سلسلة " الزراعة المحمية لمحاصيل الخضر "

(٣)

الزراعة المحمية المستدامة والتطورات الحديثة في نظم الزراعة 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

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

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
السعدون، عبدالله بن عبد الرحمن
الزراعة المحمية المستدامة والتطورات الحديثة في نظم الزراعة في البيوت المحمية / عبد الله بن عبد الرحمن السعدون. - الرياض، ١٤٤٠هـ
٢٨٥ص، ١٧سم × ٢٤ سم
ردمك: ٠-٧٣٣-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨
١- الزراعة المحمية أ. العنوان
ديوي ٥٨٣, ٦٣١ ١٤٤٠/٦٧٧٧

رقم الإيداع: ١٤٤٠/٦٧٧٧
ردمك: ٠-٧٣٣-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

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 تطبق 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 مقرر 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 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، مع التطرق إلى جوانب الزراعة المحمية المستدامة والتطورات الحديثة في مجال تصميم البيوت المحمية وإنشائها ونظم 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، لذا ظهرت فكرة إعداد هذه السلسلة الشاملة، وقد حرصت على شمولية المواضيع المُدْرَجَة في فصول كتب السلسلة للأسس العامة والتطورات والأبحاث والإحصائيات الحديثة من مختلف مصادر المعلومات.

أحمد الله سبحانه وتعالى الذي يَسَّرَ 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 الثالث في هذه السلسلة، ويتضمَّن سبعة عشر فصلًا موزَّعة على بابين: الباب الأول بعنوان "الزراعة المحمية المستدامة"، ويشتمل على الفصول التالية: (١) الزراعة المحمية لمحاصيل الخضر.. نظرة عامة، (٢) الزراعة المحمية المستدامة.. نظرة خاصة، (٣) مركز أبحاث وتطوير الزراعة المستدامة بالمملكة العربية السعودية، (٤) الاستفادة من مصادر الطاقة المتجدِّدة في الزراعة المحمية المستدامة، (٥) تقنيات التحكم البيئي وترشيد استهلاك الطاقة في البيوت المحمية. (٦) التكامل بين نظم إنتاج محاصيل الخضر ومشاريع إنتاج الغذاء الأخرى، (٧) الزراعة المحمية العضوية ودورها في التنمية الزراعية المستدامة، (٨) المخلفات البلاستيكية في الزراعات المحمية.

أما الباب الثاني بعنوان "التطورات الحديثة في نظم الزراعة في البيوت المحمية" فيتضمن الفصول التالية: (٩) التطورات في مجال تصميم وتصنيع وإنشاء البيوت المحمية، (١٠) التطورات في مجال نظم الزراعة بدون تربة، (١١) التطورات في مكافحة الأمراض والآفات في البيوت المحمية، (١٢) التطورات في مجال استخدام المواد متناهية الصغر في نظم الزراعة المحمية، (١٣) التطورات في مجال تطبيقات الخلايا الضوئية للبيوت المحمية، (١٤) التطورات في مجال استخدام الإنسان الآلي (الروبوت) في البيوت المحمية، (١٥) التطورات في مجال التصوير الرقمي والتحكم عن بُعْد، (١٦) التطورات في مجال الزراعة الحضرية، (١٧) التطورات في مجال إنتاج الغذاء في الرحلات الفضائية.

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

- أن لفظ "البيت المحمي" ليس هو الهيكل والجدران الخارجية والأسقف فحسب، بل يشمل كل ما فيه من تجهيزات داخلية ونظم تحكم 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 ٱلْقُرْءَانَ جَعَلْنَا بَيْنَكَ وَبَيْنَ ٱلَّذِينَ لَا يُؤْمِنُونَ بِٱلْءَاخِرَةِ حِجَابًا مَّسْتُورًا﴾ [سورة الإسراء، الآية: ٤٥]، أي حجابًا ساترًا يحجب عقول المشركين عن فهم القرآن، وكذلك ورد قوله تعالى: ﴿جَنَّٰتِ عَدْنٍ ٱلَّتِى وَعَدَ ٱلرَّحْمَٰنُ عِبَادَهُۥ بِٱلْغَيْبِ ۚ إِنَّهُۥ كَانَ وَعْدُهُۥ مَأْتِيًّا﴾ [سورة مريم، الآية: ٦١].
- أن 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 مَن أسدى إليَّ معروفًا، أو أبدى رأيًا أو قدَّم معلومة ساهمت في إثراء هذا الكتاب، وأخص بالشكر الجزيل والعرفان الجمّ كلًّا من الإخوة: الأستاذ الدكتور إبراهيم بن محمد الهلال، والأستاذ الدكتور أحمد محمود عبد الغني؛ لمراجعتهما القيمة لبعض فصول الكتاب، والأستاذ الدكتور عبد العزيز بن محمد السعيد، على ملاحظاته القيمة، كما أتوجه بالشكر للدكتور 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 تنسيق طباعة المسودة الأولى 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 لدار جامعة الملك سعود للنشر لجهودهم البارزة في الإخراج الفني للكتاب.

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

الباب الأول: الزراعة المحمية المستدامة ١

الفصل الأول: الزراعة المحمية لمحاصيل الخضر.. نظرة عامة ٣

١-١مقدمة ٣

١-٢ نظم الزراعة المحمية ٤

١-٣ مصطلحات وتعريفات ٤

١-٤ أهداف ومزايا الزراعة المحمية ٥

١-٥ الشروط العامة التي تجب مراعاتها عند إنشاء البيوت المحمية ٧

١-٦ النواحي الفنية في إنشـاء البيوت المحمية ٨

الفصل الثاني: الزراعة المحمية المستدامة.. نظرة خاصة ١١

٢-١ مقدمة.....١١

٢-٢ مفهوم الزراعة المستدامة ١١

٢-٣ أهمية الزراعة المحمية المستدامة ١٢

٢-٤ تحقيق استدامة الإنتاج في البيوت المحمية ١٣

٢-٥ رفع كفاءة الإنتاج ودوره في التنمية الزراعية المستدامة.....١٤

الفصل الثالث: مركز أبحاث وتطوير الزراعة المستدامة بالمملكة العربية السعودية ١٧

٣-١ مقدمة.....١٧

٣-٢ إحصائية مختصرة عن مساحة وإنتاج محاصيل الخضر من البيوت المحمية ١٨

٣-٣ الدوافع وراء التوجه نحو الزراعة المحمية المستدامة ١٨
٣-٤ نبذة عامة عن مركز أبحاث وتطوير الزراعة المستدامة بالمملكة العربية السعودية ٢٠

الفصل الرابع: البيوت المحمية المستدامة ٢٣
٤-١ مقدمة ٢٣
٤-٢ أنظمة البيوت المحمية المستدامة ٢٤
٤-٣ البيوت المحمية المستقلة ٢٦
٤-٤ البيوت المحمية الشمسية في الصين ٢٧
٤-٥ الاستفادة من طاقة العادم الحراري لتشغيل البيت المحمي ٢٩
٤-٦ دور مصادر الطاقة المتجددة في تحلية المياه ٢٩
٤-٦-١ الاستفادة من الطاقة الشمسية ٣٠
٤-٦-٢ الاستفادة من طاقة الرياح ٣٢
٤-٦-٣ الاستفادة من الطاقة الجوفية ٣٣
٤-٦-٤ الاستفادة من طاقة الأمواج ٣٧
٤-٧ تحلية المياه بطريقة الترطيب ونزع الرطوبة ٣٧
٤-٧ تقدير كمية الماء المتبخروكمية المحلول الملحي الناتج ٣٩
٤-٨ أمثلة على مشاريع البيوت المحمية التي يتم تبريدها بمياه البحر ٤٠
٤-٨-١ مشروع غابات الصحراء ٤٠
٤-٨-٢ مشروع البيوت المحمية المستدامة في الصحراء الأسترالية ٤١
٤-٩ تأثير تحلية مياه البحر جزئيًا على إنتاجية وجودة المحاصيل ٤٢

الفصل الخامس: تقنيات التحكم البيئي وترشيد استهلاك الطاقة في البيوت المحمية ٤٥
٥-١ مقدمة ٤٥
٥-٢ رفع كفاءة نظم التحكم البيئي في البيوت المحمية ٤٦
٥-٢-١ كفاءة نظام التهوية ٤٦
٥-٢-٢ كفاءة نظام التبريد ٤٦
٥-٢-٣ كفاءة نظم التدفئة ٤٨
٥-٣ تقنيات تخزين الطاقة الجوفية ٥٠

٥-٤ تطبيق تقنية التجفيف السائل لتبريد البيوت المحمية ٥١
٥-٥ الاستعراض المرجعي عن تقنيات توفير الطاقة والتحكم البيئي في البيوت المحمية ٥٦
٥-٦ معوقات التحكم في بيئة البيوت المحمية في المناطق الجافة وشبه الجافة ٥٦
٥-٧ تصميم وتطوير نظام التحكم الآلي والبيئي للبيوت المحمية بالمملكة العربية السعودية ٥٧
٥-٧-١ أهداف نظام التحكم الآلي والبيئي ٥٧
٥-٧-٢ تصميم وتطوير النظام وتنفيذ التجارب التطبيقية عليه ٥٧
٥-٧-٣ أهم نتائج مشروع نظام التحكم الآلي والبيئي ٦٠

الفصل السادس: التكامل بين نظم إنتاج محاصيل الخضر ومشاريع إنتاج الغذاء الأخرى ٦٣
٦-١ مقدمة ٦٣
٦-٢ الزراعة الأحيومائية ٦٣
٦-٢-١ مزايا ومعوقات الزراعة الأحيومائية ٦٦
٦-٢-٢ الزراعة الأحيومائية ذات النظام المغلق المزدوج ٦٨
٦-٢-٣ نماذج من مشاريع الزراعة الأحيومائية ٧٠
٦-٣ تطور صناعة إنتاج الطحالب ٧٣
٦-٣-١ تأثير إضافة الطحالب على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للترب ٧٤
٦-٣-٢ إنتاج الطماطم والطحالب الدقيقة بنظام الزراعة المائية ٧٥
٦-٤ التكامل بين نظم إنتاج الخضر ومشاريع تربية الأبقار وإنتاج الغاز الحيوي ٧٨

الفصل السابع: الزراعة العضوية المحمية ودورها في التنمية الزراعية المستدامة ٧٩
٧-١ مقدمة ٧٩
٧-٢ الأهداف الأساسية للزراعة العضوية المحمية ٨٠
٧-٣ انتشار الزراعة العضوية المحمية ٨٠
٧-٤ متطلبات الزراعة المحمية العضوية ٨١
٧-٥ الاستفادة من المخلفات النباتية ٨٢
٧-٥-١ مخلفات أشجار نخيل التمر ٨٢
٧-٥-٢ مخلفات محاصيل الخضر في البيوت المحمية ٨٣
٧-٥-٣ مخلفات عصر الزيتون ٨٤

٧-٥-٤ مخلفات تحضير القهوة ٨٥
٧-٦ الاستفادة من المخلفات البلدية ٨٦
٧-٧ الاستفادة من المخلفات العضوية ٨٧
٧-٧-١ تدوير المخلفات العضوية الصلبة والسائلة ٨٧
٧-٧-٢ استخدام نواتج هضم المنتجات العضوية كبيئات زراعية وأسمدة ٨٨
٧-٧-٣ إدارة المخلفات العضوية لإنتاج الغذاء بأسلوب مستدامٍ ٨٩
٧-٨ إنشاء وحدات مزرعية لإنتاج المكمورة أو الكومبوست ٩١
٧-٩ المكمورة الحيوية ٩٤
٧-١٠ الزراعة المختلطة تحت الأنفاق البلاستيكية ٩٥
٧-١١ استخدام الفحم الحيوي لتحسين خواص التربة ونمو النبات ٩٦
٧-١١-١ تحسين إنبات ونمو محاصيل الخضر ٩٦
٧-١١-٢ امتصاص بعض الملوِّثات العضوية والمضادات الحيوية ٩٧
٧-١١-٣ رفع كفاءة التعقيم الشمسي للتربة ٩٩

الفصل الثامن: المخلفات البلاستيكية في الزراعات المحمية ١٠١
٨-١ مقدمة ١٠١
٨-٢ مصدر المخلفات البلاستيكية ١٠١
٨-٣ المواد البلاستيكية القابلة للتحلُّل ١٠٢
٨-٣-١ أنواع البلاستيك القابل للتحلُّل حيويًّا ١٠٣
٨-٤ الأغطية البلاستيكية القابلة للتحلُّل حيويًّا ١٠٣
٨-٥ البلاستيك القابل للتحلُّل المصنَّع من النشا ١٠٥
٨-٦ اكتشاف جديد للتخلُّص من الأكياس البلاستيكية ١٠٦
٨-٧ تحويل المخلفات البلاستيكية إلى زيوت سائلة ١٠٧

الباب الثاني: التطورات الحديثة في نظم الزراعة في البيوت المحمية ١٠٩
الفصل التاسع: التطورات في مجال تصميم وتصنيع وإنشاء البيوت المحمية ١١١
٩-١ مقدمة ١١١

٩-٢ الاعتبارات العامة لتصميم وتصنيع البيوت المحمية ١١١
٩-٣ نظام الزراعة المحمية في العبوات الصغيرة ١١٢
٩-٤ البيوت المحمية البلاستيكية المدعومة بالهواء ١١٣
٩-٥ نظام البيت المحمي المنفوخ أو البيت المحمي ذي الفقاعة ١١٤

الفصل العاشر: التطورات في مجال نظم الزراعة بدون تربة ١١٩
١٠-١ مقدمة ١١٩
١٠-٢ ضبط كمية وميعاد الري حسب احتياج النبات والمحتوى الرطوبي في بيئة الزراعة ١١٩
١٠-٣ التحكم الآلي بدرجة الحموضة والتوصيل الكهربائي للمحلول المغذِّي في الزراعة المائية ١٢١
١٠-٤ نظام الزراعة المائية بالضباب الجاف ١٢٢
١٠-٥ نظام الزراعة المائية الجافة ١٢٣
١٠-٦ نظام الزراعة على الغشاء البلاستيكي ١٢٤

الفصل الحادي عشر: التطورات في مجال مكافحة الأمراض والآفات في البيوت المحمية ١٢٧
١١-١ مقدمة ١٢٧
١١-٢ نظام متابعة الحالة الصحية للنبات ١٢٨
١١-٣ الاكتشاف المبكر للإصابات المرضية في البيت المحمي ١٢٩
١١-٤ تطوير تصنيع شباك مانعة لدخول الحشرات ١٣٠
١١-٥ تطوير طريقة للوقاية من الأمراض الفيروسية ١٣٤
١١-٦ النظم الخبيرة في مكافحة آفات البيوت المحمية ١٣٥

الفصل الثاني عشر: التطورات في مجال استخدام المواد متناهية الصغر في نظم الزراعة المحمية ... ١٣٧
١٢-١ مقدمة ١٣٧
١٢-٢ التطبيقات العامة للمواد متناهية الصغر ١٣٧
١٢-٣ تطبيقات متخصصة لاستخدام المواد متناهية الصغر ١٣٨
١٢-٣-١ تصنيع أغطية للبيوت المحمية ١٣٨
١٢-٣-٢ تصنيع الأسمدة النانونية وتغذية النباتات ١٣٨
١٢-٣-٣ تحسين نمو وتطوُّر النباتات ١٤٠

١٢-٣-٤ تخفيف أثر الإجهاد البيئي ١٤٠
١٢-٣-٥ خفض متبقيات المبيدات ١٤٠

الفصل الثالث عشر: التطورات في مجال تطبيقات ألواح الخلايا الضوئية للبيوت المحمية ١٤١
١٣-١ مقدمة ١٤١
١٣-٢ كفاءة تحويل الطاقة للخلايا الضوئية ١٤٢
١٣-٣ البيوت المحمية المنتجة للطاقة (مزارع الطاقة الشمسية) ١٤٢
١٣-٤ تأثير التظليل الناتج من تركيب ألواح الخلايا الضوئية على أغطية البيوت المحمية ١٤٣
١٣-٥ المواد الأكثر انتشارًا التي تصنع منها ألواح الخلايا الضوئية ١٤٧
١٣-٥-١ الخلايا الضوئية السيليكونية الكريستالية المعتمة ١٤٧
١٣-٥-٢ الخلايا الضوئية شبه الشفافة ١٤٨
١٣-٥-٣ الخلايا الضوئية المرنة ١٥٢

الفصل الرابع عشر: التطورات في مجال استخدام الانسان الآلي (الروبوت) في البيوت المحمية .. ١٥٥
١٤-١ مقدمة ١٥٥
١٤-٢ الدوافع وراء التطوير المستمر في تقنيات استخدام الروبوتات في البيوت المحمية ١٥٥
١٤-٣ نماذج من استخدام الإنسان الآلي في بعض العمليات الزراعية بالبيوت المحمية ١٥٦
١٤-٣-١ تغليف بذور الخضر ١٥٧
١٤-٣-٢ تقليم أوراق النباتات ١٥٧
١٤-٣-٣ تطعيم نباتات الخضر ١٥٩
١٤-٣-٤ حصاد محاصيل الخضر ١٦١
١٤-٣-٤-١ حصاد ثمار الطماطم الكرزية ١٦٣
١٤-٣-٤-٢ حصاد ثمار الفراولة ١٦٤
١٤-٣-٤-٣ حصاد ثمار الخيار ١٦٥
١٤-٣-٤-٤ حصاد ثمار الفلفل الحلو ١٦٦
١٤-٣-٤-٥ حصاد الخس ١٦٨
١٤-٤ نظام متابعة المحصول وموعد الحصاد ١٦٩
١٤-٥ التطورات في مجال ما بعد الحصاد ١٧٠

١٤-٥-١ تداول ونقل الثمار ١٧٠
١٤-٥-٢ فَرْز وتدريج الثمار ١٧٠

الفصل الخامس عشر: التطورات في مجال التصوير الرقمي والتحكم عن بُعْد ١٧٣
١٥-١ مقدمة ١٧٣
١٥-٢ الدوافع وراء التوجه نحو التصوير الرقمي والتحكم عن بُعد ١٧٣
١٥-٣ نماذج من التطورات في مجال التصوير الرقمي ١٧٤
١٥-٣-١ قياس الصفات المظهرية للنباتات ١٧٤
١٥-٣-٢ قياس صفات نمو النباتات في المصانع النباتية بصفة آلية ١٧٤
١٥-٣-٣ تقدير المحتوى الكمي والنوعي للسكريات ١٧٥
١٥-٤ مفهوم التخاطب مع النبات ١٧٧
١٥-٥ نماذج نظم التحكم عن بُعْد للبيوت المحمية ١٧٨
١٥-٥-١ نظام المتابعة والتحكم عن بُعْد في بيئة البيوت المحمية باستخدام الهواتف المحمولة . ١٧٨
١٥-٥-٢ نظم التحكم عن بُعْد للبيوت المحمية في المواقع النائية ١٨٠
١٥-٥-٣ نظام التواصل أو المتابعة عن بُعْد ١٨٢

الفصل السادس عشر: التطورات في مجال الزراعة الحضرية ١٨٥
١٦-١ مقدمة ١٨٥
١٦-٢ مفهوم الزراعة الحضرية ١٨٦
١٦-٣ نماذج من نظم الزراعة الحضرية ١٨٧
١٦-٣-١ البيوت المحمية فوق أسطح المباني ١٨٧
١٦-٣-٢ معوقات انتشار البيوت المحمية فوق أسطح المباني ١٨٨
١٦-٣-٣ أمثلة للبيوت المحمية المتكاملة فوق أسطح المباني ١٨٩
١٦-٣-٤ تقييم جدوى إنتاج الغذاء في البيوت المحمية المتكاملة فوق أسطح المباني ١٩٠
١٦-٣-٥ مزايا التكامل بين المباني والبيوت المحمية المقامة فوقها ١٩٢
١٦-٤ الزراعة العمودية ١٩٢
١٦-٥ المصانع النباتية ١٩٥
١٦-٥-١ المقارنة بين المصانع النباتية والبيوت المحمية ١٩٦

١٦-٥-٢ أنواع المصانع النباتية ١٩٨

الفصل السابع عشر: التطوُّرات في مجال إنتاج الغذاء في الرحلات الفضائية ٢٠١
١٧-١ مقدمة ٢٠١
١٧-٢ نظرة تاريخية ٢٠١
١٧-٣ الأساس العلمي لإنتاج الغذاء لرواد الفضاء ٢٠٣
١٧-٤ أنظمة الإكثار الحيوية المستقبلية في الفضاء ٢٠٤
١٧-٥ البطاطس كمحصول غذاء رئيس للرحلات الفضائية ٢٠٤

الملاحق ٢٠٧

المراجع ٢١٣
أولاً: المراجع العربية ٢١٣
ثانياً: المراجع الأجنبية ٢١٥

ثبت المصطلحات ٢٥١
أولاً: عربي - إنجليزي ٢٥١
ثانياً: إنجليزي – عربي ٢٦٤

كشاف الموضوعات ٢٧٧

الباب الأول

الزراعة المحمية المستدامة

الفصل الأول

الزراعة المحمية لمحاصيل الخضر.. نظرة عامة

١-١ مقدمة

تتعرض المحاصيل الزراعية للعديد من الظروف الجوية غير المناسبة التي تؤثر سلبًا على نموها وإنتاجها، ومنها انخفاض أو ارتفاع درجة الحرارة، وانخفاض أو ارتفاع الرطوبة النسبية، وارتفاع كمية 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، وتتعدد نظم الزراعة المحمية التي يكون الغرض العام منها إنتاج المحاصيل الزراعية في بيئة محمية، ويمكن أن تشمل الزراعة المحمية أنظمة متكاملة للزراعة في البيئة المتحكَّم بها 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، وتُعَدُّ الزراعة في البيوت المحمية من نظم التنمية الزراعية المستدامة المجدية لإنتاج محاصيل الخضر على مدار العام مع المحافظة على الموارد والبيئة.

ويستعرض هذا الفصل نبذة عن نظم الزراعة المحمية وبعض المصطلحات المستخدمة في هذا المجال، مع بيان أهداف ومزايا الزراعة المحمية والشروط العامة التي تجب مراعاتها عند إنشاء البيوت المحمية والنواحي الفنية في إنشاء البيوت المحمية، ويمكن الاطلاع على هذه المواضيع بمزيد من التفصيل والتوضيح في الكتاب الأول من هذه السلسلة بعنوان "أساسيات الإنتاج في البيوت المحمية"، كما أن الكتاب الثاني بعنوان " تطبيقات إنتاج محاصيل الخضر في البيوت المحمية" يستعرض معلومات عامة، وتقنيات إنتاج لعدد من محاصيل الخضر تشمل الطماطم والخيار والفلفل والفراولة والشمام والخس والباذنجان والكوسة والفاصوليا والبطاطس والخضر الورقية والخضر

الصغيرة. وتتطرق الفصول اللاحقة في الباب الأول من هذا الكتاب لعدد من المواضيع وثيقة الصلة بالزراعة المحمية المستدامة، كما تتطرق فصول الباب الثاني للتطورات الحديثة في نظم الزراعة في البيوت المحمية.

١-٢ نظم الزراعة المحمية

تشمل نظم الزراعة المحمية عددًا من النظم التي تتفاوت في مستوى التقنية وطبيعة الإنتاج، ومن هذه النظم ما يلي: تغطية سطح التربة، واستخدام الأغطية الطافية ومصدَّات الرياح والسواتر البلاستيكية، والمراقد المدفأة، والمراقد الباردة، والأنفاق البلاستيكية المنخفضة أو المرتفعة، والبيوت الخشبية وغرف النمو، والمصانع النباتية والبيوت المحمية، وتُعَدُّ الزراعة في البيوت المحمية من الطرق المجدية لإنتاج محاصيل الخضر على مدار العام، وقد تصل إنتاجية وحدة المساحة في البيوت المحمية إلى حوالي ٧ - ١٠ أضعاف الإنتاجية في الحقول المكشوفة، كما توفر الزراعة في البيوت المحمية نوعيات جيدة من المحاصيل المنتجة في غير موعدها، وبالإضافة إلى زيادة الإنتاجية ورفع جودة المنتجات فإن التوفير في ماء الري يعتبر من العوامل المهمة التي ساهمت في التوسع في مثل هذا النوع من نظم الإنتاج الزراعي، كما أن التوجه الحالي في كثير من دول العالم هو التنمية الزراعية المستدامة والتي يُعَدُّ استخدام البيوت المحمية إحدى مقوماتها الرئيسة التي تضمن استدامة الإنتاج الزراعي مع المحافظة على الموارد والبيئة.

١-٣ مصطلحات وتعريفات

يُطْلَق مصطلح "الزراعة المحمية "Protected Agriculture" أو"Protected Cultivation " للدلالة على النظم أو الأساليب الزراعية المتَّبَعة لحماية المحاصيل الزراعية وإنتاجها أحيانًا في غير مواسمها الطبيعية عن طريق تهيئة الظروف البيئية المثلى، واتباع المعاملات الزراعية المناسبة، ويمكن تعريف الزراعة المحمية بأنها "تعديل البيئة الطبيعية للحصول على أفضل نمو نباتي"، ويهدف تعديل العوامل البيئية المؤثرة على نمو المجموع الخضري والمجموع الجذري لزيادة المحصول وإطالة موسم النمو، وتوفير المنتجات في المواسم التي لا تكون العوامل البيئية متوفرة فيها بشكل ملائم تحت ظروف الحقل (Jensen and Malter, 1995).

ويقصد – بصفة عامة - بالزراعة المحمية لمحاصيل الخضر "إنتاجها - في غير مواسمها - داخل الأنفاق أو البيوت المحمية أو المصانع النباتية بغرض حمايتها من الظروف البيئية غير المناسبة" (حسن، ٢٠١٢)، ويمكن تحقيق ذلك عن طريق توفير الظروف البيئية الملائمة للنمو والإنتاج من

حيث: درجة الحرارة، وشدة الإضاءة، وبيئة الزراعة، والعناصر المغذية، ومع تطور التقنيات الزراعية أمكن التحكم في جميع العوامل البيئية بما يتناسب مع مراحل النمو النباتي للحصول على الإنتاجية المثلى وبأفضل جودة ممكنة، ويمكن إنتاج محاصيل الخضر داخل البيوت المحمية، وبما يتلاءم مع طبيعة وتجهيزات البيوت المحمية عن طريق تطبيق المعاملات الزراعية المناسبة لكل محصول، وتتنوع تقنيات الزراعة داخل البيوت المحمية، سواءً في الزراعة في التربة مباشرة، أو في الزراعة المائية أو الهوائية.

ويعرف Hanan,(1998) البيوت المحمية greenhouses بأنها "منشآت تغطي سطح التربة بغرض إنتاج محاصيل ذات جدوى اقتصادية للمستثمر الذي بذل وقته وماله لهذا الغرض"، والهدف من الزراعة في البيوت المحمية هو إطالة موسم إنتاج المحاصيل، والحماية من الآفات والأمراض ومن الظروف الجوية غير الملائمة (Hanan, et al., 1978)، كما يطلق مصطلح البيوت المحمية على المنشآت التي تكون عادة مغطاة بمادة شفافة والمستخدمة في إنتاج النباتات لحمايتها من الظروف البيئية غير المناسبة، وتكون في الغالب مزوَّدة بأجهزة التدفئة والتبريد والتظليل ونحو ذلك (صايغ. ٢٠٠٢)، ويشترط في هذه المنشآت أن تكون ذات أسقف مرتفعة؛ لسهولة الحركة ورعاية النباتات داخلها (حسن، ١٩٨٨)، ويطلق في أوروبا اسم البيوت الزجاجية glass houses على المنشآت التي تدفأ صناعيًّا، بينما يطلق اسم greenhouses على المنشآت التي لا تدفأ صناعيًّا، أو التي تدفأ بشكل محدود، ومن التعريفات الأخرى للبيوت المحمية أنها " منشآت ذات هياكل أو تكون منفوخة بالهواء مغطاة بمادة شفافة transparent , translucent تسمح بالامتصاص الأمثل للضوء لنمو النبات، وتحمي من الظروف المناخية القاسية، وتسمح هذه المنشآت بالعمل داخلها، وتشمل تجهيزات للتدفئة والتبريد (Jensen and Malter, 1995).

١-٤ أهداف ومزايا الزراعة المحمية

تتنوع أهداف ومزايا الزراعة المحمية تبعًا لنظام الحماية المتَّبَع، إلا أنها – في مجملها – تهدف إلى حماية النباتات من الظروف غير الملائمة، وزيادة الإنتاجية وتحسين الجودة، ويمكن بيان أهداف ومزايا الإنتاج في البيوت المحمية – بصفة خاصة – في النقاط التالية:

- توفير حماية للمحصول من الظروف غير الملائمة.

توفِّر البيوت المحمية – بصفة خاصة – حماية أفضل للمحاصيل من الظروف غير الملائمة، مثل الحرارة العالية، والإشعاع الشمسي المرتفع، ودرجات الحرارة المرتفعة أو المنخفضة، والرياح العاتية والبَرَد ونحو ذلك، ولهذه الميزة دور كبير في انتشار استخدام البيوت المحمية في مناطق كثيرة من العالم خاصة المناطق الجافة وشبه الجافة.

- التوسع في مناطق الإنتاج وإطالة مواسم الإنتاج

نظرًا لتوفير نظم التحكم البيئي في البيوت المحمية، لذا يمكن إنشاء المزيد من مشاريع البيوت المحمية في مناطق متعددة وبمساحات كبيرة، كما تسمح هذه النظم بإطالة موسم الإنتاج وزيادة عدد مرات إنتاج المحصول في السنة، وبالتالي فإن البيوت المحمية تعمل على استقرار إمداد الأسواق بالمنتجات الزراعية.

- زيادة الإنتاجية وتحسين الجودة

يضمن توفير الظروف البيئية المثلى للنباتات في البيوت المحمية نموًّا قويًّا وإنتاجية مرتفعة (قد تصل إلى ٧-١٠ أضعاف الإنتاجية من الحقول المكشوفة)، بالإضافة إلى تحسين جودة المنتجات نظرًا للحماية من الآفات، وتوفير المياه والمغذيات وكافة ظروف الإنتاج في حدود المستويات المثلى لكل مرحلة نمو، وبما يتناسب مع احتياج كل محصول، كما أن التجهيزات المتاحة في البيوت المحمية تساهم في زراعة الأصناف الهجين عالية الإنتاجية، والتي تناسبها نظم التربية الرأسية.

- الترشيد في استهلاك المياه والأسمدة

تؤدي وسائل تغطية التربة أو الحماية من الرياح والحرارة العالية والإشعاع الشمسي المرتفع إلى خفض استهلاك المياه عن طريق خفض كمية التبخر، ومنع نمو الحشائش التي تنافس المحصول على المياه، كما تساهِم البيوت المحمية في رفع كفاءة الاستهلاك المائي، وخفض استهلاك الأسمدة والمغذيات؛ لكونها في الغالب تضاف مع نظم الري بالتنقيط أو الري بالتنقيط تحت السطحي المتبعة غالبًا.

- تقليل الأضرار التي تُحْدِثُها الآفات الحشرية والمرضية

توفِّر نظم الزراعة في البيوت المحمية بيئة معزولة عن البيئة الخارجية، مما يقلِّل من وصول الآفات والأمراض للمحاصيل المزروعة داخلها، إضافة إلى إمكانية اتباع وسائل المكافحة المتكاملة في نظم الزراعة بالتربة ونظم الزراعة بدون تربة للحد من أضرار الآفات.

- ضمان استمرار إنتاج المحاصيل للأسواق بصورة منتظمة

بخلاف الإنتاج من الحقول المكشوفة التي تتعرض للتقلبات الجوية والآفات والأمراض، فإن البيوت المحمية تعمل على استقرار إمداد الأسواق بالمنتجات الزراعية، وانتظام عمليات الإنتاج لغرض التسويق المحلي والتصدير.

- إنتاج شتلات خضر عالية الجودة

يمكن إنتاج شتلات خضر عالية الجودة داخل البيوت المحمية المخصصة كمشاتل للزراعة في البيوت المحمية، أو في الحقول المكشوفة، وهذا مما يسمح بالتحكم في مواعيد الزراعة والحصول

على عوائد مجزية، كما يمكن استخدام البيوت المحمية أو غرف النمو أو المصانع النباتية لإنتاج النباتات الطبية أو العطرية ذات العائد الاقتصادي الكبير التي تحتاج إلى ظروف مناخية خاصة.

- خفض عدد العمال وسهولة المعاملات الزراعية

نظرًا لكون المعاملات الزراعية تتم في بيئة معزولة عن بيئة الحقل المكشوف، وتوفر وسائل التحكم في بعض المعاملات الزراعية مثل الري والتسميد، فإن ذلك يساهم في خفض عدد العمال، ولُوحِظَ أن وجود التبريد التبخيري في البيوت المحمية يخفِّض من الإجهاد الحراري على النباتات والعاملين على حد سواء.

- استخدام البيوت المحمية لتجفيف المنتجات الزراعية

تطوَّر استخدام البيوت المحمية التي تعتمد على الطاقة الشمسية لتجفيف المنتجات الزراعية كبديل عن التجفيف الشمسي في المكان المكشوف الذي قد يكون عرضة للعوامل الجوية؛ كالأمطار والرياح، أو للحشرات والحيوانات.

- استخدام البيوت المحمية في دراسات وأبحاث تربية النباتات

نظرًا لإمكانية التحكم في بيئة البيوت المحمية وكونها معزولة عن انتشار الآفات المرضية والحشرية، فإنه يمكن استخدامها لإجراء دراسات وأبحاث تربية النباتات (التزهير والتلقيح والتهجين).

١-٥ الشروط العامة التي تجب مراعاتها عند إنشاء البيوت المحمية

عند الرغبة في إنشاء البيوت المحمية يجب الأخذ في الاعتبار عدد من الشروط العامة التي تتضمن طبيعة الموقع نفسه، وتوفر مصادر الطاقة والمياه ونحو ذلك، ويجب أن يحقِّق الموقع المقترح لإنشاء البيوت المحمية – بصفة عامة – الاعتبارات التالية:

- أن يكون قريبًا من وسائل المواصلات العامة؛ كالطرق البرية أو الحديدية أو المطارات والموانئ؛ لسهولة وصول مدخلات الإنتاج، وسهولة نقل المنتجات محليًّا ودوليًا، مما يساهم في تقليل التكلفة.
- أن يسمح الموقع باحتمالات التوسع المستقبلية، وذلك بتوفر مساحات كافية ومناسبة لإنشاء مجموعة إضافية من البيوت المحمية والمرافق المصاحبة، مثل منشآت الفرز والتدريج والتعبئة والمخازن المبردة وبيوت الخدمة والمكاتب وسكن العاملين، وذلك لضمان كفاءة العمليات الزراعية أثناء الإنتاج.
- أن تكون طبوغرافية الموقعTopography مناسبة لنوع البيوت المحمية المراد إنشاؤها؛ إذ

تتفاوت الظروف المناخية (درجات الحرارة والإشعاع الشمسي ومعدل الأمطار واتجاه وسرعة الرياح) تبعًا لطبوغرافية الموقع (Castilla, 2013).

- توفُّر خدمات الاتصالات الحديثة مثل الهاتف والفاكس والإنترنت في الموقع يُعَدُّ أمرًا ضروريًّا للتواصل بين المنتجين والمستهلكين.
- توفر مصدر للمياه ذات المواصفات الجيدة (يفضل ألا تتعدى درجة الملوحة ٥٠٠ جزء بالمليون دون وجود شوائب أو ترسبات رمال)، وبالنسبة لمحاصيل الخضر الحساسة للملوحة مثل الخيار والفاصوليا فإن أقصى تركيز ممكن للأملاح في مياه الري هو ١٠٠٠ جزء بالمليون، ويمكن أن يصل إلى ١٥٠٠ جزء بالمليون بالنسبة للمحاصيل متوسطة التحمل للملوحة مثل الطماطم والفلفل (حسن، ٢٠١٢)، ويلزم تركيب وحدات تحلية المياه water desalinization units في حال ارتفاع نسبة الأملاح (Aldrich and Bartok,1994).
- أن تتوفر الأيدي العاملة بالمنطقة وتكون بتكلفة مناسبة، ويقدر أن عدد العمال اللازم لزراعة هكتار من البيوت المحمية يتراوح ما بين ٤-١٠ عمال تبعًا لنوع المحصول وموسم زراعته، ومستوى استخدام الميكنة في العمليات الزراعية (Hanan, 1998)، كما أن طريقة الزراعة ونظام تربية النبات وعملية الحصاد قد تتطلب عددًا أكبر من العمالة.
- يفضل توفُّر قطع الغيار لأجهزة الري والتهوية والتبريد والتدفئة وهياكل البيوت في الأسواق المحلية القريبة.
- توفر مصادر الطاقة (الكهرباء والوقود) بشكل اقتصادي، فعلى سبيل المثال: وجود خط لتوزيع الطاقة الكهربائية قريب من الموقع سوف يخفِّض من الاستثمارات المطلوبة لتوصيل الكهرباء للبيت المحمي.
- أن تكون الأرض المخصصة لإنشاء البيوت المحمية ذات مناسيب مناسبة لسهولة تنقل العمال والمعدات، وتوفير الجهد والوقت المبذول والتكلفة المدفوعة لتسوية الأرض في حال تفاوت المناسيب، كما يجب أن تكون مرتفعة عن مجاري السيول والأودية.

١-٦ النواحي الفنية في إنشاء البيوت المحمية

تقوم الشركات المتخصصة في إنشاء البيوت المحمية عادة باتباع النواحي الفنية اللازمة قبل وأثناء وبعد إنشاء البيت المحمي؛ للتأكد من مطابقته للمواصفات الفنية المطلوبة وفق الغرض المراد من إنشائه، ويفضَّل التعاقد مع شركات متخصصة مع التأكد من تنفيذ كل مرحلة

من مراحل العمل وفق الاشتراطات المطلوبة، وعادة ما توجد الكثير من التفاصيل الفنية في المراجع والمواقع الإلكترونية والنشرات الفنية المتخصصة، وفي هذا الخصوص يمكن الإشارة إلى أبرز المراجع العربية (حسن،٢٠١٢ ، ٢٠١٥ وصايغ، ٢٠٠٢) وأبرز المراجع الإنجليزية (Castilla 2013; Hanan, 1998; Nelson, 2012; Resh, 2013; von Zabeltitz, 2011). ويمكن التنويه إلى بعض أهم النواحي الفنية عند إنشاء البيوت المحمية:

- التأكد من مطابقة المواد الإنشائية ومواد الهيكل والغطاء للمواصفات الفنية المطلوبة.
- التأكد من استخدام مواد الهيكل والغطاء التي تلائم البيئة المقام فيها البيت المحمي، ولكون مواد الهيكل لا تكلف عادة أكثر من ١٠ ٪ من جملة الاستثمار، لذا فإن أغلب المهندسين يحرصون على أعلى مواصفات الجودة، ولذا ينبغي حساب الأحمال المتوقعة من وزن الهيكل وأجهزة التبريد والتدفئة ومواد التظليل والإضاءة والغطاء، مع الأخذ في الاعتبار تأثير سرعة الرياح وتساقط الثلوج.
- ينبغي الالتزام بحفر وصب قواعد هيكل البيت المحمي بالشكل الفني المطلوب، ويؤدي عدم الالتزام بهذا الشرط مثلًا إلى اقتلاع البيت المحمي في حال هبوب رياح شديدة.
- مراعاة نوعية الغطاء البلاستيكي وطريقة تركيبه بحيث لا تتكثف قطرات الماء عليه من الداخل وتسقط على النباتات، بل تنزلق منه للأسفل، كما يجب تثبيته بشكل لا يحصل عنده فراغات هوائية تتسبب في تمزقه وتلفه.
- مراعاة ميل السقف والأسلوب المناسب لتصريف مياه الأمطار أو تجميعها في خزانات.
- عند حساب مساحة البيت المحمي يجب مراعاة المسافات التي قد لا تكون مستغلة داخل البيت نظرًا لطبيعة الشكل الهندسي للبيت ونوع المحصول، فمثلًا المحاصيل التي تربى رأسيًّا، كالطماطم والخيار، تحتاج مسافة تبعد ١- ٢ م عن الجوانب المقوسة للبيوت البلاستيكية؛ لقصر ارتفاع السقف في ذلك المكان.
- الأخذ في الاعتبار أن النباتات التي تكون أقرب إلى فتحات التهوية الجانبية أو قرب نهايات الجمالون gable تكون أقصر في النمو، وهذا ما يعرف بتأثير الحدود border effect نتيجة انحفاض درجات الحرارة بسبب تفاوت الرطوبة النسبية قرب المراوح والجمالون وتأثير الرياح.
- يجب مراعاة أن تكون مساحة البيت المحمي واسعة – قدر المستطاع – لتحقيق أكبر استفادة ممكنة من أجهزة التدفئة والتبريد والتهوية وتقليل التكاليف الإنشائية للمتر المربع.

- يفضل أن يتراوح عرض البيت الواحد بين ٣,٦ أمتار و ٢٤ مترًا، كما يفضل أن لا يزيد الطول عن ٦٠ مترًا، حتى لا يضيع وقت العمال في التنقل داخل البيت، وقد يصل طول البيوت إلى ١٥٠ م بحيث تكون الوسائد والمراوح في الجانبين الطويلين لضمان حدوث تجانس درجات الحرارة والرطوبة النسبية وتركيز غاز ثاني أكسيد الكربون داخل البيت المحمي، ويفضل أن يكون ارتفاع السقف gutters أكبر من ٢٧٠ سم، وتُبنى معظم البيوت المحمية الحديثة بحيث يصل ارتفاع السقف إلى ٧ م، ويكون تحديد ارتفاع البيت تبعًا للموقع والظروف المناخية السائدة ونوع الهيكل والغطاء المراد استخدامه.
- يجب أن يكون باب البيت المحمي واسعًا - قدر الإمكان – للسماح بدخول المعدات الزراعية والآليات الصغيرة، وتستخدم عادة أبواب مزدوجة بينها مسافة عازلة مغطاة بشباك خاصة لمنع دخول الحشرات أثناء فتح البيت.
- يمكن أن تنشأ بيوت محمية متجاورة لكنها مفردة Separate –individual أو تكون متجاورة متصلة فيما بينها gutter- connected تبعًا لنوع المحصول، وتناسب الحالة الأولى إنتاج الشتلات حيث لا تكون البيوت مشغولة طول العام، لكن من عيوبها زيادة نسبة مساحة البيت إلى مساحة الأرض التي يشغلها المحصول، كما تقل كفاءة التهوية ويزداد فَقْد الحرارة ليلًا عن طريق الجدران، إضافة إلى ضياع جزء من وقت العمالة في التنقل بين البيوت ما لم تكن بينها ممرات مغطاة، أما الحالة الثانية فهي أوسع انتشارًا وأكثر اقتصادية، فإذا كانت البيوت متجاورة، فيجب أن يكون سقفها بميل يسمح بتصريف ماء المطر، وإذا كانت البيوت في منطقة تكثر فيها الثلوج فيجب أن يكون غطاؤها وهيكلها قادرَين على تحمُّل ثقل الثلوج قبل ذوبانها، أو أن يتبع نظام البيوت المفردة غير المتلاصقة، مع ترك مسافة مترين بين البيوت المتجاورة لتتجمع فيها الثلوج.

الفصل الثاني

الزراعة المحمية المستدامة.. نظرة خاصة

٢-١ مقدمة

تُعَدُّ الأنشطة الزراعية وما يرتبط بها من الصناعات والأعمال التجارية العمود الفقري لاقتصاد كثير من الدول، وتواجه الكثير من دول العالم العديد من التحديات، ومنها الزيادة المطردة في تعداد السكان وما يصاحبها من زيادة استهلاك الغذاء والتوسع في الإنتاج الصناعى والتغيرات المناخية واستنزاف الموارد الطبيعية، مما يتطلب الإتجاه في الزراعة إلى مفهوم جديد هو "الزراعة المحمية المستدامة". وينظر إلى مفهوم الاستدامة كأساس لضمان التنمية المبنية على التوازن البيئي والاجتماعي؛ إذ يشير Hall, (2001) إلى أن التنمية المستدامة هي التنمية التي تحقق متطلبات احتياجات الأجيال الحالية دون الإقلال من قدرة الأجيال القادمة على تحقيق احتياجاتهم الخاصة. وتتحقق الاستدامة في المجال الزراعي من خلال ثلاثة أبعاد رئيسة: البعد الأول مراعاة تحقيق المردود الاقتصادى وذلك بالنظر إلى النشاط الزراعى كاستثمار، والبعد الثانى ابتكار نظم اجتماعية جديدة من خلال المشروعات الزراعية وتشغيل وتنمية وتدريب الأفراد. أما البعد الثالث فهو المحافظة على البيئة وتنوعها، من خلال الاستغلال الأمثل للموارد المتاحة وحمايتها وتنميتها من أجل توفير الغذاء الصحي الآمن بشكل مستدام وبكفاءة عالية مع المحافظة على البيئة المحيطة على المدى الطويل وتوفير التنوع البيئي. ويستعرض هذا الفصل – بشكل مختصر – مفهوم الزراعة المستدامة وأهمية الزراعة المحمية المستدامة وسبل تحقيق استدامة الإنتاج في البيوت المحمية ورفع كفاءة الإنتاج ودوره في التنمية الزراعية المستدامة.

٢-٢ مفهوم الزراعة المستدامة

يجدر بنا قبل تعريف الزراعة المستدامة "Sustainable Agriculture" العودة إلى مكونات كلمة "Sustainable". يرجع أصل كلمة "sustain" إلى الكلمة اللاتينية sustinere التي تتكون من مقطعين -sus وتعني أسفل أو تحت وtenere وتعني الحفظ أو الحماية. ولذا ربما يكون المعنى الحرفي للكلمة استمرار البقاء"to keep in existence" (De Pascale and Maggio, 2005). ولذا يمكن تعريف الزراعة المستدامة بأنها "مقدرة أنظمة الإنتاج الزراعي على الاستمرار في المستقبل" (Gafsi et al., 2006). ويعني هذا القدرة على الاستمرار في إنتاج الغذاء في المستقبل دون التأثير على الفرص المتاحة للأجيال القادمة.

وبالمفهوم الزراعي فإن الاستدامة تعني نظم الزراعة التي تحافظ على الإنتاجية المثلى للمحاصيل وتحقيق الفوائد للمجتمع بشكل مستمر؛ إذ لا بد أن تكون هذه النظم صديقة للبيئة وتحافظ على المصادر وتدعم المجمتع وتكون قادرة على المنافسة التجارية (Weil, 1990). لذا فإن الزراعة المستدامة تلعب دورًا مهمًّا في المحافظة على المصادر الطبيعية وخفض تراكم الملوثات وتنمية البيئة الطبيعية وإيقاف فقد الأصول الوراثية النباتية، ومن المؤكد أن الزراعة المستدامة بيئيًّا واقتصاديًّا واجتماعيًّا سيكون لها تأثير حيوي في مواجهة تحديات الأمن الغذائي في العقود القادمة (ECDC, 2012).

وتركز الزراعة المستدامة على إيجاد الحلول المثلى لبعض المعوقات الهامة التي تواجه قطاع إنتاج الغذاء – وخاصة في المناطق الحضرية – ومنها:

- محدودية المساحات المتاحة للإنتاج الغذائي.
- تلوث المياه الجوفية .
- إنجراف التربة.
- نقص إنتاجية المحاصيل الزراعية.
- الحاجة إلى نظام إنتاجي فعال ذي جدوى اقتصادية.
- الطلب المتزايد على الغذاء نظرًا لزيادة أعداد السكان.
- التكاليف المتزايدة لاستخدام الطاقة.
- تراكم المخلفات العضوية والحاجة إلى معالجة هذه المخلفات.

٢-٣ أهمية الزراعة المحمية المستدامة

يعتمد الإنتاج النباتي على تباين المواسم وما فيها من عوامل مناخية وعوامل تتعلق بإنتشار آفات وأمراض مختلفة. ومع تزايد التغيرات المناخية على مستوى الكرة الأرضية، تتزايد الحاجة إلى نظم الزراعة المحمية المستدامة التي تتضمن أنظمة تحكم بيئي متطورة قادرة على تهيئة الظروف المناخية المناسبة لإنتاج محاصيل الغذاء مع إختيار الأصناف عالية الإنتاج والمقاومة للإصابات المرضية والحشرية (Singh and Solanki, 2014) .

وتعمل أنظمة الإنشاء والإنتاج في البيوت المحمية على تحسين ظروف إنتاج الغذاء. إذ تساهم أغطية البيوت المحمية في حماية النباتات من الظروف البيئية القاسية، كما تعمل – مع تجهيزات ونظم التحكم البيئي – على تعديل بيئة نمو النبات مما يسمح باطالة موسم الإنتاج وتحسين نوعيته وزيادة الإنتاجية لوحدة المساحة بالمقارنة مع إنتاجية الحقول المكشوفة، لكن ذلك يتطلب استهلاك كميات لا يستهان بها من الطاقة والمياه لتشغيل تلك التجهيزات والنظم، كما ينتج عنه كميات كبيرة من المخلفات التي يجب التخلص منها. ولذا فقد تكون الزراعة المحمية غير صديقة للبيئة وخصوصًا في المناطق التي تشهد كثافة في أعداد ومساحات البيوت المحمية. ومن أجل ذلك أستدعت الزيادة المضطردة في إنشاء البيوت المحمية الحاجة إلى وجود زراعة محمية مستدامة (Reganold et al., 1990).

يرتبط إنتاج الغذاء باستهلاك الطاقة، وتستنزف مصادر الطاقة الأحفورية بشكل كبير مع زيادة أعداد السكان وزيادة الطلب على الغذاء، مما يزيد من التغيرات المناخية ويشكل عائقًا أمام الأمن الغذائي في المستقبل. وقد أشار تقرير للجنة الحكومية المشتركة عن التغيرات المناخية Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) إلى أن ارتفاع درجات الحرارة بمعدل ١-٢ °م يكون كافيًا لخفض إنتاجية المحاصيل الزراعية في المناطق ذات التضاريس المنخفضة، (Pachauri and Reisinger, 2007)، وخاصة في المناطق التي قد تتعرض لأجواء موسمية مدارية أو جافة إضافة إلى ذلك فالمناطق المنخفضة عبارة عن موطن لسكان عدد كبير من الدول النامية التي يتوقع أن يصل تعدادهم إلى ما يقارب ٧٠ ٪ من سكان العالم بحلول عام ٢١٠٠ م (United Nations DESA, 2011).

٢-٤ تحقيق استدامة الإنتاج في البيوت المحمية

يمكن تحقيق استدامة الإنتاج في البيوت المحمية عن طريق التحكم الآلي في البيئة الداخلية. ويختصر Albright (2002) الهدف من التحكم التام في بيئة البيوت المحمية على النحو التالي: "الإنتاج

النباتي داخل بيئة مغلقة بهدف دفع كل نبات لأقصى إنتاج وفق تركيبه الوراثي". وقد تطرق الباحثون لدراسة استدامة الزراعة في البيوت المحمية، ومنهم Van Os (1999) الذي قام بتقييم استدامة الزراعة المحمية في هولندا مع التركيز على الأنظمة المخصصة لتقليل تسرب الماء والاسمدة للتربة والماء الأرضي. كما ركز Bot (2001) على توفير الطاقة في أنظمة التحكم البيئي، كما قام De Pascale and Maggio (2005) بتحليل عناصر الزراعة المستدامة في البيوت المحمية لمنطقة حوض البحر الأبيض المتوسط. مع التركيز على نظم إدارة المياه. كما أشار Kacira et al. (2005) إلى تقنيات وإستراتيجيات التحكم البيئي التي تضمن استدامة الزراعة المحمية.

عند الحديث عن الاستدامة فإن بيئة البيت المحمي تكون في أفضل حالاتها عندما تكون قادرة على:

- الجمع بين الإنتاجية العالية والاستخدام المنخفض من المصادر.
- المحافظة على ترابط العوامل الإنتاجية (مثل خصوبة التربة) والعوامل الدفاعية (مثل المكافحة المتكاملة للآفات).

ولتحديد ما إذا كانت العملية الإنتاجية مستدامة (De Pascale and Maggio, 2005)، لا بد من تحقيق المتطلبات التالية:

- عدم زيادة معدل استهلاك المصادر المتجددة عن معدل التجدد.
- عدم زيادة معدل استهلاك المصادر غير المتجددة عن معدل التعويض بالمصادر المتجددة.
- يجب أن لا يزيد معدل إطلاق الملوثات عن مقدرة البيئة على امتصاصها وتجديدها.

ويمكن للبيوت المحمية أن تحقق الاعتبارات السابقة عن طريق تطوير تصميم البيت وتنظيم إدارته، ويضاف إلى ذلك تطوير مواد أغطية البيت المحمي لزيادة كفاءة امتصاص الإشعاع الشمسي الفعال في البناء الضوئي. ويلزم الأخذ في الاعتبار تطوير نظم التهوية وتطبيق نظم وبرامج الري والتسميد ذات الكفاءة العالية في توفير المصادر. كما ويمكن إدارة نظم الزراعة البستانية المحمية بتطبيق تقنيات زراعية مختلفة وتشغيل أمثل للأجهزة واستخدام منتجات تهدف لتقليل استهلاك الكيماويات الزراعية والطاقة واستهلاك المياه وتوليد المخلفات. وعند الوصول إلى التحكم البيئي الأمثل في بيئة البيت المحمي وتطبيق إستراتيجيات المكافحة المتكاملة للآفات واستخدام نظام الرسمدة المغلق closed-loop fertigation system الذي يعاد فيه استخدام الماء والمغذيات، فإن ذلك ينتج عنه خفض أعداد الآفات النباتية وبالتالي خفض استهلاك الكيماويات ومياه الري والأسمدة وتقليل تلوث مصادر المياه نتيجة فقد أو تسرب المغذيات.

٢-٥ رفع كفاءة الإنتاج ودوره في التنمية الزراعية المستدامة

يعتمد إنتاج المحاصيل الزراعية على المصادر الطبيعية مثل التربة والمياه والعناصر الغذائية، وتزداد مساحة الزراعات المحمية عامًا بعد عام في مناطق كثيرة من العالم، خاصة في المواقع التي قد لا تكون التربة فيها صالحة للزراعة، إلا أن تطبيق نظم الزراعة المحمية يتطلب – بصفة عامة – الاستخدام المكثف لمصادر الإنتاج من تربة وماء ومغذيات ومبيدات وطاقة، ولذا قد ينظر البعض إلى أن الزراعة المحمية عبارة عن عمليات زراعية صناعية ملوثة للبيئة، وفي الحقيقة إنه يجب أن تكون نظم الزراعة المحمية – وخاصة الإنتاج في البيوت المحمية – من النظم المستدامة بيئيًا.

ومن المعلوم أن كثيرًا من المحاصيل التي تزرع في البيوت المحمية لديها القدرة على تحمل تفاوت درجات الحرارة على اعتبار أن متوسط درجات الحرارة يظل ثابتًا تقريبًا، فلا يتأثر الإنتاج، وهذا ما دعا إلى تطوير إستراتيجيات التحكم المبنية على تكامل درجات الحرارة temperature integration كطريقة لخفض استهلاك الطاقة، ويطبق هذا الأسلوب حاليًا لرفع درجة درجة حرارة البدء للتهوية Ventilation set point لرفع متوسط درجة الحرارة خلال النهار وخفض درجة الليل لخفض الاحتياج للتدفئة دون التأثير على متوسط درجة الحرارة (Dieleman et al., 2005).. وقد لا تكون درجة الحرارة المثلى للمحصول هي الدرجة التي يحدث عنها أعلى إنتاج، فدرجة التحكم بالحرارة set point temperature هي درجة تعويضية compromise point بين تكلفة طاقة التدفئة وتناقص العائد من المحصول بسبب ارتفاع درجات الحرارة.

اشتركت إحدى عشر مؤسسة بحثية من سبع دول أوروبية في مشروع يهدف إلى تقليل استخدام المصادر في الزراعة المحمية مع تطوير أو المحافظة على الوضع الاقتصادي لمشاريع البيوت المحمية (Stanghellini and Montero, 2012)، وخلص تقرير المشروع إلى أنه يمكن رفع كفاءة استخدام المصادر Resource use efficiency بإحدى الطرق التالية:

- خفض الاحتياج للمصادر، من خلال التصميم الذكي للبيت المحمي (تطوير مواد جديدة لأغطية البيوت المحمية تكون عازلة حراريًّا وشفافة، والاستفادة المثلى من الطاقة الشمسية من خلال نظام التخزين الفعَّال للطاقة، وخفض تأثيرات الأمراض والآفات من خلال تحسين الخواص الإشعاعية لأغطية البيوت المحمية.
- تقليل حجم المخلفات من خلال تحسين إدارة المعاملات الإنتاجية (الري، التسميد، بيئات الزراعة، نظم التهوية والتدفئة والتبريد والتحكم الآلي في العوامل المناخية.
- زيادة إنتاجية محاصيل الخضر من خلال الكشف المبكر عن الإجهادات البيئية وغير البيئية، وتطوير التعامل مع حالات الإجهاد.