

الزراعة المحمية

مقدمة

يزداد الطلب يوماً بعد يوم على الغذاء وذلك كنتيجة طبيعية لزيادة عدد السكان من ناحية وزيادة وتنوع الاستهلاك من ناحية أخرى، ونظراً لأن طبيعة المناخ في المملكة وباقي الدول العربية ليست ملائمة طول العام لإنتاج ما يكفي من الخضروات والفواكه لسد حاجة السكان وتحقيق الأمن الغذائي، لذلك تكسب الزراعة المحمية أهمية خاصة نظراً لما يمكن أن تقوم به من سد في نقص الإنتاج الزراعي وتحقيق الاكتفاء الذاتي.

تعريف

يقصد بالزراعة المحمية إنتاج النباتات في منشآت خاصة مثل الصوبان أو الأنفاق بغرض حمايتها من الظروف البيئية غير المناسبة وبالتالي إنتاجها في غير مواسمها.. ويمكن تحقيق ذلك من خلال توفير الظروف المناسبة (الأرضية، الجوية) والتحكم فيها.

الفوائد والأهمية

- ١- توفير المساحة المرزوعة.
- ٢- زيادة كمية الإنتاج من وحدة المساحة بمقدار ٧ - ١٠ مرات تقريباً بالمقارنة مع الزراعة المكشوفة.
- ٣- توفير الجو المناسب لإنتاج النباتات طول العام.
- ٤- توفير اليد العاملة واستهلاك المياه (ري بالتنقيط).
- ٥- إمكانية إنتاج شتلات عالية الجودة.
- ٦- تحقيق عائد مادي مريح.

أهمية الزراعة المحمية كوسيلة للتوسع الرأسي في الإنتاج

قدرت المساحة الإجمالية للزراعات المحمية (الصوبان المجهزة تجهيزاً جيداً) على مستوى العالم عام ١٩٨٣ بنحو ١٦٠ ألف أيكر (الأيكر = فدان تقريباً)، وكان معظم هذه المساحة في اليابان وهولندا والاتحاد السوفيتي ودول أوروبا الشرقية وإيطاليا. ويشغل إنتاج الزهور ونباتات الزينة نسبة جوهريّة من هذه المساحة.

وإلى الوقت الحاضر تعتبر الزراعة المحمية غير فعالة جداً في مجال التوسع في إنتاج الخضر على مستوى العالم وهذا يرجع إلى العاملين التاليين:

١- عدم مناسبة نظام الزراعة المحمية لإنتاج بعض الخضر الهامة مثل الخضر الدرنية والجذرية والبصلية.

٢- توفر المناخ المناسب والتربة المناسبة للزراعة في الحقول المكشوفة في مناطق كثيرة من دول العالم.

هذا، ومن الخطأ الحكم بعدم جدوى الزراعات المحمية في المناطق المعتدلة لمجرد أن الظروف الخارجية تسمح بالزراعة المكشوفة، لأن إنتاجية الخضر في البيوت المحمية تزيد أضعافاً كثيرة عن مثلها في الحقول المكشوفة للأسباب السابق ذكرها.

اقتصاديات الزراعة المحمية

من المعلوم أن تكلفة إنتاج المحاصيل الزراعية في البيوت المحمية والزراعات المحمية عموماً قد تزيد عن مثلها في الزراعة المكشوفة، ومع ذلك فإنها تحقق عائداً اقتصادياً مجدياً للمستثمرين منها، وذلك يرجع إلى إمكانية تشغيلها وصيانتها والإنتاج فيها بتكلفة معقولة متى ما توفرت الإدارة الناجحة.

وتتوقف تكلفة الإنتاج والعائد المادي المتوقع من الزراعة المحمية على العوامل

التالية:

١- عدد الصوبات (مساحة الصوبات) التي يتم تشغيلها في الوقت الواحد.

٢- نوع الهيكل المستخدم في صناعة الصوبات (خشب، حديد، المنيوم..).

٣- نوع الغطاء المستخدم (زجاج، ألياف زجاجية Fiber glass، رقائق بلاستيك).

- ٤- مدى توفر أجهزة التبريد والتدفئة.
 - ٥- درجة التحكم الآلي في الأجهزة المختلفة بالصوبة.
 - ٦- نوع المحصول والأصناف المزروعة منه.
 - ٧- موسم الإنتاج ومقدار المنافسة مع الزراعة المكشوفة.
 - ٨- عوامل العرض والطلب على الإنتاج.
 - ٩- استخدام الطرق الحديثة في إعداد الشتلات، تجهيز التربة، التعقيم، المكافحة .. الخ).
- والبيوت المحمية قد تكون ضرورية للغاية في بعض المناطق مثل:
- أ- المناطق الباردة (شمال خط عرض 35° شمالاً وجنوب خط عرض 35° جنوباً) خلال فصل الشتاء.
- ب- المناطق شديدة الحرارة صيفاً.

اختيار الموقع

يراعى في ذلك العوامل التالية:

- ١- قربه من مصدات الرياح المتوفرة مع مراعاة عدم التظليل.
- ٢- سهولة الوصول إليه.
- ٣- توفر مصدر جيد لمياه الري تقل فيه نسبة الأملاح > 3000 جزء من المليون.
- ٤- توفر الصرف الجيد (نقص الأراضي الرملية أو الطميية الرملية).
- ٥- توفر الأيدي العاملة بالمنطقة.

اتجاه البيت

معظم البيوت المحمية مستطيلة الشكل، ولذلك يجب أن يكون اتجاه البيت بما يسمح بنفاذ أكبر قدر من أشعة الشمس، وأفضل الاتجاهات لجميع المناطق والمواسم الزراعية هو الاتجاه الشمالي الجنوبي، حيث تصل أشعة الشمس عبر الجانبين الطويلين (الشرقي والغربي) طوال ساعات النهار، كما يسمح بتحريك ظل السقف وفتحات التهوية العلوية في جميع أنحاء البيت أثناء النهار.

استثناء

بالنسبة للمناطق التي تبعد أكثر من 40° عن خط الاستواء، وفي الزراعات الشتوية يفضل استخدام الاتجاه الشرقي - الغربي الذي يسمح بوصول أكبر قدر من أشعة الشمس شتاء.

طرق الحماية المختلفة باستخدام البلاستيك

١- تغطية التربة Mulch

يستخدم غالباً البلاستيك الأسود أو الأبيض يوضع مباشرة فوق سطح التربة ثم يتم ثقبه لوضع البذور أو الشتلات.

٢- تغطية سطحية

يستخدم البلاستيك المثقب بسبك ٠,٠٥ مم ويعرض ١٢ متر فوق النباتات مباشرة.

٣- الأنفاق الصغيرة Min

٤- الأنفاق المنخفضة Low

حتى ارتفاع ١ م لتغطية خط أو خطين.

٥- الصوب البلاستيك.

فوائد استخدام أغطية البلاستيك للتربة

١- يساعد على تدفئة التربة بدرجة متماثلة مما يؤدي إلى التبكير بالحصول وتختلف درجة التأثير تبعاً للون البلاستيك المستخدم. فالبلاستيك الشفاف يرفع درجة الحرارة تحته أكثر من البلاستيك الأسود أو النصف شفاف، ويمكن استخدام بلاستيك ذو لونين (فضي عاكس من أعلى، وأسود من أسفل) وبهذا يمكن خفض درجة الحرارة في التربة بمعدل 12°م.

٢- المحافظة على رطوبة التربة:

حيث يقل تبخر الماء بمعدل ١٠ - ٥٠% تبعاً للون البلاستيك وذلك لأن الماء الصاعد بالخاصية الشعرية يبقى محجوزاً (يتكثف) على الأسطح الداخلية للغشاء الملاصق للتربة مما يزيد من محتواها المائي.

٣- تقليل أو منع تراكم الأملاح على سطح التربة، وبالتالي تقليل تراكم الأملاح في منطقة الجذور.

٤- المحافظة على التركيب الجيد للتربة وبقائها مفككة:

مما يضمن التهوية الجيدة للجذور وتقليل تكاليف العزيق.

٥- منع نمو الحشائش (الأغطية السوداء):

توفير تكاليف العزيق ومنع منافسه الحشائش للمحصول.

٦- الحصول على ثمار جافة ونظيفة (الخيار - الكوسة - الفراولة):

عند منع تلوث الثمار بالتربة وتقليل فرصة الإصابة بالعفن.

٧- زيادة نشاط الكائنات الدقيقة بالتربة:

مما يزيد عملية التازت وتحلل العناصر الغذائية وبالتالي زيادة الكميات الصالحة لامتصاص النباتات من هذه العناصر.

نظم الحماية المستعملة

مصدات الرياح مثل الأثل، والمعدات الصناعية المختلفة بهدف تخفيض سرعة الرياح والإغلال من أضرار الرياح المتمثلة في:

أ- أضرار التربة (تبخر، انجراف).

ب- أضرار النبات (كسر، تشويه الثمار، قلة العقد).

ج- أضرار على عمليات الخدمة الزراعية (الري - التلقيح).

د- أضرار على المنشآت المحمية (الأغطية - الهياكل).

الأنفاق البلاستيكية

١- الأنفاق المنخفضة:

تضع عادة من أنابيب مجلفنة قطر ٥,٥ بوصة وبطول ٣م يكون القطر بعد التقويس ١٨٠سم مما يسمح بالزراعة في خطوط متوازية تبعد الواحدة عن الأخرى ٢م، والمسافة بين الأقواس على كل خط ١,٥م ويمكن زراعة الطماطم والباذنجان والفلفل والكوسا والخيار.

والهدف الأساسي منها الحماية من الصقيع خلال أشهر الشتاء إلا أنه يمكن استخدامها أيضاً بصورة جيدة للحماية من الحرارة المرتفعة خلال الصيف وذلك بتظليلها (٥٠% ظل)، وهذا يساعد أيضاً على الحماية من الطيور، والحماية من الرياح القوية والأمطار الغزيرة.

من مزاياها سهولة التصنيع والتركيب وسهولة عمليات الخدمة المختلفة داخلها.

يجب مراعاة النقاط التالية عند استخدام الأنفاق المنخفضة:

١- التثبيت الجيد للأقواس.

٢- مراعاة التهوية الجيدة للأنفاق خصوصاً خلال النهار لمنع ارتفاع الرطوبة.

٣- التأكد من الغلق المحكم للأنفاق قبل الغروب خصوصاً في الأيام التي يتوقع فيها حدوث الصقيع.

٢- الأنفاق المتوسطة:

تكون عادة بعرض ٤م وطول ٦م وارتفاع ١,٨م ويكمن تعديل الأبعاد حسب الحاجة، ويمكن أن يكون في كل وحدة شبكة ري مستقلة تروى عادة بالري بالتنقيط.

وتعتبر هذه الأنفاق أكثر ملائمة للزراعة المكثفة للخضار دون الحاجة إلى التبريد أو التدفئة. وتكون التهوية نهاراً بفتح الأبواب الأمامية والخلفية وعند زوال خطر الصقيع وارتفاع الحرارة يمكن عمل فتحات تهوية على الجانبين. من مزاياها السهولة في العمل وقلة التكلفة.

البيوت البلاستيكية

٣- أغطية التربة البلاستيكية:

ويمكن استخدام أغطية ذات ألوان مختلفة: السوداء الشفافة، البيضاء. تفضل الأغطية السوداء في الزراعات الشتوية والربيعية حيث أنها تحول تماماً من نمو الأعشاب أما الشفافة فإنها تفيد في الإسراع من إثبات البذور خاصة في الزراعات الربيعية المبكرة (في الفرعيات) أما في الزراعات الصيفية فهي غير مفضلة لأنها ترفع درجة الحرارة داخلها مما قد يمنع نمو النباتات. ولذلك يمكن استخدام الأغشية ذات اللونين (الأسود السفلي لمنع نمو الأعشاب والأبيض أو الفضي العلوي لعكس أشعة الشمس).

فوائد الأغطية البلاستيكية

التظليل

سنوياً تموت الشتلات بسبب الحرارة العالية مما يتطلب معه حمايتها بالتظليل سواء بالتحميل مع محصول آخر أو بالتظليل. ويمكن استعمال نفق بلاستيكي مظلل لإنتاج الشتلات صيفاً بغرض الزراعة الخريفية المبكرة، ويمكن استخدام درجات تظليل مختلفة ٥٤%، ٦٤%، ٧٣% الخ.

ومن فوائد التظليل الأخرى:

- ١- تقليل نسبة التبخر من التربة والنتج من النبات.
- التقليل من أضرار الطيور.
- ٣- الوقاية من الإصابة بضربات الشمس للنمو الخضري أو الثمري.

أنواع الصوب

تختلف الصوب في أشكالها وفي الغرض المراد من إنشائها فمنها ما يستخدم لإنتاج الشتلات المبكرة، ومنها ما يستخدم للأغراض العلمية وفيما يلي وصف مختصر لأهم الصوب.

١- الصوب الزجاجية Greenhouses

الغرض منها تهيئة بيئة مناسبة لنمو النباتات وحمايتها من التيارات الباردة وتوفير الحرارة اللازمة لنموها وتستخدم لإنتاج شتلات الخضر والزينة علاوة على استخدامها في الأغراض العلمية مثل تربية النباتات. وتختلف الصوب الزجاجية في أشكالها وأحجامها ونوع الهيكل والغطاء.

٢- الصوب الخشبية Lath houses

والغرض منها حماية الشتلة والنباتات الرهيفة من حرارة الشمس المحرقة صيفاً، فتزرع شتلات الخضر الشتوية مبكرة تحت الصوب الخشبية. والزراعة إما أن تكون في التربة مباشرة أو في الفصاري أو في صناديق الشتلة.

٣- الصوب السلكية Wire houses

والغرض منها للأغراض العلمية في الغالب (برامج التربية والتجهين لمنع الخلط بين السلالات المختلفة).

٤- الأحواض المدفأة Hotbeds

الغرض إنتاج شتلات صيفية مبكرة وذلك بتوفير الحرارة اللازمة لنمو الشتلات، وقد شاع استخدام الأحواض المدفأة قبل الصوب الزجاجية، وهي قليلة التكاليف، ويمكن تجهيزها بإحدى طريقتين:

أ- الأحواض المدفأة المؤقتة

وفيها توضع السبلة في كومة مرتفعة وتقلب من آن لآخر حتى تتخمر ثم تنقل للمكان المخصص للأحواض الدافئة وتوضع السبلة في طبقة مسطحة بارتفاع ٣٠ - ٤٠ سم وعليها طبقة من الألواح الخشبية وفوقها طبقة من الطمي وتغلى بالزجاج وتترك عدة أيام حتى تصل درجة حرارة التربة 15°م وعندئذ تزرع البذرة وتروى. ويجب تهوية النباتات نهاراً وتغطيتها ليلاً للاحتفاظ بالحرارة.

ب- الأحواض المدفأة المستديمة

وتكون عبارة عن مبنى مستديم يتم تجهيزه كما سبق.

٥- الأحواض الباردة Cold Frame

تشبه الأحواض المدفأة مع عدم وجود تدفئة صناعية (فقط حرارة الشمس للتدفئة)، ومن مزاياها:
أ- إنتاج شتلة مبكرة نوعاً في المناطق المتوسطة البرودة.
ب- أقلمة الشتلات قبل نقلها للحقل المستديم.
ج- حماية النباتات الرهيفة من الصقيع.

طريقة التدفئة الصناعية

١- التدفئة بالسبلة.

٢- التدفئة بالهواء الساخن.

٣- التدفئة بالماء الساخن.

٤- التدفئة بالكهرباء.

أنواع البيوت المحمية

البيوت المحمية أو الصوبات greenhouses تعنى المنشآت المستخدمة في زراعة النباتات لحمايتها من الظروف البيئية غير المناسبة، وبحيث يكون سقفها مرتفعاً بالشكل الذي يسمح بالمرور داخلها وذلك تمييزاً لها عن الأحواض المدفأة أو المبردة أو الأنفاق المنخفضة.

وتختلف البيوت المحمية حسب:

- ١- أشكالها الهندسية.
 - ٢- نوع الهيكل ونوع الغطاء.
 - ٣- توفر مصادر التدفئة.
 - ٤- توفر أجهزة التبريد.
 - ٥- كونها مفردة أو متصلة.
- يستخدم لفظ greenhouses في أوروبا على المنشآت التي تدفأ صناعياً أما greenhouses فيطلق على المنشآت التي لا تدفأ صناعياً أو تدفأ قليلاً.

الأشكال الهندسية للبيوت المحمية المفردة

شكل ١ - ١

الأشكال الهندسية للبيوت المحمية المتصلة

Multi span أو Connected houses

١- شكل المرتفعات والأخاديد أو الخطوط والقنوات Ridge and furrow

صوبات متجاورة من الشكل الصنف أسطواني في المحور - بلاستيكية أو صوبات متجاورة من الشكل الجمالوني المتناظر الأنحدار - زجاجية.

٢- شكل سن المنشار Saw tooth

صوبات متجاورة من الشكل الجمالوني غير المتناظر الإنحدار على جانبي السقف - زجاجية.

مزاياها

- ١- زيادة المساحة الداخلية للبيت.
- ٢- خفض تكاليف العمليات الزراعية - سهولة الميكنة.
- ٣- تقليل فقد حرارة التدفئة.

عيوبها

زيادة المخاطر الناشئة عن الإصابات المرضية أو عند تلف الغطاء أو تعطل أجهزة التدفئة أو التبريد.

تقسيم البيوت المحمية حسب مادة الغطاء

١- البيوت الزجاجية glass houses

- وقد يكون الهيكل من الخشب أو الحديد أو الألمنيوم وتغطي بالزجاج وقد تكون:
- أ- بيوت بسيطة منفردة.
 - ب- مجمع من البيوت المتصلة.

٢- البيوت البلاستيكية Plastic houses

قد تكون مادة الهيكل من الخشب أو الألمنيوم أو مواسير مجلفنة والغطاء من البلاستيك. ويتوقف نوع الهيكل على نوع الغطاء البلاستيكي المستخدم (الليف الزجاجي المدعوم بالبلاستيك Fiberglass reinforced plastic، بلوليثلين، بولي فينيل كلورايد).
مقارنة:

البيوت الزجاجية

- ١- أقل تأثراً بالرياح.
- ٢- تحتفظ بالحرارة المشعة من أرض البيت ليلاً.

البيوت البلاستيكية

- ١- تكلفتها حوالي ١_ تكلفة البيت الزجاجي.
١٠
- ٢- سهولة تشكيل الهيكل لتكوين مقطع نصف دائري يسمح بنفاذ أكبر قدر من أشعة الشمس.
- ٣- سهولة نقل البيوت البلاستيكية من مكانها لعمل دورة زراعية ولتجنب تكاليف التعقيم.
- ٤- الهيكل المستخدم بسيط ولا يحجب جزءاً كبيراً من أشعة الشمس.
- ٥- البيوت البلاستيكية محكمة الغلق بينما تسمح نقاط اتصال ألواح الزجاج في البيوت الزجاجية بتسرب الهواء الدافئ أو دخول الهواء البارد.
- ٦- قلة الحاجة إلى صيانة البيوت البلاستيكية بعد إنشائها.

غطاء البيوت المحمية

- تختلف الأغشية كثيراً في خصائصها وأسعارها وعمرها الافتراضي ومن هذه الأغشية:
- ١- الزجاج.

٢- الليف الزجاجي (الفيبر جلاس Fiber glass).

٣- البلاستيك ومن أنواعه Polyethylene و Polyvinyl chloride

ويجب الأخذ في الاعتبار الخصائص التالية - عند اختيار الغطاء:

أ- نفاذية الغطاء للضوء.

ب- نفاذية الغطاء للأشعة تحت الحمراء.

في الليل تبعث التربة والأجسام الصلبة بالبيت الحرارة المكتسبة بالنهار في صورة

أشعة تحت حمراء طويلة الموجة فإذا كان الغطاء منفذاً لها فإن البيت يبرد.

ج- نفاذية الغطاء للأشعة فوق البنفسجية

مهم في المناطق المرتفعة التي تزيد فيها شدة الأشعة فوق البنفسجية، فيستعمل غطاء

غير منفذ لتقليل إصابة النباتات بأضرار لفحة الشمس.

النفاذية للضوء المرئي

متساوية

النفاذية للأشعة تحت الحمراء

بوليثيلين منفذ

فيبر جلاس وسط

الباقي قليل النفاذية أو غير منفذ

النفاذية للأشعة تحت البنفسجية

البوليثيلين والزجاج غير منفذ

فيبر جلاس قليل النفاذية

باقي البلاستيك منفذ

شرائح الفيبر جلاس أقل مقدرة على التوصيل الحراري من الزجاج فإذا كانت

المقدرة على التوصيل الحراري ١٠٠% في الهواء فأثماً تبلغ ٨٨% في الزجاج و ٦٣ -

٦٨% في الفيبر جلاس.

∴ الفيبر جلاس أقل احتياجاً للتبريد صيفاً وللتدفئة شتاء مقارنة بالزجاج.

أغشية البوليثيلين

يوجد منها نوعان عادي وآخر مضاف له مادة لامتصاص الأشعة فوق بنفسجية

ويسمى كوبوليمر Copolymer

أ- العادي: يتآكل بفعل أشعة الشمس حيث تسبب الأشعة فوق بنفسجية التمزق ولهذا يستعمل فقط لموسم زراعي واحد أو لسنة واحدة.

ب- الكوبوليمر لمدة سنة ونصف إلى سنتين ذو لون أصفر.

ج- غشاء بولي فينايل كلوريد PVC

تعيش لفترة ٣ - ٢ سنوات نفاذيتها للضوء ٨٨% تحتفظ بشحنات كهربية على سطحها تجذب إليها الأتربة مما يقلل من نفاذية الضوء غلا إذا غسلت.

مشاكل الأغشية البلاستيكية

١- تعرضها للتلف عند أماكن اتصالها بالهيكل.

٢- تعرضها للتلف بفعل العواصف الشديدة.

٣- ارتفاع الرطوبة النسبية داخل البيت بسبب تكاثف قطرات الماء بسبب برودة الجو خارج البيت.

ومن أهم الخصائص التي يجب أخذها في الاعتبار عند اختيار أي من هذه الأغشية

ما يلي:

١- نفاذية الغطاء للضوء:

ففي المناطق التي تكون ملبدة بالغيوم والإضاءة فيها ضعيفة معظم أيام السنة يفضل أن تستعمل فيها الأغشية التي تسمح بنفاذ أكبر نسبة من الضوء الساقط عليها وبالعكس.. فإنه يفضل استعمال الأغشية التي تسمح بمرور نسبة أقل من أشعة الشمس في المناطق الحارة التي تكون فيها شدة الإضاءة عالية معظم أيام السنة. هذا.. وبرغم أن الغطاء يمتص جزءاً من الأشعة الشمسية الساقطة عليه في صورة حرارة، إلا أنه يشعها ثانية، إما نحو الفضاء الخارجي، أو إلى داخل البيت. أما باقي الأشعة الساقطة، فإنها إما أن تنفذ من خلال الغطاء إلى داخل البيت، أو تنعكس مرة أخرى نحو الفضاء الخارجي.

٢- نفاذية الغطاء للأشعة تحت الحمراء:

وهذا العامل على جانب كبير من الأهمية ليلاً عندما تبعث التربة والأجسام الصلبة بالبيت الحرارة التي اكتسبتها أثناء النهار في صورة أشعة تحت حمراء طويلة الموجة. فإذا كان الغطاء منفذاً لهذه الأشعة، فإنها تفقد في الفضاء الخارجي. ويبرد البيت بسرعة، بينما تبقى داخل البيت، وتعمل على رفع درجة الحرارة داخله إن لم يكن الغطاء منفذاً لها.

٣- نفاذية الغطاء للأشعة فوق البنفسجية:

وهذا العامل أقل أهمية. وتزداد أهميته فقط في المناطق المرتفعة التي تزيد فيها شدة الأشعة فوق البنفسجية، مما يستلزم استعمال أغطية غير منفذة لها لتقليل إصابة النباتات بأضرار لفحة الشمس.

الأغطية الزجاجية

تستخدم في تغطية البيوت المحمية أنواع من الزجاج الشفاف بسبك ٣ - ٤ مم. ويتوقف السبك المستخدم على مساحة الألواح المستعملة، فيزيد السبك بزيادة المساحة، وعلى ما إذا كانت مستخدمة في الجدران، أم في الأسقف. تثبت ألواح الزجاج في براويز خاصة تشكل جزءاً من هيكل البيت. ينفذ الزجاج الضوء بنسبة ٩٠% تقريباً، ويتوقف ذلك على محتواه من الحديد، حيث تقل نفاذيته مع زيادة محتواه من هذا العنصر. ولا يسمح الزجاج بنفاذ الأشعة تحت الحمراء، وبذلك فهو يعمل على الاحتفاظ بالحرارة المنبعثة من التربة ليلاً داخل البيت، مما يقلل الحاجة للتدفئة الصناعية.

ولخفض تكاليف التبريد في المناطق الحارة التي تزيد فيها شدة الإضاءة أنتجت إحدى الشركات الهولندية زجاجاً عاكساً للضوء اسمه التجاري: هورتي كير Horti care، وهو زجاج ٤ مم عادي، إلا أنه معاملة بغطاء من أكاسيد المعادن metallic oxides التي تعمل على عكس جزء من أشعة الشمس الساقطة عليه، فإن زجاج الهورتي كير ينفذ من ٦٢ - ٦٨% فقط، والباقي يتم عكسه خارج البيت. ومن الضروري ملاحظة تركيب الزجاج بحيث تكون طبقة الأكاسيد داخل البيت.

كما يستخدم نوع مماثل من الزجاج تكون فيه طبقة أكاسيد المعادن نحو الخارج بغرض خفض الفقد في درجة الحرارة في المناطق الباردة. وقد وجد Breuer وآخرون (١٩٨٠) أن هذا النوع من الزجاج (يسمى تجارياً باسم هورتي بلس Horti pluss) يقلل الفقد الحراري من البيت بنسبة تراوح مقدار الفقد في الإضاءة عند استعمال هذا النوع من الزجاج، بالمقارنة بالزجاج العادي بنحو ١١ - ١٣%، إلا أن استعماله لم يكن اقتصادياً، نظراً لارتفاع سعره بالنسبة للتوفير الذي يحققه في وقود التدفئة.

هذا.. وبغض النظر عن نوع الزجاج المستخدم، فإنه يعتبر أطول أنواع الأغطية المستعملة عمراً، إلا أنه يحتاج إلى مراقبة مستمرة لاستبدال الألواح التي تكسر بفعل البرد أو أي عوامل أخرى.

أغطية الليف الزجاجي (الفيبر جلاس)

يعتبر الليف الزجاجي المدعم بالبلاستيك Fiberglass Reinforced Plastic (ويطلق عليه اختصار اسم الفيبر جلاس أو FRP) البديل الأول للزجاج كغطاء للبيوت المحمية.

يتوفر الفيبر جلاس على شكل ألواح أو شرائح مسطحة ناعمة Flat أو معرجة Corrugated، وكلاهما مرن بالقدر الكافي للتشكيل على هيكل البيت، بحيث يمكن تثبيتهما على أي هيكل.

وقد يثبت الفيبر جلاس على هياكل البيوت البلاستيكية الرخيصة؛ فتصبح بذلك تكلفة البيت وسطاً بين تكلفة البيت البلاستيكي والبيت الزجاجي، أو قد يثبت على هياكل البيوت الزجاجية؛ فتصبح تكلفة البيت الإجمالية قريبة من تكلفة البيت الزجاجي. من أهم خصائص الفيبر جلاس أنه يعمل على تشتيت أشعة الشمس الساقطة عليه، الأمر الذي يزيد من تجانس الإضاءة داخل البيت بدرجة أكبر مما في حالة الغطاء الزجاجي. كما أنه أكثر مقاومة للتكسير بفعل البرد عن الزجاج، وأكثر تحملاً للانخفاض الشديد في درجة الحرارة عن البوليثلين.

وبالمقابل.. يعاب على الفيبرجلاس أن السطح الأكريلك للشرائح يتعرض للخدش، وتتكون فيه النقر بفعل احتكاكه بجسيمات التراب والرمل وبفعل التلوث الكيميائي، مما يؤدي إلى تعرض الألياف الزجاجية للجو الخارجي؛ فتتجمع بها الأتربة، كما تنمو فيها الطحالب؛ فتصبح داكنة اللون، وتقل نفاذيتها للضوء. ويمكن تصحيح أو معالجة هذه الحالة بتنظيف سطح شريحة الفيبرجلاس بفرشاة قوية نظيفة أو بصوف زجاجي، ثم دهنها بطبقة جديدة من الأكريلك acrylic resin.

هذا.. وتتراوح فترة ضمان الفيبرجلاس من ٥ - ٢٥ سنة. وتكون فترة الضمان طويلة في الشرائح المغطاة بطبقة مقاومة للأشعة فوق البنفسجية من البولي فينيل فلورايد polyvinyl fluoride.

ومن ناحية النفاذية للضوء، فإن الفيبرجلاس الشفاف يتشابه تقريباً مع الزجاج في هذه الخاصية، بينما تقل النفاذية للضوء في الشرائح الملونة (تستخدم هذه الشرائح في إنتاج بعض النباتات المزلية التي لا تتطلب إضاءة قوية). وإذا كانت نفاذية الهواء للضوء ١٠٠%، فإن نفاذية الزجاج تبلغ ٩٠%، ونفاذية الفيبرجلاس الشفاف تتراوح من ٩٢ - ٩٥%، وتنخفض إلى ٦٤% في شرائح الفيبرجلاس الصفراء، و ٦٢% في الشرائح الخضراء.

وتعتبر شرائح الفيبرجلاس أقل مقدرة على التوصيل الحراري من الزجاج. فإذا كانت المقدرة على التوصيل الحراري ١٠٠% في الهواء، فإنها تبلغ ٨٨% في الزجاج، و ٦٣ - ٦٨% في الفيبرجلاس الشفاف. ويعني ذلك أن البيوت المغطاة بالفيبرجلاس تكون أقل احتياجاً للتبريد صيفاً، وأقل حاجة للتدفئة شتاء عن البيوت الزجاجية. ومما يساعد على ذلك أن تسرب الحرارة منها يكون بدرجة أقل مما في البيوت الزجاجية، نظراً لأن ألواح الفيبرجلاس تكون أكبر مساحة، وبالتالي تقل أماكن اتصال الألواح مع الهيكل. وينطبق ذلك بصفة خاصة على ألواح الفيبرجلاس الملساء. أما الألواح المعرجة، فإنها تزيد كثيراً من سطح البيت المعرض للجو الخارجي، مما يزيد الحرارة المفقودة بالإشعاع، الأمر الذي يتطلب زيادة الحاجة للتدفئة بنحو ٣٠ - ٤٠% عما في حالة استعمال الألواح الملساء.

أغطية الأغشية البلاستيكية السهلة التشكيل

سنتناول بالدراسة تحت هذا العنوان أكثر نوعين من الأغطية البلاستيكية السهلة التشكيل استعمالاً في الوقت الحاضر، وهما: البوليثلين، والبولي فينايل كلورايد وبياع كلاهما على شكل لفائف من الأغشية التي تختلف في الطول والعرض والسمك حسب الغرض من الاستعمال. ويمكن التمييز بينهما بسهولة، لأن أغشية البوليثلين تطفو على سطح الماء، وإذا أحرقت قطعة منه، فإنها تحترق بسهولة كبيرة؛ معطية شعلة مضيئة جداً، وتكون للأبخرة الناتجة من الاحتراق رائحة الشمع. أما أغشية البولي فينايل كلورايد، فإنها لا تطفو على سطح الماء، وإذا أحرقت قطعة منه، فإن شعلتها تكون شاحبة، وتكون للأبخرة الناتجة من الاحتراق رائحة حامض الأيدروكلوريك.

أغشية البوليثلين

يطلق على أغشية البوليثلين polyethylene أيضاً اسم polyethene، ويوجد منها نوعان: أحدهما عادي، والآخر مضاف له مادة خاصة لامتصاص الأشعة فوق البنفسجية، ويسمى كوبوليمر copolymer.

١- البوليثلين العادي

يتآكل البوليثلين العادي عندما يتعرض لأشعة الشمس photodegradable، والأشعة فوق البنفسجية هي التي تحدث التمزق. ولهذا.. فإنه يستعمل عادة لموسم زراعي واحد لمدة ٦ - ٩ أشهر، ويحد أقصى سنة واحدة، ثم يجدد بعد ذلك.

٢- الكوبوليمر Copolymer

الكوبوليمر هو نوع من البوليثلين المضاف له مواد خاصة تقوم بامتصاص الأشعة فوق البنفسجية وتبطئ من تحلله، ولذلك فهو يعيش لفترة أطول تصل إلى ١,٥ - ٢ سنة. وتتميز هذه الشرائح بلونها الأصفر. وفيما عدا ذلك، فإنه لا يختلف في خصائصه عن البوليثلين العادي.

أغشية البولي فينايل كلورايد

يطلق على أغشية البولي فينايل كلورايد polyvinyl chloride (اختصاراً PVC) أيضاً اسم أغشية الفينايل Vinyl films. وهي تعيش لفترة تتراوح حسب المصادر المختلفة من ثلاث إلى خمس سنوات، والأغلب أنها تعيش لثلاث سنوات فقط في المناطق الشديدة الحرارة صيفاً. وتستخدم عادة أغشية بسماك ٢٠٠ - ٣٠٠ ميكرون، وتتكلف ٣ - ٤ أمثال البوليثلين العادي سمك ١٥٠ ميكرون.

الأنواع الأخرى من الأغشية البلاستيكية

تعمل الشركات دائماً على إنتاج أنواع جديدة من الأغشية البلاستيكية، منها الأغشية الجامدة، والأغشية الغشائية السهلة التشكيل، لكن كل هذه الأنواع لم يكن لها - حتى الوقت الحاضر - انتشار يذكر، بالمقارنة بالأنواع التي سبق ذكرها في القسمين السابقين.

ومن أهم أنواع البلاستيك الجامد الأخرى نوع يسمى البولي فينايل كلورايد الجامد Rigid Polyvinyl Chloride، وهو أكثر تكلفة من الفيرجلاس، وينفذ الضوء بنسبة ٧٠ - ٨٠%.

ومن أهم أنواع الأغشية البلاستيكية السهلة التشكيل الأخرى ما يلي:

١- البوليثلين تيري فتاليت Polyethylene terephthalate: وهو يباع تحت الاسم التجاري Mylar. وهو ينفذ الضوء بنسبة ٨٨%، والأشعة تحت الحمراء بنسبة ٢٤%، ويجدد عادة كل ٤ سنوات، إلا أنه أكثر تكلفة.

٢- إيثيلين فينايل أسيتيت Ethylene - vinyl Acetate (اختصاراً: EVA): يتميز عن الإيثيلين العادي بأنه:
(أ) أكثر نفاذية للضوء.

(ب) أقل نفاذية للإشعاع الحراري من التربة والنباتات ليلاً.

(ج) أكثر تحملاً للإشعاع الشمسي، ويخدم لمدة تتراوح من ٢ - ٥ سنوات، إلا أنه أكثر تكلفة.

(د) يمكنه أن يتحمل التداول في درجة حرارة تصل إلى -40°م ، بينما لا يتحمل البوليثيلين العادي درجة حرارة أقل من -25°م .

٣- بولي ميثايل ميث أكريليت Polymethyl fluoride (اختصاراً PVF): ينفذ الضوء بنسبة ٩٢%، والأشعة تحت الحمراء بنسبة ٣٣%.

مشاكل استعمال الأغطية البلاستيكية

برغم أن الأغشية البلاستيكية رخيصة الثمن وسهلة التركيب، إلا أن استعمالها يكون عادةً مصحوباً بالمشاكل التالية:

١- غالباً ما تتلف شرائح البلاستيك بسرعة أكبر عند أماكن اتصالها بهيكل البيت بسبب ارتفاع درجة الحرارة عند هذه النقط، وهو الأمر الذي يزيد من معدل أكسدة البلاستيك في وجود الأشعة فوق البنفسجية. وتعالج هذه الحالة إما بصيغ البلاستيك في هذه المواقع بمادة بيضاء عاكسة لأشعة الشمس، أو بتغطية البلاستيك في هذه الأماكن في البيوت ذات الهيكل الخشبي بشريحة خشبية أعرض من جزء الهيكل المثبت عليه البلاستيك بمقدار ٢سم، وتثبت في الهيكل الخشبي بمسامير.

٢- يتعرض البلاستيك للتمزق بفعل العواصف الشديدة.

٣- غالباً ما يتكثف بخار الماء على الجدران الداخلية للبيوت البلاستيكية بسبب برودة الجو خارج البيت، عنه داخله مع زيادة الرطوبة النسبية داخل البيت. ويؤدي التكثف إلى تقليل نفاذية البلاستيك للضوء، كما أن قطرات الماء قد تسقط على النباتات النامية؛ مسببة أضراراً لها. وتعالج مشكلة التكثف هذه بتصميم البيت بحيث يكون انحدار الجدران بنحو $35 - 40$ درجة، حتى تترلق عليها قطرات الماء بسهولة إلى أن تصل إلى الأرض. كما أن توفير التهوية الجيدة يقلل من مشكلة التكثف. ويمكن رش البلاستيك بمادة مضادة للتكثف تسمى تجارياً باسم صن كلير Sun clear، حيث تلغى تماماً هذه المشكلة.

لكن ظاهرة التكثف لها أهميتها أثناء الليل، غد يقلل الغشاء المتكثف من فقد الحرارة المكتسبة أثناء النهار بالإشعاع ليلاً، نظراً لأن الماء غير منفذ للأشعة تحت الحمراء.

المواصفات العامة التي تجب مراعاتها عند إنشاء البيوت المحمية

تجب مراعاة المواصفات العامة التالية عند القيام بإنشاء البيوت المحمية:

- ١- إذا كانت البيوت متلاصقة، فيجب أن يكون سقفها بميل يسمح بتصريف ماء المطر.
- ٢- إذا كانت البيوت في منطقة تكثر فيها الثلوج، فيجب أن يكون غطاؤها وهيكلها قادرين على تحمل ثقل الثلوج قبل ذوبانها، أو أن يتبع نظام البيوت المفردة غير المتلاصقة، مع ترك مسافة مترين بين البيوت المتجاورة لتتجمع فيها الثلوج.
- ٣- يتراوح عرض البيت الواحد عادة من ٣,٦ إلى ٢٤ متراً، أما الطول فيتوقف على رغبة المزارع، لكن يحسن عدم زيادته عن ٦٠ متراً؛ حتى لا يضيع وقت العمال في التنقل داخل البيت.
- ٤- يجب أن يكون باب الصوبة واسعاً بقدر الإمكان ليسمح بدخول الجرار والآليات الصغيرة لإعداد أرض البيت، وسيارات الشحن الصغيرة لنقل المحصول. ويفضل أن يكون عرض الباب حوالي ٢٧٠ سم.
- ٥- يتوقف التصميم والهيكل المناسبين للبيت على نوع الغطاء المستخدم فيلزم التفكير في ذلك الأمر أولاً، علماً بأن الأغشية الزجاجية لا تصلح للمناطق التي يكثر فيها البرد، ولا تناسب المناطق الحارة، نظراً لارتفاع تكلفتها الإنشائية دون أن تحقق مزايا خاصة على البيوت البلاستيكية في هذه المناطق.
- ٦- في حالة إنشاء مجمع من البيوت المحمية *green house range* يجب أن تكون مباني الإدارة والمخازن والثلاجات وأماكن إعداد بيئات الزراعة وعمليات الخدمة العامة في موقع متوسط يسهل الوصول منه إلى جميع البيوت.

الأنفاق البلاستيكية الاقتصادية

تعتبر الأنفاق الاقتصادية economic tunnels - أو الأنفاق التي يمكن السير بداخلها walking tunnels - أرخص أنواع البيوت البلاستيكية، ويبلغ عرضها عادة نحو أربعة أمتار. أما طولها، فيمكن أن يتراوح من ٢٠ إلى ٤٦ متراً، لكن يفضل عدم زيادته عن ٤٠ متراً.

ويتألف الهيكل الأساسي لهذه البيوت من أنابيب مجلفنة قطرها الداخلي نصف بوصة. وتجمع هذه الأنابيب معاً بواسطة سلك قوي مقاس (١٠). ويناسب هذا النوع من الأنفاق زراعة الطماطم، والفلفل، والباذنجان، والفاصوليا، والكوسة، والشليك، والخس. ويمكن التحكم في ارتفاع هذا النوع من البيوت باستخدام أنابيب طويلة للأساسات، مع ترك جزء كبير منها أعلى سطح التربة، وبذلك تتوفر نهايتها الأقواس لتضاف إلى ارتفاع البيت.

وتستعمل لتغطية هذه البيوت قطعة واحدة من البلاستيك بطول ٥٠ متراً، ويعرض ٧,٢ متراً، وبسمك ١٢٥ ميكرون.

طرق التدفئة

تتعدد وتنوع الطرق المستخدمة في تدفئة البيوت المحمية، ولكل طريقة الظروف الخاصة التي تناسبها. ويمكن توصيل جميع نظم التدفئة بمنظم الحرارة الذي يتحكم في تشغيلها، بحيث تظل درجة الحرارة دائماً في الحدود المسموح بها. ويستثنى من ذلك التدفئة بالمدفئات الغازية، ومدافئ الكيروسين، والبارافين، حيث يتم تشغيلها يدوياً خلال فترة انخفاض درجة الحرارة. هذا.. ويفضل نظام التدفئة المركزية Central heating في تجمعات البيوت المتصلة. ويلزم في جميع نظم التدفئة التي تعتمد على الكهرباء في تشغيلها في توليد الحرارة أن يؤمن مصدر إضافي للتدفئة، أو مولد كهربائي احتياطي للاستعانة بأي منهما في حالة انقطاع التيار الكهربائي. وفيما يلي عرض للطرق المتبعة في تدفئة البيوت المحمية.

التدفئة بأنابيب الماء الساخن وأنابيب البخار

يعتمد كلاً النظامين على تسخين الماء في غلايات boilers، ثم نقله في صورة ماء ساخن أو بخار في أنابيب خاصة إلى اخل البيت الذي تتم تدفئته بالإشعاع الحراري من الأنابيب.

وفي حالة التدفئة بأنابيب الماء الساخن hot water pipes يتم تسخين الماء في مراحل خاصة، ثم يدفع في 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 آلياً ليستمر داخل الأنابيب فقط، دون الرجوع إلى المراحل. وعندما يبرد الماء داخل الأنابيب، وتصل درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأدنى المسموح به يقوم منظم الحرارة بفتح الصمام الذي 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 الذي يتحكم في حركة دوران الماء في الأنابيب، فإنه يوجد منظم آخر لحرارة الماء (aquastat) يتصل بالمرجل، ويتحكم في إشعال جهاز تسخين الماء وإطفائه تلقائياً للمحافظة على درجة حرارة الماء، والتي تكون عادة في حدود 80 - 85°م.

أما في حالة التدفئة بأنابيب البخار steam pipes، فإن الماء يتم تسخينه إلى درجة حرارة 102°م، بحيث يتحول إلى بخار تحت ضغط خفيف يصل إلى حوالي خمسة أرتال/ بوصة مربعة. وينظم صمام آلي دوران البخار داخل الأنابيب، وفي فتح الصمام الذي يسمح بإدخال البخار إليها. هذا.. وتكون أنابيب التدفئة مثله قليلاً من أجل إعادة الماء الناتج عن تكثف البخار مرة أخرى إلى المرجل لإعادة تبخيره واستعماله في التدفئة من جديد.. ويعاب على هذا النظام عدم تجانس التدفئة داخل البيت، نظراً لأن الهواء المجاور للأنابيب يكون ساخناً بدرجة كبيرة، الأمر الذي قد يضر بالنباتات القريبة منها. ويمكن الاستفادة من مرجل البخار في تعقيم التربة أيضاً.

حساب احتياجات التدفئة

تستخدم المعادلة التالية لحساب الاحتياجات الحرارية اللازمة لتدفئة البيوت المحمية

بالوحدات الحرارية البريطانية في 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 في الساعة.

A₁ مساحة غطاء البيت بالقدم المربع.

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

R مقاومة مادة جدران البيت (غير الغطاء) لتوصيل الحرارة (مغبراً عنها، بالمقارنة بتوصيل الحرارة في مادة الغطاء).

T أكبر فرق متوقع في درجة الحرارة بين خارج البيت وداخله بالفهرنهايت.

G معامل التوصيل الحراري للغطاء حسب أكبر فرق متوقع في درجة الحرارة بين خارج البيت وداخله.

W معامل سرعة الرياح.

C معامل الإنشاء. تتحدد قيمته بحالة البيت، وكيفية إنشائه، ومدى إحكامه.

وبرغم دقة المعادلة السابقة في تقدير الاحتياجات الحرارية اللازمة، إلا أنها تتطلب

بيانات كثيرة قد لا تتوفر لدى المزارع العادي، لذا فإنه يشيع استخدام صور أخرى منها

أكثر تبسيطاً من السابقة، وفيها تحسب احتياجات التدفئة كالتالي:

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

حيث إن:

H هي احتياجات التدفئة، مقدرة بالوحدات الحرارية البريطانية في الساعة.

u ثابت يتوقف على نوع غطاء البيت.

A مساحة البيت الخارجية بالقدم المربع.

t_i درجة الحرارة الداخلية بالفهرنهايت.

t_0 درجة الحرارة الخارجية بالفهرنهايت.

وبرغم تأثير قيمة u بسرعة الرياح، إلا أن القيم المبينة هي المتفق عليها، على اعتبار أن متوسط سرعة الرياح يبلغ حوالي ٢٤ كم/ ساعة. ولبين تأثير الرياح في هذا الشأن، فإن قيمة u المتفق عليها لغطاء زجاجي من طبقة واحدة - وهي ١,١٣ - تنخفض إلى ١,٠٥ عندما لا يكون البيت معرضاً للرياح، وتزيد إلى ١,١٥ في حالة تعرض البيت للرياح.

ويعني استخدام هذه المعادلة أنه في حالة البيوت البلاستيكية المغطاة بطبقة واحدة من البوليثلين يلزم ١١٥٠ وحدة حرارية بريطانية/ ساعة/ ١٠٠٠ قدم^٢ من المساحة الخارجية للبيت بكل درجة واحدة ففهرنيتية من الفرق في درجات الحرارة داخل وخارج البيت.

منظم الحرارة

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

ولكي تكون كفاءة منظم الحرارة أعلى ما يمكن، تتعين مراعاة ما يلي بشأنه:

١- يجب أن يوضع المنظم في مكان يمثل متوسط درجة الحرارة في البيت، وعلى أن يؤخذ في الاعتبار موضع أنابيب التدفئة أو المدفئات والتيارات الهوائية. وغالباً ما يوضع المنظم بالقرب من وسط البيت.

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

٣- يجب إبعاد المنظم كلية عن أشعة الشمس المباشرة التي تؤدي إلى رفع درجة حرارته عن درجة حرارة الهواء المحيط به. ويتحقق ذلك بوضعه داخل صندوق خشبي، مع دهان السطح الخارجي للصندوق باللون الأبيض أو الفضي لعكس أشعة الشمس.

٤- كما يجب أن يوضع المنظم في مكان جيد التهوية، ويتحقق ذلك بجعل جوانب الصندوق على شكل ريش تعلق 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 10°م، بحيث يعطى رنين جرس في منزل المزارع إذا انخفضت درجة الحرارة إلى هذا الحد. ويفيد ذلك في تدارك الأمر في 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 احتياطي لضمان عمله حتى في حالة انقطاع التيار الكهربائي.

٦- يجب وضع ترمومتر آخر عادي داخل الصندوق للتأكد من دقة عمل منظم الحرارة.

وسائل التوفير في الطاقة اللازمة للتدفئة أو التبريد

لا تعتبر دراسة أساسيات التحكم في درجة الحرارة في البيوت المحمية كاملة، دون الإشارة إلى الوسائل المستخدمة بغرض توفير الطاقة اللازمة للتدفئة أو التبريد، لأن تطبيقها يفيد في تحقيق قدر أكبر من التحكم في درجة الحرارة داخل البيوت.

وفيما يلي بيان بالطرق والوسائل المتبعة بغرض توفير الطاقة اللازمة للتدفئة أو

التبريد في البيوت المحمية:

١- اختيار تصميم البيت وتحديد اتجاهه بما يتناسب والظروف الجوية السائدة في المنطقة، نظراً لأن كلا الأمرين يؤثر على كمية الضوء التي تنفذ داخل البيت، وبالتالي على كمية الطاقة الحرارية التي تصل إلى البيت مع الأشعة الشمسية.

٢- اختيار نوع الغطاء وسمكه بما يتناسب أيضاً والظروف الجوية السائدة في المنطقة، نظراً لأن الغطاء لا يؤثر فقط على كمية الضوء التي تنفذ داخل البيت، بل يؤثر أيضاً على فقد

الحرارة من داخل البيت إلى الخارج، سواء أكان ذلك الفقد بالتوصيل، أم بالإشعاع، أم بالتسرب.

٣- استعمال طبقتين أو ثلاث طبقات من الغطاء بدلاً من طبقة واحدة، نظراً لأن ذلك يقلل معامل التوصيل الحراري للغطاء بدرجة كبيرة. فإذا كان معامل التوصيل الحراري لطبقة واحدة من الغطاء واحداً صحيحاً، فإن هذه القيمة تنخفض بنسبة ٤٢%، و ٥٨% عند استخدام طبقتين وثلاث طبقات من الزجاج على التوالي، وبنسبة ٤٠% عند استخدام طبقتين من البوليثيلين ويعني ذلك انخفاض احتياجات التدفئة والتبريد بنفس النسبة.

٤- ضرورة إقامة البيوت المحمية بجانب مصدات الرياح لخفض معامل سرعة الرياح (w) في حسابات التدفئة.

٥- الاهتمام بحالة البيت ومدى إحكامه، وتغيير الزجاج المكسور أولاً بأول لخفض معامل الإنشاء (c) في حسابات التدفئة.

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

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

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

٩- يمكن خفض الفاقد في الحرارة ليلاً بمقدار ٧٠ - ٨٠% في البيوت المحمية التي تتكون أسقفها من طبقتين من الغطاء بدفع رغوة foam خاصة بين الطبقتين. ويتم ذلك بدفع تيار من الهواء في سائل يتمدد بمقدار ١٠٠٠ ضعف، مكوناً الرغوة التي تنتشر بين طبقتي الغطاء. هذا.. وتتلاشى الرغوة في خلال نصف ساعة، ويتجمع السائل من جديد في

خزان خاص ليتم ضخه من جديد حسب الحاجة. ويمكن استخدام نفس النظام للحماية الجزئية من أشعة الشمس القوية نهاراً.

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 في حالة عدم توفر شباك التظليل رش السطح الخارجي للبيت بالجير في بداية فصل الصيف.

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

استخدام طبقتين من الغطاء في البيوت المحمية

سبق أن بينا أن استعمال طبقتين من الغطاء بدلاً من طبقة واحد يقلل معامل التوصيل الحراري للغطاء بنسبة ٤٠%، ويخفض احتياجات التدفئة - والتبريد - بنفس القدر. ولهذا.. فقد اتجهت الدراسات نحو الاستفادة من هذه الخاصية. وكانت البداية في البيوت البلاستيكية، نظراً لرخص أغشية رقائق البلاستيك كثيراً عن ألواح الزجاج أو الفيبرجلاس.

هذا.. ولتحقيق أكبر قدر من الاستفادة من طبقتي الغطاء في خفض معامل التوصيل الحراري يلزم تأمين مساحة اربعة 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 في خفض معامل التوصيل الحراري. وفي حالة تلامسهما، فإنهما يعملان معاً كطبقة واحدة، ولا يؤثران على معامل التوصيل. أما في حالة زيادة المسافة بينهما، فإن ذلك يكون مصاحباً بتحركات للهواء المحصور بينهما، فإذا ما وصلت المسافة بينهما إلى ٢٠ سم، تولدت تيارات هوائية تحمل الحرارة من الطبقة الداخلية إلى الطبقة الخارجية، ثم إلى الجو الخارجي، وبذلك تنخفض كفاءتهما في العزل الحراري.

يتم تثبيت طبقتي البلاستيك من خارج البيت. ويفضل أن تكون شريحة البلاستيك الخارجية بسمك ١٥٠ ميكرون، والداخلية بسمك ١٠٠ ميكرون. ويتم تأمين الوسادة الهوائية بين طبقتي البلاستيك بدفع تيار مستمر من الهواء بينهما ويتم ذلك بتخصيص موتور صغير لدفع الهواء motor blower لكل بيت يكون قادراً على دفع ٠,٧٥ - ١,٥٠ م^٣ من الهواء/ دقيقة، وبقوة نصف حصان تقريباً، ويستهلك ٤٠ وات/ ساعة ويجب أن يكون الضغط بين سريحتي البلاستيك ٥ - ٧,٥ مم ماء. ويمكن قياس ذلك بواسطة مانومتر monometer يتم تصنيعه من أنبوبة بلاستيكية شفافة بطول ٦٠ سم تثني على شكل حرف U، وتثبت على لوحة خشبية يوضع أحد طرفيها بين سريحتي البلاستيك، والطرف الآخر داخل البيت، ومع إضافة ١٥ - ٢٠ سم طولي من الماء في الأنبوبة يمكن قراءة الفرق بين مستوى سطح الماء في طرفي الأنبوبة. وكل فرق مقداره ٥

مم يعنى ضغطاً مقداره ١ رطل/ بوصة مربعة. هذا.. ويمكن تدريج الأنبوبة واستعمال ماء ملون ليتمكن رؤيته بسهولة.

ومن أهم مزايا استخدام طبقتين من البلاستيك ما يلي:

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

٢- تقليل أو منع ظاهرة التكثف، ويتبع ذلك نقص أو انعدام الأضرار التي 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 في حالة التلف المفاجئ لإحدى الشريحتين، خاصة في الجو الشديد البرودة أو الحرارة.

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

طرق التدفئة

تتعدد وتنوع الطرق المستخدمة في تدفئة البيوت المحمية، ولكل طريقة الظروف الخاصة التي تناسبها. ويمكن توصيل جميع نظم التدفئة بمنظم الحرارة الذي يتحكم في تشغيلها، بحيث تظل درجة الحرارة دائماً في الحدود المسموح بها. ويستثنى من ذلك التدفئة بالمدفئات الغازية، ومدافئ الكيروسين، والبارافين، حيث يتم تشغيلها يدوياً خلال فترة انخفاض درجة الحرارة. هذا.. ويفضل نظام التدفئة المركزية Central heating في تجمعات البيوت المتصلة. ويلزم في جميع نظم التدفئة التي تعتمد على الكهرباء في تشغيلها في توليد الحرارة أن يؤمن مصدر إضافي للتدفئة، أو مولد كهربائي احتياطي للاستعانة بأي

منهما في حالة انقطاع التيار الكهربائي. وفيما يلي عرض للطرق المتبعة في تدفئة البيوت المحمية.

١- التدفئة بأنابيب الماء الساخن وأنابيب البخار

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

وفي حالة التدفئة بأنابيب الماء الساخن hot water pipes يتم تسخين الماء في مراحل خاصة، ثم يدفع في 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 آلياً ليستمر داخل الأنابيب فقط، دون الرجوع إلى المراحل. وعندما يبرد الماء داخل الأنابيب، وتصل درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأدنى المسموح به يقوم منظم الحرارة بفتح الصمام الذي 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 الذي يتحكم في حركة دوران الماء في الأنابيب، فإنه يوجد منظم آخر لحرارة الماء (aqua stat) يتصل بالمرجل، ويتحكم في إشعال جهاز تسخين الماء وإطفائه تلقائياً للمحافظة على درجة حرارة الماء، والتي تكون عادة في حدود 80 - 85°م.

أما في حالة التدفئة بأنابيب البخار steam pipes، فإن الماء يتم تسخينه إلى درجة حرارة 102°م، بحيث يتحول إلى بخار تحت ضغط خفيف يصل إلى حوالي خمسة أرتال/بوصة مربعة. وينظم صمام آلي دوران البخار داخل الأنابيب، وفي فتح الصمام الذي يسمح بإدخال البخار إليها. هذا.. وتكون أنابيب التدفئة مائلة قليلاً من أجل إعادة الماء الناتج عن تكثف البخار مرة أخرى إلى المرجل لإعادة تبخيره واستعماله في التدفئة من جديد.. ويعاب على هذا النظام عدم تجانس التدفئة داخل البيت، نظراً لأن الهواء المجاور للأنابيب يكون ساخناً بدرجة كبيرة، الأمر الذي قد يضر بالنباتات القريبة منها. ويمكن الاستفادة من مرجل البخار في تقييم التربة أيضاً.

هذا.. وقد كان المتبع قديماً استعمال أنابيب حديدية بقطر ٤ بوصات للتدفئة. هذه الأنابيب كان يعاب عليها ضعف كفاءتها، نظراً لبطء إشعاع الحرارة منها، فضلاً عن صوبة تداولها، نظراً 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 في الساعة، لأن كل قدم طولي من الأنابيب يشع: ١٦٠ وحدة حرارية بريطانية/ ساعة في حالة الأنابيب بقطر ٢ بوصة، وعند استخدام ماء حرارته 82°م.

٢١٠ وحدة حرارية بريطانية/ ساعة في حالة الأنابيب بقطر ١ بوصة، وعند استخدام بخار حرارته 102°م.

١٨٠ وحدة حرارية بريطانية/ ساعة في حالة الأنابيب بقطر ١ بوصة، وعند استخدام بخار حرارته 102°م.

وقد استخدم نوع جديد من الأنابيب ذو سطح خارجي كبير يطلق عليه اسم fin pipes، وهي أنابيب عادية، إلا 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- التدفئة بتيارات الهواء الدافئ

تستخدم في التدفئة بنظام تيارات الهواء الدافئ Circulating Warm Air مراوح كهربائية لتحريك الهواء الذي يتم إنتاجه إما بمدافئ كهربائية أو بوحدة تدفئة تعمل بالنفط أو بالغاز. والطريقة الثانية أرخص من استعمال المدافئ الكهربائية، وفيها يتم حرق النفط أو الغاز خارج البيت، حيث تطلق نواتج الاحتراق بالجو الخارجي، بينما يدفع تيار الهواء الدافئ 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.

٣- المدافئ الكهربائية

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

٤- مدافئ الكيروسين أو البارافين

لا تستخدم مدافئ الكيروسين أو البارافين إلا 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، نظراً لأنها تحتاج إلى الأكسجين لعملها، بينما تكون البيوت البلاستيكية غالباً محكمة الغلق. وكقاعدة عامة.. تلزم بوصة مربعة (٦,٢٥ سم^٢) من مقطع الأنبوبة الموصلة للهواء لكل ٢٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية (But)، وعليه.. يجب أن تكون مساحة مقطع الأنبوبة الموصلة للهواء نحو ٣٠٠ سم^٢ لتشغيل مدفأة قوتها ١٠٠٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية.

٥- التدفئة بالطاقة الشمسية

يعمل نظام التدفئة بالطاقة الشمسية Solar Heating على مبدأ تخزين الحرارة الناتجة من أشعة الشمس نهاراً بواسطة تسخين الماء وحفظه في خزانات لإعادة استخدامه في التدفئة ليلاً.

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 على خزان متصل بها ببطء 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 في التدفئة تتأثر بشدة، وتنخفض كثيراً في الجو الملبد بالغيوم، الأمر الذي يدعو إلى تجهيز البيت بنظام تدفئة احتياطي كمواقد الكيروسين مثلاً.

كما يستفاد من الطاقة الشمسية في تدفئة نوع من البيوت الحمية يطلق عليها اسم Solar Green House. وقد أنشئت أول مجموعة من هذه البيوت بمعهد الأبحاث الزراعية الوطني (NRA) في Montfavet بفرنسا، وهي بيوت زجاجية تتكون أسقفها من طبقتين من الزجاج: العلوية منها زجاج عادي، والسفلية عبارة عن نوع خاص يمتص الأشعة تحت الحمراء. ويمر على طبقة الزجاج السفلية تيار مستمر من الماء يقوم بامتصاص الحرارة فهراً، ويستخدم في التدفئة ليلاً، ويحفظ الماء في مخازن تحت الأرض خارج البيت. وعندما تتغير حرارة الماء بدرجة كبيرة، فإنه يخلط بماء جوفي يسحب أولاً بأول بطلمبات خاصة، علماً بأن حرارة الماء الأرضي تتراوح دائماً من ١٢ - 15°م.

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

٦- التدفئة بالأشعة تحت الحمراء

يؤدي استخدام الأشعة تحت الحمراء في التدفئة إلى رفع درجة حرارة النباتات فقط، مع بقاء هواء البيت بارداً، لكن تظهر اختلافات في درجة الحرارة بين أجزاء النبات الواحد، لأن الأجزاء المظللة لا تصلها الأشعة، وتبقى باردة. وبالمقارنة بالطرق الأخرى للتدفئة، فإن هواء البيت - في حالة التدفئة بالأشعة تحت الحمراء - يكون أبرد، وتكون رطوبته النسبية أعلى. وقد ناقش Challa (١٩٨٠) تأثير استخدام الأشعة تحت الحمراء

في تدفئة البيوت المحمية على المحاصيل المختلفة من عدة جوانب، منها الاختلافات في درجات حرارة الهواء والتربة والنبات، والعلاقات المائية.

طرق التبريد

تعد البيوت المحمية المبردة ضرورة لا غنى عنها لإنتاج الخضروات خلال شهور الصيف في بعض دول العالم، والتي من أمثلتها دول الخليج العربي التي يزيد المعدل الشهري لدرجة الحرارة العظمى في معظم أرجائها عن 40° م خلال الفترة من مايو حتى سبتمبر. وقد تصل درجة الحرارة العظمى في بعض أيام الصيف إلى 50° م، وهو الأمر الذي يستحيل معه إنتاج معظم محاصيل الخضر في الحقول المكشوفة، فضلاً عن انخفاض الرطوبة النسبية في المناطق الداخلية البعيدة عن السواحل إلى مستويات تقل غالباً عن ١٥%، وهي دون الحد المناسب للنمو النباتي، والتلقيح، وعقد الثمار وحتى يمكن إنتاج الخضر خلال هذه الأشهر الشديدة الحرارة في هذه المناطق، فإنه يتعين خفض درجة الحرارة بمقدار 15° م، ورفع الرطوبة النسبية إلى نحو ٧٠ - ٨٠%، ولا يتأتى ذلك إلا داخل هذا.. وتتبع طريقتان رئيسيتان في تبريد البيوت المحمية هما: التبريد بالرذاذ أو الضباب، والتبريد بمبردات الهواء. أما التبريد بمكيفات الهواء، فلا يصلح للإنتاج التجاري للخضر، نظراً لارتفاع تكاليفه، ولكنه قد يستخدم في البيوت المخصصة للبحوث العلمية.

١- التبريد بالرذاذ أو الضباب

يعرف نظام التبريد بالرذاذ أو الضباب mist باسم "التضبيب" misting. ويتم في هذه الطريقة ضخ الماء في ضغط مرتفع لا يقل عن ٤٢ كجم/سم^٢ (٦٠٠ رطل/ بوصة^٢) في أنابيب تثبت أعلى مستوى النباتات، حيث يخرج الماء من بشابير خاصة على شكل رذاذ دقيق جداً يشبه الضباب، فيتبخر بسهولة؛ وبالتالي تنخفض درجة الحرارة، كما ترتفع الرطوبة النسبية، ويلزم لنجاح هذه الطريقة أن تتوفر كميات كبيرة من الماء الخالي تقريباً من الأملاح.

هذا.. وقد يستعمل نظام التبريد بالضباب منفرداً، كما هو الحال في المناطق المعتدلة، أو مع نظام التبريد بمبردات الهواء في المناطق الشديدة الحرارة. ففي المناطق المعتدلة يفيد الضباب في تلطيف جو البيت وخفض درجة الحرارة بعد الظهر حين لا تكون التهوية كافية بمفردها لخفض حرارة البيت. كما يساعد الضباب على زيادة الرطوبة

النسبية إلى الدرجة التي تسمح بالعقد الجيد لثمار بعض المحاصيل كاللقاؤون. أما في المناطق الحارة، فإن الضباب يساعد مع مبردات الهواء في إحداث خفض أكبر في درجة الحرارة؛ نظراً لأن المبردات قد لا تكفي بمفردها في الفترات الشديدة الحرارة. ويستفاد من ذلك أنه ينصح بتركيب نظام "التنضيب" في جميع البيوت المحمية في المناطق المعتدلة والحارة على حد سواء.

هذا ويمكن الاستفادة من نظام التبريد بالضباب في تزويد النباتات بجزء من مياه الري التي تلزمها. وقد لا تروى النباتات إلا بالريذاذ، لكن يعاب على هذه الطريقة أن أرض البيت تصبح موحلة. ويمكن التغلب على هذه المشكلة بفرش الممرات بالبلاستيك أو بالزراعة في بالات القش المضغوط.

٢- التبريد بمبردات الهواء

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

يعتمد التبريد في 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 في أحد جانبي البيت، بينما توجد الوسائد في الجانب الآخر. وعند وصول درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأقصى المسموح به يقوم المنظم بتشغيل كل من مروحة ومضخة ماء. تقوم المضخة بدفع تيار من الماء أعلى الوسائد لجعلها رطبة بصفة دائمة، بينما يؤدي تشغيل المروحة إلى إحداث تفرغ داخل البيت، يتبعه اندفاع الهواء من خلال الوسائد المبتلة، حيث يتبخّر جزء من الماء، وبالتالي يكون الهواء الداخل للبيت بارداً أو رطباً. أما الماء الذي لا يتبخّر، فإنه يتجمع أسفل الوسادة ليتم ضخه مرة أخرى... وهكذا.

ويتم التبريد في 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 الخارجي، وقد يصل الفرق في درجة الحرارة بين الهواء الداخل إلى الوسادة والهواء الخارج منها إلى $6 - 14$ م، لكن ترتفع درجة حرارة الهواء الذي يمر خلال البيت

تدرجياً، ويقدر الفرق بين درجتي الحرارة عند الوسادة وعند المروحة بنحو ٣ - ٤ درجات مئوية.

الوسائد 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، إلا أن هذه النوعية لم يعد لها استعمال كبير في الوقت الحاضر، نظراً لضعف كفاءتها، وضرورة تغييرها سنوياً. أما الوسائد الحديثة، فإنها تتكون من ورق سيليلوزي معرج، ومشبع بأملاح غير ذائبة، وبمواد تزيد من صلابة الورق مع بعض المواد التي تساعد على البلل. وتستخدم هذه الوسائد لمدة ١٠ سنوات أو أكثر. وهي تتوفر بسمك يتراوح من ١٠ - ٣٠ سم، علماً بأن زيادة السمك تعني نقص المسطح العام للوسادة الذي يجب توفره لتحقيق التبريد اللازم. وتزيد كفاءة هذه النوعية من الوسائد كثيراً عن كفاءة الوسائد التي تملأ بالمواد الماصة. فبينما نجد أنه تلزم قدم مربع واحد من سطح وسادة عادية لكل ١٥٠ قدم مكعب من الهواء المار خلالها في الدقيقة، نجد أن نفس المساحة من الوسائد الجديدة سمك ١٠ سم تكفي لكل ٢٥٠ قدم مكعب من الهواء المار خلالها في الدقيقة.

هذا.. ويوضح شكل (٢ - ١٠) التركيب العام للوسادة، وكيفية تزويدها بالماء اللازم للتبريد. أما شكل (٢ - ١١)، فيبين التركيب الدقيق لمكونات الوسادة وملحقاتها. ويصل الماء إلى الوسادة من خلال أنبوبة (بلاستيكية غالباً) تثبت أفقياً أعلى الوسادة وبامتداد طولها تكون هذه الأنبوبة مسدودة من طرفيها، وتوجد بأسفلها ثقب كل نحو ١٠ سم، وتتصل من منتصفها بمصدر الماء. ولا يجوز أن يصلها الماء من أي موقع آخر، خاصة عندما يزيد طول الوسادة عن ٢٢ متراً. وتوضع مصفاة أسفل الأنبوبة لتوزيع الماء بتجانس قبل أن يسقط على الوسادة. وقد لا توجد مثل هذه المصفاة، لكن يجب أن تكون ثقب الأنبوبة في هذه الحالة متقاربة بدرجة تسمح بحسن توزيع الماء على الوسادة بانتظام. وتثبت الوسادة أسفل المصفاة في وضع رأسي. ونظراً لأن الوسادة تتحدد بالبلل وتنكمش بالجفاف، فإنها توضع داخل شبكة سليكة. كما يوجد مجرى أسفل الوسادة لتلقي الماء الزائد الذي ينتقل بعد ذلك إلى خزان للماء يوجد أسفل المجرى، وهو الذي

يضخ فيه الماء إلى أعلى الوسادة. ويغطي السطح العلوي لهذا المجرى حتى لا تتجمع به أية بقايا أو شوائب.

كما توجد وسائد أفقية توضع فيها مواد، مثل الفيرميكيوليت أو "بروة" الخشب على شبكة سلكية لتعمل كمسطح للتبخّر مع السماح بمرور الهواء من خلالها. ويحافظ على الوسادة رطبة باستمرار بواسطة "التضبيب". كما قد يوجد عدد من الوسائد الأفقية التي تثبت فوق بعضها على جانب البيت من الخارج.

Fan المروحة

يجب أن تثبت المروحة في جانب البيت الذي لا يواجه الرياح، في حين تكون الوسادة في 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 عاملاً مهماً إلا بقدر ما تكون مراوح إحدى مجموعتي البيوت غير مقابلة لوسائد المجموعة المجاورة، لأن ذلك يؤدي إلى طرد الهواء الساخن من المجموعة الأولى ليدخل في البيوت المجاورة. ويحسن في هذه الحالة أن تكون وسائد مجموعتي البيوت متقابلة، لكن هذه المشكلة تقل تدريجياً بزيادة المسافة بين مجموعتي البيوت، حتى تنعدم تماماً عندما تكون المسافة بينهما ٢٠ متراً أو أكثر.

مسار الهواء المبرد

يفضل أن يكون مسار الهواء المبرد باتجاه عرض البيت، وموازياً لخطوط الزراعة، وفي مستوى النمو النباتي. ولتحقيق ذلك يجب وضع الوسائد في مستوى النباتات أو أعلى قليلاً. حتى تزيد فرصة مرور الهواء البارد من خلال النباتات، لكن نظراً لأن تيار الهواء يجد مقاومة من النباتات، فإننا نجد أن مسار الهواء يتجه لأعلى بزاوية ٧ درجات (أي بمعدل متر لكل ثمانية أمتار) تاركاً جيوباً غير مبردة في مستوى النمو النباتي.

ويمكن تصحيح ذلك الوضع بتثبيت شرائح من البوليثلين الشفاف تتدلى من قمة البيت عمودياً على مسار الهواء، حتى تجبره على أن يسلك مساراً سفلياً بين النباتات.

تثبت هذه الشرائح كل عشرة أمتار. ويجب أن يكون طرفها المتدلي بعيداً بعداً كافياً عن قمة النباتات، حتى لا تعوق حركة الهواء.

العوامل المؤثرة على كفاءة التبريد

تتوقف درجة التبريد التي يمكن تحقيقها بنظام المروحة والوسادة على عاملين

رئيسيين هما:

١- معدل سحب الهواء الدافئ 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 في الجو الخارجي. والعامل الأخير لا يمكن التحكم فيه، ولذا فإنه لا يؤخذ في الاعتبار عند حساب احتياجات التبريد، لكن يجب أن نتذكر أن أقصى درجة تبريد يمكن الحصول عليها بهذه الطريقة تبلغ حوالي ٨٠% من الفرق بين قراءتي الترمومترين الجاف والمبتل في العراء، وبذلك يزداد التبريد الممكن تحقيقه كلما ازداد الفرق بين القراءتين، أي كلما ازدادت مقدرة الهواء على تبخير الماء، أي كلما انخفضت الرطوبة النسبية. وتصبح فعالية هذه الطريقة في التبريد معدومة تقريباً عندما تصل الرطوبة النسبية إلى حوالي ٨٠%.

هذا.. وتزداد مقدرة الهواء على حمل الرطوبة كلما ارتفعت درجة حرارته. 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 في حدود ٨ قدم^٣ في الدقيقة لكل قدم مربع من مساحة البيت، مع افتراض أنه يمسح بفرق سبع درجات فهرنهايتيه (حوالي أربع درجات مئوية) بين المروحة والوسادة، وأن المسافة بين المراوح والوسائد تزيد عن ١٠٠ قدماً (حوالي ٣٣ متراً). فإذا أحل بأي من هذه الشروط والفروض لزم استعمال معامل خاص لتصحيح المعدل اللازم لسحب الماء من البيت عن المعدل المذكور وهو ٨ قدم^٣ / دقيقة/

قدم^٢ من مساحة البيت. وفيما يلي عرض لهذه الشروط والفروض، وكيفية تأثيرها على عملية التبريد.

١- منسوب البيت (ارتفاعه عن سطح البحر)

من الضروري 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، علماً بأن كثافة الهواء تقل كلما ارتفعنا عن سطح البحر. ولهذا.. يجب استعمال معامل خاص لتصحيح المعدل اللازم لسحب الهواء من البيت يرمز له بالرمز (Felev)، أو معامل التصحيح الخاص بالمنسوب أو الارتفاع عن سطح البحر.

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 في حدود ٣٣ - ٤٥ متراً. فإذا زادت المسافة عن ذلك يحتاج الأمر إلى مراوح ضخمة. وإذا نقصت المسافة عن ٣٣ م لا ينتشر الهواء المبرد في كل أرجاء البيت، بل يميل في حركته نحو مسار ضيق من الوسادة إلى المروحة. وتلزم في هذه الحالة زيادة سرعة سحب الهواء من البيت لتصحيح ذلك الوضع. ويستخدم لذلك معامل خاص لتصحيح يرمز له بالرمز (Fvel)، أو معامل التصحيح الخاص بالمسافة من الوسادة إلى المروحة.

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 (Flight).

٤- الفرق المسموح به في درجة الحرارة بين الوسادة والمروحة

يحتاج الأمر إلى معامل تصحيح رابع للفرق الذي يسمح به في درجة الحرارة بين الوسادة والمروحة، لأن المعدل القياسي لسحب الهواء - هو ٨ قدم^٣ / دقيقة / قدم^٢ من مساحة البيت - يؤخذ في الاعتبار فرق قدره ٤ درجات مئوية (أو ٧ درجات فهرنهايت) 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 (Ftemp)، ويعرف باسم معامل التصحيح الخاص بالفرق المسموح به في درجة الحرارة بين الوسادة والمروحة.

٥- التحكم في الإضاءة

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

التحكم في شدة الإضاءة

خفض شدة الإضاءة

يتطلب الأمر خفض شدة الإضاءة في حالات خاصة هي:

١- خلال فصل الصيف في الجو الصحو بالمناطق الحارة، حيث تزداد شدة الإضاءة بدرجة كبيرة، ويتحول جانب كبير من الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية؛ فترتفع بذلك درجة الحرارة كثيراً داخل البيوت.

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

ويتم التحكم في شدة الإضاءة بصورة جيدة باستعمال شبك التظليل البلاستيكية المناسبة التي تحدث تظليلاً بدرجات تتراوح من ١٠ - ٩٠% حسب الحاجة. كما يمكن خفض شدة الإضاءة برش غطاء البيت من الخارج بالجير، إلا أن ذلك يترك رواسب يصعب التخلص منها عند حلول فصل الشتاء.

زيادة شدة الإضاءة

نجد في المناطق الشمالية الباردة أن أشعة الشمس تسقط على سطح الأرض خلال فصل الشتاء بزواوية صغيرة، كما تكون السماء ملبدة بالغيوم معظم ساعات النهار. ويتبع ذلك أن الإضاءة تكون ضعيفة في هذه المناطق، مما يستلزم توفير بعض الإضاءة الصناعية في البيوت المحمية. ومما يساعد على جعل الإضاءة الإضافية هذه أمراً اقتصادياً في هذه المناطق أن البيوت المحمية تظل مغلقة خلال فصل الشتاء بسبب برودة الجو، مما يستدعي تغذية البيوت بغاز ثاني أكسيد الكربون. وقد وجد في العديد من الدراسات أن استفادة النباتات من غاز ثاني أكسيد الكربون المضاف تزداد مع زيادة شدة الإضاءة.

ومن أهم مصادر الإضاءة الصناعية لمبات التنجستون، ولمبات الفلورسنت (النيون)، وهما تختلفان كثيراً في توزيع الموجات الضوئية التي تنبعث من كل منهما. فلمبات التنجستون تبعث بالضوء من الفتيل الذي يسخن بدرجة كبيرة، مرسلًا أشعة تبدأ من الطيف الأزرق (٣٥٠ مللي ميكرون)، وتستمر حتى طيف الأشعة تحت الحمراء (٧٥٠ مللي ميكرون)، ويكون ضوء لمبات التنجستون غنياً في محتواه من الأشعة تحت الحمراء التي تفقد في صورة حرارة. ولا يتحول إلى ضوء سوى ٥% فقط من إجمالي الإشعاع الصادر من لمبات التنجستون. ولهذا.. فلمبات التنجستون تعد قليلة الكفاءة في زيادة شدة الإضاءة اللازمة لعملية البناء الضوئي، إلا أنها تفيد في زيادة تدفئة النباتات، وفي التحكم في إزهار النباتات التي تتأثر بالفترة الضوئية في إزهارها.

أما لمبات الفلورسنت، فإنها تبعث بضوء منخفض في الأشعة الحمراء، ولا يحتوي على أية أشعة تحت حمراء، ولذا نجد أن اللمبات تكون باردة. ويحتوي ضوء لمبات الفلورسنت على باقي ألوان الطيف بصورة قريبة من تلك الموجودة في أشعة الشمس. ولهذا السبب فإنه يجب لكي يتحقق أفضل نمو بالضوء الصناعي استعمال كل من لمبات التنجستون والفلورسنت معاً، حتى تكمل بعضها البعض لإنتاج أشعة أقرب من طيف أشعة الشمس أكثر من أي منهما منفردة.

وإلى جانب الإضاءة الصناعية، فإن الاختيار الأمثل لشكل البيت واتجاهه ومادة الغطاء يساعد على زيادة نفاذية الضوء إلى داخل البيت.

التهوية

توجه عناية كبيرة نحو نظام التهوية في 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 في المناطق المعتدلة، وخلال فصل الشتاء في المناطق الحارة.
- ٢- تؤدي التهوية إلى تجديد هواء البيت، فيمكن بذلك المحافظة على التركيز الطبيعي لغاز ثاني أكسيد الكربون، لأن تركيز الغاز يقل سريعاً في البيوت غير الجيدة التهوية لاستنفاذه من قبل النباتات في عمليات البناء الضوئي.
- ٣- غالباً 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 في الجو البارد. ولا توجد وسيلة فعالة لإحداث خفض ملموس في الرطوبة النسبية إلا بالتهوية الجيدة؛ وبذلك فإنها تقلل من فرصة انتشار الأمراض؛ وتؤدي إلى التخلص من ظاهرة تكثف قطرات الماء وسقوطها على النباتات.

التهوية من خلال منافذ خاصة في الجدران والأسقف

تعتبر أبسط طرق التهوية هي يعمل فتحات خاصة في جدران أو أسقف البيوت المحمية يتم من خلالها تغيير هواء البيت بطريقة طبيعية، حيث يخرج الهواء الداخلي الدافئ الذي يتجمع قرب سقف البيت من الفتحات العلوية ليحل محله الهواء الخارجي البارد من الفتحات الجانبية. والقاعدة في هذه الطريقة للتهوية أنه كلما اتسعت الفتحات، ازدادت سرعة خفض درجة الحرارة داخل البيت، وأمكن المحافظة عليها في المجال المناسب للنمو النباتي. ولتحقيق ذلك يجب ألا تقل مساحة فتحات التهوية عن ١٧% من مساحة البيت.

ففي المناطق المعتدلة يجب أن تتسع فتحات التهوية، وتمتد ما بين شرائح البلاستيك المغلفة للبيت. أما في المناطق الحارة، فإن فتحات التهوية يجب أن يزداد اتساعها وتوزع في

جوانب البيت والأسقف. أما في المناطق الباردة التي تنتشر فيها البيوت الزجاجية من النوع الجمالوني المتناظر الانحدار على جانبي البيت، فإن فتحات التهوية توجد غالباً في قمة البيت على جانبي الجمالون. وأياً 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 في حالة الرياح الخفيفة، فإنه يمكن تشغيل فتحات التهوية في جانب البيت غير المواجه للرياح.

ويتم التحكم في فتح وغلق فتحات التهوية بإحدى الطرق الآتية:

- ١- يدوياً بفتح أو غلق الأبواب أو فتحات التهوية الكبيرة.
- ٢- يدوياً بإدارة عجلة خاصة تتصل مع فتحات التهوية بأسلاك.
- ٣- آلياً حيث يتم توصيل فتحة التهوية بمنظم الحرارة الذي يعمل على تشغيل جهاز منافذ التهوية عند ارتفاع درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأقصى المسموح به.

التهوية بنظام المنافذ والمراوح

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

التهوية بنظام الأنبوبة البلاستيكية

تستخدم في هذا النظام للتهوية أنبوبة من البوليثلين بقطر ٥٠ - ٧٥ سم تتدلى من سقف البيت بطوله أعلى مستوى النباتات. توجد بهذه الأنبوبة ثقب صغيرة على

الجانبين في الجهة السفلية يخرج منها الهواء ليتوزع في أرجاء البيت، وهي مسدودة من أحد طرفيها، ومفتوحة من الجانب الآخر على المنفذ الذي يأتيها منه الهواء.

التهوية في الجو البارد

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

ولعمل هذا النظام تثبت مروحة كبيرة ساحبة للهواء في جانب من البيت، بينما يوصل أحد طرفي الأنبوبة البلاستيكية بفتحة في جانب آخر. ويؤدي تشغيل المروحة إلى توليد تفرغ داخل البيت؛ فيندفع الهواء بالتالي من خارج البيت خلال الفتحة المطلة على الأنبوبة البلاستيكية لتنتفخ الأنبوبة بالهواء الخارجي البارد الذي يخرج من خلال الفتحات الصغيرة ليوزع بالتدريج في جميع أرجاء البيت.

التهوية، مع المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت

يمكن استخدام نظام الأنابيب البلاستيكية في المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت مع إجراء التهوية في 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 دائماً مملوءة بالهواء.

ففي حالة التهوية يؤدي تشغيل المروحة الساحبة للهواء إلى إحداث تفرغ جزئي في البيت، فيندفع الهواء من خلال الفتحة التي توجد في جدار البيت (والتي تكون مغطاة بريش خاصة تفتح عند اندفاع الهواء من خلالها) لتتلقفه المروحة القريبة المثبة في طرف الأنبوبة البلاستيكية، وتدفعه داخل الأنبوبة ليتوزع في 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 الخارجي البارد الداخل إلى البيت إلى أسفل نحو النباتات، بدلاً من سحبه إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية.

أما عندما لا تعمل المروحة الساحبة للهواء من داخل البيت (أي عندما لا تكون هناك حاجة للتهوية)، فإن المروحة الدافعة للهواء إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية (والتي تعمل باستمرار) تؤدي إلى تحريك هواء البيت باستمرار، محققة المزايا التالية:

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

٢- تحريك غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يقل تركيزه حول النبات.

٣- تقليل فرصة الإصابة بالأمراض بتقليل الرطوبة النسبية حول الأوراق.

العوامل البيئية داخل البيوت المحمية

من أهم العوامل البيئية (الجوية منها والأرضية) ما يلي :-

١- درجة الحرارة .

٢- الرطوبة النسبية .

٣- شدة الإضاءة .

٤- نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون .

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

٦- الرطوبة الأرضية .

٧- العناصر الغذائية .

الحرارة :

تفيد دراسة طرق انتقال الحرارة في :-

- ١- زيادة كفاءة عملية التدفئة بتقليل الحرار من داخل البيت الى خارجه ، مع الاستفادة من الطاقة الشمسية نهاراً والحرارة الصادرة من الأجساد الصلبة داخل البيت ليلاً
- ٢- زيادة كفاءة عملية التبريد بتقليل اكتساب البيت للحرارة من الجو الخارجي مع سرعة التخلص من هذه الحرارة أولاً بأول .

الحرارة :

الحرارة أحد العوامل المناخية التي يمكن التحكم بها داخل البيوت المحمية ولكنها في الوقت نفسه تتطلب قدراً كبيراً من الدقة .

هذا ويفيد التحكم في درجات حرارة البيوت المحمية في أمور كثيرة منها :

- ١- توقيت وصول المحصول النهائي الى الأسواق لتحقيق أعلى ربح كما في حالة بعض النباتات الزينة التي تستخدم في مناسبات خاصة .
- ٢- جعل المحصول ملائماً لمتطلبات السوق (إطالة النمو الخضري، الأقلمة الخ).
- ٣- التغلب على الأحوال الغير ملائمة للنمو مثل قلة الإضاءة وقلة كميات Co2 ، الأمراض أو التسميد الغير مناسب .

يقصد بالاصطلاح درجة الحرارة : مدى سخونة أو برودة جسم ما حيث يمكن عن طريقها التعبير عن مقدار أو شدة السخونة بين جسمين أو أكثر تعني درجة الحرارة المقدرة على نقل السخونة الى جسم أبرد، يمكن التعبير عنها بالمقاييس الاختبارية التالية :

● درجة مئوية degree Celsius C

● درجة فهرنهايت degree Fahrenheit F

● درجة كالفن degree Kelvin K

Calaries (cal). British يمكن التعبير عنها بـ Heat بينما "السخونة" thermal Units BTU, Or Joulas J.

$\frac{9}{5}$	\times	F	$=$	C	$+ 32$
$\frac{5}{9}$	\times	C	$=$	F	$- 32$

طرق انتقال الحرارة :

تفيد دراسة طرق انتقال الحرارة في أمور كثيرة أهمها :-

١- تحسين كفاءة عملية التدفئة .

٢- تحسين كفاءة عملية التبريد .

هذا وتنتقل الحرارة بأربع طرق رئيسية هي :-

Radiation ١- الإشعاع :

في شكل موجات كهرومغناطيسية تنتقل في الفضاء، ويتحول هذا الإشعاع الى طاقة حرارية بمجرد ملامسته مع أي سطح .

فالبيوت المحمية تكتسب الحرارة نهاراً مع الإشعاع الشمسي النافذ خلال الغطاء وتتحول الى طاقة حرارية عند ملامستها للتربة والنبات وبالمقابل فإن الأجسام الدافئة داخل البيت تنطلق منها الحرارة بالإشعاع الى الخارج وفي صورة أشعة طويلة الموجة (تحت الحمراء) ليلاً ونهاراً طالما كان مهناك فارق في درجات الحرارة داخل وخارج البيت .

ويستفاد من هذا فيما يلي :-

أ. في الجوى البارد : يلزم الاستفادة من الإشعاع الشمسي بأكبر قدر ممكن وذلك

باختيار التصميم والاتجاه المناسبين، ويفضل الغطاء الغير المنفذ للأشعة تحت الحمراء للاحتفاظ بها داخل البيت ليلاً ونهاراً .

ب. في الجو الحار المشمس يلزم حفظ قفازية غطاء البيت للإشعاع الشمسي ويستحسن أن يكون الغطاء منفذاً للأشعة تحت الحمراء للتخلص من الحرارة المكتسبة أولاً بأول

ج. في الجو المعتدل نهاراً ، المائل للبرودة ليلاً فيفضل أن يكون غطاء البيت غير منفذ للأشعة تحت الحمراء حتى يمكن الاستفادة من هذه الأشعة ليلاً في رفع درجة الحرارة

داخل البيت دون الحاجة للتدفئة الصناعية :

٣٢٥ ميكرون غير المنفذة . PVC الزجاج

٧٥ ميكرون قليل النفاذية . PVC فيبر جلاس ، بوكسير ،

Transmission: ٢- التوصيل

تنتقل الحرارة بالتوصيل خلال وسط التوصيل من النقطة دافئة الى أخرى باردة.

Infiltration : ٣- التسرب

تنتقل الحرارة من سطح مشع الى الهواء أو الماء المتحرك فترتفع حرارته ونقل كثافته ويتحرك لأعلى ليحل محله هواء أو ماء أبرد ليكتشف حرارة من الوسط المشع وهكذا . وهذه هي خاصية انتقال الحرارة التي تعتد عليها طرق التدفئة في البيوت المحمية.

Reflection : ٤- الانعكاس

- كما في حالة الضوء- تنعكس الحرارة من الأسطح المعدنية المصقولة .

حرارة البيوت الزجاجية :

تنمو أغلب النباتات داخل الصوبة بين درجتي حرارة 10° م و 21° م ويختلف الفرق بين درجتي الحرارة داخل الصوبة والوسط الخارجي ويتراوح بين 3° م و 6° م وقد يصل في الأيام المشمسة الى 15° م أو 5° م في الأيام القاتمة. قد تصل درجة حرارة الصوبة المغلقة الى نحو 45° م .

فيتأثر نمو النبات داخل الصوبة - خصوصاً في موسم الشتاء أو في المناطق الباردة- بموقعة في الصوبة فقد وجدت اختلافات معنوية بين محصول الورد النائم داخل الصوبة في الموائد الوسطية وبين المحصول في الموائد الجانبية .
لا توجد درجة حرارة واحدة تمثل "درجة حرارة الصوبة" .

التوازن الحراري داخل الصوبة والعوامل المؤثرة فيه :

١ . نظام الري المتبع .

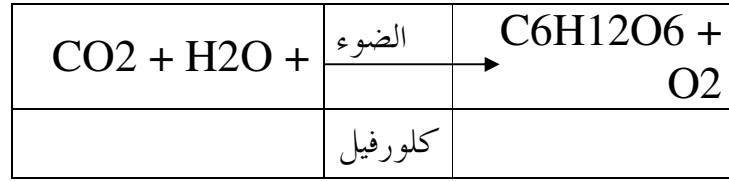
٢ . نظام التهوية .

٣. نوع غطاء الصوبة ودرجة نفاذيته والضوء والحرارة .
٤. الإشعاع الشمسي في الصوب الغير مجهزة بوسائل التدفئة.

العوامل البيئية المؤثرة على نمو النباتات :

الضوء :

يلزم الضوء لحدوث عملية التمثيل الضوئي التي تعتبر المصنع المنتج للمواد الغذائية اللازمة لنمو النبات



وتتأثر النباتات بالأمر التالية :

نوعية الإضاءة ، طول الفترة الضوئية ، شدة الإضاءة .

١- طول الموجة الضوئية :

يسير الضوء في موجات كهرومغناطيسية ويتحدد لون الموجات بمقدار أطوالها وهو

(photons. عبارة عن جسيمات)

طول الموجات الكهرومغناطيسية التي تصل سطح الأرض بين ٢٩٠ - ٥٠٠٠ ملليمكرون

ويتضمن الطيف الشمسي نوعين من الأشعة (المرئية ، غير المرئية) .

ومن ناحية نوع الضوء بنسبة أطوال الموجات المختلفة (الملونة) ويلعب نوع الضوء - طول

الموجة - دوراً مهماً في التمثيل الضوئي حيث تمتص كل من الأشعة القصيرة في الطرف

الأزرق (٣٥٠ - ٤٠٠ ملليمكرون - والأشعة الطويلة في الطوق الأحمر ٦٥٠ - ٧٠٠

ملليمكرون بواسطة الكلوروبلاست ، لذلك فهذه الأنواع من الأشعة تعتبر مصدر الطاقة

الرئيسي في التمثيل الضوئي في حين أن النباتات تعكس الأشعة الضوئية الخضراء أو تنفذها

تلعب الأشعة الحمراء دوراً مهماً في إنبات بعض بذور المحاصيل مثل الخس .

أعلى معدل لعملية البناء الضوئي يحدث في منطقتي الضوء الأحمر والأزرق وهي أطوال الموجات التي يحدث عندها أقصى امتصاص من صبغة الكلوروفيل الأساسية في عملية البناء الضوئي .

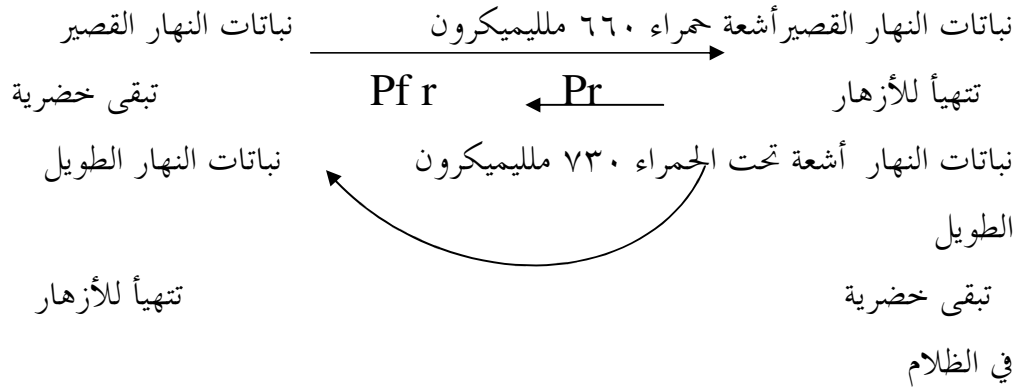
أيضاً طول الموجة الضوئية يؤثر على الأزهار .

الأشعة الحمراء تساعد على تحديد ما إذا كانت النباتات ستزهر أم لا .

على صورتين . **phytochrome (P)** بافتراض وجود صبغة

تقوم بامتصاص الأشعة تحت الحمراء **Pf r** تقوم بامتصاص الأشعة الحمراء **Pr** أحدهما (أنشطة

فسيولوجية)



طبيعة المادة (هرمون الأزهار) :

عند تعرض النبات لفترة الأضاءة المناسبة للأزهار تتكون مادة فعالة لها صفات وتنتقل من الأوراق الى المناطق المرستيمية حيث **Florigen** الهرمون أطلق عليها اسم يكون تأثيرها في تحويل النمو الخضرية الى نموات زهرية .

photoperiod: تأثير الفترة الضوئية

١- التأثير على كمية الضوء الكلية التي تتعرض لها النباتات وبالتالي التأثير على كمية الغذاء المحض والنمو والمحصول لذلك يكون المحصول عادة أكثر في الصيف في الدول الشمالية (النهار ١٧ ساعة تقريباً)

٢- التأثير المباشر على نمو وتطور النباتات (التأقت الضوئي photoperiodism مثل تكوين الأزهار الأبصال الدرناات الخ من عمليات النمو والتطور وفي الغالب يقصد تأثير الفترة الضوئية تأثيرها على الأزهار .

تقسم النباتات حسب استجابتها للفترة الضوئية الخ :

أ. نباتات النهار القصير Short – Day تزهر إذا زاد طول الليل

(نهار قصير) . عند حد معين مثل الفول نبت القنص

تزهر إذا قصر طول الليل عند حد معين Long – Day ب. نباتات النهار الطويل

(نهار طويل) ييمونا ، استر السبانخ

لا تتأثر في أزهارها بالفترة الضوئية الطماطم ، Day – neutral ج. نباتات محايدة الباميا .

يمختلف طول الفترة الضوئية باختلاف العرض والوقت من السنة.

Light intensity : ٣- شدة الإضاءة

تحتاج النباتات حداً أدنى شدة الإضاءة من ٨٠٠ - ١٢٠٠ شمعة - قدم لاستمرار عملية التمثيل الضوئي ، ونمو ويختلف توزيع شدة الإضاءة على أسطح الأوراق المختلفة من النبات (حسب زاوية السقوط، وموقع الأوراق الخ) .

تزداد عملية التمثيل الضوئي بزيادة شدة الإضاءة الى حد معين (نقطة التشبع الضوئي).

تتأثر شدة الإضاءة بالعوامل التالية، حيث تزداد :

١- قرب خط الاستواء، عنه قرب القطبين .

٢- في الأجواء الصحوة الجافة، عنه في الأجواء الملبدة بالغيوم .

٣- في الأماكن المرتفعة، عنه بالقرب من سطح البحر .

٤- صيفاً عنه شتاء.

٥- وقت الظهيرة عنه مساءً أو صباحاً .

تقسم النباتات حسب سوء الإضاءة الخ

١- نباتات الضوء : تنمو أحسن مايمكن في ضوء الشمس الكامل .

مثل معظم محاصيل الخضر .

٢- نباتات الظل : تنمو أحسن ما يمكن في شدة إضاءة تبلغ حوالي ١٠ % من ضوء الشمس مثل عدد اكبير من نباتات الزينة

تأثيرات شدة الإضاءة :

١- التأثير على معدل التيار الضوئي والمحصول .

٢- التأثير على معدل النتج .

لذلك يفضل إجراء الشكل في جو غائم أو في المساء .

التأثير على التركيب التشريحي للأوراق .

شدة الضوء : ٢-٣ من الخلايا بما بلاستيدات خضراء خلايا مندمجة .

٤- إمكانية الإصابة بلفحة الشمس للنموات الخضرية أو الثمرية على حد سواء .

الغازات:

يتكون الهواء من غازات وماء على هيئة بخار ومن أهم الغازات غاز النتروجين والأوكسجين وثاني أكسيد الكربون وغيرها تراكيزات الغاز الرئيسية في الهواء الجاف الطبيعي .

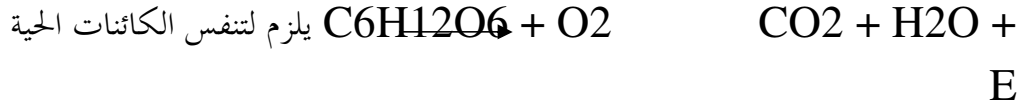
الغاز	التركيز	جزء بالمليون
نيتروجين N2	٧٨,٩	٧٨٠٩٠٠
أكسجين O2	٢٠,٩٤	٤٠٠
أرجون A	٠,٠٩٤	٩٣٠٠
ثاني أكسيد الكربون CO2	٠,٠٣	٣٠٠
غازات متنوعة	٠,٠١	١٠٠

الأهمية :

النيتروجين :

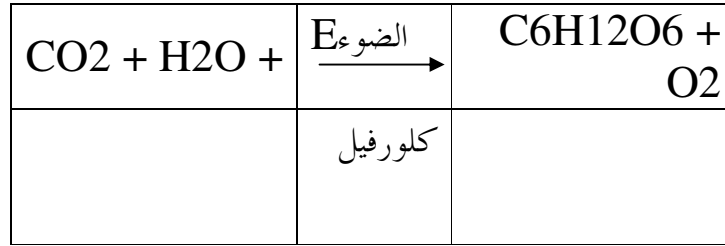
يدخل النيتروجين في تركيب الذي يعتبر المركب الأساسي في البروتوبلازم . كما يدخل في تركيب الإنزيمات وكلوروفيل أ – ب وبعض الأحماض في النواة وبعض الهرمونات ويشجع النيتروجين على زيادة النمو الخضري .

الأكسجين :



ثاني أكسيد الكربون :

الجوي هو المصدر الوحيد لكل من الكربون والأكسجين CO_2 يعتبر غاز للنبات الضوئي . CO_2 للنباتات ويلزم



CO_2 بالجو نسبة منخفضة ٣,٠ ٪ وبالرغم من ذلك فإن كمية CO_2 تعتبر نسبة الموجود بالغلاف الجوي تقدر بنحو ٦٠٠ بليون طن تستعمل منها النباتات نحو ٧٠ مليون طن سنوياً .

الجوية ثابتة نتيجة احتراق المادة العضوية وتنفس الكائنات الحية . CO_2 نسبة صناعياً في جو الصوبات الى أن يصبح عامل آخر محدوداً CO_2 تستفيد النباتات من زيادة للنمو مثل شدة الإضاءة أو درجة الحرارة .

في هواء البيت : CO_2 التحكم في نسبة

في البيوت المحمية المغلقة يقل تركيز الغاز نتيجة استهلاكه في عمليات البناء الضوئي ، مما يؤدي الى تقليل معدل عملية البناء الضوئي بدرجة كبيرة وقد وجد أن معدل البناء الضوئي قد ينقص بمعدل يصل الى ٥٠% عند انخفاض تركيز الغاز الى ١٦٠ جزء بالمليون (٠,١٦%) .

وعلى العكس فقد تزداد العملية بمقدار ٥٠% عند زيادة تركيز الغاز من النسبة الطبيعية ٠,٣١% الى ٠,١% (١٠٠٠ جزء بالمليون) ويخضع تأثير زيادة تركيز CO_2 شكل ٢١ - Law of Limiting Factor على البناء الضوئي لقانون العامل المحدد .٣٦

- CO_2 الحالات التي تجدى فيها التغذية بغاز
- ١- المناطق الباردة لماذا ؟ خط عرض 35° البيوت المحمية تكون مغلقة (للحفاظ على الموجودة داخل البيت في البناء الضوئي . CO_2 درجة الحرارة) مما تؤدي الى استغلال
 - ٢- خلال ساعات النهار لا يمكننا الاستفادة منها في التمثيل الضوئي .
 - ٣- عند انخفاض درجات الحرارة .

العوامل المؤثرة على احتياج البيت من الغاز :

- ١ . السرعة التي تتغير بها هواء البيت .

في المتوسط البيت الزجاجي يتغير الهواء فيه مرة كل ساعة .

مرة كل ساعة	٢	،	١	في المتوسط البلاستيكي المحكم الغلق
	٣		٢	

٢. طريقة إضافة الغاز :

الغاز المضاف في صورة نفية تكون حرارته مساوية تقريباً لحرارة البيت فيبقى في المنطقة المحيطة بالنبات .

٣- سرعة استنفاد النباتات للغاز :

حسب حجم النمو النباتي ودرجة الحرارة وشدة الإضاءة . تتراوح الكمية المفقودة عادية من صفر - ١٥ رطل / فدان / ساعة .

٤- تنفس الكائنات الدقيقة وتحلل المادة العضوية.

كما يحدث عند استخدام بالات القش المضغوط في الزراعة

المستخدم في البيوت المحمية :CO2مصادر غاز

١- بعض أنواع المحروقات مثل غاز البروبان Propan والبارافين ويجب أن تكون على درجة عالية من النقاوة نظراً لوجود نسبة من الكبريت بها .

CO ويجب أن يكون الاحتراق تاماً لأن الاحتراق الغير تام ينتج عنه غاز الأيثريلين وغاز وكلاهما ضار بالنباتات والثاني سام للإنسان احتراق تام = توفر اكسجين كافي .

٢- تسامي غاز CO2 الصلب (الثلج الجاف) في أماكن خاص في البيت

.Sublimation

٣- تبخر غاز CO2 السائل .

تتوقف زيادة النمو عند زيادة تركيز الغاز على العوامل التالية .

١. نوع المحصول .

٢. عمر المحصول .

٣. الحالة الفسيولوجية .

٤. الظروف البيئية الأخرى (الحرارة، الإضاءة) .

CO2 استجابة بعض المحاصيل للتغذية بغاز

١- الطماطم :

- ☒ زيادة التركيز تزيد المحصول وحجم الصمار والتركيز بالنضج
- ☒ الإضاءة العالية ليست ضرورية لحدوث استجابة جيدة لزيادة تركيز CO2 لكن الحرارة العالية كانت عاملاً محدداً .

٢- الخيار :

- ☒ تستجيب نباتات الخيار لزيادة تركيز CO2 في البيوت المحمية بشرط توفر الإضاءة والحرارة المناسبة .

- ☒ زيادة النمو والتفرع والأزهار والمادة الجافة والمحصول المبكر والكلبي .

٣- الخس :

وجد أن زيادة تركيز الغاز ٣-٦ أصناف التركيز الطبيعي تؤدي الى :-

- ١- التبريد بالنضج مدة ١٠ أيام على الأقل مما يسمح بزراعة محصول إضافي في نفس الموسم .
- ٢- زيادة المحصول بمقدار ٤٠ - ١٠٠% خاصة في الأصناف سريعة النمو (المبكر).
- ٣- زيادة نسبة المادة الجافة .

الرطوبة الجوية :

تحدد الرطوبة الجوية في البيوت المحمية بمقدار كثافة البخار الناتج في الصوبة،

والناتج من النباتات، وحجم الهواء داخل الصوبة .

ومتوسط الرطوبة الجوية يكون عادة بين ٦٠-٧٠% والحد الأدنى قد يصل الى ٤٥%

ومع زيادة الحرارة وزيادة التهوية تقل الرطوبة.

والرطوبة الجوية في الصوبات البلاستيكية مرتفعة نوعاً ٧٠ - ٨٠% .

تؤثر الرطوبة تأثيراً مباشراً على سرعة عملية التمثيل الضوئي:
ويتوقف احتياج النبات للرطوبة حسب نوع المحصول ومراحل النمو المختلفة ففي
مرحلة البادرات والشتلات تحتاج النباتات الى رطوبة مرتفعة نوعاً بالمقارنة مع المراحل
التالية، وذلك لتقليل النتج وزيادة معدل النمو .

وبالنسبة للرطوبة الأرضية :

تعتمد على المواد العضوية المستخدمة وطبيعة التربة ومدى توفر التدفئة فالترب
المدفأة تساعد على زيادة بخار الماء في جو الصوبة .

طرق زيادة الرطوبة النسبية الجوية :

٣- نظام تبريد الهواء (البارد) ٢- التظليل ١- الرش بالماء

Mist System Shading

٤- إغلاق نوافذ التهوية .

طرق تقليل الرطوبة النسبية :

١- استعمال المراوح خلال الليل لضمان عدم تجمع الرطوبة .

٢- زيادة منتجات التهوية .

Humidifier Humidistat ٣- التحكم الآلي بالرطوبة

منظم الرطوبة مولد الرطوبة

Vegrtable Transplanting إنتاج شتلات الخضر

تحتاج كثير من المحاصيل الخضر الى الشتل حتى يمكن بذلك الحصول على المزاي التالية:

١. خفض نفقات الإنتاج .

٢. إنتخابات النباتات السليم الخالية من الإصابات المرضية واستبعاد الضعيف منها

٣. الإنتاج المبكرة والاستفادة من أسعاره المرتفعة .

٤. إمكانية زراعة أكثر من محصول في نفس الحقل في الموسم الواحد .

٥. سهولة خدمة النباتات في المشتل .
٦. إمكانية حماية النباتات من التوكيلات الجوية .
٧. التوفير في التقاوي .

لكن له بعض الصوب منها :

١. قد تنقل بعض مسببات الأمراض من منطقة الأخرى مع الشتلات مثل بنماتودا تعتقد الجذور وفطريات الذبول .
٢. تعرض الشتلات لتوقف مؤقت في النمو، وقد يكون التوقف طويلاً وشديداً مما يضعف الإنتاجية .

يمكن إجراء الشتل حسب نوعية المحاصيل فمثلاً :

- أ. النباتات التي تتحمل الشتل الطماطم والخس والصلبيات .
 - ب. نباتات متوسطة التحمل الباذنجان والقلقل والبصل .
 - ج. النباتات التي لا تتحمل الشتل البقوليات والقرعيات .
- يتم إنتاج الشتلات تحت البيوت البلاستيكية أو الأنفاق المنخفضة وذلك لزراعتها مبكراً في الأرض المكشوفة وذراعتها تحت الأنفاق أو البيوت البلاستيكية، وتقوم الزراعة المحمية بدور كبير في مجال إنتاج الشتلات سواءً لزراعات محمية أو للزراعات المكشوفة في الحقل .

ويعتمد لنجاح في إنتاج شتلات جيدة على اختيار البذور الجيدة والصنف الملائم وطريقة زراعة البذور وعمليات وعيائها وخدمتها حتى تصبح جاهزة للشتل .
ومن العمليات التي تتم في هذا المجال .

١. إعداد البذور للزراعة :

- تبدأ باختيار التقاوي المعتمدة من مصادر موثوق بها وتكون مطابقة للصنف ذات حيوية عالية وللاسرار في إنبات البذور يمكن إجراء المعاملات التالية :
- أ. المعاملة بالمطهرات الكيماوية للتخلص من الآفات المرضية داخل وخارج البذور ومن أمثلة المبيدات الفطرية الكابتان ، ثيرام، فيريام .

ب. تقع البذور أما في ماء دافئ (٢٥ - 30°م) أو محاليل تغذية أو تعريض البذور المقلقة حيث يكون الغلاف محتويات على عناصر غذائية كبرى وصغرى والمواد المطهرة وتكون البذور متماثلة في الشكل والحجم مما يسهل زراعتها آلياً ويعتمد سرعة إنباتها ونموها .

٣. تحضير التربة اللازمة لزراعة المشتل تكون التربة خفيفة وخالية من مسببات الأمراض ومن الحشرات وبذور الحشائش .

ويمكن استخدام خلطة مكونه من تربة عادية ورمل بنسبة ٣ : ١ أو تربة ورمل وسماد ٢ : ١ : ١ ويتم خلط التربة. وحوشها بالماء وتقليبها اقبل الزراعة بيوم واحد على الأقل .

٣- زراعة البذور :

أ- الزراعة في أحواض داخل الصوب أو تحت الانفاق المنخفضة .

ب- الزراعة في أحواض من الخشب أو البلاستيك (صوابي).

Speedling أو أواني الإنتاج السريع Peat mos pot ج- الزراعة في مكعبات Bandolier System أو حزام من الأصص الورقية tray .

7- Siffy د- الزراعة في أصص

الإنتاج التجاري للشتلات :

عند توفر الإمكانيات والظروف الجوية يمكن إنتاج أعداد كبيرة من الشتلات كما في الولايات المتحدة حيث تنتج الولايات الجنوبية مئات الملايين من شتلات الخضر الصيفية للزراعة في الولايات الشمالية. بمجرد تحسن الظروف والجوية في بداية الربيع وقد اتجهت الشركات الكبيرة الى ميكنة عملية زراعة الشتلات بأكملها حيث أمكن تعبئة وزراعة ما يقارب ١٠٠ - ٣٠٠ ألف إناء زراعة يومياً .

عمليات الزراعة والخدمة في البيوت المحمية :

عمليات إعداد الأرض :

تشابه معظم عمليات إعداد الأرض للزراعة بين الزراعة المحمية والزراعة المكشوفة

أو من هذه العمليات : الحرث ، والري ، والتسميد ونحو ذلك .

وسوف يتم التركيز على العمليات ذات الطابع الخاص بالزراعة المحمية .

١- غسل التربة :

نظراً لأن طريقة الري السائدة في البيوت المحمية هي طريقة الري بالتنقيط فإن هذا

قد يؤدي الى تراكم الأملاح على سطح التربة، وبعد إنتهاء المحصول وتوقف الري فإن

الأملاح تتحرك الى أعلا باتجاه النقاطات ، وعند تغيير مسافات أو خطوط الزراعة فإن

ذلك قد يعني احتمال الزراعة في مناطق سبق وأن تركزت بها الأملاح، ولهذا كله لابد من

غسل التربة خصوصاً إذا كانت التربة أو مياه الري بها نسبة عالية من الأملاح .

وينبغي مراعاة النقاط التالية :-

أ. تكون الأرض مسامية والمالية النفاذية .

ب. تكون الزراعة على مصاطب بينها قنوات تستخدم أو بصرف الماء

الزائد .

ج. عدم زيادة نسبة الأملاح في التربة عن ٢,٥ مليموز/ سم للمحاصيل

الحساسة (الخيار ، الشامام، الفاصوليا) ، ٤,٥ مليموز /سم للمحاصيل

متوسطة الحساسية (الطماطم ، الفلفل ، الباذنجان).

وفي التربة ١,٥ للحساسية ٢,٥ لمتوسط الحساسية .

٢- الحرث :

لا يختلف حرث أرض البيت المحمي كثيراً عنه في الحقل المكشوف ، ولكن يجب

الاهتمام به أكثر نظراً لأن الإنتاج يعتمد على زيادة المحصول من وحدة المساحة .

حسب طبيعة التربة يتم إضافة المود المحسنة لخصائصها الطبيعية ، وحرثها فمثلاً الأرض

الطينية الثقيلة يمكن أن يضاف لها ٣م١ من الرمل الخشن و ٣م١ من السماد العضوي

المتحلل و ٢٠ كجم من سماد السوبر فوسفات العادي لكل ٢م١٠٠ من أرض البيت ،
وتخلط جيداً وتحتر حرثاً عميقاً وتروى ثم تحتر بعد جديد.
وفي الأرض الرملية يمكن إضافة حوالي ٣٥٠ كجم سماد عضوي و ٨ كجم سماد مركب
(١٨-١٨-٥) لكل ٢م١٠٠ من أرض البيت وتخلط جيداً وتحتر جيداً وبعد ذلك يتم
إقامة الخطوط والمصاطب حسب نوع المحصول .

٣- تعقيم التربة :

من العمليات الزراعية الأساسية خاصة في الزراعة المحمية نظراً لمحدودية الأرض التي
تتم فيها الزراعات المتعاقبة على فترات متقاربة مما يؤدي الى تكاثر مسببات الأرض مثل
النيماطودا وفطريات الذبول والحشرات عادة بعد الحرث وقبل إقامة خطوط الزراعة.
ويكون من الضروري إما تعقيم التربة مرة أو مرتين سنوياً بين الزراعات أو على فترات
أطول عند دورة زراعية مناسبة - كذلك يلزم تعقيم بئيات الزراعة مثل الأسمدة العضوية
وأوعية نمو النباتات والصناديق والطاولات .
وتختلف طرق التعقيم في التكلفة والعمليات التي تتم بها، ومدى صلاحيتها تحت الظروف
المختلفة:

ومن طرق التعقيم المختلفة ما يلي :-

قي Solar Pasteurization of Sun أ. التعقيم (البسترة) بالإشعاع الشمسي
المناطق ذات الجو الحار .

تحتر الأرض وتروى جيداً بالماء وبعد جفافها تغطي بشرائح بلاستيكية شفافة لمدة ٤-٦
أسابيع .

ويمكن بهذه الطريقة التخلص من بعض الآفات والحشائش الحولية والمعمرة وهذا يؤدي الى
زيادة المحصول من الخضار .

ب. التعقيم بالبخار Steam

من أكثر الطرق انتشاراً في البيوت المحمية .

تحقيق التربة بالبخار لمدة ٣٠ دقيقة حتى تصل درجة الحرارة الى ٨٠ - ٨5°م (يتم الحقن من خلال أنابيب متقربة تثبت في التربة) ، ويغطي سطح التربة بطبقة من البلاستيك للمحافظة على أفضل النتائج .

وتؤدي هذه الطريقة الى التخلص من بذور الحشائش والكائنات الممرضة (فطريات، بكتريا ، فيماتودا، فيروسات) وكذا الحشرات، ويمكن الإبقاء على بعض الكائنات النفاقة لذلك يفضل التعقيم على حرارة ٦٠-70°م لمدة ٣٠ دقيقة .

ج- التعقيم بالمبيدات :

: يستخدم المحلول لتعقيم محاليط FormalNehyde ١. التعقيم بالضوء مالدهيد التربة وأوعية نمو النباتات وتعقيم تربة الحقل بعد تجهيزها.

يكون في حالة سائلة تحت ضغط Metly Bromide ٢- التعقيم بـ بروميد الميثايل في عبوات صغيرة وينتقل عبر خراطيم بلاستيكية الى التربة أو الأدوات المراد تعقيمها . وبعد المعاملة يترك مخلوط التربة دون غطاء لمدة يوم أو يومين قبل تداوله ويمكن زراعة البذور بعد ٣ أيام من التهوية جيدة .

غاز شديد السمية عديم الرائحة يخلط بالكلوروبكرن بنسبة بسيطة حتى يمكن التغذية الى رائحة الغاز في حالة تسربه .

ويؤدي التعقيم الى قتل بذور الحشائش النيमतودا ومعظم الفطريات والبكتريا والحشرات التي توجد في التربة .

٣- مبيدات أخرى :

كلوروبكرن Chloropocrin

سيستان Sistan

فايام Vapqm

٤- الري :

يعتبر الري بالتنقيط أكثر طرق الري شيوعاً في الزراعات المحمية لكن الري (يفيد في بلطيف الحرارة ورفع الرطوبة خاصة عند نقل أو mist بالتضبيب (رذاذ زراعة شتلات حديثة الى الصوبة وفي حالة النباتات النامية في أصص فيكون الري إما بالرش أو بالتنقيط في كل أصيص على حدة وقد تتبع طريقة الري تحت السطحي حيث يصل الماء الى النباتات بالخاصية الشعرية، كذلك قد تتبع طريقة الري المسطح، ويلزم في هذه الحالة إجراء الري كلما ظهرت بوادر العطش على النباتات بمعدل ٦ لتر ماء لكل م٢ من سطح منفذة الزراعة لكل ٥ سم عمقاً من مخلوط الزراعة ويلزم إنشاء خزانات مغلقة بركة لأغراض الري .

٥- التسميد :

قد تضاف الأسمدة إما في صورة مذابة تصل الى النباتات مع ماء الري بالتنقيط (خاصة في الأراضي الرملية)، أو قد تضاف في صورة جافة في حالة الري السطحي أو قد تتبع طريقة التسميد بالرش .
وتفيد تحليل الأسمدة النباتية في تحديد مدى الحاجة للتسميد . تضاف الأسمدة الفوسفورية أثناء تجهيز الأرض للزراعة وحسب احتياجات المحصول وتخلطك في الطبقة السطحية من التربة أو تضاف في خطوط على عنق حوالي ١٠ سم وتبعد حوالي ١٥ سم عن خط الزراعة، كما تضاف الكميات المناسبة من البوتاسيوم حسب نوع المحصول ومدى الحاجة له، وبالإضافة لذلك يجب إجراء التسميد الثانوي لضمان الحصول على إنتاج مرتفع خاصة في المراحل الهامة من حياة النبات (العقد ، نمو الثمار)، وذلك بعد حوالي ٢٠-٣٠ يوم من شتل النباتات .

Fest Control ٦- مكافحة الآفات :

غالباً ما تتبع نفس الأسس العامة في مكافحة الآفات غير أن طبيعة البيت المحمي، وزيادة التكلفة الإنتاجية لوحدة المساحة أمور تجعل من الواجب اتباع طرق معينة في مكافحة البيوت المحمية، ومن هذه الطرق مايلي :-

: aerosol أو أبخره Smokes أ- استعمال مبيدات في صورة أدخنة تستخدم للقضاء على الآفات الحشرية والعناكب، ويجب توقيت المكافحة حسب دورة حياة الحشرة التبتبلغ حوالي ٥-٧ أيام لكن المدى قد لا تزيد عن ٣ أيام في الجو الحار كما في العنكبوت الأحمر والذبابة البيضاء، وتطول دورة حياة الحشرة مع انخفاض الحرارة .

ب- مكافحة الآفات بالتطعيم على أصول المقاومة :
عند توفر أصناف تجارية عالية الإنتاجية لكنها غير مقاومة بعض آفات التربة أو عندما يكتر خطر استخدام المبيدات على الصحة العامة فإنه تصبح من المهم استخدام أصول مقاومة لتطعيم الأمواع التجارية عليها .
واستخدمت هذه الطريقة مع الطماطم والخيار في دول أوروبا الغربية (هولندا) واليابان (أيضاً زراعة أصناف مقاومة) .

ج- استعمال لوحات ملونة جاذبة للحشرات لاصقة لها :
تفضل بعض الحشرات بعض الألوان على غيرها فمثلاً تنجذب الذبابة البيضاء الى الألواح الصفراء اللاصقة ، وهذه طريقة ناجحة، متبعة كثيراً .
د- استخدام السعك القماش الأبيض (شركة حائل) ستار، شبك.
هـ- المكافحة الحيوية (الليتماتودا) : اتباع دورة زراعية ٣/١١/١٣هـ-.

إنتاج محاصيل الخضر في الزراعات المحمية :
هناك العديد مطن محاصيل الخضر التي يمكن زراعتها بنجاح ، ويمكن الحصول على عائد مادي جيد منها باستخدام تكنولوجيا الزراعات المحمية، ومن أهم تلك المحاصيل ما يلي :-
الطماطم ، الخيار ، الفلفل ، الباذنجان ، الفراولة ، الخس .

الطماطم:

الشروط الواجب توفرها في أصناف البيوت المحمية :

- ١ . الإنتاجية العالية (لخفض تكاليف الإنتاج في وحدة المساحة) .
 - ٢ . النوعية الجيدة المقولة لدى المستهلك في الأسواق المحلية ولدى التصدير.
 - ٣ . أن تكون غير محدودة النمو، (لزوم التربية الرأسية) .
 - ٤ . أن يكون غير مقاومة لبعض الأمراض الهامة المنتشرة في الزراعات المحمية والمؤثرة على الإنتاج مثل نيماتودا اعتقد الجذور ، والذبول الفيوزارمي وفيروس تبرفش دوران الدخان TMV .
 - ٥ . إمكانية العقد في درجات الحرارة المنخفضة شتاء في المناطق المعتدلة (البيوت الغير مدفأة) وتوفير الطاقة في البيوت المدفأة .
- ومن أهم أصناف الطماطم في الزراعات المحمية :
- [دوميو - دومبيتو - دومبللو - كالرميللو]

الاحتياجات البيئية ، ومواعيد الزراعة :

- المجال الحراري المناسب لنمو نبات الطماطم ١٥-18°م ليلاً ، ١٨-23°م نهاراً.
 - المجال الحراري المناسب لنمو العقد < ١٣-١٥ ليلاً و ٢٨-٣٠ نهاراً .
- يتم الحصول على المحصول المناسب بعد نحو ٧٠ يوماً من الشتل ، إذا تم شتل نباتات الطماطم خلال إبريل - يونيو ، يتوفر المحصول خلال المدة من يوليو - أكتوبر (حيث ينعدم الإنتاج من الحقول المكشوفة في المناطق شديدة الحرارة صيفاً) وإذا تم الشتل خلال ديسمبر - فبراير ، فهذا يؤدي الى توفير المحصول خلال المدة من مارس - مايو (الفترة التي تقل فيها الإنتاج من الحقول المكشوفة في المناطق الباردة شتاءً .

الزراعة :

يلزم نمو ١١,٥ جم بعد البذور لإنتاج شتلات تكفي لزراعة ٢م^{١٠٠٠} وتزرع
Speedling trays , puperots كل بذرة في خانة خاصة بها أو في عيون ورقية
خاصة في الأصناف الهجن حيث ارتفاع الثمن .
وفي الأرض الخفيفة تشتل النباتات بعد ٢٥, ٣٠ يوماً من زراعة البذرة وتزرع في خطوط
بمسافات ٨٠سم بين الخطوط ، ٥٠-٦٠ سم بين النباتات ، أي أن كثافة الزراعة نحو ٢
- ٢,٥ نبات/م^٢ .

التربية والتقليم :

يتبع نظام التربية الرأسية حيث يربى النبات ماشياً على ساق واحد وترتبط النباتات
في خيوط تتدلى من أسلاك أفقية تمتد أعلى خطوط الزراعة ، وترتبط النباتات في مشابك
خاصة توضع تحت أعناق الأوراق مباشرة ومن الضروري إزالة جميع الأفرع الجانبية
(عملية السرطنة) .

وتهدف عملية التعلیم الى تأمين الإضاءة الكافية في مراحل نمو النبات المختلفة تحسين العقد
.

مع انخفاض شدة الإضاءة ودرجة الحرارة (المناطق الباردة شتاء) يقل عقد الثمار وكذلك
بسبب عدم توفر الرياح التي تساعد على نقل حبوب اللقاح، يمكن تحسين العقد بعده
طرق منها:

١- رش النباتات مرتين يومياً برذاذ من الماء لاجداث اهتزازات بها .

٢- هز الأسلاك مرتين يومياً .

٣- رش العناقيد الزهرية باستخدام آلة يدوية صغيرة mech Vibrator .

٤- رش الأزهار باحد التحضيرات التجارية من منظمات النمو مثل Para chluro

. Acetic Aid phenvxy

٥- العقد البكري

Cucumber الخيار

تستعمل غالباً الأصناف في الزراعات المحمية نظراً لإنتاجيتها العالية، وقد تكون "Beit Alpha" هذا الأصناف ذات ثمار طويلة أو ثمار قصيرة من مجموعة "بيت ألفا" ذات الطعم الجيد والنكهة المرغوبة . وأغلب الأصناف المستخدمة في الزراعة المحمية تتميز بأنها تحمل أزهاراً ومثثة فقط ، وبمعدل ٢-٤ زهرة / الورقة، وأنها قادرة على العقد البكري (محصول عالي دون الحاجة للتلقيح) من أهم أصناف الخيار في البيوت المحمية:

ساندرا، روكت
أرابل ، داماسكس .
من ذات الثمار الطويلة
من ذات الثمار القصيرة
الاحتياجات البيئية :

يلزم للخيار جو دافئ لانبات البذور ونمو النباتات ٢٥-30م وأفضل درجات الحرارة للنمو النباتي 18-20 ليلاً ، ٢١-٢٤ نهاراً يمكن زراعة الخيار في أي وقت من السنة في البيوت المحمية إذا أمكن توفير المجال الحراري المناسب .

الزراعة :

يمكن الزراعة مباشرة في البيت (في الجو الدافئ) أو الإنتاج الشتلات (خاصة في الجو البارد)، ويلزم حوالي ٢٤٠٠-٢٨٠٠ بذرة الإنتاج شتلات تكفي لزراعة ٢م^{١٠٠٠}. وترى نباتات الخيار رأسياً على الخيوط بارتفاع حوالي ٢م.

الخيار :

تستعمل غالباً الأصناف الهجين نظراً لإنتاجها العالية ، وقد تكون هذه الأصناف Beic Alpha من ذات الثمار الطويلة أو ذات الثمار القصيرة من مجموعة بيت ألفا ذات الطعم الجيد والنكهة المرغوبة، وأغلب الأصناف المستخدمة للزراعة المحمية تتميز بأنها تحمل أزهاراً مؤنثة فقط، وبمعدل ٢-٤ أزهار/ ورقة وأنها قادرة على العقد البكري للثمار (محصولي عالي دون حاجة الى تلقيح . من أهم الأصناف :

ساندرا ، روكت ثمار طويلة
كورديتو أرايل، داماسكس ثمار قصيرة

الاحتياجات البيئية، والمواعيد :

يلزم الجو الدافئ لإنبات البذور ونمو النباتات 25-30م وأفضل درجات الحرارة للنمو النباتي 18-20 ليلاً 21-24 نهاراً . ويمكن زراعة الخضار في أي وقت من السنة في البيوت المبردة إذا أمكن توفير المجال الحراري المناسب، وتفضل الزراعة خلال الفترة من إبريل - يوليو حيث يتحسن الإنتاج في فترات الحرارة المرتفعة صيفاً (مايو - سبتمبر) حيث يتردى إنتاج الخيار في الحقول المكشوفة .

الزراعة :

يمكن الزراعة مباشرة في أرض البيت (في الجو الدافئ) أو يمكن إنتاج الشتلات (خاصة في الموسم البارد) ويلزم حوالي 2400-2800 بذرة لإنتاج شتلات تكفي لزراعة 2م². ويتراوح المسافة بين الخطوط 80-90سم وبين النباتات في الخط 35-45سم تكون كثافة الزراعة بين 2,5 - 3,5 نبات /م² .

التربية والتقليم :

نرى الخيار رأسياً على خيوط بطول حوالي 2م والتقليم عملية ضرورية للحفاظ على التوازن بين النمو الخضري والتمرس للحصول على إنتاج وفير وتتم إزالة كل الأفرع الجانبية والأزهار المؤنثة حتى ارتفاع 45 سم من سطح الأرض لمنع ملامسة الثمار للأرض.

عقد الثمار :

قد يقل الثمار ، وهذا يكون في غالب الأمر راجعاً الى الأسباب التالية .
١. ألا يكون الصنف المزروع قادراً على العقد البكري ، وهذا نادر، ويستلزم توفير خلايا النمل بالصوبة لاتمام عملية التلقيح .

٢. أن يكون الصنف من النوع الذي ينتج أزهاراً مؤنثة فقط اوغير قادر على العقد البكري وهذا يتطلب وجود نباتات تحمل إزهاراً مذكرة (١٠%) ، وتوفير النمل .
 ٣. الإصابة بالآفات بدرجة تؤثرعلى النمو (فيروس ، تيماتودا ، فطريات بكتريا) .
 ٤. زيادة تركيز الأملاح في التربة أو مياه الري .
 ٥. نقص معدلات التسميد .
 ٦. عدم إجراء التقليم بالصورة المناسبة .
- والتقليم عملية ضرورية للحفاظ على التوازن بين المجموع الخضري والشمري للحصول على إنتاج وفير، وتم إزالة كل الأفرع الجانبية والأزهار المؤنثة حتى ارتفاع ٤٥ سم من سطح الأرض لمنع ملامسة الثمار للأرض.

عقد الثمار :

يرجع ضعف العقد في الخيار - غالباً - للأسباب التالية :

١. ألا يكون الصنف المزروع قادراً على العقد البكري ، وهذا نادر ، ويلزم توفير خلايا النحل بالصوبة لاتمام عملية التلقيح .
٢. أن يكون الصنف من النوع الذي ينتج أزهاراً مؤنثة فقط، وغير قادر على العقد البكري، وهذا يتطلب وجود نباتات تحمل الأزهار المذكور (حوالي ١٠%) مع توفير خلايا النحل .
٣. الإصابة بالآفات (فيروسات ، فطريات ، بكتريا ، نيماتودا) بدرجة تؤثر على النمو والتطور .
٤. زيادة تركيز الأملاح في التربة أو مياه الري .
٥. نقص معدلات التسميد .
٦. عدم إجراء التعقيم بالصورة المناسبة .

٢-١-٢ : حساب احتياجات التدفئة :

تستخدم المعادلة التالية لحساب الاحتياجات الحرارية اللازمة لتدفئة البيوت

المحمية بالوحدات الحرارية البريطانية في الساعة :

$$H = \{A1 + (A2 \times R)\} \times T \times G \times W \times C$$

حيث أن

H : احتياجات التدفئة مقدرة بالوحدات الحرارية البريطانية في الساعة .

A1 : مساحة غطاء البيت بالقدم المربع .

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

R : مقاومة مادة جدران البيت (غير الغطاء) لتوصيل الحرارة (معبراً عنها ، بالمقارنة

بتوصيل الحرارة في مادة الغطاء) قيمة **R** حسب المادة التي تصنع منها جدران البيت

T أكبر فرق في درجة الحرارة بين خارج البيت وداخله بالفهرنهايت .

G : معامل التوصيل الحراري للغطاء حسب أكبر فرق متوقع في درجة الحرارة بين

خارج البيت وداخله حسب الفرق المتوقع في درجة الحرارة .

W : معامل سرعة الرياح. يستخرج هذا المعامل .

C : معامل الإنشاء تتحدد قيمته بحالة البيت، وكيفية إنشائه، ومدى إحكامه،

ويستخرج من جدول (٢-٦) حسب حالة البيت .

وبرغم دقة المعادلة السابقة في تقدير الاحتياجات الحرارية اللازمة، إلا أنها تتطلب

بيانات كثيرة قد لا تتوفر لدى المزارع العادي، لذا فإنه يشيع استخدام صور أخرى

منها أكثر تبسيطاً من السابقة، وفيها تحسب احتياجات التدفئة كالتالي :

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

حيث أن :

H هي احتياجات التدفئة، مقدرة بالوحدات الحرارية البريطانية في الساعة .

U ثابت يتوقف على نوع غطاء البيت (وهو الموضح تحت العمود **Btu**) .

A مساحة البيت الخارجية بالقدم المربع .

ti درجة الحرارة الداخلية بالفهرنهايت .

to درجة الحرارة الخارجية بالفهرنهايت .

وبرغم تأثر قيمة U بسرعة الرياح، إلا أن القيم المبنية في جدول (٢-٢) هي المتفق عليها، على اعتبار أن متوسط الرياح يبلغ حوالي ٢٤ كم/ساعة، ولبيان تأثير الرياح في هذا الشأن، فإن قيمة U المتفق عليها لغطاء زجاجي من طبقة واحدة - وهي ١,١٣ - تنخفض الى ١,٠٥ عندما لا يكون البيت معرضاً للرياح، وتزيد الى ١,١٥ في حالة تعرض البيت للرياح .

ويعني استخدام هذه المعادلة أنه في حالة البيوت البلاستيكية المغطاة بطبقة واحدة من البوليثلين يلزم ١١٥٠ وحدة حرارية بريطانية/ساعة/١٠٠٠ قدم^٢ من المساحة الخارجية للبيت بكل درجة واحدة فهرنهايتية من الفرق في درجات الحرارة داخل وخارج البيت.

٢-١-٣: منظم الحرارة :

يستخدم منظم الحرارة في تنظيم درجة الحرارة داخل البيوت المحمية ، ويعمل الجهاز على التحكم في درجة الحرارة عن طريق التشغيل الآلي لأجهزة التدفئة والتبريد ونظام التهوية ، سواء بالتحكم في تشغيل المراوح ، أو فتح وغلق منافذ التهوية ويتم تحديد ذلك مسبقاً بضبط المنظم على درجات الحرارة التي يتعين عندها تشغيل أو إيقاف أي من هذه الأجهزة ، ومن الأهمية بمكانة أن يكون منظم الحرارة على درجة كبيرة من الحساسية، حتى لا تحدث تغيرات كبيرة عن درجة الحرارة المرغوبة ، مما تكون له تأثيرات ضارة على النباتات، فضلاً عن زيادة استهلاك الوقود دون داع.

ولكي تكون كفاءة منظم الحرارة أعلى ما يمكن، تتعين مراعاة ما يلي بشأنه :

يجب أن يوضع المنظم في مكان يمثل متوسط درجة الحرارة في البيت، وعلى أن يؤخذ في الاعتبار موضع أنابيب التدفئة أو المدفئات والتيارات الهوائية، وغالباً ما يوضع المنظم بالقرب من وسط البيت .

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

يجب إبعاد المنظم كلية عن أشعة الشمس المباشرة التي تؤدي الى رفع درجة حرارته عن درجة حرارة الهواء المحيط به، ويتحقق ذلك بوضعه داخل صندوق خشبي، مع دهان السطح الخارجي للصندوق باللون الأبيض أو الفضي لعكس أشعة الشمس. كما يجب أن يكون المنظم في مكان جيد التهوية، ويتحقق ذلك بدعل جوانب الصندوق على شكل ريش تعلق واحد فوق الآخر لتسمح بمرور الهواء من خلاله، ويفضل تزويد جانب الصندوق بمروحة تدفع الهواء داخل الصندوق بسرعة ١٨٠ متر/دقيقة .

تجب إضافة منظم آخر داخل الصندوق مع ضبطه على درجة حرارة 10°م بحيث يعطي رنين جرس في منزل المزارع إذا انخفضت درجة الحرارة الى هذا الحد ، ويفيد ذلك في تدارك الأمر في حالة فشل أجهزة التدفئة، حيث يكون هناك متسع من الوقت قبل انخفاض الحرارة الى درجة التجميد، كما يجب أن يكون مصدر الطاقة لهذا المنظم من بطارية أو من مولد احتياطي لضمان عمله حتى في حالة إنقطاع التيار الكهربائي. يجب وضع ترمومتر آخر عادي داخل الصندوق للتأكد من دقة عمل منظم الحرارة .

٢-١-٤ : وسائل التوفير في الطاقة اللازمة للتدفئة أو التبريد :

لا تعتبر دراسة أساسيات التحكم في درجة الحرارة في البيوت المحمية كاملة، دون الإشارة الى الوسائل المستخدمة بغرض توفير الطاقة اللازمة للتدفئة أو للتبريد، لأن تطبيقها يفيد في تحقيق قدر أكبر من التحكم في درجة الحرارة داخل البيوت . وفيما يلي بيان بالطرق والوسائل المتبعة بغرض توفير الطاقة اللازمة للتدفئة أو التبريد في البيوت المحمية :

اختيار تصميم البيت وتحديد اتجاهه بما يتناسب والظروف الجوية السائدة في المنطقة، نظراً لأن كلاً الأمرين يؤثر على كمية الضوء التي تنفذ داخل البيت، وبالتالي على كمية الطاقة الحرارية التي تصل الى البيت مع الأشعة الشمسية، هذا وقد سبقت مناقشة موضوعي تصميم البيوت (الجزء ١-٢) واتجاهها (الجزء ١-٣-١).

اختيار نوع الغطاء وسمكه بما يناسب أيضاً والظروف الجوية السائدة في المنطقة، نظراً لأن الغطاء لا يؤثر على كمية الضوء التي تنفذ داخل البيت، بل يؤثر أيضاً على فقد الحرارة من داخل البيت الى الخارج ، سواء أكان ذلك الفقد بالتوصيل، أم بالإشعاع، أم بالتسرب، وقد سبقت أيضاً مناقشة موضوعي تأثير الغطاء على نفاذية الضوء (الجزء ١-٤) وعلى فقد الحرارة (الجزء ٢-١-١).

استعمال طبقتين أو ثلاث طبقات من الغطاء بدلاً من طبقة واحدة، نظراً لأن ذلك يقلل معامل التوصيل الحراري للغطاء بدرجة كبيرة، فإذا كان معامل التوصيل الحراري لطبقة واحدة من الغطاء واحداً صحيحاً، فإن هذه القيمة تنخفض بنسبة ٤٢% و ٥٨% عند استخدام طبقتين وثلاث طبقات من الزجاج على التوالي ، وبنسبة ٤٠% عند استخدام طبقتين من البوليثيلين (جدول ٢-٢)، ويعني ذلك انخفاض احتياجات التدفئة والتبريد بنفس النسبة.

ضرورة إقامة البيوت المحمية بجانب مصدات الرياح لخفض معامل سرعة الرياح في حسابات التدفئة (الجزء ٢-١-٢).

الاهتمام بحالة البيت ومدى إحكامه، وتغيير الزجاج المكسور أولاً بأول لخفض معامل الإنشاء "C" في حسابات التدفئة (الجزء ٢-١-٣).

التقليل قدر المستطاع من حركة الهواء الدافئ قريباً من جدران البيت، لأن هذه التيارات الهوائية تزيد من فقد الحرارة بالتوصيل ويمكن التحكم في ذلك الأمر بالاختيار الأمثل لوضع المدفئات وأنايب التدفئة في البيت (الجزء ٢-٢).

يجب توجيه الهواء البارد (في البيوت المبردة) في مسار يتخلل النباتات ، مع التقليل قدر المستطاع من حركته أعلى النباتات (في قمة البيت) أو أسفلها (في حالة الزراعة على المناضد) ، نظراً لأن هذه المسارات تقلل كثيراً من كفاءة عملية التبريد (الجزء ٢-٣-٢).

الاستفادة القصوى من عملية التهوية في خفض احتياجات التبريد، أو الاستغناء عنها نهائياً في المناطق المعتدلة (الجزء ٢-٤).

يمكن خفض الفاقد في الحرارة ليلاً بمقدار ٧٠-٨٠% في البيوت المحمية التي تتكون أسقفها من طبقتين من الغطاء بدفع رغوة خاصة بين الطبقتين ، ويتم بدفع تيار من الهواء في سائل يتمدد بمقدار ١٠٠٠ ضعف، مكوناً الرغوة التي تنتشر بين طبقتي الغطاء هذا وتتلاشى الرغوة في خلال نصف ساعة ويتجمع السائل من جديد في خزان خاص ليتم ضخه من جديد حسب الحاجة (ويمكن استخدام نفس النظام للحماية الجزئية من أشعة الشمس القوية فهاراً).

تغطية البيوت المحمية بشباك التظليل من أعلى البلاستيك بهدف خفض احتياجات التبريد، وتتوفر الشباك بنسب تظليل تتراوح من ١٠ الى ٩٠% حسب الحاجة ، ويمكن في حالة عدم توفر شبك التظليل رش السطح الخارجي للبيت بالجبر في بداية فصل الصيف .

يمكن تحسين التدفئة ليلاً بملء أنابيب بلاستيكية واسعة بالماء، مع جعلها ممتدة على سطح التربة قريباً من خطوط الزراعة، حيث يكتسب الماء كمية من الحرارة فهاراً، نظراً لارتفاع حرارته النوعية ، ثم يفقدها ليلاً بالإشعاع الى جو البيت بالقرب من النباتات .

استخدام طبقتين من الغطاء في البيوت المحمية :

سبق أن بينا استعمال طبقتين من الغطاء بدلاً من طبقة واحدة يقلل معامل التوصيل الحراري للغطاء بنسبة ٤٠% ويخفض، ويخفض احتياجات التدفئة - التبريد - بنفس القدر وولهذا فقد اتجهت الدراسات نحو الاستفادة من هذه الخاصية، كانت البداية في البيوت البلاستيكية، ونظراً لرخص أغشية رقائق البلاستيك كثيراً عن ألواح الزجاج أو الفيبر جلاس.

هذا .. ولتحقيق أكبر قدر من الاستفادة من طبقتي الغطاء في خفض معامل التوصيل الحراري يلزم تأمين مساحة أربعة سنتيمترات من الهواء الساكن بين الطبقتين تعتبر بمثابة وسادة هوائية عازلة، لأن نقص المسافة بينهما عن ذلك يقلل من أهميتها في خفض معامل التوصيل الحراري ، وفي حالة تلامسهما، فإنهما يعملان معاً كطبقة واحدة، ولا

يؤثران على معامل التوصيل ، أما في حالة زيادة المسافة بينهما ، فإن ذلك يكون مصاحباً بتحركات للهواء المحصور بينهما ، فإذا ما وصلت المسافة بينهما الى ٢٠ سم ، تولدت تيارات هوائية تحمل الحرارة من الطبقة الداخلية الى الطبقة الخارجية ، ثم الى الجو الخارجي ، وبذلك تنخفض كفاءتهما في العزل الحراري.

يتم تثبيت طبقتي البلاستيك من خارج البيت ، وبفضل أن تكون شريحة البلاستيك الخارجية بسمك ١٥٠ ميكرون، والداخلية ، والداخلية بسمك ١٠٠ ميكرون، ويتم تأمين الوسادة الهوائية بين طبقتي البلاستيك بدفع تيار مستمر من الهواء بينهما ويتم ذلك بتخصيص موتور صغير لدفع الهواء لكل بيت يكون قادراً على دفع ٠,٧٥ - ٣م١,٥٠ من الهواء / دقيقة، وبقوة نصف حصان تقريباً ، ويستهلك ٤٠ وات/ساعة ويجب أن يكون الضغط بين شريحتي البلاستيك ٥-٧,٥ مم ماء، ويمكن قياس ذلك بواسطة مانومتر يتم تصنيعة من أنبوبة بلاستيكية شفافة بطول ٦٠ سم ثني على شكل حرف U، وتثبيت على لوحة خشبية يوضع أحد طرفيها بين شريحتي البلاستيك، والطرف الآخر داخل البيت، ومع إضافة ١٥-٢٠ سم طولي من الماء في الأنبوبة يمكن قراءة الفرق بين مستوى سطح الماء في طرفي الأنبوبة، وكل فرق مقدار ٥ مم يعني ضغطاً مقداره ١ رطل / بوصة مربعة . هذا .. ويمكن تدرج الأنبوبة واستعمال ماء ملون يمكن رؤيته بسهولة .

ومن أهم مزايا استخدام طبقتين من البلاستيك ما يلي :-

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

التدفئة بتيارات الهواء الدافئ تحريك هواء يتم إنتاجه بمدافئ كهربائية .

المدافئ الكهربائية : أسهل لكن أغلى .

مدافئ الكيروسين أو البارافين : رخيصة لكن تتطلق منها غازات سامة .

تدفئة بالطاقة الشمسية : تسخين الماء استخدامه في التدفئة ليلاً عبر أنابيب التدفئة.

التدفئة بالأشعة تحت الحمراء : رفع درجة حرارة النبات فقط مع بقاء هواء البيت بارداً لكن قد تظهر اختلافات في درجة الحرارة بين أجزاء التيار الواحد لعدم وصول الأشعة لها .

طرق التبريد :

التبريد بالرداذ والضباب **mist** تبرد وأحياناً تزود بالماء .

لتبريد بمردات الهواء (نظام المروحة والوسادة **fan and pad system**)

٢-٢ طرق التدفئة :

تتعدد وتنوع الطرق المستخدمة في تدفئة البيوت المحمية، ولكل طريقة الظروف الخاصة التي تناسبها، ويمكن توصيل جميع نظم التدفئة بمنظم الحرارة الذي يتحكم في تشغيلها، بحيث تظل درجة الحرارة دائماً في الحدود المسموح بها ، ويستثنى من ذلك التدفئة بالمدفئات الغازية، ومدافئ الكيروسين، والبارافين، حيث يتم تشغيلها يدوياً خلال فترة انخفاض درجة الحرارة ، هذا ويفضل نظام التدفئة المركزية **Central heating** في تجمعات البيوت المتصلة ، ويلزم في جميع نظم التدفئة التي تعتمد على الكهرباء في تشغيلها في توليد الحرارة أن يؤمن مصدر إضافي للتدفئة، أو مولد كهربائي احتياطي للاستعانة بأي منهما في حالة إنقطاع التيار الكهربائي، وفيما يلي عرض للطرق المتبعة في تدفئة البيوت المحمية .

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

يعتمد كلاً النظامين على تسخين الماء في غلايات **boilers**، ثم نقله في صورة ماء ساخن أو بخار في أنابيب خاصة الى داخل البيت الذي يتم تدفئة بالإشعاع الحراري من الأنابيب ، وفي حالة التدفئة بالماء الساخن **hot water pipes** يتم تسخين الماء في مراحل خاصة ، ثم يدفع في شبكة أنابيب التدفئة داخل البيت بمضخة خاصة تعمل بصورة دائمة. وعندما تصل درجة الحرارة داخل البيت الى حدها الأقصى يقوم منظم الحرارة بتحويل دوران الماء آلياً ليستمر داخل الأنابيب، وتصل درجة الحرارة داخل البيت الى الحد الأدنى المسموح به يقوم منظم الحرارة بفتح الصمام الذي يسمح بدوران الماء داخل المرجل، ثم الى الأنابيب وبذلك يعاد تسخينه، وقد يوصل المنظم بالمضخة مباشرة، بحيث لا تضخ الماء إلا عند انخفاض درجة الحرارة الماء يتصل بالمرجل

، ويتحكم في إشعال جهاز تسخين الماء وإطفائه تلقائياً للمحافظة على درجة حرارة الماء ، والتي تكون عادة في حدود ٨٠ - 85°م.

أما في حالة التدفئة بأنابيب البخار **steam pipes** ، فإن الماء يتم تسخينه الى درجة حرارة 102°م، بحيث يتحول الى بخار تحت ضغط خفيف يصل الى حوالي خمسة أرتال /بوصة مربعة. وينظم صمام آلي دوران البخار داخل الأنابيب، وفي فتح الصمام الذي يسمح بإدخال البخار إليها هذا وتكون أنابيب التدفئة مائلة قليلاً من أجل إعادة الناتج عن تكثيف البخار مرة أخرى الى المرجل لإعادة تبخيره واستعماله في التدفئة من جديد ويعاب على هذا النظام عدم تجانس التدفئة داخل البيت، نظراً لأن الهواء المجاور للأنابيب يكون ساخناً بدرجة كبيرة، الأمر الذي قد يضر بالنباتات القريبة منها ويمكن الاستفادة من مرجل البخار في تعقيم التربة أيضاً .

٢-٢-٢: التدفئة بتارات الهواء الدافئ:

تستخدم في التدفئة بنظام تيارات الهواء الدافئ **Circulating warm Air** مراوح كهربائية لتحريك الهواء الذي يتم إنتاجه إما بمدافئ كهربائية أو بوحدات تدفئة تعمل على بالنفط أو بالغاز والطريقة الثانية أرخص من استعمال المدافئ الكهربائية، وفيها يتم حرق النفط أو الغاز خارج البيت، حيث تطلق نواتج الاحتراق بالجو الخارجي، بينما يدفع تيار الهواء الدافئ 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 .

٢-٢-٣: المدافئ الكهربائية:

تعتبر المدافئ 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 : مدافئ الكيروسين أو البارافين:

لا تستخدم مدافئ الكيروسين أو البارافين إلا في البيوت الصغيرة الحجم، وهي قليلة التكاليف وسهلة الاستعمال، ولكن 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 الى المدفأة بأنبوبة خاصة تمتد الى خارج البيت، نظراً لأنها تحتاج الى الأكسجين لعملها، بينما تكون البيوت البلاستيكية غالباً محكمة الغلق، وكقاعدة عامة .. تلزم بوصة مربعة (٦,٢٥ سم^٢) من مقطع الأنبوبة الموصلة للهواء لكل ٢٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية (But)، وعليه ويجب أن تكون مساحة مقطع الأنبوبة الموصلة للهواء نحو ٣٠٠ سم^٢ 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 نهاراً بواسطة تسخين الماء وحفظه في خزانات لإعادة استخدامه في التدفئة ليلاً .

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

وتجدر الإشارة الى كفاءة هذه الطريقة في التدفئة تتأثر بشدة، وتنخفض كثيراً في الجو الملبد بالغيوم، الأمر الذي يدعو الى تجهيز البيت بنظام تدفئة احتياطي كمواقد الكيروسين مثلاً .

كما يستفاد من الطاقة الشمسية في تدفئة نوع من البيوت المحمية يطلق عليها اسم **Solar Green houses** وقد انشئت أول مجموعة من هذه البيوت بمعهد الأبحاث الزراعية الوطني (INRA) في **Montfavet** بفرنسا ، وهي بيوت زجاجية تتكون أسقفها من طبقتين من الزجاج : العلوية منهما زجاج عادي ، والسفلية عبارة عن نوع خاص يمتص الأشعة تحت الحمراء، ويمر على طبقة الزجاج السفلية تيار مستمر من الماء يقوم بامتصاص الحرارة نهاراً، ويستخدم في التدفئة ليلاً، ويحفظ الماء في مخازن تحت الأرض خارج البيت ، وعندما تتغير حرارة الماء بدرجة كبيرة ، فإنه يخلط بماء جوفي يسحب أولاً بأول بطلمبات خاصة، علماً بأن حرارة الماء الأرضي تتراوح دائماً من 12°-15م.

وبهذه الطريقة لا تحتاج هذه البيوت الى أية تدفئة أو تبريد، ولكن المحصول يقل فيها قليلاً ، نظراً لضعف شدة الإضاءة بها شتاء.

٢-٢-٦: التدفئة بالأشعة تحت الحمراء :

يؤدي استخدام الأشعة تحت الحمراء في التدفئة الى رفع درجة حرارة النباتات فقط، مع بقاء هواء البيت بارداً ، لكن تظهر اختلافات في درجة الحرارة بين أجزاء النبات الواحد، لأن الأجزاء المظلة لا تصلها الأشعة، وتبقى باردة، وبالمقارنة بالطرق الأخرى للتدفئة ، فإن هواء البيت في حالة التدفئة بالأشعة تحت الحمراء يكون أبرد، وتكون رطوبته النسبية أعلى، وقد ناقش **Challa** تأثير استخدام الأشعة تحت الحمراء في تدفئة البيوت المحمية على المحاصيل المختلفة من عدة جوانب، منها الاختلافات في درجات حرارة الهواء والتربة والنبات، والعلاقات المائية .

٣-٢ : طرق التبريد :

تعد البيوت المحمية المبردة ضرورة لا غنى عنها لإنتاج الخضروات خلال شهور الصيف في بعض دول العالم، والتي من أمثلتها دول الخليج العربي التي تزيد المعدل الشهري لدرجة الحرارة العظمى في معظم أرجائها عن 40°م خلال الفترة من مايو حتى

سبتمبر، وقد تصل درجة الحرارة العظمى في بعض أيام الصيف الى $48^{\circ} - 50^{\circ}$ م، وهو الأمر الذي يستحيل معه إنتاج معظم محاصيل الخضر في الحقول المكشوفة، فضلاً عن انخفاض الرطوبة النسبية في المناطق الداخلية البعيدة عن السواحل الى مستويات تقل غالباً عن ١٥% ، وهي دون الحد المناسب للنمو النباتي، والتلقيح، وعقد الثمار، وحتى يمكن إنتاج الخضر خلال هذه الأشهر الشديدة الحرارة في هذه المناطق ، فإنه يتعين خفض درجة الحرارة بمقدار 15° م ، ورفع الرطوبة النسبية الى نحو ٧٠ - ٨٠% ، ولا يتأتى ذلك إلا داخل البيوت المحمية المبردة .

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

٢-٣-١ : التبريد بالرذاذ أو الضباب :

يعرف نظام التبريد بالرذاذ أو الضباب **mist** باسم "التضبيب" **misting** ، ويتم في هذه الطريقة ضخ الماء في ضغط مرتفع لا يقل عن ٤٢ كجم/سم^٢ (٦٠٠ رطل/بوصة) في أنابيب اتثبت أعلى مستوى النباتات، حيث يخرج الماء من بشابير خاصة على شكل رذاذ دقيق جداً يشبه الضباب ، فيتبخر بسهولة، وبالتالي تنخفض درجة الحرارة، كما ترتفع الرطوبة النسبية، ويلزم لنجاح هذه الطريقة أن تتوفر كميات كبيرة من الماء الخالي تقريباً من الأملاح.

هذا وقد يستعمل نظام التبريد بالضباب منفرداً، كما هو الحال في المناطق المعتدلة ، أو مع نظام التبريد بمبردات الهواء في المناطق الشديدة الحرارة ، ففي المناطق المعتدلة يفيد الضباب في تلطيف جو البيت وخفض درجة الحرارة بعد الظهيرة حين لا تكون التهوية كافية بمفردها لخفض حرارة البيت، كما يساعد الضباب على زيادة الرطوبة النسبية الى الدرجة التي تسمح بالعقد الجيد لثمار بعض المحاصيل كالقارون ، أما في المناطق الحارة، فإن الضباب يساعد مع مبردات الهواء في إحداث خفض أكبر في درجة الحرارة

، نظراً لأن المبردات قد لا تكفي بمفردها في الفترات الشديدة الحرارة ويستفاد من ذلك أنه ينصح بتركيب نظام "التضبيب" في جميع البيوت احمية في المناطق المعتدلة والحرارة على حد سواء .

هذا ويمكن الاستفادة من نظام التبريد بالضباب في تزويد النباتات بجزء من مياه الري التي تلزمها ، وقد لا تروي النباتات إلا بالريذاذ، لكن يعاب على هذه الطريقة أن أرض البيت تصبح موحلة، ويمكن التغلب على هذه المشكلة بفرش الممرات بالبلاستيك أو بالزراعة في بالات القش المضغوط .

٢-٣-٢ التبريد بمبردات الهواء :

يطلق على نظام التبريد بمبردات الهواء **Air Coolers** اسم التبريد الصحراوي، أو نظام المروحة والوسادة **Fan and pad System** . يعتمد التبريد في هذه الطريقة على تبخر الماء من وسائد مبتلة عن طريق إجبار التيار من الهواء بالمرور من خلالها، يتم إيصال منظم للحرارة بمروحة كبيرة توجد في أحد جانبي البيت، بينما توجد الوسائد في الجانب الآخر، وعند وصول درجة الحرارة داخل البيت الى الحد الأقصى المسموح به يقوم المنظم بتشغيل كل من مروحة ومضخة بدفع التيار من الماء أعلى الوسائد لجعلها رطبة بصفة دائمة ، بينما يؤدي تشغيل المروحة الى إحداث تفرّيع داخل البيت، يتبعه إندفاع الهواء من خلال الوسائد المبتلة، حيث يتبخّر جزء من الماء وبالتالي يكون الهواء بالداخل للبيت بارداً أو رطباً أما الماء الذي لا يتبخّر، فإنه يتجمع أسفل الوسادة ليتم ضخه مرة أخرى وهكذا.

ويتم التبريد في 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 الى البيت عن الجو الخارجي ، وقد يصل الفرق في درجة الحرارة بين الهواء الداخل الى الوسادة والهواء الخارجي منها الى $6-14^{\circ}\text{م}$ ، لكن ترتفع درجة حرارة الهواء الذي يمر خلال البيت تدريجياً، ويقدر الفرق بين درجتي الحرارة عند الوسادة وعند المروحة بنحو ٣-٤ درجات مئوية .

الوسائد 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، إلا أن هذه النوعية يعد استعمالها كبير في الوقت الحاضر ، نظراً لضعف كفاءتها ، وضرورة تغييرها سنوياً أما الوسائد الحديثة ، فإنها تتكون من ورق سليولوزي معرج ، ومشبع بأملاح غير ذائبة ، وبمواد تزيد من صلابة الورق مع بعض المواد التي تساعد على البلل وتستخدم هذه الوسائد لمدة ١٠ سنوات أو أكثر وهي تتوفر بسمك يتراوح من ١٠ - ٣٠ سم، علماً بأن زيادة السمك تعمي نقص المسطح العام للوسادة الذي يجب توفره لتحقيق التبريد اللازم، وتزيد كفاءة هذه النوعية من الوسائد كثيراً عن كفاءة الوسائد التي تملأ بالمواد الماصة، فبينما نجد أنه تلزم قدم مربع واحد من سطح وسادة عادية لكل ١٥٠ مكعب من الهواء المار خلالها في الدقيقة ، نجد أن نفس المساحة من الوسائد الجديدة سمك ١٠ سم تكفي لكل ٢٥٠ قدم مكعب من الهواء المار خلالها في الدقيقة .

هذا ويوضح التركيب العام للوسادة وكيفية تزويدها بالماء اللازم للتبريد فبين التركيب الدقيق لمكونات الوسادة وملحقاتها ويصل الماء الى الوسادة من خلال أنبوبة (بلاستيكية غالباً) تثبت أفقياً 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 أي موقع آخر خاصة عندما يزيد طول الوسادة عن ٢٢ متراً وتوضع مصفاة أسفل الأنبوبة لتوزيع الماء بتجانس قبل أن يسقط على الوسادة ، وقد لا توجد مثل هذه المصفاة لكن يجب أن تكون ثقوب الأنبوبة في هذه الحالة متقاربة بدرجة تسكح بحج توزيع الماء على الوسادة بانتظام، وتثبت الوسادة أسفل المصفاة في وضع رأسي ، ونظراً لأن الوسادة تتحد بالبلل وتنكمش بالجفاف، فإنها توضع داخل شبكة سلكية، كما يوجد مجرى أسفل الوسادة لتلقي الماء الزائد

الذي ينتقل بعد ذلك الى خزان للماء يوجد أسفل المجرى، وهو الذي يضخ فيه الماء الى أعلى الوسادة ويغطي السطح العلوي لهذا المجرى حتى لا تتجمع به أية بقايا أو شوائب. هذا ويعوض الماء الذي ينقص من الخزان باستمرار بمعدل يوازي كمية الماء المتبخرة ، وهي التي قد تصل الى جالون في الدقيقة لكل ١٠٠ قدم مربع من الوسادة في 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 مرورة الماء من خلاله في الاتجاه العكسي .

كما توجد وسائد أفقية توضع فيها مواد، مثل الفيروميكوليت أو "بروة" الخشب على شبكة سلكية لتعمل كمسطح للتبخير مع السماح بمرور الهواء من خلالها، ويحافظ على الوسادة رطبة باستمرار بواسطة "التضبيب" كما قد يوجد عدد من الوسائد الأفقية التي تثبت فوق بعضها على جانب البيت من الخارج .

المروحة Fan :

يجب أن تثبت المروحة (شكل ٢-١٣) في جانب البيت الذي لا يواجه الرياح، في الجانب المواجه للرياح، حتى تكون الرياح مساعده لعمل المروحة، وليست معاكسة لها، وإذا تعذرت ذلك، فلا بد من زيادة كفاءة المروحة بمقدار ١٠%. أما إذا وجد عدد من البيوت غير مقابلة لوسائد المجموعة المجاورة، أن ذلك يؤدي الى طرد الهواء الساخن من المجموعة الأولى ليدخل في البيوت المجاورة ، وبجس في هذه الحالة أن تكون وسائد مجموعتي البيوت متقابلة، لكن هذه المشكلة تقل تدريجياً بزيادة المسافة بين مجموعتي البيوت، حتى تنعدم تماماً عندما المسافة بينهما ٢٠ متراً أو أكثر .

مسار الهواء المبرد :

يفضل أن يكون مسار الهواء المبرد باتجاه عرض البيت، وموازياً لخطوط الزراعة، وفي مستوى النمو النباتي، ولتحقيق ذلك يجب وضع الوسائد في مستوى النباتات أو أعلى قليلاً (شكل ٢-١٥). حتى تزيد فرصة مرور الهواء يتجه لأعلى

بزواوية ٧ درجات (أي بمعدل متر لكل ثمانية أمتار) تاركاً جيوباً غير مبردة في مستوى النمو النباتي .

ويمكن تصحيح ذلك الوضع بتثبيت شرائح من البوليثلين الشفاف تتدلى من قمة البيت عمودياً على مسار الهواء، حتى تجبره على أن يسلك مساراً سلفياً بين النباتات، تثبت هذه الشرائح كل عشرة أمتار، ويجب أن يكون طرفها المتدلي بعيداً بعداً كافياً عن قمة النباتات، حتى لا تعوق حركة الهواء .

كما تظهر مشكلة أخرى إذا كانت الوسائد قريبة من سطح التربة، وكانت النباتات مربة على مناظرة، لأن الهواء المبرد يتسرب في هذه الحالة من تحت المناضد، دون المرور على النباتات ، ويمكن التغلب على هذه المشكلة بتثبيت شرائح بلاستيكية تحت المناضد مقابل .

العوامل المؤثرة على كفاءة التبريد :

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

معدل سحب الهواء الدافئ من البيت .

مساحة سطح الوسائد .

وتتوقف كفاءة التبريد بهذه الطريقة (عند ثبت العاملين السابقين) على كل من منسوب البيت (ارتفاعه عن سطح البحر) وشدة الإضاءة به والرطوبة النسبية في الجو الخارجي والعامل الأخير لا يمكن التحكم فيه، ولذا فإنه لا يؤخذ في الاعتبار عند حساب احتياجات التبريد، لكن يجب أن نتذكر أن أقصى درجة تبريد يمكن الحصول عليها بهذه الطريقة تبلغ حوالي ٨٠% من الفرق بين قراءتي الترمومترين الجاف والمبتل في العراء، وبذلك يزداد التبريد الممكن تحقيقه كلما ازداد الفرق بين القراءتين أي كلما ازدادت مقدرة الهواء على تبخير الماء، أي كلما انخفضت الرطوبة النسبية وتصح فعالية هذه الطريقة في التبريد معدومة تقريباً عندما تصل الرطوبة النسبية الى حوالي ٨٠% .

وكقاعدة عامة عامة لايزيد 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 في حدود ٨ قدم في الدقيقة لكل قدم مربع من مساحة البيت، مع افتراض أنه يسمح بفرق سبع درجات فهرنهايتية (حوالي أربع درجات مئوية) بين المروحة والوسادة، وأن المسافة بين المرواح والوسائد تزيد عن ١٠٠ قدماً (حوالي ٣٣ متراً) فإذا أخل بأي من هذه الشروط وزالفروض الزم استعمال معامل خاص لتصحيح المعدل اللازم لسحب الماء من البيت عن المعدل المذكور وهو ٨ قدم^٣/دقيقة/قدم من مساحة البيت، فيما يلي عرض لهذه الشروط والفروض، وكيفية تأثيرها على عملية التبريد .

منسوب البيت (ارتفاعه عن سطح البحر) :

من الضروري زيادة معدل سحب الهواء من البيت عند ارتفاعه منسوبه عن ١٠٠٠ قدم عن سطح البحر، لأن مقدرة الهواء على التبريد تعتمد على وزنه وليس على حجمه ، علماً بأن كثافة الهواء تقل كلما ارتفعنا عن سطح البحر، ولهذا يجب استعمال معامل خاص لتصحيح المعدل اللازم لسحب الهواء من البيت يرمز له بالرمز أو معامل التصحيح الخاص بالمنسوب أو الارتفاع عن سطح البحر .

٢- المسافة من الوسائد الى المرواح :

يجب أن تكون الوسائد والمرواح متقابلة ، ويتوقف استخدام الحوائط المختلفة لهذا الغرض على إبعاد البيت، لأن المسافة بين الوسادة والمروحة يجب أن تكون في حدود ٣٣-٤٥ متراً، فإذا زادت المسافة عن ذلك يحتاج الأمر الى مرواح ضخمة ، وإذا نقص المسافة عن ٣٣م لا ينتشر الهواء المبرد في كل أرجاء البيت، بل يميل في حركته نحو مسار ضيق من الوسادة الى المروحة ، وتلزم في هذه الحالة زيادة سرعة سحب الهواء من البيت لتصحيح ذلك الوضع، ويستخدم لذلك معامل خاص لتصحيح يرمز له بالرمز أو معامل التصحيح الخاص بالمسافة من الوسادة الى المروحة .

٣- شدة الإضاءة داخل البيت :

يحتاج الأمر الى معامل تصحيح ثالث خاص بشدة الإضاءة داخل البيت عند اختلافها عن ٥٠٠٠ قدم شمعة يرمز لها بالرمز، ويحصل عليه .

٤- الفرق المسموح به في درجة الحرارة بين الوسادة وال مروحة :

يحتاج الأمر الى معامل تصحيح رابع للفرق الذي يسمح به في درجة الحرارة بين الوسادة والمروحة لأن المعدل القياسي لسحب الهواء هو ٨ قدم/دقيقة/قدم من مساحة البيت يؤخذ في الاعتبار فرق قدرة ٤ درجات مئوية (أو ٧ درجات فهرنهايت) بين درجة حرارة الهواء الداخل الى البيت بعد مروره على الوسادة ودرجة حرارة الهواء الخارج من البيت عند المروحة، ويمكن تصحيح ذلك باستخدام معامل خاص يرمز له بالرمز (Ftemp) ويعرف باسم معامل التصحيح الخاص بالفرق المسموح به في درجة الحرارة بين الوسادة والمروحة، ويحصل عليه .

٥-٢ : التحكم في الإضاءة :

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

٥-٢-١ : التحكم في شدة الإضاءة:

خفض شدة الإضاءة :

يتطلب الأمر خفض شدة الإضاءة في حالات خاصة هي :-

خلال فصل الصيف في الجو الصحو بالمناطق الحارة، حيث تزداد شدة الإضاءة بدرجة كبيرة، ويتحول جانب كبير من الأشعاع الشمسي الى طاقة حرارية، فترتفع بذلك درجة الحرارة كثيراً داخل البيوت .

عند إنتاج بعض نباتات الزينة (نباتات الظل) .

ويتم التحكم في شدة الإضاءة بصورة جيدة باستعمال شباك التظليل البلاستيكية المناسبة التي تحدث تظليلاً بدرجات تتراوح من ١٠-٩٠% حسب

الحاجة، كما يمكن خفض شدة الإضاءة برش غطاء البيت من الخارج بالجير، إلا أن ذلك يترك رواسب يصعب التخلص منها عند حلول فصل الشتاء .

زيادة شدة الإضاءة :

نجد في المناطق الشمالية الباردة أن أشعة الشمس تسقط على سطح الأرض خلال فصل الشتاء بزواوية صغير، كما تكون السماء ملبدة بالغيوم معظم ساعات النهار، ويتبع ذلك أن الإضاءة تكون ضعيفة في هذه المناطق، مما يستلزم توفير بعض الإضاءة الصناعية في البيوت المحمية، ومما يساعد على جعل الإضاءة الإضافية هذه أمراً اقتصادياً في هذه المناطق أن البيوت المحمية تظل مغلقة خلال فصل الشتاء بسبب برودة الجو، مما يستدعي تغذية البيوت بغاز ثاني أكسيد الكربون (انظر الجزء ٢-٦)، وقد وجد في العديد من الدراسات أن استفادة النباتات من غاز ثاني أكسيد الكربون المضاف تزداد مع زيادة شدة الإضاءة.

ومن أهم مصادر الإضاءة الصناعية لمبات التنجستون، لمبات الفلورسنت (النيون)، وهما تختلفان كثيراً في توزيع الموجات الضوئية التي تنبعث من كل منهما فلمبات التنجستون تبعث بالضوء من الفتيل الذي يسخن بدرجة كبيرة، مرسلًا أشعة تبدأ من الطيف الأزرق (٣٥٠ مللي ميكرون)، وتستمر حتى طيف الأشعة تحت الحمراء (٧٥٠٠ مللي ميكرون)، ويكون ضوء لمبات التنجستون غنياً في محتواه من الأشعة الإضاءة اللازمة لعملية البناء الضوئي، إلا أنها تفيد في زيادة تدفئة النباتات، وفي التحكم في إزهار النباتات التي تتأثر بالفترة الضوئية في أزهارها (يراجع الفصل الخامس والعشرون للتفاصيل الخاصة بتأثير ألوان الطيف على الأزهار).

أما لمبات الفلورسنت، فإنها تبعث بضوء منخفض في الأشعة الحمراء، ولا يحتوي على أية أشعة تحت الحمراء، ولذا نجد أن اللمبات تكون باردة، ويحتوي ضوء لمبات الفلورسنت على باقي ألوان الطيف بصورة قريبة من تلك الوجود في أشعة الشمس، ولهذا السبب فإنه يجب لكي يتحقق أفضل نمو بالضوء الصناعي استعمال كل من لمبات التنجستون والفلورسنت معاً، حتى تكمل بعضها البعض لإنتاج أشعة أقرب من طيف أشعة الشمس أكثر من أي منهما منفردة .

والى جانب الإضاءة الصناعية، فإن الاختيار الأمثل لشكل البيت واتجاهه ومادة الغطاء يساعد على زيادة نفاذية الضوء الى دخل .

٢١-٤ : التهوية Ventilation :

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

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 في المناطق المعتدلة، وخلال فصل الشتاء في المناطق الحارة .

تؤدي التهوية الى تجديد هواء البيت، فيمكن بذلك المحافظة على التركيز الطبيعي لغاز ثاني أكسيد الكربون ، لأن تركيز الغاز يقل سريعاً في البيوت غير الجيدة التهوية لاستنفاد من قبل النباتات في عمليات البناء الضوئي.

غالباً ما تصل الرطوبة النسبية داخل البيوت المحمية الغلق الى درجة التشبع، وتحت هذه الظروف يزداد انتشار الأمراض، كما يزداد تكثف قطرات الماء على الجدار الداخلية للبيت في الجو البارد ، ولا توجد وسيلة فعالة لإحداث خفض ملموس في الرطوبة النسبية إلا بالتهوية الجيدة، وبذلك يأنها تقلل من فرصة انتشار الأمراض، تؤدي الى التخلص من ظاهرة تكثف قطرات الماء وسقوطها على النباتات .

٢١-٤-١ : التهوية من خلال منافذ خاصة في الجدران والأسقف :

تعتبر أبسط طرق التهوية هي بعمل فتحات خاصة في جدران أو سقف البيوت المحمية يتم من خلالها تغيير هواء البيت بطريقة طبيعية، حيث تخرج الهواء الداخلي الدافئ الذي يتجمع قرب سقف البيت من الفتحات العلوية ليحل محله الهواء الخارجي البارد من الفتحات الجانبية، والقاعدة في هذه الطريقة للتهوية أنه كلما إزداد اتساع الفتحات، وازدادت سرعة خفض درجة الحرارة داخل البيت، وأمكن المحافظة عليها في المجال المناسب للنمو النباتي . ولتحقيق ذلك يجب ألا تقل مساحة فتحات التهوية عن ١٧ % من مساحة البيت فمثلاً فتحات صغيرة للتهوية في بيت بلاستيكي تناسب المناطق الباردة، ولكنها لا تكفي للمناطق المعتدلة أو الحارة ، ففي المناطق المعتدلة يجب أن تتسع فتحات التهوية، وتمتد ما بين الشرائح البلاستيك المغلقة للبيت

أما في المناطق الحارة فإن فتحات التهوية يجب أن يزداد اتساعها وتوزع في جوانب البيت والأسقف، كذلك المبينة في أشكال (٢١-٢١-٢٢، ٢١-٢٣) أما في المناطق الباردة التي تنتشر فيها البيوت الزجاجية من النوع الجمالوني المتناظر الانحدار على جانبي البيت، فإن فتحات التهوية توجد غالباً في قمة البيت على جانبي الجمالون، وأياً 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 في حالة الرياح الخفيفة، فإنه يمكن تشغيل فتحات التهوية في جانب البيت غير المواجه للرياح.

وعند الرغبة في عدم دخول الحشرات الى البيت من فتحات التهوية، فإن الفتحات تغطي بشباك خاصة، كذلك المبينة في شكل (٢١-٢٣) وبين شكل (٢١-٢٤) تخطيطاً لفتحة تهوية من هذا النوع، وكيف يتم التحكم في فتحات وغلقها .

ويتم التحكم في فتح أو غلق الابواب أو فتحات التهوية الكبيرة :

يدوياً بفتح أو غلق الأبواب أو فتحات التهوية الكبيرة .

يدوياً بإدارة عجلة خاصة تتصل مع فتحات التهوية بأسلاك، كما في شكل (٢١-٢٥، ٢٥، ٢٦-٢١)، أو بتروس، كما في شكل (٢١-٢٧) .

آلياً كما في شكل (٢١-٢٨، ٢١-٢٩)، حيث يتم توصيل فتحة التهوية بمنظم الحرارة الذي يعمل على تشغيل جهاز منافذ التهوية عند ارتفاع درجة الحرارة داخل البيت الى الحد الأقصى المسموح به .

٢١-٤-٢ التهوية بنظام المنافذ والمراوح :

يتبع نظام المنافذ والمراوح للتهوية في البيوت الكبيرة التي لا تفيد معها منافذ التهوية العادية، خاصة في الجو الحار، وتستخدم لأجل ذلك مراوح كبيرة تعمل على طرد الهواء الدافئ خارج البيت من أحد الجانبين ليحل محله هواء خارجي بارد من المنافذ التي توجد في الجانب الآخر، تظل المنافذ مفتوحة طول الوقت في الجو الحار،

بينما يتم توصيل المراوح بمنظم الحرارة الذي يتحكم في تشغيلها عند وصول درجة البيت الى الحد الأقصى المسموح به.

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

ويتبع هذا النظام عادة في البيوت الكبيرة المجهزة بوسائل التبريد بالمروحة والوسادة، حيث تكتفي فيها بتشغيل المراوح فقط خلال فصل الشتاء حينما تكون درجة الحرارة معتدلة في الجو الخارجي ، بينما يتم تشغيل نظام التبريد في الجو الحار .

ويبين مسار التحركان الهوائية داخل البيت عند اتباع هذا النظام في التهوية، وذلك في كل من البيوت المفردة ذات الشكل الجمالوني المنتظر الانحدار والبيوت الكبيرة المتصلة بنظام القنوات والخطوط .

تستخدم في هذا النظام للتهوية أنبوبة من البوليثلين بقطر ٥٠-٧٥سم تتدلى من سقف البيت بطوله أعلى مستوى النباتات، وتوجد بهذه الأنبوبة ثقوب صغيرة على الجانبين في الجهة السفلية يخرج منها الهواء ليتوزع في أرجاء البيت، وهي مسدودة من أحد طرفيها، ومفتوحة من الجانب الآخر على المنفذ الذي يأتيها منه الهواء .

التهوية في الجو البارد :

يفضل اتباع نظام الأنبوبة البلاستيكية للتهوية في الجو البارد، حيث يكون الهواء الخارج بارداً بدرجة قد تضر بالنباتات القريبة من فتحات التهوية ، ولتلافي ذلك الهواء بالدخول الى الأنبوبة البلاستيكية أولاً ، حيث يوزع منها بالتدرج في جميع أرجاء البيت .

ويوضح شكل (٢١-٣٢) الكيفية التي يتم بها عمل هذا النظام: تثبت مروحة كبيرة ساحبة للهواء في جانب من البيت ، بينما يوصل أحد طرفي الأنبوبة البلاستيكية بفتحة في جانب آخر . ويؤدي تشغيل المروحة الى توليد تفرغ داخل البيت، فيندفع الهواء

بالتالي من خارج البيت خلال الفتحة المطلة على الأنبوبة البلاستيكية لتستفخ الأنبوبة بالهواء بالتالي من خارج البيت خلال الفتحات الصغيرة ليوزع بالتدرج في جميع أرجاء البيت .

هذا وتغطي الفتحة الخارجية بـ "ريش" خاصة في إطار خشبي في جدار البيت، وتتصل الأنبوبة البلاستيكية بهذا الإطار من الناحية الداخلية للجدار (شكل ٢١-٣٢) ويتم فتح هذه "الريش" بمجرد إندفاع الهواء من خلالها الى داخل الأنبوبة البلاستيكية، وقد يتحكم قفل خاص في فتحها وغلقها، ويتم تشغيله بواسطة منظم الحرارة، حيث يفتح مع تشغيل المروحة في آن واحد ، وليس لموقع المروحة الساحة للهواء أهمية كبيرة، نظراً لأن كل وظيفتها هي توليد تفرغ داخل طفيف يسمح بإندفاع الهواء الى داخل الأنبوبة البلاستيكية .

التهوية مع المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت :

يمكن استخدام نظام الأنايب البلاستيكية في المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت مع إجراء التهوية في الجو البارد، ولتحقيق ذلك تثبت المروحة الساحة للهواء والأنبواء 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 دائماً مملوءة بالهواء .

ففي حالة التهوية يؤدي تشغيل المروحة الساحة للهوار الى إحداث تفرغ جزئي في البيت، فيندفع الهواء من خلال الفتحة التي توجد في جدار البيت (والتي تكون مغطاة بريش خاصة تفتح عند إندفاع الهواء من خلالها) لتتلقف المروحة القريبة المثبتة في طرف الأنبوبة البلاستيكية، وتدفعه داخل الأنبوبة مساوية لقدرة المروحة الساحة للهواء من البيت، وإلا تدفق جزء من الهواء الخارجي البارد الداخل الى البيت الى أسفل نحو النباتات، بدلاً من سحبه الى داخل الأنبوبة البلاستيكية .

أما عندما لا تعمل المروحة الساحبة للهواء من داخل البيت (أي عندما لا تكون هناك حاجة للتهوية)، فإن المروحة الدافعة للهواء الى داخل الأنبوبة البلاستيكية (والتي تعمل باستمرار) تؤدي الى تحريك هواء البيت باستمرار ، محققة المزايا الآتية :

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

تحريك غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يقل تركيزه حول النبات .

تقليل فرصة الإصابة بالأمراض بتقليل الرطوبة النسبية حول الأوراق .

١-٤ : غطاء البيوت المحمية :

تنوع المواد المستخدمة كأغطية للبيوت المحمية ، وتختلف كثيراً في خصائصها وأسعارها وعمرها الافتراضي، وهي أمور يجب أن تؤخذ جميعها في الاعتبار عند اختيار نوع الغطاء .

الزجاج .

الليف الزجاجي (الفيبر جلاس).

البلاستيك وأنواعه كثيرة ، ومن أهمها: البوليثلين والبوليفينيل كلورايد .

ومن أهم الخصائص التي يجب أخذها في الاعتبار عند اختيار أي من هذه الأغطية ما يلي :

نفاذية الغطاء للضوء: ففي المناطق التي تكون ملبدة بالغيوم والإضاءة فيها ضعيفة معظم أيام السنة يفضل أن تستعمل فيها الأغطية التي تسمح بنفاذ أكبر نسبة من الضوء الساقط عليها وبالعكس فإنه يفضل استعمال الأغطية التي تسمح بمرور نسبة أقل من أشعة الشمس في المناطق الحارة التي تكون فيها شدة الإضاءة عالية معظم أيام السنة هذا برغم أن الغطاء يمتص جزءاً من الأشعة الشمسية الساقطة عليه في صورة حرارة إلا أنه يشعها ثانية، إما نحو الفضاء الخارجي ، أو الى داخل البيت، أما باقي الأشعة الساقطة، فإنها إما أن تنفذ من خلال الغطاء الى داخل البيت، أو تنعكس مرة أخرى نحو الفضاء الخارجي .

نفاذية الغطاء للأشعة تحت الحمراء : وهذا العامل على جانب كبير من الأهمية ليلاً عنده تبعث التربة والأجسام الصلبة بالبيت الحرارة التي اكتسبها أثناء النهار في الفضاء الخارجي، ويبرد البيت بسرعة ، بينما تبقى داخل البيت، وتعمل على رفع درجة الحرارة داخله إن لم يكن الغطاء منفذاً لها.

نفاذية الغطاء للأشعة فوق البنفسجية: وهذا العامل أقل أهمية وترداد أهميته فقط في المناطق المرتفعة التي تزيد فيها الأشعة فوق البنفسجية، مما يستلزم استعمال أغطية غير منفذة لها لتقليل إصابة النباتات بأضرار لفحة الشمس .

هذا ويمكن تلخيص درجة نفاذية الأنواع الرئيسية السابقة الذكر من الأغطية لكل من الضوء المرئي والأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء كما يلي :-
لا تقل درجة نفاذية الأنواع المختلفة من الشرائح البلاستيكية للضوء المرئي عن الزجاج .

تعتبر أغطية الزجاج والبوليثلين غير منفذة للأشعة فوق البنفسجية ويعتبر الفيبر جلاس قليل النفاذية، بينما يعتبر باقي الأغطية البلاستيكية منفذاً .
أغطية البوليثلين هي الوحيدة المنفذة للأشعة تحت الحمراء، بينما يعتبر الفيبر جلاس وسطاً أما باقي الأغطية، فهو إما قليل النفاذية، أو غير منفذ للأشعة تحت الحمراء .

١-٤-١ : الأغطية الزجاجية:

تستخدم في تغطية البيوت المحمية أنواع من الزجاج الشفاف بسبك ٣-٤ مم، ويتوقف السمك المستخدم على مساحة الألواح المستعملة، فيزيد السمك بزيادة المساحة، وعلى ما إذا كانت مستخدمة في الجدران، أم في الأسقف، تثبت ألواح الزجاج في بروايز خاصة تشكل جزءاً من هيكل البيت .

ينفذ الزجاج الضوء بنسبة ٩٠% تقريباً، ويتوقف ذلك على محتواه من الحديد ، حيث تقل نفاذيته مع زيادة محتواه من هذا العنصر، ولا يسمح الزجاج بنفاذ الأشعة تحت الحمراء، وبذلك فهو يعمل على الاحتفاظ بالحرارة المنبعثة من التربة ليلاً داخل البيت، مما يقلل الحاجة للتدفئة الصناعية. ولخفض تكاليف التبريد في المناطق الحارة

التي تزيد فيها شدة الإضاءة أنتجت إحدى الشركات الهولندية زجاجاً عاكساً للضوء اسمه التجاري، هورتي كير، وهو زجاج ٤ مم عادي، إلا أنه معامل بغطاء من أكاسيد المعادن التي تعمل على عكس جزء من أشعة الشمس بدرجة أكبر من الزجاج العادي فبينما ينفذ الزجاج العادي (٤ مم) نحو ٨٥% من الطاقة الشمسية الساقطة عليه، فإن زجاج الهورتي كير ينفذ من ٦٢-٦٨% فقط، والباقي يتم عكسه خارج البيت، ومن الضروري ملاحظة تركيب الزجاج بحيث تكون طبقة الأكاسيد داخل البيت . كما يستخدم نوع مماثل من الزجاج تكون فيه طبقة أكاسيد المعادن نحو الخارج بغرض خفض الفقد في درجة الحرارة في المناطق الباردة، وقد وجد أن هذا النوع من الزجاج (يسمى تجارياً باسم هورتي بلس) يقلل الفقد الحراري من البيت بنسبة ٢٠-٢٥ % وبمدى يتراوح من ٢% في الجو الممطر الملبد بالغيوم الى ٤٠ % في الجو الصحو، وقد ترواح مقدار الفقد في الإضاءة عند استعمال هذا النوع من الزجاج، بالمقارنة بالزجاج العادي بنحو ١١-١٣%، إلا أن استعماله لم يكن اقتصادياً، نظراً لارتفاع سعره بالنسبة للتوفير الذي يحققه في وقود التدفئة. هذا وبغض النظر عن نوع الزجاج المستخدم، فإنه يعتبر أطول أنواع الأغطية المستعملة عمراً، إلا أنه يحتاج الى مراقبة مستمرة لاستبدال الألواح التي تكسر بفعل البرد أو أي عوامل أخرى.

١-٤-٢: أغطية الليف الزجاجي (الفيبر جلاس):

يعتبر الليف الزجاجي المدعم بالبلاستيك (ويطلق عليه اختصار اسم الفيبر جلاس) البديل الأول للزجاج كغطاء للبيوت الخمية . يتوفر الفيبر جلاس على شكل ألواح أو شرائح مسطحة ناعمة أو معرجة وكلاهما مرن بالقدر الكافي للتشكيل على هيكل البيت، بحيث يمكن تثبيتها على أي هيكل. وقد يشبث الفيبر جلاس على هياكل البيوت البلاستيكية الرخيصة، فتصبح بذلك تكلفة البيت وسطاً بين تكلفة البيت البلاستيكي والبيت الزجاجي، أو قد يشبث على هياكل البيوت الزجاجية، فتصبح تكلفة البيت الإجمالية قريبة من تكلفة البيت الزجاجي .

من أهم خصائص الفيبرجلاس أنه يعمل على تشتيت أشعة الشمس الساقطة عليه، الأمر الذي يزيد من تجانس الإضاءة داخل البيت بدرجة أكبر مما في حالة الغطاء الزجاجي، كما أنه أكثر مقاومة للتكسير بفعل البرد عن الزجاج، وأكثر تحملاً للانخفاض الشديد في درجة الحرارة عن البوليثيلين .

وبالمقابل يعاب على الفيبرجلاس أن السطح الإكريلك للشرائح يتعرض للخدش، ويتكون فيه النقر بفعل احتكاكه بحبيبات التراب والرمل وبفعل التلوث الكيميائي، مما يؤدي الى تعرض الألياف الزجاجية للجو الخارجي، فتتجمع بها الأتربة، كما تنمو فيها الطالح، فتصبح داكنة اللون، وتقل نفاذيتها للضوء، ويمكن تصحيح أو معالجة هذه الحالة بتنظيف سطح شريحة الفيبرجلاس بفرشاة قوية نظيفة أو بصوت زجاجي، ثم دهنها بطبقة جديدة من الإكريلك .

هذا وتتراوح فترة ضمان الفيبرجلاس من ٥-٢٥ سنة وتكون فترة الضمان طويلة في الشرائح في إنتاج بعض النباتات المتزلية التي لا تتطلب إضاءة قوية وإذا كانت نفاذية الهواء للضوء ١٠٠%، فإن نفاذية الزجاج تبلغ ٩٠%، نفاذية الفيبرجلاس الشفاف تتراوح من ٩٢-٩٥%، وتنخفض الى ٦٤% في الشرائح الفيبرجلاس الصفراء، و ٦٢% في الشرائح الخضراء .

وتعتبر شرائح الفيبرجلاس أقل مقدرة على التوصيل الحراري من الزجاج فإذا كانت المقدرة على التوصيل الحراري ١٠٠% في الهواء، فإنها تبلغ ٨٨% في الزجاج، و ٦٣ - ٦٨% في الفيبرجلاس الشفاف ، ويعني ذلك أن البيوت المغطاة بالفيبرجلاس تكون أقل احتياجاً للتبريد صيفاً ، أقل تدفئة شتاء عن البيوت الزجاجية ومما يساعد على ذلك أن تسرب الحرارة منها يكون بدرجة أقل مما في البيوت الزجاجية، نظراً لأن ألواح الفيبرجلاس تكون أكبر مساحة وبالتالي تقل أماكن اتصال الألواح مع الهيكل، وينطبق ذلك بصفة خاصة على ألواح الفيبرجلاس الملساء، أما الألواح المعرجة، فإنها تزيد كثيراً من سطح البيت المعرض للجو الخارجي، مما يزيد الحرارة المفقودة بالإشعاع، الأمر الذي يتطلب زيادة الحاجة للتدفئة بنحو ٣٠-٤٠% عما في حالة استعمال الألواح الملساء.

هذا ويقدر سمك شرائح الفيبرجلاس بوزن وحدة المساحة، ويستخدم عادة شرائح زنة ٤-٥ أوقيات للقدم المربع للأسقف، وشرائح البوليثيلين تعتبر طاردة للماء فإن قطرات الماء التي تتكثف عليها سريعاً ما تتساقط من أقل حركة للغطاء بفعل الهواء، أو عند غلق باب البيت مثلاً، ولهذا يجب رش البلاستيك من الداخل بمادة تجعله أقل طرداً لقطرات الماء، حتى تتلقت القطرات عليه من الداخل الى ان تصل لسطح التربة، بدلاً من سقوطها على النباتات ، ورغم أنه يمكن استعمال الصابون العادي لهذا الغرض، إلا أنه يغسل بسرعة، ويستخدم لذلك تحضير تجاري يسمى صن كلير ترش به جدران البيت من الداخل من أكبر العيوب التي تؤخذ على الفيبرجلاس من شدة قابليته للاشتعال .

١-٤-٣: أغطية الأغشية البلاستيكية السهلة التشكيل :

سنتناول بالدراسة تحت هذا العنوان أكثر نوعين من الأغطية البلاستيكية السهلة التشكيل استعمالاً في الوقت الحاضر، وهما : البوليثيلين، البولي فينايل كلورايد وبياع كلاهما على شكل لفائف من الأغشية التي تختلف في الطول والعرض والسمك حسب الغرض من الاستعمال، ويمكن التمييز بينهما بسهولة كبيرة، معطية شعلة مضيئة جداً، وتكون للأبخرة الناتجة من الاحتراق رائحة الشمع، أما أغشية البولي فينايل كلورايد، فإنها لا تطفو على سطح الماء، وإذا أحرقت قطعة منه، فإن شعلتها تكون شاحنة، وتكون للأبخرة الناتجة من الاحتراق رائحة حاضم الأيدروكلوريك .

أغشية البوليثيلين:

يطلق على أغشية البوليثيلين أيضاً اسم، ويوجد منها نوعان: أحدهما عادي، والآخر مضاف له مادة خاصة لامتصاص الأشعة فوق البنفسجية، ويسمى كوبوليمر .

١- البوليثيلين العادي :

يتآكل البوليثيلين العادي عندما يتعرض لأشعة الشمس، والأشعة فوق
البنفسجية هي التي تحدث التمزق، ولهذا فإنه يستعمل عادة لموسم زراعي واحد لمدة
٦-٩ أشهر، ومحد أقصى سنة واحدة، ثم يجدد بعد ذلك .

وتعتبر أغشية البوليثيلين أرخص الأغشية البلاستيكية وأكثرها انتشاراً،
ويتراوح سمك النوع المستخدم في الصوبات من ١٠٠-١٥٠ ميكرون، ويتوفر بعرض
يصل الى ١٢م، وبأي طول، وتبلغ نفاذية، وبأي طول وتبلغ نفاذية البوليثيلين العادي
للضوء ٨٨%، وهو بذلك مماثل تقريباً للزجاج الذي يبلغ نفاذيته ٩٠%، وهو منفذ
لكل من الأشعة فوق البنفسجية (بنسبة ٨٠%)، والأشعة الحمراء (بنسبة ٧٧%)،
وبذلك فهو يسمح بنفاذ الأشعة ذات الموجات الطويلة التي تصدر من النباتات
والتربة. ويفيد ذلك في تقليل الحاجة للتهوية والتبريد نهاراً، لكن تقابل ذلك زيادة
الحاجة للتدفئة ليلاً، نظراً لأن غطاء البوليثين يسمح بنفاذ الأشعاع الحراري الذي
يصدر من التربة ليلاً الى خارج البيت.

هذا وفي حالة استعمال طبقتين من البلاستيك كغطاء للصوبات فإن نفاذية الغشائين معاً
تنخفض الى ٧٧% ويفيد استعمال طبقتي البلاستيك في تقليل الفقد الحراري.
كما تتوفر أغشية البوليثيلين البيضاء اللون، وتستعمل لمخفض شدة الإضاءة داخل
الصوبات في المناطق الشديدة الحرارة صيفاً .

٢- الكوبوليمر Copolymer :

الكوبوليمر هو نوع من البوليثيلين المضاف له مواد خاصة تقوم بامتصاص
الأشعة فوق البنفسجية وتبطئ من تحلله، لذلك فهو يعيش لفترة أطول تصل الى
١,٥ - ٢ سنة وتتميز هذه الشرائح بلونها الأصفر ، وفيما عدا ذلك فإنه لا يختلف في
خصائصه عن البوليثيلين العادي .

أغشية البولي فينايل كلورايد :

يطلق على أغشية البولي فينايل كلورايد (اختصاراً PVC) أيضاً اسم أغشية الفيनाيل، وهي تعيش لفترة تتراوح حسب المصادر المختلفة من ثلاث الى خمس سنوات، والأغلب أنها تعيش لثلاث سنوات فقط في المناطق الشديدة الحرارة صيفاً، وتستخدم عادة أغشية بسبك ٢٠٠-٣٠٠ ميكرون، وتكلف ٣-٤ أمثال البوليثلين العادي بسبك ١٥٠ ميكرون .

برغم أن نفاذية أغشية البولي فينايل كلورايد للضوء تبلغ ٨٨% (وهي تتشابه في ذلك مع نفاذية أغشية البوليثلين، وتقترب من نفاذية الزجاج ، إلا أنها تحتفظ بشحنات كهربائية على سطحها تجذب إليها الأتربة، مما يقلل من نفاذيتها للضوء، إلا إذا غسلت كلما تجمع عليها التراب ، وتعتبر أغشية البولي فينايل كلورايد أقل نفاذية من البوليثلين للأشعة فوق البنفسجية (٧٠% للبولي فينايل، بالمقارنة بـ ٨٠% للبوليثلين)، ومن أهم مميزاتهما أنها لا تسمح إلا بنحو ١٢% فقط من الأشعة تحت الحمراء بالنفاذ من خلالها ، وبذلك تعمل على الاحتفاظ بالإشعاع الحراري الصادر من النباتات والتربة ليلاً داخل الصوبة، وهو الأمر الذي يعمل على رفع درجة الحرارة عن الجو الخارجي ليلاً بنحو ٢-٣ درجات مئوية.

١-٤-٤ : الأنواع الأخرى من الأغشية البلاستيكية :

تعمل الشركات دائماً على إنتاج أنواع جديدة من الأغشية البلاستيكية، منها الأغشية الجامدة، والأغشية الغشائية السهلة التشكيل، لكن كل هذه الأنواع لم يكن لها حتى الوقت الحاضر انتشار يذكر بالمقارنة بالأنواع التي سبق ذكرها في القسمين السابقين .

ومن أهم أنواع البلاستيك الجامد الأخرى نوع يسمى البولي فينايل كلورايد الجامد الأخرى نوع يسمى البولي فينايل كلورايد الجامد وهو أكثر تكلفة من الفيبرجلاس، وينفذ الضوء بنسبة ٧٠-٨٠% .

ومن أهم أنواع الأغشية البلاستيكية السهلة التشكيل الأخرى ما يلي :-

البوليثلين تيرى فثاليت : وهو يباع تحت الاسم التجاري ، وهو ينفذ الضوء بنسبة ٨٨%، والأشعة تحت الحمراء بنسبة ٢٤%، ويحدد عادة كل ٤ سنوات، إلا أنه أكثر تكلفة .

إيثيلين فينايل استيت : يتميز عن الإيثيلين العادي بأنه : أكثر نفاذية للضوء .

أقل نفاذية للإشعاع الحراري من التربة والنباتات ليلاً .

(ج) أكثر تحملاً للإشعاع الشمسي ، ويخدم لمدة تتراوح من ٢-٥ سنوات، إلا أنه أكثر تكلفه .

(د) يمكنه أن يتحمل التداول في درجة حرارة تصل الى - 40°م، بينما لا يتحمل البوليثلين العادي درجة حرارة أقل من - 25°م.

البولي فينايل فلورايد (اختصار PVF) : ينفذ الضوء بنسبة ٩٢%، والأشعة تحت الحمراء بنسبة ٣٣% .

بولي ميثايل ميث أكريليت: ينفذ الضوء بنسبة ٩٢% .

١-٤-٥ : مشاكل استعمال الأغشية البلاستيكية :

برغم أن الأغشية البلاستيكية رخيصة الثمن وسهلة التركيب، إلا أن استعمالها يكون عادة مصحوباً بالمشاكل التالية:

غالباً ما تتلف شراح البلاستيك بسرعة أكبر عند أماكن اتصالها بهيكل البيت بسبب ارتفاع درجة الحرارة عند هذه النقط، وهو الأمر الذي يزيد من معدل أكسدة البلاستيك في وجود الأشعة فوق البنفسجية، وتعالج هذه الحالة إما بصيغ البلاستيك في هذه المواقع بمادة بيضاء عاكسة لأشعة الشمس، أو بتغطية البلاستيك في هذه الأماكن في البيوت ذات الهيكل الخشبي بشريحة خشبية أعرض من جزء الهيكل المثبت عليه البلاستيك بمقدار ٢سم، وتثبت في الهيكل الخشبي بمسامير . يتعرض البلاستيك للتمزق بفعل العواصف الشديدة .

غالباً ما يتكثف بخار الماء على الجدر الداخلية للبيوت البلاستيكية بسبب برودة الجو الخارجي البيت، عنه داخله مع زيادة الرطوبة النسبية داخل البيت ويؤدي التكثف الى تقليل نفاذية البلاستيك للضوء، كما أن قطرات الماء قد تسقط على النباتات النامية، مسببة أضراراً لها، وتعالج مشكلة التكثف هذه بتصميم البيت بحيث يكون انحدار الجدران بنحو ٣٥ - ٤٠ درجة، حتى تتزلق عليها قطرات الماء بسهولة الى أن تصل الى الأرض، كما أن توفير التهوية الجيدة يقلل من مشكلة التكثيف، ويمكن رش البلاستيك بمادة مضادة للتكثف تسمى تجارياً باسم صن كلير، حيث تلغى تماماً هذه المشكلة .

لكن ظاهرة التكثيف لها أهميتها أثناء الليل إذا يقلل الغشاء المكثف من فقد الحرارة المكتسبة أثناء النهار بالإشعاع ليلاً، نظراً لأن الماء غير منفذ للأشعة تحت الحمراء .

المواصفات العامة التي تجب مراعاتها عند إنشاء البيوت المحمية :

تجب مراعاة المواصفات العامة التالية عند القيام بإنشاء البيوت المحمية :

إذا كانت البيوت متلاصقة، فيجب أن يكون سقفها بميل يسمح بتصريف ماء المطر. إذا كانت البيوت في منطقة تكثر فيها الثلوج، فيجب أن يكون غطاؤها وهيكلها قادرين على تحمل ثقل الثلوج قبل ذوبانها ، أو أن ينبع نظام البيوت المفردة المتلاصقة، مع ترك مسافة مترين بين البيوت المتجاورة لتتجمع فيها الثلوج. يتراوح عرض البيت الواحد عادة من ٣,٦ الى ٢٤ متراً، أما الطول فتوقف على رغبة المزارع، لكن يحسن عدم زيادته عن ٦٠ متراً، حتى لا يضيع وقت العمال في التنقل داخل البيت.

يجب أن يكون باب الصوبة واسعاً بقدر الإمكان ليسمح بدخول الجرارات والآليات الصغيرة لإعداد أرض البيت، وسيارات الشحن الصغيرة لنقل المحصول، ويفضل أن يكون عرض الباب حوالي ٢٧٠سم.

يتوقف التصميم والهيكل المناسبين للبيت على نوع الغطاء المستخدم فليزيم التفكير في ذلك الأمر أولاً، علماً بأن الأغشية الزجاجية لا تصلح للمناطق التي يكثر فيها البرد،

ولا تناسب المناطق الحارة، نظراً لارتفاع تكلفتها الإنشائية دون أن تحقق مزايا خاصة على البيوت البلاستيكية في هذه المناطق .
في حالة إنشاء مجمع من البيوت المحمية يجب أن تكون مباني الإدارة والمخازن والثلاجات وأماكن إعداد بيئات الزراعة وعمليات الخدمة العامة في موقع متوسط يسهل الوصول منه الى جميع البيوت.

٢٢-٥ : إنتاج الفلفل الحلو :

٢٢-٥-١ : الأصناف الملائمة للزراعات المحمية :

درجت العادة على زراعة الأصناف العادية المعروفة من الفلفل الحلو في البيوت المحمية، والتي من أمثلتها: كاليفورنيا وندر ٣٠٠، وبل بوى، وليدي بل، ويوليو ستار وغيرهم، إلا أنه تفضل زراعة الهجن المرباة خصيصاً للزراعات المحمية، والتي منها : جديون، ولا مويو ، وبريو ، ولاتينو وكلوفس .

٢٢-٥-٢ : الاحتياجات البيئية، ومواعيد الزراعة :

يعتبر الفلفل من أكثر محاصيل الخضر حساسية لدرجة الحرارة، فهي التي تحدد غالباً مدى نجاح الزراعة وبدايتها بشكل سليم، وتنبت بذور الفلفل خلال ثمانية أيام في درجة الحرارة المناسبة، وهي ٢٥ - 30°م ، بينما يستغرق الإنبات ٢٥ يوماً في درجة حرارة 15°م، ولا تنبت البذور عندما تكون درجة حرارة التربة 10°م، أو أقل .
وأنسب مجال حراري لنمو وإزهار وإثمار نبات الفلفل هو 17-18°م ليلاً، و٢٢-24°م نهاراً، وبينما يتوقف النمو وعقد الثمار في درجة حرارة 10°م، فإن درجات الحرارة العالية تضر بالنبات والمحصول ، قالثمار العائقة في درجة حرارة 27-28°م تكون صغيرة الحجم ومشوهة الشكل، بينما لا يحدث عقد في درجة حرارة 33-35°م.

هذا ويشتل الفلفل في مصر خلال الفترة من منتصف أغسطس حتى منتصف سبتمبر أما زراعة البذور، فتكون قبل ذلك بنحو 20-25 يوماً ، وتؤدي الزراعة المبكرة الى

الى إنتاج نمو خضري قوي قبل حلول فصل الشتاء ، وبذلك فإن محصولها يكون أكبر مما هو في الزراعة المتأخر ، ويبدأ الحصاد في الجو المناسب بعد حوالي ٧٠ - ٨٠ يوماً من الشتل، ولكن النمو النباتي يستمر في الصوبة لمدة ١١ شهراً من الشتل، ويتبقى بعد ذلك شهر كامل لحرث الأرض وتعقيمها .

٢٢-٥-٣ الزراعة وعمليات الخدمة :

الزراعة :

يلزم نحو ٣٠ جراماً من البذور لإنتاج شتلات من الفلفل تكفي لزراعة مساحة ١٠٠٠ متر مربع وتزرع الشتلات في خطوط تبعد عن بعضها البعض مسافة ٨٠سم، على أن تكون المسافة بين النباتات في الخط من ٤٠ - ٥٠ سم، وبذلك تكون كثافة الزراعة من ٢,٥ - ٣ نباتات لكل متر مربع.

وتفضل في الأراضي الثقيلة إقامة مصاطب بعرض ١٥٠سم (من قناة المصطبة الى قناة المصطبة التالية) ، ثم يزرع بكل مصطبة خيطان من الفلفل ، تفصل بينهما مسافة ٥٠سم ، وتشتل النباتات على مسافة ٤٠ - ٥٠سم من بعضها البعض في الخط، على أن تكون موقع الجور متبادلة في الخطين (على شكل رجل غراب).

الري :

تجب العناية بعملية الري بتوفير الرطوبة المناسبة منذ اليوم الأول للشتل ، مع تجنب الري بالمياه العالية الملوحة هذا ويستجيب الفلفل للري بالرذاذ كعامل مساعد مع الري السطحي، أو الري بالتنقيط .

التسميد :

يسمد الفلفل في الأراضي الرملية بالكميات التالية من الأسمدة لكل ١٠٠٠

متر مربع من الأرض:

قبل الزراعة : تضاف الأسمدة التالية، وتخلط جيداً بالتربة أثناء إعدادها : ٢ طن سماد عضوي متحلل، و ٧ كجم نيتروجين، و ٢٥ كجم فوسفور ، و ١٥ كجم بوتاس، و ٥ كجم منجنيز.

لا يسمد الفلفل خلال الأسبوعين الأول والثاني بعد الشتل .

يسمد الفلفل في الأسبوع الثالث وحتى الخامس بمحلول سمادي يحتوي على ٢ كجم نيتروجين، و ٨ كجم فوسفور، و ٣,٣ كجم بوتاس، وتبقى هذه الكميات لمدة أسبوع . في الأسبوع السادس وحتى نهاية عمر المحصول تسمد النباتات بمحلول سمادي يحتوي على ٣ كجم نيتروجين، و ١,٦ كجم فوسفور، و ٥ كجم بوتاس، وتكفي هذه الكميات لمدة أسبوع .

أما في الأراضي الثقيلة، فيوصى بإضافة الأسمدة التالية لكل ١٠٠٠ متر مربع الأرض: قبل الزراعة : يضاف ٥-٦ أمتار مكعبة من السماد العضوي المتحلل، ١٢٠-١٨٠ كجم من السوبر فوسفات العادي، أو ٢٠-٣٠ كجم من السوبر فوسفات الثلاثي . يضاف عند الشتل ٦ كجم نيتروجين الى جانب النباتات . يضاف ٣-٤ كجم نيتروجين، و ٢-٣ كجم بوتاس كل أسبوعين بعد ذلك الى جانب النباتات قبل الري السطحي.

التربة :

لا يفيد إجراء أي تقليم لنباتات الفلفل في الزراعات المحمية، لكن تدعم النباتات لحماية الأفرع من الميل لأسفل والانكسار بإحدى الطرق التالية:- توجيه ٣-٤ أفرع رئيسية من كل نبات على خيوط رأسية ، دون إجراء أي تقليم لباقي الأفرع .

حصر النمو النباتي بين ثلاثة خيوط أفقية تمتد على جانبي النباتات بامتداد خط الزراعة، وربط النباتات بها ، مع ربط الخيوط نفسها بدعامات تثبت في الأرض كل أربعة أمتار .

حصر النمو النباتي بين خيوط طولية تربط في دعائم كل مترين، مع توجيه النباتات بين خطوط أخرى عرضية تشد كالزجاج بين الدعائم .

٢٢-٥-٤ : الآفات ومكافحتها :

يصاب الفلفل بأمراض الذبول الطري، وعفن الرقبة، ونيماتودا تعقد الجذور، وفيرس تبرقش الدخان، وفيرس تبرقش الخيار، وجميع الحشرات التي تصيب الطماطم ولدراسة الأعراض وطرق المكافحة يراجع نفس الموضوع في الطماطم.

٢٢-٦: إنتاج الشمام :

٢٢-٦-١ : الأصناف الملائمة للزراعات المحمية:

لا تستخدم في الزراعات المحمية عادة إلا الأصناف المهجين ذات الإنتاجية العالية والمقاومة للعديد من الأمراض، ومن أهم هذه الأصناف بأن أوجن، وفارفو، وبانشا ، وبوليدور، وجاليا ، وإيرلي ديو ، كما تزرع أيضاً أصناف أخرى، مثل أناناس، وأنجر تشويس.

٢٢-٦-٢ : الاحتياجات البيئية ومواعيد الزراعة :

يناسب إنبات بذور الشمام درجة حرارة مترفعة، حيث تنبت البذور في خلال ٣-٤ أيام في درجة حرارة ٢٥-٣٠م، ولا تنبت البذور في درجة حرارة ١٥م، أو أقل من ذلك. أما النمو الخضري، فتناسبه ١٨-٢٠م ليلاً، و٢٣-٢٥م نهاراً ويؤدي انخفاض درجة الحرارة الي قصر الساق، وصغر الأوراق، والتبكير في إنتاج الأزهار المؤنثة .

وفي مصر ينصح باتباع النظام التالي في زراعة الشمام في البيوت المحمية: توزع المساحة المطلوب زراعتها على ثلاثة مواعيد للشتل هي : منتصف أغسطس، وأول سبتمبر، ومنتصف سبتمبر، وتكون زراعة البذور قبل ذلك بنحو ١٧ يوماً ، ويجب الاقتصار في هذه الزراعة الشتوية على الأصناف المبكرة جداً، مثل : بوليدور، وإيرلي ديو، وتفضل الأصناف المقاومة لمرضى البياض الزغبي والبياض الدقيقي.

تستكمل النباتات نموها الخضري قبل حلول الجو البارد، حيث يبدأ الحصاد في خلال ٦٠ يوماً من الشتل، ويستمر لمدة ٣-٤ أسابيع، أي يتم الانتهاء من الحصاد وتقليع النباتات في خلال ٩٠ يوماً من الشتل في مثل هذه الأصناف المبكرة ، ويعني ذلك أن حصاد الشمام يستمر في الزراعات الثلاث من منتصف أكتوبر الى منتصف يناير، وينتج النبات الواحد في الزراعة الشتوية هذه ٢-٣ ثمار في المتوسط زنة كل منها من

٣	١-١ كيلو جرام .
٤	

بعد الحصاد تقلع النباتات وتجهز الأرض وتعقم لزراعتها بالشمام مرة أخرى في عروض صيفية ابتداءً من أول فبراير، هذه العروة تعطي محصولها في ٧٠ يوماً فقط، بدلاً من ٩٠ يوماً في الزراعة الشتوية ، أي أنها تعطي محصولها خلال شهر إبريل قبل بداية موسم الحصاد في الزراعات المكشوفة وفي زراعات الأنفاق البلاستيكية المنخفضة، ويستمر الحصاد حتى شهر مايو، وينتج النبات الواحد في الزراعة الصيفية ٤-٥ ثمار في المتوسط زنة كل منها من ٢-٢,٥ كجم.

وفي العروتين تكون جميع الثمار التي ينتجها النبات على أفرع أولية تخرج من الساق الرئيسي للنبات على امتداد ١,٥ متر بعد المتر الأول الذي يقلم جيداً . هذا ويسمح بعقد ٥-٦ ثمار، ثم تخف وهي صغيرة على العدد المناسب (٣ العروة الشتوي و ٤-٥ في العروة الصيفي) وإلى جانب ذلك فإن نباتات العروة الصيفية تنتج أيضاً ١-٢ ثمرة أخرى بكل نبات على القمة النامية المتدلّية بعد وصولها إلى السلك.

وبعد انتهاء الحصاد (الذي يستمر من أبريل إلى مايو) تبقى الصوبة خالية مدة ٢,٥-٣,٥ شهراً حتى موعد الزراعة الأول في ١٥ أغسطس ويمكن استغلال البيوت خلال هذه الفترة في زراعة الكرنب الصيفي ومشاتل الكرنب والصلبيات المختلفة .

وتجدر الإشارة إلى أن الزراعة الشتوية الأولى التي تشرى في منتصف أغسطس تنتهي في منتصف نوفمبر، وعليه فإنه يمكن تقليع المحصول وخدمة الأرض في خلال ١٥ يوماً ، ثم تزرع ملوخية في أول ديسمبر، وتبقى الصوبة معلقة معظم الوقت، حيث تعطي محصولها خلال النصف الأخير من يناير بأسعار مرتفعة ، ويمكن بعد ذلك تجهيز الأرض وتعقيمها لزراعة العروة الصيفية في أول فبراير .

٢٢-٦-٣ : الزراعة وعمليات الخدمة :

الزراعة :

يلزم نحو ٧٠-٨٠ جم من بذور الشامم لإنتاج شتلات تكفي لزراعة مساحة ١٠٠٠ متر مربع من الأرض .

تشتل النباتات في خطوط تبعد عن بعضها البعض بمسافة ٨٠-٩٠ سم، على أن تكون المسافة بين النباتات في الخط من ٤٠-٥٠ سم. وتفضل في الأراضي الثقيلة إقامة مصاطب بعرض ١٥٠ سم (من قناة المصطبة الى قناة المصطبة التالية) ويزرع بكل مصطبة خطان فيهما الشتلات عن حافة المصطبة بنحو ٢٥ سم، وتبعد النباتات عن بعضها البعض في الخط بمسافة ٣٥ سم، على أن تكون مواقع الجور متبادلة في الخطين (على شكل رجل غراب) هذا وتفضل تغطية المصاطب بالبلاستيك الأسود بعد وضع أنابيب الري .

الري:

برغم أن توفر الرطوبة الارضية يعد عاملاً هاماً للنمو النباتي الجيد ، إلا أنه يتعين الحرص الشديد في ري الشمام، نظراً لحساسيته المفرطة للماء، فمن الضروري الامتناع عن الري أو تقليله في الأراضي الثقيلة خلال فترتين من حياة النبات هما : بداية عقد الثمار حتى وصولها الى قطر حوالي ٨ سم، حيث تكون الثمار خلال هذه المرحلة حساسة وقابلة للتشقق عند زيادة الرطوبة الأرضية . بمجرد وصول الثمار الى حجمها الطبيعي .

التسميد :

تتبع في تسميد الشمام نفس النظام المتبع في تسميد الخيار (الجزء ٢٢-٤-٣)، لكن النباتات تحصل على كمية أقل من العناصر السمادية عما في الخيار، نظراً لأنها تبقى في الأرض لنفس المدة .

التربية والنقلم :

تربي نباتات الشمام رأسياً كما تربي نباتات الخيار كما تربي نباتات الخيار لكن تقليم الشمام يختلف عما في الخيار، فتزال الأفرع والأزهار حتى ارتفاع ٨٠-١٠٠ سم، ثم يحافظ بعد ذلك على ٥-٦ أفرع جانبية بدون تقليم، حيث تترك الى أن

تحمل جميعها ثماراً، ثم تقلم كلها في وقت واحد بمجرد أن تصل الثمار الى حجم البيضة، وفي حالة وفرة النمو الحضري تقلم الأفرع التالية حتى الورقة الثانية أو الثالثة. تحسين عقد الثمار :

يعد النحل ضرورياً لإجراء عملية التلقيح في البيوت المحمية، لذلك يلزم توفير خلايا النحل على مقربة من الصوبات أو بداخلها، وحتى أن تلفت المبيدات جانباً من خلايا النحل، فإن الفرق في المحصول يكون كبيراً، ويغطي كل التكاليف، وفيما عدا ذلك فإنه لا توجد مشاتكل في عقد الثمار في الجو المعتدل الرطب، أما في الجو الجاف، فإن حبوب اللقاح تجف ولا تعلق بجسم النحلة، ولذلك يلزم في هذه الظروف تشغيل جهاز الري بالضباب لمدة عشرة دقائق ثلاث مرات يومياً في الصباح، ووقت الظهيرة، وفي المساء خلال فترة عقد الثمار ويساعد ذلك على تلطيف الجو، ورفع درجة الرطوبة، وتحسين العقد بصورة جوهرية. أما محاولة تلقيح الأزهار يدوياً، فإنها لا تجدي ، لأن الثمار المتكونة بهذه الطريقة تكون عادة مشوهة وغير منتظمة الشكل .

٢٢-٦-٤: الآفات ومكافحتها :

يصاب الشمام بنفس الآفات التي تصيب الخيار (الجزء ٢٢-٤-٤) ، وتكافح بنفس الطرق .

٢٢-٧: إنتاج الخضراوات الأخرى:

٢٢-٧-١: الفاصوليا الخضراء:

تنجح زراعة الفاصوليا الخضراء في البيوت المحمية خلال فصل الشتاء بينما لا يمكن إنتاجها في الحقول المكشوفة بسبب انخفاض درجة الحرارة ، وبرغم أنه يمكن زراعة الأصناف القصيرة ، إلا أنه يفضل استعمال الأصناف الطويلة المتسلسلة لتحقيق أكبر استفادة ممكنة من المساحة الممكنة رزاعتها في الصوبة .

تزرع البذور في الأرض مباشرة في خطوط مزدوجة، بحيث يكون خطا كل زوج على مسافة ٥٠ سم من بعضها البعض، ويترك بين كل زوجين ممر بعرض ١٠٠سم، تزرع

بكل جورة بذرتان، على أن تكمن الجور على مسافة ١٥ سم من بعضها البعض، ومن المفضل أن تجري الزراعة على مصاطب مرتفعة لتحسين التهوية .

تخف النباتات بعد حوالي أسبوعين من الزراعة على نبات واحد بكل جورة، ويترك النباتان في حالة عدم وجود أي إنبات في الجورة المجاورة، توالي النباتات بالري المنتظم والتسميد.

كما توجه نباتات الأصناف المتسلقة وهي صغيرة على خيوط تتدلى من الأسلاك الممتدة بطول البيت وعلى ارتفاع ٢م، ومن أهم آفات الفاصوليا أعفان الجذور، وهذه يتم التخلص منها عند تعقيم التربة، والمن، والذبابة البضاء، والعنكبوت الأحمر، وتكافح كما في الطماطم .

٢٢-٧-٢: الخس:

يعتبر الخس من محاصيل السلطة المرغوبة التي يفضلها المستهلك دائماً في حالة طازجة في حين تصعب المحافظة عليه بحالة جيدة لمدة طويلة، ولذلك يستعان بالزراعات المحمية في إنتاج الخس في الأوقات التي يستحيل فيها إنتاجه في الحقول المكشوفة، وهذه الأوقات هي :

خلال فصل الشتاء في البيوت المدفأة في المناطق الشمالية شتاءً.

خلال فصل الصيف في البيوت المبردة في المناطق حاراً صيفاً.

أما في المناطق المعتدلة كمصر، فلا يعد إنتاج الخس اقتصادياً في البيوت المحمية، لأن إنتاجه يكون وفيراً في الزراعات المكشوفة شتاءً، كما لا تكون البيوت المحمية مبردة ليتمكن إنتاجه بها صيفاً ونظراً لأن البيوت المدفأة والمبردة تكون عادة من النوع الكبير، لذلك فإن إنتاج الخس بها وهو محصول لا يزيد ارتفاعه عن سطح الأرض عن ٣٠ سم يعد مكلفاً للغاية، ولا بد أن تكون الأسعار مرتفعة حتى تغطي تكاليف الإنتاج .

وللتفاصيل الخاصة بإنتاج الخس في الزراعات المحمية .

الظروف الجوية الملائمة :

يعد نبات الشليك من النباتات المعمرة حيث يحتوي النبات على تاج قصير محاط بالأوراق والبراعم الزهرية كذلك يحتوي النبات على المدادات وخلال فصل الصيف وعند حلول فصل الخريف نجد أن النمو الخضري يتوقف تدريجياً أن البراعم الزهرية تبدأ بالتكوين للنضج في العام المقبل كما وأن نبات الشليك يدخل خلال فصل الخريف في طور الراحة وأن طور الراحة يمكن كسرة بواسطة تعريض النبات الى درجة حرارة حوالي ٢١م، أن هناك علاقة دقيقة بين درجات الحرارة وطول النهار في الشليك حيث يؤثر هذان العاملان على النمو الخضري والشمري وكذلك يؤثر على عدد الساعات البرودة التي يحتاجها النبات لأجل إنهاء طور الراحة خلال فصل الشتاء وإذا ما تعرض النبات الى النهار الطويل ودرجات الحرارة المرتفعة فإن النبات يلجأ الى تكوين البراعم الزهرية. لذا نجد أن الأصناف التي تزرع في شمال العالم كالصنف **Redgauntle** والصنف **Talisman** تحتاج الى عدد كبير من ساعات البرودة لكسر طور الراحة مقارنة بالأصناف التي تزرع في كاليفورنيا مثلاً كالصنف **Tioga** و **Squoia** حيث تحتاج الى عدد قليل من ساعات البرودة .

أما عند زراعة الشليك في البيت الزجاجي فإنه يمكن تقديم أو تأخير موعد الأزهار أو الإثمار فإذا أريد التبرير في موعد الأثمار فترفع درجة الحرارة داخل البيت الزجاجي في وقت مبكر في بداية فصل الربيع وكذلك زيادة طول النهار بواسطة استعمال الإضاءة الصناعية أما إذا أريد لتأخير في نضج الثمار فيمكن إطالة فترة السكون حيث أن نباتات الشليك تقلع من الأرض خلال فصل الشتاء وتخزن داخل الغرف المبردة في حرارة -١م ويبدأ بشتل النباتات في الوقت المناسب في فصل الربيع داخل البيت الزجاجي .

التربة المناسبة:

لقد ذكر أن أحسن الترب لزراعة الشليك هي التربة المزيجية الخفيفة التي تسمح لجذور الشليك التغلغل فيها لمسافة عميقة .

طرق التكاثر :

يتكاثر نبات الشليك اعتيادياً بواسطة المدادات والتي تبدأ بالتكوين عندما ترتفع درجة الحرارة ويزداد طول النهار، وذلك خلال أشهر الصيف وأن المدادات تكون في نهايتها نبات جديد يحتوي على الأوراق والساق والجذور والذي يفصل عن نبات الأم ويستعمل في التكاثر أما عدد المدادات التي تنتج فقد ذكر بأنه يمكن إنتاج حوالي ٣٠ نبات من مساحة مقدارها ٢م^١ مزروعة بنباتات الشليك ولما كان نبات الشليك يتكاثر خضرياً لذا يجب التأكد من أن تكون نباتات الأم خالية من أي إصابة بالأمراض خاصة الأمراض الفيروسية لذا يجب المحافظة على الأمهات وذلك برزاعتها في بيوت زجاجية خاصة لا تدخلها الحشرات خاصة حشرة لمن والتي تكون عاملاً مهماً في إصابة هذه الأمهات بالأمراض الفيروسية كما يجب العناية التامة بالنباتات ونظافة أيدي الأشخاص والأدوات وغيرها من المواد عند استعمالها في خدمة نباتات الأم .

موعد الزراعة :

يباشر بزراعة النباتات في بداية فصل الربيع وذلك في الفترة من شهر آذار - نيسان.

طريقة الزراعة :

تعتمد طريقة الزراعة أساساً على الري فإنه يمكن زراعة الشليك على مصاطب إذا ما أريد سقي النباتات سيحاً أو يزرع الشليك في خطوط إذا ما استعمل نظام الري بالرش أو التنقيط لقد ذكر أن المسافة بين الخطوط ١,٢٥ - ١,٥٠ م والمسافة بين النباتات ٤٠ سم.

تغطية سطح التربة **Tillage mulch** :

أن هناك طلباً متزايداً على ثمار الشليك للاستهلاك الطازج لذا يجب أن تكون الثمار غير متضررة ونظيفة وجافة ويتم هذا بتغطية سطح التربة بالقش عند ابتداء الأزهار وقبل أن تبدأ الشماريخ الزهرية بالألحاء باتجاه سطح التربة ويجب أن يكون القش ناعماً ويجب وضعه فوق سطح التربة لذا فإنه يستعمل التبن الاعتيادي لهذا الغرض كما يجب التأكد من خلو التبن من بقايا الحبوب التي قد تنبت وتسبب بعض المشاكل .

الأزهار وعقد الثمار :

إن إزهار الشليك خشية وأن النباتات تزهر بعد الزراعة بوقت قصير في فصل الربيع لقد وجد بعض الباحثين بأنه يمكن رش أو معاملة أزهار نباتات الشليك بمنظمات النمو كمادة أندول حامض الخليك حيث تؤدي إلى تشجيع إنتاج الثمار العذرية وقد تستعمل هذه الطريقة في زيادة عقد الإزهار في أصناف الشليك القليلة الأسدية.

النضج :

تبدأ ثمار الشليك بالنضج بعد ٤-٦ أسابيع من تفتح الأزهار وعلامات النضج هي إكمال حجم الثمرة ويعرف النضج من تحول لون الثمرة من الأخضر إلى الأبيض ثم الأحمر .

الحصاد :

تستمر فترة جمع ثمار الشليك بين ٣-٤ أسابيع وهذا يعتمد بالطبع على الظروف الجوية والصنف وتجمع الثمار مرة كل ٢-٣ أيام ويجري الحصاد صباحاً وعند حصاد الثمار يجب حصاد الثمار بحيث يكون متصلاً معها أوراق الكأس وكذلك جزء من ساق الثمرة حيث أن قطف الثمرة بدون الأوراق الكأسية والساق قد تؤدي إلى سهولة تلف الثمرة وإصابتها بالأمراض كما يجب العناية التامة بالثمار أثناء الحصاد

خوفاً من حدوث أضرار ميكانيكية على الثمار كما يجب وضعها بكل هدوء في سلال التعبئة.

التعبئة:

تعباً ثمار الشليك في سلال صغير ورقية أو بلاستيكية تتسع بين ١/٤ - ١/٢ كيلو غرام .
الزراعة المائية

يقصد بالزراعة المائية استزراع النباتات في بيئة اصطناعية تعتمد على التغذية بواسطة المحاليل الغذائية بدلاً من اعتمادها على بيئة التربة المعدنية، وفي هذه الحالة تكون المحاليل المائية المغذية - المحتوية على العناصر الغذائية الضرورية للنبات والمخضرة بطريقة متوازنة متواجدة باستمرار في منطقة جذور النبات والزراعة المائية هي إحدى طرق الزراعة ووزن تربة التي لا تكون التربة المعدنية إحدى مكوناتها وتشمل بجانب الزراعة المائية كلاً من الزراعة في بيئة الحصى، الرمل الخالص، الصوف الصخري والزراعة الهوائية.

تجدر الإشارة الى أن النباتات تعتمد في غذائها على العناصر المعدنية التي قد توجد طبيعياً في التربة المدنية أو تحضر اصطناعياً بنسب مختلفة حيث تقسم الى قسمين رئيسين هما :

(أ) عناصر مغذية كبرى :

وهي العناصر التي يحتاج إليها النبات بكميات كبيرة نسبياً وتشكل الكربون (C)، والهيدروجين (H2)، والأكسجين (O2)، ويحصل ثاني أكسيد الكربون الجوي، كما تشمل النيتروجين (N) والفوسفور (P) والبوتاسيوم (K) وكذلك الكالسيوم (Ca) والمغنسيوم (Mg) والكبريت (S) ، الجدير بالذكر أن عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم تسمى أحياناً - ضمن العناصر المغذية الكبرى - بالعناصر الأولية.

(ب) عناصر مغذية صغيرة أو نزررة :

وهذه العناصر يحتاج إليها النبات بكميات ضئيلة جداً وهي المنجنيز (Mn)، والبورون (B) والحديد (Fe) والنحاس (Cu)، والزنك (Zn) والموليبديوم (Mo) والكلور (Cl) والصوديوم (Na).

تطور الزراعة المائية:

يعتقد الباحثون أن أولى المحاولات لزراعة النباتات في بيئات اصطناعية هي تلك التي كانت في عهد الملك نبوخذ في بابل والتي تعد إحدى عجائب الدنيا السبع، وفي المكسيك أقامت جماعات الأزتك ما يسمى بالحدائق الطافية، وكذلك كان لدى قدماء الصينيين محاولات مماثلة، واستمرت بعد ذلك الاكتشافات الزراعية حتى منتصف القرن التاسع عشر الميلادي، ويمكن القول أن موضوع الزراعة بدون تربة أو ري النباتات بمخاليل العناصر المغذية قد خطت خطوات العناصر جادة عندما قام العالمان الألمانيان نوب وساخ بتجارب واسعة في هذا المجال عام ١٨٦٠م الذي يمكن اعتباره عام تأسيس علم التغذية النبات، وقد قدم العالم جين بوسينولت دراسات متخصصة في زراعة النباتات في بيئات الرمل والفحم التي تم إمدادها بمخاليل العناصر الغذائية، وفي أوائل القرن العشرين تم تركيب بعض المخاليل المغذية التي استخدمت فيما بعد على نطاق تجاري، ومنها محلول هوجلاند المغذي ومحلول هيويت. أما من ناحية التطبيق العلمي للزراعة المائية فيمكن القول أنه لم يبدأ فعلياً إلا حوالي عام ١٩٢٣م نظراً لبدء الاهتمام في ذلك الوقت بإنشاء البيوت المحمية، وقد استعمل مصطلح لأول مرة عام ١٩٣٧م، وذلك بواسطة العالم الأمريكي جيريك وكلمة مشتقة من كلمتين يونانيتين هما وتعني الماء وتعني العمل، أي ربما تكون الترجمة الحرفية لها العمل المائي.

دخل موضوع الزراعة المائية مجال الإنتاج التجاري للمحاصيل البستانية في عام ١٩٣٨م خاصة في الولايات المتحدة الأمريكية، حيث أنشأت كثير من الشركات الزراعية وبعض صغار المزارعين مجموعة من منشآت الزراعة المائية، وكذلك كان الحال في فرنسا وبريطانيا، كما بدأ الاهتمام بناتات الزينة في الزراعة المائية منذ عام ١٩٤١م، وخلال الحرب العالمية الثانية ظهرت الحاجة الماسة الى الزراعة المائية لامداد

الجنود في الأماكن النائية بما يلزمهم من الأغذية والخضر الطازجة، وقد أقيمت أول منشأة للزراعة المائية في قاعدة جوية في جزيرة اسنشن بالبحر الكاريبي عام ١٩٥٤م، وقد شهدت العشرون سنة الماضية تطورات تقنية مهمة أدت الى زيادة الاهتمام بعلوم الزراعة المائية ولعل من أهم تلك التطورات هو إنشاء الجمعية العالمية للزراعة بدون تربة ومقرها مدينة واخنن في هولندا، ولها أعضاء في أكثر من ١٠٠ دولة هناك محاليل مغذية عبارة عن محاليل تحوي العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات وتستخدم بدلاً من الماء العادي في تغذية النباتات (ري، وتسميد) في جميع المزارع المائية ولعل من أشهر المحاليل المغذية محلول هوجلاند الذي يحضر من بعض المحاليل القياسية وإضافة الكميات المطلوبة منها الى كمية من الماء المقطر .

مزايا وعيوب الزراعة المائية :

لا تعد الزراعة المائية عملية مربحة إلا في حالات معينة كأن تكون الأرض الصالحة للزراعة محدودة أو تكون التربة غير قابلة للاستصلاح لسبب أو لآخر أو أن يكون الطلب مستمراً على المحصول المزروع أو نحو ذلك ، وتجدر الإشارة الى أن مزايا الزراعة المائية في مجملها محصلة للميزات المتوفرة في الزراعات الحمية .

ومن هذه المزايا :

إمكانية التوسع الزراعي في مناطق قد تسجيل فيها الزراعة التقليدية .

الإنتاجية العالية من وحدة المساحة والتكبير بالنضج .

التغلب على مشاكل نقص العناصر الغذائية .

التغلب على مشاكل المتعلقة بالتربة مثل قوامها أو عدم تجانسها وآفات الحشائش التي قد توجد بها .

الاقتصاد في استخدام الأيدي العاملة والعمليات الزراعية اللازمة عند إعداد الأرض

وزراعتها وتسميدها بالمقارنة مع الزراعات التقليدية.

الاقتصاد في استخدام مياه الري .

أما العيوب فمنها :

ارتفاع تكلفة التشغيل .

يمكن أن تتلوث المزارع المائية بالكائنات المسببة للأمراض بعد فترة من الزراعة إذا لم تتخذ الاحتياطات اللازمة .

الحاجة الى المتابعة المستمرة لأن كل العمليات تقريباً تتك بصورة آلية حيث أن أي عطل أو تأخير فيها قد يؤثر على تركيز العناصر وكفاءة التغذية مما يؤثر بالتالي على الإنتاجية .

تغير درجة الرقم الهيدروجيني بصورة أسرع كثيراً عما في الزراعة التقليدية بسبب استتراف النباتات خاصة في مراحل نموها النشطة لكميات مختلفة من العناصر الغذائية .

أنواع المزارع المائية :

توجد أنواع كثيرة من المزارع المائية تشترك جميعها في أنها عبارة عن نظم معينة تستخدم لإنتاج النباتات في بيئات زراعية مختلفة باستثناء التربة المعدنية وتروي بمحاليل مغذية بدلاً من الماء العادي، ويمكن تقسيمات أما حسب الكيفية التي يستخدم فيها المحلول المغذي أو البيئة التي ينمو فيها النبات .

أولاً : نظم المحلول المغذي وهي كما يلي :-

١- النظام المفتوح :

وفيه يستعمل المحلول المغذي مرة واحدة دون الحاجة الى تكرار استخدام ويستخدم في المزارع الرملية ومزارع الصوف الصخري (أنواع من المزارع المائية سيرد ذكرها لاحقاً) ومزارع مخاليط البيئات الزراعية .

٢- النظام المغلق :

وفيه يستعمل المحلول عدة مرات يتم خلالها تعديل تركيز العناصر الغذائية كلما دعت الحاجة، ومن أمثلة ذلك النظام مزارع الحصي ومزارع المحاليل المغذية .

ثانياً: نظم البيئة وهي كما يلي :-

١- النظام المتناسك :

وهو نظام للزراعة المائية يتميز بوجود بيئة صلبة (رمل - حصي ... الخ) تدعم

الجدور .

ومن أمثلة النظام المتناسك ما يلي :-

(أ) المزارع الرملية: وهي أكثر المزارع الأرضية شيوعاً حيث تنمو النباتات في الرمل

الخالص وتسقى بالماء الذي تضاف معه المحاليل المغذية بطريقة التنقيط ويمكن أن تنشأ

المزارع الرملية بإحدى الطرق التالية :-

الزراعة المباشرة في الرمال الشواطئ (بعد غسلها جيد بالماء) وهذه الطريقة تقارب

كثيراً طريقة الزراعة في البيوت المحمية التقليدية .

الزراعة على أرض البت المحمي بعد فرشها بالبلاستيك ثم بطبقة من الرمل.

الزراعة في أحواض خاصة تصمم على أرض البيت المحمي أو على مناخذ خاصة وتبطن

هذه الأحواض بالبلاستيك وتكون مائة وبها أنابيب للصراف، شكل .

(ب) مزارع الحصى، ويتم تصميم هذه المزارع بحيث يكون الري إما بالتنقيط أو

بطريقة الري تحت السطحي، وتتكون بيئة النمو من الحصى الصغير وأفضله الجرانيت

المجروش في صورة حبيبات يتراوح قطرها بين ٢ الى ١٨ ملم .

(ج) مزارع الصوف الصخري، وفيما تكون بيئة النمو عبارة عن مادة تشبه "اللباد"

تحتوي على ٩٧ ٪ مسافات بينية مملوءة بالهواء وتبلغ كثافتها ٧٠ كجم /م^٣،

وتتوفر على هيئة حبيبات صغيرة أو مكعبات أو وسائد والصوف الصخري لا يتحلل

بفعل الكائنات الحية الدقيقة ولا يحوي أي مواد ذائبة ، ويتم الري في هذه البيئة

بالتنقيط، ويمكن استعمال وسائد الصوف الصخري لمدة عام أو عامين مع ضرورة

تعقيمها بعد إنقضاء السنة الأولى .

(د) مزارع مخاليط البيئات الزراعية، وتشمل مزارع مخاليط البيتموس والرمل

والفيرميكيولايت والبرلايت ونشارة الخشب، ومعظم المخاليط تحتوي على نسب

مختلفة من الرمل والبيتموس، والبرلات والفيرميكيولايت ، ويعتمد تحديد هذه النسب

على نوع النبات المزروع وتروى النباتات في هذه المزارع بطريقة الري بالتنقيط ومن أهم مزارع محاليط البيئات الزراعية مايلي :

مزارع الأكياس ، عبارة عن أكياس بلاستيكية تملأ بمخاليط أساسها البيتموس تتسع لنباتين أو ثلاثة نباتات من الخيار أو الطماطم، وتوضع الأكياس على الأرض على امتداد خطوط الزراعة ويتم تصريف فائض المحلول المغذي من خلال فتحات صغيرة على جوانب الكيس .

مزارع الأعمدة، عبارة عن أنابيب عمودية أو أعمدة بها فتحات خاصة تزرع فيها النباتات في بيئات أساسها البيتموس ويصلح هذا النوع لإنتاج الفراولة، ومن مزايا هذه المزارع بصفة خاصة توفير قدر كبير من المياه وسهولة حصاد الفراولة دون أن تلامس التربة .

٢- النظام السائل :

وهو نظام زراعة تنعدم فيه البيئة الصلبة حيث تستخدم فيه وسائل أخرى لتدعيم الجذور مثل ربط النباتات من قاعدتها في خيوط تتدلى من أسلاك علوية تاركة الجذور تنمو مباشرة في المحاليل المغذية ويمكن استخدام المحلول المغذي لمدة طويلة (موسم النمو مثلاً) دون الحاجة الى تحضير كمية جديدة منه ويلزم لنجاح المزارع التي تحت النظام السائل أن يتم توفير الأكسجين اللازم لنمو الجذور بكمية كافية سواء باستخدام مضخات صغيرة أو بعمل تصميم خاصة لقنوات الزراعة تسمح بحرية حركة المحلول حول الجذور كذلك ينبغي حجب الضوء عن الجذور وذلك لمنع نمو الطحالب التي تنفس النباتات على العناصر الغذائية والأكسجين ويؤدي وجودها الى ارتفاع الرقم الهيدروجيني في المحلول المغذي ، ومن أمثلة النظام السائل ما يلي:-

مزارع المحاليل المغذية : وفيها تكون جذور النباتات محصورةً داخل حيز مغلق يختلف في الحجم والشكل، ويتم توفير الأكسجين اللازم لتنفس الجذور بواسطة مضخة تعمل باستمرار على دفع الهواء من خلال ثقوب في أنبوب يوجد في قاع حوض الزراعة

تقنية الغشاء المغذي، وفي هذا النوع ينساب المحلول المغذي على شكل غشاء رقيق محصوراً داخل حيز ضيق بين طبقتين من البلاستيك، ويصل الأكسجين الى جذور النباتات مع تيار المحلول الذي يجب أن يكون متحركاً باستمرار حول الجذور ، ويتم أولاً تجهيز قنوات الزراعة بعرض يبلغ حوالي ٢٣سم وارتفاع ٥سم وبطول لا يتعدى ٤٠ متراً، وتبطن بالغشاء البلاستيكي بسماكة ١٣٠ ميكرون (الميكرون يساوي واحد من ألف ملم) على الأقل ويتم ضخ المحلول في المغذي بعد تجميعه في خزانات في نهاية القنوات، ويمكن زراعة النباتات في أقراص جيفي أو أصص صغيرة من مادة الخث أو مكعبات الصوف الصخري التي توضع في القناة ويتم ضم جوانب الغشاء البلاستيكي حولها.

(ج) المزارع الهوائية : وفي هذا النوع من المزارع تثبت النباتات في ثقوب خاصة على جانبي هيكل على شكل حرف وتكون جذور النباتات معلقة داخل حيز مغلق ويتم تعريضها بانتظام للمحلول المغذي بطريقة الري الرذاذ، وقد استخدمت هذه المزارع لإنتاج الخس.

الزراعة المائية والزراعة التقليدية :

يتضح مما سبق ذكره أن الميزات التي تتيحها الزراعة المائية يمكنها أن تعود على المنتج بعده فوائد قد لا يكون الحصول عليها سهلاً في حالة الزراعة التقليدية، وذلك بطبيعة الحال راجع الى الظروف الملازمة للزراعة التقليدية (مناخية، تربة آفات .. الخ) ومن تلك الظروف ما يصعب التحكم فيه مما يجعل الزراعة التقليدية عملية إنتاجية تكتنفها كثير من المخاطر. مقارنة بين الزراعة المائية والزراعة بالتربة في بعض العمليات الزراعية .

مستقبل الزراعة المائية :

تعد تقنيات الزراعة المائية ضمن تقنيات صناعي الزراعة أو الصناعة الأحيائية، ونظراً للمزايا المتعددة التي تنفرد بها فقد لقيت اهتماماً متزايداً من قبل الباحثين في مجالات

الإنتاج النباتي والهندسة الوراثية وعلم الأغذية والاقتصاد الزراعي وغيرها من العلوم ذات العلاقة. ولعل من أهم ميزات الزراعة المائية أنه يمكن استخدامها في البيوت المحمية في معظم الظروف المناخية تقريباً، ومن الشواهد على ذلك أن هناك منشآت ضخمة للزراعة المائية في مناطق كثيرة من العالم سواء ما كان منها مخصصاً لإنتاج محاصيل الخضر أو نباتات الزينة، ومن الأمثلة على ذلك ما يوجد في كل من الإمارات العربية المتحدة الأمريكية وكذلك ما يوجد في جزر الكناري وهاواي والبحر الكاريبي ، ومن ذلك يتضح أنه يمكن - عند توفر التقنيات الحديثة والإمكانات المادية والعملية والبشرية إقامة المزارع المائية في المناطق القاحلة حيث يمكن استخدام مياه البحر المحلاة كمصدر لمياه الري، واستخدام رمل الشواطئ في بيئات الزراعة. وتوجد في المملكة السعودية بعض الشركات والمؤسسات الزراعية المتخصصة في الزراعات المحمية التي قد أولت جانب الزراعة بدون تربة أو الزراعة المائية اهتماماً ملحوظاً انعكس بالتالي على جودة الإنتاج ووفرتة في الأسواق المحلية والخارجية .