانبيها) . وتكون الثقوب عادة صغيرة ، لكن مساحتها الإجمالية يجب أن تكون فى حدود ١,٥ – ٢ ضعف مساحة مقطع الأنبوبة . ونظرًا لأن الأنبوبة تمتد بطول البيت ، لذلك تجب فى حالة البيوت الطويلة زيادة المسافة بين الثقوب ، حتى تظل مساحتها الإجمالية فى الحدود المشار إليها . هذا .. وغالبًا ما تكون المسافة بين الثقوب من ٦٠ – ٩٠ سم .

التهوية ، مع المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت

يمكن استخدام نظام الأنابيب البلاستيكية فى المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت مع إجراء التهوية فى الجو البارد . ولتحقيق ذلك .. تثبت المروحة الساحبة للهواء والأنبوبة البلاستيكية كالعادة ، لكن دون إيصال طرفها المفتوح بجدار البيت ، بل يظل على بعد ٦٠ – ١٢٠ سم من الفتحة الموجودة بالجدار . وتثبت على الطرف المفتوح للأنبوبة مروحة دافعة للهواء تعمل باستمرار ؛ فتظل الأنبوبة دائمًا مملوءة بالهواء .

ففى حالة التهوية يؤدى تشغيل المروحة الساحبة للهواء إلى إحداث تفريغ جزئى فى البيت ، فيندفع الهواء من خلال الفتحة التى توجد فى جدار البيت (والتى تكون مغطاة بريش خاصة تفتح عند اندفاع الهواء من خلالها) لتتلقفه المروحة القريبة المثبتة فى طرف الأنبوبة البلاستيكية ، وتدفعه داخل الأنبوبة ليتوزع فى جميع أرجاء البيت . ويجب أن تكون قدرة المروحة الدافعة للهواء إلى داخل الأنبوبة مساوية لقدرة المروحة الساحبة للهواء من البيت ، وإلّا تدفق جزء من الهواء الخارجى البارد الداخل إلى البيت إلى أسفل نحو النباتات ، بدلًا من سحبه إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية .

أما عندما لا تعمل المروحة الساحبة للهواء من داخل البيت (أى عندما لا تكون هناك حاجة للتهوية) ، فإن المروحة الدافعة للهواء إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية (والتى تعمل باستمرار) تؤدى إلى تحريك هواء البيت باستمرار ، محققة المزايا الآتية :

١ – تجانس درجة الحرارة داخل البيت بتحريك الهواء الدافىء الذى يتجمع أعلى البيت ، ومنع تكتل الهواء البارد حول النباتات .

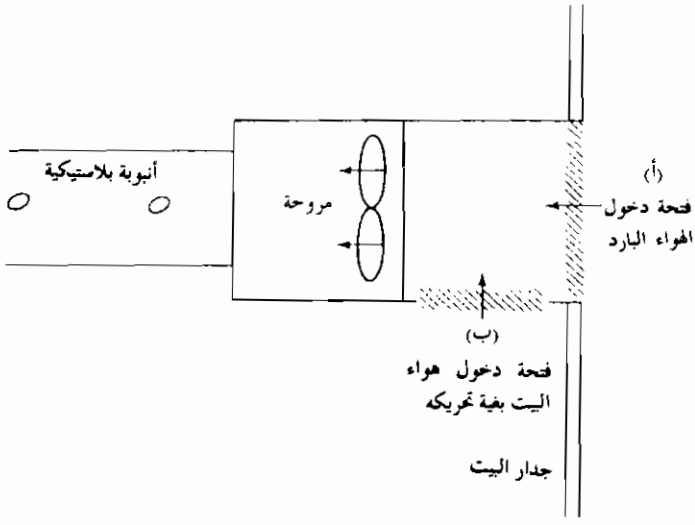
٢ – تحريك غاز ثانى أكسيد الكربون الذى يقل تركيزه حول النبات .

٣ – تقليل فرصة الإصابة بالأمراض بتقليل الرطوبة النسبية حول الأوراق (Sheldrake ١٩٦٧) .

التهوية والتدفئة ، مع المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت

يحدث أحيانًا فى فصل الشتاء أن تحتاج البيوت إلى التهوية نهارًا والتدفئة ليلًا . ويمكن تحقيق ذلك بنظام واحد تستخدم فيه أنبوبة بلاستيكية مثقبة ، كما فى حالة التهوية . ينتهى طرف الأنبوبة قبل جدار البيت بنحو ٦٠ سم ، حيث تحاط هذه المسافة بما يشبه الصندوق ، كما فى شكل (٢١ – ٣٤) . ويوضع جهاز التدفئة مقابل الفتحة (ب) بالشكل ، أما الفتحة (أ) ، فهى فى جدار البيت لدخول الهواء البارد عند الحاجة للتهوية . وكلاهما مغطى بريش خاصة ، ويمكن إحكام غلقها . وتثبت فى بداية الأنبوبة مروحة دافعة للهواء داخل الأنبوبة .

عندما ترتفع درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأقصى المسموح به تفتح الفتحة (أ) وتغلق الفتحة (ب) ، وتعمل المروحة الساحبة للهواء التى توجد فى مكان آخر بالبيت ؛ فيندفع الهواء البارد الخارجى من الفتحة (أ) ، ومنه إلى الأنبوبة البلاستيكية من خلال المروحة التى تعمل باستمرار .

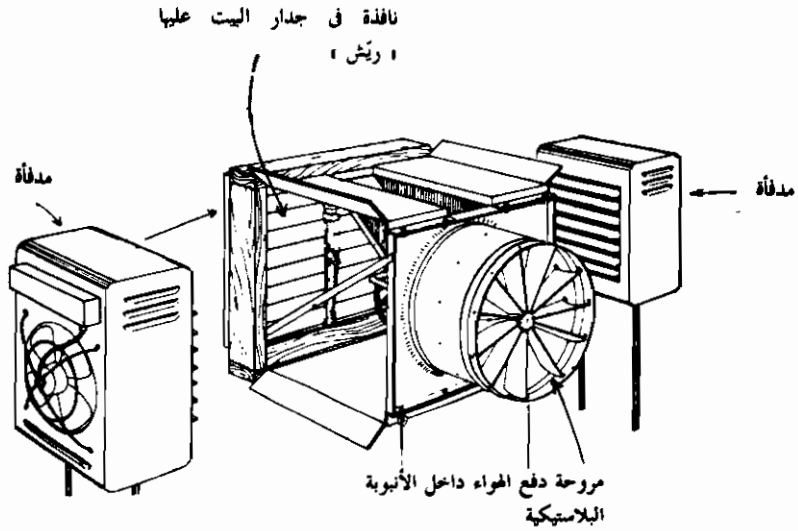


(a)

شكل ٢١ – ٣٤ : تخطيط يوضح كيفية استخدام نظام الأنبوبة البلاستيكية فى التهوية ، والتدفئة ، والمحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت .

وعندما تنخفض درجة الحرارة داخل البيت إلى المجال المناسب تقفل الفتحة (أ) ، وتفتح الفتحة (ب) ، وتتوقف المروحة الساحبة للهواء من البيت عن العمل ، لكن يستمر تشغيل المروحة الدافعة للهواء إلى داخل الأنبوبة ، حيث تمتلىء بهواء البيت ؛ فتعمل بذلك على تجانس درجة الحرارة داخل البيت .

ومع استمرار انخفاض درجة الحرارة ليلًا يبدأ جهاز التدفئة فى العمل مع استمرار الوضع على ما هو عليه (الفتحة « أ » مغلقة ، والفتحة « ب » مفتوحة ، والمروحة الساحبة للهواء من البيت لا تعمل ، والمروحة الدافعة للهواء داخل الأنبوبة تعمل) ؛ فيندفع الهواء الساخن إلى داخل الأنبوبة ليتم توزيعه فى أرجاء البيت . ويوضح شكل (٢١ – ٣٥) تجسيمًا لهذا النظام .



شكل ٢١ – ٣٥ : رسم مجسم بنظام الأنبوبة البلاستيكية فى التهوية عند استخدامه أيضًا فى التدفئة ، وفى المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت .

٢١ – ٥ : التحكم فى الإضاءة

يمكن التحكم فى الإضاءة فى البيوت المحمية من خلال التحكم فى كل من شدة الإضاءة والفترة الضوئية ، سواء بالزيادة أم بالنقصان .

٢١ – ٥ – ١ : التحكم فى شدة الإضاءة

خفض شدة الإضاءة

يتطلب الأمر خفض شدة الإضاءة فى حالات خاصة هى :

١ – خلال فصل الصيف فى الجو الصحو بالمناطق الحارة ، حيث تزداد شدة الإضاءة بدرجة كبيرة ، ويتحول جانب كبير من الإشعاع الشمسى إلى طاقة حرارية ؛ فترتفع بذلك درجة الحرارة

كثيرًا داخل البيوت .

٢ – عند إنتاج بعض نباتات الزينة (نباتات الظل) .

ويتم التحكم فى شدة الإضاءة بصورة جيدة باستعمال شباك التظليل البلاستيكية المناسبة التى تحدث تظليلًا بدرجات تتراوح من ١٠ – ٩٠٪ حسب الحاجة . كما يمكن خفض شدة الإضاءة برش غطاء البيت من الخارج بالجير ، إلّا أن ذلك يترك رواسب يصعب التخلص منها عند حلول فصل الشتاء .

زيادة شدة الإضاءة

نجد فى المناطق الشمالية الباردة أن أشعة الشمس تسقط على سطح الأرض خلال فصل الشتاء بزاوية صغيرة ، كما تكون السماء ملبدة بالغيوم معظم ساعات النهار . ويتبع ذلك أن الإضاءة تكون ضعيفة فى هذه المناطق ، مما يستلزم توفير بعض الإضاءة الصناعية فى البيوت المحمية . ومما يساعد على جعل الإضاءة الإضافية هذه أمرًا اقتصاديًا فى هذه المناطق أن البيوت المحمية تظل مغلقة خلال فصل الشتاء بسبب برودة الجو ، مما يستدعى تغذية البيوت بغاز ثانى أكسيد الكربون (أنظر الجزء ٢١ – ٦) . وقد وجد فى العديد من الدراسات أن استفادة النباتات من غاز ثانى أكسيد الكربون المضاف تزداد مع زيادة شدة الإضاءة .

ومن أهم مصادر الإضاءة الصناعية لمبات التنجستون ، ولمبات الفلورسنت (النيون) ، وهما تختلفان كثيرًا فى توزيع الموجات الضوئية التى تنبعث من كل منهما . فلمبات التنجستون تبعث بالضوء من الفتيل الذى يسخن بدرجة كبيرة ، مرسلًا أشعة تبدأ من الطيف الأزرق (٣٥٠ ملى ميكرون) ، وتستمر حتى طيف الأشعة تحت الحمراء (٧٥٠ ملى ميكرون) ، ويكون ضوء لمبات التنجستون غنيًا فى محتواه من الأشعة تحت الحمراء التى تفقد فى صورة حرارة . ولا يتحول إلى ضوء سوى ٥٪ فقط من إجمالى الإشعاع الصادر من لمبات التنجستون . ولهذا .. فلمبات التنجستون تعد قليلة الكفاءة فى زيادة شدة الإضاءة اللازمة لعملية البناء الضوئى ، إلّا أنها تفيد فى زيادة تدفئة النباتات ، وفى التحكم فى إزهار النباتات التى تتأثر بالفترة الضوئية فى إزهارها (يراجع الفصل الخامس والعشرون للتفاصيل الخاصة بتأثير ألوان الطيف على الإزهار) .

أما لمبات الفلورسنت ، فإنها تبعث بضوء منخفض فى الأشعة الحمراء ، ولا يحتوى على أية أشعة تحت حمراء ، ولذا نجد أن اللمبات تكون باردة . ويحتوى ضوء لمبات الفلورسنت على باقى ألوان الطيف بصورة قريبة من تلك الموجودة فى أشعة الشمس . ولهذا السبب فإنه يجب لكى يتحقق أفضل نمو بالضوء الصناعى استعمال كل من لمبات التنجستون والفلورسنت معًا ، حتى تكمل بعضها البعض لإنتاج أشعة أقرب من طيف أشعة الشمس أكثر من أى منهما منفردة (جانيك ١٩٨٥) .

وإلى جانب الإضاءة الصناعية ، فإن الاختيار الأمثل لشكل البيت (الجزء ٢٠ – ٢) واتجاهه (الجزء ٢٠ – ٣ – ١) ومادة الغطاء (الجزء ٢٠ – ٤) يساعد على زيادة نفاذية الضوء إلى داخل البيت .

كذلك فإن تنظيف أغطية البيوت من الأتربة التى تتراكم عليها خلال فصل الصيف يفيد كثيرًا فى زيادة نفاذيتها لأشعة الشمس عند الحاجة لذلك خلال فصل الشتاء . ويعتبر ذلك الإجراء ضروريًا فى بداية فصل الشتاء فى المناطق الباردة والمعتدلة والحارة على حد سواء . وأفضل طريقة للتنظيف هى برش الغطاء أولًا بمحلول ٥٪ من حامض الأوكساليك ، ثم غسله بالماء . ويجب عدم استعمال ماء به نسبة مرتفعة من الجير ، حتى لا يترك رواسب على الزجاج (Anon ١٩٨٠) .

٢١ - ٥ - ٢ : التحكم فى الفترة الضوئية

يعتبر التحكم فى الفترة الضوئية بالزيادة أو بالنقصان إحدى المعاملات الزراعية الروتينية فى الإنتاج التجارى لبعض نباتات الزهور ، بغية التحكم فى موعد إزهارها . أما فى محاصيل الخضر ، فليس لذلك الأمر أهمية تذكر إلا فى الحالات التالية :

١ - فى البيوت المحمية المخصصة لأغراض البحوث كالدراسات الخاصة بالتأقت الضوئى .

٢ - فى المناطق الشمالية شتاء عندما تكون الفترة الضوئية أقصر مما يلزم للنمو النباتى الجيد .

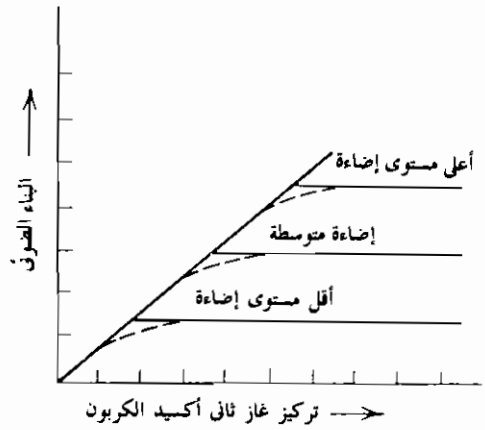
هذا .. ويتم تقصير الفترة الضوئية بسواتر من القماش الأسود تثبت على حوامل خاصة أعلى النباتات لتمنع وصول الضوء إليها بعد عدد معين من ساعات النهار . وتحرك هذه السواتر يدويًا فى الوقت المحدد يوميًا . أما إطالة الفترة الضوئية ، فتتم بالإضاءة الصناعية كما سبق بيانه فى الجزء (٢١ - ٥ - ١) .

٢١ - ٦ : التحكم فى نسبة ثانى أكسيد الكربون فى هواء البيت

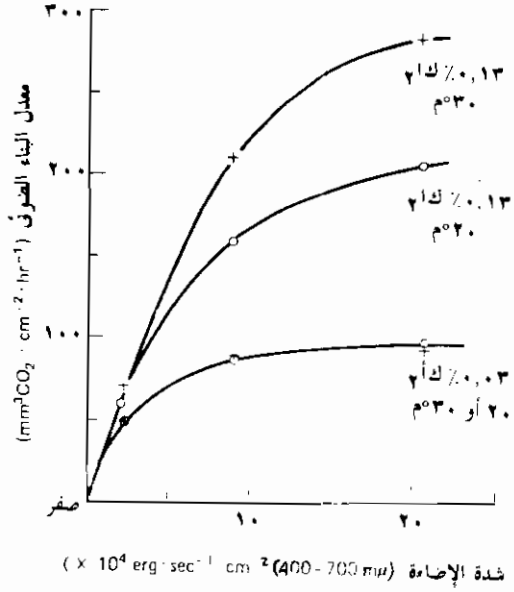
تستهلك النباتات غاز ثانى أكسيد الكربون فى عملية البناء الضوئى . فإذا ظلت البيوت المحمية مغلقة لفترة طويلة ، كما هو الحال فى المناطق الباردة خلال فصل الشتاء ، فإن تركيز الغاز ينخفض إلى معدلات شديدة الانخفاض يقل معها معدل البناء الضوئى بدرجة كبيرة . وقد أثبتت العديد من الدراسات أن نسبة الغاز تنخفض كثيرًا حول النموات النباتية النشطة فى البيوت المحمية ، وقد يستمر هذا الانخفاض لفترات طويلة . ويصاحب ذلك نقص فى معدل البناء الضوئى يصل إلى ٥٠٪ عند انخفاض تركيز الغاز إلى ١٦٠ جزء فى المليون (٠,٠١٦٪) . وعلى العكس من ذلك .. فإن معدل البناء الضوئى يزداد بمقدار ٥٠٪ عند زيادة تركيز الغاز من ٣٣٥ إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون (أى من التركيز الطبيعى ٠,٠٣٣٥٪ إلى ٠,١٪) . وقد تصل الزيادة فى البناء الضوئى إلى ١٠٠٪ إذا كانت الزيادة فى تركيز الغاز مصحوبة بإضاءة قوية وحرارة مرتفعة بالقدر المناسب للنمو النباتى (عن Slack & Hand ١٩٨٤) .

ويخضع تأثير زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون على معدل البناء الضوئى لقانون العامل المحدد Principle of the limiting factor كما هو مبين فى شكل (٢١ - ٣٦) . فتؤدى زيادة تركيز الغاز إلى زيادة معدل البناء الضوئى إلى أن يصبح مستوى الإضاءة عاملًا محددًا ؛ فتتوقف الزيادة فى معدل البناء الضوئى . ومع زيادة مستوى الإضاءة تستمر الزيادة فى معدل البناء الضوئى مع زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون ، حتى يصبح الضوء عاملًا محددًا مرة ثانية .. وهكذا . ويبين شكل (٢١ - ٣٧) كيف يتفاعل كل من تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون وشدة الإضاءة ودرجة الحرارة فى التأثير على

معدل البناء الضوئى فى الخيار : نجد فى جميع المنحنيات بالشكل أن معدل البناء الضوئى يزداد تدريجيًّا بزيادة شدة الإضاءة ، لكن الزيادة تظل محدودة فى التركيز المنخفض للغاز أيًّا كانت درجة الحرارة . ومع زيادة تركيز الغاز يزداد معدل البناء الضوئى ، لكن هذه الزيادة تكون أكبر فى درجة الحرارة المرتفعة (٣٠°م) ، عنه فى درجة الحرارة المنخفضة (٢٠°م) (عن Mastalerz ١٩٧٧) .



شكل ٢١ – ٣٦ : تأثير شدة الإضاءة على الزيادة التى تحدث فى معدل البناء الضوئى عند زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون (نظرية العامل المحدد) .



شكل ٢١ – ٣٧ : تتداخل درجة الحرارة مع شدة الإضاءة فى التأثير على الزيادة التى تحدث فى معدل البناء الضوئى فى الخيار عند زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون .

هذا .. وتتوقف الزيادة فى النمو عند زيادة تركيز الغاز على المحصول المزروع ، وحالته ، وعمره ، والظروف البيئية الأخرى . فقد أوضحت العديد من الدراسات استجابة الطماطم والخيار والخس لهذه المعاملة . وعمومًا .. تكون الاستجابة كبيرة عندما يكون المحصول المزروع بحالة جيدة ، خاصة فى المراحل المبكرة من النمو ، وعندما تكون الإضاءة جيدة والحرارة مناسبة .

هذا .. ولا توجد أية خطورة على الإنسان من جراء زيادة تركيز الغاز فى البيوت المحمية حتى التركيز المناسب الذى يتراوح عادة من ١٠٠٠ – ١٥٠٠ جزء فى المليون ، لأن الإنسان يتحمل زيادة تركيز الغاز حتى ٥٠٠٠ جزء فى المليون .

٢١ – ٦ – ١ : الإستجابة للتغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون فى محاصيل الخضر

درست الاستجابة للتغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون فى عدد من محاصيل الخضر ، لكنها تركزت على ثلاثة محاصيل هى : الطماطم ، والخيار ، والخس .

١ – الطماطم

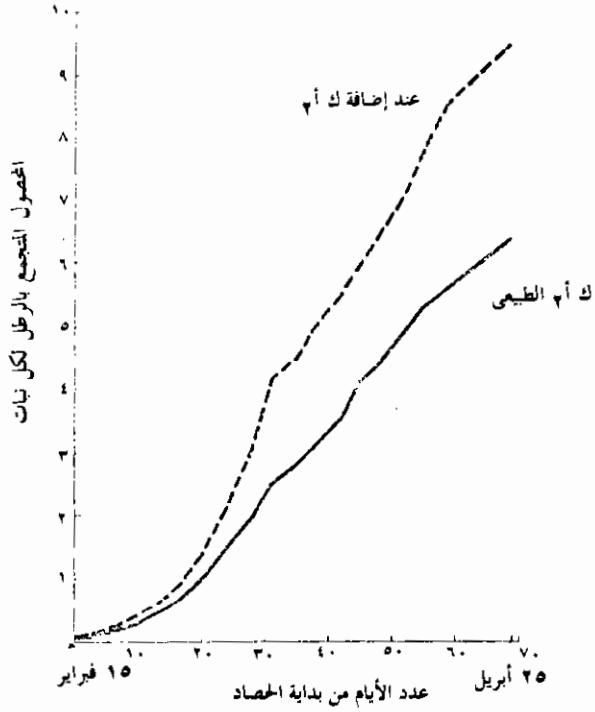
وجد فى دراسة أُجريت على الطماطم فى البيوت المحمية أن زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون إلى ١٢٠٠ جزء فى المليون أدت إلى زيادة المحصول المبكر بنسبة ١٥٪ ، والمحصول الكلى بنسبة ٨٪ (Hand & Soffe ١٩٧١) . كما أوضح Knecht & O'Leary (١٩٧٤) أن زيادة تركيز الغاز من ٤٠٠ – ٨٠٠ جزء فى المليون أحدثت زيادة جوهرية فى المحصول وحجم الثمار . كذلك وجد أن زيادة تركيز الغاز لمدة ٦,٥ ساعة يوميًا أدت إلى التبكير فى النضج ، وزيادة وزن الثمرة ، وزيادة المحصول الكلى بنسبة ٣٥٪ ، وذلك بالمقارنة بزيادة قدرها ٣١٪ و ٢٤٪ فى محصولى الفلفل والباذنجان على التوالى . ويبين شكل (٢١ – ٣٨) تأثير المعاملة بالغاز على محصول الطماطم (عن Wittwer & Honma ١٩٧٩) .

وقد أوضحت دراسات Nilsen وآخرين (١٩٨٣) أن الإضاءة العالية ليست ضرورية فى الطماطم لكى تحدث استجابة جيدة لزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون ، فقد ازداد معدل البناء الضوئى جوهريًا فى كل المعاملات ؛ بما فى ذلك أقل المستويات ، لكن الحرارة المرتفعة كانت عاملًا محددًا ، فازدادت الاستجابة لزيادة تركيز الغاز مع ارتفاع درجة الحرارة . وقد صاحبت الزيادة فى معدل البناء الضوئى زيادة جوهرية فى المحصول الطازج والجاف .

٢ – الخيـــــار

أوضحت العديد من الدراسات أن نبات الخيار يستجيب لزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى البيوت المحمية ، بشرط توفر إضاءة جيدة وحرارة مناسبة . وقد كانت الاستجابة فى صورة زيادة فى نمو الأوراق ، والتفريع ، والإزهار ، والمادة الجافة ، والمحصول المبكر ، والمحصول الكلى . فمثلًا .. وجد Hopen & Ries (١٩٦٢) أن نباتات الخيار استجابت للزيادة فى تركيز الغاز من ٣٥٠ حتى ٢١٥٠ جزء فى المليون . وبرغم أن هذه الاستجابة حدثت أيًا كانت شدة الإضاءة ، إلّا أن الاستجابة لزيادة تركيز الغاز كانت أكبر مع ازدياد شدة الإضاءة من ٣٠٠ إلى ١٤٠٠ قدم – شمعة . وقد تمثلت هذه الاستجابة على شكل زيادة فى الوزن الطازج ، والوزن الجاف للنبات ،

وطول النبات ، وعدد الثمار بالنبات . كما أوضحت دراسات Slack & Hand (١٩٨٤) أن نباتات الخيار تستجيب للزيادة فى تركيز الغاز حتى ١٠٠٠ جزء فى المليون شتاءً ، وحتى ٤٥٠ جزء فى المليون صيفًا ، وكانت الاستجابة على شكل زيادة فى المحصول ومتوسط وزن الثمرة . وقد كانت العلاقة طردية بين المحصول ومتوسط تركيز الغاز فى جو البيت ، وكانت المعاملات اقتصادية برغم احتياج البيوت للتهوية صيفًا .



شكل ٢١ – ٣٨ : تأثير المعاملة بغاز ثانى أكسيد الكربون على المحصول فى الطماطم .

٣ – الخـــس

يعتبر الخس من الخضر التى تستجيب بصورة جيدة لزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى البيوت المحمية ، دون أن تتأثر نباتات الخس سلبيًا بنواتج احتراق الوقود المستخدم فى إنتاج الغاز . فقد وجد أن زيادة تركيز الغاز إلى ٣ – ٦ أضعاف التركيز الطبيعى يحدث التأثيرات التالية .

(أ) تبكير النضج مدة ١٠ أيام على الأقل ، مما يسمح بزراعة محصول إضافى من الخس فى نفس الموسم .

(ب) زيادة المحصول بمقدار ٤٠ إلى ١٠٠٪ ، وتكون الزيادة فى المحصول أكبر فى الأصناف السريعة النمو .

(جـ) زيادة نسبة المادة الجافة .

إلا أن الاستجابة العالية لزيادة تركيز الغاز تتطلب ما يلى :

(أ) زيادة درجة الحرارة بمقدار ٦ – ٨°م نهارًا و ٣°م ليلًا .

(ب) زيادة معدلات الرى .

(جـ) زيادة معدلات التسميد ، خاصة بالنسبة للسماد الأزوتى (Wittwer & Honma ١٩٧٩) .

٢١ – ٦ – ٢ : مصادر غاز ثانى أكسيد الكربون المستخدم فى البيوت المحمية

من أهم مصادر غاز ثانى أكسيد الكربون المستخدم فى البيوت المحمية ما يلى :

١ – بعض أنواع المحروقات ، مثل : البارافين paraffin ، أو غاز البروبان propane ، حيث يؤدى احتراقها فى مواقد خاصة إلى إنتاج غاز ثانى أكسيد الكربون ، لكن يجب أن تكون هذه المحروقات على درجة عالية من النقاوة ، نظرًا لأن الكبريت الموجود بها قد يتحول إلى غاز ثانى أكسيد الكبريت الذى يذوب فى الماء بسهولة ، ثم يتحول إلى حامض كبريتوز ، ثم إلى حامض كبريتيك ؛ مما يؤدى إلى احتراق أوراق النبات .

كما يجب أن يكون الاحتراق تامًّا ، لأن الاحتراق غير التام يتبعه إنتاج غازات الإيثيلين ، وأول أكسيد الكربون ، وكلاهما ضار بالنباتات ، والثانى سام للإنسان ، ولهذا .. تستخدم مواقد خاصة لإنتاج الغاز . وعند تشغيلها يجب معايرتها باستمرار لتعطى دائمًا لهبًا أزرق صافيًا ، مع توفير أكسجين كافٍ لتمام احتراق الوقود .

٢ – ينتج الغاز أيضًا بتسامى غاز ثانى أكسيد الكربون الصلب (الثلج الجاف) بوضعه فى أوان تعلق فى أماكن متفرقة من البيت .

٣ – كما ينتج الغاز بتبخير ثانى أكسيد الكربون السائل من خلال أنابيب بوليثلين مثقبة ، كتلك المستعملة فى تهوية البيوت (Quarrell & Ace ١٩٧٥) .

٢١ – ٦ – ٣ : الحالات التى تجدى فيها التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون

لا تفيد التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون إلّا فى المناطق الباردة ، حيث تظل البيوت المحمية محكمة الغلق للمحافظة على درجة الحرارة بها ، مما يؤدى إلى استهلاك الغاز فى عملية البناء الضوئى . ويعتبر خط عرض ٣٥ (شمال أو جنوب خط الاستواء) هو الحد الفاصل بين المناطق التى يمكن فيها التغذية بالغاز ، وتلك التى لا تناسبها إضافة الغاز . ففى خطوط العرض الأقل من ذلك ترتفع درجة الحرارة داخل البيوت المحمية شتاءً إلى الحد الذى يتطلب تهويتها ، مما يستحيل معه زيادة تركيز الغاز .

كذلك فإن إضافة الغاز لا تجدى إلا خلال ساعات النهار ، حتى يمكن الاستفادة منه فى عملية البناء الضوئى .

ولا تكون الإضافة مجدية عادة إلا خلال فترة انخفاض درجة الحرارة من أكتوبر حتى مايو . وتزيد الاستفادة من إضافة الغاز عند الاهتمام بالإضاءة ورفع درجة الحرارة (Nelson ١٩٨٥) .

٢١ - ٦ - ٤ : حساب احتياجات البيوت من غاز ثانى أكسيد الكربون

العوامل المؤثرة على احتياج البيوت من الغاز

تتأثر احتياجات البيوت المحمية من غاز ثانى أكسيد الكربون بالعوامل التالية :

١ - السرعة التى يتغير بها هواء البيت

يتغير هواء البيت باستمرار ، حتى ولو كان محكم الغلق وفى غير فترات التهوية ، وذلك بسبب وجود منافذ وشقوق يتسرب منها الهواء للخارج . وتختلف سرعة تغيير الهواء حسب نوع البيت . فالبيوت الزجاجية المعتنى بها يتغير فيها ربع إلى ضعفى هواء البيت كل ساعة بصورة طبيعية وبدون تهوية ، ويتوقف ذلك على سرعة الهواء فى الجو الخارجى . وفى المتوسط يتغير هواء البيت مرة كل ساعة . وبالمقارنة .. فإن هواء البيوت البلاستيكية المحكمة الغلق يتغير بمعدل نصف إلى ثلثى مرة فى الساعة .

٢ - طريقة إضافة الغاز

فالغاز المضاف فى صورة نقية تكون حرارته مساوية تقريبًا لحرارة البيت أو أقل قليلًا ، فيبقى فى المنطقة المحيطة بالنباتات ، خاصة أن الغاز يضاف عادة من خلال ثقوب دقيقة فى أنبوبة بلاستيكية تمتد بجانب النباتات . أما الغاز الناتج من احتراق الوقود ، فإن حرارته تكون أعلى بكثير من حرارة الهواء داخل البيت (خاصة عندما تقع أجهزة حرق الوقود داخل البيت) . ويؤدى ذلك إلى خفة وزنه وتصاعده لأعلى بسرعة ، حيث يتراكم فى قمة البيت قريبًا من فتحات التهوية ، مما يزيد من فرصة فقده إلى خارج البيت ، خاصة عندما لا تكون فتحات التهوية محكمة الغلق .

٣ - سرعة استنفاذ النباتات للغاز

تتوقف سرعة استهلاك النباتات للغاز على حجم النمو النباتى ، ودرجة الحرارة ، وشدة الإضاءة . وتتراوح الكمية المفقودة عادة من صفر - ١٥ رطلًا من الغاز/ فدان/ ساعة . ويحدث أقصى استهلاك للغاز عندما يكون النمو النباتى مغطيًا للمساحة المزروعة تمامًا ، مع توفر إضاءة قوية .

٤ - تنفس الكائنات الدقيقة ، وتحلل المادة العضوية

يؤدى تنفس الكائنات الدقيقة فى التربة وتحلل المادة العضوية التى توجد بها إلى إنتاج كميات محسوسة من الغاز تتصاعد إلى جو البيت . وتزداد هذه الكميات المنتجة طبيعيًا بصورة جوهرية عند استعمال بالات القش المضغوط فى الزراعة ؛ فيزيد تركيز الغاز بعد الزراعة بفترة قصيرة إلى ٠,٠٧ - ٠,١٪ ، ثم تنخفض النسبة لتستقر بعد عدة شهور عند حوالى ٠,٠٤٪ .

حساب كمية الغاز اللازمة

إذا أُخذت جميع العوامل المؤثرة على احتياجات البيوت من الغاز فى الاعتبار ، فإن الكمية اللازمة منه تقدر فى المتوسط بنحو ٣٠ - ٩٠ رطلًا/ فدان/ ساعة لإيصال تركيز الغاز إلى ٠,١٪ ويمكن القول بأنه عندما تستنفد النباتات ١٥ رطلًا من الغاز/ فدان/ ساعة تحت الظروف الطبيعية ، فإن

الكمية اللازمة من الغاز (للفدان فى الساعة) تقدر بنحو ٤٠ رطلًا عندما يتغير هواء البيت مرة كل ساعة ، وبنحو ٦٠ رطلًا عندما يتغير هواء البيت مرة كل ثلثى ساعة . ويمكن بذلك حساب الكمية اللازمة من المحروقات ، علمًا بأنها تنتج الغاز بمعدل ٣ أرطال عند احتراق أى من الكميات التالية :

رطل واحد من البروبان propane

٠,١٢٥ جالون من البارافين paraffin .

٠,٢٣ therms من الغاز الطبيعى (Allen ١٩٧٣) .

طريقة تقدير تركيز الغاز

يلزم توفر الأجهزة الخاصة بتقدير تركيز الغاز بدقة فى جو البيت ، وأبسطها هى الأجهزة التى تعتمد فى عملها على تغير لون مركب كيمائى حساس للغاز بدرجة تعتمد على تركيز الغاز ، وبذلك يمكن تقدير التركيز من اللون المشاهد .

وللمزيد من التفاصيل عن استخدامات غاز ثانى أكسيد الكربون فى البيوت المحمية يراجع المؤلف الخاص بذلك للجمعية الأمريكية للمهندسين الزراعيين (Amer. Soc. Agr. Eng. ١٩٨٠) .

٢١ – ٧ : برمجة الاحتياجات البيئية فى العقل الإليكترونى

يستخدم العقل الإليكترونى فى البيوت المحمية لتنظيم التحكم فى كافة العوامل البيئية . ويمكن برمجته ليتحكم فى كل مما يلى :

١ – درجة الحرارة (التدفئة والتهوية والتبريد) .

٢ – نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون .

٣ – الرطوبة الأرضية (الرى)

٤ – تركيز العناصر السمادية (التسميد) .

٥ – التركيز الكلى للأملاح فى ماء الرى .

وبذلك يمكن إدارة البيت بعدد أقل من العاملين وبأمان أكبر ، مع عدم الحاجة إلى رقابة دائمة طول ساعات النهار والليل . ويبين شكل (٢١ – ٣٩) جانبًا من أجهزة التحكم فى العوامل البيئية فى مجموعة من البيوت المحمية .

شكل ٢١ – ٣٩ : جانب من أجهزة التحكم فى العوامل البيئية فى مجموعة من البيوت المحمية .

٢١ - ٨ : المراجـــع

جانيك ، جوليوس (١٩٨٥) . علم البساتين . ترجمة جميل فهمى سوريال وآخرين . الدار العربية للنشر والتوزيع - القاهرة - ٦٥٩ صفحة .

عرقاوى ، نبيل (١٩٨٤) . البيوت البلاستيكية الزراعية وإنتاج الخضار والأزهار والفاكهة . المطبعة التعاونية - دمشق - ١٩١ صفحة .

Allen, P.G. 1973. Carbon dioxide enrichment. In H.G. Kingham (Ed.) 'The U.K. Tomato Manual'; pp. 156-162. Grower Books, London.

American Society for Agricultural Engineers. 1980. Controlled atmospheres for plant growth. ASAE Pub. PROC-270.

Anonymous. 1980. Programme for early tomato production in peat. An Foras Taluntais, Kinsealy Res. Centre, Dublin. 38p.

Challa, H. 1980. Physiological aspects of radiation heating in glass house culture. (In Ni). Groenten en Fruit 36 (8): 38-39

Collins, W.L. and M.H. Jensen. 1983. Hydroponics: a 1983 technology overview. The Environmental Research Laboratory, Univ. Ariz., Tucson. 119p.

Hanan, J.J., W.D. Holley and K.L. Goldsberry. 1978, Greenhouse management. springer-Verlag, N.Y. 530p.

Hand, D.W. and R.W. Soffe. 1971 Light-modulated temperature control and the response of greenhouse tomatoes to different CO_2 regimes. J.Hort. Sci. 46: 381-396.

Hopen, H.J. and S.K. Ries. 1962. The mutually compensating effect of carbon dioxide concentrations and light intensities on the growth of Cucumis sativus L. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci 81: 358-364.

Knecht, G.N. and J.W. O'Leary. 1974. Increased tomato fruit development by CO_2 enrichment. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99: 214-216.

Knies, P. and J.J.G. Breuer. 1980. Infra-red radiation heating for glasshouses? (In Ni), Groenten en Fruit 36 (8): 36-37.

Mastalerz, J.W. 1977. The greenhouse environment. John Wiley & Son, N.Y. 629p.

Nelson, P.V. 1981. Greenhouse operation and management. Reston Pub. Co., Reston, Va. 563p.

Nelson, P.V 1985 (3rd ed.) Greenhouse operation and management. Reston pub. Co., Reston, Va. 598p.

Nilsen, S., K. Hovland, C. Dons and S.P. Sletten. 1983. Effect of CO_2 enrichment on photosynthesis, growth and yield of tomato. Scientia Horticulturae 20: 1-14.

Quarrell, C.P. and G.W. Ace. 1975. Crops under glass. MacDonald and Jone's, London. 181p.

Sheldrake, R., Jr. 1967. Crop production in plastic greenhouses. 17th Inter. Hort, Congress Vol. 3: 345-351.

Sheldrake, R., Jr. 1969. Planning, constructing and operating plastic covered greenhouses. Cornell Misc. Bul. 72. 15p.

Sheldrake, R. Jr. 1971. Air makes the difference. Amer. Veg. Grower. Jan. 1971.

Sheldrake, R., Jr. and R.W. Langhans. 1962. Heating requirement of plastic greenhouses. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci, 80: 666-669.

Slack, G. and D. Hand. 1985. The effect of winter and summer CO_2 enrichment on the growth and fruit yield of glasshouse cucumber. J.Hort. Sei. 60: 507-516.

Wittwer, S.H. and S. Honma. 1979. Greenhouse tomatoes, lettuce and cucumbers. Mich. State Univ. Pr., East Lansing. 225p.