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 .

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 آليًا 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 إلا 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 تلقائيًا 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 .

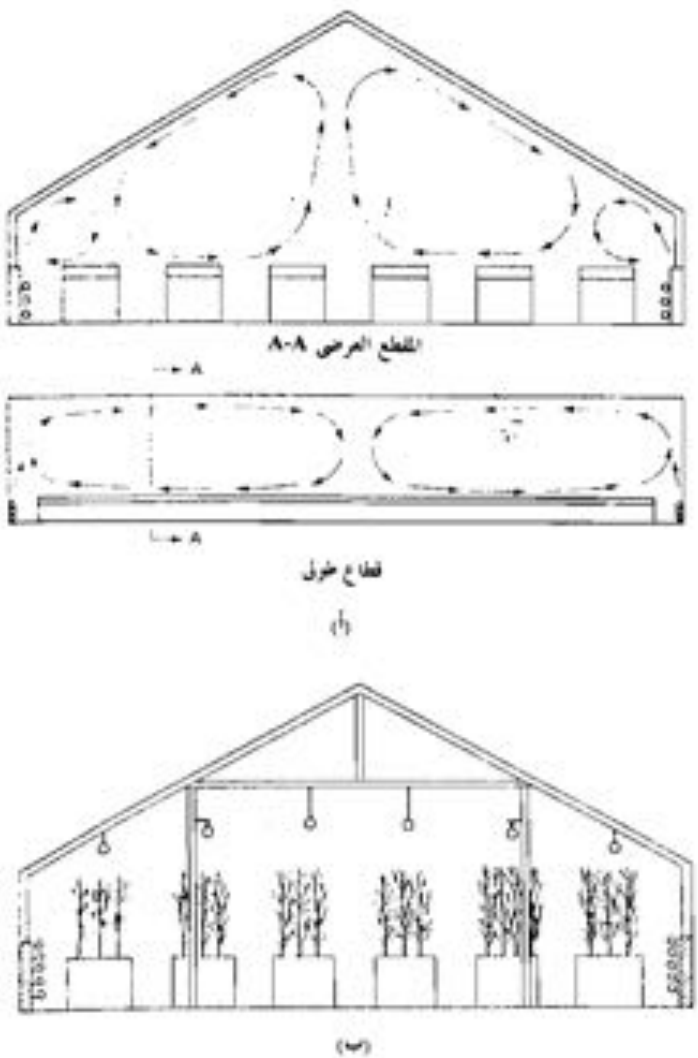
٢١٠ وحدة حرارية بريطانية/ ساعة فى حالة الأنابيب بقطر $1\frac{1}{4}$ بوصة ، وعند استخدام بخار حرارته ١٠٢°م .

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 ٢ – ٥ أ) . ولهذا السبب يجب توزيع الأنابيب بحيث يكون بعضها بامتداد خطوط الزراعة أو أعلى مستوى النباتات إلى جانب الأنابيب الجانبية (شكل ٢ – 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 ٢ – 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 خارجي كبير يطلق عليه اسم fin pipes ، وهي أنابيب عادية ، إلّا أن لها العديد من الأسطح المعدنية الرقيقة البارزة التي تعمل على زيادة مسطحها الخارجي ، وبالتالي زيادة فعاليتها في إشعاع الحرارة إلى الهواء المحيط بها . ولهذه الأنابيب المقدرة على إشعاع الحرارة بما يعادل ٤ – ٥ أضعاف الأنابيب العادية .

٢ – ٢ – ٢ : التدفئة بتيارات الهواء الدافء

تستخدم في التدفئة بنظام تيارات الهواء الدافء Circulating Warm Air مراوح كهربائية لتحريك الهواء الذي يتم إنتاجه إما بمدافء كهربائية أو بوحدات تدفئة تعمل بالنفط أو بالغاز . والطريقة الثانية أرخص من استعمال المدافء الكهربائية ، وفيها يتم حرق النفط أو الغاز خارج البيت ، حيث تنطلق نواتج الاحتراق بالجو الخارجي ، بينما يدفع تيار الهواء الدافء المحيط بوحدة حرق الوقود بواسطة مراوح كهربائية في أنابيب بلاستيكية مثقبة تمتد أعلى مستوى النباتات بطول البيت ، حتى يتوزع بصورة متجانسة في جميع أنحاء البيت (يراجع الجزء ٢ – ٤ – ٣) .

٢ – ٢ – ٣ : المدافء الكهربائية

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

٢ – ٢ – ٤ : مدافء الكيروسين أو البارافين

لا تستخدم مدافء الكيروسين أو البارافين إلّا في البيوت الصغيرة الحجم . وهي قليلة التكاليف وسهلة الاستعمال ، لكن يعاب عليها أنه لا يمكن ربط تشغيلها بمنظم للحرارة ، كما تنطلق منها بعض الغازات السامة التي تضر بالنباتات ، مثل : غاز ثاني أكسيد الكبريت . ولتلافي هذه العيوب يراعى أن يستعمل في 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 وصلة مربعة (٦,٢٥ سم²) من مقطع الأنبوبة الموصلة للهواء لكل ٢٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية (Btu) ، وعليه .. يجب أن تكون مساحة مقطع الأنبوبة الموصلة للهواء نحو ٣٠٠ سم² لتشغيل مدفأة قوتها ١٠٠ ٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية .

٢ – 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 في خزانات لإعادة استخدامه في التدفئة ليلًا .

تجمع الحرارة من أشعة الشمس بواسطة ألواح خاصة مطلية باللون الأسود لزيادة قدرتها على امتصاص الحرارة التي لا تلبث أن تنتقل منها بالتوصيل إلى طبقة رقيقة من الماء تمر بداخلها ، ويدور الماء من أنابيب التسخين إلى خزان متصل بها بيطء بواسطة مضخة خاصة توجد في خزان الماء . وتقوم مضخة أخرى بدفع الماء الساخن للأوراق في شبكة أنابيب التدفئة في 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 انشئت 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 ، علمًا 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 .

٢ – 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 .

٢ – 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 إلا داخل البيوت المحمية المبردة .