سلسلة " الزراعة المحمية لمحاصيل الخضر "

(١)

أساسيات الإنتاج في البيوت المحمية

تأليف

أ.د. عبد الله بن عبد الرحمن السعدون

قسم الإنتاج النباتي

كلية علوم الأغذية والزراعة

جامعة الملك سعود

دار جامعة الملك سعود للنشر

KING SAUD UNIVERSITY PRESS

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ المملكة العربية السعودية

ح دار جامعة الملك سعود للنشر، ١٤٤٠هـ - (٢٠١٩م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
السعدون، عبدالله بن عبد الرحمن
أساسيات الإنتاج في البيوت المحمية. / عبد الله بن عبد الرحمن السعدون.
- الرياض ١٤٤٠هـ
٥٤٦ص، ١٧سم × ٢٤ سم
ردمك: ٣-٧٣٢-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨
١- الزراعة المحمية - السعودية ٢- الإنتاج الزراعي أ. العنوان
ديوي ٥, ٦٣١ ٦٧٦٦/ ١٤٤٠

رقم الإيداع: ٦٧٦٦/ ١٤٤٠
ردمك: ٣-٧٣٢-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

جميع حقوق النشر محفوظة. لا يسمح بإعادة نشر أي جزء من الكتاب بأي شكل وبأي وسيلة سواء كانت إلكترونية أو آلية بما في ذلك التصوير والتسجيل أو الإدخال في أي نظام حفظ معلومات أو استعادتها بدون الحصول على موافقة كتابية من دار جامعة الملك سعود للنشر.

دار جامعة الملك سعود للنشر
KING SAUD UNIVERSITY PRESS

مقدمة

الحمد لله على نعمائه، والصلاة والسلام على خاتم رسله وأنبيائه محمد صلى الله عليه وآله وصحبه وسلم.

تتعرض محاصيل الخضر أثناء نموها للعديد من الظروف الجوية غير المناسبة التي تؤثر سلبًا في نموها وإنتاجيتها، ومنها انخفاض درجة الحرارة أو ارتفاعها، وانخفاض الرطوبة النسبية أو ارتفاعها، وارتفاع كمية الإشعاع الشمسي والرياح القوية والأمطار، ولذا تطبَّق أنظمة الزراعة المحمية للتحكم في بيئة محاصيل الخضر لمواجهة الطلب المتزايد على الغذاء المصاحب لزيادة أعداد السكان على مستوى العالم، خاصة في المناطق ذات الأجواء المناخية غير الملائمة للإنتاج الزراعي كالمناطق الجافة وشبه الجافة. وتشمل الزراعة المحمية أنظمة متكاملة للزراعة في البيئة المتحكَّم بها، بحيث يتم تعديل عوامل البيئة الطبيعية والتحكم بها للحصول على أعلى نمو وأعلى عائد اقتصادي، ويمكن التحكم البيئي الشامل في عوامل درجة الحرارة والإضاءة والرطوبة وثاني أكسيد الكربون وغيرها عن طريق النظم والبرامج الحاسوبية المتخصصة وأنظمة الاتصال.

توفَّر لي الكثير من البيانات أثناء تدريسي مقرَّر الزراعة المحمية لطلبة البكالوريوس في كلية علوم الأغذية والزراعة بجامعة الملك سعود منذ ما يقارب ثلاثة عقود، وكذلك تدريس طلبة الماجستير والدكتوراه في المقررات المتقدمة ذات العلاقة، مثل الزراعة المحمية لمحاصيل الخضر، والتقنيات الحديثة في انتاج الخضر، وموضوعات متقدمة في علوم البساتين، هذا بالإضافة إلى ما توفَّر من معلومات من خلال المشاركة بالمؤتمرات العلمية المتخصصة في الزراعة المحمية، وما يصاحبها من معارض زراعية وزيارات ميدانية لمشاريع إنتاج محاصيل الخضر في البيوت المحمية في العديد من الدول؛ من اليابان وكوريا الجنوبية والصين شرقًا، إلى كندا والولايات المتحدة والبرازيل غربًا، مرورًا بالدول العربية مثل المملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة وسلطنة عمان وجمهورية مصر العربية والمغرب، والدول الأوروبية مثل هولندا وفرنسا وإسبانيا، بالإضافة إلى دول أخرى مثل ماليزيا وسنغافورة وتركيا. ونظرًا للرغبة في إعداد مرجع شامل يغطي أساسيات الإنتاج في

البيوت المحمية، مع الإشارة إلى تطبيقات شاملة لعدد من محاصيل الخضر التي يتم إنتاجها في البيوت المحمية، والتطرق إلى جوانب الزراعة المحمية المستدامة، والتطورات الحديثة في مجال تصميم وإنشاء البيوت المحمية، ونُظُم الزراعة المحمية الأخرى، والتطورات في مجال الأتمتة والتحكم عن بُعْد، ونظرًا لحاجة الطلبة بصفة خاصة، والمختصين الزراعيين من المهندسين والفنيين والمهتمين بمشروعات البيوت المحمية بصفة عامة ظهرت فكرة إعداد هذه السلسة الشاملة، وقد حرصت على شمولية المواضيع المُدْرَجة في فصول الكتب الثلاثة للأسس العامة والتطورات والأبحاث والإحصائيات الحديثة من مختلف مصادر المعلومات.

أحمد الله سبحانه وتعالى الذي يسَّر لي الانتهاء من إنجاز سلسلة "الزراعة المحمية لمحاصيل الخضر" التي تتضمن ثلاثة كتب، هي: (١) أساسيات الإنتاج في البيوت المحمية، (٢) تطبيقات إنتاج محاصيل الخضر في البيوت المحمية، (٣) الزراعة المحمية المستدامة والتطورات الحديثة في نظم الزراعة في البيوت المحمية.

وهذا هو الكتاب الأول من هذه السلسلة، ويتضمن تسعة فصول هي: (١) نظرة عامة، (٢) اقتصاديات الزراعة المحمية، (٣) أساسيات إنشاء البيوت المحمية، (٤) أساسيات إنتاج محاصيل الخضر في البيوت المحمية، (٥) نظم التحكم في العوامل البيئية داخل البيوت المحمية، (٦) المحاليل المغذية، (٧) نظم الزراعة بدون تربة، (٨) الزراعة المائية والهوائية، (٩) مكافحة الأمراض والآفات في البيوت المحمية.

قد يتبادر للذهن أن استخدام لفظ "البيوت المحمية" غير دقيق من حيث إنه يشير إلى أن البيوت ليست "محمية" بذاتها، إنما توفِّر الحماية للنباتات المزروعة بداخلها، ولذا قد يقال عنها "بيوت حامية"، ويمكن توضيح بعض النقاط في هذا الصدد على النحو التالي:

- إن لفظ "البيت المحمي" ليس هو الهيكل والجدران الخارجية والأسقف فحسب، بل يشمل كل ما يحويه من تجهيزات داخلية ونُظُم تحكُّم بيئي ونباتات ونحوها.
- توجد شواهد كثيرة من القرآن الكريم تشير إلى التعبير بلفظ (فاعل) مرادًا به المفعول، ومنها قوله تعالى: ﴿فَهُوَ فِي عِيشَةٍ رَّاضِيَةٍ﴾ [سورة الحاقة، الآية: ٢١، وسورة القارعة، الآية: ٧]، ومعناها: فهو في عيشة هنيئة مَرْضيّة أو حياة مرضية، كما ورد التعبير بلفظ (مفعول) بمعنى فاعل، كقوله تعالى: ﴿وَإِذَا قَرَأْتَ الْقُرْآنَ جَعَلْنَا بَيْنَكَ وَبَيْنَ الَّذِينَ لَا يُؤْمِنُونَ بِالْآخِرَةِ حِجَابًا مَّسْتُورًا﴾ [سورة الإسراء، الآية: ٤٥] أي حجابًا ساترًا يحجب عقول المشركين عن فهم القرآن، وكذلك ورد قوله تعالى: ﴿جَنَّاتِ عَدْنٍ الَّتِي وَعَدَ الرَّحْمَٰنُ عِبَادَهُ بِالْغَيْبِ إِنَّهُ كَانَ وَعْدُهُ مَأْتِيًّا﴾ [سورة مريم، الآية: ٦١].

- إن اللفظ إذا شاع، وكان بناؤه عربيًّا صحيحًا، وأمكن حملُه على وجه من وجوه اللغة، فبقاؤه أولى؛ لأنه اكتسب – ولا سيما هذا اللفظ وأشباهه – صبغة المصطلح الدارج في الكتب والمصنفات العربية.

واستنادًا إلى ما سبق، فهذا الكتاب يعتمد في كافة فصوله لفظ "البيوت المحمية".

يسرني أن أتقدم بالعرفان والتقدير لكل من أسدى إليَّ معروفًا، أو أبدى رأيًا، أو قدَّم معلومة ساهمت في إثراء هذا الكتاب، وأخص بالشكر الجزيل والعرفان الجم الأستاذ الدكتور عبد العزيز بن محمد السعيد على ملاحظاته القيمة، والأستاذ الدكتور ابراهيم بن محمد الهلال والدكتور أحمد محمد عبد الغني لمراجعتهما الفصل الخامس، والأستاذ الدكتور يوسف بن ناصر الدريهم لمراجعته الفصل التاسع. كما أتوجه بالشكر والتقدير لكل من الدكتور صفوت عثمان خليل؛ لطباعة المسودات الأولى لبعض فصول الكتاب، والدكتور عبد الله أنور دريهم؛ لطباعة الجداول ومراجعة النصوص المكتوبة مع مصادرها، كما أشكر الأستاذ حسن علي بدري؛ لدوره البارز في إعداد الأشكال البيانية وإخراجها بالصورة المناسبة، والأستاذ إسلام عبد السلام؛ لمساهمته في الإخراج النهائي للكتاب.

كما أتقدم بالشكر الجزيل والتقدير الخاص لعمادة البحث العلمي بجامعة الملك سعود على دعمها تأليف هذا الكتاب ضمن برنامج "تأليف كتاب".

والشكر موصول للأستاذ زكريا جابر عبد الرحمن لدوره الكبير في التدقيق اللغوي والتنسيق الفني، كما أتقدم بالشكر الجزيل لدار جامعة الملك سعود للنشر لجهودهم البارزة في الاخراج الفني والطباعة.

وأخيرًا وليس آخرًا أتقدم بالعرفان والامتنان لوالدي – يرحمه الله – ووالدتي – يحفظها الله– وأسأل المولى أن يرزقني بِرَّهما، كما أتقدم بشكر خاص إلى زوجتي وأبنائي وأحفادي –حفظهم الله ووفقهم لكل خير– الذين تحمَّلوا الكثير نتيجة انقطاعي عنهم لفترات طويلة لإعداد هذا الكتاب، وأقدم هذا العمل إهداءً خاصًّا لابنتي الكبرى مَيّ التي انتقلت إلى رحمة الله تعالى أثناء تلك الفترة.

وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين.

عبد الله بن عبد الرحمن السعدون

المحتويات

مقدمة.....هـ

الفصل الأول: نظرة عامة ١
١-١ مقدمة وتمهيد..... ١
١-٢ نظم الزراعة المحمية ٢
١-٣ مصطلحات وتعريفات ١١
١-٤ أهداف ومزايا الإنتاج في البيوت المحمية ١٢
١-٥ معوقات الإنتاج في البيوت المحمية..... ١٥
١-٦ نظرة تاريخية ١٥
١-٦-١ التطورات التاريخية للزراعة المحمية..... ١٦
١-٦-٢ تاريخ الزراعة المحمية في الدول العربية ٢١
١-٧ إحصائيات الزراعة المحمية على المستوى العالمي ٢٢
١-٨ إحصائيات الزراعة المحمية على مستوى الدول العربية ٢٣

الفصل الثاني: اقتصاديات الزراعة المحمية ٢٥
٢-١ مقدمة..... ٢٥
٢-٢ محدودية إنتاج محاصيل الخضر من البيوت المحمية بالمقارنة مع إنتاجية الحقول المكشوفة.... ٢٧
٢-٣ العوامل المؤثرة على العائد الاستثماري من مشاريع البيوت المحمية..... ٢٨
٢-٤ العلاقة بين التكاليف الإنتاجية والتسويقية والاستجابة الاقتصادية ٢٨
٢-٥ إنتاجية محاصيل الخضر في البيوت المحمية ٢٩

٢-٦ اختيار المحاصيل والأصناف الملائمة للإنتاج ٣٠
٢-٧ إنتاج المحاصيل الجديدة في البيوت المحمية ٣١
٢-٨ دراسات اقتصادية لإنتاج محاصيل الخضر في البيوت المحمية في الدول العربية ٣٢
٢-٩ دراسات اقتصادية عالمية على إنتاج محاصيل الخضر في البيوت المحمية ٣٤
٢-١٠ تكلفة استخدام الطاقة للتحكم البيئي في البيوت المحمية ٣٥

الفصل الثالث: أساسيات إنشاء البيوت المحمية ٤١
٣- ١ مقدمة ٤١
٣-٢ الشروط العامة التي تجب مراعاتها عند إنشاء البيوت المحمية ٤١
٣-٢-١ اختيار الموقع المناسب ٤٢
٣-٢-٢ عمليات إعداد موقع البيوت المحمية ٤٤
٣-٢-٣ تحديد الاتجاه المناسب للبيت المحمي ٤٦
٣-٢-٤ اختيار غطاء وشكل البيت المحمي ٤٧
٣-٣ متطلبات بيت الخدمة ٤٨
٣-٤ معدل الإشغال (الاستفادة من المكان) ٤٨
٣-٥ التصميم الداخلي للبيت المحمي ٤٩
٣-٦ الأضرار التي قد تحدث للإنشاءات ٤٩
٣-٧ المواد التي يُصنع منها هيكل البيت المحمي ٥٠
٣-٨ قواعد البيت المحمي ٥٠
٣-٩ أنواع البيوت المحمية ٥١
٣-٩-١ التقسيم حسب الأشكال الهندسية ٥١
٣-٩-١-١ الأشكال الهندسية للبيوت المحمية المفردة ٥٤
٣-٩-١-٢ الأشكال الهندسية للبيوت المحمية المتصلة ٥٦
٣-٩-٢ التقسيم حسب نوع الغطاء ٥٨
٣-١٠ الخصائص التي يجب أخذها في الاعتبار عند اختيار الغطاء المناسب ٥٨
٣-١٠-١ نفاذية الغطاء للضوء ٥٨
٣-١٠-٢ نفاذية الغطاء للأشعة تحت الحمراء ٥٩

٣-١٠-٣ نفاذية الغطاء للأشعة فوق البنفسجية ٥٩
٣-١١ خصائص أغطية البيوت المحمية ٥٩
٣-١١-١ الأغطـية الزجاجـية ٥٩
٣-١١-٢ البوليستر المدعم بالليف الزجاجي (الفيبرجلاس) ٦١
٣-١١-٣ الأغطيـــة (الأغشـــية) البلاستيكية ٦١
٣-١١-٤ أنواع أخرى من الأغشية البلاستيكية ٦٥
٣-١٢ خصائص أغطية البيوت المحمية وميزاتها وعيوبها ٦٧
٣-١٣ مقارنة بين البيوت الزجاجية والبيوت البلاستيكية ٦٨
٣-١٤ النواحي الفنية في إنشـاء البيوت المحمية ٧١
٣-١٥ التجهيزات الملحقة بالبيت المحمي ٧٣
٣-١٥-١ مناضد الزراعة ٧٣
٣-١٥-٢ توزيع الممرات ومناضد الزراعة داخل البيت المحمي ٧٥
٣-١٥-٣ المناضد المتحركة ٧٦

الفصل الرابع: أساسيات إنتاج محاصيل الخضر في البيوت المحمية ٧٩
٤-١ مقدمة ٧٩
٤-٢ النمو والتطور في نباتات الخضر ٧٩
٤-٢-١ مؤشرات النمو ٧٩
٤-٢-٢ الارتباط بين مؤشرات النمو ٨٤
٤-٣ الأسس العامة لإنتاج محاصيل الخضر في البيوت المحمية ٨٥
٤-٣-١ تحديد نظام الزراعة المناسب ٨٥
٤-٣-٢ الصرف الجيد للتربة ٨٦
٤-٣-٣ غسيل الأملاح من التربة ٨٦
٤-٣-٤ حرث التربة ٨٦
٤-٣-٥ تعقـيم التربـة ٨٧
٤-٣-٦ تجهيز المصـــاطب ٨٧
٤-٣-٧ تهيئة الظروف البيئية الملائمة للنمو والإنتاج ٨٨

٤-٤ إنتاج الشتلات ٩٠
٤-٤-١ النظام المغلق لإنتاج الشتلات..... ٩٣
٤-٤-٢ إنتاج الشـــتلات المطعومة ٩٣
٤-٤-٣ مميزات الشتلات المطعومـــة ٩٤
٤-٤-٤ طــرق التطعيم ٩٤
٤-٤-٥ المعاملات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند إجراء التطعيم ٩٧
٤-٥ الــري ٩٨
٤-٥-١ طرق الري في البيوت المحمية..... ٩٨
٤-٥-٢ كفاءة الاستهلاك المائي ١٠٤
٤-٥-٣ تقنية الري الناقص ١٠٨
٤-٥-٤ تقسيم محاصيل الخضر حسب تحملها للجفاف ١١٠
٤-٦ ملوحة مياه الري ١١١
٤-٦-١ وحدات قياس الملوحة ١١٢
٤-٦-٢ تقدير تحمُّل الملوحة ١١٣
٤-٦-٣ تركيز الملوحة الحرج..... ١١٣
٤-٦-٣ تقسيم محاصيل الخضر حسب تحملها للملوحة ١١٦
٤-٧ استخدام المياه العادمة المعالجة في ري المحاصيل..... ١١٧
٤-٨ معاملات تخفيف آثار الملوحة ١١٩
٤-٩ حموضة مياه الري أو التربة ١٢٠
٤-٩-١ تقسيم محاصيل الخضر حسب تحملها لحموضة التربة ١٢٢
٤-١٠ التســـــــميد..... ١٢٢
٤-١٠-١ أعراض نقص العناصر ١٢٤
٤-١٠-٢ الأسمدة الكيميائية ١٢٦
٤-١٠-٣ الرسمدة أو التسميد من خلال الري ١٢٨
٤-١٠-٤ الاحتياجات السمادية لمحاصيل الخضر في البيوت المحمية ١٢٨
٤-١٠-٥ التفاعلات بين الأسمدة الكيميائية ١٣٠
٤-١٠-٦ الركمدة..... ١٣٢

٤-١٠-٧ العناصر الثقيلة ١٣٤
٤-١٠-٨ الأسمدة العضوية ١٣٤
٤-١٠-٨-١ أنواع الأسمدة العضوية ١٣٥
٤-١٠-٨-٢ مزايا الأسمدة العضوية ١٣٥
٤-١٠-٩ المكمورة ١٣٦
٤-١٠-٩-١ العوامل المؤثرة على تكوين الكومبوست النباتي..... ١٣٨
٤-١٠-٩-٢ المكمورة الحيوية ١٣٨
٤-١٠-١٠ الأسمدة الحيوية ١٣٩

الفصل الخامس: نظم التحكم في العوامل البيئية داخل البيوت المحمية ١٤١
٥-١ مقدمة..... ١٤١
٥-٢ درجة الحرارة..... ١٤١
٥-٢-١ طرق انتقال الحرارة ١٤٣
٥-٣ التدفئة ١٤٤
٥-٣-١ الفقد الحراري عبر أغطية البيوت المحمية ١٤٤
٥-٣-٢حساب الحرارة المفقودة من البيت المحمي ١٤٧
٥-٣-٣ حساب احتياجات التدفئة ١٤٩
٥-٣-٤ حساب الاحتياجات الحرارية..... ١٥١
٥-٣-٥ المساحة الخارجية للبيت المحمي ١٥٤
٥-٣-٦ حساب حجم البيت المحمي..... ١٥٧
٥-٣-٧ نظم التدفئة ١٦٢
٥-٣-٧-١ التدفئة بأنابيب البخار..... ١٦٣
٥-٣-٧-٢ التدفئة بأنابيب الماء الساخن..... ١٦٤
٥-٣-٧-٣ نظم التدفئة بتيارات الهواء الساخن ١٦٨
٥-٣-٧-٤ المدافئ الكهربائية..... ١٧٠
٥-٣-٧-٥ المدافئ التي تعمل بالمحروقات ١٧١
٥-٣-٧-٦ التدفئة بالطاقة الشمسية..... ١٧٢

٥-٣-٧-٧ التدفئة بالأشعة تحت الحمراء ١٧٨
٥-٣-٨ تخزين الطاقة الحرارية الكامنة ١٧٨
٥-٣-٩ وسائل رفع كفاءة طرق التدفئة والتوفير في التكلفة ١٨٠
٥-٤ التبريد ١٨٦
٥-٤-١ نظرية التبريد التبخيري ١٨٦
٥-٤-٢ أنظمة التبريد التبخيري ١٨٦
٥-٤-٢-١ نظام المراوح ووسائد التبريد ١٨٧
٥-٤-٢-٢ نظام التبريد بالرذاذ أو الضباب ٢٠٨
٥-٤-٣ عوامل التصحيح التي تؤخذ في الحسبان عند تصميم احتياجات التبريد ٢٠٩
٥-٤-٤ حساب احتياجات البيت المحمي من المراوح والوسائد ومياه التبريد ٢١٠
٥-٤-٥ كفاءة التبريد ٢١٣
٥-٤-٥-١ حساب كفاءة التبريد ٢١٥
٥-٤-٦ مقارنة نظامي التبريد ٢١٦
٥-٤-٧ استخدام الطاقة الشمسية لتبريد البيت المحمي ٢١٧
٥-٤-٨ وسائل التوفير في الطاقة اللازمة للتدفئة أو التبريد ٢١٧
٥-٤-٩ تركيب طبقتين من الغطاء البلاستيكي ٢٢٠
٥-٥ الإضاءة ٢٢٠
٥-٥-١ الإشعاع الشمسي وتوازن الطاقة داخل البيت المحمي ٢٢١
٥-٥-٢ شدة الإضاءة ٢٢٣
٥-٥-٢-١ وسائل زيادة شدة الإضاءة ٢٢٤
٥-٥-٢-٢ وسائل خفض شدة الإضاءة ٢٢٥
٥-٥-٣ الفترة الضوئية ٢٢٦
٥-٥-٤ نوعية الإضاءة ٢٢٦
٥-٥-٥ مصادر الإضاءة الصناعية في البيوت المحمية ٢٢٧
٥-٥-٦ المصابيح الباعثة للضوء ٢٣٠
٥-٥-٧ الاستعمال التجاري للإضاءة الصناعية ٢٣٣
٥-٥-٨ العوامل التي تؤخذ في الاعتبار عند اختيار وتصميم نظام الإضاءة ٢٣٣

٥-٥-٩ الإضاءة البينية ٢٣٤
٥-٥-١٠ المصانع النباتية ٢٣٧
٥-٦ التظليل ٢٣٨
٥-٦-١ نظم تظليل البيوت المحمية ٢٣٩
٥-٦-٢ العوامل المؤثرة على مستوى أو كفاءة التظليل ٢٤٦
٥-٦-٣ تأثير التظليل الداخلي والتهوية الطبيعية على البيئة الداخلية ٢٤٨
٥-٦-٤ تأثير التظليل الخارجي مع التهوية الميكانيكية ٢٤٨
٥-٦-٥ تأثير التظليل على إنتاجية النبات وكفاءة استهلاك المياه ٢٤٩
٥-٧ الرطوبة النسبية ٢٥٠
٥-٧-١ مستويات الرطوبة النسبية في البيت المحمي خلال النهار والليل ٢٥٠
٥-٧-٢ ارتفاع الرطوبة النسبية ٢٥٠
٥-٧-٣ انخفاض الرطوبة النسبية ٢٥٢
٥-٧-٤ نظم التحكم في الرطوبة ٢٥٢
٥-٨ التهوية ٢٥٣
٥-٨-١ مزايا أنظمة التهوية ٢٥٣
٥-٨-٢ اعتبارات اختيار نظام التهوية ٢٥٤
٥-٨-٣ سرعة الهواء داخل البيت المحمي ٢٥٤
٥-٨-٤ أنظمة التهوية في البيوت المحمية ٢٥٥
٥-٨-٤-١ أنظمة التهوية الطبيعية ٢٥٥
٥-٨-٤-٢ أنظمة التهوية الميكانيكية (التهوية المتحكَّم بها آليًّا) ٢٦١
٥-٨-٥ كفاءة التهوية ٢٦٣
٥-٨-٦ الاعتبارات التصميمية لنظام التهوية المتحكم به آليًّا ٢٦٣
٥-٩ غاز ثاني أكسيد الكربون ٢٦٤
٥-٩-١ أهمية عنصر الكربون في النبات ٢٦٤
٥-٩-٢ العوامل المؤثرة على العلاقة بين تركيز الغاز ونمو النبات ٢٦٥
٥-٩-٣ التداخل بين تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون والعوامل البيئية الأخرى ٢٦٥
٥-٩-٤ تناقص تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون ٢٦٦

٥-٩-٥ التغذية بغاز ثاني أكسيد الكربون ٢٦٨
٥-٩-٦ الاشتراطات التي تؤخذ في الاعتبار عند التغذية بغاز ثاني أكسيد الكربون ٢٦٩
٥-٩-٧ مصادر غاز ثاني أكسيد الكربون المستخدم في البيوت المحمية ٢٦٩
٥-٩-٨ الاستجابة للتغذية بغاز ثاني أكسيد الكربون في عدد من محاصيل الخضر ٢٧١
٥-١٠ أنظمة التحكم البيئي في البيوت المحمية ٢٧٤
٥-١٠-١ معوقات التحكم البيئي في البيوت المحمية في المناطق الجافة وشبه الجافة ٢٧٤

الفصل السادس: المحاليل المغذية ٢٧٩
٦-١ مقدمة ٢٧٩
٦-٢ الشروط الواجب توافرها في المحاليل المغذية ٢٧٩
٦-٣ طرق تحلية المياه ٢٨٠
٦-٣-١ تقطير المياه بالطاقة الشمسية ٢٨٠
٦-٣-٢ تقطير المياه بالطاقة الكهربائية ٢٨١
٦-٣-٣ نظام الأسموزية العكسية ٢٨١
٦-٣-٤ نزع الأيونات ٢٨٢
٦-٣- ٥ الفصل الكهربائي للأيونات (الديلزة الكهربائية) ٢٨٢
٦-٤ التركيز الكلي للأملاح في المحاليل المغذية ٢٨٣
٦-٤-١ التوصيل الكهربائي ٢٨٤
٦-٤-٢ العناصر المغذية ٢٨٦
٦-٤-٣ التعبير عن تركيز الأملاح في المحاليل المغذية ٢٨٩
٦-٤-٤ الوزن الذري والوزن الجزيئي ٢٩٠
٦-٤-٥ الرقم الهيدروجيني (pH) للمحاليل المغذية ٢٩١
٦-٥ العوامل المؤثرة على اختيار التركيز المناسب للعناصر في المحاليل المغذية ٢٩٢
٦-٥-١ أعراض نقص تركيز العناصر ٢٩٢
٦-٥-٢ أعراض التسمم الناشئ عن زيادة تركيز العناصر ٢٩٥
٦-٥-٣ العيوب الفسيولوجية المرتبطة بزيادة أو نقص تركيز العناصر الغذائية ٢٩٥
٦-٦ الاعتبارات التي يجب الأخذ بها عند تحضير المحاليل المغذية ٢٩٦

٦-٦-١ حساب الكميات اللازمة من مختلف الأسمدة لتحضير المحاليل المغذية ٢٩٧
٦-٧ الأسمدة (الأملاح المعدنية) المستخدمة في تحضير المحاليل الغذائية ٢٩٨
٦-٧-١ نقاوة الأسمدة ٢٩٩
٦-٨ المحاليل القياسية ٣٠١
٦-٨-١ تحضير المحاليل القياسية ٣٠١
٦-٨-٢ تغيير المحاليل المغذية ٣٠٢
٦-٨-٣ تعديل تركيبات المحاليل المغذية ٣٠٤
٦-٨-٤ المحافظة على حجم المحلول المغذي ٣٠٥
٦-٩ المحاليل المغذية المستخدمة بشكل تجاري ٣٠٦
٦-٩-١ محاليل هوجلاند المغذية ٣٠٦

الفصل السابع: نظم الزراعة بدون تربة ٣٠٩
٧-١ مقدمة ٣٠٩
٧-١-١ تعريفات ٣١٠
٧-٢ المحلول المغذي في نظم الزراعة بدون تربة ٣١١
٧-٣ المواصفات المثلى في بيئة نمو الجذور ٣١١
٧-٤ تصنيف مصادر بيئات الزراعة بدون تربة ٣١٤
٧-٥ تقسيم نظم الزراعة بدون تربة ٣١٤
٧-٦ مميزات وعيوب نظم الزراعة بدون تربة ٣١٦
٧-٧ نقص الأكسجين في نظم الزراعة بدون تربة ٣١٧
٧-٨ احتمالات تلوث المحلول المغذي ٣١٨
٧-٩ المكمورة كبديل عضوي لبيئات الزراعة بدون تربة ٣١٨
٧-١٠ إضافة المحلول المغذي في نظم الزراعة بدون تربة ٣١٩
٧-١١ تأثير درجة التوصيل الكهربائي ودرجة الحموضة على الإنتاجية ٣٢٠
٧-١٢ المزارع الرملـــية ٣٢١
٧-١٢-١ إنشاء المزارع المائية ٣٢٢
٧-١٢-٢ معاملات خدمة المزارع الرملية ٣٢٤

٧-١٢-٣ مميزات وعيوب المزارع الرملية ٣٢٥
٧-١٣ مزارع الحصى ٣٢٦
٧-١٣-١ صفات بيئة الحصى لنظام الري تحت السطحي ٣٢٧
٧-١٣-٢ إنشاء مزارع الحصى ٣٢٨
٧-١٣-٣ معاملات خدمة مزارع الحصى ٣٢٩
٧-١٣-٤ تعقيم مزارع الحصى ٣٣١
٧-١٣-٥ تحديد الفترة بين الريات ٣٣١
٧-١٣-٦ المحافظة على pH المحلول المغذي في المجال المناسب ٣٣٢
٧-١٣-٧ مميزات وعيوب مزارع الحصى ٣٣٢
٧-١٤ مـــزارع الصـوف الصـخري ٣٣٣
٧-١٤-١ إنشاء مزارع الصوف الصخري ٣٣٥
٧-١٤-٢ معاملات خدمة مزارع الصوف الصخري ٣٣٦
٧-١٤-٣ ميزات وعيوب مزارع الصوف الصخري ٣٣٧
٧-١٥ مزارع ليف جوز الهند ٣٣٨
٧-١٥-١ مزايا وعيوب مزارع ألياف جوز الهند ٣٣٩
٧-١٦ مزارع نشارة الخشب ٣٤٠
٧-١٦-١ إنشاء مزرعة نشارة الخشب ٣٤١
٧-١٦-٢ مزايا وعيوب مزارع نشارة الخشب ٣٤١
٧-١٧ مزارع مخاليط البيئات الزراعية ٣٤٢
٧-١٧-١ البيت موس ٣٤٢
٧-١٧-٢ الفيرميكيوليت ٣٤٢
٧-١٧-٣ البيرلايت ٣٤٢
٧-١٧-٤ رغوة البوليستيرين ٣٤٣
٧-١٨ نظم زراعة مخاليط البيئات الزراعية ٣٤٣
٧-١٨-١ مزارع الأغوار ٣٤٣
٧-١٨-٢ مزارع الحلقات ٣٤٤
٧-١٨-٣ مزارع الأعمدة ٣٤٤

٧-١٨-٤ مزارع الأجولة المدلاة ٣٤٤
٧-١٨-٥ مزارع الأكياس..... ٣٤٥
٧-١٨-٦ مزارع الأنابيب..... ٣٤٦

الفصل الثامن: الزراعة المائية والهوائية ٣٤٧
٨-١ مقدمة..... ٣٤٧
٨-٢ المزارع المائية..... ٣٤٧
٨-٣ مقارنة بين نظام الزراعة المائية ونظام الزراعة في تربـــة البيت المحمي ٣٤٨
٨-٤ المتطلبات الأساسية لإنتاج محاصيل الخضر في الزراعة المائية ٣٥٠
٨-٥ مميزات وعيوب الزراعة المائية ٣٥١
٨-٦ تقنية الغشاء المغذي..... ٣٥٤
٨-٦-١ مميزات تقنية الغشاء المغذي ٣٥٦
٨-٦-٢ عيوب تقنية الغشاء المغذي ٣٥٧
٨-٦-٣ تصميم مزارع تقنية الغشاء المغذي ٣٥٨
٨-٦-٤ تقنية تدفق المحلول..... ٣٦٠
٨-٧ تحضير المحاليل المغذية ٣٦١
٨-٨ المعاملات التي تجرى على المحـــالـيل المغذية..... ٣٦٣
٨-٩ المزارع الهوائية ٣٦٥
٨-٩-١ تصميم نظم الزراعة الهوائية ٣٦٥
٨-٩-٢ مميزات وعيوب الزراعة الهوائية..... ٣٦٨
٨-١٠ الزراعة الهوامائية ٣٧٠

الفصل التاسع: مكافحة الأمراض والآفات في البيوت المحمية ٣٧٣
٩-١ مقدمة..... ٣٧٣
٩-٢ أهم الآفات المرضية والحشرية في الزراعة المحمية في الدول العربية..... ٣٧٤
٩-٣ المكافحة المتكاملة للآفات..... ٣٧٧
٩-٣-١ متطلبات المكافحة المتكاملة للآفات..... ٣٧٨

٩-٣-٢ إستراتيجيات المكافحة المتكاملة للآفات ٣٨٠
٩-٣-٣ الأساليب أو الممارسات العامة للمكافحة المتكاملة في البيوت المحمية..... ٣٨١
٩-٤ استخدام الأصناف المقاومة للآفات الهامة ٣٨٤
٩-٥ استخدام الشتلات المطعومة ٣٨٥
٩-٥-١ مميزات وعيوب الشتلات المطعومة..... ٣٨٦
٩-٦ إحداث المقاومة الجهازية..... ٣٨٧
٩-٧ تقنيات ومعاملات منع دخول الحشرات للبيت المحمي ٣٨٧
٩-٧-١الشباك المانعة لدخول الحشرات ٣٨٧
٩-٧-٢ استعمال اللوحات الملونة اللاصقة الجاذبة للحشرات ٣٩٠
٩-٧-٣ الأغطية النباتية الطافية ٣٩٣
٩-٧-٤ أغطية البيوت المحمية التي تمنع نفاذية الأشعة فوق البنفسجية ٣٩٤
٩-٧-٥ الأغطية البلاستيكية للتربة ٣٩٥
٩-٧-٦ دور النباتات الجاذبة في مكافحة الآفات..... ٣٩٦
٩-٧-٧ دور المحاصيل الحاجزة في مكافحة الآفات ٣٩٨
٩-٧-٨ تقنيات أخرى لمنع دخول الحشرات..... ٣٩٨
٩-٨ التحكم في العوامل البيئية داخل البيت المحمي ٣٩٩
٩-٨-١ التحكم في تهوية البيت المحمي ٣٩٩
٩-٨-٢ التحكم في الرطوبة النسبية ٤٠١
٩-٨-٣ التحكم في الإضاءة ٤٠١
٩-٩ تعقيم التربة والمواد والبيئات المستخدمة في الزراعة..... ٤٠١
٩-٩- ١ التعقيم بالإشعاع الشمسي ٤٠٢
٩-٩-٢ التعقيم بالبخار ٤٠٣
٩-١٠ إضافة المكمورة..... ٤٠٦
٩-١١ استعمال بيئات زراعية لخفض الإصابة بالأمراض ٤٠٦
٩-١٢ المكافحة الكيميائية..... ٤٠٦
٩-١٢-١ المكافحة الكيميائية للحشرات ٤٠٦
٩-١٢-٢ المكافحة الكيميائية للنيماتودا والفطريات ٤٠٨

٩-١٣ مكافحة الحشائش ٤١٠
٩-١٤ المكافحة الحيوية ٤١٠
٩-١٤-١ دوافع تطبيق نظم المكافحة الحيوية في البيوت المحمية ٤١٢
٩-١٤-٢ معوقات تطبيق المكافحة الحيوية في البيوت المحمية ٤١٤
٩-١٤-٣ إضافة بكتيريا الـ Pseudomonas ٤١٥
٩-١٥ المبيدات الحيوية ٤١٦
٩-١٥-١ المبيدات الحيوية الدقيقة ٤١٦
٩-١٥-٢ المركبات الكيميائية الحيوية ٤١٦
٩-١٥-٣ مركبات أشباه الكيماويات ٤١٦
٩-١٥-٤ مزايا وعيوب المبيدات الحيوية ٤١٧
٩-١٦ بدائل المبيدات ٤١٨
٩-١٧ التحويل الحراري الكيميائي للمخلفات النباتية ٤١٩
٩-١٨ المنتجات النباتية ٤٢٠
٩-١٩ مكافحة الأمراض والآفات في نظم الزراعة بدون تربة ٤٢١
٩-٢٠ مكافحة الأمراض والآفات في نظم الزراعة المائية ٤٢٢
٩-٢٠-١ تعقيم المحاليل المغذية في النظم المغلقة ٤٢٢
٩-٢٠-٢ المعاملة بالسيليكون ٤٢٥
٩-٢٠-٣ المعاملة بالمواد الشيتينية ٤٢٥
٩-٢٠-٤ إضافة فطريات الميكوريزا ٤٢٦

الملاحق ٤٢٩

المراجع ٤٥٥
أولاً: المراجع العربية ٤٥٥
ثانياً: المراجع الأجنبية ٤٦٠

ثبت المصطلحات **٤٩٥**
أولاً: عربي - إنجليزي ٤٩٥
ثانياً: إنجليزي – عربي ٥١٥

كشاف الموضوعات **٥٣٥**

الفصل الأول

نظرة عامة

١-١ مقدمة وتمهيد

يُعَدُّ القطاع الزراعي أحد القطاعات المهمة في التركيبة الاقتصادية لعدد كبير من الدول العربية وغير العربية؛ لكونه أحد المصادر الرئيسة - بشكل مباشر أو غير مباشر- لدخل غالبية السكان، وتلبية الاحتياجات المحلية من المنتجات الغذائية، وبالإضافة إلى ذلك يساهم القطاع الزراعي بنصيب وافر من الناتج المحلي الإجمالي، كما يُعَدُّ الإنتاج الزراعي أحد العناصر الرئيسة الهامة في تركيبة الصادرات لبعض الدول العربية (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، ١٩٩٤). ويرتبط مستقبل الوطن العربي ارتباطًا وثيقًا بالتخطيط السليم للتنمية المستدامة في كافة المجالات، ومنها المجال الزراعي، وبالشكل الذي يضمن تحقيق احتياجات الحاضر، مع تهيئة السبل للوفاء بمتطلبات المستقبل، وقد أعدَّت المنظمة العربية للتنمية الزراعية إستراتيجية التنمية الزراعية العربية المستدامة للعقدَين (٢٠٠٥ - ٢٠٢٥)، وتضم هذه الإستراتيجية سبعة برامج رئيسة، منها برنامج تطوير تقانات الحاصلات الزراعية والنظم المزرعية، والذي يتعلَّق بنظم الزراعة العضوية والزراعة المحمية (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، ٢٠٠٧)، وتزداد أهمية هذه النظم في الحاضر والمستقبل لأسباب تتعلق بزيادة السكان، وما يتبعها من ارتفاع الطلب على الغذاء، مما يتطلب زيادة كمية ونوعية المنتجات الغذائية.

وتتعرض المحاصيل الزراعية أثناء نموها للعديد من الظروف الجوية غير المناسبة التي تؤثر سلبًا على نموِّها وإنتاجها، ومنها انخفاض أو ارتفاع درجة الحرارة، وانخفاض أو ارتفاع الرطوبة النسبية، وارتفاع شدة الإشعاع الشمسي، والرياح القوية والأمطار. ويُعَدُّ التحكم في بيئة محاصيل الخضر أمرًا ضروريًّا لمواجهة الطلب المتزايد على الغذاء المصاحب لزيادة أعداد السكان على مستوى العالم، خاصة في المناطق ذات الأجواء المناخية القاسية، كالمناطق الجافة شديدة الحرارة أو شديدة البرودة.

ويمكن أن تشمل الزراعة المحمية أنظمة متكاملة للزراعة في البيئة المتحكَّم بها Controlled Environment Agriculture (CEA) بحيث يتم تعديل عوامل البيئة الطبيعية والتحكم بها للحصول على أفضل نمو وأعلى جودة وأكبر عائد اقتصادي، ويشمل التحكم عوامل درجة حرارة الهواء، ودرجة حرارة الجذور، والإضاءة، والماء، والرطوبة، وثاني أكسيد الكربون، والتغذية، كما يمكن التحكم البيئي الشامل في كافة العوامل السابقة عن طريق النظم والبرامج الحاسوبية المتخصصة وأنظمة الاتصال، ويقود هذا إلى إمكانية إنتاج الغذاء في المناطق النائية وغير المأهولة، كالقطب المتجمد الجنوبي وحتى المحطات الفضائية.

١-٢ نظم الزراعة المحمية

تتعدد نظم الزراعة المحمية التي يكون الغرض العام منها إنتاج المحاصيل الزراعية في بيئة محمية. ويحدد العامل الاقتصادي - بشكل جوهري - نظام الحماية المتبع ونظام الإنتاج، ويحتاج هذا إلى خبرة وكفاءة، وتحمُّل المخاطرة، ودراسة حالة السوق (Jensen and Malter, 1995)، ولا يوجد نظام واحد لحماية محاصيل الخضر من كافة العوامل البيئية غير الملائمة سوى البيوت المحمية والمصانع النباتية.

ويمكن الإشارة إلى نظم الزراعة المحمية التالية:

- تغطية سطح التربة

تتم تغطية سطح التربة soil mulch سواءً في البيوت المحمية (شكل ١-١)، أو في الحقول المكشوفة (شكل ١-٢) بأغطية عضوية أو صناعية لحفظ رطوبة التربة والحد من نمو الحشائش، مما يساهم في تحسين البيئة النباتية، والتبكير بالنمو وزيادة الإنتاجية.

- الأغطية الطافية

الأغطية الطافية للخطوط Floating row covers عبارة عن شرائح من البوليستر المنسوج Spun-bonded polyester والبولي بروبلين المنسوج Spun-bonded propylene التي تغطَّى بها النباتات مباشرة (شكل١-٣ و ١-٤)، وتتوفَّر هذه الأغطية بعرض ٢,٥ - ٢٠ م، وبطول يصل إلى ٢٥٠ م، وتعمل هذه الأغطية على حماية النباتات وهي صغيرة من الرياح الباردة والرمال والصقيع الخفيف والطيور وبعض الحشرات، مما يساهم في وقاية النباتات من الإصابات الفيروسية، وزيادة المحصول المبكر، ونظرًا لكون الأغطية مثقبة perforated (منفذِة للماء والهواء)، فإنها تسمح بالري بالرش من خلالها، ومنع تكثُّف الرطوبة داخلها، وتستخدم آلات خاصة مرتبطة بالجرار لتثبيت هذه الأغطية (شكل ١-٥). ويتوقف نجاح استخدام هذه الأغطية على تحديد الوقت المناسب لإزالتها، وقد تستمر لكامل موسم النمو حسب نوع المحصول (Fordham and Biggs, 1985).

شكل (١-١). تغطية سطح التربة داخل البيت المحمي بالقماش أو البلاستيك.
(المصدر: إهداء من Andy من شركة BEIJING KINGPENG INTERNATIONAL HI-TECH CORPORATION الصينية).

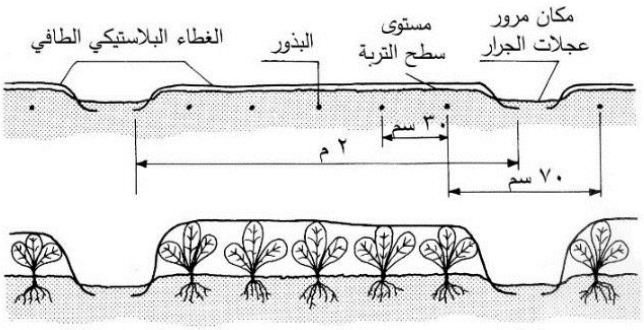
شكل (١-٢). تثبيت أغطية التربة على خطوط الزراعة في الحقول المكشوفة (عدة خطوط أو خط واحد) باستخدام الجرار. (المصدر Hochmuth et al., 2015).

- مصدات الرياح

تصنع مصدات الرياح Wind breaks غالبًا من الشباك القماشية المنسوجة أو البلاستيكية (البولي إيثيلين) ذات المواصفات الخاصة من حيث الارتفاع ونسبة نفاذية الهواء، وتفضل شبكة

البولي إيثلين التي تُنْفِذ الهواء بنسبة ٥٠ ٪ حيث تفيد في إبطاء سرعة الرياح بمقدار ٦٠ ٪ على امتداد مسافة تبلغ خمسة أضعاف ارتفاع الشبكة (شكل ١-٦)، ويمكن أن تكون مصدات الرياح من الأشجار أو الشجيرات، وترتبط الحماية التي توفِّرها مصدات الرياح بكل من ارتفاعها وكثافتها واتجاهها، وطول خط المصدات الذي يجب أن لا يقل عن ١٠ أضعاف ارتفاعه (حسن، ٢٠١٢).

شكل (١-٣). أغطية النباتات المصنوعة من مواد منسوجة (اليمين) أو البلاستيك المثقب (اليسار) مع وجود فتحات جانبية للتهوية (الأسفل). (المصدر Ngouajio, 2009)



شكل (١-٤). رسم تخطيطي للأغطية الطافية. (المصدر Fordham and Biggs, 1985)

شكل (١-٥). آلة تثبيت الأغطية الطافية باستخدام الجرار. (المصدر Hochmuth et al., 2015)

شكل (١-٦). نموذج من مصدات الرياح القماشية.

(المصدر https://www.snowfence.org/snow-fence/wind-break-netting.html)

- السواتر البلاستيكية

يمكن تغطية خطوط الزراعة من أعلى بسواتر بلاستيكية Plastic shelters بعرض ٨٠ سم، وقد تكون هذه السواتر على أحد جانبي الخط للحماية من الأمطار القوية (شكل ١-٧)، كما قد تكون لتغطية أحد جوانب البيت المحمي للحماية من الأمطار، وخاصة مع وجود التيارات الهوائية التي قد تنقل الأمطار بشكل أفقي داخل فتحات التهوية.

شكل (١-٧). الساتر البلاستيكي لحماية البيوت المحمية من الأمطار (اليمين)، ساتر بلاستيكي (اليسار).
(اليمين، المصدر: Castilla and Baeza, 2013)، (اليسار، المصدر: https://www.instructables.com/id//Build-a-Shelter-for-Growing-Tomatoes)

- المراقد المدفأة والمراقد الباردة

المراقد المدفأة Hot beds والمراقد الباردة Cold frames عبارة عن منشآت من الخشب أو الخرسانة أو الطوب بارتفاع ٤٥-٦٠ سم في الجانب الشمالي، و ٢٠-٤٥ سم في الجانب الجنوبي مزوَّدة بغطاء زجاجي أو بلاستيكي عادة بعرض ٩٠ سم وطول ١٨٠ سم، وتتميز المراقد الدافئة (شكل ١-٨) بوجود وسائل تدفئة مثل الأسمدة الحيوانية، أو الهواء الساخن، أو الماء الساخن، أو التدفئة بالكهرباء، وتفيد هذه المراقد في إنتاج الشتلات المبكرة في المواسم شديدة البرودة.

- الأنفاق البلاستيكية المنخفضة أو المرتفعة

الأنفاق البلاستيكية المنخفضة أو المرتفعة low or high plastic tunnels عبارة عن منشآت تشبه البيوت المحمية البلاستيكية دون أن يكون بها وسائل تهوية أو تدفئة أو تبريد (شكل ١-٩)، ويصل ارتفاع الأنفاق المنخفضة في الغالب إلى متر، وبالنسبة للأنفاق المرتفعة فهي تصل إلى ارتفاعات تسمح بالسير داخلها، وتمكِّن من زراعة النباتات التي تُربَّى رأسيًّا مثل الطماطم والخيار (شكل ١-١٠)، وتستخدم لإنتاج شتلات مبكرة أثناء الجو البارد، وللوقاية من أضرار الصقيع أو

الرياح أو الأمطار الغزيرة، ويمكن تثبيت الأنفاق بواسطة أقواس يتراوح قطرها بين ١٨٠-٢٠٠ سم من الحديد المجلفن قطر ٤ سم على أبعاد ٤م من بعضها البعض، وتتم تغطية الأنفاق بغطاء بلاستيكي تتراوح سماكته بين ٥٠ و ٨٠ ميكرون، ويفضَّل ألا يزيد طول النفق عن٣٠ م؛ لسهولة التهوية، بينما يتفاوت عرض النفق حسب نوع المحصول المزروع، وتساهم تهوية الأنفاق في الحد من ارتفاع درجات الحرارة والرطوبة النسبية داخلها، مما يقلِّل من احتمال الإصابات المرضية، ويقلِّل من ظاهرة تكثُّف بخار الماء على السطح الداخلي للغطاء، كما تساهم التهوية الجيدة في زيادة فرص تلقيح الأزهار، ويمكن عمل فتحات التهوية على جانبي النفق بين شرائح الغطاء البلاستيكي.

شكل (١-٨). المرقد البارد ويلاحظ فتح الغطاء للتهوية في النهار (اليمين)، مرقد مدفأ (اليسار).

(اليمين، المصدر Peronto and Guethler. 2008)

(اليسار، المصدر، https://www.pinterest.com/pin/547961479637100979/)

- البيوت الخشبية

البيوت الخشبية Lath houses عبارة عن هيكل خشبي يتكون من خشب الأركان، بحيث يحتوي كل ركن على قطعتين من الخشب لا يقل سمكهما عن ٣٠-٤٠ سم يتم تثبيتهما بقواعد من الإسمنت، ثم يتم الشد بينهما بالأسلاك، بالإضافة إلى أخشاب الجوانب التي لا يقل سمكها عن ١٢-١٥ سم، وأخشاب حامل المحصول التي لا يقل سمكها عن ٦-٨ سم، ويكون طول البيت الخشبي عادة ضعف عرضه، ويتراوح ارتفاعه من ٣-٤ م (خليل، ٢٠١٧). ويمكن أن تغطى الجوانب والسقف بشباك تظليل بلاستيكية ذات لون أسود أو أبيض أو أخضر، وتتراوح نسبة نفاذيتها للضوء بين ٥٠-٦٠ ٪ (شكل١-١١)، وتستخدم البيوت الخشبية لأغراض متعددة، منها إجراء بعض المعاملات الزراعية التي تتطلب نسبة تظليل متوسطة، مثل زراعة البذور وإنتاج الشتلات.