

٣ - وضع أغطية متنوعة على غطاء الصوبة (مثل شبك البوليثيلين المنفذة للضوء بدرجات مختلفة) ؛ بهدف خفض نفاذية الإشعاع الشمسى إلى داخل الصوبة ، وخفض استهلاك الطاقة اللازمة لعملية التبريد .

وتتنوع الأغطية المستعملة لهذا الغرض باختلاف الشركات المنتجة لها . فمثلا . . يتوفر الغطاء LS50 (إنتاج شركة Ludvig Svensson International الهولندية) الذى يحقق تظليلا بنسبة ٥٠٪ ، ويوفر الطاقة اللازمة لعملية التبريد بنسبة ٥٥٪ . كذلك . يصنع هذا الغطاء من ثلاثة مكونات ؛ هى البولى أوليفين ، والبوليثيلين ، والألومنيوم Polyolefin / Pet / Alu ، ويتوفر على شكل شبك يتراوح عرضها بين ٣٢٥ سم و ٨٦٠ سم .

كذلك يتوفر غطاء آخر مزدوج من الشبك يحقق تظليلا قدره ٩٩٪ ويوفر نحو ٧٥٪ من طاقة التبريد اللازمة ، ويطلق عليه اسم LS11 + LS7 . يوضع الغطاء LS7 على غطاء البيت مباشرة ، وهو غطاء ذو لون أخضر يُصنع من البوليستر Polyster ، ولاينفذ سوى نسبة ضئيلة من الضوء الأخضر ، بينما يعتبر منفذاً لكل من الضوء الأزرق والضوء الأحمر ؛ أى ينفذ الموجات الضوئية الضرورية لعملية البناء الضوئى . أما الغطاء LS11 فإنه يُصنع من الألومنيوم ، وهو يوضع على الغطاء LS7 من الخارج . يعكس غطاء الألومنيوم نحو ٩٥٪ من الإشعاع الضوئى الساقط على البيت أثناء النهار ، كما يعكس أيضاً نحو ٧٥٪ من الإشعاع الحرارى الصادر من التربة والأجسام الصلبة الأخرى داخل البيت أثناء الليل . وبالمقارنة بالشبك السوداء . . فإن درجة الحرارة تحت هذا الغطاء المزدوج تكون أكثر انخفاضاً فى أثناء النهار وأكثر ارتفاعاً فى أثناء الليل .

التهوية

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

١ - تعمل التهوية على خفض درجة الحرارة سريعاً 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

وسائل التحكم فى العوامل البيئية داخل البيوت المحمية ———

الطبيعى لغاز ثانى أكسيد الكربون ؛ لأن تركيز الغاز يقل سريعاً فى البيوت غير الجيدة التهوية لاستنفاذه من قبل النباتات فى عمليات البناء الضوئى . هذا . . . ويؤدى انخفاض تركيز ثانى أكسيد الكربون (بسبب سوء التهوية) ، مع زيادة شدة الإضاءة إلى نقص شديد فى الكفاءة التمثيلية للنبات (Stanghellini ١٩٩٤) .

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

جدول (٣ - ١٣) : تأثير معدل التهوية على درجة حرارة الصوبة ؛ مقارنة بالحرارة خارجها (عن Hanan وآخرين ١٩٧٨) .

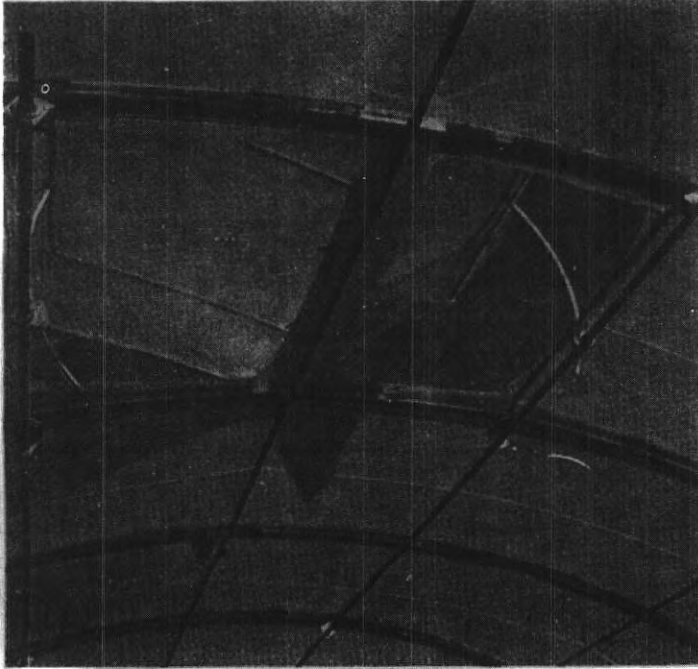
معدل تغير هواء الصوبة فى الدقيقة	الارتفاع المتوقع فى درجة الحرارة داخل الصوبة عنه خارجها (م)
نصف مرة	٩ - ١٠
ثلاثة أرباع المرة	٦ - ٧
مرة واحدة	٤ - ٦
مرتان	٢ - ٣

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 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 ، والأفضل زيادتها إلى ٣٠٪ .

فمثلا . . يبين شكل (٣ - ٢٠) 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 (شكلا ٢ - ٩ ، ٣ - ٢١) .



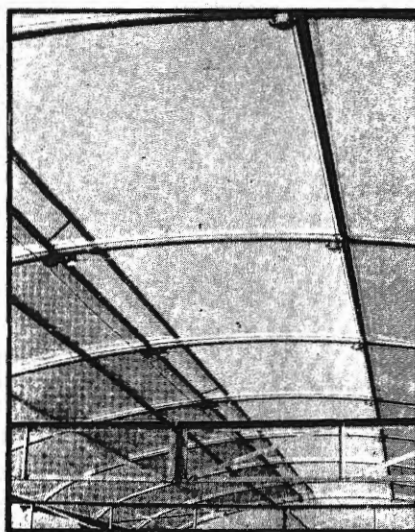
شكل (٣ - ٢٠) : فتحات صغيرة للتهوية تناسب المناطق الباردة .

أما فى المناطق الحارة ، فإن فتحات التهوية يجب أن يزداد اتساعها وتوزع فى جوانب البيت والأسقف ، كتلك المبينة فى أشكال (٢ - ٨ ، ٣ - ٢٢ ، و ٣ - ٢٣) . أما فى المناطق الباردة التى تنتشر فيها البيوت الزجاجية من النوع الجمالونى المتناظر الانحدار على جانبى البيت ، فإن فتحات التهوية يجب إغلاقها 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 .

وعند الرغبة فى عدم دخول الحشرات إلى البيت من فتحات التهوية ، فإن الفتحات

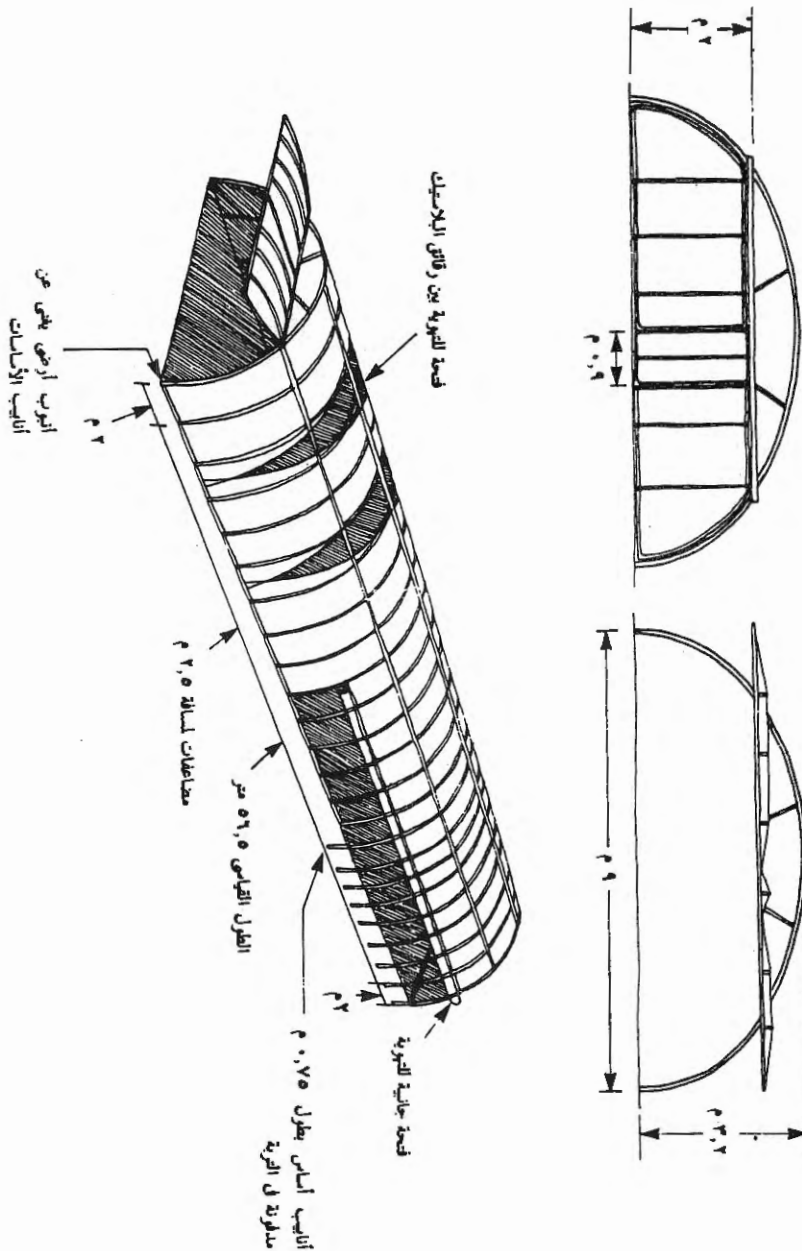


شكل (٣ - ٢١) : فتحات كبيرة للتهوية تمتد بين شرائح البلاستيك المغلفة للبيت ، وتناسب المناطق المعتدلة .

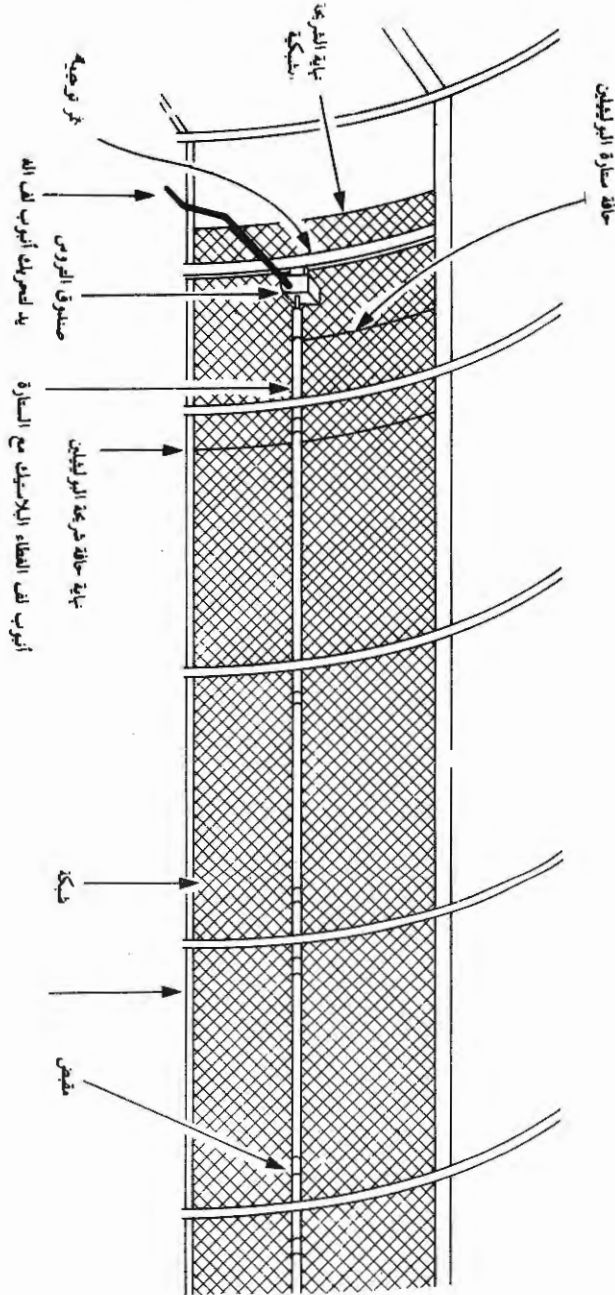


شكل (٣ - ٢٢) : فتحات واسعة للتهوية فى سقف البيت تناسب المناطق الحارة (عن Clovis Lande - إنجلترا) .

تغطى بشباك خاصة ، كتلك الميينة فى شكل (٣ - ٢٣) ، والتي تظهر تفاصيلها ، وكيفية التحكم فى فتحها وإغلاقها فى شكل (٣ - ٢٤) .



شكل (٣ - ٢٣) : أنواع مختلفة من فتحات التهوية الواسعة بين شرائح البلاستيك ، وبامتداد الجانبين الطويلين ، مع إمكانية رفع الأبواب إلى أعلى لزيادة التهوية (عن شركة Fordinbridge - إنجلترا) .



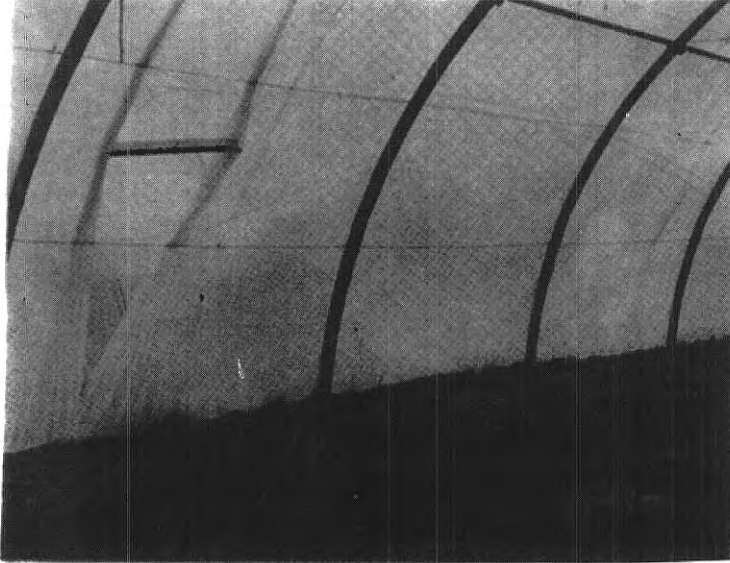
شكل (٣ - ٢٤) : تخطيط لفتحة تهوية بامتداد الجانب الطولى للبيت بين الغطاء الشبكي للفتحة ،
وكيفية التحكم فى فتحها وإغلاقها (عن شركة Fordinbridge - إنجلترا) .

ويتم التحكم فى فتح وإغلاق فتحات التهوية بإحدى الطرق الآتية :

١ - يدويا بفتح أو إغلاق الأبواب أو فتحات التهوية الكبيرة .

٢ - يدويا بإدارة عجلة خاصة تتصل مع فتحات التهوية بأسلاك ، كما فى شكل (٣ - ٢٥) ، أو بتروس ، كما فى شكل (٣ - ٢٧) . يستعمل فى هذا النظام سلك فولاذى بقطر ٣ مم يتصل بعجلة .

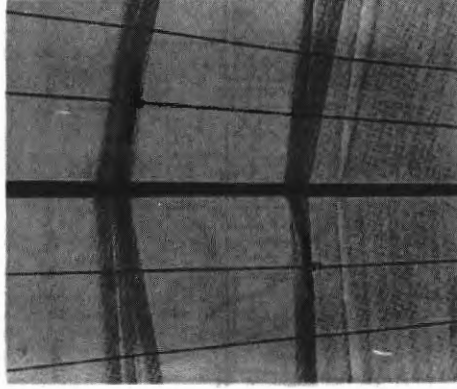
٣ - آليا كما فى شكل (٣ - ٢٨) ؛ حيث يتم توصيل فتحة التهوية بمنظم الحرارة الذى يعمل على تشغيل جهاز منافذ التهوية عند ارتفاع درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأقصى المسموح به .



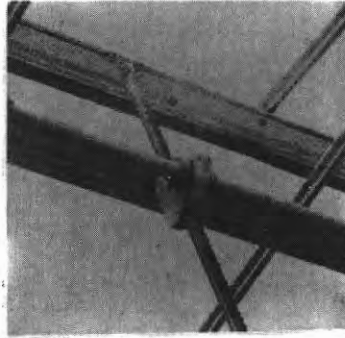
شكل (٣ - ٢٥) : نظام التحكم فى فتح وإغلاق منافذ التهوية بإدارة عجلة خاصة تتصل مع فتحات التهوية بأسلاك (عن Rovertto - هولندا) .

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



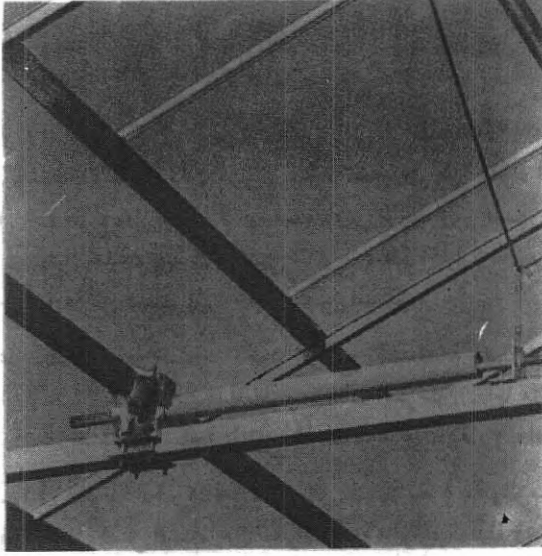
شكل (٣ - ٢٦) : نظام آخر للتحكم فى فتح وإغلاق منافذ التهوية بإدارة عجلة خاصة تتصل مع فتحات التهوية بأسلاك (عن Rovert - هولندا) .



شكل (٣ - ٢٧) : نظام التحكم فى فتح وإغلاق منافذ التهوية بإدارة عجلة خاصة تتصل مع فتحات لتهوية بتروس ، ويمكن تشغيلها آلياً (عن H.A.G - إنجلترا) .

الهواء الدافئ خارج البيت من أحد الجانبين ليحل محله هواء خارجى بارد من المنافذ التى توجد فى الجانب الآخر . تظل المنافذ مفتوحة طوال 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) .



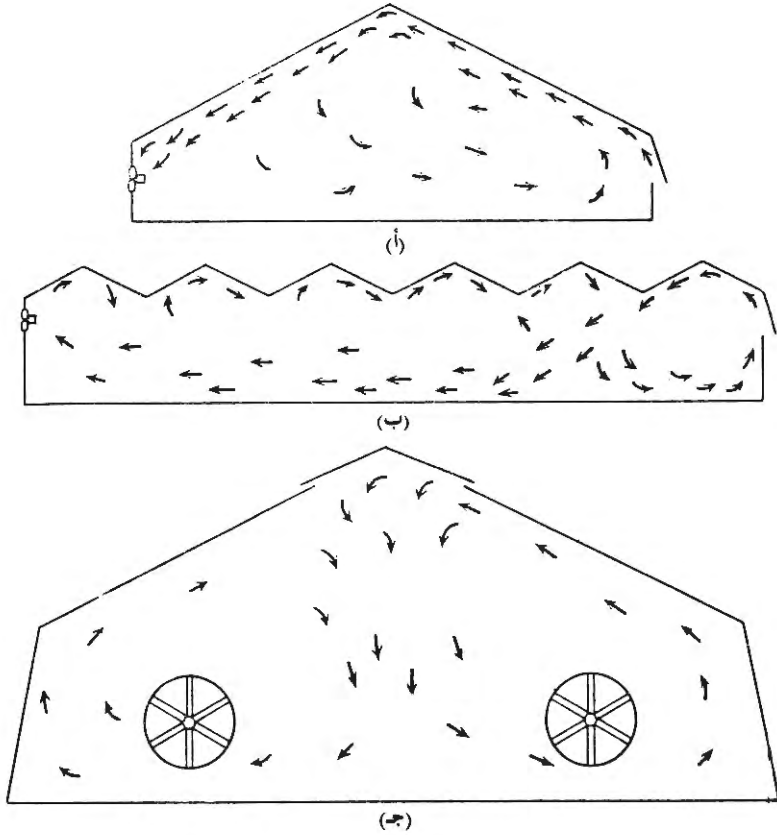
شكل (٣ - ٢٨) : نظام التحكم الآلى فى فتحات التهوية (عن J.t.provence - فرنسا) .

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

ويبين شكل (٣ - ٢٩) مسار التحركات الهوائية داخل البيت عند اتباع هذا النظام فى التهوية ، وذلك فى كلٍ من البيوت المفردة ذات الشكل الجمالونى المتناظر الانحدار والبيوت الكبيرة المتصلة بنظام القنوات والخطوط .

التهوية بنظام الأنبوبة البلاستيكية المعلقة

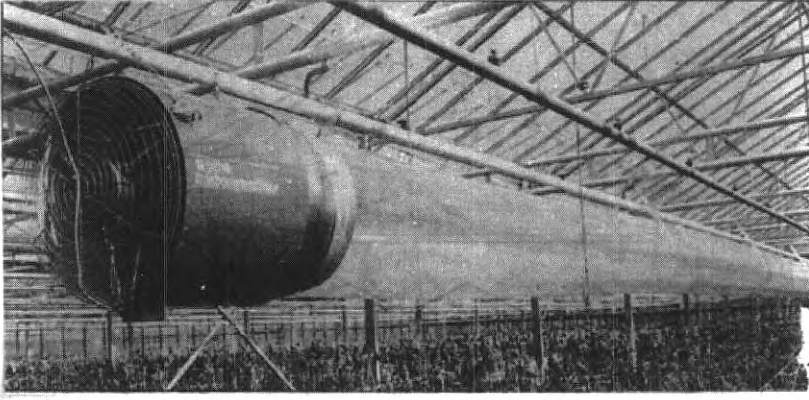
تستخدم فى هذا النظام للتهوية أنبوبة من البوليثلين بقطر ٥٠ - ٧٥ سم تتدلى من سقف البيت بطوله أعلى مستوى النباتات (شكل ٣ - ٣٠) . توجد بهذه الأنبوبة ثقب صغير على الجانبين فى الجهة السفلية يخرج منها الهواء ليتوزع فى أرجاء البيت، وهى مسدودة من أحد طرفيها ، ومفتوحة من الجانب الآخر على المنفذ الذى يأتيها منه الهواء .



شكل (٣ - ٢٩) : 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 بنظام التهوية السابق نفسه . (ج) فى بيت مفرد على شكل جمالون متناظر الانحدار ، مع وجود فتحات التهوية فى قمة البيت .

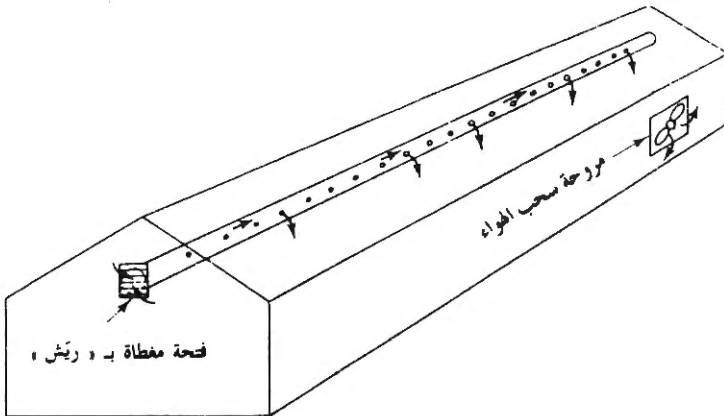
التهوية فى الجو البارد

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



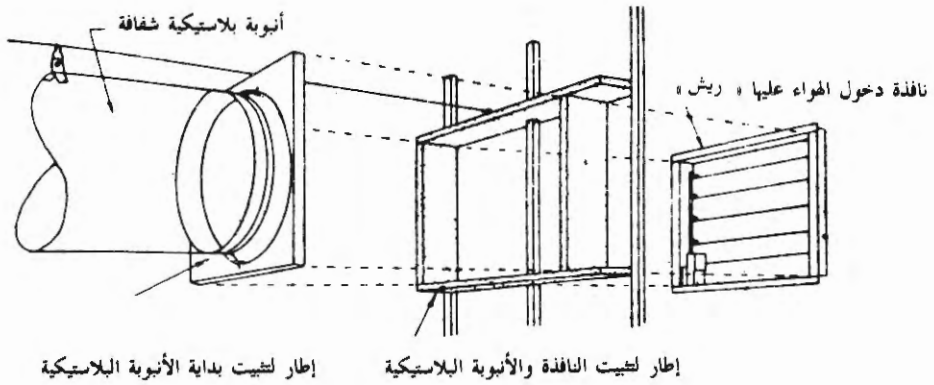
شكل (٣ - ٣٠) : أنبوبة بلاستيكية تتدلى من سقف البيت بطوله أعلى مستوى النباتات ، ويمكن أن تستخدم فى التهوية فى الجو البارد ، وفى توزيع الهواء الدافئ ، وفى المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت .

ويوضح شكل (٣ - ٣١) 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 لتتدفق الأنبوبة بالهواء الخارجى البارد الذى يخرج من خلال الفتحات الصغيرة ليوزع بالتدريج فى جميع أرجاء البيت .



شكل (٣ - ٣١) : تخطيط للكيفية التى تتم بها التهوية فى الجو البارد بنظام الأنبوبة البلاستيكية (عن Nelson ١٩٨٥) .

هذا .. وتغطى الفتحة الخارجية بـ « ريش » خاصة تثبت فى إطار خشبى فى جدار البيت ، وتتصل الأنبوبة البلاستيكية بهذا الإطار من الناحية الداخلية للجدار (شكل ٣ - ٣٢) . ويتم فتح هذه « الريش » بمجرد اندفاع الهواء من خلالها إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية . وقد يتحكم قفل خاص فى فتحها وإغلاقها ، ويتم تشغيله بواسطة منظم الحرارة ؛ حيث يفتح مع تشغيل المروحة فى آن واحد . وليس لموقع المروحة الساحة للهواء أهمية كبيرة ؛ نظرا لأن كل وظيفتها هى توليد تفرغ داخلى طفيف يسمح باندفاع الهواء إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية .



شكل (٣ - ٣٢) : تخطيط يوضح مكان اتصال الأنبوبة البلاستيكية بفتحة التهوية التى توجد فى جدار البيت .

ويجب أن تُعطى أهمية خاصة لقدرة المروحة على سحب الهواء من البيت ؛ نظرا لتأثير ذلك على كفاءة عملية التهوية . وتختلف التقديرات فى هذا الأمر من ٠,٤٦ - ١,٢٢ مترًا مكعبًا من الهواء المسحوب من البيت فى الدقيقة لكل متر مربع من مساحة البيت بمتوسط قدره ٠,٨٤ م^٣ فى الدقيقة .

تعمل التهوية بهذا المعدل - تحت الظروف القياسية - على عدم ارتفاع درجة الحرارة داخل البيت لأكثر من ٨م 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

(٣ - ١٤) ، والذي يطلق عليه اسم معامل التهوية للفرق المسموح به فى درجة الحرارة .

هذا . . والظروف القياسية المشار إليها هى ألا يزيد منسوب البيت على ٣٠.٥ م على سطح البحر ، وألا تزيد شدة الإضاءة داخل البيت على ٥٠٠٠ قدم - شمعة (٥٣,٨ klux) فإذا اختلفت الظروف الحقيقية عن القياسية ، لزم تصحيح معدل سحب الهواء باستعمال معاملات التصحيح التى سبقت الإشارة إليها فى جدول (٣ - ٩ ، ٣ - ١١) .

جدول (٣ - ١٤) : 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 (م)									
٥,٠	٥,٦	٦,١	٦,٧	٧,٢	٧,٨	٨,٣	٨,٩	٩,٤	١٠
١,٦٧	١,٥٠	١,٣٧	١,٢٥	١,١٥	١,٠٧	١,٠٠	٠,٩٤	٠,٨٨	٠,٨٣
									F _{winter}

كذلك يجب الاهتمام بحساب عدد الأنابيب البلاستيكية اللازمة للتهوية ، ومساحة الثقوب بها ، لأن كل أنبوبة بقطر ٧٥ سم تكفى لتهوية نحو ٩ أمتار من عرض البيت (أى ٤,٥ م على كل جانب من جانبيها) .

وتكون الثقوب عادة صغيرة ، لكن مساحتها الإجمالية يجب أن تكون فى حدود ١,٥ - ٢ ضعف مساحة مقطع الأنبوبة . ونظرا لأن الأنبوبة تمتد بطول البيت ؛ لذلك تجب فى حالة البيوت الطويلة زيادة المسافة بين الثقوب ؛ حتى تظل مساحتها الإجمالية فى الحدود المشار إليها . هذا . . وغالبا ما تكون المسافة بين الثقوب ٦٠ - ٩٠ سم .

التهوية بنظام الأنبوبة البلاستيكية ، 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 دائما مملوءة بالهواء .

ففى حالة التهوية يؤدى تشغيل المروحة الساحبة للهواء إلى إحداث تفرغ جزئى فى البيت ، فيندفع الهواء من خلال الفتحة التى توجد فى جدار البيت (التى تكون مغطاة بـ«ريش» 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 ، وإلا تدفق جزء من الهواء الخارجى البارد الداخلى إلى البيت إلى أسفل نحو النباتات ، بدلا من سحبه إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية .

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

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

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

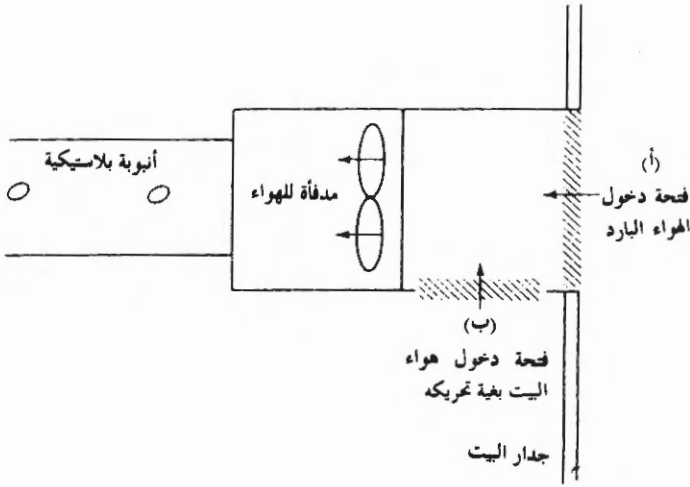
٣ - تقليل فرصة الإصابة بالأمراض بتقليل الرطوبة النسبية حول الأوراق (Sheldrake ١٩٦٧) .

التهوية والتدفئة بنظام الأنبوبة البلاستيكية ، مع المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت

يحدث أحيانا فى فصل الشتاء أن تحتاج البيوت إلى التهوية نهارا والتدفئة ليلا . ويمكن تحقيق ذلك بنظام واحدٍ 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 (٣ - ٣٣) . ويوضع جهاز التدفئة مقابل الفتحة (ب) بالشكل ، أما الفتحة (أ) ، فهى فى جدار البيت لدخول الهواء البارد عند

الحاجة إلى التهوية . وكلتا الفتحتين مغطاة بـ «ريش» 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 .

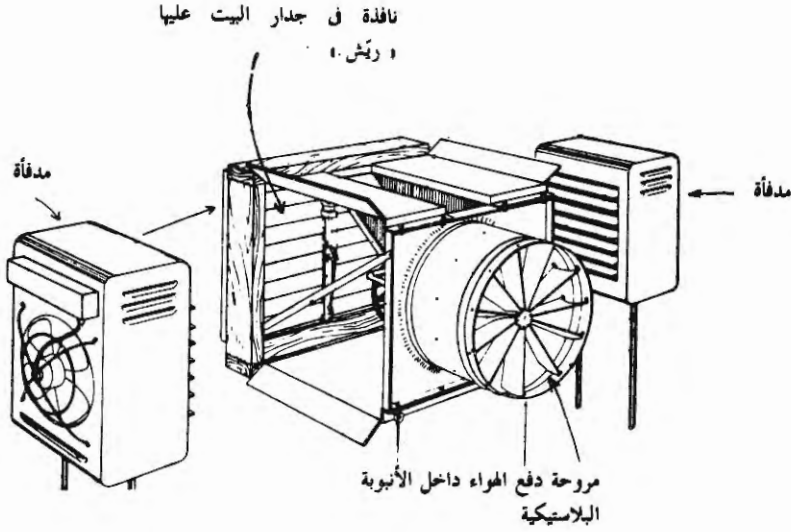


شكل (٣ - ٣٣) : تخطيط يوضح كيفية استخدام نظام الأنبوبة البلاستيكية فى التهوية ، والتدفئة ، والمحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت .

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

ومع استمرار انخفاض درجة الحرارة ليلاً 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 (٣ - ٣٤) تجسيما لهذا النظام مع استعمال مدفأتين .



شكل (٣ - ٣٤) : رسم مجسم بنظام الأنبوبة البلاستيكية فى التهوية عند استخدامه أيضاً فى التدفئة ، وفى المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت (عن Hannan وآخرين ١٩٧٨) .

استعمال مراوح التوزيع المحركة للهواء فى البيوت المحمية غير المهواة

درس Fernandez & Bailey (١٩٩٤) تأثير مراوح التوزيع المحركة للهواء داخل الصوبة Air Recirculation Fans على تجانس الظروف البيئية فيها ، ومدى تأثير ذلك بطول نباتات الطماطم النامية بها ، ووجدوا ما يلى :

١ - قل التجانس الذى أحدثته مراوح توزيع الهواء كلما ازدادت شدة الإضاءة خارج الصوبة .

٢ - كان متوسط قياسات العوامل البيئية فى الأيام المشمسة - خلال فترة الدراسة - كما يلى : الإشعاع الشمسى خارج البيت ٤٤٥ وات/م^٢ ، ودرجة الحرارة داخل الصوبة ٣٠ م° ، وضغط بخار الماء داخل الصوبة ٣,٧٨ كيلو باسكال ، وتركيز غاز ثانى أكسيد الكربون ٦٣٠ جزءاً فى المليون .

٣ - تحت هذه الظروف . . كانت الاختلافات فى العوامل البيئية المقيسة داخل الصوبة - فى حالة عدم تشغيل مراوح التوزيع - كما يلى : ٧م فى حرارة الصوبة ، و كيلو باسكال واحد فى ضغط بخار الماء ، و ١٥٠ جزءاً فى المليون فى تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون .

٤ - وعند تشغيل مراوح التوزيع كانت الاختلافات فى العوامل البيئية داخل الصوبة كما يلى : ١,٦م فى حرارة الصوبة ، و ٠,٣ كيلو باسكال فى ضغط بخار الماء ، و ٢٠ جزءاً فى المليون فى تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون .

٥ - أدى نمو النباتات إلى ضعف تجانس سرعة حركة الهواء فى مختلف أنحاء الصوبة ؛ حيث كانت النسبة بين أعلى وأقل سرعة هواء ٢ : ١ فى الصوبة الخالية ، مقارنةً بـ ٧ : ١ عندما بلغ طول النباتات ٢,٦م . وكانت أقل سرعة للهواء - عند وجود نباتات طويلة فى الصوبة - خلال الأجزاء السفلى من النموات الخضرية .

٦ - حدثت أضرار بسيطة بأوراق وثمار النباتات المواجهة لمراوح التوزيع مباشرة .

الرطوبة النسبية

تزداد قدرة الهواء على حمل الرطوبة كلما ارتفعت درجة حرارته (شكل ٣ - ١٦) ؛ وبذا . . فإن أى ارتفاع ، أو انخفاض فى درجة حرارة هواء الصوبة (دون أى تغير فى كمية بخار الماء المطلقة التى يحملها الهواء) تؤدي - تلقائياً ، وعلى التوالى - إلى انخفاض أو ارتفاع فى رطوبته النسبية ، يتوقف مداه على مقدار الارتفاع أو الانخفاض فى درجة الحرارة .

ويترتب على ذلك ارتفاع الرطوبة النسبية فى هواء الصوبة فى الحالات التالية :

- ١ - عند انخفاض درجة الحرارة ليلاً .
- ٢ - عند انخفاض درجة الحرارة نهاراً بفعل التبريد .
- ٣ - عند زيادة محتوى الهواء من بخار الماء بفعل التبريد بنظام المروحة والوسادة ، أو بالتبريد بالزذاذ mist تحت ضغط عالٍ .
- ٤ - عند وجود قصور فى عملية التهوية ؛ بسبب تراكم بخار الماء الناتج من التبخر من التربة ، والتتح من النباتات .