تكنولوجيا الزراعات المحمية

"الصوبات"

سلسلة العلم والممارسة في المحاصيل الزراعية

تكنولوجيا الزراعات المحمية
(الصوبات)

تأليف
أ. د. أحمد عبدالمنعم حسن
أستاذ الخضر
كلية الزراعة – جامعة القاهرة

2012
الدار العربية للنشر والتوزيع
الطبعة الثالثة

حقوق النشر

تكنولوجيا الزراعات المحمية

(الصوبات)

ISBN 977-258-000-4
رقم الإيداع: 3750

الطبعة الأولى: 1988
الطبعة الثانية: 1990
الطبعة الثالثة: 2012

حقوق النشر محفوظة
للدار العربية للنشر والتوزيع
32 شارع عباس العقاد – مدينة نصر – القاهرة
ت: 22753335 فاكس: 22753388
E-mail: aldar_alarabia1@yahoo.com

لا يجوز نشر أي جزء من هذا الكتاب، أو اختزان مادته بطريقة الاسترجاع أو نقله على أي وجه، أو بأي طريقة، سواء أكانت إليكترونية، أو ميكانيكية، أو بالتصوير، أو بالتسجيل، أو بخلاف ذلك إلا بموافقة الناشر على هذا كتابة، ومقدمًا.

مقدمة الناشر

يتزايد الاهتمام باللغة العربية فى بلادنا يومًا بعد يوم ، ولاشك أنه فى الغد القريب ستستعيد اللغة العربية هيبتها التى طالما امتهنت وأذلت من أبنائها وغير أبنائها ، ولا ريب فى أن إذلال لغة أية أمة من الأمم هو إذلال ثقافى وفكرى للأمة نفسها ، الأمر الذى يتطلب تضافر جهود أبناء الأمة رجالًا ونساءً ، طلابًا وطالبات ، علماء ومثقفين ، مفكرين وسياسيين فى سبيل جعل لغة العروبة تحتل مكانتها اللائقة التى اعترف المجتمع الدولى بها لغه عمل فى منظمة الأمم المتحدة ومؤسساتها فى أنحاء العالم ؛ لأنها لغة أمة ذات حضارة عريقة استوعبت — فيما مضى — علوم الأمم الأخرى ، وصهرتها فى بوتقتها اللغوية والفكرية ؛ فكانت لغة العلوم والآداب ، ولغة الفكر والكتابة والمخاطبة .

إن الفضل فى التقدم العلمى الذى تنعم به دول أوروبا اليوم يرجع فى واقعه إلى الصحوة العلمية فى الترجمة التى عاشتها فى القرون الوسطى . فقد كان المرجع الوحيد للعلوم الطبية والعلمية والاجتماعية هو الكتب المترجمة عن العربية لابن سينا وابن الهيثم والفارابى وابن خلدون وغيرهم من عمالقة العرب . ولم ينكر الأوروبيون ذلك ، بل يسجل تاريخهم ما ترجموه عن حضارة الغراعنة والعرب والإغريق ، وهذا يشهد بأن اللغة العربية كانت مطواعة للعلم والتدريس والتأليف ، وأنها قادرة على التعبير عن متطلبات الحياة وما يستجد من علوم ، وأن غيرها ليس بأدق منها ، ولا أقدر على التعبير . ولكن ما أصاب الأمة من مصائب وجمود بدأ مع عصر الاستعمار التركى ، ثم البريطانى والفرنسى ، عاق اللغة من النمو والتطور ، وأبعدها عن العلم والحضارة ، ولكن عندما أحس العرب بأن حياتهم لابد من أن تتغير ، وأن جمودهم لابد أن تدب فيه الحياة ، اندفع الرواد من اللغويين والأدباء والعلماء فى إنماء اللغة وتطويرها ، حتى أن مدرسة قصر العينى فى القاهرة ، والجامعة الأمريكية فى بيروت درَّستا الطب بالعربية أول إنشائهما . ولو تصفحنا الكتب التي أُلفت أو تُرجمت يوم كان الطب يدرس فيها باللغة العربية لوجدناها كتبًا ممتازة لا تقل جودة عن أمثالها من كتب الغرب فى ذلك الحين ، سواء فى الطبع ، أو حسن التعبير ، أو براعة الإيضاح ، ولكن هذين المعهدين تنكرا للغة العربية فيما بعد ، وسادت لغة المستعمر ، وفرضت على أبناء الأمة فرضًا ، إذ رأى الأجنبى أن فى خنق اللغة مجالًا لعرقلة تقدم الأمة العربية . وبالرغم من المقاومة العنيفة التى قابلها ، إلا أنه كان بين المواطنين صنائع سبقوا الأجنبى فيما يتطلع إليه ، فتفننوا فى أساليب التملق له اكتسابًا لمرضاته ، ورجال تأثروا بحملات المستعمر الظالمة ، يشككون فى قدرة اللغة العربية على استيعاب الحضارة الجديدة ، وغاب عنهم ما قاله الحاكم الفرنسى لجيشه الزاحف إلى الجزائر : « علموا لغتنا وانشروها حتى نحكم الجزائر ، فإذا حَكمت لغتنا الجزائر ، فقد حكمناها حقيقة . »

فهل لى أن أوجه نداءً إلى جميع حكومات الدول العربية بأن تبادر ـــ فى أسرع وقت ممكن ـــ إلى اتخاذ التدابير ، والوسائل الكفيلة باستعمال اللغة العربية لغة تدريس فى جميع مراحل التعليم العام ، والمهنى ، والجامعى ، مع العناية الكافية باللغات الأجنبية فى مختلف مراحل التعليم لتكون وسيلة الاطلاع على تطور العلم والثقافة والانفتاح على العالم . وكلنا ثقة من إيمان العلماء والأساتذة بالتعريب ، نظراً لأن استعمال اللغة القومية فى التدريس ييسر على الطالب سرعة الفهم دون عائق لغوى ، وبذلك تزداد حصيلته الدراسية ، ويُرتفع بمستواه العلمى ، وذلك يعتبر تأصيلًا للفكر العلمى فى البلاد ، وتمكيناً للغة القومية من الازدهار والقيام بدورها فى التعبير عن حاجات المجتمع ، وألفاظ ومصطلحات الحضارة والعلوم .

ولا يغيب عن حكومتنا العربية أن حركة التعريب تسير متباطئة ، أو تكاد تتوقف ، بل تُحارب أحيانًا ممن يشغلون بعض الوظائف القيادية فى سلك التعليم والجامعات ، ممن ترك الاستعمار فى نفوسهم عُقدًا وأمراضًا ، رغم أنهم يعلمون أن جامعات إسرائيل قد ترجمت العلوم إلى اللغة العبرية ، وعدد من يتخاطب بها فى العالم لا يزيد على خمسة عشر مليون يهوديًا ، كما أنه من خلال زياراتى لبعض الدول ، واطلاعى وجدت كل أمة من الأمم تدرس بلغتها القومية مختلف فروع العلوم والآداب والتقنية ، كاليابان ، وإسبانيا ، ودول أمريكا اللاتينية ، ولم تشكك أمة من هذه الأمم فى قدرة لغتها على تغطية العلوم الحديثة ، فهل أمة العرب أقل شأنًا من غيرها ؟!

وأخيرًا .. وتمشيًا مع أهداف الدار العربية للنشر والتوزيع ، وتحقيقًا لأغراضها فى تدعيم الإنتاج العلمى ، وتشجيع العلماء والباحثين فى إعادة مناهج التفكير العلمى وطرائقه إلى رحاب لغتنا الشريفة ، تقوم الدار بنشر هذا الكتاب المتميز الذى يعتبر واحدًا من ضمن ما نشرته - وستقوم بنشره - الدار من الكتب العربية التى قام بتأليفها نخبة ممتازة من أساتذة الجامعات المصرية والعربية المختلفة .

وبهذا ... ننفذ عهدًا قطعناه على المُضىّ قُدُمًا فيما أردناه من خدمة لغة الوحى ، وفيما أراده الله تعالى لنا من جهاد فيها .

وقد صدق الله العظيم حينما قال فى كتابه الكريم ﴿ **وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُه والمؤمنُون ، وستُردّون إلى عالِمِ الغيب والشّهَادَة فَيُنبئكم بما كُنتُم تعْمَلون** ﴾ .

محمد دربالة

الدار العربية للنشر والتوزيع

المقدمـة

يقصد بالزراعة المحمية للخضر إنتاجها فى منشآت خاصة تسمى الصوبات أو البيوت المحمية لغرض حمايتها من الظروف الجوية غير المناسبة ، وبذلك يمكن إنتاجها فى غير موسمها . وتتوفر للخضروات داخل هذه البيوت الظروف البيئية التى تناسبها من حيث درجة الحرارة وشدة الإضاءة ، كما تعطى عناية خاصة لبيئة نمو الجذور وتغذية النباتات . وفى الأنواع الحديثة من الصوبات يتم التحكم فى جميع العوامل البيئية ، وتعديلها بما يتناسب مع النمو النباتى لإعطاء أكبر محصول ممكن .

وتعتبر الزراعة المحمية فرعًا متخصصًا من إنتاج الخضروات يختلف عن إنتاجها فى الزراعات المكشوفة ، فنجد أن الطرق المستخدمة فى إنتاج الخضر فى الزراعات المحمية تختلف عن تلك المستخدمة فى الزراعات المكشوفة . وبالرغم من ذلك .. فإن أساسيات إنتاج الخضر واحدة فى كلتيهما بصورة عامة ، فيشتركان معًا – من حيث الأساسيات – فى عديد من الأمور ، ويختلفان فى بعضها ، وقد شُرحت الأساسيات العامة وتلك الخاصة بالزراعات المكشوفة فقط فى الأقسام الخاصة من كتاب : « أساسيات إنتاج الخضر ، وتكنولوجيا الزراعات المكشوفة والمحمية (الصوبات) » للمؤلف . أما فى هذا الكتاب ، فإننا نقدم للقارئ الأساسيات الخاصة بالزراعات المحمية فقط ، بالإضافة إلى طرق زراعة وإنتاج أهم محاصيل الخضر فى الصوبات .

ولقد حظيت الزراعة المحمية باهتمام الكثيرين من العاملين فى المجال الزراعى فى الوطن العربى ، وكان لها دور بارز فى تحقيق الاكتفاء الذاتى من بعض محاصيل الخضر فى عديد من الدول العربية خاصة : تلك التى لا يتوفر فيها الجو المناسب لزراعة كثير من الخضر إلاّ لفترات قصيرة خلال العام . كما أسهمت الزراعة المحمية فى توفير عديد من الخضر على مدار العام – حتى فى الدول التى تتمتع بمناخ معتدل مثل جمهورية مصر العربية . ولأجل المهتمين بالزراعة المحمية فى شتى أرجاء الوطن العربى .. أقدم هذه الطبعة الثانية – المزيدة والمنقحة – من هذا الكتاب . تتميز هذه الطبعة بإضافات فى الفصل الثالث عن إنتاج عيش الغراب وطرق إنتاج الشتلات . والحماية من البرودة وأشعة الشمس القوية فى الزراعات المكشوفة . كما أضيف إليها ثلاثة فصول جديدة هى الخامس (عن أوعية نمو النباتات والبيئات المستخدمة فى الزراعة وإنتاج الشتلات) ، والسادس (عن طرق تعقيم التربة والبيئات والمواد المستخدمة فى الزراعة) ، والسابع (عن الرى والتسميد) .

والله ولى التوفيق

دكتور/ أحمد عبد المنعم حسن

المحتويـــات

الفصل الأول

إنشاء البيوت المحمية (الصوبات)

رقم الصفحة

١ - ١ : اقتصاديات الزراعة المحمية ١٣
١ - ٢ : أنواع البيوت المحمية ٢٠
١ - ٣ : إنشاء وتصميم البيوت المحمية ٢٦
١ - ٤ : غطاء البيوت المحمية ٤٣
١ - ٥ : المراجـــع ٤٩

الفصل الثانى

طرق التحكم فى العوامل البيئية داخل البيوت المحمية

٢ - ١ : أساسيات التحكم فى درجة الحرارة فى البيوت المحمية ٥١
٢ - ٢ : طرق التدفئة ٦٥
٢ - ٣ : طرق التبريد ٦٩
٢ - ٤ : التهـــوية ٨٣
٢ - ٥ : التحكم فى الإضاءة ٩٧
٢ - ٦ : التحكم فى نسبة ثانى أكسيد الكربون فى هواء البيت ٩٩
٢ - ٧ : برمجة الاحتياجات البيئية فى العقل الإليكترونى ١٠٥
٢ - ٨ : المراجـــع ١٠٧

الفصل الثالث

زراعة الخضر وخدمتها فى البيوت المحمية

٣ - ١ : عمليات إعداد الأرض للزراعة ١٠٩
٣ - ٢ : عمليات الخدمة الزراعية ١١١
٣ - ٣ : إنتاج الطماطـم ١١٩
٣ - ٤ : إنتاج الخيـار ١٣٤
٣ - ٥ : إنتاج الفلفل الحلو ١٤٤
٣ - ٦ : إنتاج الشمـام ١٤٧
٣ - ٧ : إنتاج الخضر الأخرى ١٥٠
٣ - ٨ : إنتاج عيش الغراب ١٥٢

٣ - ٩ : إنتاج الشتلات فى المراقد المدفأة والمراقد الباردة لحمايتها من الصقيع ١٥٨
٣ - ١٠ : إنتاج الشتلات تحت الأنفاق البلاستيكية المنخفضة لحمايتها من البرودة ١٦٠
٣ - ١١ : استعمال الأنفاق البلاستيكية المنخفضة فى حماية نباتات الخضر من البرودة ١٦١
٣ - ١٢ : حماية نباتات الخضر من أشعة الشمس القوية بالتظليل ١٦٩
٣ - ١٣ : المراجـــع ١٧٢

الفصل الرابع

الزراعة بدون تربة والمزارع المائية

٤ - ١ : مزايا وعيوب المزارع المائية ١٧٦
٤ - ٢ : المحاليل المغذية ١٧٨
٤ - ٣ : أنواع المزارع المائية ٢٠٣
٤ - ٤ : المزارع الرملية ٢٠٥
٤ - ٥ : مزارع الحصى ٢٠٨
٤ - ٦ : مزارع بالات القش ٢١٥
٤ - ٧ : مزارع الصوف الصخرى ٢١٦
٤ - ٨ : مزارع مخاليط البيت والمواد الأخرى ٢٢١
٤ - ٩ : المزارع المائية التى لا تستخدم فيها بيئات صلبة لتثبيت الجذور ٢٢٨
٤ - ١٠ : المراجـــع ٢٤٣

الفصل الخامس

أوعية نمو النباتات والبيئات المستخدمة فى الزراعة وإنتاج الشتلات

٥ - ١ : مواصفات أوعية نمو النباتات ٢٤٥
٥ - ٢ : الأوعية النباتية التى يعاد استخدامها ٢٤٦
٥ - ٣ : الأوعية النباتية التى لايعاد استخدامها ٢٤٧
٥ - ٤ : بيئات الزراعة وأهميتها ٢٥٥
٥ - ٥ : الخصائص الطبيعية والكيميائية الهامة لبيئات نمو الجذور ٢٥٥
٥ - ٦ : المواد المستخدمة فى تحضير بيئات الزراعة ٢٥٧
٥ - ٧ : أمثلة للمخاليط المستخدمة فى الزراعة وطرق تحضيرها ٢٦٣
٥ - ٨ : الصفات الفيزيائية لبعض مخاليط الزراعة ٢٦٩
٥ - ٩ : إنتاج شتلات الخضر فى الأوعية النباتية ، وفى البيئات الخاصة لنمو الجذور ... ٢٧٢
٥ - ١٠ : المراجـــع ٢٧٨

الفصل السادس
تعقيم التربة والبيئات والمواد المستخدمة فى الزراعة

٦ - ١ : تعقيم (بسترة) التربة بالإشعاع الشمسى ٢٧٩
٦ - ٢ : التعقيم بالبخار ٢٨٢
٦ - ٣ : التعقيم بالمبيدات ٢٨٦
٦ - ٤ : المراجـع ٢٩٢

الفصل السابع
الـرى والتسميد

٧ - ١ : طـرق الـرى ٢٩٣
٧ - ٢ : طرق التعرف على حاجة محاصيل الخضر للتسميد ٢٩٩
٧ - ٣ : الأسمـدة الكيميائيـة ٣٠٨
٧ - ٤ : المحاليل البادئة والأسمدة الورقية ٣١٩
٧ - ٥ : خصائص الأسمدة الكيميائية ٣٢٠
٧ - ٦ : طـرق التسميد ٣٢٥
٧ - ٧ : المراجـــع ٣٣٣

الفصل الاول

إنشاء البيوت المحمية (الصوبات)

١ – ١ : اقتصاديات الزراعة المحمية

يحقق إنتاج الخضر فى الزراعات المحمية عائدًا اقتصاديًا مجزيًا للمستثمرين فيها ، برغم أن تكلفة إنتاج الخضر فى الصوبات تزيد عن تكلفة إنتاجها فى الحقول المكشوفة . وترجع هذه الزيادة بالدرجة الأولى إلى ضخامة رأس المال المستثمر فى إنشاء الصوبات ، بالإضافة إلى مصاريف تشغيلها وصيانتها . ويتوقف مقدار الزيادة فى تكلفة الإنتاج والعائد الذى يمكن أن يتحقق من الزراعات المحمية على العوامل التالية .

١ – عدد الصوبات التى يتم تشغيلها فى الوقت الواحد ، أى مساحة البيوت المحمية .

٢ – حجم الصوبات المستخدمة .

٣ – نوع الهيكل الذى تصنع منه الصوبات (الخشب – الحديد – الألومنيوم – مواسير المياه المجلفنة) .

٤ – نوع الغطاء المستخدم (الزجاج – الألياف الزجاجية Fiber glass – رقائق البلاستيك) .

٥ – مدى توفر أجهزة التبريد والتدفئة ، ومدى الحاجة إليهما .

٦ – درجة التحكم الآلى فى الأجهزة المختلفة بالصوبات .

٧ – المحاصيل والأصناف المزروعة .

٨ – موسم الإنتاج ، ومقدار المنافسة التى يتعرض لها المحصول المنتج من الزراعات المكشوفة .

٩ – مدى الطلب على المحصول المنتج فى الأسواق الخارجية للتصدير .

وبرغم كل هذه العوامل ، فإن الزراعات المحمية تكون ضرورة لا غنى عنها تحت الظروف التالية :

١ – فى المناطق الباردة (شمال خط عرض ٣٥ شمالًا ، وجنوب خط عرض ٣٥ جنوبًا) خلال فصل الشتاء بهذه المناطق ، حيث يستفاد من التدفئة الصناعية بالبيوت المحمية فى إنتاج الخضر فى فترة يستحيل خلالها إنتاج الخضر فى الزراعات المكشوفة .

٢ – فى المناطق الشديدة الحرارة صيفًا ، كما فى دول الخليج العربى ، حيث تستخدم البيوت المُبرّدة فى إنتاج بعض محاصيل الخضر التى يستحيل إنتاجها خلال نفس الفترة فى الزراعات المكشوفة .

أما فى المناطق المعتدلة ، كمصر والدول ذات الظروف الجوية المشابهة ، فإنه يمكن الاستفادة من الغلة العالية لوحدة المساحة من الزراعات المحمية فى تحقيق عائد أكبر بزيد كثيرًا عما يمكن تحقيقه فى الزراعات المكشوفة إذا ما أخذت العوامل السابقة جميعها فى الاعتبار .

١ – ١ – ١ : تأثير عدد الصوبات التى يتم تشغيلها فى آن واحد (مساحة البيوت المحمية) على تكلفة الإنتاج

قام باسيلى (١٩٨٦) بحساب تكاليف إنشاء وتشغيل وصيانة الصوبات البلاستيكية فى مصر على أساس أسعار ١٩٨٦ ، وعلى أساس أن الصوبة الواحدة التى تبلغ مساحتها ٥٠٠ متر مربع (حوالى ٩ × ٦٠ م) تتطلب المكونات المبينة فى جدول (١ – ١) ، ثم شرع فى حساب التكلفة السنوية للمتر المربع الواحد من الصوبة ، آخذًا فى الاعتبار تكاليف الإنشاءات ، وفائدة رأس المال والزراعة والتشغيل والصيانة ، وعلى أساس أن سعر المكونات المتبقية بعد انتهاء عمرها الافتراضى هو ١٠٪ من سعر شرائها ، فوجد أن تكلفة المتر المربع الواحد تتناقص من ١٥,١٥ جنيهًا عند تشغيل صوبة واحدة إلى ٧,٥١ جنيهًا عند تشغيل ١٦ صوبة فى آن واحد ، كما هو مبين فى جدول (١ – ٢) . ويرجع هذا التناقص إلى أن العديد من مكونات التكلفة ، سواء فى الإنشاءات أم فى الزراعة أم التشغيل أم الصيانة تبقى ثابتة ، أو تزيد قليلًا مع زيادة أعداد الصوبات .

جدول (١ – ١) : المكونات اللازمة للصوبة البلاستيكية الواحدة وتكلفتها (حسب أسعار ١٩٨٦) وعمرها الافتراضى .

المكونات	التكلفة (جنيه مصرى)	العمر الافتراضى (سنة)
الهيكل الحديدى المجلفن (قطر المواسير ١,٥-٢ بوصة)	٣٥٠٠	٧
الأبواب والشبابيك	٧٠٠	٥
الغطاء البلاستيكى ($\frac{1}{4}$ طن)	٧٥٠	٣-٢
الرى الداخلى (مواسير ونقاطات)	٢٥٠	٥
معدات الرى (مرشحات، خزانات، طلمبات ... إلخ)	٦٠٠	٦
منشآت (مخزن ومأوى)	٥٠٠٠	٢٠

جدول (١ – ٢) : تأثير عدد الصوبات التى يتم تشغيلها فى آن واحد على التكلفة السنوية للمتر المربع .

عدد الصوبات التى يتم تشغيلها فى آن واحد (مساحة ٥٠٠ متر مربع لكل منها)	التكلفة السنوية للمتر المربع (جنيه مصرى)
١	١٥,١٥
٢	١٠,٠٤
٨	٨,٥٤
١٦	٧,٥١

ويرى نصار (١٩٨٩) أن تكلفة الإنتاج للمتر المربع الواحد من الصوبات البلاستيكية تصل إلى ٧٠ جنيهًا مصريًا عند تشغيل صوبة واحدة فقط ، وتنخفض هذه القيمة تدريجيًا بزيادة المساحة المزروعة لتصل إلى ٤ جنيهات للمتر المربع الواحد عند تشغيل ٤٠ صوبة فى آن واحد ؛ أى عند زراعة حوالى خمسة أفدنة (أى ٢,١ هكتار) من البيوت المحمية وبذلك .. فإن أقل مساحة يمكن زراعتها بأكبر عائد ممكن هى خمسة أفدنة من الصوبات ، على أن يكون ذلك مصاحبًا بمساحة إضافية مزودة بنظام الرى بالتنقيط لزراعتها تحت الأنفاق البلاستيكية المنخفضة فى الجو البارد ، وعلى أن تكون المساحة المخصصة للأنواع المختلفة من الصوبات والأنفاق على الوجه التالى :

١ – تنشأ الصوبات المفردة single tunnels الكبيرة (أبعاد ٩ × ٥٠ متر ، وبارتفاع ٣,٢ مترًا) على ثلث المساحة المخصصة للصوبات .

٢ – تنشأ الصوبات الاقتصادية economic tunnels ، أو walking tunnels الصغيرة (أبعاد ٤ × ٤٠ مترًا ، وبارتفاع ٢ متر) على ثلثى المساحة المخصصة للصوبات .

٣ – تخصص ١ – ٢ صوبة من الصوبات الاقتصادية لاستعمالها كمشاتل ، وهذه تغطى صيفًا بشباك التظليل .

٤ – تبلغ المساحة الإضافية المزودة بنظام الرى بالتنقيط لزراعتها تحت الأنفاق البلاستيكية المنخفضة نحو ثلثى المساحة الإجمالية المخصصة للصوبات .

١ – ١ – ٢ : تأثير نوع الصوبات وطريقة إدارتها وتشغيلها على تكلفة الإنتاج

يلخص نصار (١٩٨٩) العوامل التى تنبغى مراعاتها عند إنشاء وتشغيل الصوبات البلاستيكية للحصول على أكبر عائد من الاستثمار فيما يلى :

١ – تكلفة نظام الرى : يكون الرى فى الزراعات المحمية عادة بطريقة التنقيط ، بالإضافة إلى الحاجة لنظام الرى بالضباب من أجل النباتات فى ظروف خاصة . وبينما تبلغ تكلفة المتر المربع لنظام الرى بالتنقيط نحو ٦٠ قرشًا (أسعار ١٩٨٩) عند إقامة نظام الرى على مساحة فدان واحد ، فإنها تنخفض إلى ٣٥ قرشًا فقط عند إقامة شبكة الرى على مساحة خمسة أفدنة .

٢ – تكلفة هيكل الصوبات والبلاستيك ، بما فى ذلك التهوية الميكانيكية ، مع مراعاة أهمية إنشاء أنواع مختلفة من الصوبات ، نظرًا لضرورة تنويع المحاصيل المزروعة من ناحية ، ولأن بعض المحاصيل لا تكون زراعتها اقتصادية فى أنواع معينة من الصوبات من ناحية أخرى .

٣ – تكلفة المعدات ، مثل : الجرار ، والمحاريث ، وخزان (تانك) المبيدات .

٤ – تكلفة مبنى الإدارة والمخازن وخزان المياه (تؤخذ تكلفة خزان المياه فى الاعتبار عند الاعتماد على ماء النيل ، نظرًا لضرورة تخزين المياه قبل السدة الشتوية . أما عند الاعتماد على المياه الجوفية ، فلا حاجة لخزان المياه) .

٥ – ضرورة تنويع المحاصيل المزروعة (٣ – ٤ محاصيل) بغرض توزيع تكاليف الزراعة على أكثر من محصول ، وكذلك تنويع مصادر الدخل ، وفى ذلك نوع من الضمان والأمان فى حالة فشل الزراعة لأحد المحاصيل . ويتطلب ذلك زراعة أكثر من صوبة ، كما يتطلب إنشاء أكثر من نوع من

الصوبات لمناسب كل محصول ، فتقام الأنفاق الاقتصادية (٤ × ٤٠ مترًا بارتفاع ٢ متر) لإنتاج الفلفل ، والطماطم ، والشمام ، والأنفاق المفردة الكبيرة (٩ × ٥٠ مترًا بارتفاع ٣,٢٠ مترًا) لإنتاج الخيار ، والشمام . فلا يجوز مثلاً إنتاج الفلفل فى الأنفاق المفردة الكبيرة ، لأن تكلفة المتر المربع بها تكون أعلى مما يمكن معه استغلالها اقتصاديًا بالفلفل . وينطبق نفس الشيء على الطماطم ، لأن أسعارها تكون عادة منخفضة ، وعلى المحاصيل ذات النمو المنخفض مثل الخس ، أما الشمام ، فيمكن إنتاجه بصورة اقتصادية فى كل من الأنفاق الكبيرة والأنفاق الاقتصادية . ومن جهة أخرى .. فإن الخيار لا يمكن زراعته إلا فى الأنفاق المفردة الكبيرة .

٦ – يجب – كما سبق الذكر – توفير مساحة إضافية مزودة بنظام الرى بالتنقيط لتغطيتها بالأنفاق البلاستيكية المنخفضة ، وزراعتها بالطماطم أو غيرها من المحاصيل .

٧ – يجب تزويد المساحات بين الصوبات بخطوط الرى بالتنقيط ، حيث تتوفر بهذه المساحات حماية جزئية ، ويمكن زراعتها بالطماطم التى يكون إنتاجها داخل الصوبات غير اقتصادى ، حتى لو وصل الإنتاج إلى ٧٠ – ٨٠ طنًا للفدان ، وذلك بسبب انخفاض سعر الطماطم .

٨ – أما التدفئة ، فإنها غير ضرورية تحت الظروف المصرية ، نظرًا لأن الجو لا يكون شديد البرودة ، ولأنها مكلفة للغاية ، فالمتر المربع الواحد من الصوبات المفردة الكبيرة يتكلف ستة جنيهات للتدفئة فقط . وهذه الزيادة الكبيرة فى تكلفة الإنتاج لا تغطيها الزيادة التى تحدث فى المحصول – والتى تكون فى حدود ١٦٪ فى الخيار ، ونحو ١٠٪ فى الشمام – إلّا إذا كانت هناك تعاقدات مسبقة لتوريد محصول مرتفع الثمن فى وقت معين من السنة يقل فيه الإنتاج بسبب انخفاض درجة الحرارة ، كما هو الحال خلال الفترة من ديسمبر إلى فبراير .

٩ – كذلك فإن التبريد غير ضرورى تحت الظروف المصرية ، نظرًا لاعتدال درجة الحرارة صيفًا ، لكن يتطلب الأمر توفير نظام جيد للتهوية يمنع الارتفاع الشديد فى درجة الحرارة داخل الصوبات .

ولقد أظهرت دراسة اقتصادية أجرتها المنظمة العربية للتنمية الزراعية على الزراعة المحمية بدولة الكويت ارتفاع العائد من إنتاج الخيار فى ظل كافة أنواع البيوت ، فى حين لم يتحقق ذلك بالنسبة للطماطم إلا فى البيوت البلاستيكية غير المدفأة وغير المبردة حتى أن فترة استرداد رأس المال تراوحت من ٢,١ – ٣,١ سنة بالنسبة للخيار فى الوقت الذى تراوحت فيه هذه الفترة بالنسبة للطماطم من ٨,٥ إلى ١٦ سنة . كما أثبتت الدراسة إمكانية إنتاج الشليك دون دعم ، أما الباذنجان والفلفل فقد احتاجا إلى الدعم الحكومى لتصبح زراعتهما ذات جدوى اقتصادية للمزارعين (سالم ١٩٨٥) .

٢ – ١ – ٣ : تأثير الأصناف المزروعة وإنتاجيتها على تكلفة الإنتاج

لا تزرع بالصوبات عادة إلّا أصناف خاصة من الخضروات ، معظمها من الهجن ذات الإنتاجية العالية . وبرغم أن هذه الهجن تكون مرتفعة الثمن بدرجة كبيرة ، إلا أنه يشيع استخدامها فى الزراعات المحمية للأسباب الآتية :

١ – يزيد إنتاج هذه الأصناف داخل البيوت المحمية ، عنه خارجها .

٢ – تؤدى الإنتاجية العالية لهذه الأصناف إلى خفض نسبى فى تكاليف إنتاج الطن الواحد من المحصول ، نظرًا لتوزيع تكاليف زراعة المتر المربع الواحد من الصوبة على كمية أكبر من المحصول .

٣ – لا يشكل الثمن المرتفع لتقاوى هذه الأصناف نسبة كبيرة من تكلفة تشغيل المتر المربع من الصوبة ، نظرًا لارتفاع هذه التكلفة أصلًا .

وبالمقارنة .. فإن هذه الأصناف يقل استخدامها فى الزراعات المكشوفة ، نظرًا لأن ثمن تقاويها يشكل نسبة كبيرة من تكاليف الإنتاج تحت هذه الظروف ، ولأن محصولها – فى الزراعات المكشوفة – لا يزيد كثيرًا عن محصول بعض الأصناف الأخرى الأقل تكلفة .

هذا .. وتتضاعف إنتاجية وحدة المساحة من محاصيل الخضر المختلفة عدة مرات فى الزراعات المحمية ، بالمقارنة بالإنتاجية فى الحقول المكشوفة . ويتوقف ذلك على المحصول المزروع ، وعدد مرات زراعته فى نفس المساحة تحت نظامى الزراعة المحمية والمكشوفة . ويوضح جدول (١ – ٣) مقارنة بين إنتاجية عدد من الخضروات فى الصوبات بإنتاجيتها فى الزراعات المكشوفة وبرغم أن الأرقام الخاصة بالزراعات المحمية فى الجدول هى متوسطات لعدد من المزارع المالية داخل الصوبات بأريزونا ، إلا أنها لا تختلف كثيرًا عن إنتاجية الخضر المحمية المزروعة فى الأرض مباشرة .

جدول (١ – ٣) : إنتاجية عدد من الخضروات فى الزراعات المحمية بالمقارنة بإنتاجيتها فى الزراعات المكشوفة .

الخضر	المحصول الكلى فى الحقول المكشوفة[١] (طن /هكتار /سنة)	الانتاج فى الزراعات المحمية		
		المحصول فى الزرعة الواحدة (طن/ هكتار)	عدد الزرعات فى السنة	المحصول الكلى (طن / هكتار /سنة)
البروكولى	١٠,٥	٣٢,٥	٣	٩٧,٥
الفاصوليا	٦,٠	١١,٥	٤	٤٦,٠
الكرنب	٣٠,٠	٥٧,٥	٣	١٧٢,٥
الكرنب الصينى	-	٥٠,٠	٤	٢٠٠,٠
الخيار	٣٠,٠	٢٥٠,٠	٣	٧٥٠,٠
الباذنجان	٢٠,٠	٢٨,٠	٢	٥٦,٠
الخس[٢]	٥٢,٠	٣١,٣	١٠	٣١٣,٠
الفلفل	١٦,٠	٣٢,٠	٣	٩٦,٠
الطماطم	١٠٠,٠	١٨٧,٥	٢	٣٧٥,٠

(١) الأرقام المبينة هى متوسط إنتاجية هذه المحاصيل فى الحقول المكشوفة بالولايات المتحدة الأمريكية
الهكتار = ١٠٠٠٠ متر مربع = ٢,٣٨ فدان .
(٢) الخس المشار إليه هو من الأصناف الورقية الصغيرة الحجم التى تحصد بعد حوالى خمسة أسابيع من الشتل فى الزراعات المحمية .

وللمقارنة .. أوردنا جدول (١ – ٤) الذى يُبيّن متوسط إنتاجية الخيار والطماطم فى الزراعات المحمية بدولة الإمارات العربية المتحدة ، والذى يبقى فيها المحصول بالأرض مدة أربعة أو خمسة أشهر للخيار والطماطم على التوالى . ويتضح من هذا الجدول أن متوسط إنتاجية الفدان الواحد فى الزراعات المحمية يتراوح من ٥٠ – ٧١ طنًا فى الخيار ، ومن ٤٤ – ٥٢ طنًا فى الطماطم ، وهو بلا شك يزيد كثيرًا عن متوسط إنتاجية هذه المحاصيل فى الحقول المكشوفة ، والذى قدر فى مصر عام ١٩٨٨ بنحو ٧,٠٣ ، و ١٠,٤٩ أطنان للفدان من المحصولين – على التوالى (الإدارة المركزية للاقتصاد الزراعى ، وزارة الزراعة ، جمهورية مصر العربية ١٩٨٩) . وقد تعمدنا وضع خط تحت كلمة متوسط حتى تكون المقارنة سليمة ، فلا تبغى مقارنة متوسطات الإنتاج فى أى من طريقتى الزراعة بأرقام الإنتاج القياسية فى الطريقة الأخرى .

جدول (١ – ٤) : إنتاجية الخيار والطماطم فى الزراعات المحمية بدولة الإمارات العربية المتحدة (طن/هكتار) .

المحصول	شركة العين لانتاج الخضراوات(أ)		مركز مزيد التجريبى(ب)	
	الموسم الشتوى(جـ)	الموسم الصيفى(د)	الموسم الشتوى(جـ)	الموسم الصيفى(د)
الخيار : الأصناف ذات الثمار الطويلة :	١٧٠	١٥٠	١٥٠(هـ)	أقل قليلا(هـ)
الأصناف ذات الثمار القصيرة من طرز بيت ألفا :	١٤٠	١٢٠		
الطماطم	١٢٥	١٠٥	١١٠	أقل قليلا

(أ) المصدر : إبراهيم (١٩٨٦) .
(ب) المصدر : عواد (١٩٨٦) .
(جـ) يبدأ الموسم الشتوى فى يناير وينتهى فى يونيو .
(د) يبدأ الموسم الصيفى فى يوليو وينتهى فى ديسمبر .
(هـ) متوسط عام للأصناف الطويلة والقصيرة الثمار .

١ – ١ – ٤ : أهمية الزراعة المحمية كوسيلة للتوسع الرأسى فى إنتاج الخضر

قدّر Collins & Jensen (١٩٨٣) المساحة الإجمالية للزراعات المحمية فى الصوبات المجهزة بوسائل التحكم الكامل فى العوامل البيئية على مستوى العالم كله عام ١٩٨٣ بنحو ١٦٠ ألف إيكر (الإيكر يساوى فدانًا تقريبًا) وقد كان معظم هذه المساحة فى اليابان ، وهولندا ، والاتحاد السوفيتى ، ودول أوروبا الشرقية ، وإيطاليا . وعنى عن البيان أن إنتاج الزهور ونباتات الزينة يشغل نسبة جوهرية من هذه المساحة . ويتضح من ذلك التقدير مدى ضآلة مساحات الزراعات المحمية على مستوى العالم . وحتى لو أضيف لذلك التقدير ضعف ذلك الرقم – أى نحو ٣٢٠ ألف فدان – من الزراعات المحمية فى الصوبات البلاستيكية غير المجهزة أو المجهزة جزئيًا – بوسائل التحكم فى العوامل البيئية ، فإن الرقم الإجمالى يبقى أقل من نصف مليون فدان ، وهو لا يشكل سوى نسبة ضئيلة للغاية من إجمالى المساحة المخصصة لإنتاج الخضروات على مستوى العالم . وبذلك .. فإن الزراعات المحمية لم

يكن لها حتى الآن دور بارز فى مجال التوسع الأفقى فى إنتاج الخضر على مستوى العالم ، ولا شك أن ذلك يرجع إلى العاملين التاليين :

١ – عدم مناسبة نظام الزراعة المحمية لإنتاج العديد من الخضروات الهامة ، مثل : الخضر الجذرية ، والدرنية ، والبصلية وغيرها .

٢ – توفر المناخ المناسب والأرض الصالحة لزراعة الخضر فى الحقول المكشوفة فى عدد كبير من دول العالم .

فإذا ما أخذنا هذين العاملين فى الاعتبار ، فإنه يمكن القول بأن الزراعة المحمية يمكن أن تلعب دورًا بارزًا فى مجال التوسع الرأسى فى بعض الخضروات فى بعض الدول . ومن أهم الخضروات التى تحقق نجاحًا كبيرًا فى الزراعات المحمية : الخيار ، والفلفل ، والفاصوليا ، والطماطم ، وعيش الغراب . وهى الخضروات التى يمكن القول بأنها تشغل حاليًا الغالبية العظمى من المساحات المزروعة داخل الصوبات . أما أنسب المناطق للتوسع فى الزراعات المحمية ، فهى بلا شك تلك التى لا يتوفر فيها المناخ المناسب أو التربة الصالحة للزراعة ، حيث تقل إنتاجية الخضر فيها كثيرًا فى الزراعات المكشوفة .

أما على مستوى الأفراد أو الشركات ، فإن الزراعة المحمية يمكن أن تحقق عائدًا مجزيًا حتى فى المناطق التى تتوفر فيها الظروف البيئية المناسبة لإنتاج الخضر . فقد رأينا كيف أن إنتاجية الخضر فى الزراعات المحمية تزيد عدة أضعاف عن إنتاجيتها فى الزراعات المكشوفة ، وبذلك يمكن أن تساهم الزراعة المحمية فى مجال التوسع الرأسى فى مجال إنتاج الخضر على مستوى الدولة ، كما يمكن أن تحقق عائدًا اقتصاديًا مجزيًا للمشتغلين بها إذا توفرت لديهم الخبرة اللازمة ، وإذا ما أخذت العوامل التى سبق ذكرها فى الاعتبار . ولا شك أن من أهم الخبرات التى ينبغى توفرها لذلك تلك التى تكون فى مجال التعرف على الآفات ومكافحتها ؛ لأن بعض الآفات يزيد انتشارها كثيرًا داخل البيوت ، عن الزراعات المكشوفة بسبب ارتفاع درجة الحرارة والرطوبة النسبية بها أكثر مما فى الجو الخارجى ، لكن ذلك يمكن التغلب عليه بوضع برنامج محكم للوقاية من الآفات قبل إنتشار الإصابة بها . أما القول بأن الزراعات المحمية يمكن أن تتسبب فى انتشار آفات لم تكن معروفة فى الدولة ، فهو قول مردود عليه ، لأن هذه الآفات لا يمكنها الانتشار أصلًا فى الحقول المكشوفة لعدم ملاءمة الظروف البيئية بها ، فضلًا عن أنه ليس ثمة أسهل من رفع غطاء الصوبة لتصبح الظروف البيئة بها جزءًا من البيئة الخلية التى لا تناسب انتشار هذه الآفات .

هذا . ومن الخطأ الحكم بعدم جدوى الزراعات المحمية فى المناطق ذات الجو المعتدل لمجرد أن الظروف الجوية بها تسمح بالزراعات المكشوفة ، لأن إنتاجية الخضروات فى الصوبات تزيد عدة أضعاف عن إنتاجيتها فى الحقول المكشوفة حتى فى مثل هذه المناطق . ولا يرجع ذلك فقط إلى التربية الرأسية لنباتات الخضر فى الزراعات المحمية ، بل يتعداه إلى توفر ظروف مثلى بالبيئة المحيطة بالنبات تجعل النمو النباتى أنشط وأغزر ، والمحصول أكبر ، وهو الأمر الذى لا يتحقق فى الزراعات المكشوفة تحت أفضل الظروف للنمو . ويكفى لتوضيح ذلك الفرق مقارنة حجم أوراق نباتات الخيار أو الطماطم فى الزراعات المحمية بتلك التى تكون تحت أفضل الظروف للنمو فى الزراعات المكشوفة . أما على مستوى الدولة ، فإن الزراعة المحمية يمكن أن تساهم فى مجال التوسع الرأسى فى إنتاج

الخضروات ، بشرط أن يكون التوسع فى إنشاء البيوت المحمية فى مناطق الاستصلاح الجديدة ذات الغلة المنخفضة أصلًا ، والتى يمكن مضاعفة إنتاجيتها عدة مرات عن طريق الزراعات المحمية .

١ - ٢ : أنواع البيوت المحمية

يطلق اسم البيوت المحمية أو الصوبات green houses على المنشآت المستخدمة فى زراعة النباتات لحمايتها من الظروف البيئية غير المناسبة ويشترط فى هذه المنشآت أن تكون أسقفها مرتفعة بما يكفى للسير داخلها، وبذلك فإنها تميز عن الأحواض المدفأة والباردة . وتختلف البيوت المحمية فى أشكالها وفى المواد التى يصنع منها هيكلها والأغطية التى تستخدم فيها ، وقد تكون مدفأة أو غير مدفأة ، كما قد تكون مزودة أو غير مزودة بأجهزة التبريد ووسائل التحكم فى نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فى جو البيت . هذا هو التعريف المعروف للبيوت المحمية فى الولايات المتحدة ، وهو نفسه التعريف المستخدم فى هذا الكتاب . أما فى أوروبا ، فيطلق اسم glass house على المنشآت التى تدفأ صناعيًا ، واسم green house على المنشآت التى لا تدفأ صناعيًا وتلك التى تدفأ قليلًا .

هذا .. وقد تكون البيوت المحمية مستقلة أو مفردة single ، أى غير متصلة detached ، وقد تكون متصلة connected ببعضها البعض . ويطلق على أى مجموعة من البيوت المحمية المتجاورة ، سواء أكانت متصلة ، أم غير متصلة اسم مجمع بيوت محمية green house range .

١ - ٢ - ١ : الأشكال الهندسية للبيوت المحمية المفردة

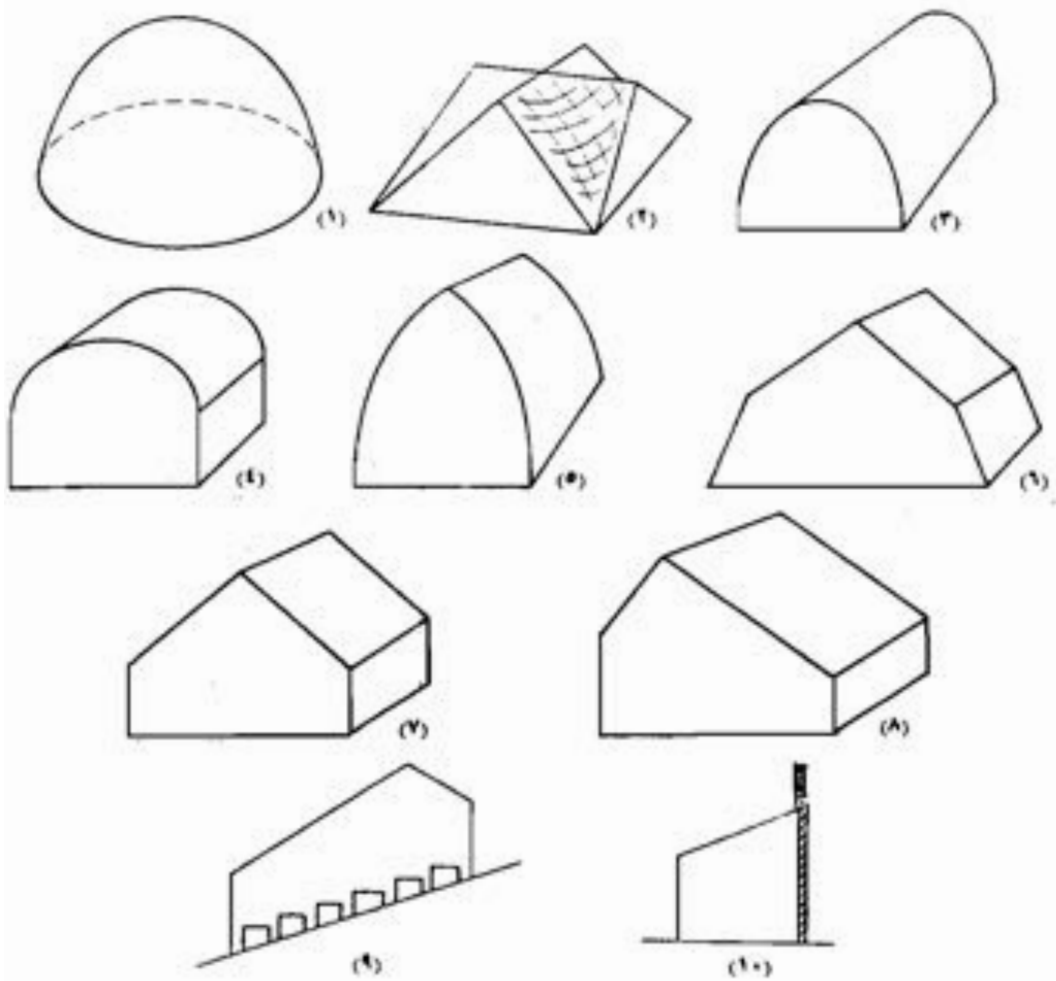
تتعدد الأشكال الهندسية المعروفة للبيوت المحمية بدرجة كبيرة . ويتوقف اختيار الشكل الهندسى المناسب على عدد من العوامل ، منها موقع البيت بالنسبة للمبانى المجاورة ، ومدى استواء أو انحدار الأرض المقام عليها البيت ، وشدة الإضاءة فى الجو الخارجى . هذا .. ويؤثر الشكل الهندسى على نوع الهيكل الذى يصنع منه البيت والأغطية التى تستخدم فيه . ومن أهم الأشكال الهندسية المعروفة للبيوت المحمية ، مرتبة ترتيبًا تنازليًا حسب درجة نفاذيتها لطاقة الإشعاع الشمسى ، ما يلى (شكل ١ - ١) :

١ - القبة الكروية spherical dome : وهذا النوع من البيوت المحمية لا يستخدم إلّا فى المناطق التى يسودها جو مليد بالغيوم مع إضاءة شمسية ضعيفة فى معظم أيام السنة ، حيث يسمح هذا التصميم الهندسى بنفاذ أكبر قدر من أشعة الشمس . وهو لا يصلح إلا للبيوت المفردة .

٢ - الشكل المكافئ الدورانى الزائدى المقطع Hyperbolic poraboloid : وهو كالسابق يسمح بنفاذ نسبة عالية من أشعة الشمس طوال ساعات النهار ، ويستخدم بصفة خاصة فى المناطق البعيدة عن خط الاستواء ، حيث تقل شدة الإضاءة كثيرًا ، كما لا يستخدم إلا فى البيوت المفردة .

٣ - الشكل النصف أسطوانى Quonset : يستخدم كسابقيه فى البيوت المفردة فقط ، وهو منفذ لقسط كبير من أشعة الشمس خلال معظم ساعات النهار . ويعد هذا الشكل أكثر الأشكال شيوعًا فى البيوت البلاستيكية المفردة .

٤ – الشكل الإهليجي Elliptical أو النصف أسطوانى المحور Modified quonset : وهو محور من الشكل السابق ، ويشيع استخدامه عند إقامة مجمع من البيوت الخمية المتصلة ببعضها البعض .



شكل ١ – ١ : الأشكال الهندسية للبيوت الخمية المفردة : ١ – القبة الكروية ٢ – المكافىء الدورانى الزائدى المقطع ٣ – النصف دائرى ٤ – الإهليجى أو النصف دائرى المحور ٥ – العقد القوطى ٦ – السقف السندى ٧ – الجمالون المتناظر الانحدار ٨ – الجمالون غير المتناظر الانحدار ٩ – الجمالون غير المتناظر الانحدار على منحدر جبل ١٠ – المستند إلى مبنى .

٥ – الشكل ذو العقد القوطى Gothic arch : وهو شكل ذو عقد مستدق الرأس .

٦ – الشكل ذو السقف السندى Mansard roof : وهو شكل – بكل من جانبيه الطوليين منحدران – السفلى منهما أشد انحدارًا من العلوى – لا يصلح إلّا للبيوت المفردة .

٧ – الشكل الجمالونى المتناظر الانحدار على جانبى السقف Gable even span : وهو يصلح للبيوت الزجاجية والبلاستيكية ، سواء أكانت متصلة أم غير متصلة . ويعد هذا الشكل أكثر الأشكال شيوعًا فى البيوت الزجاجية خاصة .

٨ – الشكل الجمالونى غير المتناظر الانحدار على جانبى السقف Gable uneven span : وفيه يكون أحد جانبى السقف أطول من الجانب الآخر . وهو يصلح للبيوت الزجاجية والبلاستيكية ، سواء أكانت متصلة أم غير متصلة ، لكن لا يشيع استخدامه إلا فى البيوت المقامة على جوانب التلال ، حيث يكون السقف المائل العريض مواجهًا لأشعة الشمس للسماح بنفاذ أكبر قدر من الطاقة الضوئية لتحسين الإضاءة والتدفئة .

٩ – الشكل المستند إلى مبنى Lean-to : يكون هذا النوع من البيوت ملاصقًا لمبنى ، ويكون السقف فيه منحدرًا نحو جانب واحد فقط هو الجانب المواجه للشمس ، ويكون عادة صغيرًا ، ويستخدم غالبًا فى إنتاج الشتلات (Mastalerz ١٩٧٧) .

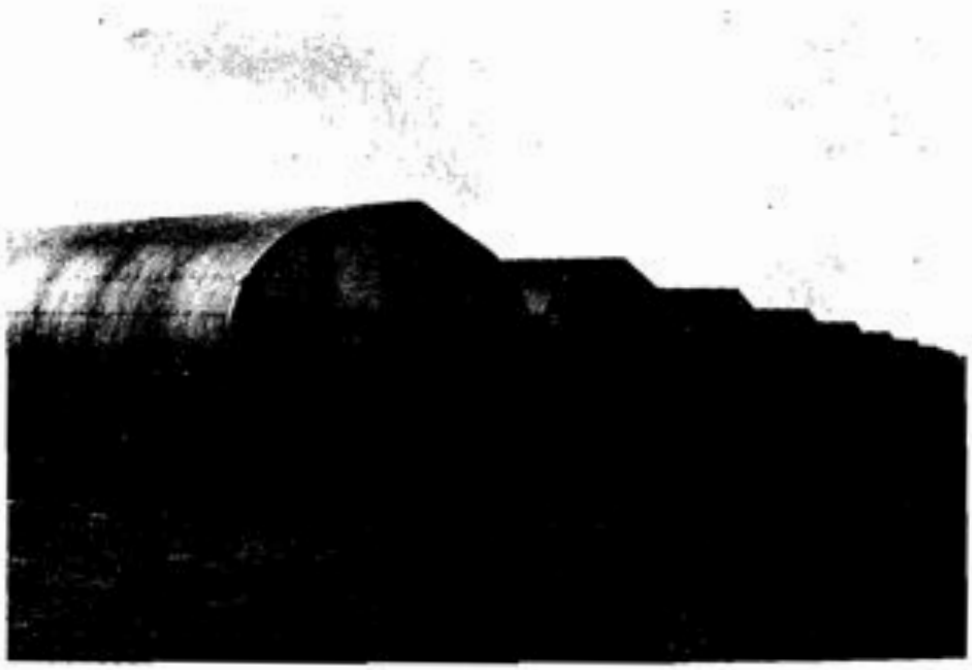
١ – ٢ – ٢ : الأشكال الهندسية للبيوت المحمية المتصلة

تكون البيوت المحمية المتصلة connected houses أو multi-span من سلسلة من البيوت المتلاصقة دون وجود فواصل رأسية أو جدران بين بعضها البعض . ويوجد من هذا النوع من البيوت شكلان رئيسيان هما :

١ – شكل المرتفعات والأخاديد أو الخطوط والقنوات Ridge and furrow : ويتكون هذا النوع من البيوت من مجموعة من الصوبات المتجاورة من الشكل النصف اسطوانى المطوّر Modified quonset بالنسبة للبيوت البلاستيكية غالبًا (شكل ١ – ٢) ، أو الشكل الجمالونى المتناظر الانحدار على جانبى السقف Gable even span بالنسبة للبيوت الزجاجية غالبًا (شكل ١ – ٣) .

٢ – شكل سن المنشار saw tooth : يتكون هذا النوع من البيوت من مجموعة من الصوبات المتجاورة من الشكل الجمالونى غير المتناظر الانحدار على جانبى السقف Gable uneven span ، ويستخدم غالبًا فى البيوت الزجاجية .

هذا .. ويسمح نظام البيوت المحمية المتصلة بزيادة المساحة الداخلية للبيت ، وهو الأمر الذى يخفض من تكاليف العمليات الزراعية ، لأنه يسمح بالمكننة ، كما أنه يقلل من فقد حرارة التدفئة ، نظرًا لصغر مساحة جدران البيت المعرضة للجو الخارجى ، لكن يعاب على مثل هذا النوع من البيوت زيادة المخاطر الناشئة عن الإصابات المرضية ، أو تلك التى تحدث عند تلف الغطاء البلاستيكى أو الزجاجى للبيت ، أو تعطل أجهزة التدفئة أو التبريد ، دون أن يتنبه المشرفون على البيت إلى ذلك فى الوقت المناسب (Boodley ١٩٨١) .



شكل ١ - ٢ : مجمع من البيوت المحمية المتصلة بنظام الخطوط والقنوات ، والمكون من وحدات من الشكل النصف دائرى المحور ذات سقف غير تام الاستدارة .

١ - ٢ - ٣ : تقسيم البيوت المحمية حسب مادة الغطاء

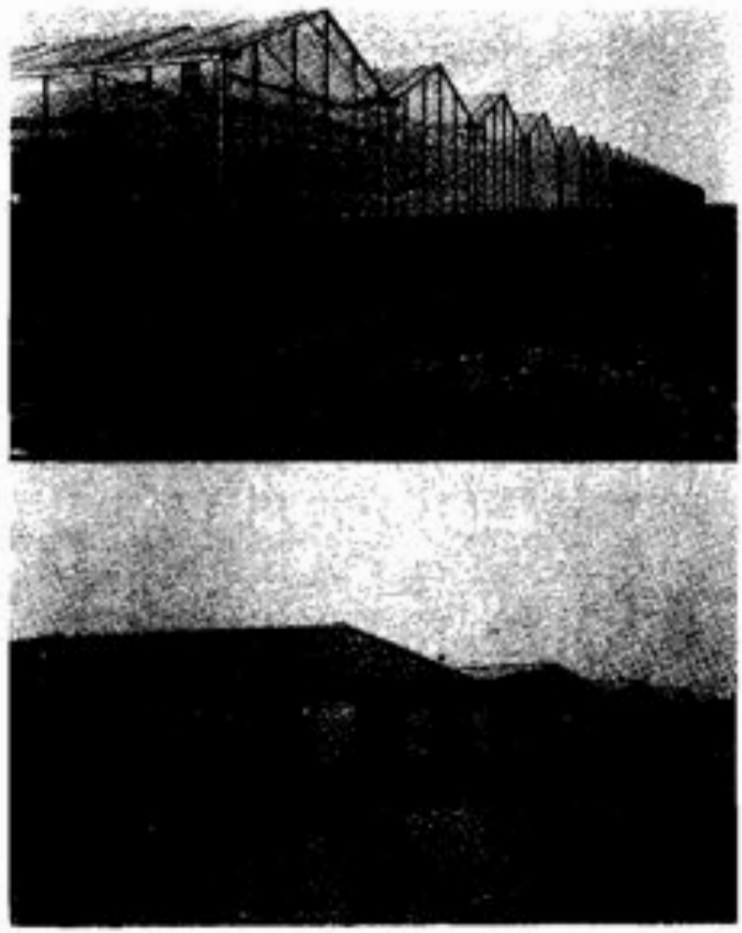
تقسم البيوت المحمية حسب مادة الغطاء إلى نوعين رئيسيين :

١ - البيوت الزجاجية Glass houses : تستخدم فى إنشائها هياكل من الخشب أو الحديد أو الألومنيوم ، وتغطى بالزجاج . وهى قد تكون :

(أ) بيوت بسيطة مفردة

(ب) مجمع من البيوت المتصلة

(حـ) بيوت برجية Tour green houses : وهى لا تنشأ إلا بالقرب من المدن الكبيرة ، حيث تكون الأرض مرتفعة الثمن ، ولا يمكن استغلال مساحة كبيرة من الأرض فى إقامة الصوبة . وقد قام المهندس النمساوى O.Ruthner بإقامة أول صوبة من هذا النوع فى فيينا سنة ١٩٦٤ .



شكل ١ – ٣ : مجموعات من البيوت المحمية المتصلة بنظام الخطوط والقنوات ، والمكونة من وحدات من الشكل الجمالونى المتاظر الانحدار على جانبى السقف .

بلغت المساحة المزروعة فى هذه الصوبة ٢٧٠ م٢ ، بينما لم تشغل الصوبة نفسها سوى مساحة ٣٦ م٢ ، وبلغ ارتفاعها ٢٢,٥ م ، وصمم بداخلها ١٢٥ حوضًا صغيرًا بأبعاد ٢,٤ × ٠,٥ م متصلة معًا كسلسلة ، كل حوض منها مرتفع قليلًا عن الآخر ، وتتحرك كالسلالم المتحركة ، وتتم دورة كاملة فى البرج خلال ساعة تقريبًا . وأثناء تحركها تتعرض النباتات للضوء من كل الجهات وبنفس الدرجة ، فتكون متجانسة فى النمو . هذا .. وتلزم فى هذا النوع من الصوبات بعض الإضاءة الصناعية فى حالة إنتاج النباتات التى تحتاج لإضاءة قوية .

وتتم معظم العمليات الزراعية أسفل الصوبة ، حيث ترش النباتات لمكافحة الآفات برشاشات ثابتة . ويمكن إيقاف الحركة عند وصول كل حوض إلى الموقع السفلى ، حيث تجرى العمليات الزراعية المختلفة من رى وتسميد وخلافه .

وقد أقيم بالفعل عدد من هذه الصوبات فى اليابان ، وألمانيا ، والنرويج ، والسويد ، وسويسرا ، وبولندا ، وكندا (Nelson ١٩٧٨) .

٢ – البيوت البلاستيكية Plastic houses : تستخدم فى إنشاء هذا النوع من البيوت هياكل من الخشب ، أو الألومنيوم ، أو مواسير المياه المجلفنة ، وتغطى بالبلاستيك ، لكن يتوقف نوع الهيكل على نوع الغطاء البلاستيكى المستخدم . فالهيكل الخشبى لا يستخدم إلا حيث يتوفر الخشب بأسعار زهيدة . وهذه تغطى بأى نوع من البلاستيك . ويستعمل هيكل الألومنيوم غالبًا مع الأغطية المصنوعة من مادة الليف الزجاجى المدعوم بالبلاستيك Fiberglass reinforced plastic . أما هياكل المواسير المجلفنة ، فإنها لا تستخدم عادة إلا مع الأغطية البلاستيكية التى يسهل تشكيلها ، مثل شرائح البولثيلين ، والبولى فينيل كلورايد .

هذا وتوجد من البيوت البلاستيكية الأنواع التالية :

(أ) بيوت بسيطة مفرده : وهذه تكون غالبًا بشكل نصف اسطوانى Quonset ، أو بشكل إهليجى ، أو نصف اسطوانى مُحوّر Modified quonset ، لكن يوجد منها بعض الأنواع الأخرى التى سبقت الإشارة إليها فى الجزء (١ – ٢ – ١) .

(ب) مجمع من البيوت المتصلة

(جـ) بيوت بلاستيكية مدعومة بالهواء Air-supported plastic houses أو باختصار Air bubbles : يعتمد رفع الغطاء البلاستيكى فى هذا النوع من البيوت على الهواء المضغوط ، وهى قليلة الانتشار وأهم مميزاتها عدم الحاجة إلى هيكل لحمل الغطاء البلاستيكى ، لكن لا تخفى الأخطار المترتبة على توقف التيار الكهربائى ، كما أنها لا تناسب إنتاج الخضر التى ترتى رأسيًا ، كالخيار ، والطماطم . إلا إذا أقيمت دعائم خاصة لها ، وهو الأمر الذى يقلل من أهمية الميزة الرئيسية لهذا النوع من البيوت .

مقارنة بين البيوت الزجاجية والبيوت البلاستيكية

تتميز البيوت الزجاجية بأنها أقل تأثرًا بالرياح من البيوت البلاستيكية ، وبأنها تحتفظ بالحرارة المشعة من أرض البيت ليلًا ، بينما يسمح البولثيلين بنفاذ نسبة كبيرة منها . ويقابل ذلك تميز البيوت البلاستيكية عن الزجاجية بما يلى :

١ – تبلغ تكاليف إقامة البيت البلاستيكى نحو عُشر تكاليف إقامة بيت زجاجى ذى مساحة مماثلة .

٢ – يمكن تشكيل هيكل البيت البلاستيكى ليكون ذا مقطع نصف دائرى Quonset يسمح بنفاذ أكبر قدر من أشعة الشمس ، بينما لا يمكن تحقيق ذلك فى البيوت الزجاجية .

٣ – من السهل نقل البيوت البلاستيكية من مكانها لعمل دورة زراعية ، ولتجنب تكاليف التعقيم .

٤ – الهيكل المستخدم فى البيوت البلاستيكية بسيط ، ولا يحجب جزءًا كبيرًا من أشعة الشمس ، كما فى هياكل البيوت الزجاجية .

٥ – تكون البيوت البلاستيكية محكمة الغلق ، بينما تسمح نقط اتصال ألواح الزجاج فى البيوت الزجاجية بتسرب الهواء الدافىء أو دخول الهواء البارد .

٦ – تحتاج البيوت الزجاجية إلى صيانة مستمرة بعد إنشائها ، بينما لا تحتاج البيوت البلاستيكية لأكثر من تغيير البلاستيك بعد انقضاء مدة صلاحيته .

٧ – ترتفع درجة حرارة البيت البلاستيكى صيفًا بسرعة أقل مما يحدث فى البيوت الزجاجية (عبد الهادى ١٩٧٨) .

١ – ٣ : إنشاء وتصميم البيوت المحمية

١ – ٣ – ١ : الشروط العامة التى تجب مراعاتها عند إنشاء البيوت المحمية

تجب مراعاة عدد من الشروط العامة عند إنشاء البيوت المحمية . وهذه الشروط هى كما يلى :

اختيار الموقع المناسب لإقامة البيوت

من أهم العوامل التى تجب مراعاتها عند اختيار الموقع المناسب لإقامة البيوت المحمية ما يلى :

١ – الاستفادة بقدر الإمكان من مصدات الرياح المتوفرة ، مع مراعاة عدم تظليل الصوبات بالأشجار العالية أو بالمبانى المجاورة .

٢ – أن يسمح الموقع بوصول سيارات النقل لتوصيل الوقود أو نقل المحصول .

٣ – أن يتوفر بالموقع مصدر جيد لماء الرى تقل فيه الأملاح .

٤ – أن يكون الصرف جيدًا بالأرض التى تقام عليها الصوبات ، وتفضل الأراضى الطمية والرملية الطمية .

٥ – أن يسمح الموقع باحتمالات التوسع مستقبلًا .

٦ – أن تتوفر الأيدى العاملة بالمنطقة (Sheldrake ١٩٦٩) .

إقامة مصدات الرياح

تعتبر مصدات الرياح ضرورة حتمية عند إنشاء البيوت المحمية . وفى حالة عدم توفر مصدات الرياح الشجرية ، فإنه يمكن استبدالها – ولو مؤقتا – بمصدات رياح من شباك البولیثلين المنفذ للهواء بنسبة ٥٠٪ ، حتى لا يتسبب فى إحداث تقلبات هوائية . ويفيد هذا النوع من الشباك فى إبطاء سرعة الرياح بمقدار ٦٠٪ على امتداد مسافة تبلغ خمسة أضعاف ارتفاع الشباك ، وبمقدار ٢٠٪ على امتداد مسافة تصل إلى عشرين ضعف ارتفاع الشباك .

هذا .. ويجب أن يكون ارتفاع شباك مصدات الرياح متناسبًا مع ارتفاع البيوت . ويكفى للبيوت البلاستيكية استخدام مصدات بارتفاع ١٨٠ – ٢٤٠ سم ، نظرًا لأنها تعمل على رفع الهواء لأعلى قليلًا (Anon ١٩٨٠) .

اختيار الاتجاه المناسب للبيوت

عندما تكون البيوت المحمية مستطيلة الشكل – وتلك هى الغالبية العظمى من البيوت – فإن اتجاه البيت يجب أن يحدد ، بحيث يسمح بنفاذ أكبر قدر من أشعة الشمس . وأفضل اتجاه لجميع أنواع البيوت المفردة والمتصلة، وفى جميع المناطق وجميع مواسم الزراعة –باستثناء واحد فقط– هو الاتجاه الشمالى الجنوبى . فذلك الاتجاه يسمح بوصول أشعة الشمس من جانبى البيت الطويلين (الشرق والغرب) طوال ساعات النهار ، كما يسمح ذلك الوضع بتحرك ظل السقف وفتحات التهوية العلوية فى جميع أنحاء البيت أثناء النهار . أما الاستثناء الوحيد لهذه القاعدة ، فهو بالنسبة للبيوت المفردة التى تستخدم فى الزراعة شتاءً فى المناطق التى تبعد عن خط الاستواء بأكثر من ٤٠° من درجات خطوط العرض . فتحت هذه الظروف يجب أن يكون اتجاه البيت شرقيًا – غربيًا ، حتى يسمح بنفاذ أكبر قدر من أشعة الشمس التى تصل للأرض شتاءً فى هذه المناطق بزاوية منخفضة (Hanan وآخرون ١٩٧٨) .

هذا .. ويبين جدول (١ – ٥) نسبة الضوء النافذ إلى داخل البيت فى منتصف فصل الصيف ، وفى منتصف فصل الشتاء على خط عرض ٥٠° شمالًا . ويتضح من الجدول أن اتجاه البيت ليس له تأثير كبير على نسبة الضوء النافذ صيفا فى هذه المناطق . أما فى الزراعات الشتوية ، فإن اتجاه البيت يجب أن يكون شرقيًا – غربيًا ، حتى يسمح بنفاذ نسبة عالية من أشعة الشمس التى تسقط على الأرض فى ذلك الوقت بزاوية منخفضة كثيرًا جدًا .

جدول (١ – ٥) : تأثير اتجاه البيت على نسبة الضوء النافذ صيفًا وشتاءً عند خط عرض ٥٠ شمالًا .

اتجاه البيت	نسبة الضوء النافذ	
	فى منتصف الصيف	فى منتصف الشتاء
شمالى - جنوبى	٦٤	٤٨
شرقى - غربى	٦٦	٧١

إعداد موقع البيت

من الضرورى تسوية الأرض جيدًا قبل الشروع فى إنشاء البيت مع عمل جميع توصيلات الرى والصرف والكهرباء ، وكذلك توصيلات البخار فى حالة التخطيط لاستخدام البخار فى عمليات التعقيم .

كما تجب مراعاة توسيع مساحة الصوبة قدر المستطاع لتحقيق أكبر استفادة ممكنة من المدفأة ومروحة التهوية ، وهما أكثر الأجهزة تكلفة ، وبذلك تقل تكاليف الإنشاء بالنسبة للمتر المربع .

المواصفات العامة التى 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 فى 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 مترًا ، أما الطول فيتوقف على رغبة المزارع ، لكن يحسن عدم زيادته عن ٦٠ مترًا ، حتى لا يضيع وقت العمال فى التنقل داخل البيت .

٤ – يجب أن يكون باب الصوبة واسعًا بقدر الإمكان ليسمح بدخول الجرارات والآلات الصغيرة لإعداد أرض البيت ، وسيارات الشحن الصغيرة لنقل المحصول . ويفضل أن يكون عرض الباب حوالى ٢٧٠ سم .

٥ – يتوقف التصميم والهيكل المناسبين للبيت على نوع الغطاء المستخدم فيلزم التفكير فى ذلك أمر أولًا ، علمًا بأن الأغطية الزجاجية لا تصلح للمناطق التى يكثر فيها البَرَدُ ، ولا تناسب المناطق الحارة ، نظرًا لارتفاع تكلفتها الإنشائية دون أن تحقق مزايا خاصة على البيوت البلاستيكية فى هذه المناطق .

٦ – فى حالة إنشاء مجمع من البيوت المحمية green house range يجب أن تكون مبانى الإدارة والمخازن والثلاجات وأماكن إعداد بيئات الزراعة وعمليات الخدمة العامة فى موقع متوسط يسهل الوصول منه إلى جميع البيوت .

١ – ٣ – ٢ : إنشاء البيوت الزجاجية وبيوت الفيبرجلاس

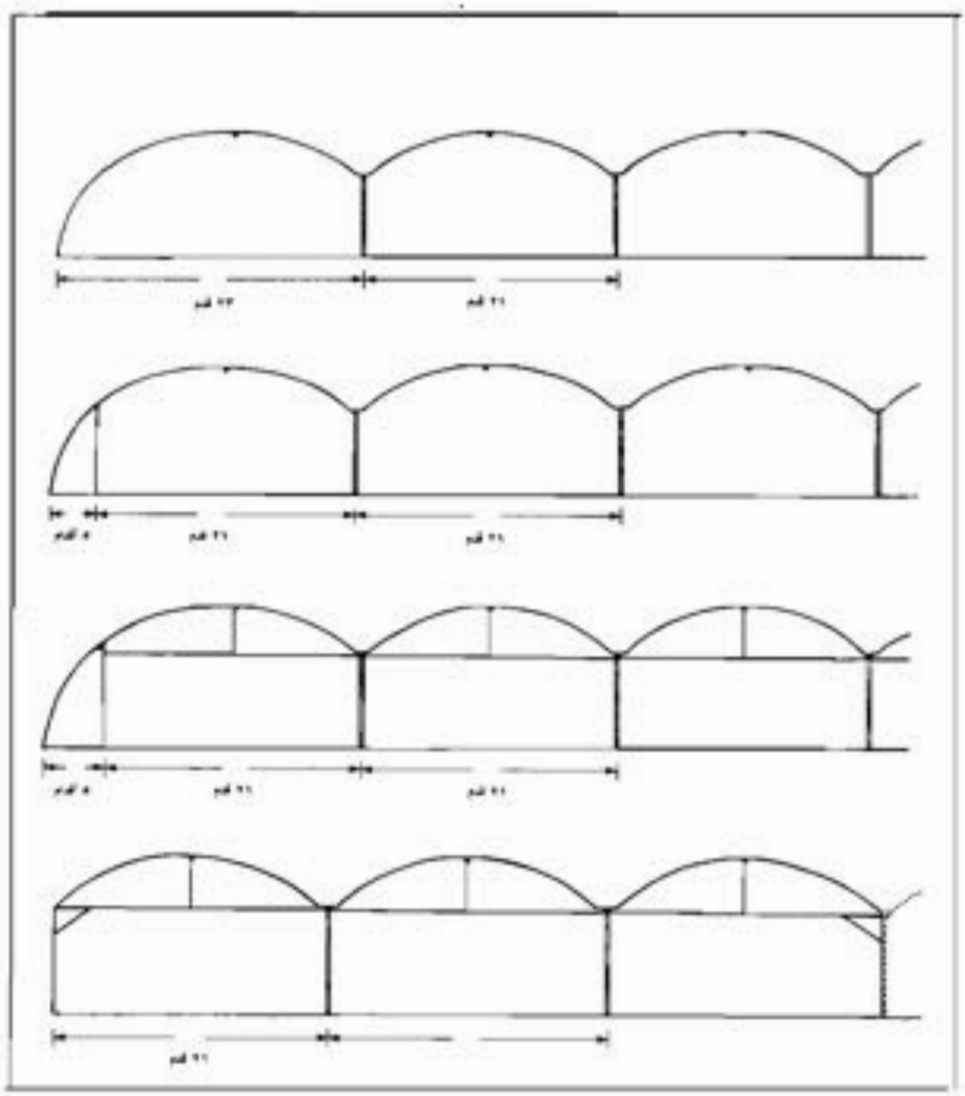
إن إنشاء البيوت الزجاجية وبيوت الفيبرجلاس (أى البيوت المغطاة بالزجاج الليفى المدعم بالبلاستيك Fiberglass reinforced plastic) أصبح صناعة متقدمة تقوم بها شركات كبيرة متخصصة يصعب على منتج الخضر العادى استيعابها ، نظرًا لاعتمادها على قواعد هندسية لا تدخل ضمن اختصاصه . وهذا .. فإن الخطوات التفصيلية لإنشاء مثل هذه البيوت لا يمكن أن يتضمنها كتاب كهذا يهتم فى المقام الأول بالزراعة وعمليات الخدمة ، واستجابات النباتات لمختلف المؤثرات البيئية ، لكن هذه التفاصيل الإنشائية يمكن الإطلاع عليها بالنسبة لمختلف أنواع البيوت فى المصادر التالية :

١ – المراجع المتخصصة مثل : Mastalerz (١٩٧٧) و Hanan وآخرون (١٩٧٨) و Boodley (١٩٨١) و Nelson (١٩٨٥) .

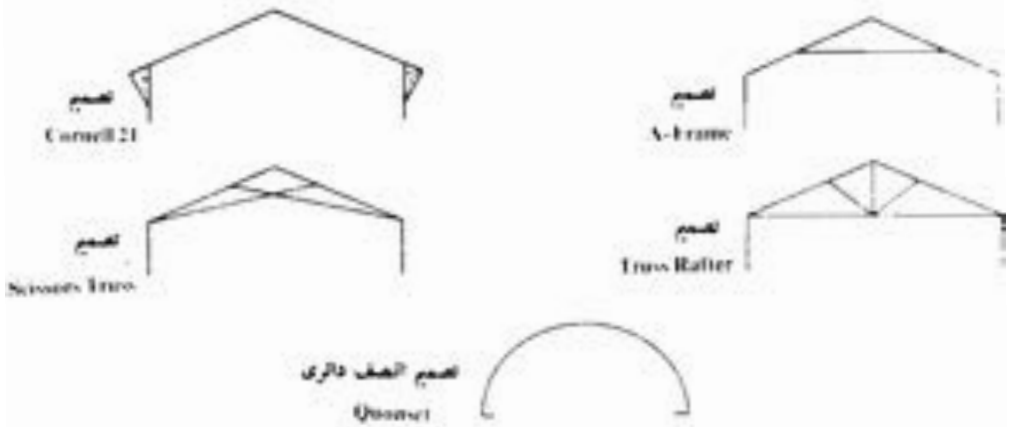
٢ – النشرات والمجلات التى تصدرها الشركات المتخصصة ، والتى توجد قائمة بها فى ملحقات هذا الكتاب ، علمًا بأن الشركات ترحب عادة بالاستفسارات التى تصلها فى هذا الشأن .

وسنكتفى فى هذا الجزء بتقديم بعض الرسوم التخطيطية التى توضح طريقة إقامة الهيكل فى بعض أنواع البيوت المحمية . فبين شكل (١ – ٤) مقاطع فى تصاميم مختلفة من بيوت كبيرة على شكل

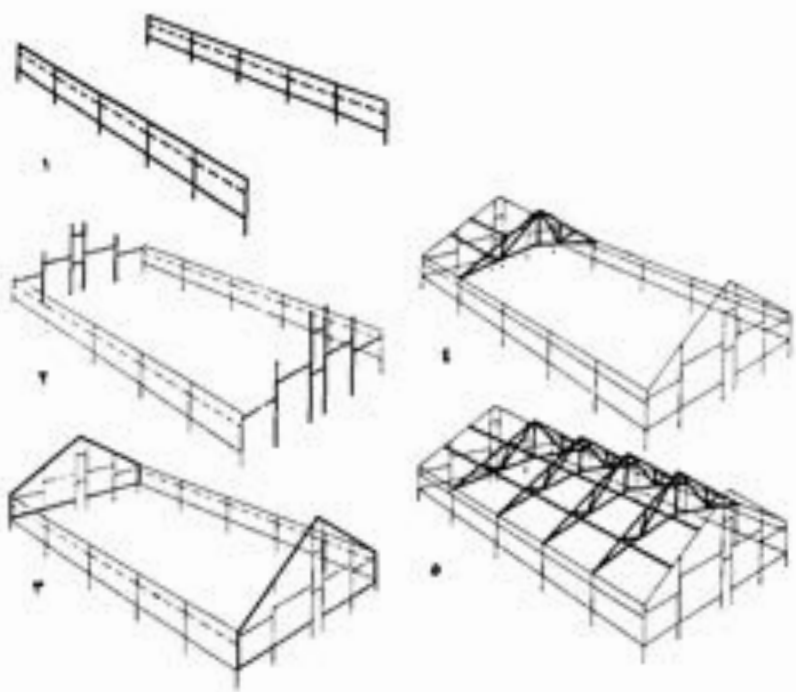
الخطوط والقنوات ذات الأسقف المنحنية Curved ridge and furrow تتكون وحداتها من عدد من البيوت الصغيرة بالشكل النصف أسطوانى المحور Modified quonset وتصلح هذه التصميمات لكل من بيوت الفيبرجلاس والبيوت البلاستيكية (شركة Fordingbridge Engineering – إنجلترا) . ويبين شكل (١ – ٥) مقطعًا للهيكل فى بعض أنواع البيوت ، وكيفية توفير الدعم اللازم لسقف البيت . أما شكل (١ – ٦) ، فيبين خطوات إقامة الهيكل لبيت من الشكل الجمالونى المتناظر الانحدار على جانبى السقف Gable even span .



شكل ١ – ٤ : مقاطع فى تصميمات مختلفة لمجمعات من البيوت على شكل الخطوط والقنوات تتكون من وحدات ذات أسقف منحنية تصلح للتغطية بالبلاستيك أو بالفيبرجلاس .



شكل ١ – ٥ : مقاطع للهيكل فى بعض أنواع البيوت تبين كيفية توفير الدعم اللازم للسقف .

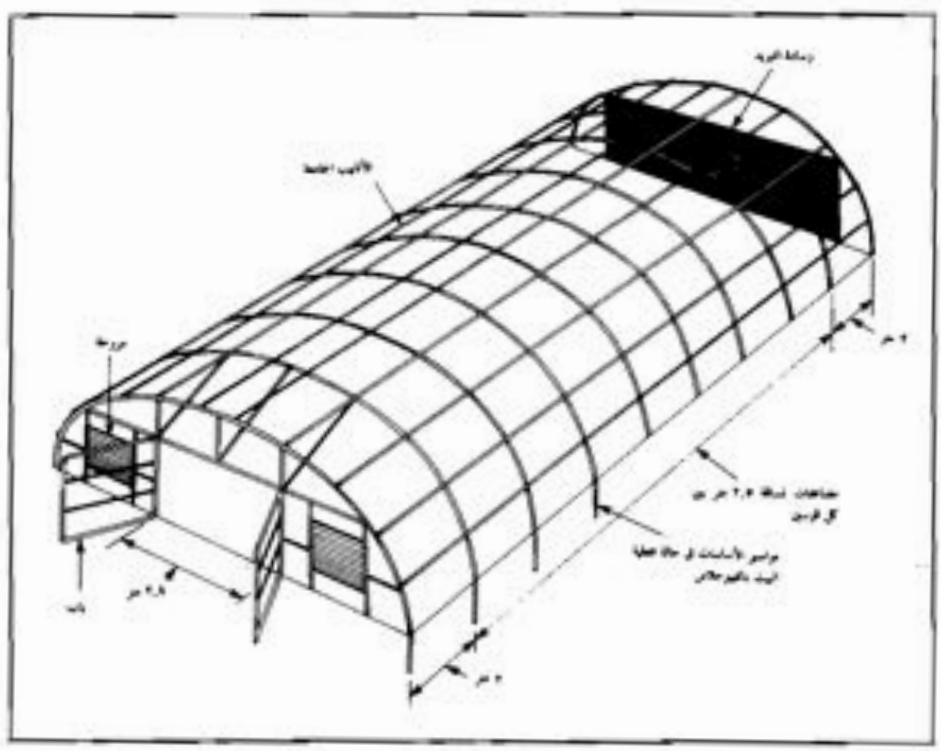


شكل ١ – ٦ : خطوات إقامة الهيكل ليست من الشكل الجمالون المتناظر الانحدار على جانبى السقف .

١ - ٣ - ٣ : إنشاء البيوت البلاستيكية

حققت البيوت البلاستيكية نجاحًا كبيرًا فى مجال الزراعة المحمية فى كل من المناطق الحارة والمناطق المعتدلة البرودة ، ونذكر من هذه المناطق – على سبيل المثال – دول الخليج العربى ، وشمال أفريقيا ، والمناطق المطلة على البحر الأبيض المتوسط من دول جنوب أوروبا. وكما حدث مع البيوت الزجاجية وبيوت الفيبرجلاس فإن بعض أنواع البيوت البلاستيكية قد قطعت شوطًا متقدمًا فى مجال التصميم الهندسى ، الأمر الذى لا يمكن تفصيله فى هذا الكتاب ، لكن يمكن الاطلاع على ذلك الأمر فى المصادر التى سبقت الإشارة إليها فى القسم (١ - ٣ - ٢) ، وبصفة خاصة فى نشرات وعجالات الشركات المتخصصة ، لأن المراجع العلمية التى سبقت الإشارة إليها تهتم أساسًا بالبيوت الزجاجية التى تصلح للمناطق الباردة التى صدرت فيها هذه المراجع .

هذا .. وبرغم تعدد أشكال وأنواع البيوت البلاستيكية ، فإن هيكلها العام يبقى ثابتًا إلى حد كبير ، حيث يتكون أساسًا من أقواس نصف دائرية من أنابيب المياه المجلفنة ويزيد قطر الأنابيب المستخدمة بزيادة عرض البيت وارتفاعه ، وتصاحب ذلك زيادة فى تكاليف إنشاء البيت . ويبين شكل (١ - ٧) تخطيطًا لهيكل بيت بلاستيكى مُنَمَّذ بعرض يبلغ سبعة أمتار ، وبطول يمكن أن يمتد حتى ٤٠ مترًا .



شكل ١ - ٧ : تخطيط لهيكل بيت بلاستيكى مُنَمَّذ بعرض سبعة أمتار ، وبطول يمكن أن يمتد حتى أربعين مترًا .

وسنتناول فيما يلى شرحًا لطريقة إنشاء كل من البيوت البلاستيكية المفردة والأنفاق الاقتصادية .

البيوت البلاستيكية المفردة

تتعدد أنواع البيوت البلاستيكية المفردة كما تتعدد الشركات المُصنعة لها ، ومعظمها شركات فرنسية ، وإنجليزية ، وهولندية . وتستخدم فى صنع البيوت الكبيرة مواسير مجلفنة تكون غالبًا بقطر ٦ سم . ويتكون كل قوس من عدد من الأجزاء التى تربطها ببعضها البعض ، وبمواسير أخرى رابطة أفقية تمتد بين الأقواس بواسطة وصلات خاصة تقوم هذه الشركات بتصنيعها . هذا .. وتتراوح أبعاد هذه البيوت غالبًا من ٦ – ٩ أمتار عرضًا ، ومن ٥٤ – ٦٦ مترًا طولًا ، بينما يتراوح ارتفاعها من ٢,٧٥ إلى ٣,٥٠ مترًا . وتتوفر بهذه البيوت عادة روافع لفتح وغلق فتحات خاصة للتحكم فى التهوية . ومن أمثلة البيوت التى نجح استعمالها فى بعض الدول العربية : الفيليكلير Filclair ، والفورنير Fornier والريان ، والفيرارى إمبكس Firari Impex ، والراشيل . وكلها فرنسية ، والدالسم Dalsem الهولندية ، والروبنسون الإنجليزية (مديرية البحث والإرشاد الزراعى – وزارة الزراعة – المملكة الأردنية الهاشمية ١٩٨٣) .

هذا .. ويعطى مركز كنزل البحثى وصفًا تفصيليًا لطريقة إنشاء البيوت البلاستيكية المفردة الكبيرة المستخدمة فى أيرلندا (Anon. ١٩٨٠) .

وفى المناطق التى تتوفر فيها الأخشاب بأسعار زهيدة يصنع هيكل البيت البلاستيكى من الخشب . ويعطى Sheldrake (١٩٦٩) تفاصيل طريقة إنشاء صوبة من هذا النوع .

وسنتناول بالشرح المفصل طريقة إنشاء نوع من البيوت البلاستيكية المفردة يشيع استخدامه فى دولة الإمارات العربية المتحدة . وتبلغ أبعاد البيت ٦ أمتار عرضًا ، و ٣٦ مترًا طولًا ، ويكون بارتفاع ٢,٧ مترًا . وتستعمل فى هذا النوع من البيوت أنابيب مياه مجلفنة يبلغ قطرها الداخلى $\frac{3}{4}$ بوصة . وتباع هذه الأنابيب بطول قياسى يبلغ ستة أمتار ، ويلزم منها لإقامة البيت الواحد عدد ٧٥ أنبوبة .

يتم ربط الأنابيب ببعضها البعض بواسطة وصلات حديدية بقطر ٢١ ملليمتر تُصنّع على شكل علامة (+) وحروف (T و L) ، ويلزم منها على التوالى عدد ٥١ ، ٤٠ ، ٤ وصلة للبيت الواحد يتم تصنيعها باستخدام ثلاثة أسياخ من حديد التسليح بالقطر المطلوب (شكل ١ – ٨) .

هذا .. ويتم تقطيع المواسير المجلفنة بحيث يتحصل من الـ ٧٥ أنبوبة الكاملة على ٧٦ أنبوبة بطول ٢,٣ مترًا و ٩٠ أنبوبة بطول ٢ متر ، كما يتم ثنى جميع الأنابيب التى بطول ٢,٣ مترًا ، بحيث يشكل كل أربعة منها نصف دائرة بقطر ٦ أمتار .

ثم بعد ذلك إقامة هيكل البيت الذى لا يستغرق عادة أكثر من نصف ساعة إلى ساعة . يتكون هيكل البيت من ١٩ قوسًا بشكل نصف دائرى يبعد كل منهما عن الآخر بمسافة مترين ، وبذلك يكون طول البيت ٣٦ مترًا . يتكون كل قوس من أربعة أنابيب مجلفنة بطول ٢,٣ مترًا لكل منها ، أى يلزم لذلك ٧٦ أنبوبة ، وهو العدد الذى سبق تصنيعه . تربط الأنابيب المكونة للقوس الواحد معًا ومع قطع المواسير التى يبلغ طولها ٢ متر ، والتى يتم تثبيتها بين الأقواس بواسطة الوصلات التى على شكل (+) ، ويلزم لذلك عدد ١٧ (الأقواس الداخلية) × ٣ (عدد الوصلات بالقوس

الواحد) = ٥١ وصلة بشكل (+) . كما يستعمل فى هذه العملية عدد ١٨ × ٣ = ٥٤ أنبوبة بطول ٢ متر ، أما باقى الأنابيب – وعددها ٣٦ أنبوبة – فإنها تستخدم فى ربط أطراف الأقواس ، وتكون مدفونة فى التربة على عمق نحو نصف متر . ويتم ربط الأنابيب بأطراف الأقواس بواسطة الوصلات التى على شكل حرف (I) ، حيث يلزم منها عدد ١٧ × ٢ = ٣٤ وصلة ، أما المتبقى من هذا النوع من الوصلات (وعددها ستة) فيستخدم فى ربط الأقواس الطرفية معًا ومع الأنابيب الممتدة بطول البيت أعلى سطح التربة . ولا يتبقى من الأجزاء التى سبق تصنيعها قبل ذلك سوى أربع وصلات على شكل حرف (L) ، وهذه تستخدم فى ربط نهايات الأقواس الطرفية بالأنابيب الأفقية الممتدة بين الأقواس تحت سطح التربة .

شكل ١ – ٨ : وصلات من أسياخ حديد التسليح بقطر ٢١ ملليمتر على شكل حرف I ، T وعلامة + تستخدم فى وصل الأنابيب المختلفة بقطر $\frac{3}{4}$ بوصة المستخدمة فى إقامة هيكل بيت بلاستيكى مفرد .

هذا .. وتبدأ إقامة الهيكل عادة من أحد جانبيه بإقامة القوس الأول ، ثم إيصاله بالمواسير الأفقية ، وهذه يتم ربطها بالقوس الثانى ، وهكذا حتى القوس الأخير . وبعد إقامة الهيكل يتم مد أسلاك مجلفنة أعلى خطوط الزراعة وعلى مستوى الأقواس مع ربطها بالأقواس بسلك رفيع .

ويحتاج هذا البيت إلى لفة وربع من البلاستيك بعرض ٩,٢٥ مترًا ، وبطول ٤٠ مترًا . ويستخدم عادة بلاستيك بسمك ١٥٠ ميكرون ، ومقاوم للأشعة فوق البنفسجية . ويراعى قبل وضع البلاستيك خلو الهيكل من أية أجسام معدنية خشنة أو مدببة ، أو أية نتوءات بالهيكل ، أو أية أسلاك خارجة ، حتى لا يؤدى ذلك إلى تمزيق البلاستيك .

ويثبت البلاستيك على الهيكل المعدنى بعد تقطيعه إلى أجزاء يبلغ طول كل منها حوالى ١٠ – ١١ متر . تُشد كل قطعة جيدًا على الهيكل ، وتدفن نهايتاها المتداليان على جانبى الهيكل تحت الأرض ، وذلك لتثبيتها وضمان بقائها مشدودة . ويلزم عادة تسع من هذه القطع البلاستيكية لتثبت متجاورة ومتداخلة مع بعضها البعض لمسافة ٣٠ سم .

هذا .. ويوصى بطلى الأسلاك والأنابيب المجلفنة الملامسة للبلاستيك بدهان عاكس للضوء لتقليل الأثر الضار لارتفاع درجة الحرارة الذى قد يؤدى إلى احتراق البلاستيك عند نقطة التلامس (وزارة الزراعة والثروة السمكية – دولة الإمارات العربية المتحدة ١٩٨٢) .

الأنفاق البلاستيكية الاقتصادية

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

ويتألف الهيكل الأساسى لهذه البيوت من أنابيب مجلفنة قطرها الداخلى نصف بوصة . وتجمع هذه الأنابيب معًا بواسطة سلك قوى مقاس (١٠) . ويناسب هذا النوع من الأنفاق زراعة الطماطم ، والفلفل ، والباذنجان ، والفاصوليا ، والكوسة ، والشليك ، والخس .

ويمكن التحكم فى ارتفاع هذا النوع من البيوت باستخدام أنابيب طويلة للأساسات ، مع ترك جزءً كبير منها أعلى سطح التربة ، وبذلك تتوفر نهايتا الأقواس لتضاف إلى ارتفاع البيت .

وتستعمل لتغطية هذه البيوت قطعة واحدة من البلاستيك بطول ٥٠ مترًا ، وبعرض ٧,٢ مترًا ، وبسُمك ١٢٥ ميكرون . ويوضح جدول (١ – ٦) المواد اللازمة لبناء بيت من هذا النوع بعرض ٤ أمتار ، وطول ٤٦ مترًا .

جدول (١ – ٦) : المواد اللازمة لبناء بيت بلاستيكى اقتصادى بعرض ٤ أمتار ، وطوله ٤٦ مترًا .

المادة المستعملة	العدد اللازم
غشاء بولثيلين ٥٠ م × ٧,٥ متر ، وبسمك ١٢٥ ميكرون	١
أنابيب مجلفنة بقطر داخلى نصف بوصة ، وطول ٦ متر	٢٨
أنبوب جامع بقطر داخلى نصف بوصة ، وطول ١,٥ متر	٢٧
أنابيب مقوية ضد الريح بقطر نصف بوصة ، وطول ٢,١ متر	٨
أنابيب الأساسات بقطر بوصة ، وطول ٧٥ سم	٥٦
سلك نمرة ١٠ لربط الأقواس	١٣٠ متر

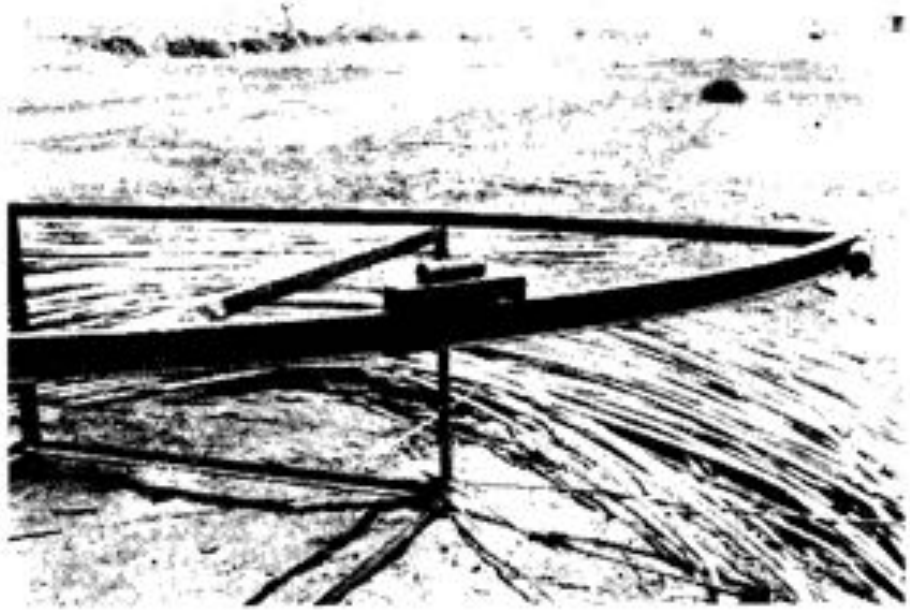
هذا وتتبع الخطوات التالية عند إقامة البيت :

١ – تحدد الزوايا القائمة للبيت فى أركان مستطيل بعرض ٤ أمتار ، وبطول ٤٦ مترًا ، ويتم ذلك بتحديد أحد جانبى البيت بطول ٤ أمتار ، ثم تقام عليه الزوايا القائمة لتحديد موقع الجانبين

الطولين للبيت . ويمكن رسم الزوايا القائمة لأركان البيت بسهولة إذا استخدم خيط بطول خمسة أمتار ليكون وترًا لمثلث قائم الزاوية (عند ركن البيت) طول ضلعيه ثلاثة وخمسة أمتار .

٢ – يلى ذلك تحضير المواد المستخدمة فى عمل البيت . فيتم أولًا تشكيل جميع الأنابيب المجلفنة التى بقطر نصف بوصة وطول ٦ أمتار ليأخذ كل منها شكل نصف دائرى يبلغ نصف القطر فيه ٢ متر . ويمكن عمل ذلك إما على هيكل خاص يُصنع لهذا الغرض (شكل ١ – ٩) ، أو على هيكل من الأنابيب تدق فى الأرض على الشكل المطلوب للأقواس . تستخدم لذلك ٤٠ أنبوبة بقطر نصف بوصة ، وبطول ٧٥ – ١٠٠ سم ، حيث تدق فى أرض صلبة على بعد ٣٠ سم من بعضها البعض . ومن المهم ثنى الأنابيب على بعد ٣٠ سم من طرفيها ، بحيث تكون هذه الأطراف مستقيمة ، وفى وضع عمودى على الأرض عند تركيب الأقواس . ويمكن عمل ذلك إما على الهيكل الخاص الذى سبقت الإشارة إليه (شكل ١ – ١٠) ، وعلى هيكل الأنابيب المثبتة فى الأرض .

شكل ١ – ٩ : هيكل خاص من الحديد يستخدم فى عمل أقواس الأنابيب المجلفنة .



شكل ١ – ١٠ : جانب الهيكل الحديدى المستعمل فى عمل أقواس الأنابيب المخلفة ، ويظهر به الجزء الطرف الذى يستخدم فى جعل أطراف الأقواس مستقيمة .

يلى ذلك عمل ثلاثة ثقوب بقطر $\frac{3}{16}$ بوصة فى كل قوس ، أحدها فى الوسط ، والآخران على بعد ١٥ سم من الطرفين ، ثم تعمل ثقوب أخرى بنفس القطر على بعد ١٥٠ سم من طرف القوس الأول من كل من جانبى البيت ، وعلى بعد ٢٠ سم من طرف القوس الثانى أيضًا من كل من جانبى البيت . ومن الضرورى أن يتم عمل هذه الثقوب بعد ثنى الأقواس . هذا .. ويمكن عمل هذه الثقوب بسهولة بواسطة مثقاب خاص (شنيور) .

٣ – يتم بعد ذلك وضع أساسات البيت ، وهى عبارة عن الأنابيب التى بقطر ١ بوصة وطول ١,٥ متر . ويتوقف عدد هذه الأنابيب على طول البيت ، لكنه يكون دائمًا ضعف عدد الأقواس ، لأن الأقواس تثبت من طرفيها داخل هذه الأساسات . ولتركيب الأساسات تدق أولًا ٤ أنابيب منها فى أركان البيت التى سبق تحديدها على الأرض ، ويشد بينها خيط ، ثم تدق باقى الأساسات على الجانبين الطوليين ، بحيث يكون صافى المسافة بين كل أنبوبتين متجاورتين فى الخط الواحد ١,٥ متر . ويجرى ذلك عمليًا بوضع أجزاء الأنبوب الجامع ، والتى تكون بطول ١,٥ م بين كل أنبوبتين من أنابيب الأساس . هذا .. وتدق أنابيب الأساس فى التربة ، بحيث لا يظهر منها فوق سطح التربة سوى ١٠ – ٢٠ سم .

٤ – تثبت الأقواس بإدخال طرفيها داخل أنابيب الأساسات لمسافة ١٥ سم من كل طرف ، ويتم إحكام ذلك بوضع مسمار بطول ٧ سم في الثقوب التي عملت خصيصًا لهذا الغرض في أطراف الأقواس . يعمل المسمار على منع دخول القوس لأكثر من المسافة المرخوبة في أنبوب الأساس . ويجب أن يراعى وضع القوسين الأول والثاني اللذين عملا خصيصًا في مكانهما بجانبي البيت .

هذا .. ويمكن زيادة ارتفاع البيت باستخدام أنابيب أطول للأساسات مع دفنها في التربة ، بحيث تبرز منها لمسافة ٥٠ سم . تثقب أنابيب الأساسات على بعد ١٥ سم من قمتها ، ويمر بكل ثقب مسمار يمنع دخول طرف القوس لأكثر من ذلك ، وبذلك يضاف نحو ٥٠ سم لارتفاع البيت (شكل ١ – ١١) .

شكل ١ – ١١ : هيكل بيت بلاستيكي من النوع الاقتصادي تظهر به أقواس الأنابيب المعدنية التي تشكل الجزء الأساسي من الهيكل ، والأنابيب الجامعة التي تربط الأقواس مع بعضها البعض من منتصفها ومن الجانبين ، « والجلب » سنه بالأقواس ، والتي يمر فيها الأنبوب الجامع ، وتهايا الأقواس المستقيمتان ، وأنابيب الأساسات التي تبرز من سطح الأرض بنحو ٥٠ سم ، وتثبت فيها أطراف الأقواس (شركة الإنتاج النباتي – جمهورية مصر العربية) .

٥ – يعقب ذلك تركيب الأنبوب الجامع ، وذلك بإدخال السلك مقاس (١٠) من الثقب الموجود فى وسط القوس الأول ، على أن يمر بالقطعة الأولى من الأنبوب الجامع ، ثم من الثقب الموجود بوسط القوس الثانى ، ثم بالقطعة الثانية من الأنبوب الجامع ، وهكذا واحدة بعد الأخرى . وبعد الانتهاء من ذلك يشد السلك جيدًا ، ويثبت حول القوسين الموجودين فى طرف البيت .

هذا .. ويمكن زيادة متانة البيت بزيادة عدد الأنابيب الجامعة إلى ثلاثة أو خمسة تثبت بنفس الطريقة ، أو بالاستعانة « بجلبة » خاصة تثبت فى الأقواس ، ويمرر منها الأنبوب الجامع (شكل ١ – ١١) .

٦ – يلى ذلك تثبيت الأنابيب المقوية ضد الريح (وعددها أربعة ، ويبلغ طول كل منها ٢١٠ سم) وذلك بإدخال سلك مقاس (١٠) فى كل منها ، ثم يدخل طرفا السلك فى الثقوب التى عملت لهذا الغرض على بعد ١٥٠ ، ٢٠ سم من طرفى القوسين الأول والثانى على التوالى .

٧ – تكون الخطوة التالية هى تركيب البرواز الخشبى للأبواب بجانبى البيت . يُطمر الجانب السفلى للباب فى الأرض ، ويثبت جانبه العلوى فى الأقواس مع مراعاة أن يكون ارتفاع الباب بالقدر الذى يسمح بتماس قمته مع القوس ، حتى يمكن تثبيته فيه بصورة جيدة .

٨ – لتغطية البيت بالبلاستيك يتم أولًا حفر خندقين على الجانبين الطوليين للبيت كل منهما بعرض ٢٥ سم ، ولعمق ٢٥ سم . تستخدم قطعة بلاستيك واحدة بطول ٥٠ مترًا ، وعرض ٧,٢ مترًا . يفرش الغطاء البلاستيكى على الأرض ، على أن يزيد طوله عن كل من جانبى البيت بمقدار مترين ، حتى يمكن تثبيت الغطاء على براويز الأبواب . يرفع الغطاء فوق الهيكل تدريجيًا ، على أن تترك زوائد متساوية من الجانبين لطمرها فى الخندق ، مع مراعاة شد الغطاء جيدًا ليكون مقاومًا للرياح تدفن زوايا الغطاء الأربع أولًا فى التربة ، ثم تشد حواف الغطاء ، ويوضع فوقها التراب . هذا ويحسن أن يتم تركيب الغطاء البلاستيكى فى يوم دافىء تزيد درجة حرارته عن ١٥° م لأن تركيب الغطاء وهو متكمش فى يوم بارد يؤدى إلى ارتخائه عند تمدده فى الأيام الحارة .

أما الغطاء البلاستيكى للأبواب ، فيثبت فى البرواز بواسطة شرائح خشبية (سدابات بعرض ٢,٥ سم ، وسمك ٢ سم) تدق على البلاستيك فى البرواز بمسامير (عبد الهادى ١٩٧٨) .

هذا .. وفى المناطق التى تتوفر فيها الأخشاب بأسعار زهيدة يمكن عمل هيكل البيت البلاستيكى الصغير من الخشب . ويعطى Thompson (١٩٧٨) تفاصيل طريقة إنشاء صوبة من هذا النوع .

١ – ٣ – ٤ : تجهيز البيت بمناضد الزراعة (البنشات)

لا تستخدم مناضد الزراعة (البنشات) فى الإنتاج التجارى للخضر ، ولكنها قد تستخدم فى الإنتاج التجارى لنباتات الزينة التى تربى فى الأصص ، كما أنها ضرورة فى البيوت المحمية التى تقام لأغراض البحوث . هذا .. ويصنع هيكل المناضد عادة من الحديد أو الألومنيوم ، كما قد تصنع الأرجل من مواسير المياه . أما سطح المناضد ، فقد يكون ألواح من الحديد ، أو الأسمنت ، أو أية مادة قوية لا تتشرب بالماء .

ومن الضرورى تصميم المناضد ووضعها بحيث تتحقق فيها الشروط التالية :

١ – أن يمكن المرور بينها بسهولة .

٢ – أن يمكن للعامل الوصول لأبعد نقطة فى المنضدة وهو فى الممر .

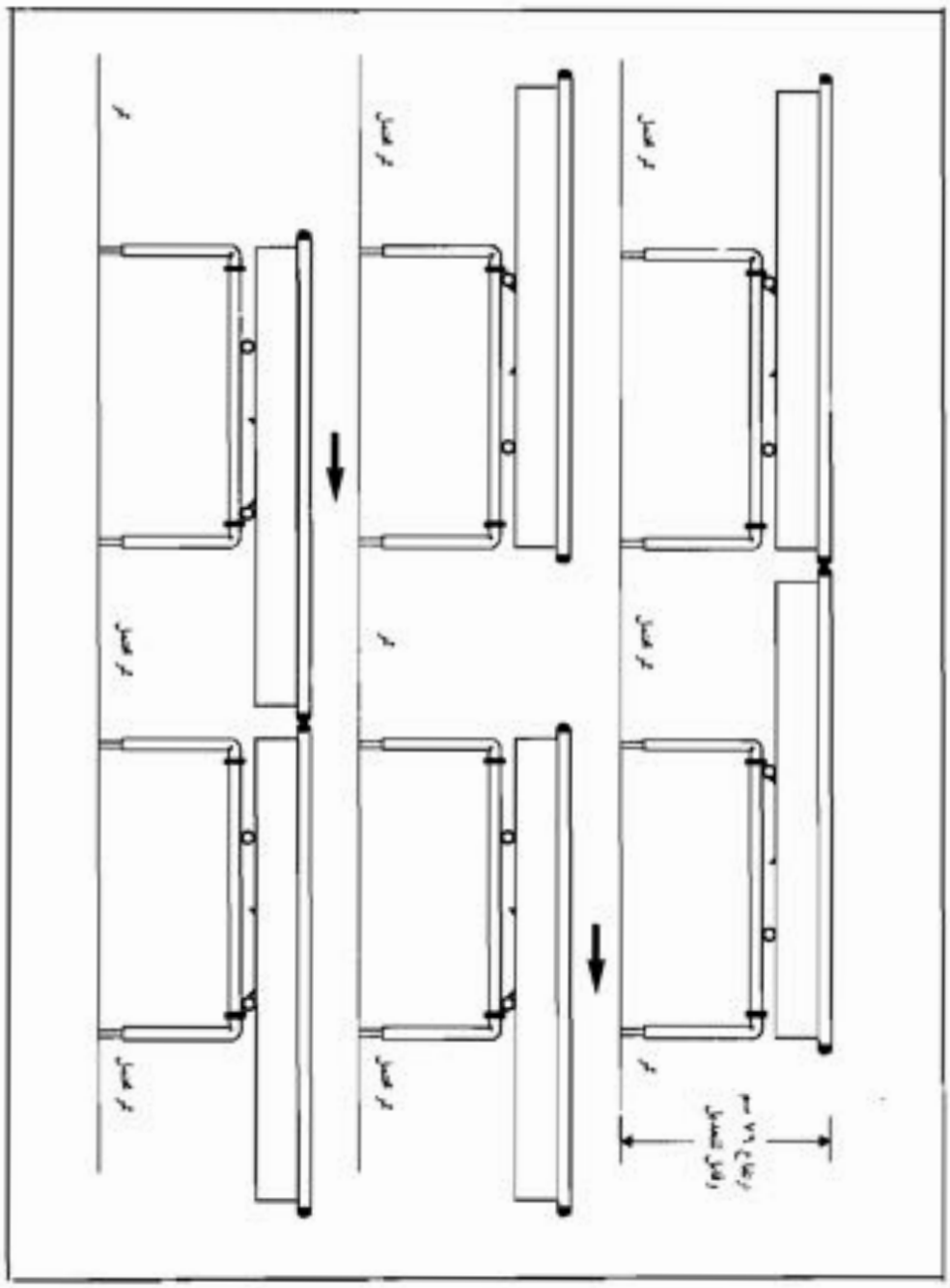
٣ – أن يكون ارتفاع المناضد مناسبًا لطبيعة نمو النباتات التى سترى عليها ، فتكون منخفضة عند استخدامها فى زراعة نباتات طويلة ترى رأسيًا ، وبارتفاع نحو ٨٠ – ٩٠ سم عند استخدامها فى زراعة نباتات قصيرة . هذا .. ويوجد ارتباط بين ارتفاع المنضدة وعرضها ليسهل الوصول إلى أبعد نقطة فيها .

٤ – أن تشغل المناضد أكبر نسبة من مساحة البيت .

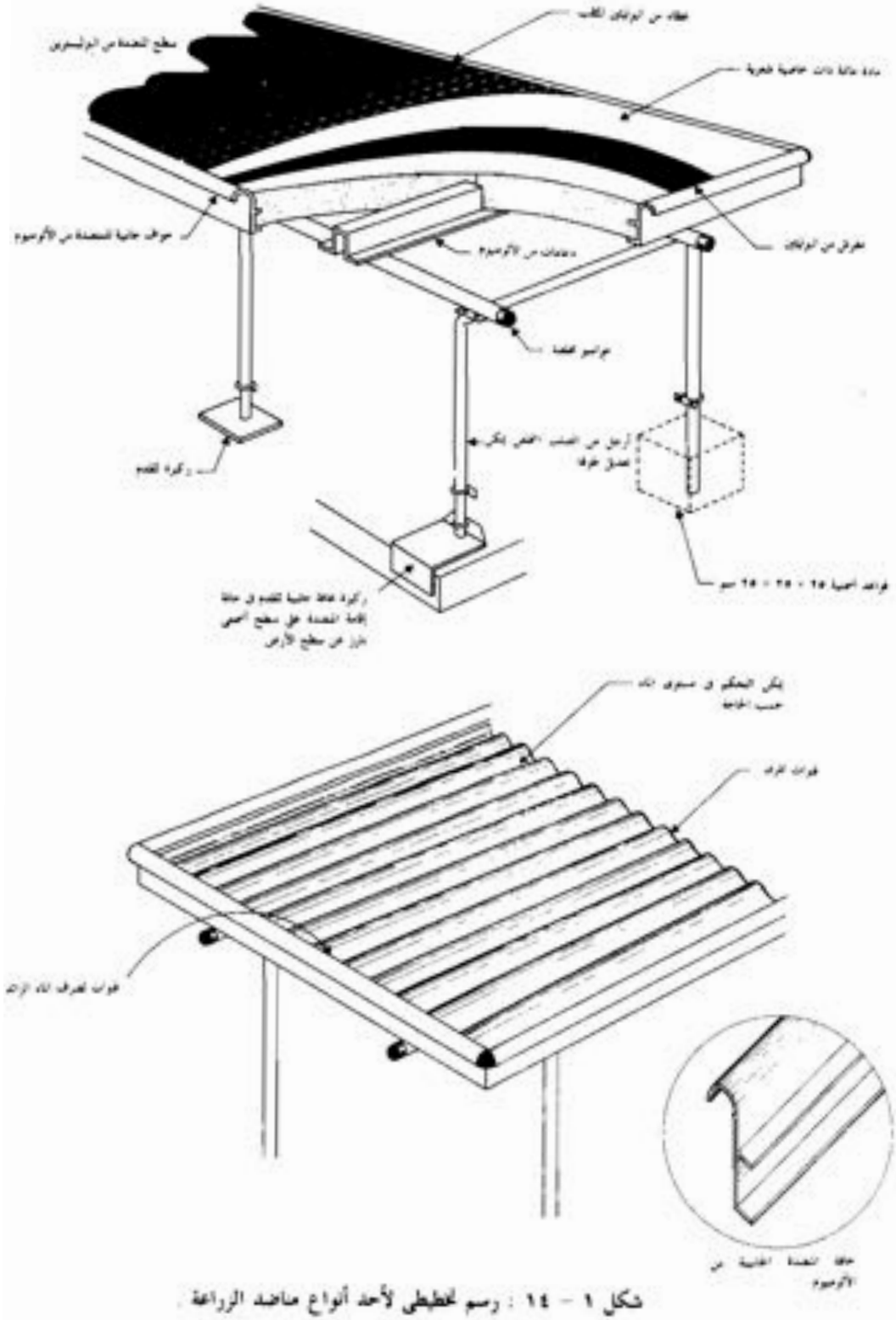
ويوضح شكل (١ – ١٢) طريقتين من الطرق المتبعة فى تصميم المناضد ووضعها ، مع بيان النسبة المئوية التى تشغلها المناضد من أرض البيت فى كل حالة . يسود نظام المناضد الطولية (شكل ١ – ١٢أ) لبساطته ، وفيه يبلغ عرض المناضد حوالى متر ، ولكنها قد تكون أعرض من ذلك حتى ١,٥ متر ، لكن المناضد الضيقة مفضلة لإمكان الوصول إلى أبعد نقطة فيها بسهولة . أما المناضد المتصالبة (شكل ١ – ١٢ ب) ، فإنها تشغل حيزًا أكبر من مساحة البيت (٧٥ – ٨٠٪) . ويفضل أن تكون بعرض ١٥٠ – ١٨٠ سم ، نظرًا لإمكان الوصول إليها من جميع الجهات (Hanan وآخرون ١٩٧٨) .

شكل ١ – ١٢ : طريقتان لتصميم المناضد (البنشات) ، والنسبة المئوية التى تشغلها المناضد من سطح البيت .

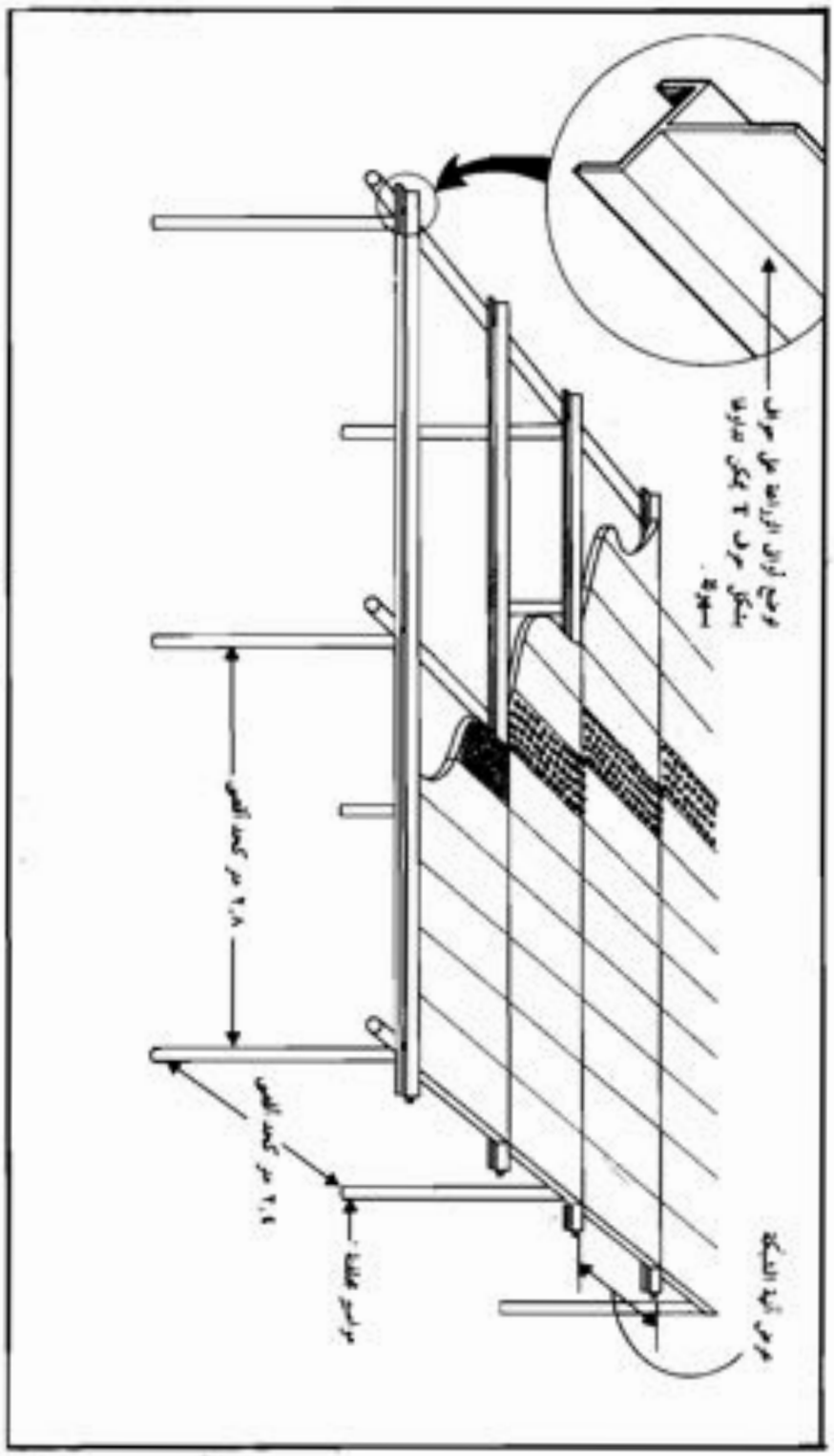
هذا .. وتقوم بعض الشركات المتخصصة بتصنيع منضدات متحركة تسمح باستغلال ما يقرب من ٩٠٪ من مساحة البيت . ويوضح شكل (١ – ١٣) طريقة تصميم وحركة هذه المناضد . وكما هو الأمر مع هياكل البيوت الزجاجية والبلاستيكية ، فقد قطعت صناعة مناضد (بنشات) الزراعة شوطًا متقدمًا . ويبين شكلا (١ – ١٤) ، و (١ – ١٥) خصائص بعض أنواع البنشات (شركة Fordingbridge Engineering – إنجلترا) . ويمكن الإطلاع على المزيد من خصائص مناضد الزراعة من الشركات المختصة مباشرة .



شكل ١ - ١٣ : رسم تخطيطى يبين طريقة تصميم وحركة مناضد الزراعة .



شكل ١ – ١٤ : رسم تخطيطى لأحد أنواع مناضد الزراعة .



شكل ١ - ١٥ : رسم تخطيطي لأحد أنواع صاحبة الزراعة .

١ - ٤ : غطاء البيوت المحمية

تتنوع المواد المستخدمة كأغطية للبيوت المحمية Cladding أو Glazing material ، وتختلف كثيرًا فى خصائصها وأسعارها وعمرها الافتراضى ، وهى أمور يجب أن تؤخذ جميعها فى الاعتبار عند اختيار نوع الغطاء . ومن أهم أنواع الأغطية المستخدمة ما يلى :

١ - الزجـــاج .

٢ - الليف الزجاجى (الفيبرجلاس) Fiberglass .

٣ - البلاستيك وأنواعه كثيرة ، ومن أهمها : البولثيلين Polyethylene ، والبوليفينايل كلورايد Polyvinyl Chloride .

ومن أهم الخصائص التى يجب أخذها فى الاعتبار عند اختيار أى من هذه الأغطية ما يلى :

١ - نفاذية الغطاء للضوء : ففى المناطق التى تكون ملبدة بالغيوم والإضاءة فيها ضعيفة معظم أيام السنة يفضل أن تستعمل فيها الأغطية التى تسمح بنفاذ أكبر نسبة من الضوء الساقط عليها ، وبالعكس .. فإنه يفضل استعمال الأغطية التى تسمح بمرور نسبة أقل من أشعة الشمس فى المناطق الحارة التى تكون فيها شدة الإضاءة عالية معظم أيام السنة . هذا .. وبرغم أن الغطاء يمتص جزءًا من الأشعة الشمسية الساقطة عليه فى صورة حرارة ، إلّا أنه يشعها ثانية ، إما نحو الفضاء الخارجى ، أو إلى داخل البيت . أما باقى الأشعة الساقطة ، فإنها إما أن تنفذ من خلال الغطاء إلى داخل البيت ، أو تنعكس مرة أخرى نحو الفضاء الخارجى .

٢ - نفاذية الغطاء للأشعة تحت الحمراء : وهذا العامل على جانب كبير من الأهمية ليلًا عندما تبعث التربة والأجسام الصلبة بالبيت الحرارة التى اكتسبتها أثناء النهار فى صورة أشعة تحت حمراء طويلة الموجة . فإذا كان الغطاء منفذًا لهذا الأشعة ، فإنها تفقد فى الفضاء الخارجى . ويبرد البيت بسرعة ، بينما تبقى داخل البيت ، وتعمل على رفع درجة الحرارة داخله إن لم يكن الغطاء منفذًا لها .

٣ - نفاذية الغطاء للأشعة فوق البنفسجية : وهذا العامل أقل أهمية . وتزداد أهميته فقط فى المناطق المرتفعة التى تزيد فيها شدة 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 المرئى والأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء كما يلى :

١ - لا تقل درجة نفاذية الأنواع المختلفة من الشرائح البلاستيكية للضوء المرئى عن الزجاج .

٢ - تعتبر أغطية الزجاج والبولثيلين غير منفذة للأشعة فوق البنفسجية . ويعتبر الفيبرجلاس قليل النفاذية ، بينما يعتبر باقى الأغطية البلاستيكية منفذًا .

٣ - أغطية البولثيلين هى الوحيدة المنفذة للأشعة تحت الحمراء ، بينما يعتبر الفيبرجلاس وسطًا ، أما باقى الأغطية ، فهو إما قليل النفاذية ، أو غير منفذ للأشعة تحت الحمراء .

١ - ٤ - ١ : الأغطية الزجاجية

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

ينفذ الزجاج الضوء بنسبة ٩٠٪ تقريبًا ، 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 ليلا داخل البيت ، مما يقلل الحاجة للتدفئة الصناعية .

ولخفض تكاليف التبريد فى المناطق الحارة التى تزيد فيها شدة الإضاءة أنتجت إحدى الشركات الهولندية زجاجًا عاكسًا للضوء اسمه التجارى : هورتى كير Horti care ، وهو زجاج ٤ مم عادى ، إلا أنه معامل بغطاء من أكاسيد المعادن metallic oxides التى تعمل على عكس جزء من أشعة الشمس بدرجة أكبر من الزجاج العادى . فبينما ينفذ الزجاج العادى (٤ مم) نحو ٨٥٪ من الطاقة الشمسية الساقطة عليه ، فإن زجاج الهورتى كير ينفذ من ٦٢ - ٦٨٪ فقط ، والباقى يتم عكسه خارج البيت . ومن الضرورى 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 فى درجة الحرارة فى المناطق الباردة . وقد وجد Breuer وآخرون (١٩٨٠) أن هذا النوع من الزجاج (يسمى تجاريًا باسم هورتى بلس Horti plass) يقلل الفقد الحرارى من البيت بنسبة ٢٠ - ٢٥٪ ، ويمدى بتراوح من ٢٪ فى الجو الممطر الملبد بالغيوم إلى ٤٠٪ فى الجو الصحو . وقد تراوح مقدار الفقد فى الإضاءة عند استعمال هذا النوع من الزجاج ، بالمقارنة بالزجاج العادى بنحو ١١ - ١٣٪ ، إلّا أن استعماله لم يكن اقتصاديًا ، نظرًا لارتفاع سعره بالنسبة للتوفير الذى يحققه فى وقود التدفئة .

هذا .. وبغض النظر عن نوع الزجاج المستخدم ، فإنه يعتبر أطول أنواع الأغطية المستعملة عمرًا ، إلّا أنه يحتاج إلى مراقبة مستمرة لاستبدال الألواح التى تكسر بفعل البرد أو أى عوامل أخرى .

١ - ٤ - ٢ : أغطية الليف الزجاجى (الفيبرجلاس)

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

يتوفر الفيبرجلاس على شكل ألواح أو شرائح مسطحة ناعمة flat أو معرجة Corrugated ، وكلاهما مرن بالقدر الكافى للتشكيل على هيكل البيت ، بحيث يمكن تثبيتهما على أى هيكل .

وقد يثبت الفيبرجلاس على هياكل البيوت البلاستيكية الرخيصة ؛ فتصبح بذلك تكلفة البيت وسطًا بين تكلفة البيت البلاستيكى والبيت الزجاجى ، أو قد يثبت على هياكل البيوت الزجاجية ؛ فتصبح تكلفة البيت الإجمالية قريبة من تكلفة البيت الزجاجى .

من أهم خصائص الفيبرجلاس أنه يعمل على تشتيت أشعة الشمس الساقطة عليه ، الأمر الذى يزيد من تجانس الإضاءة داخل البيت بدرجة أكبر مما فى حالة الغطاء الزجاجى . كما أنه أكثر مقاومة للتكسير بفعل البرد عن الزجاج ، وأكثر تحملًا للانخفاض الشديد فى درجة الحرارة عن البولثيلين .

وبالمقابل .. يعاب على الفيبرجلاس أن السطح الأكريلك للشرائح يتعرض للخدش ، وتتكون فيه النقر بفعل احتكاكه بحبيبات التراب والرمل وبفعل التلوث الكيمائى ، مما يؤدى إلى تعرض الألياف الزجاجية للجو الخارجى ؛ 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 زجاجى ، ثم دهنها بطبقة جديدة من الأكريلك acrylic resin .

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

ومن ناحية النفاذية للضوء ، فإن الفيبرجلاس الشفاف يتشابه تقريبًا مع الزجاج فى هذه الخاصية ، بينما تقل النفاذية للضوء فى الشرائح الملونة (تستخدم هذه الشرائح فى إنتاج بعض النباتات المنزلية التى 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٪ فى شرائح الفيبرجلاس الصفراء ، و ٦٢٪ فى الشرائح الخضراء .

وتعتبر شرائح الفيبرجلاس أقل مقدرة على التوصيل الحرارى من الزجاج . فإذا كانت المقدرة على التوصيل الحرارى ١٠٠٪ فى الهواء ، فإنها تبلغ ٨٨٪ فى الزجاج ، و ٦٣ – ٦٨٪ فى الفيبرجلاس الشفاف . ويعنى ذلك أن البيوت المغطاة بالفيبرجلاس تكون أقل احتياجًا للتبريد صيفًا ، وأقل حاجة للتدفئة شتاء عن البيوت الزجاجية . ومما يساعد على ذلك أن تسرب الحرارة منها يكون بدرجة أقل مما فى البيوت الزجاجية ، نظرًا لأن ألواح الفيبرجلاس تكون أكبر مساحة ، وبالتالى تقل أماكن اتصال الألواح مع الهيكل . وينطبق ذلك بصفة خاصة على ألواح الفيبرجلاس الملساء . أما الألواح المعرجة ، فإنها تزيد كثيرًا من سطح البيت المعرض للجو الخارجى ، مما يزيد الحرارة المفقودة بالإشعاع ، الأمر الذى يتطلب زيادة الحاجة للتدفئة بنحو ٣٠ – ٤٠٪ عما فى حالة استعمال الألواح الملساء .

هذا .. ويقدر سمك شرائح الفيبرجلاس بوزن وحدة المساحة ، وتستخدم عادة شرائح زنة ٤ – ٥ أوقيات للقدم المربع للأسقف ، وشرائح زنة ٤ أوقيات للقدم المربع للجدران .

ونظرًا لأن أسطح شرائح الفيبرجلاس مثل أسطح شرائح البولثيلين – تعتبر طاردة للماء Water repellent – فإن قطرات الماء التى تتكثف عليها سريعًا ما تتساقط من أقل حركة للغطاء بفعل الهواء ، أو عند غلق باب البيت مثلًا ، ولهذا يجب رش البلاستيك من الداخل بمادة تجعله أقل طردًا لقطرات الماء ، حتى تنزلق القطرات عليه من الداخل إلى أن تصل لسطح التربة ، بدلًا من سقوطها على

النباتات . ورغم أنه من الممكن استعمال الصابون العادى لهذا الغرض ، إلا أنه يغسل بسرعة ، ويستخدم لذلك تحضير تجارى يسمى صن كلير sun clear ترش به جدران البيت من الداخل .

ومن أكبر العيوب التى تؤخذ على الفيبرجلاس شدة قابليته للاشتعال (Boodley ، ١٩٨١ Nelson ، ١٩٨٥) .

١ – ٤ – ٣ : أغطية الأغشية البلاستيكية السهلة التشكيل

سنتناول بالدراسة تحت هذا العنوان أكثر نوعين من الأغطية البلاستيكية السهلة التشكيل استعمالًا فى الوقت الحاضر ، وهما : البولثيلين ، والبول فينايل كلورايد ويباع كلاهما على شكل لفائف من الأغشية التى تختلف فى الطول والعرض والسمك حسب الغرض من الاستعمال . ويمكن التمييز بينهما بسهولة ، لأن أغشية البولثيلين تطفو على سطح الماء ، وإذا أحرقت قطعة منه ، فإنها تحترق بسهولة كبيرة ؛ معطية شعلة مضيئة جدًا ، وتكون للأبخرة الناتجة من الاحتراق رائحة الشمع . أما أغشية البول فينايل كلورايد ، فإنها لا تطفو على سطح الماء ، وإذا أحرقت قطعة منه ، فإن شعلتها تكون شاحبة ، وتكون للأبخرة الناتجة من الاحتراق رائحة حامض الأيدروكلوريك (عبد الهادى ١٩٧٤) .

أغشية البولثيلين

يطلق على أغشية البولثيلين polyethylene أيضًا اسم polythene ، ويوجد منها نوعان : أحدهما عادى ، والآخر مضاف له مادة خاصة لامتصاص الأشعة فوق البنفسجية ، ويسمى كوبوليمر copolymer .

١ – البولثيلين العادى

يتآكل البولثيلين العادى عندما يتعرض لأشعة الشمس photodegradable ، والأشعة فوق البنفسجية هى التى تحدث التمزق . ولهذا .. فإنه يستعمل عادة لموسم زراعى واحد لمدة ٦ – ٩ أشهر ، وبحد أقصى سنة واحدة ، ثم يجدد بعد ذلك .

وتعتبر أغشية البولثيلين أرخص الأغشية البلاستيكية وأكثرها انتشارًا . ويتراوح سمك النوع المستخدم فى الصوبات من ١٠٠ – ١٥٠ ميكرون ، ويتوفر بعرض يصل إلى ١٢ م ، وبأى طول . وتبلغ نفاذية البولثيلين العادى للضوء ٨٨٪ ، وهو بذلك مماثل تقريبًا للزجاج الذى تبلغ نفاذيته ٩٠٪ . وهو منفذ لكل من الأشعة فوق البنفسجية (بنسبة ٨٠٪)، والأشعة تحت الحمراء (بنسبة ٧٧٪) ، وبذلك فهو يسمح بنفاذ الأشعة ذات الموجات الطويلة التى تصدر من النباتات والتربة . ويفيد ذلك فى تقليل الحاجة للتهوية والتبريد نهارًا ، لكن تقابل ذلك زيادة الحاجة للتدفئة ليلًا ، نظرًا لأن غطاء البولثيلين يسمح بنفاذ الأشعاع الحرارى الذى يصدر من التربة ليلًا إلى خارج البيت .

هذا .. وفى حالة استعمال طبقتين من البلاستيك كغطاء للصوبات (انظر الجزء ٢ – ١ – ٤) ، فإن نفاذية الغشاءين معًا تنخفض إلى ٧٧٪ . ويفيد استعمال طبقتى البلاستيك فى تقليل الفقد الحرارى .

كما تتوفر أغشية البولیثیلین البیضاء اللون ، وتستعمل لخفض شدة الإضاءة داخل الصوبات فی المناطق الشدیدة الحرارة صیفًا .

٢ – الكوبوليمر Copolymer

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

أغشية البولى فينايل كلورايد

يطلق على أغشية البولى فينايل كلورايد polyvinyl chloride (اختصارًا PVC) أيضًا اسم أغشية الفينايل Vinyl films . وهى تعيش لفترة تتراوح حسب المصادر المختلفة من ثلاث إلى خمس سنوات ، والأغلب أنها تعيش لثلاث سنوات فقط فى المناطق الشديدة الحرارة صيفًا . وتستخدم عادة أغشية بسمك ٢٠٠ – ٣٠٠ ميكرون ، وتتكلف ٣ – ٤ أمثال البولیثیلین العادى سمك ١٥٠ ميكرون .

وبرغم أن نفاذية أغشية البولى فينايل كلورايد للضوء تبلغ ٨٨٪ (وهى تتشابه فى ذلك مع نفاذية أغشية البولیثیلین ، 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 البولى فينايل كلورايد أقل نفاذية من البولیثیلین للأشعة فوق البنفسجية (٧٠٪ للبولى فينايل ، بالمقارنة بـ ٨٠٪ للبولیثیلین) . ومن أهم مميزاتها أنها لا تسمح إلا لنحو ١٢٪ فقط من الأشعة تحت الحمراء بالنفاذ من خلالها ، وبذلك تعمل على الاحتفاظ بالإشعاع الحرارى الصادر من النباتات والتربة ليلًا داخل الصوبة ، وهو الأمر الذى يعمل على رفع درجة الحرارة عن الجو الخارجى ليلًا بنحو ٢ – ٣ درجات مئوية .

١ – ٤ – ٤ : الأنواع الأخرى من الأغطية البلاستيكية

تعمل الشركات دائمًا على إنتاج أنواع جديدة من الأغطية البلاستيكية ، منها الأغطية الجامدة ، والأغطية الغشائية السهلة التشكيل ، لكن كل هذه الأنواع لم يكن لها – حتى الوقت الحاضر – انتشار يذكر ، بالمقارنة بالأنواع التى سبق ذكرها فى القسمين السابقين .

ومن أهم أنواع البلاستيك الجامد الأخرى نوع يسمى البولى فينايل كلورايد الجامد Rigid Polyvinyl Chloride ، وهو أكثر تكلفة من الفيبرجلاس ، وينفذ الضوء بنسبة ٧٠ – ٨٠٪ .

ومن أهم أنواع الأغشية البلاستيكية السهلة التشكيل الأخرى ما يلى :

١ – البولیثیلین تيرى فثاليت Polyethylene terephthalate : وهو يباع تحت الاسم التجارى Mylar . وهو ينفذ الضوء بنسبة ٨٨٪ ، والأشعة تحت الحمراء بنسبة ٢٤٪ ، ويتجدد عادة كل ٤ سنوات ، إلا أنه أكثر تكلفة .

٢ – إيثيلين فينايل أسيتيت Ethylene-vinyl Acetate (اختصارًا : EVA) : يتميز عن الإيثيلين العادى بأنه :

(أ) أكثر نفاذية للضوء .

(ب) أقل نفاذية للإشعاع الحرارى من التربة والنباتات ليلًا .

(جـ) أكثر تحملًا للإشعاع الشمسى ، ويخدم لمدة تتراوح من ٢ – ٥ سنوات ، إلا أنه أكثر تكلفة .

(د) يمكنه أن يتحمل التداول فى درجة حرارة تصل إلى – ٤٠°م ، بينما لا يتحمل البولثيلين العادى درجة حرارة أقل من – ٢٥°م .

٣ – البولى فينايل فلورايد Polyvinyl fluoride (اختصارًا PVF) : ينفذ الضوء بنسبة ٩٢٪ ، والأشعة تحت الحمراء بنسبة ٣٣٪ .

٤ – بولى ميثايل مث أكريليت Polymethyl methacrylate : ينفذ الضوء بنسبه ٩٢٪ (Boodley ١٩٨١ ، Nelson ١٩٨٥) .

١ – ٤ – ٥ : مشاكل استعمال الأغطية البلاستيكية

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

١ – غالبًا ما تتلف شرائح البلاستيك بسرعة أكبر عند أماكن اتصالها بهيكل البيت بسبب ارتفاع درجة الحرارة عند هذه النقط ، وهو الأمر الذى يزيد من معدل أكسدة البلاستيك فى وجود الأشعة فوق البنفسجية . وتعالج هذه الحالة أما بصبغ البلاستيك فى هذه المواقع بمادة بيضاء عاكسة لأشعة الشمس ، أو بتغطية البلاستيك فى هذه الأماكن فى البيوت ذات الهيكل الخشبى بشريحة خشبية أعرض من جزء الهيكل المثبت عليه البلاستيك بمقدار ٢ سم ، وتثبت فى الهيكل الخشبى بمسامير .

٢ – يتعرض البلاستيك للتمزق بفعل العواصف الشديدة .

٣ – غالبًا ما يتكثف بخار الماء على الجدر الداخلية للبيوت البلاستيكية بسبب برودة الجو خارج البيت ، عنه داخله مع زيادة الرطوبة النسبية داخل البيت . ويؤدى التكثف إلى تقليل نفاذية البلاستيك للضوء ، كما أن قطرات الماء قد تسقط على النباتات النامية ؛ مسببة أضرارًا لها . وتعالج مشكلة التكثف هذه بتصميم البيت بحيث يكون الجدران بنحو ٣٥ – ٤٠ درجة ، حتى تنزلق 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 تجاريًا باسم صن كلير sun clear ، حيث تلغى تمامًا هذه المشكلة .

لكن ظاهرة التكثف لها أهميتها أثناء الليل ، إذ يقلل الغشاء المتكثف من فقد الحرارة المكتسبة أثناء النهار بالإشعاع ليلًا ، نظرًا لأن الماء غير منفذ للأشعة تحت الحمراء (Aron. ١٩٨٠) .

١ - ٥ : المراجـــع

إبراهيم ، محمد حسن (١٩٨٦) . مدير شركة العين لإنتاج الخضروات - العين - الإمارات العربية المتحدة . (اتصال شخصي) .

الإدارة المركزية للاقتصاد الزراعي - وزارة الزراعة - جمهورية مصر العربية (١٩٨٩) . إحصائيات المساحة المزروعة ، وإنتاج الخضر في جمهورية مصر العربية لعام ١٩٨٨ - (غير منشورة) .

باسيل ، جورج (١٩٨٦) . اقتصاديات الزراعة في البيوت المحمية . ندوة « الزراعة المحمية » ٢٩ يوليو ١٩٨٦ ، الجمعية المصرية للهندسة الزراعية - كلية الزراعة - جامعة القاهرة .

سالم ، محمد حمدي (١٩٨٥) . اقتصاديات الزراعة المحمية بدولة الكويت . الزراعة والتنمية في الوطن العربي - المجلد الرابع - العدد الخامس - صفحات ٧ - ١١ .

عبد الهادي ، نزيه (١٩٧٤) . المواصفات الفنية للبولثين المستعمل للأغراض الزراعية . رسالة المرشد الزراعي - الحلقة ١٠٧ - صفحات ١ - ٤ . وزارة الزراعة الجمهورية العراقية .

عبد الهادي ، نزيه (١٩٧٨) . زراعة الخضر تحت الأنفاق البلاستيكية المتوسطة الحجم . وزارة الأشغال العامة - الكويت . ورقة إرشادية رقم (٢) - ١٤ صفحة .

عواد ، هشام صلاح (١٩٨٦) . رئيس القسم الزراعي - مركز مزيد التجريبي - العين - الإمارات العربية المتحدة . (اتصال شخصي) .

مديرية البحث والإرشاد الزراعي - وزارة الزراعة - المملكة الأردنية الهاشمية (١٩٨٣) . إنتاج الخضروات تحت البيوت البلاستيكية في الأردن . نشرة رقم ٨٣/٩ - ٦٠ صفحة .

نصار ، أحمد (١٩٨٩) . رئيس مجلس إدارة شركة الإنتاج النباتي - الجيزة - جمهورية مصر العربية . (اتصال شخصي) .

وزارة الزراعة والثروة السمكية - دولة الإمارات العربية المتحدة (١٩٨٢) . إنتاج الخضروات المحمية - ٨٣ صفحة .

Anonymous. 1980. Programme for early tomato production in peat. An Foras Taluntais, Kinsealy Res. Centre, Dublin. 38p.

Boodley, J.W. 1981. The commercial greenhouse handbook. Van Nostrand Reinhold Co., N.Y. 568p.

Breuer, J. J. G. and A.M.G Kieboom. 1981. Hortiplus glass is not yet economically justifiable. Vakblad voor de Bloemisterij 35(44): 134-135 (In Ni).

Collins, W.L. and M.H. Jensen. 1983. Hydroponics: a 1983 technology overview. The Env. Res. Lab., Univ. Ariz., Tucson. 119p.

Harun, J.J., W.D. Holley and K.L. Goldsberry 1978. Greenhouse management. Springer-Verlag, N.Y. 530p.

Mastalerz, J.W. 1977. The greenhouse environment. John Wiley & Sons, N.Y. 629p.

Nelson, P.V. 1978. Greenhouse operation and management. Reston Pub. Co., Reston, Va. 518p.

Nelson, O.V. 1985 (3rd ed.) Greenhouse operation and management. Reston Pub. Co. Reston, Va 598p.

Sheldrake, R., Jr. 1969. Planning, constructing and operating plastic covered green houses. Cornell Misc. Pub. 72. 15p.

Thompson, J.F 1978. Small plastic greenhouses. Univ. Calif., Div. Agr. Sci. Leaflet 2387.
Ware, G.W. and J.P. McCollum. 1980 (3rd ed.). Producing vegetable crops The Interstate Printers & Publishers, Inc., Danville, Illinois. 607p.

الفصل الثانى

طرق التحكم فى العوامل البيئية داخل البيوت المحمية

برغم أن الهدف الرئيسى من الزراعة المحمية كان – وما زال – هو حماية النباتات من الإنحرافات الشديدة فى درجات الحرارة ، إلّا أن المفهوم العام للزراعة المحمية قد توسع فى السنوات الأخيرة ليشمل كافة العوامل البيئية – الجوية منها والأرضية – بغرض توفير الظروف المثلى للنمو النباتى لتحقيق أكبر عائد ممكن من وحدة المساحة . وأهم العوامل البيئية التى يسعى منتج الخضر إلى التحكم فيها فى الزراعات المحمية ما يلى :

١ – درجة الحرارة .

٢ – الرطوبة النسبية .

٣ – شدة الإضاءة .

٤ – نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون .

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

٦ – الرطوبة الأرضية .

٧ – العناصر الغذائية .

٨ – الطفيليات المسببة للأمراض النباتية (سواء منها ما يصيب النباتات عن طريق الجذور ، أو النموات الخضرية) باعتبارها جزءًا من بيئة البيوت المحمية .

هذا .. وسنتناول بالدراسة فى هذا الفصل طرق التحكم فى العوامل البيئية الأربعة الأول المذكورة أعلاه . أما باقى العوامل ، فهى إما أن يرجع إليها فى كتاب : « أساسيات إنتاج الخضر وتكنولوجيا الزراعات المكشوفة والمحمية (الصوبات) » للمؤلف – على أساس أنها تخدم كلًا من الزراعات المكشوفة والمحمية – أو أنها ستقدم فى الفصول التالية من هذا الكتاب الخاص بالزراعة المحمية فقط .

٢ – ١ : أساسيات التحكم فى درجة الحرارة فى البيوت المحمية

يتعين قبل الدخول فى تفاصيل طرق التدفئة والتبريد وحساباتهما أن نتعرف أولًا على بعض المصطلحات المستخدمة فى هذا المجال ، وعلى طرق تنظيم درجة الحرارة ، وطرق انتقالها ، لما لذلك من أهمية كبيرة فى كل من البيوت المدفأة والمبردة على حد سواء .

يعبر عن كمية الحرارة (سواء تلك التى يلزم اكتسابها ، أم تلك التى يلزم التخلص منها) بالوحدات الحرارية البريطانية British thermal units (اختصار Btu) ، وهى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل واحد من الماء درجة واحدة فهرنهيتية .

ونظراً .. لأن عدد الوحدات الحرارية البريطانية الداخلة فى الحساب يكون عادة كبيرًا ، لذلك فإنه يستعاض عنها بقوة الحصان ، وكل قوة حصان تعادل ٣٣٤٧٥ وحدة حرارية بريطانية .

٢ - ١ - ١ : طرق انتقال الحرارة ، والاستفادة العملية من ذلك فى اختيار الغطاء المناسب للبيوت المحمية

تفيد دراسة طرق انتقال الحرارة فى الجوانب التالية :

١ - زيادة كفاءة عملية التدفئة بتقليل فقد الحرارة من داخل البيت إلى خارجه ، مع الاستفادة من الطاقة الشمسية نهارًا ، والحرارة الصادرة من الأجسام الصلبة داخل البيت ليلًا .

٢ - زيادة كفاءة عملية التبريد بتقليل اكتساب البيت للحرارة من الجو الخارجى ، مع سرعة التخلص من هذه الحرارة أولًا بأول .

هذا .. وتنتقل الحرارة بأربع طرق رئيسية هى ما يلى :

١ - الإشعاع Radiation :

يكون الإشعاع على صورة موجات كهرومغناطيسية تندفق بانتظام خلال الفضاء ، وبذلك فإن انتقال الطاقة فى هذه الصورة لا يكون فى صورة حرارة ، لأن ذلك يتطلب حركة جزيئات ، لكن هذا الإشعاع يتحول إلى طاقة حرارية . بمجرد تلامسه مع أى سطح . هذا .. وتكتسب البيوت المحمية الحرارة نهارًا من الأشعة الشمسية التى تنفذ من خلال غطاء البيت ، ثم تتحول إلى طاقة حرارية عند تلامسها مع التربة والأسطح النباتية وغيرهما من الأجسام الصلبة داخل البيت (جانيك ١٩٨٥) .

وبالمقابل .. فإن الأجسام الدافئة داخل البيت (كالتربة والنباتات) تنطلق منها الحرارة بالإشعاع إلى الأجسام الباردة خارج البيت ، دون أن يكون لهذه الظاهرة تأثير ملحوظ على درجة حرارة الهواء الذى تمر من خلاله . يكون هذا الفقد الحرارى فى صورة أشعة طويلة الموجة (تحت الحمراء) ، ويستمر ليلًا ونهارًا ، طالما أن درجة حرارة الأجسام داخل البيت أعلى من درجة الحرارة خارج البيت .

ويستفاد من هذه الحقائق فيما يلى :

(أ) يلزم فى الجو البارد الاستفادة لأكبر درجة ممكنة من الإشعاع الشمسى نهارًا باختيار التصميم والاتجاه المناسبين للبيت والغطاء المنفذ لأكبر نسبة من أشعة الشمس . كما يفضل أن يكون الغطاء غير منفذ للأشعة تحت الحمراء للاحتفاظ بها داخل البيت ليلًا ونهارًا .

(ب) يلزم فى الجو الحار الصحو خفض نفاذية غطاء البيت للإشعاع الشمسى ، كما يفضل أن يكون الغطاء منفذًا للأشعة تحت الحمراء ليتم التخلص من الحرارة المكتسبة أولًا بأول .

(جـ) أما فى الجو المعتدل نهارًا ، المائل للبرودة ليلًا (كما هو الحال فى فصل الشتاء فى المناطق المعتدلة) ، فإنه يفضل أن يكون غطاء البيت غير منفذ للأشعة تحت الحمراء ، حتى يمكن الاستفادة من هذه الأشعة ليلًا فى رفع درجة حرارة البيت عن الجو الخارجى بنحو ٢ – ٣ درجات ، دون الحاجة لعملية التدفئة الصناعية التى تكون عادة غير اقتصادية فى مثل هذه المناطق .

وقد سبقت لنا مناقشة موضوع نفاذية الأنواع المختلفة من الأغطية للأشعة تحت الحمراء فى القسم (١ - ٤) ، وذكرنا أن أغطية الزجاج ، والبولى فينايل كلورايد (سمك ٣٢٥ ميكرون) تعد غير منفذة ، بينما تعتبر أغطية الفيبرجلاس ، والبوليستر ، والبولى فينايل كلورايد (سمك ٧٥ ميكرون) قليلة النفاذية . وتعتبر أغطية البولثيلين هى الوحيدة المنفذة للأشعة تحت الحمراء . وبرغم ذلك .. فإن هذه الأغطية يشيع استخدامها فى المناطق المعتدلة ، لكن من حسن الحظ أن هذه الأغطية غالبًا ما تكون مغطاة من الداخل ليلًا بطبقة من قطرات الماء المتكثفة ، والتى تمنع الفقد الحرارى بالإشعاع ، نظرًا لأن الماء غير منفذ للأشعة تحت الحمراء .

٢ – التوصيل Transmission :

يتم انتقال الحرارة بالتوصيل خلال وسط توصيل من النقط الدافئة إلى الأقل منها حرارة ، كما هو الحال عند فقد الحرارة من البيوت المدفأة ، أو اكتساب البيوت المبردة للحرارة بالتوصيل من خلال الغطاء .

٣ – التلامس أو التخلل أو التسرب infiltration

هنا تنتقل الحرارة من سطح مشع إلى الهواء أو الماء المتحرك ، فترتفع درجة حرارة الوسط الملامس ، ماء أو هواء) وتقل كثافته ، ويبدأ فى التحرك لأعلى ليحل محله هواء أو ماء أبرد ليكتسب حرارة من السطح المشع وهكذا . وتلك هى خاصية انتقال الحرارة التى تعتمد عليها طرق التدفئة فى البيوت المحمية . كما تفقد البيوت المدفأة جزءًا كبيرًا من حرارتها مع الهواء الدافىء المتسرب منها .

٤ – الانعكاس Reflection

حيث تنعكس الحرارة – مثلها فى ذلك مثل الضوء – من الأسطح المعدنية المصقولة (جانيك ١٩٨٥) .

هذا .. ويبين جدول (٢ – ١ عن Nelson ١٩٨١) الفقد الحرارى المتوقع من البيوت المدفأة المغطاة بمختلف أنواع الأغطية . كما يمكن الاستفادة من نفس الجدول فى تقدير إمكانيات التخلص من الحرارة المكتسبة من الجو الخارجى نهارًا فى البيوت المبردة . ويتضح من الجدول أن هواء البيت

يتغير بالكامل – وفى غياب أية تهوية – بمعدل مرتين فى الساعة فى البيوت الزجاجية ، ويصاحب ذلك فقد كبير للحرارة بالتسرب . تل ذلك بيوت الفيبرجلاس التى يكون الفقد فيها بالتسرب نصف ما فى البيوت الزجاجية . أما البيوت المغطاة برقائق البلاستيك ، فلا يحدث فيها أى فقد بالتسرب ، نظرًا لأنها تكون محكمة الغلق ، إلا أن تقديرات أخرى تشير إلى أن معدل تغير هواء البيوت فى الساعة يبلغ ٠,٥ – ١,٠ مرة فى البيوت المغطاة بطبقتين من رقائق البوليثيلين ، و ٠,٧٥ – ١,٥ مرة فى بيوت الفيبرجلاس والبيوت الزجاجية الحديثة الإنشاء ، و ١ – ٢ مرة فى البيوت الزجاجية القديمة التى ما زالت فى حالة جيدة ، و ٢ – ٤ مرات فى البيوت الزجاجية القديمة التى لم تعد فى حالة جيدة .

جدول (٢ – ١) : الفقد الحرارى المتوقع من البيوت المدفأة المغطاة بمختلف أنواع الأغطية .

نوع الغطاء	الفقد الحرارى بالانتقال[أ] (Btu/قدم٢)	الفقد الحرارى بالتسرب[ب] (عدد مرات تغير الهواء/ساعة)	الفقد الحرارى بالاشعاع (٪ من الفقد الكلى)
الزجاج	١,١٣	٢	٤,٤
الفيبرجلاس	٠,٩٥ – ١,٠٠	١	١,٠
البوليستر (Mylar)	١,٠٥	-	١٦,٢
البوليثيلين :			
طبقة واحدة	١,٢٠	صفر	٧٠,٨
طبقتان	٠,٧٠	صفر	-
طبقة واحدة بها خلايا هوائية بقطر $\frac{٣}{١٦}$ بوصة	٠,٦٠	-	-

(أ) يعبر عن الحرارة المفقودة بالانتقال بالوحدات الحرارية البريطانية التى تنفذ من خلال قدم مربع من الغطاء فى الساعة عندما تكون الحرارة الخارجية أقل من الداخلية بدرجة فهرنهيتية واحدة .

(ب) يحدث الفقد بالتسرب من خلال المسافات بين أجزاء الغطاء . ويعبر عنها بعدد مرات تغير هواء البيت فى الساعة .

ويبلغ أعلى فقد بالانتقال فى حالة أغطية البوليثيلين ، تليها الأغطية الزجاجية ، فالبوليستر ، فأغطية الفيبرجلاس . وجميعها متقاربة ، لكن معدل الفقد بالانتقال ينخفض كثيرًا عند استعمال طبقتين من البولثين العادى ، أو عند استعمال طبقة واحدة بها خلايا هوائية بقطر $\frac{٣}{١٦}$ بوصة .

وكما هو متوقع .. فإن النسبة المئوية للفقد الحرارى بالإشعاع تبلغ أقصاها فى البيوت المغطاة بالبوليثيلين ، وتقل كثيرًا فى البيوت المغطاة بالبوليستر ، وتكون منخفضة للغاية فى البيوت الزجاجية وبيوت الفيبرجلاس .

ونظرًا للارتفاع الكبير فى تكلفة التدفئة فى البيوت المحمية (وهو الأمر الذى صاحب الارتفاع فى أسعار النفط خلال الفترة من عام ١٩٨٣ ، وحتى عام ١٩٨٥) لذا فقد اتجهت الدراسات نحو إنتاج أنواع من الأغطية تقلل الفقد الحرارى من البيوت المدفأة إلى أدنى مستوى ممكن . ويبين جدول (٢ – ٢) مقارنة بين الأغطية التقليدية (طبقة واحدة من الزجاج ، أو الفيبرجلاس ، أو البولثيلين) وعدد من الأغطية الأخرى الحديثة فى مقدار الفقد الحرارى الذى يحدث من خلالها . ويتضح من الجدول أن أكثر أنواع الأغطية كفاءة فى تقليل الفقد الحرارى هو الغطاء المكون من ثلاث طبقات من الزجاج ، تفصل بين كل اثنين منها مسافة ٦ مم ، يليها استعمال غطاء أكريلكى Acrylic ذى طبقتين بسمك ١٦ مم ، أو غطاء من البولى كربونات Polycarbonate ذى طبقتين بسمك ١٦ مم . وبالمقارنة .. فإن أقل أنواع الأغطية كفاءة فى تقليل الفقد الحرارى هو غطاء الفيبرجلاس ، فغطاء البولثيلين من طبقة واحدة بسمك يتراوح من ٥٠ – ١٥٠ ميكرون ، فغطاء الزجاج العادى المكون من طبقة واحدة . أما باقى الأغطية المذكورة فى الجدول ، فإنها تعد وسطًا فى هذا الشأن .

جدول (٢ – ٢) : الفقد الحرارى من مختلف أنواع أغطية البيوت المحمية .

نوع الغطاء	الفقد الحرارى (U)(١) Btu	W	الفقد بالاشعاع (٪ من الفقد الكلى)
الزجاج : طبقة واحدة	١,١٣	٦,٤٠	٤,٤
طبقتان يفصل بينهما مسافة ٦ مم	٠,٦٥	٣,٦٨	
ثلاثة طبقات يفصل بين كل اثنين منها مسافة ٦ مم	٠,٤٧	٢,٦٦	
البولى فينايل كلورايد	٠,٩٢	٥,٢١	
الفيبرجلاس	١,٢٠	٦,٨٠	١,٠
الاكريلك : طبقة واحدة بسمك ٣ مم	١,٠٠	٥,٦٧	
طبقتان بسمك ١٦ مم	٠,٥٨	٣,٢٩	
طبقتان بسمك ٨ مم	٠,٦٤	٣,٦٣	
البولى كاربونات : طبقتان بسمك ١٦ مم	٠,٥٨	٣,٢٩	
طبقتان بسمك ٦,٥ مم	٠,٦٩	٣,٩١	
البولثيلين : طبقة واحدة بسمك ٥٠ ـ ١٥٠ ميكرون	١,١٥	٦,٥٢	٧٠,٨
طبقتان	٠,٧٠	٣,٩٧	
البوليستر (ميلار Mylar)	١,٠٥	٥,٩٥	١٦,٢
البولى فينايل فلورايد : طبقة واحدة			٣٠,٠
طبقتان	٠,٧٦	٤,٣١	

(١) U هى مجموع الفقد الحرارى الناتج من التوصيل والاشعاع ، وتقدر اما بالـ Btuالكل قدم مربع / ساعة / فرق درجة واحدة فهرنهيتية بين الحرارة داخل وخارج البيت ، أو بالـ W لكل متر مربع / ساعة / فرق درجة واحدة مئوية بين الحرارة داخل وخارج البيت .

٢ - ١ - ٢ : حساب احتياجات التدفئة

تستخدم المعادلة التالية لحساب الاحتياجات الحرارية اللازمة لتدفئة البيوت المحمية بالوحدات الحرارية البريطانية فى 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 فى الساعة .

A_1 مساحة غطاء البيت بالقدم المربع .

A_2 مساحة جدران البيت المصنوعة من مواد أخرى غير مادة الغطاء .

R مقاومة مادة جدران البيت (غير الغطاء) لتوصيل الحرارة (معبرًا عنها ، بالمقارنة بتوصيل الحرارة فى مادة الغطاء) . ويوضح جدول (٢ - ٣) قيمة R حسب المادة التى تصنع منها جدران البيت .

T أكبر فرق متوقع فى درجة الحرارة بين خارج البيت وداخله بالفهرنهيت .

G معامل التوصيل الحرارى للغطاء حسب أكبر فرق متوقع فى درجة الحرارة بين خارج البيت وداخله . ويبين جدول (٢ - ٤) قيمة G حسب الفرق المتوقع فى درجة الحرارة .

W معامل سرعة الرياح . يستخرج هذا المعامل من جدول (٢ - ٥)

C معامل الإنشاء . تتحدد قيمته بحالة البيت ، وكيفية إنشائه ، ومدى إحكامه ، ويستخرج من جدول (٢ - ٦) حسب حالة البيت (Mastalerz ١٩٧٧) .

جدول (٢ - ٣) : المعامل R للمادة التى تتكون منها جدران البيت السفلية إن وجدت .

مادة جدران البيت السفلية ومواصفاتها	R
ألواح أسبستوس الأسمنت Asbestos Cement Board	
معرجة بسمك ٩,٥مم	٠,٩٤
أسمنت : سمك ١٠سم	٠,٧٦
سمك ١٥سم	٠,٦٧
قوالب أسمنتية : سمك ١٠سم	٠,٥٨
سمك ٢٠سم	٠,٤٦
قوالب طوب (طابوق) سمك ٢٠سم	٠,٤٣

جدول (٢ - ٤) : معامل التوصيل الحرارى لغطاء البيت (المعامل "ك" للزجاج[١]) حسب أكبر فرق متوقع فى درجة الحرارة بين خارج البيت وداخله .

أكبر فرق متوقع لدرجة الحرارة بين خارج البيت وداخله (ف°)	معامل التوصيل "ك" للزجاج
٥٠	١.٠٩
٥٥	١.١٠
٦٠	١.١١
٦٥	١.١٢
٧٠	١.١٣
٧٥	١.١٤

(١) تقرء جداول طبع أخرى للمعامل "ك" عندما يكون غطاء البيت من مواد أخرى غير الزجاج

جدول (٢ - ٥) : معامل سرعة الرياح "ر"[٢]

سرعة الرياح (ميل / ساعة)[٣]	معامل سرعة الرياح "ر"	معامل سرعة الرياح المعدل "ر"
١٥ أو أقل	١.٠٠	١.١٠
٢٠	١.٠٤	١.١٤
٢٥	١.٠٨	١.١٨
٣٠	١.١٢	١.٢٢
٣٥	١.١٦	١.٢٦

(١) تؤدى زيادة سرعة الرياح عن ١٥ ميلا فى الساعة إلى زيادة احتياجات التدفئة بنسبة ٤٪ لكل زيادة قدرها ٥ أميال/ ساعة فى سرعة الرياح

(٢) يعتبر معامل سرعة الرياح بمثابة معامل تصحيح لمعامل التوصيل الحرارى نتيجة غطاء البيت بسبب تأثير زيادة سرعة الرياح على كفاءة الغطاء فى توصيل الحرارة

(٣) تستخدم القيم المثيلة هذه عندما تدفع أجهزة التدفئة تيار الهواء الداخلى لخو غطاء البيت

جدول (٢ - ٦) : معامل الإنشاء "ح"[١] .

نوع البيت وحالته	معامل الانشاء "ح"
هيكل البيت من المعادن فقط وشرائح الزجاج بعرض ٦٠ سم	١.٠٨
هيكل البيت من الخشب والمعادن وشرائح الزجاج بعرض ٤٠ أو ٥٠ سم	١.٠٥
هيكل البيت من الخشب وشرائح الزجاج بعرض ٥٠ سم :	
البيت محكم الغلق	١.٠٠
البيت متوسط الأحكام	١.١٣
البيت غير محكم	١.٢٥
هيكل البيت من الخشب والغطاء الفيبرجلاس	٠.٩٥
هيكل البيت من المعدن والغطاء من الفيبرجلاس	١.٠٠
هيكل البيت معدنى والغطاء بلاستيكى : طبقة واحدة	١.٠٠
طبقتان بينهما فراغ هوائى قدره ٢.٥ سم	٠.٧٠

(١) يغير هذا المعامل من الاحتياجات الكلية المحسوبة للتدفئة . ويعتمد على مادة هيكل البيت . وغطائه . ومدى إحكامه .

وبرغم دقة المعادلة السابقة فى تقدير الاحتياجات الحرارية اللازمة ، إلّا أنها تتطلب بيانات كثيرة قد لا تتوفر لدى المزارع العادى ، لذا فإنه يشيع استخدام صور أخرى منها أكثر تبسيطًا من السابقة ، وفيها تُحسب احتياجات التدفئة كالتالى :

حيث إن : $$H = u\ A\ (t_i - t_o)$$

H هى احتياجات التدفئة ، مقدرة بالوحدات الحرارية البريطانية فى الساعة .

u ثابت يتوقف على نوع غطاء البيت (وهو الموضح تحت العمود "Btu" فى جدول ٢ – ٢)

A مساحة البيت الخارجية بالقدم المربع .

t_i درجة الحرارة الداخلية بالفهرنهيت .

t_o درجة الحرارة الخارجية بالفهرنهيت

وبرغم تأثر قيمة u بسرعة الرياح ، إلّا أن القيم المبينة فى جدول (٢ – ٢) هى المتفق عليها ، على اعتبار أن متوسط سرعة الرياح يبلغ حوالى ٢٤ كم/ساعة . ولبيان تأثير الرياح فى هذا الشأن ، فإن قيمة u المتفق عليها لغطاء زجاجى من طبقة واحدة – وهى ١,١٣ – تنخفض إلى ١,٠٥ عندما لا يكون البيت معرضًا للرياح ، وتزيد إلى ١,١٥ فى حالة تعرض البيت للرياح .

ويعنى استخدام هذه المعادلة أنه فى حالة البيوت البلاستيكية المغطاة بطبقة واحدة من البولييثيلين يلزم ١١٥٠ وحدة حرارية بريطانية/ساعة/ ١٠٠٠ قدم^2 من المساحة الخارجية للبيت لكل درجة واحدة فهرنهيتية من الفرق فى درجات الحرارة داخل وخارج البيت (Sheldrake وآخرون ١٩٦٢ ، Sheldrake ١٩٦٧) .

طريقة حساب المساحة الخارجية للبيت

يتطلب حساب احتياجات التدفئة (وكذلك التبريد) فى البيوت الضخمة معرفة المساحة الخارجية للبيت . ويمكن تقدير ذلك فى الأنواع المختلفة من البيوت ، كالتالى :

١ – البيوت المفردة ذات الشكل الجمالونى المتناظر الانحدار على جانبى البيت Even Span : تتكون الأسطح الخارجية من (شكل ٢ – ١) :

(أ) الجانبان الطوليان للبيت ، وهما مستطيلان .

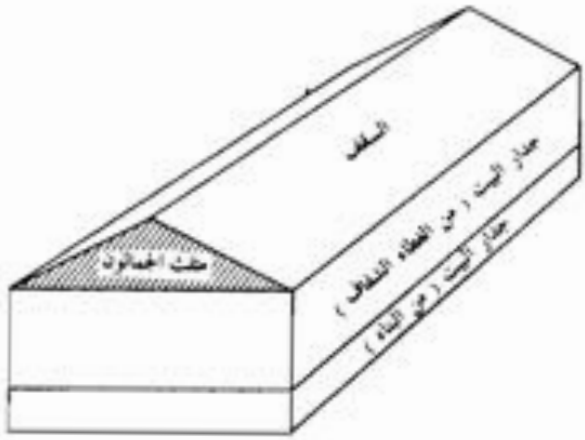
(ب) الجانبان القصيران للبيت ، ويتكون كل منهما من :

(١) الجزء السفلى ، وهو مستطيل .

(٢) الجزء العلوى (تحت الجمالون) ، وهو مثلث يتساوى فيه ضلعان .

(جـ) جانبا السقف المنحدران ، وهما مستطيلان .

وتحسب أطوال ومساحة الأشكال الهندسية المختلفة كالتالى :



شكل ٢ - ١ : رسم تخطيطى للبيت الجمالونى الناظر الاتجاه على الجانبين even span وبين الأجزاء المختلفة من البيت اللازمة لحساب مساحه الخارجية واحتياجات التدفئة .

مساحة المستطيل = الطول × العرض

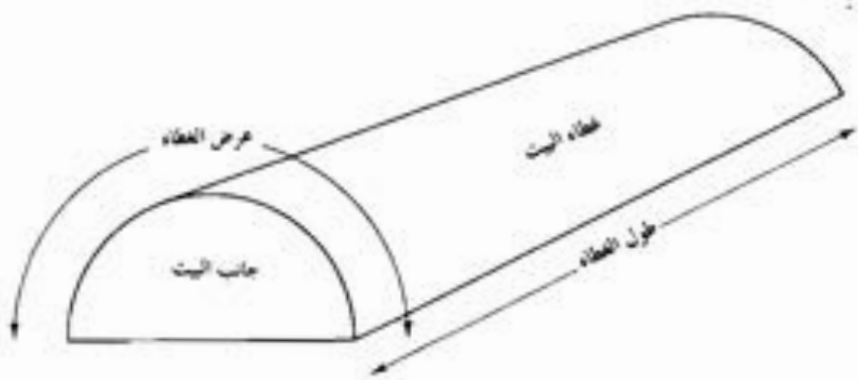
مساحة المثلث الذى يتساوى فيه ضلعان = نصف القاعدة × الارتفاع . هذا .. وتعتبر قاعدة المثلث هى الجانب القصير للبيت ، أما ارتفاعه ، فهو المسافة من مركز الجمالون إلى الأرض ، مطروحًا منها ارتفاع الجانب الرأسى من البيت .

طول الضلع القصير لكل من جانبى السقف المنحدرين (أو وتر مثلث الجمالون)

= √ مربع نصف قاعدة مثل الجمالون + مربع ارتفاع مثلث الجمالون

٢ - البيوت المفردة النصف أسطوانية Quonset :

يعتبر كل بيت بمثابة نصف أسطوانة (شكل ٢ - ٢) ، وتحسب مساحته الخارجية بالمعادلة التالية :



شكل ٢ - ٢ : رسم تخطيطى للبيت النصف أسطوانى quonset يبين الأجزاء المختلفة من البيت اللازمة لحساب مساحه الخارجية واحتياجات التدفئة .

المساحة الخارجية للبيت = $\frac{1}{4}$ (٢ ط نق ل + ٢ ط نق^{2}) .

حيث إن ط = ٣,١٤٢ ، و نق = ارتفاع البيت ، و ل = طول البيت

٣ - البيوت المفردة ذات الشكل النصف أسطوانى المحور Modified quonset :

تتكون الأسطح الخارجية للبيت من :

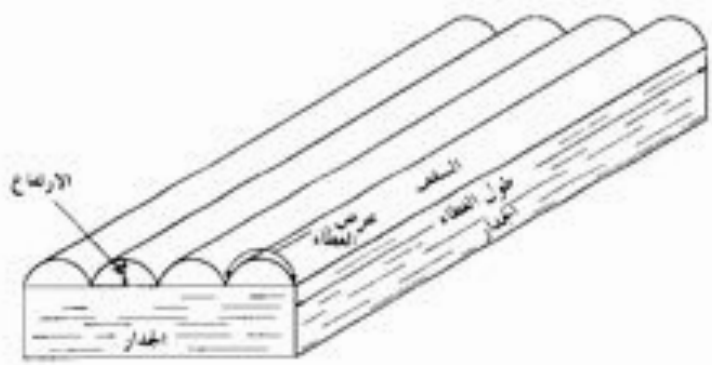
(أ) الجزء السفلى للبيت ، ويتكون من :

(١) الجانبان الطوليان للبيت ، وهما مستطيلان .

(٢) الجانبان القصيران للبيت ، وهما مستطيلان .

(ب) الجزء العلوى للبيت ، ويمكن اعتباره نصف أسطوانة ، وتحسب مساحته كما فى حالة البيوت انصف أسطوانية .

ويبين شكل (٢ - ٣) مجمعًا من البيوت المتصلة ذات الشكل النصف أسطوانى المحور .



شكل ٢ - ٣ : رسم تخطيطى لمجموعة من البيوت المتلاصقة ، كل منها على شكل نصف أسطوانى محور modified quonset بين الأجزاء المغطاة للبيت اللازمة لحساب مساحته الخارجية واحتياجات التدفئة .

طريقة حساب حجم البيت

تتوقف قوة التدفئة أو التبريد اللازمين للبيت على حجمه . ويمكن تقدير ذلك فى الأنواع المختلفة من البيوت كالتالى :

١ - البيوت المفردة ذات الشكل الجمالونى المتناظر الأنحدار على جانبى البيت even span :

يقدر حجم البيت من المعادلة التالية :

$$V = L \times [(He \times W) + (\frac{Hr \times W}{2})]$$

حيث إن V = حجم البيت ، و L = طول البيت ، و He = ارتفاع الجانب الرأسى من البيت ، و W = عرض البيت ، و Hr = ارتفاع مثلث جمالون السقف .

٢ – البيوت المفردة النصف أسطوانية Quonset :

يعتبر كل بيت بمثابة نصف أسطوانة ، ويحسب حجمه بالمعادلة التالية :

حجم البيت = طول البيت × ($\frac{1}{2}$ × ط نق^{2})

حيث إن نق = نصف عرض البيت .

٣ – البيوت المفردة ذات الشكل النصف أسطوانى المحور Modified quonset

يتكون البيت من جزءين هما :

(أ) الجزء السفلى ، وهو متوازى مستطيلات .

(ب) الجزء العلوى ، وهو نصف أسطوانة ، فيها نصف القطر يساوى ارتفاع هذا الجزء . وبالتالى ، فإنه يمكن حساب حجم البيت بالمعادلة التالية :

حجم البيت = طول البيت [(عرض البيت × ارتفاع الجزء السفلى)

$$+ \frac{(\text{ط} \times \text{مربع ارتفاع الجزء العلوى})}{2}]$$

حيث إن ط = ٣,١٤٢ ، ومربع ارتفاع الجزء العلوى = نق^{2}

٢ – ١ – ٣ : منظم الحرارة

يستخدم منظم الحرارة Thermostat فى تنظيم درجة الحرارة داخل البيوت المحمية ، ويعمل الجهاز على التحكم فى درجة الحرارة عن طريق التشغيل الآلى لأجهزة التدفئة والتبريد ونظام التهوية ، سواء بالتحكم فى تشغيل المراوح ، أو فتح وغلق منافذ التهوية . ويتم تحديد ذلك مسبقًا بضبط المنظم على درجات الحرارة التى يتعين عندها تشغيل أو إيقاف أى 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 .

ولكى تكون كفاءة منظم الحرارة أعلى ما يمكن ، تعين مراعاة ما يلى بشأنه .

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

٢ – يجب أن يكون موضع المنظم قريبًا من مستوى القمة النامية للنباتات .

٣ – يجب إبعاد المنظم كلية عن أشعة الشمس المباشرة التى تؤدى إلى رفع درجة حرارته عن درجة حرارة الهواء المحيط به . ويتحقق ذلك بوضعه داخل صندوق خشبى ، مع دهان السطح الخارجى للصندوق باللون الأبيض أو الفضى لعكس أشعة الشمس .

٤ – كما يجب أن يكون المنظم فى مكان جيد التهوية ، ويتحقق ذلك بجعل جوانب الصندوق على شكل ريش تعلو 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 ١٠°م ، بحيث يعطى رنين جرس فى منزل المزارع إذا انخفضت درجة الحرارة إلى هذا الحد . ويفيد ذلك فى تدارك الأمر فى 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 احتياطى لضمان عمله حتى فى حالة انقطاع التيار الكهربائى .

٦ – يجب وضع ترمومتر آخر عادى داخل الصندوق للتأكد من دقة عمل منظم الحرارة .

٢ – ١ – ٤ : وسائل التوفير فى الطاقة اللازمة للتدفئة أو التبريد

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

وفيما يلى بيان بالطرق والوسائل المتبعة بغرض توفير الطاقة اللازمة للتدفئة أو التبريد فى البيوت المحمية :

١ – اختيار تصميم البيت وتحديد اتجاهه بما يتناسب والظروف الجوية السائدة فى المنطقة ، نظرًا لأن كلا الأمرين يؤثر على كمية الضوء التى تنفذ داخل البيت ، وبالتالى على كمية الطاقة الحرارية التى تصل إلى البيت مع الأشعة الشمسية . هذا .. وقد سبقت مناقشة موضوعى تصميم البيوت (الجزء ١ – ٢) واتجاهها (الجزء ١ – ٣ – ١) .

٢ – اختيار نوع الغطاء وسمكه بما يتناسب أيضًا والظروف الجوية السائدة فى المنطقة ، نظرًا لأن الغطاء لا يؤثر فقط على كمية الضوء التى تنفذ داخل البيت ، بل يؤثر أيضًا على فقد الحرارة من داخل البيت إلى الخارج ، سواء أكان ذلك الفقد بالتوصيل ، أم بالإشعاع ، أم بالتسرب ، وقد سبقت أيضًا مناقشة موضوعى تأثير الغطاء على نفاذية الضوء (الجزء ١ – ٤) وعلى فقد الحرارة (الجزء ٢ – ١ – ١) .

٣ – استعمال طبقتين أو ثلاث طبقات من الغطاء بدلًا من طبقة واحدة ، نظرًا لأن ذلك يقلل معامل التوصيل الحرارى للغطاء بدرجة كبيرة . فإذا كان معامل التوصيل الحرارى لطبقة واحدة من الغطاء واحدًا صحيحًا ، فإن هذه القيمة تنخفض بنسبة ٤٢٪ ، و ٥٨٪ عند استخدام طبقتين وثلاث طبقات من الزجاج على التوالى ، وبنسبة ٤٠٪ عند استخدام طبقتين من البولىثيلين (جدول ٢ – ٢) . ويعنى ذلك انخفاض احتياجات التدفئة والتبريد بنفس النسبة .

٤ – ضرورة إقامة البيوت المحمية بجانب مصدات الرياح لخفض معامل سرعة الرياح (W) فى حسابات التدفئة (الجزء ٢ – ١ – ٢) .

٥ – الاهتمام بحالة البيت ومدى إحكامه ، وتغيير الزجاج المكسور أولًا بأول لخفض معامل الإنشاء "C" فى حسابات التدفئة (الجزء ٢ – ١ – ٢) .

٦ – التقليل – قدر المستطاع – من حركة الهواء الدافىء قريبًا من جدران البيت ، لأن هذه التيارات الهوائية تزيد من فقد الحرارة بالتوصيل . ويمكن التحكم فى ذلك الأمر بالاختيار الأمثل لوضع المدفئات وأنابيب التدفئة فى البيت (الجزء ٢ – ٢) .

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

٨ – الاستفادة القصوى من عملية التهوية فى خفض احتياجات التبريد ، أو الاستغناء عنها نهائيًا فى المناطق المعتدلة (الجزء ٢ – ٤) .

٩ – يمكن خفض الفاقد فى الحرارة ليلًا بمقدار ٧٠ – ٨٠٪ فى البيوت المحمية التى تتكون أسقفها من طبقتين من الغطاء بدفع رغوة foam خاصة بين الطبقتين . ويتم ذلك بدفع تيار من الهواء فى سائل يتمدد بمقدار ١٠٠٠ ضعف ، مكونًا الرغوة التى تنتشر بين طبقتى الغطاء . هذا .. وتتلاشى الرغوة فى خلال نصف ساعة ، ويتجمع السائل من جديد فى خزان خاص ليتم ضخه من جديد حسب الحاجة . ويمكن استخدام نفس النظام للحماية الجزئية من أشعة الشمس القوية نهارًا (Collins & Jensen ١٩٨٣) .

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 فى حالة عدم توفر شباك التظليل رش السطح الخارجى للبيت بالجير فى بداية فصل الصيف .

١١ – يمكن تحسين التدفئة ليلًا بملء أنابيب بلاستيكية واسعة بالماء ، مع جعلها ممتدة على سطح التربة قريبًا من خطوط الزراعة ، حيث يكتسب الماء كمية كبيرة من الحرارة نهارًا ، نظرًا لارتفاع حرارته النوعية ، ثم يفقدها ليلًا بالإشعاع إلى جو البيت بالقرب من النباتات (شكل ٢ – ٤) .

استخدام طبقتين من الغطاء فى البيوت المحمية

سبق أن بينا أن استعمال طبقتين من الغطاء بدلًا من طبقة واحد يقلل معامل التوصيل الحرارى للغطاء بنسبة ٤٠٪ ، ويخفض احتياجات التدفئة – والتبريد – بنفس القدر . ولهذا .. فقد اتجهت الدراسات نحو الاستفادة من هذه الخاصية . وكانت البداية فى البيوت البلاستيكية ، نظرًا لرخص أغطية رقائق البلاستيك كثيرًا عن ألواح الزجاج أو الفيبرجلاس .

هذا .. ولتحقيق أكبر قدر من الاستفادة من طبقتى الغطاء فى خفض معامل التوصيل الحرارى يلزم تأمين مساحة أربعة 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 فى خفض معامل التوصيل الحرارى . وفى حالة تلامسهما ، فإنهما يعملان معًا كطبقة واحدة ، ولا يؤثران على معامل التوصيل . أما فى حالة زيادة المسافة بينهما ، فإن ذلك يكون مصاحبًا 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 .

شكل ٢ - ٤ : تدفئة القفل بالأنابيب البلاستيكية المملوءة بالماء ، والممتدة بين خطوط الزراعة . يكتسب الماء الحرارة نهارًا ، ويفقدها ليلًا بالإشعاع .

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 قادرًا على دفع ٠,٧٥ - ١,٥٠ م٣ من الهواء/دقيقة ، وبقوة نصف حصان تقريبًا ، ويستهلك ٤٠ وات/ ساعة ويجب أن يكون الضغط بين شريحتي البلاستيك ٥ - ٧,٥ مم ماء . ويمكن قياس ذلك بواسطة مانومتر manometer يتم تصنيعه من أنبوبة بلاستيكية شفافة بطول ٦٠ سم تثنى على شكل حرف U ، وتثبت على لوحة خشبية يوضع أحد طرفيها بين شريحتي البلاستيك ، والطرف الآخر داخل البيت ، ومع إضافة ١٥ - ٢٠ سم طول من الماء في الأنبوبة يمكن قراءة الفرق بين مستوى سطح الماء في طرفي الأنبوبة . وكل فرق مقداره ٥ مم يعني ضغطًا مقداره ١ رطل/ بوصة مربعة . هذا .. ويمكن تفريغ الأنبوبة واستعمال ماء ملون يمكن 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 التى تصاحب تساقط قطرات الماء على النباتات .

٣ – زيادة مقدار الضوء النافذ نتيجة لقلة أو انعدام ظاهرة التكثف .

٤ – يكون من الأسهل الاحتفاظ بدرجة حرارة ثابتة داخل البيت .

٥ – تكون الشريحة البلاستيكية الثانية بمثابة ضمان لوقاية المزروعات فى حالة التلف المفاجىء لإحدى الشريحتين ، خاصة فى الجو الشديد البرودة أو الحرارة (Sheldrake ١٩٦٩ و ١٩٧١ ، Nelson ١٩٨٥) .

لكن يعاب على استخدام طبقتين من الغطاء خفض نسبة الضوء النافذ إلى داخل البيت بدرجة يسيرة (جدول ٢ – ٧) . وبينما يعد هذا الانخفاض فى نسبة الضوء النافذ أمرًا قليل الأهمية فى المناطق المعتدلة ، وقد يكون مرغوبًا فى المناطق الحارة ، إلّا أنه يعد عيبًا كبيرًا فى المناطق الباردة التى تنخفض فيها شدة الإضاءة كثيرًا .

جدول (٢ – ٧) : تأثير وجود طبقتين من الغطاء على نفاذيته للضوء .

الغطاء	نفاذية الغطاء للضوء (٪) طبقة واحدة	فى حالة وجود طبقتين
زجاج (سمك ٣,٢ مم)	٨٨ – ٨٩	٧٨ – ٨٠
فيبر جلاس (سمك ٦,٤ مم)	٨٦	٧٥ – ٧٧
بولثيلين (سمك ١٠٠ ميكرون)	٩١ – ٩٢	٨٣ – ٨٤
بولى فينايل كلورايد (سمك ١٠٠ ميكرون)	٩٢ – ٩٣	٨٦ – ٨٧

٢ – ٢ : طرق التدفئة

تتعدد وتتنوع الطرق المستخدمة فى تدفئة البيوت المحمية ، ولكل طريقة الظروف الخاصة التى تناسبها . ويمكن توصيل جميع نظم التدفئة بمنظم الحرارة الذى يتحكم فى تشغيلها ، بحيث تظل درجة الحرارة دائمًا فى الحدود المسموح بها . ويستثنى من ذلك التدفئة بالمدفئات الغازية ، ومداق الكيروسين ، والبارافين ، حيث يتم تشغيلها يدويًا خلال فترة انخفاض درجة الحرارة . هذا .. ويفضل نظام التدفئة المركزية Centeral hearing فى تجمعات البيوت المتصلة . ويلزم فى جميع نظم التدفئة التى تعتمد على الكهرباء فى تشغيلها فى توليد الحرارة أن يؤمن مصدر إضافى للتدفئة ، أو مولد كهربائى احتياطى للاستعانة بأى منهما فى حالة انقطاع التيار الكهربائى . وفيما يلى عرض للطرق المتبعة فى تدفئة البيوت المحمية .

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

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

وفى حالة التدفئة بأنابيب الماء الساخن hot water pipes يتم تسخين الماء فى مراجل خاصة ، ثم يدفع فى شبكة أنابيب التدفئة داخل البيت بمضخة خاصة تعمل بصورة دائمة . وعندما تصل درجة الحرارة داخل البيت إلى حدها الأقصى يقوم منظم الحرارة بتحويل دوران الماء آليًا ليستمر داخل الأنابيب فقط ، دون الرجوع إلى المراجل . وعندما يبرد الماء داخل الأنابيب ، وتصل درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأدنى المسموح به يقوم منظم الحرارة بفتح الصمام الذى يسمح بدوران الماء داخل المرجل ، ثم إلى الأنابيب ، وبذلك يعاد تسخينه . وقد يوصل المنظم بالمضخة مباشرة ، بحيث لا يضخ الماء إلا عند انخفاض درجة حرارة البيت إلى الحد الأدنى المسموح به . وإلى جانب منظم الحرارة السابق الذى يتحكم فى حركة دوران الماء فى الأنابيب ، فإنه يوجد منظم آخر لحرارة الماء (aquastat) يتصل بالمرجل ، ويتحكم فى إشعال جهاز تسخين الماء وإطفائه تلقائيًا للمحافظة على درجة حرارة الماء ، والتى تكون عادة فى حدود ٨٠ – ٨٥°م .

أما فى حالة التدفئة بأنابيب البخار steam pipes ، فإن الماء يتم تسخينه إلى درجة حرارة ١٠٢°م ، بحيث يتحول إلى بخار تحت ضغط خفيف يصل إلى حوالى خمسة أرطال/بوصة مربعة . وينظم صمام آلى دوران البخار داخل الأنابيب ، وفى فتح الصمام الذى يسمح بإدخال البخار إليها . هذا .. وتكون أنابيب التدفئة مائلة قليلًا من أجل إعادة الماء الناتج عن تكثف البخار مرة أخرى إلى المرجل لإعادة تبخيره واستعماله فى التدفئة من جديد .. ويعاب على هذا النظام عدم تجانس التدفئة داخل البيت ، نظرًا لأن الهواء المجاور للأنابيب يكون ساخنًا بدرجة كبيرة ، الأمر الذى قد يضر بالنباتات القريبة منها . ويمكن الاستفادة من مرجل البخار فى تعقيم التربة أيضًا (عرقاوى ١٩٨٤) .

هذا .. وقد كان المتبع قديمًا استعمال أنابيب حديدية بقطر ٤ بوصات للتدفئة . هذه الأنابيب كان يعاب عليها ضعف كفاءتها ، نظرًا لبطء إشعاع الحرارة منها ، فضلًا عن صعوبة تداولها ، نظرًا لضخامتها . وقد تغير ذلك الآن إلى استعمال أنابيب بقطر ٢ بوصة للماء الساخن ، وبقطر ١,٢٥ – ١,٥٠ بوصة للبخار .

ويمكن تقدير الطول اللازم من الأنابيب لتدفئة البيت إذا علمت احتياجات التدفئة من الوحدات الحرارية البريطانية فى الساعة ، لأن كل قدم طولى من الأنابيب يشع :

١٦٠ وحدة حرارية بريطانية/ ساعة فى حالة الأنابيب بقطر ٢ بوصة ، وعند استخدام ماء حرارته ٨٢°م .

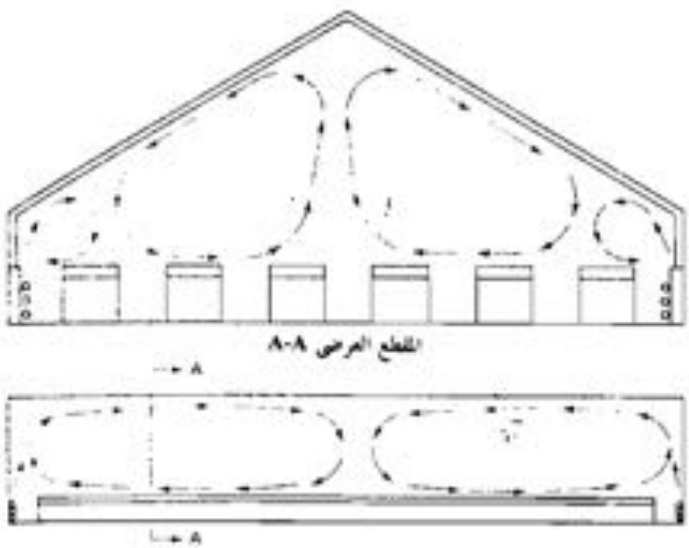
٢١٠ وحدة حرارية بريطانية/ ساعة فى حالة الأنابيب بقطر $\frac{1}{4}$ ١ بوصة ، وعند استخدام بخار حرارته ١٠٢°م .

١٨٠ وحدة حرارية بريطانية/ ساعة فى حالة الأنابيب بقطر $\frac{1}{4}$ ١ بوصة ، وعند استخدام بخار حرارته ١٠٢°م .

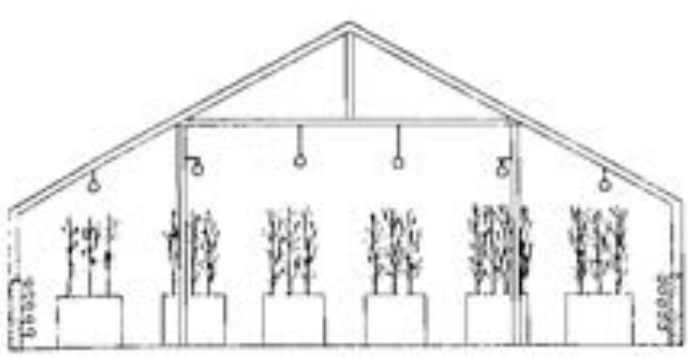
وطبيعى أن يزيد الطول اللازم من الأنابيب عن محيط البيت ، الأمر الذى يستلزم معه عمل عدة طبقات من الأنابيب .

ولا يجوز تكديس كل الأنابيب قرب الجدر الجانبية للبيت ، نظرًا لأن ذلك يؤدى إلى تولد تيارات هوائية غير مرغوبة، حيث يتصاعد الهواء الدافىء مباشرة موازيًا لجدار البيت إلى أن يصل إلى

السقف ، ثم يتحرك جانبيًا إلى أن يتقابل مع تيار مقابل له من الجانب الآخر ، فيتجه إلى أسفل من منتصف البيت بعد أن يكون قد برد من جراء تلامسه مع جدران البيت والسقف ، وبعد ذلك يمر على النباتات وهو بارد ، فلا تتحقق بذلك الفائدة المرجوة من التدفئة ، (شكل ٢ – ٥ أ) . ولهذا السبب يجب توزيع الأنابيب بحيث يكون بعضها بامتداد خطوط الزراعة أو أعلى مستوى النباتات إلى جانب الأنابيب الجانبية (شكل ٢ – ٥ ب) . وتجدر الإشارة إلى أن تكدس الأنابيب فوق بعضها البعض يقلل من فاعليتها إلى درجة أن كل خمس أنابيب متقاربة توازى فى كفاءتها أربع أنابيب منفردة .



(أ)



(ب)

شكل ٢ – ٥ : (أ) مسار التيارات الهوائية عند وجود أنابيب التدفئة على جانبى البيت . (ب) أنابيب للتدفئة على جانبى البيت ، وأخرى أعلى مستوى النباتات للتغلب على مشكلة تحرك الهواء خلال النباتات بعد أن يفقد حرارته .

وقد استخدم نوع جديد من الأنابيب ذو سطح خارجي كبير يطلق عليه اسم fin pipes ، وهي أنابيب عادية ، إلّا أن لها العديد من الأسطح المعدنية الرقيقة البارزة التي تعمل على زيادة مسطحها الخارجي ، وبالتالي زيادة فعاليتها في إشعاع الحرارة إلى الهواء المحيط بها . ولهذه الأنابيب المقدرة على إشعاع الحرارة بما يعادل ٤ – ٥ أضعاف الأنابيب العادية .

٢ – ٢ – ٢ : التدفئة بتيارات الهواء الدافيء

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

٢ – ٢ – ٣ : المدافيء الكهربائية

تعتبر المدافيء 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 : مدافيء الكيروسين أو البارافين

لا تستخدم مدافيء الكيروسين أو البارافين إلّا في البيوت الصغيرة الحجم . وهي قليلة التكاليف وسهلة الاستعمال ، لكن يعاب عليها أنه لا يمكن ربط تشغيلها بمنظم للحرارة ، كما تنطلق منها بعض الغازات السامة التي تضر بالنباتات ، مثل : غاز ثاني أكسيد الكبريت . ولتلافي هذه العيوب يراعى أن يستعمل في تشغيلها وقود ذو نوعية جيدة ، مع تشغيلها بصورة سليمة تقلل من انطلاق الغازات السامة.هذا .. ويجب توصيل الهواء إلى المدفأة بأنبوبة خاصة تمتد إلى خارج البيت ، نظرًا لأنها تحتاج إلى الأكسجين لعملها ، بينما تكون البيوت البلاستيكية غالبًا محكمة الغلق . وكقاعدة عامة .. تلزم وصلة مربعة (٦,٢٥ سم²) من مقطع الأنبوبة الموصلة للهواء لكل ٢٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية (Btu) ، وعليه .. يجب أن تكون مساحة مقطع الأنبوبة الموصلة للهواء نحو ٣٠٠ سم² لتشغيل مدفأة قوتها ١٠٠ ٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية .

٢ – ٢ – ٥ : التدفئة بالطاقة الشمسية

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

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

وتجدر الإشارة إلى أن كفاءة هذه الطريقة فى التدفئة تتأثر بشدة ، وتنخفض كثيرًا فى الجو الملبد بالغيوم ، الأمر الذى يدعو إلى تجهيز البيت بنظام تدفئة احتياطى كمواقد الكيروسين مثلًا (عرفاوى ١٩٨٤) .

كما يستفاد من الطاقة الشمسية فى تدفئة نوع من البيوت المحمية يطلق عليها اسم Solar Green houses . وقد انشئت أول مجموعة من هذه البيوت بمعهد الأبحاث الزراعية الوطنى (INRA) فى Montfavet بفرنسا ، وهى بيوت زجاجية تتكون أسقفها من طبقتين من الزجاج : العلوية منهما زجاج عادى ، والسفلية عبارة عن نوع خاص يمتص الأشعة تحت الحمراء . ويمر على طبقة الزجاج السفلية تيار مستمر من الماء يقوم بامتصاص الحرارة نهارًا ، ويستخدم فى التدفئة ليلًا ، ويحفظ الماء فى مخازن تحت الأرض خارج البيت . وعندما تنخفر حرارة الماء بدرجة كبيرة ، فإنه يخلط بماء جوفى يسحب أولًا بأول بطلمبات خاصة ، علمًا بأن حرارة الماء الأرضى تتراوح دائمًا من ١٢ – ١٥°م .

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

٢ – ٢ – ٦ : التدفئة بالأشعة تحت الحمراء

يؤدى استخدام الأشعة تحت الحمراء فى التدفئة إلى رفع درجة حرارة النباتات فقط ، مع بقاء هواء البيت باردًا ، لكن تظهر اختلافات فى درجة الحرارة بين أجزاء النبات الواحد ، لأن الأجزاء المظللة لا تصلها الأشعة ، وتبقى باردة . وبالمقارنة بالطرق الأخرى للتدفئة ، فإن هواء البيت – فى حالة التدفئة بالأشعة تحت الحمراء – يكون أبرد ، وتكون رطوبته النسبية أعلى (Knies & Breuer ١٩٨٠) . وقد ناقش Challa (١٩٨٠) تأثير استخدام الأشعة تحت الحمراء فى تدفئة البيوت المحمية على المحاصيل المختلفة من عدة جوانب ، منها الاختلافات فى درجات حرارة الهواء والتربة والنبات ، والعلاقات المائية .

٢ – ٣ : طرق التبريد

تعد البيوت المحمية المبردة ضرورة لا غنى عنها لإنتاج الخضروات خلال شهور الصيف فى بعض دول العالم ، والتى من أمثلتها دول الخليج العربى التى يزيد المعدل الشهرى لدرجة الحرارة العظمى فى معظم أرجائها عن ٤٠°م خلال الفترة من مايو حتى سبتمبر . وقد تصل درجة الحرارة العظمى فى بعض أيام الصيف إلى ٤٨ – ٥٠°م ، وهو الأمر الذى يستحيل معه إنتاج معظم محاصيل الخضر فى الحقول المكشوفة ، فضلًا عن انخفاض الرطوبة النسبية فى المناطق الداخلية البعيدة عن السواحل إلى مستويات تقل غالبًا عن ١٥٪ ، وهى دون الحد المناسب للنمو النباتى ، والتلقيح ، وعقد الثمار . وحتى يمكن إنتاج الخضر خلال هذه الأشهر الشديدة الحرارة فى هذه المناطق ، فإنه يتعين خفض درجة الحرارة بمقدار ١٥°م ، ورفع الرطوبة النسبية إلى نحو ٧٠ – ٨٠٪ ، ولا يتأتى ذلك إلا داخل البيوت المحمية المبردة .

هذا .. وتتبع طريقتان رئيسيتان فى تبريد البيوت المحمية هما : التبريد بالرذاذ أو الضباب ، والتبريد بمبردات الهواء . أما التبريد بمكيفات الهواء ، فلا يصلح للإنتاج التجارى للخضر ، نظرًا لارتفاع تكاليفه ، ولكنه قد يستخدم فى البيوت المتخصصة للبحوث العلمية .

٢ - ٣ - ١ : التبريد بالرذاذ أو الضباب

يعرف نظام التبريد بالرذاذ أو الضباب mist باسم « التضبيب » misting . ويتم فى هذه الطريقة ضخ الماء فى ضغط مرتفع لا يقل عن ٤٢ كجم/سم٢ (٦٠٠ رطل/ بوصة٢) فى أنابيب تثبت أعلى مستوى النباتات ، حيث يخرج الماء من بشابير خاصة على شكل رذاذ دقيق جدًا يشبه الضباب (شكل ٢ - ٦) ، فيتبخر بسهولة ، وبالتالى تنخفض درجة الحرارة ، كما ترتفع الرطوبة النسبية ، ويلزم لنجاح هذه الطريقة أن تتوفر كميات كبيرة من الماء الخالى تقريبًا من الأملاح .

هذا .. وقد يستعمل نظام التبريد بالضباب منفردًا ، كما هو الحال فى المناطق المعتدلة ، أو مع نظام التبريد بمبردات الهواء فى المناطق الشديدة الحرارة . ففى المناطق المعتدلة يفيد الضباب فى تلطيف جو البيت وخفض درجة الحرارة بعد الظهيرة حين لا تكون التهوية كافية بمفردها لخفض حرارة البيت . كما يساعد الضباب على زيادة الرطوبة النسبية إلى الدرجة التى تسمح بالعقد الجيد لثمار بعض المحاصيل كالقاوون . أما فى المناطق الحارة ، فإن الضباب يساعد مع مبردات الهواء فى إحداث خفض أكبر فى درجة الحرارة ، نظرًا لأن المبردات قد لا تكفى بمفردها فى الفترات الشديدة الحرارة . ويستفاد من ذلك أنه ينصح بتركيب نظام « التضبيب » فى جميع البيوت المحمية فى المناطق المعتدلة والحارة على حد سواء .

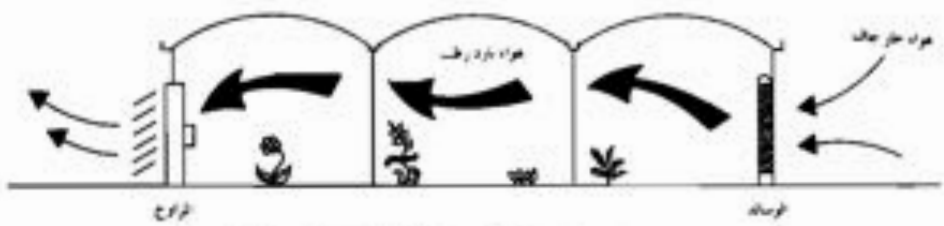
هذا ويمكن الاستفادة من نظام التبريد بالضباب فى تزويد النباتات بجزء من مياه الرى التى تلزمها . وقد لا تروى النباتات إلا بالرذاذ ، لكن يعاب على هذه الطريقة أن أرض البيت تصبح موحلة . ويمكن التغلب على هذه المشكلة بفرش الممرات بالبلاستيك أو بالزراعة فى بالات القش المضغوط (انظر الجزء ٤ - ٦) .

شكل ٢ - ٦ : التبريد بـ « التضبيب » (رذاذ الماء الشبيه بالضباب) .

٢ - ٣ - ٢ : التبريد بمبردات الهواء

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

يعتمد التبريد فى 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 فى أحد جانبى البيت ، بينما توجد الوسائد فى 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 يؤدى تشغيل المروحة إلى إحداث تفريغ داخل البيت ، يتبعه اندفاع الهواء من خلال الوسائد المبتلة ، حيث يتبخر جزء من الماء ، وبالتالى يكون الهواء الداخل للبيت باردًا أو رطبًا (شكل ٢ - ٧) . أما الماء الذى لا يتبخر ، فإنه يتجمع أسفل الوسادة ليتم ضخه مرة أخرى ... وهكذا.



شكل ٢ - ٧ : مسار الهواء فى البيوت المبردة بنظام المروحة والوسادة .

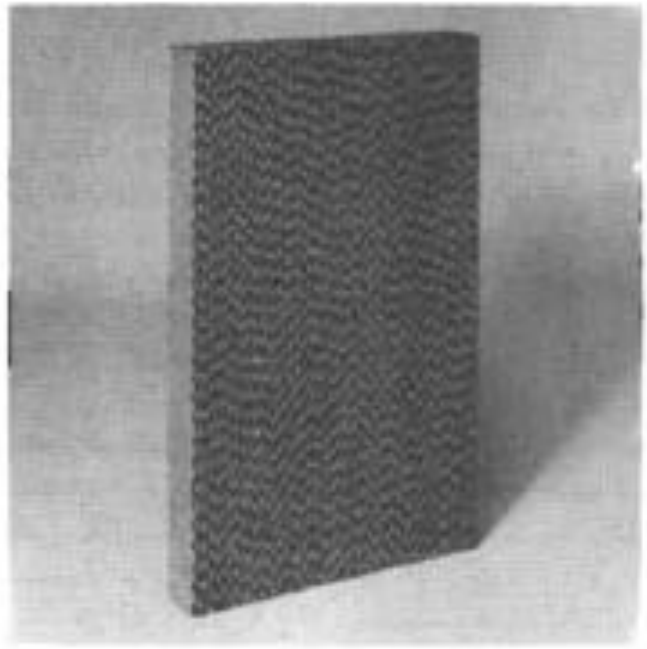
ويتم التبريد فى هذا النظام على أساس أن تبخر الماء تستلزمه طاقة ، وأن هذه الطاقة تؤخذ من الوسادة أو الهواء المحيط بها ، وعليه .. تنخفض درجة حرارة الهواء الداخل إلى البيت عن الجو الخارجى ، وقد يصل الفرق فى درجة الحرارة بين الهواء الداخل إلى الوسادة والهواء الخارج منها إلى ٦ - ١٤°م ، لكن ترتفع درجة حرارة الهواء الذى يمر خلال البيت تدريجيًا ، ويقدر الفرق بين درجتى الحرارة عند الوسادة وعند المروحة بنحو ٣ - ٤ درجات مئوية (شكل ٢ - ٨) .

الوســـائد 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 ، إلّا أن هذه النوعية لم يعد لها استعمال كبير فى الوقت الحاضر ، نظرًا لضعف كفاءتها ، وضرورة تغييرها سنويًا . أما الوسائد الحديثة ، فإنها تتكون من ورق سيليلوزى معرج ، ومشبع بأملاح غير ذائبة ، وبمواد تزيد من صلابة الورق مع بعض المواد التى تساعد على البلل (شكل ٢ - ٩) . وتستخدم هذه الوسائد لمدة ١٠ سنوات أو أكثر . وهى تتوفر بسمك يتراوح من ١٠ - ٣٠ سم ، علمًا بأن زيادة السمك تعنى نقص المسطح العام للوسادة الذى يجب توفره لتحقيق التبريد اللازم . وتزيد كفاءة هذه النوعية من الوسائد كثيرًا عن كفاءة الوسائد التى تملأ بالمواد الماصة . فبينما نجد أنه تلزم قدم مربع واحد من سطح وسادة عادية

لكل ١٥٠ قدم مكعب من الهواء المار خلالها فى الدقيقة ، نجد أن نفس المساحة من الوسائد الجديدة تحتاج ١٠ سم تكفى لكل ٢٥٠ قدم مكعب من الهواء المار خلالها فى الدقيقة .

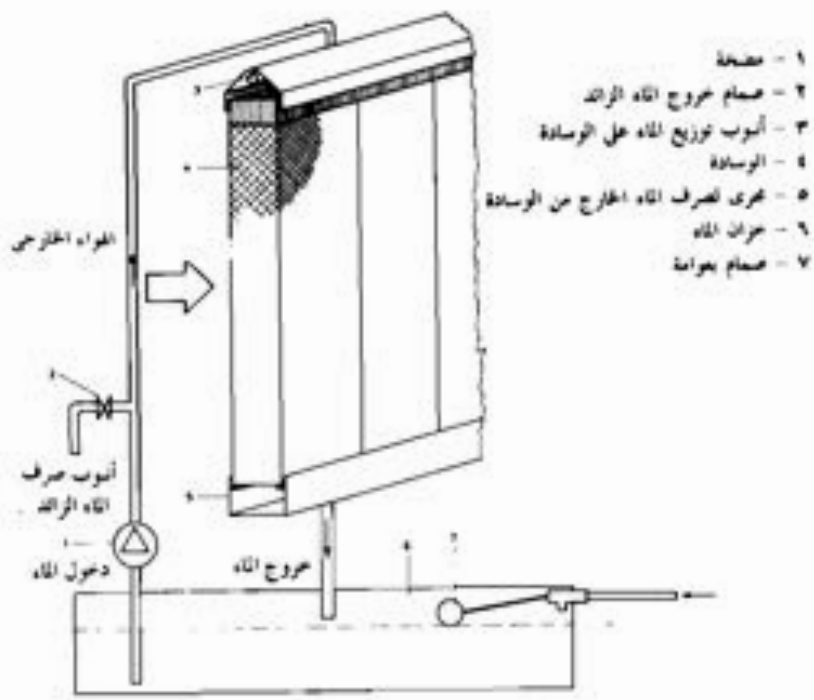
شكل ٢ - ٨ : التغيرات فى درجة حرارة الهواء المار خلال البيوت المزودة بنظام الرطوبة والوسادة .



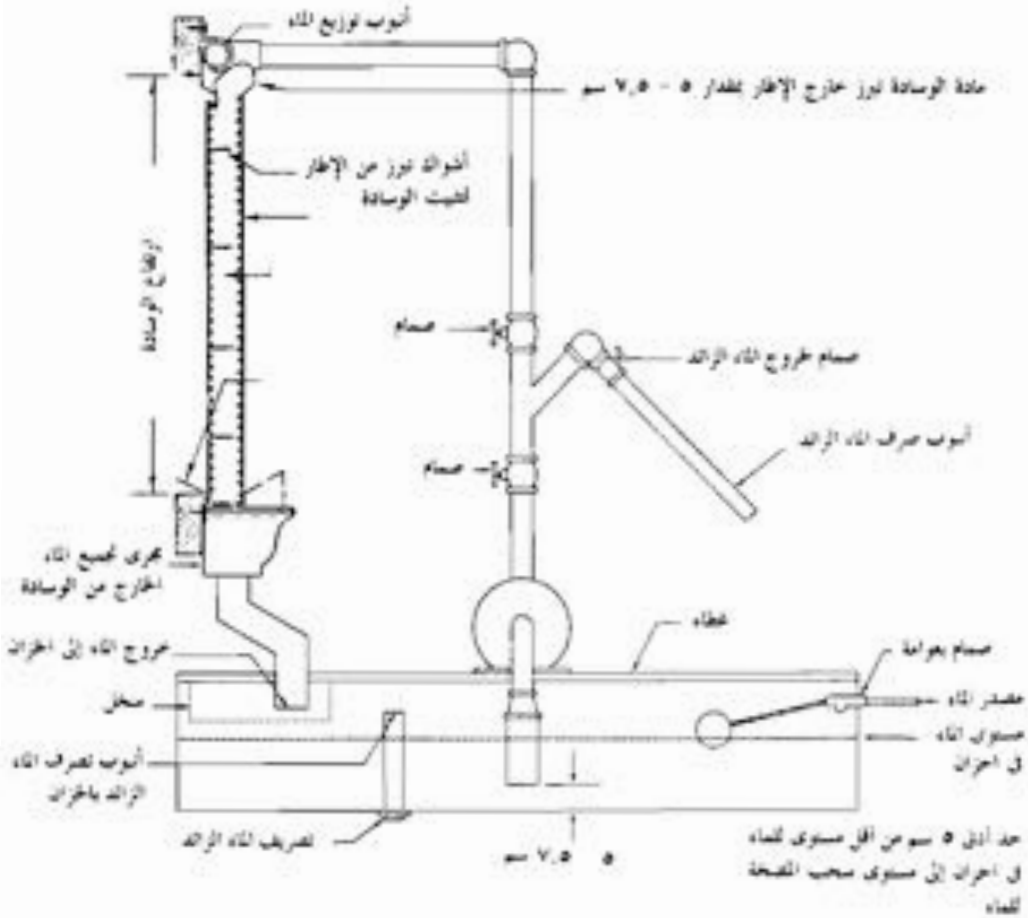
شكل ٢ - ٩ : أحد الأنواع الحديثة من الوسائد pads المستخدمة فى التبريد (شركة Munters - السويد) .

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 غالبًا) تثبت أفقيًا 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 أى موقع آخر ، خاصة عندما يزيد طول الوسادة عن ٢٢ مترًا . وتوضع مصفاة أسفل الأنبوبة لتوزيع الماء بتجانس قبل أن يسقط على الوسادة . وقد لا توجد مثل هذه المصفاة ، لكن يجب أن تكون ثقوب الأنبوبة فى هذه الحالة متقاربة بدرجة تسمح بحسن توزيع الماء على الوسادة بانتظام . وتثبت الوسادة أسفل المصفاة فى وضع رأسى . ونظرًا لأن الوسادة تتمدد بالبلل وتنكمش بالجفاف ، فإنها توضع داخل شبكة سلكية . كما يوجد مجرى أسفل الوسادة لتلقى الماء الزائد الذى ينتقل بعد ذلك إلى خزان للماء يوجد أسفل المجرى ، وهو الذى يضخ فيه الماء إلى أعلى الوسادة . ويغطى السطح العلوى لهذا المجرى حتى لا تتجمع به أية بقايا أو شوائب .

هذا .. ويعوض الماء الذى ينقص من الخزان باستمرار بمعدل يوازى كمية الماء المتبخرة ، وهى التى قد تصل إلى جالون فى الدقيقة لكل ١٠٠ قدم مربع من الوسادة فى 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 مرور الماء من خلاله فى الاتجاه العكسى flushable filter .

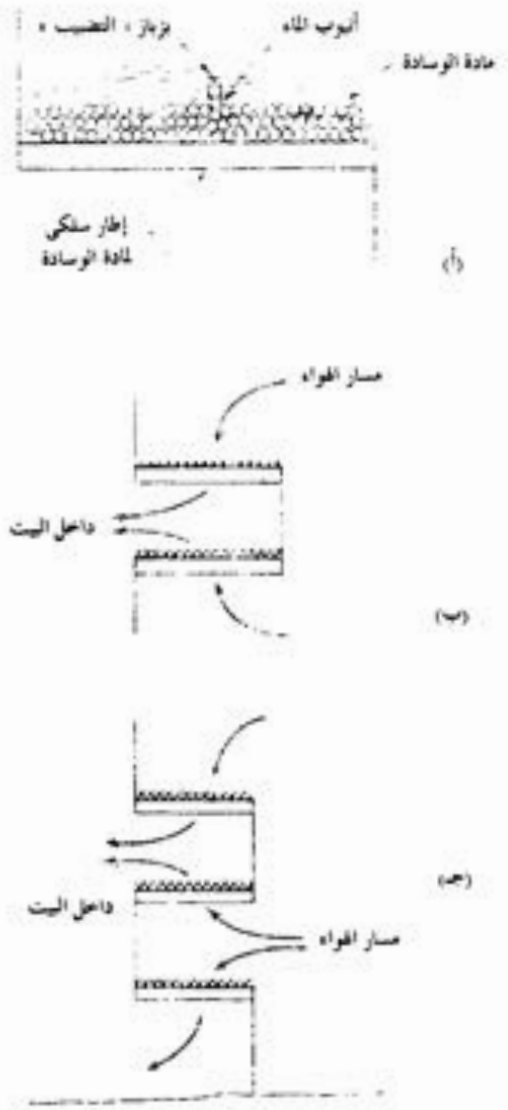


شكل ٢ – ١٠ : التركيب العام للوسادة ، وكيفية تزويدها بالماء اللازم للتبريد .



شكل ٢ ١١ : التركيب الدقيق لمكونات الوسادة وملحقاتها (عن Hanan وآخرين ١٩٧٨) .

كما توجد وسائد أفقية توضع فيها مواد ، مثل الفيرميكيوليت أو « بروة » الخشب على شبكة سلكية لتعمل كمسطح للتبخر مع السماح بمرور الهواء من خلالها . ويحافظ على الوسادة رطبة باستمرار بواسطة « التقطيب » (شكل ٢ - ١٢ أ) . كما قد يوجد عدد من الوسائد الأفقية التي تثبت فوق بعضها على جانب البيت من الخارج (شكل ٢ - ١٢ ب) .



شكل ٢ - ١٢ : الوسائد الأفقية . (أ) وسادة من مواد ذات سطح ماص وكبير ، مثل الفيرميكيوليت أو بروة الخشب (ب) طبقتان من الوسائد العادية بوضع أفقي (جـ) ثلاث طبقات من الوسائد العادية بوضع أفقي (عن Mastalerz ١٩٧٧) .

المروحة Fan

يجب أن تثبت المروحة (شكل ٢ – ١٣) فى جانب البيت الذى لا يواجه الرياح ، فى حين تكون الوسادة فى الجانب المواجه للرياح ، حتى تكون الرياح مساعدة لعمل المروحة ، وليست معاكسة لها . وإذا تعذر ذلك ، فلا بد من زيادة كفاية المروحة بمقدار ١٠٪ . أما إذا وجد عدد من البيوت المتجاورة ، فإن اتجاه الرياح لا يكون عاملًا مهمًّا إلا بقدر ما تكون مراوح إحدى مجموعتى البيوت غير مقابلة لوسائد المجموعة المجاورة ، لأن ذلك يؤدى إلى طرد الهواء الساخن من المجموعة الأولى ليدخل فى البيوت المجاورة . ويحسن فى هذه الحالة أن تكون وسائد مجموعتى البيوت متقابلة (شكل ٢ – ١٤) ، لكن هذه المشكلة تقل تدريجيًّا بزيادة المسافة بين مجموعتى البيوت ، حتى تنعدم تمامًا عندما تكون المسافة بينهما ٢٠ مترًا أو أكثر .

شكل ٢ – ١٣ : المراوح الساحبة لهواء البيت وهى مثبتة فى الجدار .

شكل ٢ – ١٤ : مجموعتان من البيوت المزودة تظهر فيهما وسائد التبريد وهى مقابلة (شركة Rovero – هولندا) .

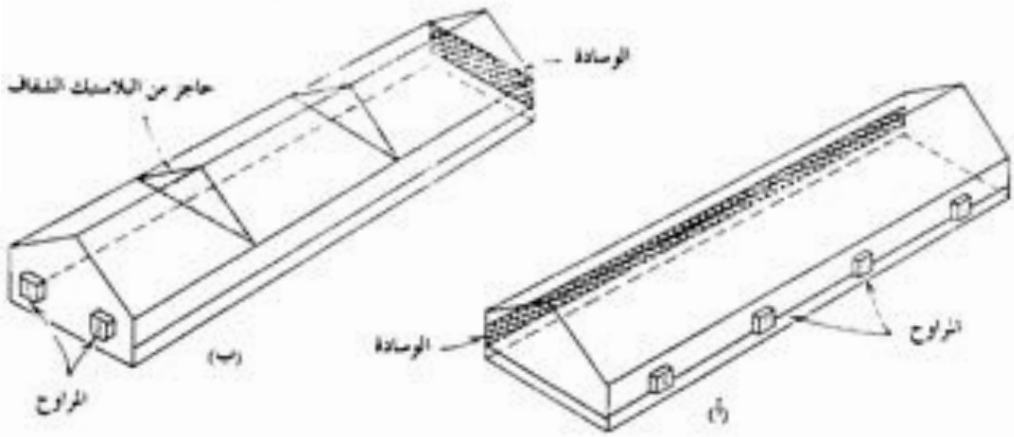
مسار الهواء البارد

يفضل أن يكون مسار الهواء المُبرَّد باتجاه عرض البيت ، وموازيًا لخطوط الزراعة ، وفى مستوى النمو النباتى . ولتحقيق ذلك يجب وضع الوسائد فى مستوى النباتات أو أعلى قليلًا شكل (٢ - ١٥) . حتى تزيد فرصة مرور الهواء البارد من خلال النباتات ، لكن نظرًا لأن تيار الهواء يجد مقاومة من النباتات ، فإننا نجد أن مسار الهواء يتجه لأعلى بزاوية ٧ درجات (أى بمعدل متر لكل ثمانية أمتار) تاركًا حيزًا غير مبردة فى مستوى النمو النباتى .

شكل ٢ - ١٥ : وسائد التبريد وهى مثبتة فى مستوى النمو النباتى .

ويمكن تصحيح ذلك الوضع بتثبيت شرائح من البولثيلين الشفاف تتدلى من قمة البيت عموديًا على مسار الهواء ، حتى تجبره على أن يسلك مسارًا سفليًا بين النباتات . تثبت هذه الشرائح كل عشرة أمتار . ويجب أن يكون طرفها المتدلى بعيدًا بعدًا كافيًا عن قمة النباتات ، حتى لا تعوق حركة الهواء (شكل ٢ - ١٦ ب ، ٢ - ١٧ هـ) .

كما تظهر مشكلة أخرى إذا كانت الوسائد قريبة من سطح التربة ، وكانت النباتات مزروعة على مناضد ، لأن الهواء البارد يتسرب فى هذه الحالة من تحت المناضد ، دون المرور على النباتات (شكل ٢ - ١٧ د) . ويمكن التغلب على هذه المشكلة بتثبيت شرائح بلاستيكية تحت المناضد مقابل الوسائد (شكل ٢ - ١٧ هـ) (Nelson ١٩٨٥) .



شكل ٢ - ١٦ : وضع المراوح والوسائد فى البيوت المحمية . (أ) على امتداد الجانبين الطويلين للبيت . (ب) على امتداد الجانبين القصيرين للبيت ، مع تثبيت حواجز من البلاستيك الشفاف تتدلى كل عشرة أمتار من قمة البيت لإجبار الهواء المبرد على اتخاذ مسار سفلى بين النباتات .

هذا .. ويبين شكل (٢ - ١٧ أ ، ب ، جـ) مسارات الهواء فى حالات الأوضاع المختلفة للوسائد والمراوح والأماكن التى تكون درجة حرارتها أكثر ارتفاعًا عن باقى أجزاء البيت بسبب عدم وجودها فى مسار التحركات الهوائية . يلاحظ بالشكل أن درجة الحرارة تكون أكثر ارتفاعًا فى أركان البيت بالجانب الذى توجد فيه المراوح . كذلك يلاحظ فى حالة البيوت الكبيرة التى قد توضع فيها الوسائد فى الجانبين القصيرين والمراوح فى الجانبين الطوليين أن مركز البيت تكون حرارته أعلى من باقى أرجاء البيت بسبب عدم وجوده فى مسار التيارات الهوائية (Mastalarez ١٩٧٧) .

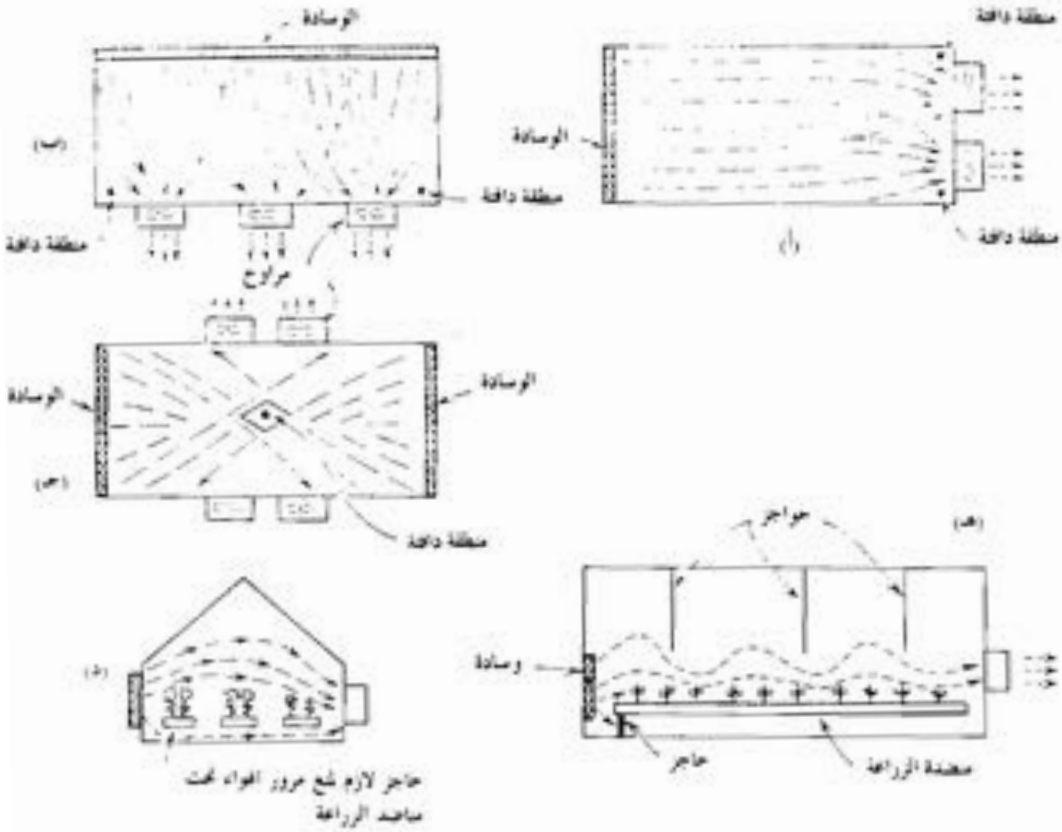
العوامل المؤثرة على كفاءة التبريد

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

١ - معدل سحب الهواء الدافىء من البيت .

٢ - مساحة سطح الوسائد .

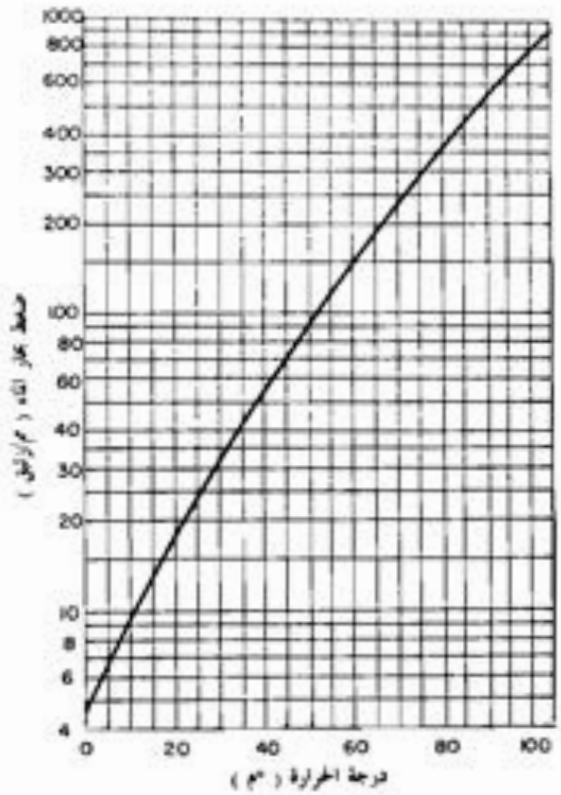
وتتوقف كفاءة التبريد بهذه الطريقة (عند ثبات العاملين السابقين) على كل من منسوب البيت (ارتفاعه عن سطح البحر) وشدة الإضاءة به والرطوبة النسبية فى الجو الخارجى . والعامل الأخير لا يمكن التحكم فيه ، ولذا فإنه لا يؤخذ فى الاعتبار عند حساب احتياجات التبريد ، لكن يجب أن نتذكر أن أقصى درجة تبريد يمكن الحصول عليها بهذه الطريقة تبلغ حوالى ٨٠٪ من الفرق بين قراءتى الترمومترين الجاف والمبلل فى الهواء ، وبذلك يزداد التبريد الممكن تحقيقه كلما ازداد الفرق بين القراءتين ، أى كلما ازدادت مقدرة الهواء على تبخير الماء ، أى كلما انخفضت الرطوبة النسبية . وتصبح فعّالية هذه الطريقة فى التبريد معدومة تقريبًا عندما تصل الرطوبة النسبية إلى حوالى ٨٠٪ .



شكل ٢ – ١٧ : مسارات الهواء داخل البيوت المبردة فى حالات الأوضاع المختلفة للمراوح والوسائد . (أ) على امتداد الجانبين القصيرين للبيت . (ب) على امتداد الجانبين الطويلين للبيت . (جـ) الوسائد على امتداد الجانبين القصيرين ، والمراوح فى الجانبين الطويلين للبيت . (د) يسلك الهواء المبرد الطريق الخالى من العوائق من أعلى النباتات وأسفل مناضد الزراعة . (هـ) عوائق أعلى النباتات وتحت مناضد الزراعة لإجبار الهواء المبرد على اتخاذ مسار بين النباتات (Mastalerz ١٩٧٧) .

هذا .. وتزداد مقدرة الهواء على حمل الرطوبة كلما ارتفعت درجة حرارته (شكل ٢ – ١٨) .

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 فى حدود ٨ قدم٣ فى الدقيقة لكل قدم مربع من مساحة البيت ، مع افتراض أنه يسمح بفرق سبع درجات فهرنهيتية (حوالى أربع درجات مئوية) بين المراوح والوسادة ، وأن المسافة بين المراوح والوسائد لا تزيد عن ١٠٠ قدمًا (حوالى ٣٣ مترًا) . فإذا أخل أى من هذه الشروط ، فيجب أن يستعمل معامل خاص لتصحيح المعدل اللازم لسحب الهواء من البيت عن المعدل المذكور وهو ٨ قدم٣ دقيقة قدم٢ من مساحة البيت . وفيما يلى عرض لهذه الشروط ، وكيفية تأثيرها على عملية التبريد .



شكل ٢ - ١٨ : العلاقة بين درجة الحرارة ، ومقدرة الهواء على حمل الرطوبة .

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 ، علمًا بأن كثافة الهواء تقل كلما ارتفعنا عن سطح البحر . وهذا .. يجب استعمال معامل خاص لتصحيح المعدل اللازم لسحب الهواء من البيت يرمز له بالرمز (F_{elev}) ، أو معامل التصحيح الخاص بالمنسوب أو الارتفاع عن سطح البحر (جدول ٢ - ٨) .

جدول (٢ - ٨) : معامل التصحيح الخاص بالمنسوب أو الارتفاع عن سطح البحر (F_{elev})

الارتفاع عن سطح البحر (قدم)								
	أقل من ١٠٠٠	١٠٠٠	٢٠٠٠	٣٠٠٠	٤٠٠٠	٥٠٠٠	٦٠٠٠	٧٠٠٠	٨٠٠٠
F_{elev}	١,٠٠	١,٠٤	١,٠٨	١,١٢	١,١٦	١,٢٠	١,٢٥	١,٣٠	١,٣٦

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 فى حدود ٣٣ – ٤٥ مترًا . فإذا زادت المسافة عن ذلك يحتاج الأمر إلى مراوح ضخمة . وإذا نقصت المسافة عن ٣٣ م لا ينتشر الهواء المبرد فى كل أرجاء البيت ، بل يميل فى حركته نحو مسار ضيق من الوسادة إلى المروحة . وتلزم فى هذه الحالة زيادة سرعة سحب الهواء من البيت لتصحيح ذلك الوضع . ويستخدم لذلك معامل خاص للتصحيح يرمز له بالرمز (F_{vel}) ، أو معامل التصحيح الخاص بالمسافة من الوسادة إلى المروحة (جدول ٢ – ٩) .

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 (F_{light}) ، ويحصل عليه من جدول (٢ – ١٠) .

٤ – الفرق المسموح به فى درجة الحرارة بين الوسادة والمروحة

يحتاج الأمر إلى معامل تصحيح رابع للفرق الذى يسمح به فى درجة الحرارة بين الوسادة والمروحة ، لأن المعدل القياسى لسحب الهواء –وهو ٨ قدم³/دقيقة/قدم² من مساحة البيت– يأخذ فى الاعتبار فرق قدره ٤ درجات مئوية (أو ٧ درجات فهرنهيتية) 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 (F_{temp}) ، ويعرف باسم معامل التصحيح الخاص بالفرق المسموح به فى درجة الحرارة بين الوسادة والمروحة ، ويحصل عليه من جدول (٢ – ١١) .

جدول (٢ – ٩) معامل التصحيح الخاص بالمسافة من الوسادة إلى المروحة (F_{vel})

المسافة (قدم)	معامل التصحيح	المسافة (قدم)	معامل التصحيح	المسافة (قدم)	معامل التصحيح
٢٠	٢,٢٤	٥٠	١,٤١	٨٠	١,١٢
٢٥	٢,٠٠	٥٥	١,٣٥	٨٥	١,٠٨
٣٠	١,٨٣	٦٠	١,٢٩	٩٠	١,٠٥
٣٥	١,٦٩	٦٥	١,٢٤	٩٥	١,٠٢
٤٠	١,٥٨	٧٠	١,٢٠	١٠٠	١,٠٠
٤٥	١,٤٨	٧٥	١,١٦		

جدول (٢ - ١٠) : معامل التصحيح الخاص بشدة الإضاءة داخل الصوبة (F_{light}) .

شدة الاضاءة (قدم- شمعة)	٤٠٠٠	٤٥٠٠	٥٠٠٠	٥٥٠٠	٦٠٠٠	٦٥٠٠	٧٠٠٠	٧٥٠٠	٨٠٠٠
F_{light}	٠,٨٠	٠,٩٠	١,٠٠	١,١٠	١,٢٠	١,٣٠	١,٤٠	١,٥٠	١,٦٠

جدول (٢ - ١١) : معامل التصحيح الخاص بالفرق المسموح به ق درجة الحرارة داخل البيت بين الروحة والوسادة (F_{temp}).

الفرق المسموح به ق درجة الحرارة (°ف)	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤
F_{temp}	٠,٧٠	٠,٧٨	٠,٨٨	١,٠٠	١,١٧	١,٤٠	١,٧٥

حساب احتياجات البيت من المراوح والوسائد ومياه التبريد

يمر حساب احتياجات البيت من المراوح والوسائد بالخطوات التالية :

١ - يحسب أولًا المعدل اللازم لسحب الهواء من البيت تحت الظروف القياسية السابقة الذكر ، ويقدر ذلك بالمعادلة التالية

معدل سحب الهواء من البيت تحت الظروف القياسية بالقدم المكعب ق الدقيقة
= طول البيت × عرض البيت × ٨

٢ - يلى ذلك تصحيح المعدل ليتناسب مع الظروف الخاصة بالبيت ، وذلك بضرب المعدل المحسوب من الخطوة السابقة ق معامل التصحيح الأكبر من أحد العاملين التاليين :

(أ) معامل التصحيح الخاص بالمسافة من الوسادة إلى المروحة (F_{ef}) (جدول ٢ - ٩)

(ب) معامل التصحيح للبيت (F_{house}) ، علمًا بأن :

$F_{elev} = F_{house}$ (جدول ٢ - ٨) × F_{light} (جدول ٢ - ١٠) × F_{temp} (جدول ٢ - ١١)

[illegible] المحسوب كافيا لتغيير هواء البيت كله بمعدل ١,٥ ٢ مرة ق الدقيقة .

[illegible] المراوح بالعدد والقدر المناسبين . وتثبت المراوح ق جدار البيت المقابل [illegible] مروحتين عن ٢٥ قدمًا ، وأن يكون توزيعها متجانسًا على [illegible] سطح الأرض ، على أن يكون مركزها ق مستوى منتصف

٤ – تحسب مساحة الوسائد اللازمة على أساس أن كل ٢٥٠ قدم مكعب من الهواء المسحوب من البيت فى الدقيقة يلزمه قدم مربع من الوسائد الحديثة بسمك ١٠ سم (يزداد هذا المعدل بمقدار الثلثين عند استعمال وسائد القش وبرى الخشب ... إلخ) ونظرًا لأن الوسائد يجب أن تمتد بكامل جدار البيت ، لذا فإن عرضها يتوقف على المساحة اللازمة منها ، كما يمكن التحكم فى العرض باختيار السمك المناسب .

٥ – تزود الوسائد بالماء بمعدلات تزيد عن القدر المتبخر منها ، حتى لا تتراكم بها الأملاح . والمعدل المناسب هو ½ جالون فى الدقيقة لكل قدم طولى من الوسادة (أو حوالى ٠,١٥ لتر/ ثانية/ متر طولى) ، بغض النظر عن عرضها (ارتفاعها) . ويعنى ذلك أنه لو كان طول الوسادة ٧٥ قدمًا ، فإنه يلزم ضخ الماء بمعدل ٢٥ جالونًا فى الدقيقة . ويجب أن يتسع الخزان لـ ١,٥ جالون من الماء لكل قدم طولى من الوسادة حتى يمكنه استيعاب كل الماء الذى يمر فى الوسادة عند توقف التبريد . كما يجب توفير مصدر دائم للماء ، نظرًا لتبخر جزء منه فى عمليات التبريد . ويتحقق ذلك بإيصال خزان الماء بأنبوبة ماء ذات صمام مزود بعدامة ، علمًا بأنه يمكن أن يتبخر جالون من الماء فى الدقيقة لكل ١٠٠ قدم٢ من الوسادة فى يوم حار جاف (Nelson ١٩٨٥) .

٢ – ٤ : التهوية

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

١ – تعمل التهوية على خفض درجة الحرارة سريعًا داخل البيوت المحمية ؛ فتقل بذلك احتياجات التبريد ، كما يمكن عند اتباع نظام جيد للتهوية الاستغناء عن التبريد كلية خلال فصل الصيف فى المناطق المعتدلة ، وخلال فصل الشتاء فى المناطق الحارة .

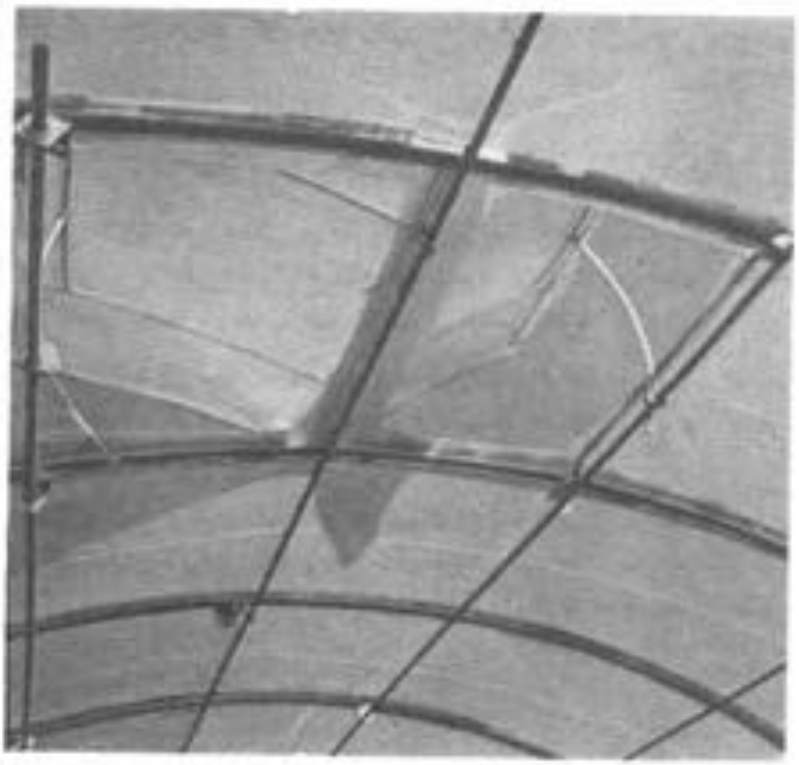
٢ – تؤدى التهوية إلى تجديد هواء البيت ، فيمكن بذلك المحافظة على التركيز الطبيعى لغاز ثانى أكسيد الكربون ، لأن تركيز الغاز يقل سريعًا فى البيوت غير الجيدة التهوية لاستنفاذه من قبل النباتات فى عمليات البناء الضوئى .

٣ – غالبًا 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 فى الجو البارد . ولا توجد وسيلة فعالة لإحداث خفض ملموس فى الرطوبة النسبية إلا بالتهوية الجيدة ؛ وبذلك فإنها تقلل من فرصة انتشار الأمراض ؛ وتؤدى إلى التخلص من ظاهرة تكثف قطرات الماء وسقوطها على النباتات .

٢ – ٤ – ١ : التهوية من خلال منافذ خاصة فى الجدران والأسقف

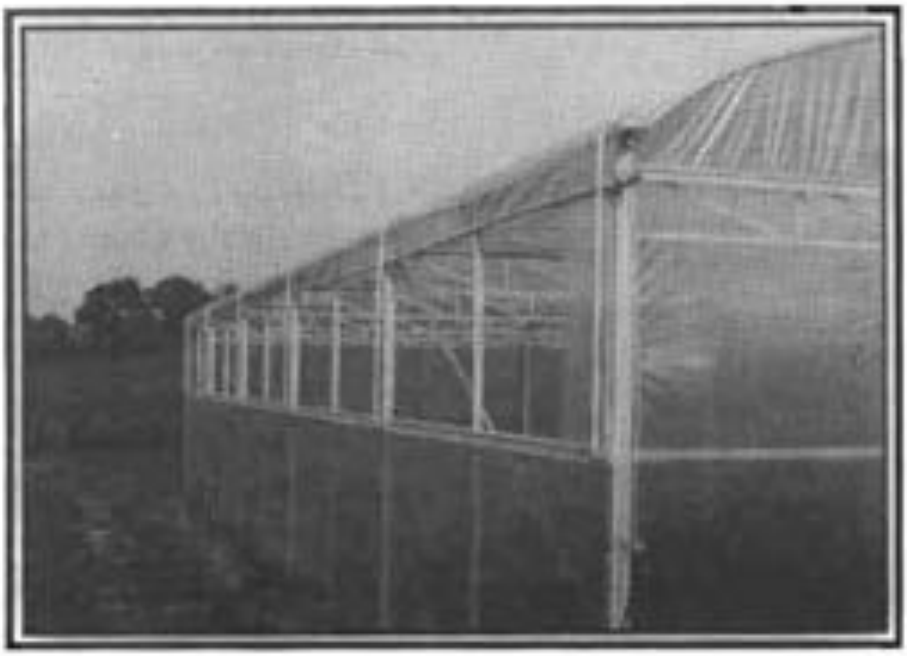
تعتبر أبسط طرق التهوية هى بعمل فتحات خاصة فى جدران أو أسقف البيوت المحمية يتم من خلالها تغيير هواء البيت بطريقة طبيعية ، حيث يخرج الهواء الداخلى الدافىء الذى يتجمع قرب سقف البيت من الفتحات العلوية ليحل محله الهواء الخارجى البارد من الفتحات الجانبية . والقاعدة فى هذه الطريقة للتهوية أنه كلما ازداد اتساع الفتحات ، ازدادت سرعة خفض درجة الحرارة داخل البيت ، وأمكن المحافظة عليها فى المجال المناسب للنمو النباتى . ولتحقيق ذلك يجب ألا تقل مساحة فتحات

التهوية عن ١٧٪ من مساحة البيت . فمثلاً .. يبين شكل (٢ - ١٩) فتحات صغيرة للتهوية فى بيت بلاستيكى تناسب المناطق الباردة ، ولكنها لا تكفى للمناطق المعتدلة أو الحارة . ففى المناطق المعتدلة يجب أن تتسع فتحات التهوية ، وتمتد ما بين شرائح البلاستيك المغلفة للبيت (شكل ٢ - ٢٠) . أما فى المناطق الحارة ، فإن فتحات التهوية يجب أن يزداد اتساعها وتتوزع فى جوانب البيت والأسقف ، كتلك المبينة فى أشكال (٢ - ٢١ ، ٢ - ٢٢ ، ٢ - ٢٣) . أما فى المناطق الباردة التى تنتشر فيها البيوت الزجاجية من النوع الجمالونى المتناظر الانحدار على جانبى البيت ، فإن فتحات التهوية توجد غالبًا فى قمة البيت على جانبى الجمالون . وأيًا 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 فى حالة الرياح الخفيفة ، فإنه يمكن تشغيل فتحات التهوية فى جانب البيت غير المواجه للرياح .

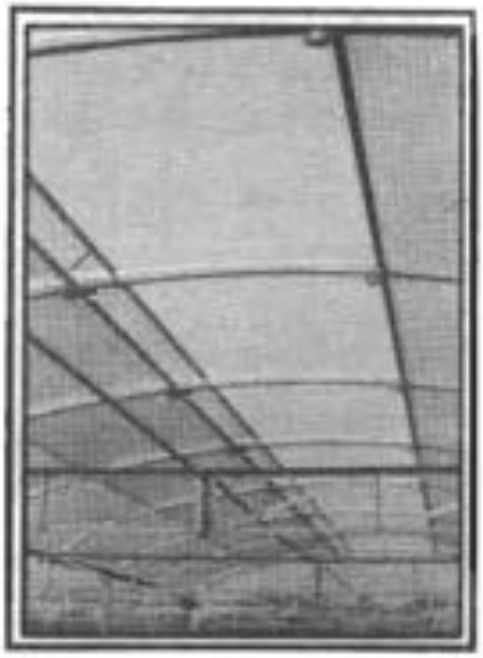


شكل ٢ - ١٩ : فتحات صغيرة للتهوية تناسب المناطق الباردة .

شكل ٢ – ٢٠ : فتحات كبيرة للتهوية تمتد ما بين شرائح البلاستيك المغطية للبيت ، وتناسب المناطق المعتدلة.



شكل ٢ – ٢١ : فتحات واسعة للتهوية فى سقف البيت تناسب المناطق الحارة (عن Clovis Lande – إنجلترا) .



شكل ٢ - ٢٢ : فتحات واسعة للتهوية فى سقف البيت لتأمين التهوية الجيدة (عن Tavis Lande - إنجلترا) .

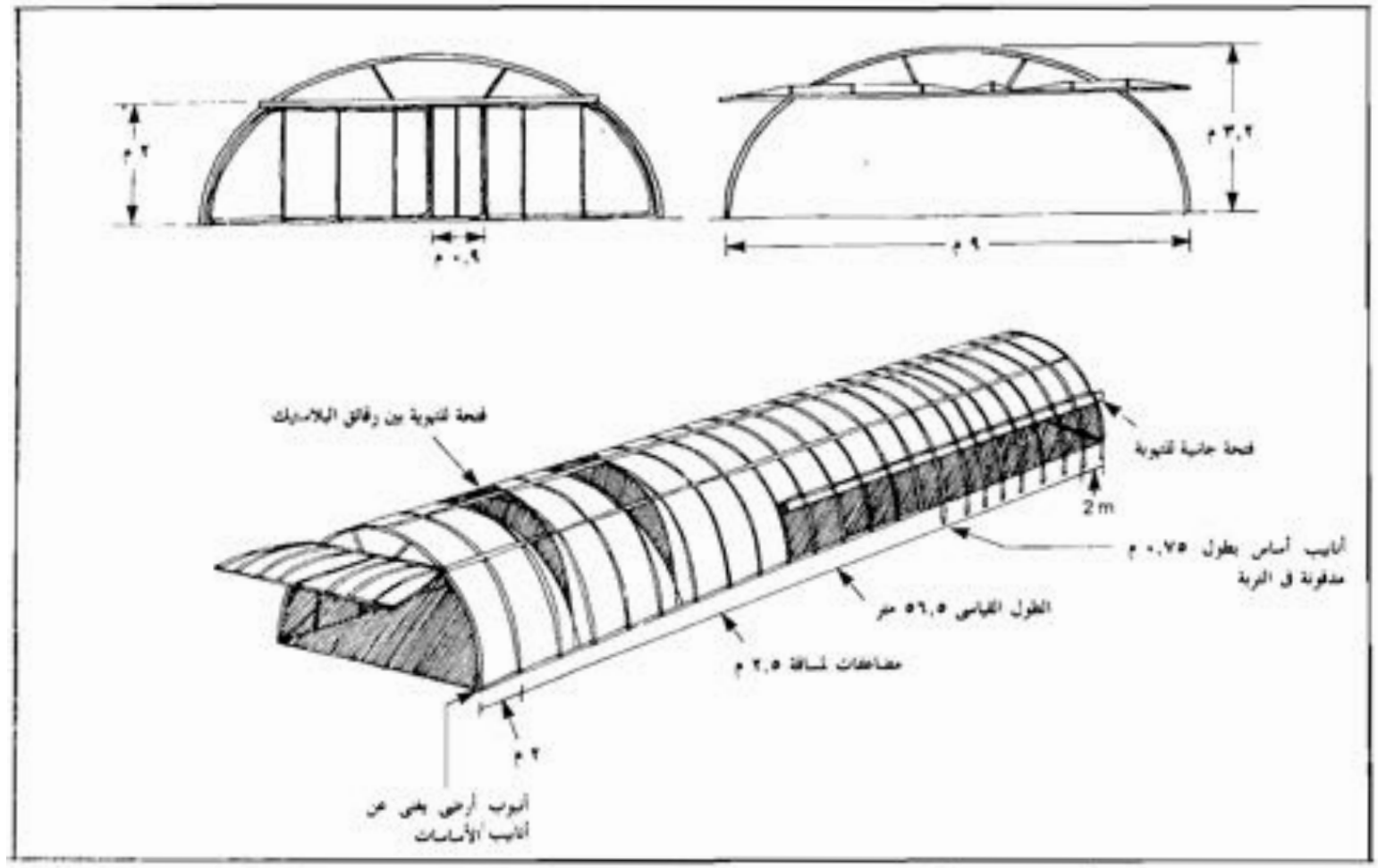
وعند الرغبة فى عدم دخول الحشرات إلى البيت من فتحات التهوية ، فإن الفتحات تغطى بشباك خاصة ، كتلك المبينة فى شكل (٢ - ٢٣) . ويبين شكل (٢ - ٢٤) تغطيةً لفتحة تهوية من هذا النوع ، وكيف يتم التحكم فى فتحها وغلقها .

ويتم التحكم فى فتح وغلق فتحات التهوية بإحدى الطرق الآتية :

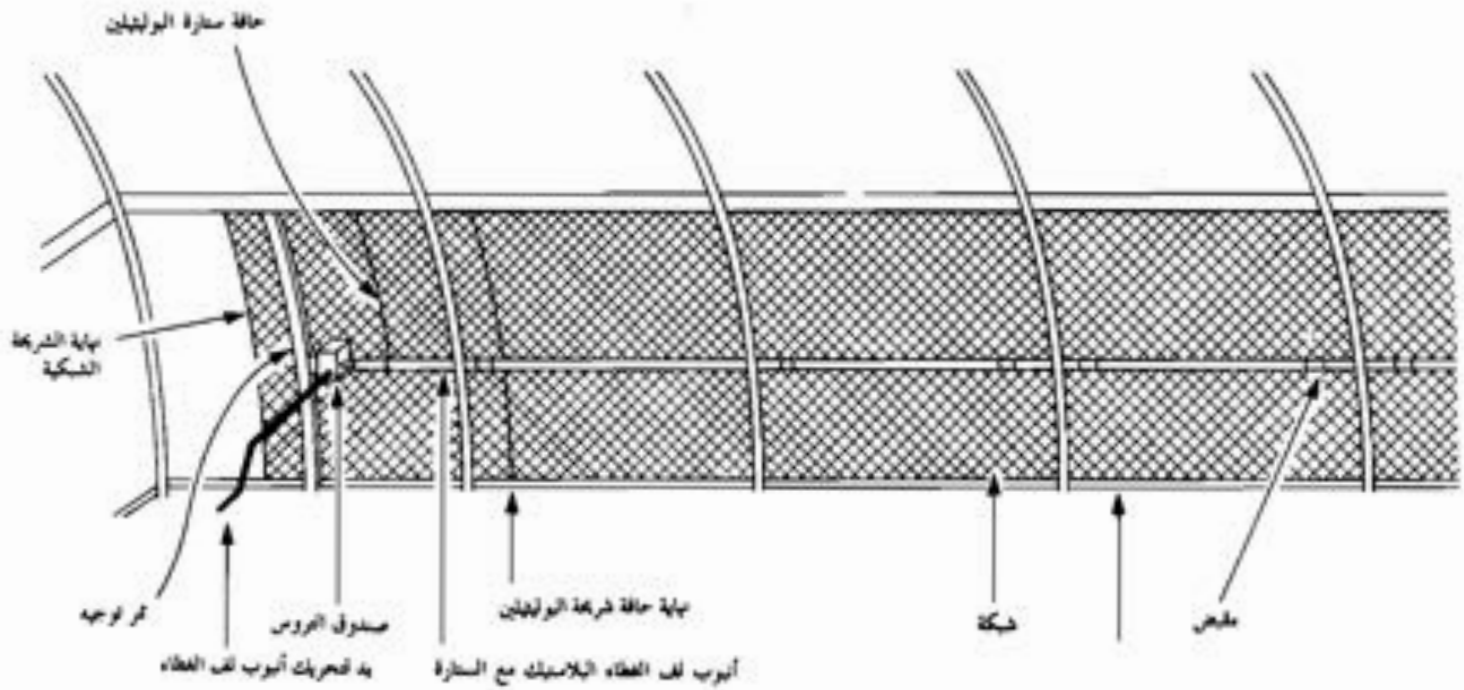
١ - يدويًا بفتح أو غلق الأبواب أو فتحات التهوية الكبيرة .

٢ - يدويًا بإدارة عجلة خاصة تتصل مع فتحات التهوية بأسلاك ، كما فى شكل (٢ - ٢٥ ، ٢ - ٢٦) ، أو بتروس ، كما فى شكل (٢ - ٢٧) .

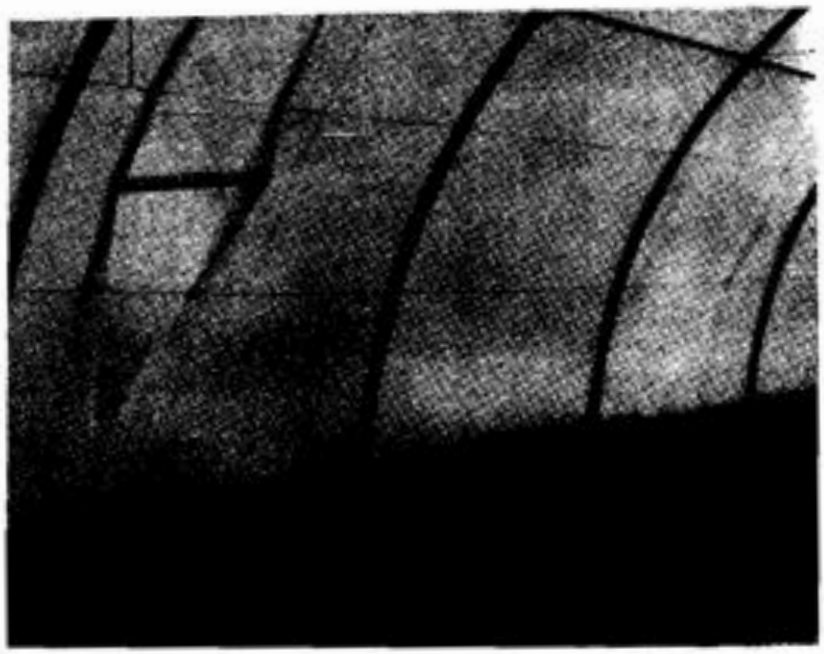
٣ - آليًا كما فى شكل (٢ - ٢٨ ، ٢ - ٢٩) ، حيث يتم توصيل فتحة التهوية بمنظم الحرارة الذى يعمل على تشغيل جهاز منافذ التهوية عند ارتفاع درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأقصى المسموح به .



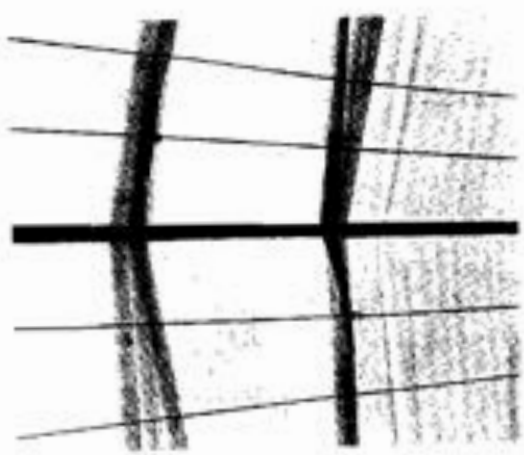
شكل ٢ – ٢٣ : أنواع مختلفة من فتحات التهوية الواسعة ما بين شرائح البلاستيك ، وبامتداد الجانبين الطويلين ، مع إمكانية رفع الأبواب لأعلى لزيادة التهوية (عن شركة Ferdinbridge – إنجلترا) .



شكل ٢ - ٢٤ : تخطيط لفتحة بوبة بامتداد الجانب الطولى للبيت بين الغطاء الشبكى للفتحة ، وكيفية التحكم فى فتحها وغلقها (عن Fordinbridge - إنجلترا) .

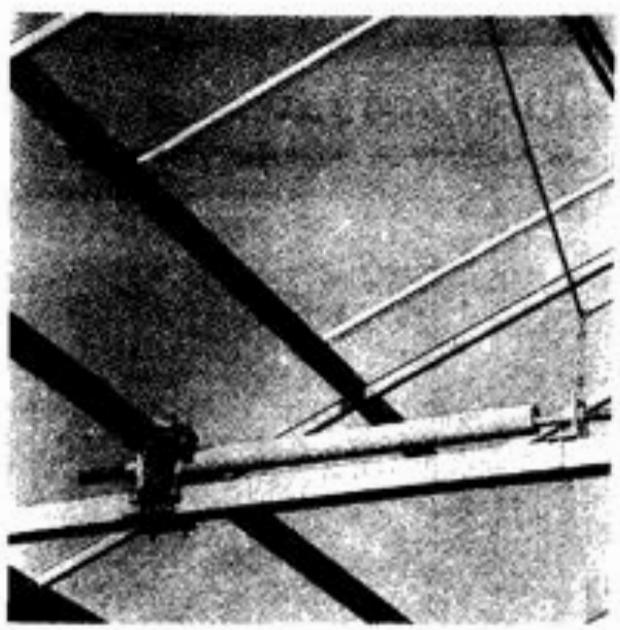


شكل ٢ – ٢٥ : نظام التحكم فى فتح وغلق منافذ التهوية بإدارة عجلة خاصة تتصل مع فتحات التهوية بأسلاك (عن Roverto – هولندا) .



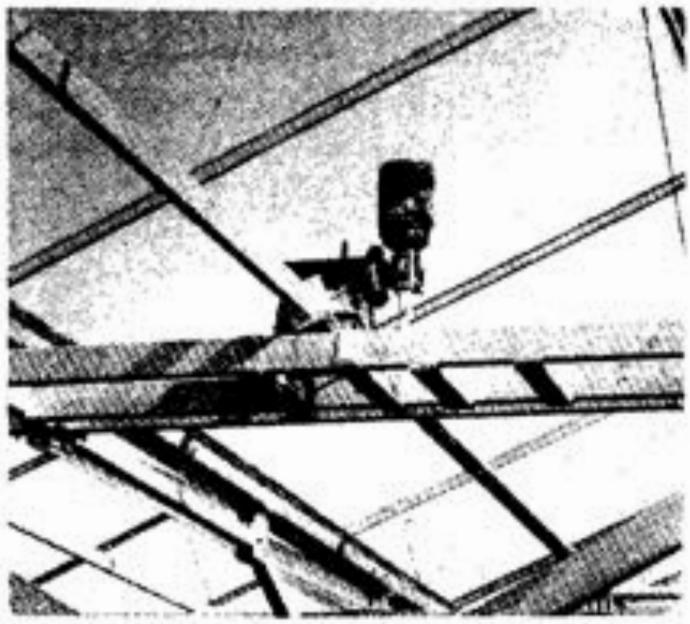
شكل ٢ – ٢٦ : نظام آخر للتحكم فى فتح وغلق منافذ التهوية بإدارة عجلة خاصة تتصل مع فتحات التهوية بأسلاك (عن Roverto – هولندا) .

شكل ٢ – ٢٧ : نظام التحكم فى فتح وغلق منافذ التهوية بإدارة عجلة خاصة تتصل مع فتحات التهوية بتروس ، ويمكن تشغيلها آليًا (عن H.A.G المانيا) . يلاحظ نفس النظام أيضًا فى شكل (٢ – ١٩) .



محرك آلي للتحكم بالفتحات

شكل ٢ – ٢٨ : نظام للتحكم الآلى فى فتحات التهوية (عن J.J.provence – فرنسا).



نظام لسان معدني للفتحات

شكل ٢ – ٢٩ : نظام آخر للتحكم الآلى فى فتحات التهوية (عن S.I. provence – فرنسا) .

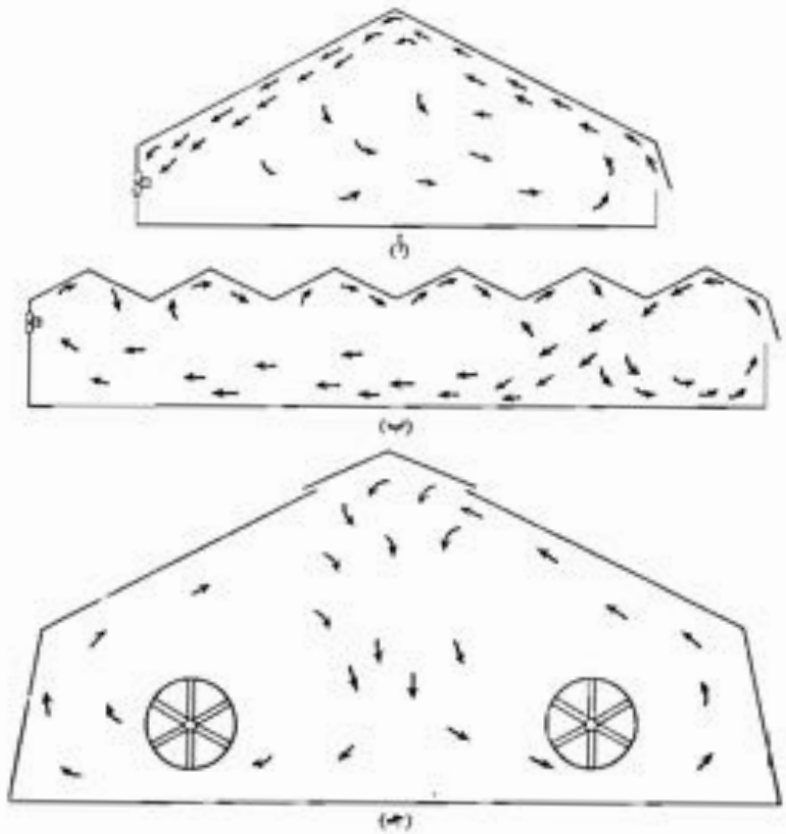
٢ – ٤ – ٢ : التهوية بنظام المنافذ والمراوح

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

وللحصول على أعلى كفاءة ممكنة يجب أن تكون المراوح المستخدمة قادرة على سحب كل هواء البيت بمعدل مرة فى الدقيقة ، ويفضل استخدام المراوح ذات السرعتين . أما منافذ التهوية ، فيجب أن تكون مساحتها ٤ – ٥ أضعاف مساحة المراوح المستخدمة على الأقل (Sheldrake ١٩٧١) .

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

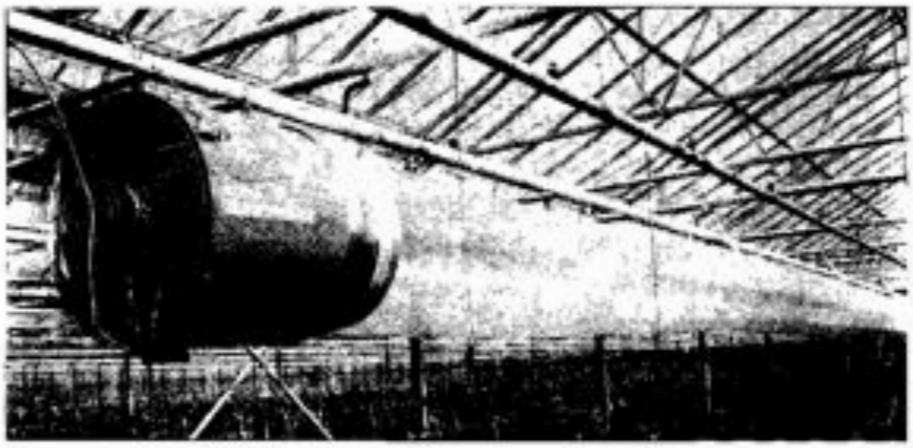
ويبين شكل (٢ – ٣٠) مسار التحركات الهوائية داخل البيت عند اتباع هذا النظام فى التهوية ، وذلك فى كل من البيوت المفردة ذات الشكل الجمالونى المتناظر الانحدار والبيوت الكبيرة المتصلة بنظام القنوات والخطوط .



شكل ٢ – ٣٠ : مسار التحركات الهوائية عند التهوية . (أ) فى بيت مفرد على شكل جالون مناظر الاخضار ، مع وجود فتحة التهوية فى جانب البيت ، والمراوح الساحبة للهواء فى الجانب الآخر . (ب) فى مجموعة من البيوت المتصلة على شكل القنوات والخطوط بنفس نظام التهوية السابق . (جـ) فى بيت مفرد على شكل جالون مناظر الاخضار ، مع وجود فتحات التهوية فى قمة البيت .

٢ – ٤ – ٣ : التهوية بنظام الأنبوبة البلاستيكية

تستخدم فى هذا النظام للتهوية أنبوبة من البولييثيلين بقطر ٥٠ – ٧٥ سم تتدلى من سقف البيت بطوله أعلى مستوى النباتات (شكل ٢ – ٣١) . توجد بهذه الأنبوبة ثقوب صغيرة على الجانبين فى الجهة السفلية يخرج منها الهواء ليتوزع فى أرجاء البيت ، وهى مسدودة من أحد طرفيها ، ومفتوحة من الجانب الآخر على المنفذ الذى يأتيها منه الهواء .



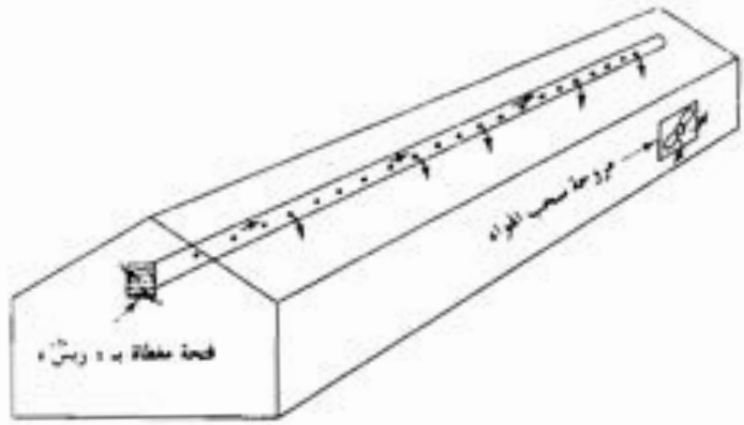
شكل ٢ – ٣١ : أنبوبة بلاستيكية تتدلى مع سقف البيت بطوله أعلى مستوى النباتات ، ويمكن أن تستخدم فى التهوية فى الجو البارد ، وفى توزيع الهواء الدافىء ، وفى المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت .

التهوية فى الجو البارد

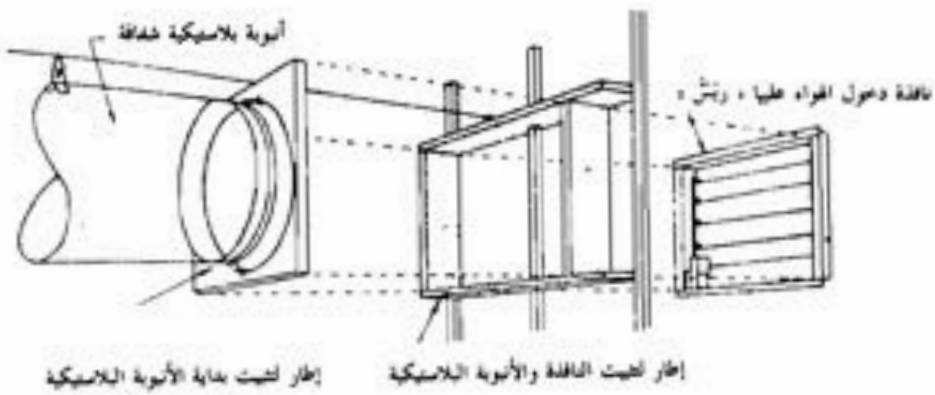
يفضل اتباع نظام الأنبوبة البلاستيكية للتهوية فى الجو البارد ، حيث يكون الهواء الخارجى باردًا بدرجة قد تضر بالنباتات القريبة من فتحات التهوية . ولتلافى ذلك يسمح لهذا الهواء بالدخول إلى الأنبوبة البلاستيكية أولاً ، حيث يوزع منها بالتدريج فى جميع أرجاء البيت .

ويوضح شكل (٢ – ٣٢) الكيفية التى يتم بها عمل هذا النظام : تثبت مروحة كبيرة ساحبة للهواء فى جانب من البيت ، بينما يوصل أحد طرفى الأنبوبة البلاستيكية بفتحة فى جانب آخر . ويؤدى تشغيل المروحة إلى توليد تفريغ داخل البيت ؛ فيندفع الهواء بالتالى من خارج البيت خلال الفتحة المطلة على الأنبوبة البلاستيكية لتنتفخ الأنبوبة بالهواء الخارجى البارد الذى يخرج من خلال الفتحات الصغيرة ليوزع بالتدريج فى جميع أرجاء البيت .

هذا .. وتغطى الفتحة الخارجية بـ « ريش » خاصة تثبت فى إطار خشبى فى جدار البيت ، يعلو الأنبوبة البلاستيكية بهذا الإطار من الناحية الداخلية للجدار (شكل ٢ – ٣٣) . ويتم فتح هذه « الريش » بمجرد اندفاع الهواء من خلالها إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية . وقد يتحكم قفل خاص فى فتحها وغلقها ، ويتم تشغيله بواسطة منظم الحرارة ، حيث يفتح مع تشغيل المروحة فى آن واحد . وليس لموقع المروحة الساحبة للهواء أهمية كبيرة ، نظرًا لأن كل وظيفتها هى توليد تفريغ داخلى طفيف يسمح باندفاع الهواء إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية .



شكل ٢ – ٣٢ : تخطيط للكيفية التى تتم بها التهوية فى الجو البارد بنظام الأنبوبة البلاستيكية (عن Nelson ١٩٨٥) .



شكل ٢ – ٣٣ : تخطيط يوضح مكان اتصال الأنبوبة البلاستيكية بفتحة التهوية التى توجد فى جدار البيت .

ويجب أن تعطى أهمية خاصة لقدرة المروحة على سحب الهواء من البيت ، نظرًا لتأثير ذلك على كفاءة عملية التهوية . وتختلف التقديرات فى هذا الأمر من ١,٥ – ٤ أمتار مكعبة من الهواء المسحوب من البيت فى الدقيقة لكل قدم مربع من مساحة البيت بمتوسط قدره ٢ قدم مكعب فى الدقيقة . تعمل التهوية بهذا المعدل – تحت الظروف القياسية – على عدم ارتفاع درجة الحرارة داخل البيت لأكثر من ١٥°ف عن الجو الخارجى . فإذا أريدت المحافظة على فرق أقل فى درجة الحرارة بين هواء الداخل والخارجى ، وجبت زيادة معدل دخول الهواء البارد . ويستخدم لأجل ذلك معامل التصحيح (F_{winter}) المبين فى جدول (٢ – ١٢) ، والذى يطلق عليه اسم معامل التهوية للفرق المسموح به فى درجة الحرارة . هذا .. والظروف القياسية المشار إليها هى ألا يزيد منسوب البيت

عن ١٠٠٠ قدم عن سطح البحر ، وألا تزيد شدة الإضاءة داخل البيت عن ٥٠٠٠ قدم – شمعة . فإذا اختلفت الظروف الحقيقية عن القياسية ، لزم تصحيح معدل سحب الهواء باستعمال معاملات التصحيح التى سبقت الإشارة إليها فى جدول (٢ – ٧ ، ٢ – ٩) .

جدول (٢ – ١٢) : معامل تصحيح التهوية للفرق المسموح به فى درجة الحرارة بين داخل وخارج البيت F_{winter}

الفرق المسموح به فى درجة الحرارة بين داخل وخارج البيت (ف°)										
٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	
١,٦٧	١,٥٠	١,٣٧	١,٢٥	١,١٥	١,٠٧	١,٠٠	٠,٩٤	٠,٨٨	٠,٨٣	F_{winter}

كذلك يجب أن نعطى أهمية لحساب عدد الأنابيب البلاستيكية اللازمة للتهوية ، ومساحة الثقوب بها ، لأن كل أنبوبة بقطر ٧٥ سم تكفى لتهوية نحو ١٠ أمتار من عرض البيت (أى ٥ أمتار على كل جانب من جانبيها) . وتكون الثقوب عادة صغيرة ، لكن مساحتها الإجمالية يجب أن تكون فى حدود ١,٥ – ٢ ضعف مساحة مقطع الأنبوبة . ونظرًا لأن الأنبوبة تمتد بطول البيت ، لذلك تجب فى حالة البيوت الطويلة زيادة المسافة بين الثقوب ، حتى تظل مساحتها الإجمالية فى الحدود المشار إليها . هذا . وغالبًا ما تكون المسافة بين الثقوب من ٦٠ – ٩٠ سم .

التهوية ، مع المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت

يمكن استخدام نظام الأنابيب البلاستيكية فى المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت مع إجراء التهوية فى الجو البارد . ولتحقيق ذلك .. تثبت المروحة الساحبة للهواء والأنبوبة البلاستيكية كالعادة ، لكن دون إيصال طرفها المفتوح بجدار البيت ، بل يظل على بعد ٦٠ – ١٢٠ سم من الفتحة الموجودة بالجدار . وتثبت على الطرف المفتوح للأنبوبة مروحة دافعة للهواء تعمل باستمرار ، فتظل الأنبوبة دائمًا مملوءة بالهواء .

ففى حالة التهوية يؤدى تشغيل المروحة الساحبة للهواء إلى إحداث تفريغ جزئى فى البيت ، فيندفع الهواء من خلال الفتحة التى توجد فى جدار البيت (والتى تكون مغطاة بريش خاصة تفتح عند اندفاع الهواء من خلالها) لتتلقفه المروحة القريبة المثبتة فى طرف الأنبوبة البلاستيكية ، وتدفعه داخل الأنبوبة ليتوزع فى جميع أرجاء البيت . ويجب أن تكون قدرة المروحة الدافعة للهواء إلى داخل الأنبوبة مساوية لقدرة المروحة الساحبة للهواء من البيت ، وإلا تدفق جزء من الهواء الخارجى البارد ... حل بن البيت إلى أسفل نحو النباتات ، بدلا من سحبه إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية .

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

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

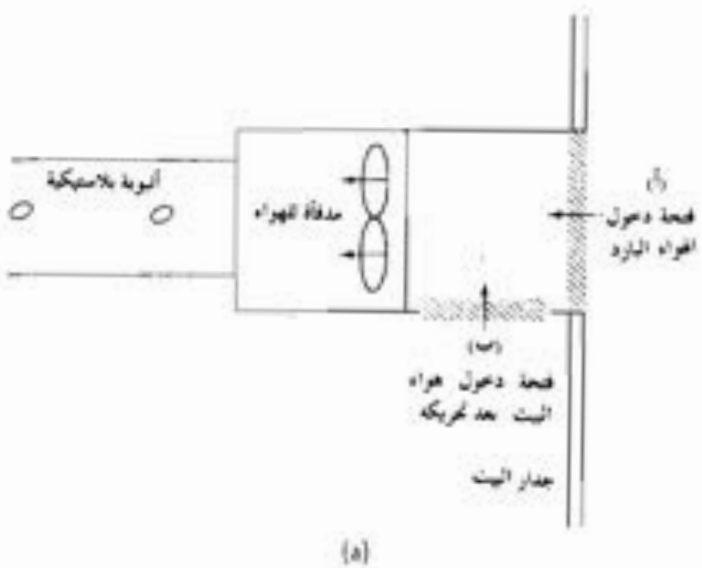
٢ - تحريك غاز ثانى أكسيد الكربون الذى يقل تركيزه حول النبات .

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

التهوية والتدفئة ، مع المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت

يحدث أحيانًا فى فصل الشتاء أن تحتاج البيوت إلى التهوية نهارًا والتدفئة ليلًا . ويمكن تحقيق ذلك بنظام واحد تستخدم فيه أنبوبة بلاستيكية مثقبة ، كما فى حالة التهوية . ينتهى طرف الأنبوبة قبل جدار البيت بنحو ٦٠ سم ، حيث تحاط هذه المسافة بما يشبه الصندوق ، كما فى شكل (٢ - ٣٤) . ويوضع جهاز التدفئة مقابل الفتحة (ب) بالشكل ، أما الفتحة (أ) ، فهى فى جدار البيت لدخول الهواء البارد عند الحاجة للتهوية . وكلاهما مغطى بريش خاصة ، ويمكن إحكام غلقها . وتثبت فى بداية الأنبوبة مروحة دافعة للهواء داخل الأنبوبة .

عندما ترتفع درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأقصى المسموح به تفتح الفتحة (أ) وتغلق الفتحة (ب) ، وتعمل المروحة الساحبة للهواء التى توجد فى مكان آخر بالبيت ؛ فيندفع الهواء البارد الخارجى من الفتحة (أ) ، ومنه إلى الأنبوبة البلاستيكية من خلال المروحة التى تعمل باستمرار .

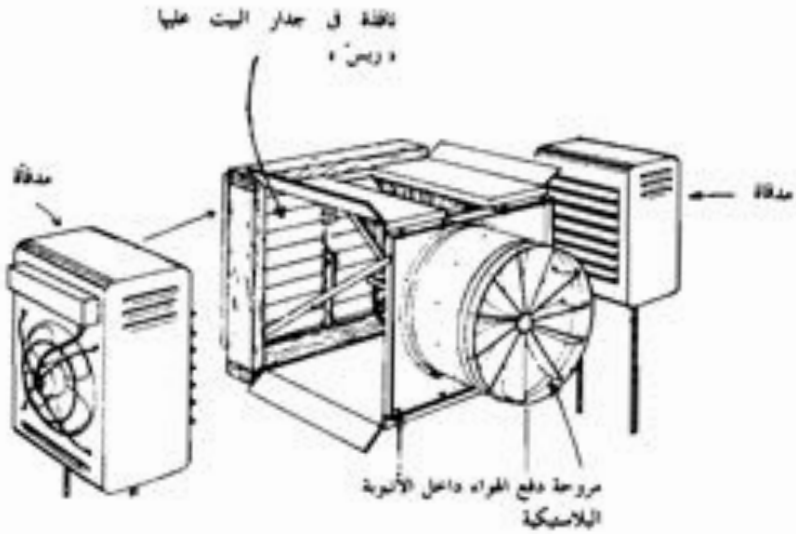


(أ)

شكل ٢ - ٣٤ : تخطيط يوضح كيفية استخدام نظام الأنبوبة البلاستيكية فى التهوية ، والتدفئة ، والمحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت .

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

ومع استمرار انخفاض درجة الحرارة ليلًا يبدأ جهاز التدفئة فى العمل مع استمرار الوضع على ما هو عليه (الفتحة « أ » مغلقة ، والفتحة « ب » مفتوحة ، والمروحة الساحبة للهواء من البيت لا تعمل ، والمروحة الدافعة للهواء داخل الأنبوبة تعمل) ؛ فيندفع الهواء الساخن إلى داخل الأنبوبة ليتم توزيعه فى أرجاء البيت . ويوضح شكل (٢ – ٣٥) تجسيمًا لهذا النظام .



شكل ٢ – ٣٥ : رسم مجسم بنظام الأنبوبة البلاستيكية فى التهوية عند استخدامه أيضًا فى التدفئة ، وفى المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت .

٢ – ٥ : التحكم فى الإضاءة

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

٢ – ٥ – ١ : التحكم فى شدة الإضاءة

خفض شدة الإضاءة

يتطلب الأمر خفض شدة الإضاءة فى حالات خاصة هى :

١ – خلال فصل الصيف فى الجو الصحو بالمناطق الحارة ، حيث تزداد شدة الإضاءة بدرجة كبيرة ، ويتحول جانب كبير من الإشعاع الشمسى إلى طاقة حرارية ؛ فترتفع بذلك درجة الحرارة

كثيرًا داخل البيوت .

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

ويتم التحكم فى شدة الإضاءة بصورة جيدة باستعمال شباك التظليل البلاستيكية المناسبة التى تحدث تظليلاً بدرجات تتراوح من ١٠ – ٩٠٪ حسب الحاجة . كما يمكن خفض شدة الإضاءة برش غطاء البيت من الخارج بالجير ، إلّا أن ذلك يترك رواسب يصعب التخلص منها عند حلول فصل الشتاء .

زيادة شدة الإضاءة

نجد فى المناطق الشمالية الباردة أن أشعة الشمس تسقط على سطح الأرض خلال فصل الشتاء بزاوية صغيرة ، كما تكون السماء ملبدة بالغيوم معظم ساعات النهار . ويتبع ذلك أن الإضاءة تكون ضعيفة فى هذه المناطق ، مما يستلزم توفير بعض الإضاءة الصناعية فى البيوت المحمية . ومما يساعد على جعل الإضاءة الإضافية هذه أمرًا اقتصاديًا فى هذه المناطق أن البيوت المحمية تظل مغلقة خلال فصل الشتاء بسبب برودة الجو ، مما يستدعى تغذية البيوت بغاز ثانى أكسيد الكربون (أنظر الجزء ٢ – ٦) . وقد وجد فى العديد من الدراسات أن استفادة النباتات من غاز ثانى أكسيد الكربون المضاف تزداد مع زيادة شدة الإضاءة .

ومن أهم مصادر الإضاءة الصناعية لمبات التنجستون ، ولمبات الفلورسنت (النيون) ، وهما يختلفان كثيرًا فى توزيع الموجات الضوئية التى تبعث من كل منهما . فلمبات التنجستون تبعث بالضوء من الفتيل الذى يسخن بدرجة كبيرة ، مرسلاً أشعة تبدأ من الطيف الأزرق (٣٥٠ ملى ميكرون) ، وتستمر حتى طيف الأشعة تحت الحمراء (٧٥٠ ملى ميكرون) ، ويكون ضوء لمبات التنجستون غنيًا فى محتواه من الأشعة تحت الحمراء التى تفقد فى صورة حرارة . ولا يتحول إلى ضوء سوى ٥٪ فقط من إجمالى الإشعاع الصادر من لمبات التنجستون . ولهذا .. فلمبات التنجستون تعد قليلة الكفاءة فى زيادة شدة الإضاءة اللازمة لعملية البناء الضوئى ، إلّا أنها تفيد فى زيادة تدفئة النباتات ، وفى التحكم فى إزهار النباتات التى تتأثر بالفترة الضوئية فى إزهارها.

أما لمبات الفلورسنت ، فإنها تبعث بضوء منخفض فى الأشعة الحمراء ، ولا يحتوى على أية أشعة تحت حمراء ، ولذا نجد أن اللمبات تكون باردة . ويحتوى ضوء لمبات الفلورسنت على باقى ألوان الطيف بصورة قريبة من تلك الموجودة فى أشعة الشمس . ولهذا السبب فإنه يجب لكى يتحقق أفضل نمو بالضوء الصناعى استعمال كل من لمبات التنجستون والفلورسنت معًا ، حتى تكمل بعضها البعض لإنتاج أشعة أقرب من طيف أشعة الشمس أكثر من أى منهما منفردة (جاليك ١٩٨٥) .

وإلى جانب الإضاءة الصناعية ، فإن الاختيار الأمثل لشكل البيت (الجزء ١ – ٢) واتجاهه (الجزء ١ – ٣ – ١) ومادة الغطاء (الجزء ١ – ٤) يساعد على زيادة نفاذية الضوء إلى داخل البيت .

كذلك فإن تنظيف أغطية البيوت من الأتربة التى تتراكب عليها خلال فصل الصيف يفيد كثيرًا فى زيادة نفاذيتها لأشعة الشمس عند الحاجة لذلك خلال فصل الشتاء . ويعتبر ذلك الإجراء ضروريًا فى بداية فصل الشتاء فى المناطق الباردة والمعتدلة والحارة على حد سواء . وأفضل طريقة للتنظيف هى برش الغطاء أولًا بمحلول ٥٪ من حامض الأوكساليك ، ثم غسله بالماء . ويجب عدم استعمال ماء به نسبة مرتفعة من الجير ، حتى لا يترك رواسب على الزجاج (Anon. ١٩٨٠) .

٢ – ٥ – ٢ : التحكم فى الفترة الضوئية

يعتبر التحكم فى الفترة الضوئية بالزيادة أو بالنقصان إحدى المعاملات الزراعية الروتينية فى الإنتاج التجارى لبعض نباتات الزهور ، بغية التحكم فى موعد إزهارها . أما فى محاصيل الخضر ، فليس لذلك الأمر أهمية تذكر إلا فى الحالات التالية :

١ – فى البيوت المحمية المخصصة لأغراض البحوث كالدراسات الخاصة بالتأقت الضوئى .

٢ – فى المناطق الشمالية شتاء عندما تكون الفترة الضوئية أقصر مما يلزم للنمو النباتى الجيد .

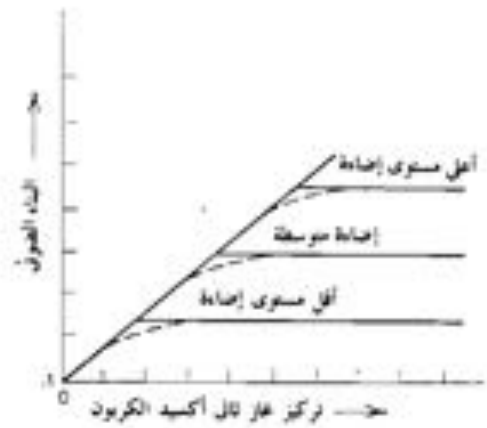
هذا .. ويتم تقصير الفترة الضوئية بسواتر من القماش الأسود تثبت على حوامل خاصة أعلى النباتات تمنع وصول الضوء إليها بعد عدد معين من ساعات النهار . وتحرك هذه السواتر يدويًا فى الوقت المحدد يوميًا . أما إطالة الفترة الضوئية ، فتتم بالإضاءة الصناعية كما سبق بيانه فى الجزء (٢ – ٥ – ١) .

٢ – ٦ : التحكم فى نسبة ثانى أكسيد الكربون فى هواء البيت

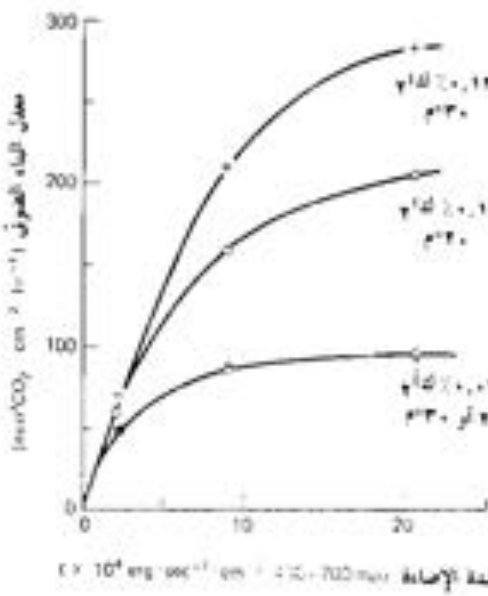
تستهلك النباتات غاز ثانى أكسيد الكربون فى عملية البناء الضوئى . فإذا ظلت البيوت المحمية مغلقة لفترة طويلة ، كما هو الحال فى المناطق الباردة خلال فصل الشتاء ، فإن تركيز الغاز ينخفض إلى معدلات شديدة الانخفاض يقل معها معدل البناء الضوئى بدرجة كبيرة . وقد أثبتت العديد من الدراسات أن نسبة الغاز تنخفض كثيرًا حول النموات النباتية النشطة فى البيوت المحمية ، وقد يستمر هذا الانخفاض لفترات طويلة . ويصاحب ذلك نقص فى معدل البناء الضوئى يصل إلى ٥٠٪ عند انخفاض تركيز الغاز إلى ١٦٠ جزء فى المليون (٠,٠١٦٪) . وعلى العكس من ذلك .. فإن معدل البناء الضوئى يزداد بمقدار ٥٠٪ عند زيادة تركيز الغاز من ٣٣٥ إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون (أى من التركيز الطبيعى ٠,٠٣٣٥٪ إلى ٠,١٪) . وقد تصل الزيادة فى البناء الضوئى إلى ١٠٠٪ إذا كانت الزيادة فى تركيز الغاز مصحوبة بإضاءة قوية وحرارة مرتفعة بالقدر المناسب للنمو النباتى (عن Slack & Hard ١٩٨٤) .

ويخضع تأثير زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون على معدل البناء الضوئى لقانون العامل المحدد Principle of the limiting factor ، كما هو مبين فى شكل (٢ – ٣٦) . فتؤدى زيادة تركيز الغاز إلى زيادة معدل البناء الضوئى إلى أن يصبح مستوى الإضاءة عاملًا محددًا ؛ فتتوقف الزيادة فى معدل البناء الضوئى . ومع زيادة مستوى الإضاءة تستمر الزيادة فى معدل البناء الضوئى مع زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون ، حتى يصبح الضوء عاملًا محددًا مرة ثانية .. وهكذا . ويبين شكل (٢ – ٣٧) كيف يتفاعل كل من تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون وشدة الإضاءة ودرجة الحرارة فى التأثير على

معدل البناء الضوئى فى الخيار : نجد فى جميع المنحنيات بالشكل أن معدل البناء الضوئى يزداد تدريجياً بزيادة شدة الإضاءة ، لكن الزيادة تظل محدودة فى التركيز المنخفض للغاز أيًا كانت درجة الحرارة . ومع زيادة تركيز الغاز يزداد معدل البناء الضوئى ، لكن هذه الزيادة تكون أكبر فى درجة الحرارة المرتفعة (٣٠°م) ، عنه فى درجة الحرارة المنخفضة (٢٠°م) (عن Mastalerz ١٩٧٧) .



شكل ٢ – ٣٦ : تأثير شدة الإضاءة على الزيادة التى تحدث فى معدل البناء الضوئى عند زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون (نظرية العامل المحدد) .



شكل ٢ – ٣٧ : تتداخل درجة الحرارة مع شدة الإضاءة فى التأثير على الزيادة التى تحدث فى معدل البناء الضوئى فى الخيار عند زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون

هذا .. وتتوقف الزيادة فى النمو عند زيادة تركيز الغاز على المحصول المزروع ، وحالته ، وعمره ، والظروف البيئية الأخرى . فقد أوضحت العديد من الدراسات استجابة الطماطم والخيار والخس لهذه المعاملة . وعمومًا .. تكون الاستجابة كبيرة عندما يكون المحصول المزروع بحالة جيدة ، خاصة فى المراحل المبكرة من النمو ، وعندما تكون الإضاءة جيدة والحرارة مناسبة .

هذا .. ولا توجد أية خطورة على الإنسان من جراء زيادة تركيز الغاز فى البيوت المحمية حتى التركيز المناسب الذى يتراوح عادة من ١٠٠٠ – ١٥٠٠ جزء فى المليون ، لأن الإنسان يتحمل زيادة تركيز الغاز حتى ٥٠٠٠ جزء فى المليون .

٢ – ٦ – ١ : الإستجابة للتغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون فى محاصيل الخضر

درست الاستجابة للتغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون فى عدد من محاصيل الخضر ، لكنها تركزت على ثلاثة محاصيل هى : الطماطم ، والخيار ، والخس .

١ – الطماطم

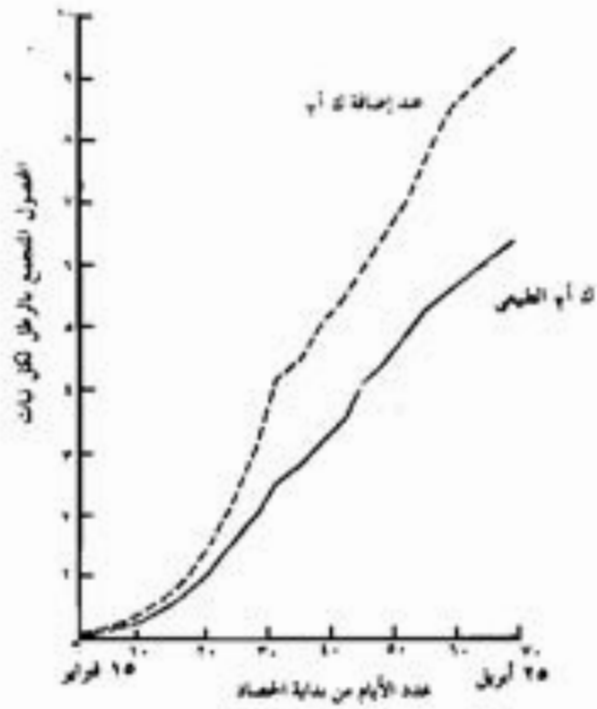
وجد فى دراسة أجريت على الطماطم فى البيوت المحمية أن زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون إلى ١٢٠٠ جزء فى المليون أدت إلى زيادة المحصول المبكر بنسبة ١٥٪ ، والمحصول الكلى بنسبة ٨٪ (Hand & Soffe ١٩٧١) . كما أوضح O'Leary & Knecht (١٩٧٤) أن زيادة تركيز الغاز من ٤٠٠ – ٨٠٠ جزء فى المليون أحدثت زيادة جوهرية فى المحصول وحجم الثمار . كذلك وجد أن زيادة تركيز الغاز لمدة ٦,٥ ساعة يوميًا أدت إلى التبكير فى النضج ، وزيادة وزن الثمرة ، وزيادة المحصول الكلى بنسبة ٣٥٪ ، وذلك بالمقارنة بزيادة قدرها ٣١٪ و ٢٤٪ فى محصول الفلفل والباذنجان على التوالى . ويبين شكل (٢ – ٣٨) تأثير المعاملة بالغاز على محصول الطماطم (عن Wittwer & Houma ١٩٧٩) .

وقد أوضحت دراسات Nilsen وآخرين (١٩٨٣) أن الإضاءة العالية ليست ضرورية فى الطماطم لكى تحدث استجابة جيدة لزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون ، فقد ازداد معدل البناء الضوئى جوهريًا فى كل المعاملات ، بما فى ذلك أقل المستويات ، لكن الحرارة المرتفعة كانت عاملًا محددًا ، فازدادت الاستجابة لزيادة تركيز الغاز مع ارتفاع درجة الحرارة . وقد صاحبت الزيادة فى معدل البناء الضوئى زيادة جوهرية فى المحصول الطازج والجاف .

٢ – الخيـــــار

أوضحت العديد من الدراسات أن نبات الخيار يستجيب لزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى البيوت المحمية ، بشرط توفر إضاءة جيدة وحرارة مناسبة . وقد كانت الاستجابة فى صورة زيادة فى نمو الأوراق ، والتفريع ، والإزهار ، والمادة الجافة ، والمحصول المبكر ، والمحصول الكلى . فمثلًا .. وجد Hopen & Ries (١٩٦٢) أن نباتات الخيار استجابت للزيادة فى تركيز الغاز من ٣٥٠ حتى ٢١٥٠ جزء فى المليون . وبرغم أن هذه الاستجابة حدثت أيًا كانت شدة الإضاءة ، إلّا أن الاستجابة لزيادة تركيز الغاز كانت أكبر مع ازدياد شدة الإضاءة من ٣٠٠ إلى ١٤٠٠ قدم – شمعة . وقد تمثلت هذه الاستجابة على شكل زيادة فى الوزن الطازج ، والوزن الجاف للنبات ،

وطول النبات ، وعدد الثمار بالنبات . كما أوضحت دراسات Slack & Hand (١٩٨٤) أن نباتات الخيار تستجيب للزيادة فى تركيز الغاز حتى ١٠٠٠ جزء فى المليون شتاءً ، وحتى ٤٥٠ جزء فى المليون صيفًا ، وكانت الاستجابة على شكل زيادة فى المحصول ومتوسط وزن الثمرة . وقد كانت العلاقة طردية بين المحصول ومتوسط تركيز الغاز فى جو البيت ، وكانت المعاملات اقتصادية برغم احتياج البيوت للتهوية صيفًا .



شكل ٢ - ٣٨ : تأثير المعاملة بغاز ثانى أكسيد الكربون على المحصول فى الطماطم .

٣ - الخـــس

يعتبر الخس من الخضر التى تستجيب بصورة جيدة لزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى البيوت المحمية ، دون أن تتأثر نباتات الخس سلبيًا بنواتج احتراق الوقود المستخدم فى إنتاج الغاز . فقد وجد أن زيادة تركيز الغاز إلى ٣ - ٦ أضعاف التركيز الطبيعى يحدث التأثيرات التالية .

(أ) تبكير النضج مدة ١٠ أيام على الأقل ، مما يسمح بزراعة محصول إضافى من الخس فى نفس الموسم .

(ب) زيادة المحصول بمقدار ٤٠ إلى ١٠٠٪ ، وتكون الزيادة فى المحصول أكبر فى الأصناف السريعة النمو .

(جـ) زيادة نسبة المادة الجافة .

إلا أن الاستجابة العالية لزيادة تركيز الغاز تتطلب ما يلى :

(أ) زيادة درجة الحرارة بمقدار ٦ – ٨°م نهارًا و ٣°م ليلًا .

(ب) زيادة معدلات الرى .

(جـ) زيادة معدلات التسميد ، خاصة بالنسبة للنمو الأزوتى (Wittwer & Hdema ١٩٧٩) .

٢ – ٦ – ٢ : مصادر غاز ثانى أكسيد الكربون المستخدم فى البيوت المحمية

من أهم مصادر غاز ثانى أكسيد الكربون المستخدم فى البيوت المحمية ما يلى :

١ – بعض أنواع الهيدروكربونات ، مثل : البارافين paraffin ، أو غاز البروبان propane ، حيث يؤدى احتراقها فى مواقد خاصة إلى إنتاج غاز ثانى أكسيد الكربون ، لكن يجب أن تكون هذه الهيدروكربونات على درجة عالية من النقاوة ، نظرًا لأن الكبريت الموجود بها قد يتحول إلى غاز ثانى أكسيد الكبريت الذى يذوب فى الماء بسهولة ، ثم يتحول إلى حامض كبريتوز ، ثم إلى حامض كبريتيك ؛ مما يؤدى إلى احتراق أوراق النبات .

كما يجب أن يكون الاحتراق تامًا ، لأن الاحتراق غير التام يتبعه إنتاج غازات الإيثيلين ، وأول أكسيد الكربون ، وكلاهما ضار بالنباتات ، والثانى سام للإنسان ، ولهذا .. تستخدم مواقد خاصة لإنتاج الغاز . وعند تشغيلها يجب معايرتها باستمرار لتعطى دائمًا لهبًا أزرق صافيًا ، مع توفير أكسجين كافٍ لتمام احتراق الوقود .

٢ – ينتج الغاز أيضًا بتسامى غاز ثانى أكسيد الكربون الصلب (الثلج الجاف) بوضعه فى أوان تعلق فى أماكن متفرقة من البيت .

٣ – كما ينتج الغاز بتبخير ثانى أكسيد الكربون السائل من خلال أنابيب بولیثلين مثقبة ، كتلك المستعملة فى تهوية البيوت (Quarrell & Acc ١٩٧٥) .

٢ – ٦ – ٣ : الحالات التى تجدى فيها التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون

لا تفيد التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون إلّا فى المناطق الباردة ، حيث تظل البيوت المحمية محكمة الغلق للمحافظة على درجة الحرارة بها ، مما يؤدى إلى استهلاك الغاز فى عملية البناء الضوئى . ويعتبر خط عرض ٣٥ (شمال أو جنوب خط الاستواء) هو الحد الفاصل بين المناطق التى يمكن فيها التغذية بالغاز ، وتلك التى لا تناسبها إضافة الغاز . ففى خطوط العرض الأقل من ذلك ترتفع درجة الحرارة داخل البيوت المحمية شتاءً إلى الحد الذى يتطلب تهويتها ، مما يستحيل معه زيادة تركيز الغاز .

كذلك فإن إضافة الغاز لا تجدى إلا خلال ساعات النهار ، حتى يمكن الاستفادة منه فى عملية البناء الضوئى .

ولا تكون الإضافة مجدية عادة إلا خلال فترة انخفاض درجة الحرارة من أكتوبر حتى مايو . وتزيد الاستفادة من إضافة الغاز عند الاهتمام بالإضاءة ورفع درجة الحرارة (Nelson ١٩٨٥) .

٢ - ٦ - ٤ : حساب احتياجات البيوت من غاز ثانى أكسيد الكربون

العوامل المؤثرة على احتياج البيوت من الغاز

تتأثر احتياجات البيوت المحمية من غاز ثانى أكسيد الكربون بالعوامل التالية :

١ - السرعة التى يتغير بها هواء البيت

يتغير هواء البيت باستمرار ، حتى ولو كان محكم الغلق وفى غير فترات التهوية ، وذلك بسبب وجود منافذ وشقوق يتسرب منها الهواء للخارج . وتختلف سرعة تغير الهواء حسب نوع البيت . فالبيوت الزجاجية المعتنى بها يتغير فيها ربع إلى ضعفى هواء البيت كل ساعة بصورة ضيقة وبدون تهوية ، ويتوقف ذلك على سرعة الهواء فى الجو الخارجى . وفى المتوسط يتغير هواء البيت مرة كل ساعة . وبالمقارنة .. فإن هواء البيوت البلاستيكية المحكمة الغلق يتغير بمعدل نصف إلى ثلثى مرة فى الساعة .

٢ - طريقة إضافة الغاز

فالغاز المضاف فى صورة نقية تكون حرارته مساوية تقريبًا لحرارة البيت أو أقل قليلًا ، فيبقى فى المنطقة المحيطة بالنباتات ، خاصة أن الغاز يضاف عادة من خلال ثقوب دقيقة فى أنبوبة بلاستيكية تمتد بجانب النباتات . أما الغاز الناتج من احتراق الوقود ، فإن حرارته تكون أعلى بكثير من حرارة الهواء داخل البيت (خاصة عندما تقع أجهزة حرق الوقود داخل البيت) . ويؤدى ذلك إلى خفة وزنه وتصاعده لأعلى بسرعة ، حيث يتراكم فى قمة البيت قريبًا من فتحات التهوية ، مما يزيد من فرصة فقده إلى خارج البيت ، خاصة عندما لا تكون فتحات التهوية محكمة الغلق .

٣ - سرعة استنفاذ النباتات للغاز

تتوقف سرعة استهلاك النباتات للغاز على حجم الجو النباتى ، ودرجة الحرارة ، وشدة الإضاءة . وتتراوح الكمية المفقودة عادة من صفر - ١٥ رطلًا من الغاز/ فدان/ ساعة . ويحدث أقصى استهلاك للغاز عندما يكون الجو النباتى مغطيًا للمساحة المزروعة تمامًا ، مع توفر إضاءة قوية .

٤ - تنفس الكائنات الدقيقة ، وتحلل المادة العضوية

يؤدى تنفس الكائنات الدقيقة فى التربة وتحلل المادة العضوية التى توجد بها إلى إنتاج كميات محسوسة من الغاز تتصاعد إلى جو البيت . وتزداد هذه الكميات المنتجة طبيعيًا بصورة جوهرية عند استعمال بالات القش المضغوط فى الزراعة ، فيزيد تركيز الغاز بعد الزراعة بفترة قصيرة إلى ٠,٠٧ - ٠,١٪ ، ثم تنخفض النسبة لتستقر بعد عدة شهور عند حوالى ٠,٠٤٪ .

حساب كمية الغاز اللازمة

إذا أُخذت جميع العوامل المؤثرة على احتياجات البيوت من الغاز فى الاعتبار ، فإن الكمية اللازمة منه تقدر فى المتوسط بنحو ٣٠ - ٩٠ رطلًا/ فدان/ ساعة لإيصال تركيز الغاز إلى ٠,١٪ ويمكن القول بأنه عندما تستنفد النباتات ١٥ رطلًا من الغاز/ فدان/ ساعة تحت الظروف الطبيعية ، فإن

الكمية اللازمة من الغاز (للفقدان فى الساعة) تقدر بنحو ٤٠ رطلاً عندما يتغير هواء البيت مرة كل ساعة ، وبنحو ٦٠ رطلاً عندما يتغير هواء البيت مرة كل ثلثى ساعة . ويمكن بذلك حساب الكمية اللازمة من الفروقات ، علمًا بأنها تنتج الغاز بمعدل ٣ أرطال عند احتراق أى من الكميات التالية :

رطل واحد من البروبان propane

٠,١٢٥ جالون من البارافين paraffin .

٠,٢٣ therms من الغاز الطبيعى (Allen ١٩٧٣) .

طريقة تقدير تركيز الغاز

يلزم توفر الأجهزة الخاصة بتقدير تركيز الغاز بدقة فى جو البيت ، وأبسطها هى الأجهزة التى تعتمد فى عملها على تغير لون مركب كيمائى حساس للغاز بدرجة تعتمد على تركيز الغاز ، وبذلك يمكن تقدير التركيز من اللون المشاهد .

وللمزيد من التفاصيل عن استخدامات غاز ثانى أكسيد الكربون فى البيوت المحمية يراجع المؤلف الخاص بذلك للجمعية الأمريكية للمهندسين الزراعيين (Amer. Soc. Agr. Eng. ١٩٨٠) .

٢ – ٧ : برمجة الاحتياجات البيئية فى العقل الإليكترونى

يستخدم العقل الإليكترونى فى البيوت المحمية لتنظيم التحكم فى كافة العوامل البيئية . ويمكن برمجته ليتحكم فى كل مما يلى :

١ – درجة الحرارة (التدفئة والتهوية والتبريد) .

٢ – نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون .

٣ – الرطوبة الأرضية (الرى)

٤ – تركيز العناصر السمادية (التسميد) .

٥ – التركيز الكلى للأملاح فى ماء الرى .

وبذلك يمكن إدارة البيت بعدد أقل من العاملين وبأمان أكبر ، مع عدم الحاجة إلى رقابة دائمة طوال ساعات النهار والليل . ويبين شكل (٢ – ٣٩) جانبًا من أجهزة التحكم فى العوامل البيئية فى مجموعة من البيوت المحمية .

شكل ٢ - ٣٩ : جانب من أجهزة التحكم فى العوامل البيئية فى مجموعة من البيوت المحمية .

٢ - ٨ : المراجـــع

جانيك ، جوليوس (١٩٨٥) . علم البساتين . ترجمة جميل فهمى سوريال وآخرين . الدار العربية للنشر والتوزيع - القاهرة - ٦٥٩ صفحة .

عرقاوى ، نبيل (١٩٨٤) . البيوت البلاستيكية الزراعية وإنتاج الخضار والأزهار والفاكهة . المطبعة التعاونية - دمشق - ١٩٦ صفحة .

Allen, P.G. 1973. Carbon dioxide enrichment. In H.G. Kingham (Ed.) 'The U.K. Tomato Manual'; pp. 156-162. Grower Books, London.

American Society for Agricultural Engineers. 1980. Controlled atmospheres for plant growth. ASAE Pub. PROC-270.

Anonymous. 1980. Programme for early tomato production in peat. An Foras Talantais, Kinsealy Res. Centre, Dublin. 38p.

Challa, H. 1980. physiological aspects of radiation heating in glass house culture. (In Ni). Groenten en Fruit 36 (8): 38-39

Collins, W.L. and M.H. Jensen. 1983. Hydroponics: a 1983 technology overview. The Environmental Research Laboratory, Univ. Ariz., Tucson. 119p.

Hanan, J.J., W.D. Holley and K.L. Goldsberry. 1978. Greenhouse management. Springer - Verlag, N.Y. 530p.

Hand, D.W. and R.W. Soffe. 1971 Light-modulated temperature control and the response of greenhouse tomatoes to different CO_2 regimes. J.Hort. Sci. 46: 381-396.

Hopen, H.J. and S.K. Ries. 1962. The mutually compensating effect of carbon dioxide concentrations and light intensities on the growth of Cucumis sativus L. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.81: 358-364.

Knecht, G.N. and J.W. O'Leary. 1974. Increased tomato fruit development by CO_2 enrichment. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99: 214-216.

Knies, P. and J.J.G. Breuer. 1980. Infra-red radiation heating for glasshouses? (In Ni), Groenten en Fruit 36 (8): 36-37.

Mastalerz, J.W. 1977. The greenhouse environment, John Wiley & Son, N.Y. 629p.

Nelson, P.V. 1981. Greenhouse operation and management. Reston Pub. Co., Reston, Va. 563p.

Nelson, P.V 1985 (3rd ed.)Greenhouse operation and management. Reston Pub. Co., Reston, Va. 598p.

Nilsen, S., K. Hovland, C. Doro and S.P. Sletten. 1983. Effect of CO_2 enrichment on photosynthesis, growth and yield of tomato. Scientia Horticultura 20: 1-14.

Quarrell, C.P. and G.W. Ace. 1975. Crops under glass. MacDonald and Jone's, London. 181p.

Sheldrake, R., Jr. 1967. Crop production in plastic greenhouses. XVII Inter. Hort. Congress Vol. 3: 345-351.

Sheldrake, R., Jr. 1969. Planning, constructing and operating plastic covered greenhouses. Cornell Misc. Bul. 72. 15p.

Sheldrake, R. Jr. 1971. Air makes the difference. Amer. Veg. Grower. Jan. 1971.

Sheldrake, R., Jr. and R.W. Langhans. 1962. Heating requirement of plastic greenhouses. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 80: 666-669.

Slack, G. and D. Hand. 1985. The effect of winter and summer CO_2 enrichment on the growth and fruit yield of glasshouse cucumber. J.Hort. Sci. 60: 507-516.

Wittwer, S.H. and S. Honma. 1979. Greenhouse tomatoes, lettuce and cucumbers. Mich. State Univ. Pr., East Lansing. 225p.

الفصل الثالث

زراعة الخضر وخدمتها فى البيوت المحمية

٣ - ١ : عمليات إعداد الأرض للزراعة

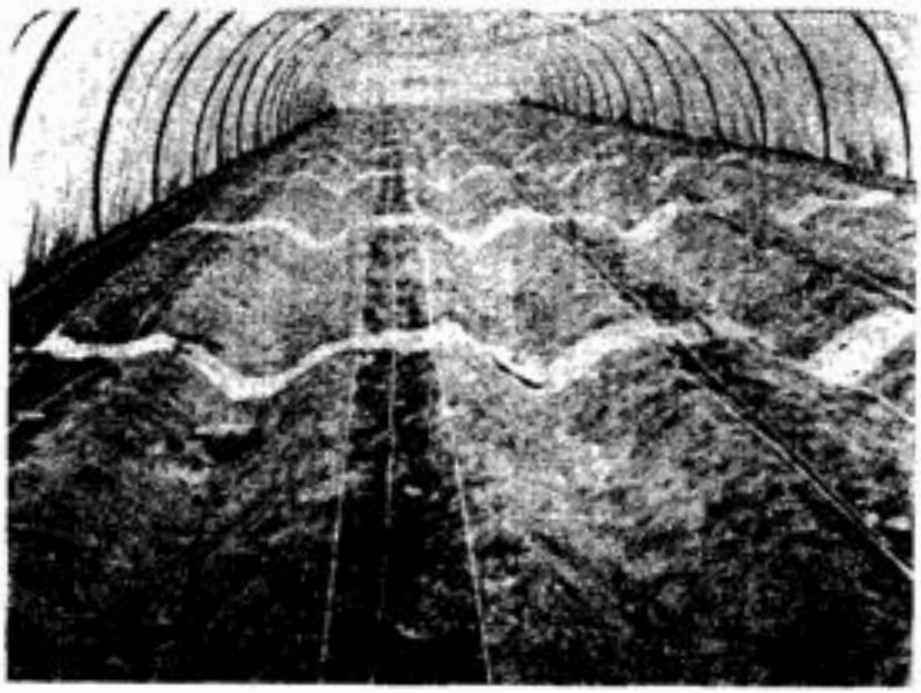
تتشابه معظم عمليات إعداد الأرض للزراعة فى الزراعات المحمية مع العمليات المماثلة فى الزراعات المكشوفة ، وسنكتفى هنا بشرح العمليات ذات الطابع الخاص بالزراعات المحمية .

٣ - ١ - ١ : غسل التربة

تتبع طريقة الرى بالتنقيط غالبًا فى الزراعات المحمية . وتؤدى هذه الطريقة إلى تراكم الأملاح على سطح التربة . وبرغم أن تراكم الأملاح يكون بعيدًا عن منطقة نمو الجذور ، طالما أن النقاطات تعمل بانتظام ، إلا أن توقف الرى بعد انتهاء المحصول يتبعه تحرك أفقى للأملاح باتجاه النقاطات ، كذلك فإن تغيير مسافة الزراعة أو موضع الجور « الحفر » فى الزراعة التالية يعنى احتمال وجود النباتات فى مناطق قد تركزت فيها الأملاح . ولهذا .. فإنه من الضرورى فى الزراعات المحمية أن تغسل التربة جيدًا بالماء قبل الزراعة . ويتم ذلك برى الأرض بنحو ١٠ - ١٥ سم من الماء لإذابة الأملاح وغسلها بعيدًا عن منطقة الجذور . ويستلزم ذلك - بطبيعة الحال - أن تكون الأرض مستوية وعالية النفاذية ، أو أن تكون الزراعة على خطوط أو مصاطب مرتفعة بينها قنوات عميقة يمكن أن تستخدم فى صرف الماء الزائد ، كما فى شكل (٣ - ١) . ومن الضرورى مراعاة عدم زيادة نسبة الأملاح فى التربة عن ٢,٥ مليموز/سم عند درجة ٢٥ م فى حالة زراعة الخيار والفاصوليا الحساسة الأخرى ، كالكنتالوب ، والشمام ، والقاوون ، والفاصوليا ، وألا تزيد عن ٤,٥ مليموز/سم فى حالة زراعة المحاصيل المتوسطة الحساسية للملوحة ، مثل : الطماطم ، والفلفل ، والباذنجان .

٣ - ١ - ٢ : الحرث وتجهيز الأرض

لا يختلف حرث أرض البيوت المحمية عما يكون عليه الحال بالنسبة للحقول المكشوفة ، لكن بالنظر إلى أن الإنتاج فى البيوت المحمية يعتمد كثيرًا على زيادة الغلة من وحدة المساحة ، لذا كان من الضرورى العناية بتجهيز الأرض وتسميدها بصورة جيدة .



شكل ٣ – ١ : إعداد البيت للزراعة . تظهر بالصورة مصاطب الزراعة ، وبينها قنوات عميقة لحجر ضرورية للصرف الجيد وتحسين التهوية بالتربة . تظهر أيضًا خطوط الرى بالتنقيط ، وعلى جانبى كل منها خيطان على سطح التربة يحددان مكان خطى الزراعة مستقبلًا ، وتربط بهما الخيوط التى تتدلى من السلك العلوى ، وترى عليها النباتات . يكفى خط واحد من أنابيب الرى بالتنقيط لكل زوج من خطوط النباتات ، إن لم يزد البعد بينهما عن ٥٠ سم ، مع مراعاة إطالة فترة ضخ المياه فى أنابيب الرى .

فى الأراضى الطينية الثقيلة ينصح بإضافة ١ م³ من الرمل الخشن ، و ١ م³ من السماد العضوى المتحلل ، و ٢٠ كجم من سماد السوبر فوسفات العادى لكل ١٠٠ متر مربع من أرض البيت . وتخلط هذه المواد جيدًا بالأرض ، وتحرث حرثًا عميقًا ، ثم تروى بغزارة وتترك حتى تصبح الأرض مستحرثة ، ثم يعاد الحرث مرة أخرى ، وتتبعه إقامة خطوط الزراعة .

أما فى الأراضى الرملية ، فإنه يضاف لها نحو ٣٥٠ كجم من السماد العضوى ، و ٨ كجم من سماد مركب ١٨ – ١٨ – ٥ لكل ١٠٠ متر مربع من الأرض مع خلطهما جيدًا فى التربة بالحرث العميق ، وتلى ذلك إقامة الخطوط أو المصاطب حسب المحصول المراد زراعته .

٣ – ١ – ٣ : تعقيم التربة

يعتبر تعقيم التربة من العمليات الزراعية الأساسية فى الزراعات المائية ، نظرًا لأن تكرار زراعة الأرض بمحصول معين على فترات متقاربة يؤدى إلى تكاثر مسببات الأمراض بها ، مثل :

النيماتودا ، وفطريات الذبول ، وأعفان الجذور ، ويتم التعقيم بأى من الطرق المشار إليها فى الفصل السادس ، ويجرى عادة بعد الحرث ، وقبل إقامة خطوط الزراعة .

٣ - ٢ : عمليات الخدمة الزراعية

لا تختلف عمليات الخدمة التى تجرى للزراعات المحمية كثيرًا عن عمليات الخدمة المماثلة فى الزراعات المكشوفة ، ولذا سنكتفى هنا بشرح العمليات ذات الطابع الخاص بالزراعات المحمية ، ولمزيد من التفاصيل يراجع الفصل السابع .

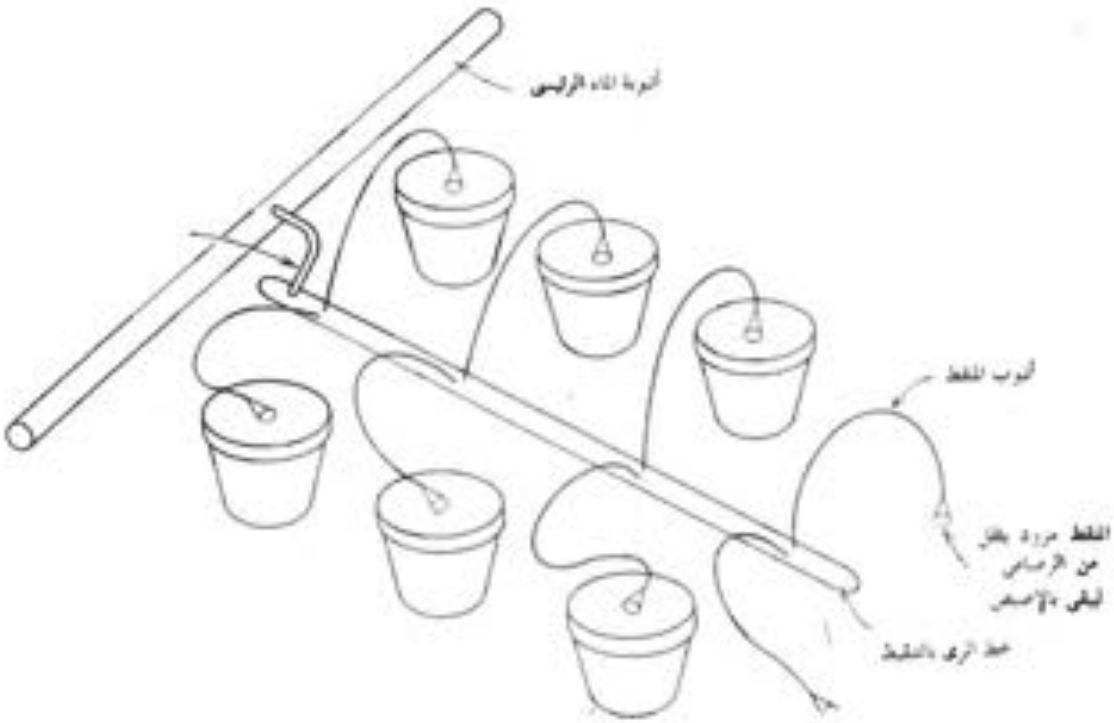
٣ - ٢ - ١ : الـــرى

يعتبر الرى بالتنقيط (يراجع لذلك الفصل السابع) هو أكثر طرق الرى شيوعًا فى الزراعات المحمية (شكل ٣ - ٢) ، لكن الرى بـ « التضبيب » يفيد أيضًا فى تلطيف درجة الحرارة (الجزء ٢ - ٣ - ١) ، ولهذا السبب فإنه ينصح بتزويد الصوبات بهذا النظام ، لكن مع الاعتماد على إحدى طرق الرى الأخرى فى تزويد النباتات باحتياجاتها من الرطوبة الأرضية . ويوضح شكل (٣ - ٣) كيفية خروج الماء على صورة ضباب من « بشابير » الرى بـ « التضبيب » . هذا .. بالإضافة إلى أن طريقة الرى السطحى تتبع كذلك فى المناطق التى تتوفر فيها مياه الرى .

شكل ٣ - ٢ : رى نباتات الطماطم بالتنقيط .

شكل ٣ – ٣ : خروج الماء على صورة ضباب من « بشابير » (بزابيز) الرى بـ « الضبيب » .

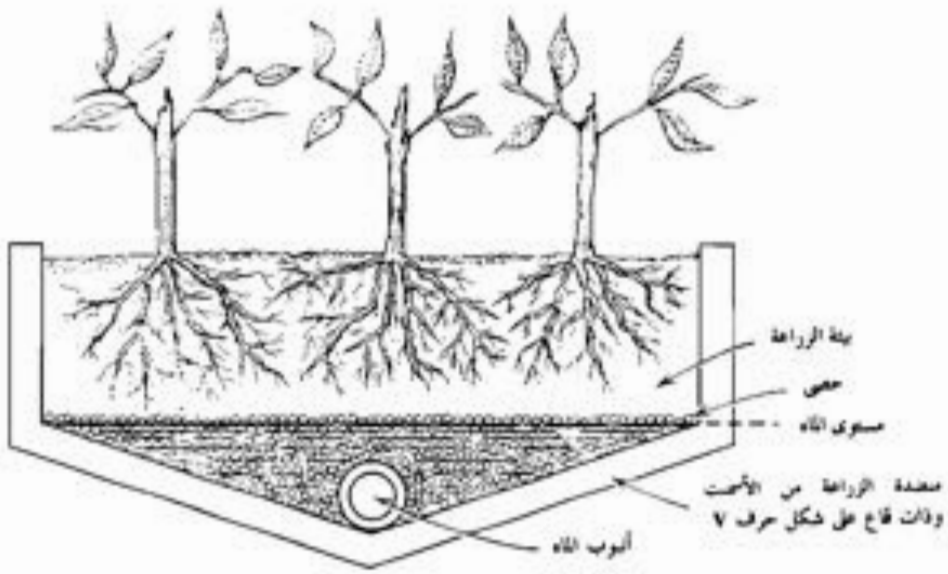
أما رى النباتات النامية فى أصص ، فيكون إما بالرش ، أو بالتنقيط (شكل ٣ – ٤) ، أو بوضع الأصص على وسائد مشبعة بالرطوبة بصفة دائمة ، حيث تصعد منها الرطوبة إلى الأصص بالخاصية الشعرية .



شكل ٣ – ٤ : رى نباتات الأصص بالتنقيط .

وعندما تكون النباتات نامية على مناضد (بنشات) مملوءة بمخاليط الزراعة ، فإنها قد تروى بالرش من خلال أنابيب تمر حول المحيط الداخل للمنضدة ومزودة بشابير لرش الماء أسفل أوراق النباتات .

وقد تتبع طريقة الرى تحت السطحى ، كما فى شكل (٣ – ٥) ، حيث يصل الماء إلى النباتات بالخاصية الشعرية (Mastalerz ١٩٧٧) . كما قد تتبع طريقة الرى السطحى . ويلزم فى هذه الحالة إجراء الرى كلما ظهرت بوادر العطش على النباتات بمعدل ٦ لتر ماء لكل متر مربع من سطح منضدة الزراعة لكل ٥ سم عمقًا من مخلوط الزراعة ، أى بمعدل ٢١ لتر ماء لكل متر مربع من سطح المنضدة التى تكون بعمق ٢٠ سم ، وتملأ بمخلوط الزراعة لعمق ١٧,٥ سم .



شكل ٣ – ٥ : رى النباتات النامية فى مناضد الزراعة (البنشات) بطريقة الرى تحت السطحى .

هذا .. ومن الضرورى إنشاء خزانات مغلقة أو بركة مكشوفة (شكل ٣ – ٦) لتخزين المياه اللازمة للرى ، وبسعة تكفى احتياجات الرى فى جميع البيوت . وتفيد هذه الخزانات فى الحالات الآتية :

١ – عندما تكثر المواد العالقة بمياه الرى بدرجة تقل معها كفاءة المرشحات ، حيث تفيد الخزانات فى ترسيب هذه المواد عند ترك المياه بها .

٢ – عند الاعتماد على مياه النيل فى الرى ، حيث يصبح وجود الخزانات ضرورة لتوفير المياه أثناء السدة الشتوية .

٣ – عند الاعتماد على المياه الجوفية فى الرى فى حالة ما إذا كان تصريف الآبار لا يكفى كل احتياجات الرى فى أوقات الذروة ، حيث يلزم فى هذه الحالة توفير المياه المخزونة لاستعمالها عند الضرورة .

شكل ٣ – ٦ : بركة لتخزين المياه اللازمة لرى مجمع من البيوت المحمية .

٣ – ٢ – ٢ : التسميد

يعتمد التسميد فى الزراعات المحمية أساسًا على الأسمدة الذائبة التى تصل إلى النباتات مع ماء الرى بالتنقيط ، خاصة فى الأراضى الرملية . أما عند اتباع طريقة الرى السطحى ، فإن التسميد يتم بإضافة الأسمدة الجافة إلى جانب النباتات . وقد تتبع طريقتا التسميد معًا ، بالإضافة إلى التسميد بالرش بالنسبة للعناصر الدقيقة .

هذا .. ويفيد تحليل الأنسجة النباتية كثيرًا فى تحديد مدى الحاجة للتسميد . ويبين جدول (٣ – ١) المدى الطبيعى لتركيز العناصر المختلفة فى أنسجة الورقتين الخامسة والسادسة من القمة النامية بكل من نبات الطماطم والخيار . ويمكن الاسترشاد بهذا الجدول فى التعرف على الحاجة للتسميد فى الحاصيل الغريبة منهما ، وهى محاصيل العائلتين الباذنجانية والقرعية على التوالى . وتجب موالاة التسميد بالعناصر المعنية قبل انخفاض مستوى العنصر بالنبات إلى الحد الأدنى للمجال الطبيعى ، لأن انخفاضه عن ذلك يعنى وجود نقص فى العنصر بالنبات يتبعه نقص فى المحصول ، أو ظهور عيوب فسيولوجية معينة (Johnson ١٩٧٩) .

جدول (٣ - ١) : المدى الطبيعى لتركيز العناصر المختلفة فى أنسجة أوراق الطماطم والخيار (الورقتين الخامسة والسادسة من القمة النامية) .

العنصر	الطماطم	الخيار
النيتروجين النترات	١٤٠٠٠ - ٢٠٠٠٠ جزء فى المليون	١٠٠٠٠ ، ٢٠٠٠٠ جزء فى المليون
الفوسفات PO_4	٦٠٠٠ - ٨٠٠٠ جزء فى المليون	٨٠٠٠ - ١٠٠٠٠ جزء فى المليون
البوتاسيوم	٥ - ٨٪	٨ - ١٥٪
الكالسيوم	٢ - ٣٪	١ أ ٣٪
المغنسيوم	٠,٤ - ١,٠٪	٠,٣ - ٠,٧٪
الحديد	٤٠ - ١٠٠ جزء فى المليون	٩٠ - ١٢٠ جزء فى المليون
الزنك	١٥ - ٢٥ جزء فى المليون	٤٠ - ٥٠ جزء فى المليون
النحاس	٤ - ٦ جزء فى المليون	٥ - ١٠ جزء فى المليون
المنجنيز	٢٥ - ٥٠ جزء فى المليون	٥٠ - ١٥٠ جزء فى المليون
الموليبدنم	١ - ٣ جزء فى المليون	١ - ٣ جزء فى المليون
البورون	٢٠ - ٦٠ جزء فى المليون	٤٠ - ٦٠ جزء فى المليون

٣ - ٢ - ٣ : مكافحة الآفات

لا تختلف الأسس العامة لمكافحة الآفات فى الزراعات المكشوفة كثيرًا عما فى الزراعات المحمية ، إلّا أن الطبيعة المغلقة للبيوت المحمية وزيادة التكلفة الإنتاجية للمتر المربع الواحد من البيت يجعلان من الممكن ، بل ومن الضرورى أحيانًا ، اتباع طرق معينة فى المكافحة قد يستحيل إجراؤها فى الزراعات المكشوفة ، ويكون إجراؤها أمرًا غير اقتصادى . وقد فصّلت طرق تعقيم التربة فى الفصل السادس ، وهو إجراء روتينى ضرورى فى البيوت المحمية لا يشيع اتباعه فى الزراعات المكشوفة . ومن بين طرق مكافحة الآفات الأخرى الخاصة بالزراعات المحمية ما يلى :

استعمال مبيدات فى صورة أدخنة وأيروسولات وأبخرة

نظرًا للطبيعة المغلقة للبيوت المحمية ، لذا فإنه كثيرًا ما يتم القضاء على الآفات الحشرية والعناكب التى فيها باستعمال مبيدات فى صورة أدخنة smokes ، أو أيروسولات aerosols ، لكن يجب التنبيه إلى أن المبيد المستخدم بهذه الصورة لا يتبقى منه شىء بعد تهوية البيت ؛ وعليه .. فإنه يجب توقيت إعادة المعاملة بالمبيد حسب دورة حياة الحشرة . فإذا كانت دورة الحياة تستغرق ٧ أيام ، فإن المعاملة الأولى تقتل معظم الحشرات الكاملة ، ولكنها لا تقتل البيض . وتؤدى المعاملة الثانية إلى قتل بقية الحشرات التى لم يتم التخلص منها فى المعاملة الأولى ، وكذلك قتل الحشرات التى فقست من البيض قبل أن تضع بيضًا جديدًا ، لكن الحشرات التى لم تقتل فى المعاملة الأولى تكون قد وضعت بيضها . وهذه تفقس ، ويتم التخلص منها فى المعاملة الثالثة . وتتوقف الفترة بين المعاملة والأخرى على مدة دورة حياة الحشرة . وتبلغ دورة حياة معظم الحشرات من ٥ - ٧ أيام ، لكن المدة قد لا تزيد عن ثلاثة أيام فى الجو الحار ، كما فى العنكبوت الأحمر ، وبعض الحشرات ، كالذبابة البيضاء . وعلى العكس من ذلك .. تطول دورة حياة الحشرات مع انخفاض درجة الحرارة . هذا .. ومن الطبيعى أن فترة فعالية المبيد تزداد عندما يتبقى جزء منه على الأوراق (Nelson ١٩٨٥) .

كما أمكن مكافحة البياض الدقيقي في البيوت المحمية بأبخرة مبيد الفانجارد Vangard . تبلل قطع من الشاش ، أو القماش القطني ، أو قماش البولي بروبيلين polypropylene ، أو حبل بالمبيد ، ثم تعلق قطع القماش في أجزاء متفرقة من البيت ، أو يربط الحبل بامتداد خطوط الزراعة . يؤدي بخار المبيد إلى وقف العفن الهوائي ومنع إنبات الجراثيم . وقد استمرت فعاليته حتى مع تهوية البيوت . وقد أمكن بهذه الطريقة مكافحة البياض الدقيقي في القرعيات وغيرها من المحاصيل (Srkotnik ١٩٨٣) .

مكافحة الآفات بالتطعيم على أصول مقاومة

لا يعد استعمال أصول مقاومة للأمراض أمرًا اقتصاديًا في زراعات الخضر المكشوفة ، ولكنه يصبح أحيانًا ضرورة تتطلبها اقتصاديات الزراعة المحمية عندما تتوفر أصناف تجارية عالية الإنتاجية ، ولكنها غير مقاومة لبعض آفات التربة ، أو عندما تصبح المبيدات خطرًا على البيئة الطبيعية من جراء كثرة استخدامها . ومن أهم الأمثلة التي يستخدم فيها التطعيم كوسيلة لمكافحة الآفات في الخضر المحمية ما يلي :

١ – تستعمل في الطماطم بعض الأصول التي تعطى رموزًا كالتالي :

KVF, KNVF, $KNVF_2$, KNVF/TMV

وجميعها عبارة عن هجن ناتجة من تلقيح الطماطم مع النوع البري L. hirsutum . ويستدل من رموز هذه الأصول على مقاومتها للأمراض كالتالي :

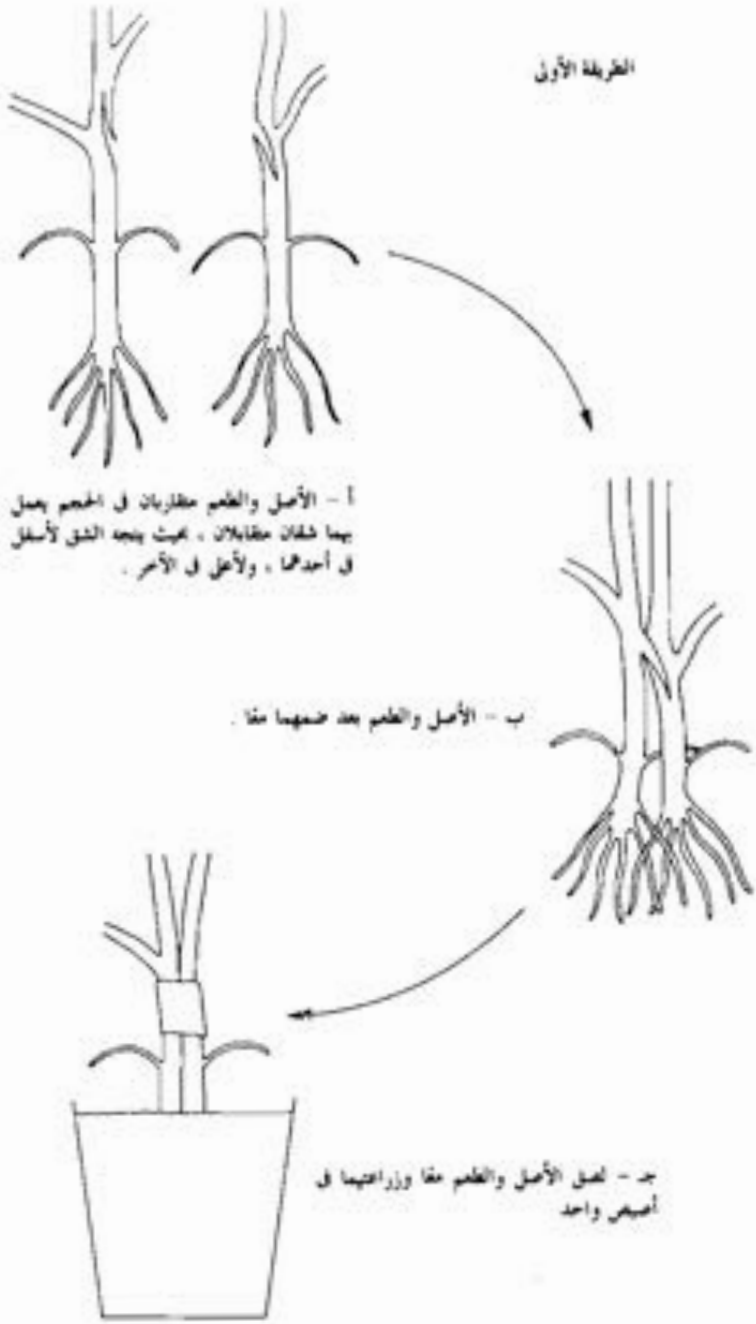
الرمـــز	الأمراض التي يقاومها الأصل
F	الذبول الفيوزاري Fusarium Wilt
V	ذبول فرتيسيليم Verticillium Wilt
K	عفن الجذور البني القلبي Brown & Corky Root Rot
N	نيماتودا تعقد الجذور Root Knot Nematode
TMV	فيرس تبرقش الدخان Tobacco Mosaic Virus

ومن الضروري أن تكون أصول الطماطم مقاومة لفيرس تبرقش الدخان ، لأن إصابتها بالفيرس تحدث تحللاً necrosis شديدًا بثمار الطماطم ، حتى ولو كان المجموع مقاومًا للفيرس . هذا . ويشيع الباع هذه الطريقة في مقاومة آفات الطماطم في دول أوروبا الغربية ، خاصة هولندا .

٢ – يستعمل في الخيار الأصل Cucurbita ficifolia لمقاومة كل من الذبول الفيوزاري ، والعفن Phomopsis sclerotioides . وتتبع هذه الطريقة بوجه خاص في الزراعات المحمية باليابان .

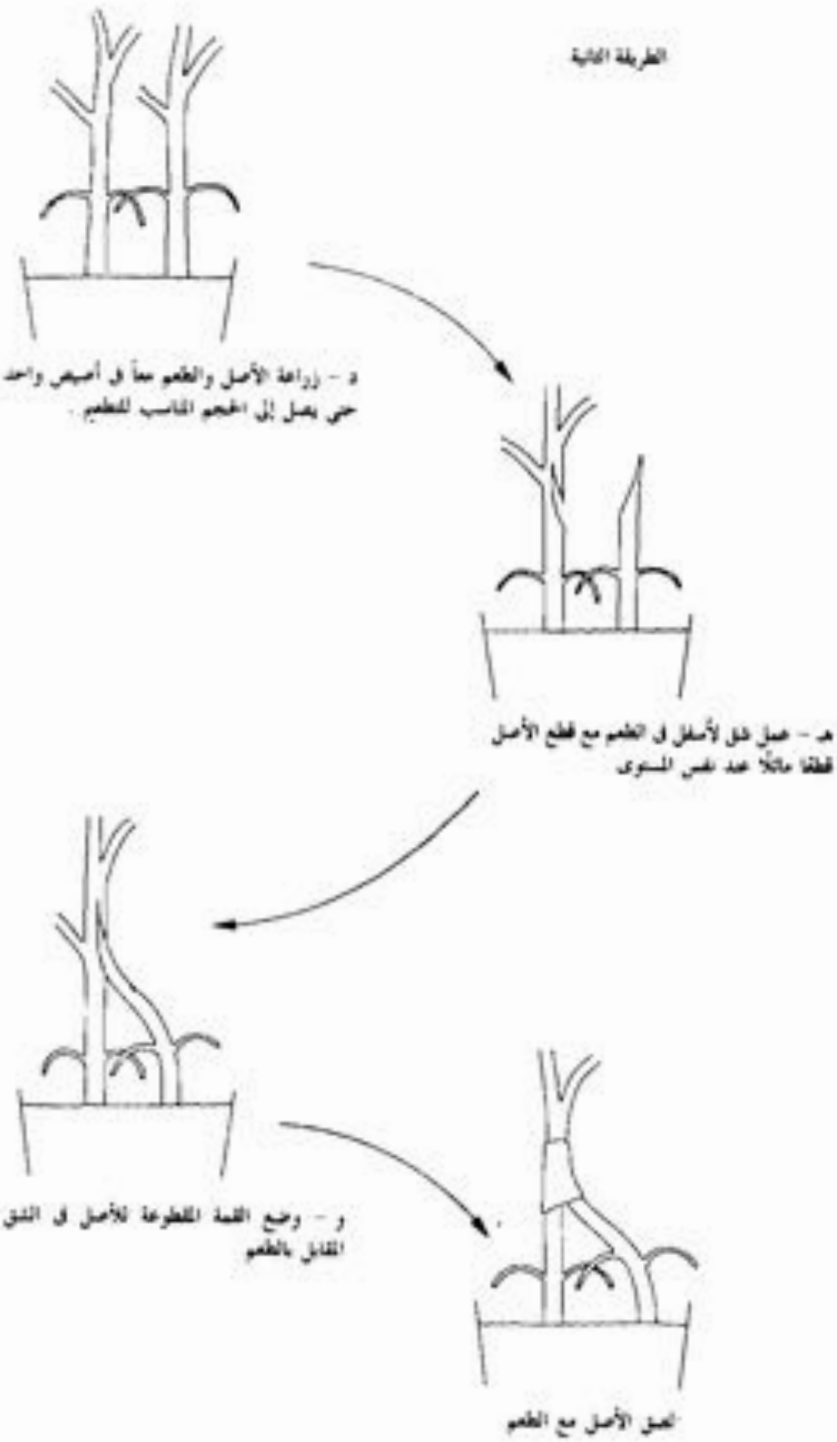
ومن أهم العيوب التي تؤخذ على استعمال الأصول المقاومة في مكافحة آفات التربة العامة أنها تساعد على ظهور أعفان جذرية أخرى لم تكن لها أهمية تذكر قبل ذلك كما حدث بالنسبة لمرضي Phytophthora root rot ، و Calyptella root rot في الطماطم اللذين ازدادت حدتهما بعد أن أمكن

السيطرة على أعفان الجذور الهامة الأخرى . ويوضح شكل (٣ – ٧) خطوات عملية التطعيم فى النباتات العشبية ، كالطماطم والخيار (Fletcher ١٩٨٤) .



شكل ٣ – ٧ : طرق إجراء عملية التطعيم فى النباتات العشبية ، كالطماطم والخيار لأجل مكافحة آفات التربة .

الطريقة الثانية



د - زراعة الأصل والطعم معاً في أصيص واحد حتى يصل إلى الحجم المناسب للتطعيم .

هـ - عمل شق لأسفل في الطعم مع قطع الأصل قطعاً مائلاً عند نفس المستوى

و - وضع القمة المقطوعة للأصل في الشق المقابل بالطعم

الأصل مع الطعم

تابع شكل ٣ - ٧

استعمال لوحات ملونة جاذبة للحشرات ولاصقة لها

من المعروف علميًا أن بعض الحشرات تنجذب نحو ألوان معينة ، كما هي الحال بالنسبة للذبابة البيضاء التي تفضل اللون الأصفر . وقد أمكن الاستفادة من هذه الخاصية بجذب الحشرات نحو لوحات ملونة ومغطاة بمادة لاصقة لا تستطيع الحشرة الفكاك منها إذا لامستها ، كتلك المبينة في شكل (٣ - ٨)[1] ، حيث وضعت لوحات صفراء لاصقة في مواجهة وسائد التبريد للتخلص من حشرة الذبابة البيضاء التي قد تتسرب إلى داخل البيت .

٣ - ٣ : إنتاج الطماطم

٣ - ٣ - ١ : الأصناف الملائمة للزراعات المحمية

من أهم الشروط التي يجب توافرها في أصناف الطماطم المناسبة للزراعات المحمية ما يلي :

١ - الإنتاجية العالية للعمل على خفض تكلفة إنتاج الطن الواحد من الثمار .

٢ - النوعية الجيدة لتلبي عرضها للبيع بأسعار مجزية ، سواء في الأسواق المحلية أو عند التصدير .

٣ - أن تكون غير محدودة النمو ، حتى يمكن تربيتها رأسيًا .

٤ - أن تكون مقاومة لبعض الأمراض الهامة التي تؤثر تأثيرًا سيئًا على المحصول ، مثل نيماتودا تعقد الجذور ، والذبول الفيوزاري ، وفيروس تبرقش أوراق الدخان .

٥ - كما يحاول مربو النباتات إنتاج أصناف يمكنها العقد في درجات الحرارة المنخفضة للتغلب على مشكلة انخفاض درجة الحرارة شتاء إلى ما دون الحد المناسب للعقد في البيوت غير المدفأة في المناطق المعتدلة ، ولغرض التوفير في طاقة التدفئة في البيوت المدفأة بالمناطق الباردة .

هذا .. وأغلب أصناف الطماطم المستخدمة في الزراعات المحمية هي من الهجن العالية الإنتاجية ، مثل : دومبو Domb ، ودومبيتو Dombito ، ودومبللو Dombello ، وكارميلو Carmello ، ولوسي Lucy ، ومونت كارلو Monte Carlo ، وغالبيتها أصناف أوروبية . وللمزيد من التفاصيل عن أصناف الطماطم المستخدمة في الزراعات المحمية يمكن الرجوع إلى Wittwer & Honma (١٩٧٩) .

٣ - ٣ - ٢ : الاحتياجات البيئية ، ومواعيد الزراعة

لدرجة حرارة التربة تأثير كبير على سرعة إنبات البذور ، فبينما يستغرق الإنبات نحو ستة أيام في درجة حرارة ٢٥ - ٣٠°م ، نجد أنه يستغرق نحو أسبوعين في درجة حرارة ١٥°م . وتصل فترة الإنبات إلى ٤٣ يومًا في درجة حرارة ١٠°م . هذا .. ويتراوح المجال الحراري المناسب لنباتات الطماطم بين ١٥ - ١٨°م ليلًا ، و ١٨ - ٢٣°م نهارًا . وبرغم أن نباتات الطماطم يمكنها النمو في درجات حرارة أعلى ، وتحمل درجات الحرارة الأقل من ذلك ، إلا أن الثمار لا يمكنها العقد في درجات حرارة أقل من ١٣ - ١٥°م ليلًا ، أو أعلى من ٢٨ - ٣٠°م نهارًا .

---

[1] يوجد هذا الشكل في آخر الكتاب

وعندما يمكن التحكم فى درجة الحرارة داخل البيوت المحمية ، فإن Resh (١٩٨١) يوصى باتباع النظام التالى للمجال الحرارى المناسب من وقت زراعة البذور إلى حين عقد الثمار :

١ - لإنبات البذور يحافظ على درجة حرارة ١٨ - ٢١°م ليلًا ونهارًا .

٢ - بمجرد اكتمال امتداد الأوراق الفلقية تخفض درجة الحرارة إلى ١١ - ١٣°م ليلًا ، و ١٣ - ١٥°م نهارًا . وتستمر هذه المعاملة لمدة ١٠ - ١٤ يومًا فى الجو الصحو والملبد جزئيًا بالغيوم ، ولمدة ٢ - ٣ أسابيع فى الجو الملبد بالغيوم . وتؤدى هذه المعاملة إلى التبكير فى ظهور العنقود الزهرى الأول ، وزيادة عدد الأزهار به ، وبالتالى فإنها تؤدى إلى زيادة المحصول المبكر .

٣ - تعرض البادرات بعد ذلك وحتى بعد موعد شتلها لدرجة حرارة ١٤ - ١٦°م ليلًا ، و ١٨ - ٢٤°م نهارًا فى الجو الصحو والملبد جزئيًا بالغيوم ، ولدرجة حرارة ١٤ - ١٥°م ليلًا ، و ١٥ - ١٦°م نهارًا فى الجو الملبد بالغيوم ، حتى تكون قوية النمو وسميكة الساق .

٤ - أما أثناء الإزهار وعقد الثمار ، فإن درجة الحرارة تكون فى حدود ١٥ - ١٨°م ليلًا ، و ١٨ - ٢٤°م نهارًا فى الجو الصحو والملبد جزئيًا بالغيوم ، و ١٥ - ١٦°م ليلًا ونهارًا فى الأيام الملبدة بالغيوم للمساعدة على عقد الثمار بصورة جيدة .

هذا .. ويلاحظ أن درجة الحرارة المناسبة تكون منخفضة قليلًا فى الجو الملبد بالغيوم ، عنه فى الجو الصحو ، وذلك حتى لا يؤدى ارتفاع الحرارة إلى زيادة النمو النباتى فى وقت يقل فيه معدل البناء الضوئى بسبب ضعف شدة الإضاءة ، فتكون النتيجة أن يصبح النمو رهيفًا وضعيفًا .

أما بالنسبة لموعد الزراعة المناسب ، فإن القاعدة هى فى تخير الموعد الذى يعطى حاصلًا فى الأوقات التى يقل أو ينعدم فيها الإنتاج من الزراعات المكشوفة ، والتى تكون عادة :

١ - بعد الفترات التى تنخفض فيها درجة الحرارة ليلًا عن ١٣ - ١٥°م بنحو شهرين ، وتستمر لفترة تماثل مدة انخفاض درجة الحرارة .

٢ - بعد الفترات التى ترتفع فيها درجة الحرارة نهارًا عن ٢٨ - ٣٠°م بنحو شهر ونصف ، وتستمر لفترة تماثل مدة ارتفاع درجة الحرارة .

والسبب فى ذلك هو توقف عقد الثمار عند انخفاض أو ارتفاع درجة الحرارة عن الحدود المبينة أعلاه ، ويظهر تأثير ذلك على المحصول بعد مدة تتراوح من ١,٥ - ٢ شهر حسب درجة الحرارة ، وهى الفترة اللازم مرورها من عقد الثمار حتى نضجها .

فإذا علمنا أن نباتات الطماطم تبدأ فى إعطاء محصولها فى الجو المناسب بعد نحو ٧٠ يومًا من الشتل ، فإنه يكون من الممكن تحديد الموعد المناسب للشتل فى كل منطقة على وجه الدقة . هذا .. مع افتراض إمكانية التحكم فى درجة الحرارة فى البيوت المحمية بالتدفئة أو بالتبريد . وبخلاف ذلك .. فإن الزراعة المحمية لا تفيد فى تحسين العقد عما هو فى الزراعات المكشوفة .

هذا .. ويؤدى شتل نباتات الطماطم خلال أبريل ومايو ويونيو إلى توفير المحصول خلال المدة من يوليو حتى أكتوبر ، وهى الفترة التى ينعدم فيها إنتاج الحقول المكشوفة فى المناطق الشديدة الحرارة صيفًا ، كما يؤدى شتلها خلال ديسمبر ويناير وفبراير إلى توفير المحصول خلال المدة من مارس حتى

مايو ، وهى الفترة التى يقل فيها إنتاج الحقول المكشوفة فى المناطق الباردة شتاءً .

وتحت الظروف المصرية يرى نصار (١٩٨٩) أن إنتاج الطماطم فى البيوت البلاستيكية للتسويق المبكر لا يعد أمرًا اقتصاديًا بسبب انخفاض الأسعار . ويوصى بدلًا من ذلك بشتل الطماطم تحت الأنفاق البلاستيكية المنخفضة خلال شهر نوفمبر حتى أوائل ديسمبر ، حيث تعطى محصولًا فى أواخر فبراير وأوائل مارس ، أو يمكن شتل الطماطم فى نفس الموعد وتربيتها رأسيًا بين البيوت البلاستيكية ، حيث يوفر لها ذلك حماية جزئية من الرياح الباردة . أما فى حالة وجود تعاقدات للتصدير بأسعار مجزية ، فإنه يمكن إنتاج الطماطم فى البيوت البلاستيكية الاقتصادية ، مع شتلها خلال شهرى ديسمبر ويناير . لكن نظرًا لأن البيوت البلاستيكية فى مصر لا تكون مدفأة ، مما يؤثر سلبيًا على العقد خلال شهرى يناير وفبراير ، لذا فإنه ينصح بإجراء عملية الشتل خلال شهر أكتوبر .

٣ – ٣ – ٣ : الزراعة وعمليات الخدمة

الزراعـــة

يلزم نحو ١٢,٥ جم من بذور الطماطم لإنتاج شتلات تكفى لزراعة ١٠٠٠ متر مربع . ومن الطبيعى أن كل بذرة تزرع منفردة فى آنية خاصة بها ، أو فى عين من عيون البيريوتز paper pots ، أو السيدلنج تريز speedling trays (يراجع لذلك الفصل الخامس) نظرًا لارتفاع ثمن بذور الأصناف الهجين التى تستخدم عادة فى الزراعات المحمية .

وينصح فى الأراضى الخفيفة بشتل النباتات بعد نحو ٢٥ – ٣٥ يومًا من زراعة البذور على خطوط تبعد عن بعضها البعض بمقدار ٨٠ سم ، وعلى أن تكون المسافة بين النباتات فى الخط من ٥٠ – ٦٠ سم ، وبذلك تكون كثافة الزراعة نحو ٢ – ٢,٥ نبات لكل متر مربع . والأفضل هو أن تكون خطوط الزراعة مزدوجة ، بحيث تكون المسافة بين خطى كل زوج ٧٠ سم ، على أن تفصل كل زوج من الخطوط عن الآخر مسافة ١٠٠ سم ، وهى مسافة تكفى لمرور العمال الزراعيين لإجراء عمليات الخدمة والحصاد . وفى حالة اتباع هذه الطريقة تكون المسافة بين النباتات فى الخط الواحد ٥٠ سم مع تبادل مواقع الشتلات فى الخط المزدوج (وزارة الزراعة والثروة السمكية – الإمارات العربية المتحدة ١٩٨٢) .

أما فى الأراضى الثقيلة ، فإنه ينصح فيها بإقامة مصاطب عرضها من بطن الخط إلى بطن الخط التالى ١٥٠ سم ، مع ترك ٥٠ سم على الجانبين بجوار البلاستيك ، وبذلك تقام خمس مصاطب طولية فى البيوت التى يبلغ عرضها ٨,٥ سم . ويزيد عدد المصاطب إلى ست فى البيوت التى يبلغ عرضها ٩ م ، لكن مع تضييق عرض المصطبة إلى ١٤٠ سم . وتكون زراعة الشتلات فى خطين على جانبى المصطبة ، وعلى مسافة ٤٥ سم بين النبات والآخر فى النظام الأول (نظام الخمس مصاطب) و ٥٠ سم فى النظام الثانى (نظام الست مصاطب) ، مع مراعاة أن تبعد خطوط الزراعة بمسافة ٢٠ – ٢٥ سم عن حافة المصاطب ، وأن تكون مواقع النباتات فى الخطين بالتبادل (على شكل رجل غراب) (عرفه وآخرون ١٩٨٦) .

الـــــرى

من الضرورى العناية بعملية الرى بتوفير الرطوبة الأرضية بالقدر المناسب . ويفيد استعمال الغطاء البلاستيكى للتربة فى تقليل التقلبات الكبيرة فى الرطوبة الأرضية . وفى حالة الرى بالتنقيط ، فإن عدد مرات الرى اليومية لا يهم ، طالما أن النباتات تعطى كل احتياجاتها من الرطوبة (Snyder & Baserir ١٩٨٥) . هذا . وقد يكفى خط واحد من خطوط الرى بالتنقيط لكل خط مزدوج من خطوط الزراعة (شكل ٣ - ١) .

التســـميد

يمكن أن يؤخذ البرنامج التسميدى المتبع فى شركة العين لإنتاج الخضراوات كمثال للتسميد مع ماء الرى بالتنقيط فى الأراضى الرملية ، وهو كما يلى :

١ - قبل الزراعة

تضاف الأسمدة الآتية نثرًا ، وتخلط جيدًا بالطبقة السطحية من التربة

السـماد	المعدل (بالكجم/ هكتار)
سوبر فوسفات ثلاثى	٥٠٠
نترووفوسكا مركب (١٥ - ١٥ - ١٥)	٤٠٠
سلفات المغنسيوم	١٠٠

٢ - بعد الشتل لترك النباتات بدون تسميد لمدة ٢ - ٣ أسابيع .

٣ - بعد ذلك يبدأ برنامج التسميد التالى ، ويستمر حتى بداية تكوين العناقيد الزهرية :

يذاب سماد مركب تحليله ١٩ - ٦ - ٦ فى ماء الرى بمعدل ٢٥ كجم/ ٢ م٣ ماء للهكتار . وعندما يكون النمو الخضرى ضعيفًا يضاف لما سبق من ١٠ - ١٢ كجم يوريا (فى نفس كمية الماء للهكتار) . تروى النباتات بهذا المحلول السمادى كل يومين بالتبادل مع ماء الرى الخالى من الأسمدة .

٤ - بعد الإزهار تسمد النباتات بسماد فوسفات الأمونيوم الأحادية بمعدل ٥٠ كجم للهكتار كل ثلاثة أيام مع ماء الرى .

٥ - ومع بداية تكوين الثمار يكون التسميد بأسمدة مركبة غنية فى البوتاسيوم تحليلها ١٢ - ٤ - ٢٤ أو ١٥ - ٦ - ٣٠ ، كما تعطى دفعات من نترات البوتاسيوم بمعدل ٢٥ - ٣٠ كجم للهكتار .

٦ - أما العناصر الدقيقة ، فإنها تضاف أسبوعيًا بطريقة الرش على الأوراق بمعدل ١ - ٢ كجم/ ٢ م٣ ماء ، وتكفى هذه الكمية لرش مساحة هكتار تقريبًا (شركة العين لإنتاج الخضروات - الإمارات العربية المتحدة) .

وكقاعدة عامة .. فإنه ينصح فى الأراضى الرملية التى تروى فيها النباتات بالتنقيط أن يكون التسميد على الوجه التالى لكل ١٠٠٠ متر مربع :

١ – قبل الزراعة : يضاف ٢ طن من السماد العضوى المتحلل وأسمدة كيمائية تحتوى على ٧ كجم نيتروجين ، و ٢٥ كجم فوسفور ، و ١٥ كجم بوتاس ، و ٥ كجم منجنيز تخلط جيدًا بالتربة أثناء إعدادها .

٢ – فى الأسبوع الأول بعد الشتل تروى النباتات بالماء العادى بدون سماد .

٣ – فى كل من الأسبوعين الثانى والثالث بعد الشتل تروى النباتات بمحلول سماد يحتوى ٢ كجم نيتروجين ، و ١ كجم فوسفور ، و ٣ كجم بوتاس (لكل أسبوع) .

٤ – فى كل من الأسبوعين الرابع والخامس بعد الشتل تروى النباتات بمحلول سماد يحتوى على ٣ كجم نيتروجين ، و ١,٥ كجم فوسفور ، و ٤ كجم بوتاسيوم (لكل أسبوع) .

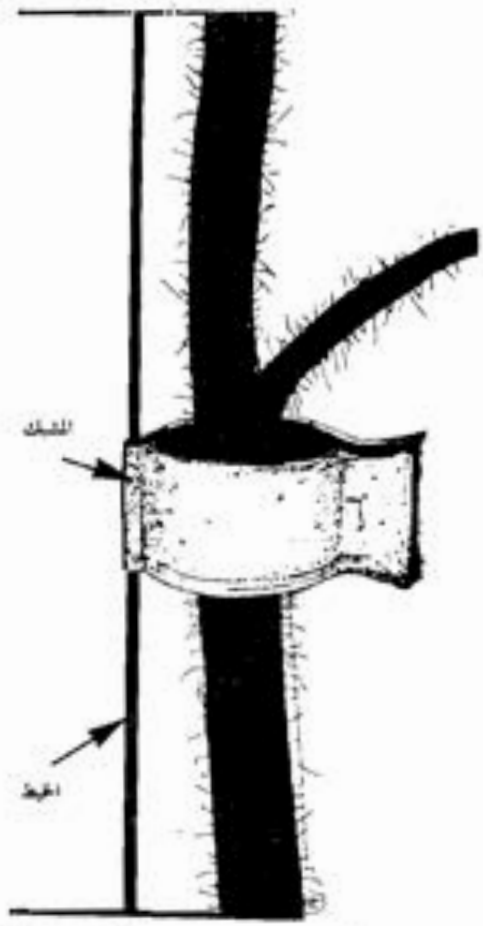
٥ – تروى النباتات بداية من الأسبوع السادس ، وحتى نهاية عمر المحصول بمحلول سمادى يحتوى على ٤ كجم نيتروجين ، و ١,٥ كجم فوسفور ، و ٦ كجم بوتاس (لكل أسبوع) (وزارة الزراعة والثروة السمكية – دولة الإمارات العربية المتحدة ١٩٨٢) .

أما فى الأراضى الثقيلة ، فإن النباتات تعطى كميات مماثلة من العناصر الغذائية ، ولكن التسميد يكون على فترات متباعدة نسبيًا عما فى الأراضى الخفيفة . وينصح عرفه وآخرون (١٩٨٦) بأن يسمد البيت البلاستيكى الواحد (الذى تبلغ مساحته حوالى ٥٠٠ متر مربع) بـ ١٥ كجم نترات نشادر ، و ١٠ كجم سلفات بوتاسيوم ، و٣ كجم سوبر فوسفات أحادى ، مع وضع هذه الأسمدة إلى جانب النباتات قبل العزيق ، ثم تروى الصوبة . ويكرر هذا النظام فى التسميد كل ربتين ، أى يروى البيت مرة بالتسميد ، ومرة بدون تسميد ، وهكذا .

تربيـــة وتقليم النبـــاتات

تُربط نباتات الطماطم وهى صغيرة فى خيوط تتدلى من الأسلاك الأفقية التى تمتد أعلى خطوط الزراعة ، وقد يستبدل ذلك بربط الخيوط المدلاة هذه مع خيوط أخرى أفقية تمتد على سطح التربة بطول خط الزراعة (شكل ٣ – ١) . وفى كلتا الحالتين يربى النبات رأسيًا على ساق واحدة بتوجيهه على الخيط على فترات متقاربة ، على أن يكون ذلك فى اتجاه واحد ، حتى لا يحدث ارتخاء لساق النبات فى مرحلة متقدمة من النمو عندما يزيد حمل الثمار . ومن المفضل ربط النباتات إلى الخيط فى ٣ – ٤ مواضع على امتداد الساق باستعمال مشابك خاصة clamps ، مع جعلها تحت أعناق الأوراق مباشرة للعمل على زيادة تثبيت النباتات فى مكانها بالخيوط (شكل ٣ – ٩) . هذا .. ويراعى عدم وضع هذه المشابك أسفل العناقيد الزهرية ، حتى لا يؤدى ذلك إلى كسر العنقود تحت ثقل الثمار عند نضجها .

ومن الضرورى إزالة جميع الأفرع الجانبية التى تنمو فى آباط الأوراق فى المراحل المبكرة من نموها ، حتى يمكن تربية النباتات على ساق واحدة . وتعرف هذه العملية باسم « السرطنة » . تُزال هذه الأفرع عندما يصل طولها إلى نحو ٢,٥ سم ، حيث يكون من السهل قطعها . ويؤدى تركها لتنمو أكثر من ذلك قبل التخلص منها إلى إهدار غذاء النبات فيما لا طائل من ورائه ، فضلاً عن زيادة المسطحات النباتية المفروحة عند إزالة الأفرع بعد كبر حجمها . هذا .. ويفضل إجراء هذه العملية فى الساعات المبكرة من الصباح فى يوم مشمس ، لأن ذلك يساعد على سهولة نزع الأفرع



شكل ٣ - ٩ : مكان وضع المشابك «clamp» أسفل عنق الورقة للعمل على زيادة تثبيت النباتات فى مكانها بالخيوط .

الجانبية وجفاف والتئام مكان الجرح بسرعة . وفى حالة وجود إصابة بفيروس تبرقش أوراق الدخان يفضل وضع الأيدى فى محلول الصابون بعد سرعنة النباتات المصابة ، لأن هذا الفيروس ينتقل ميكانيكيًا بالملامسة .

هذا .. وفى حالة وجود بعض الجور الخالية ، فإنه يمكن انتخاب أفرع قوية من نباتات « الجور » المجاورة لتحل محل النباتات الغائبة ، وتربى رأسيًا على الخيوط الخاصة بها .

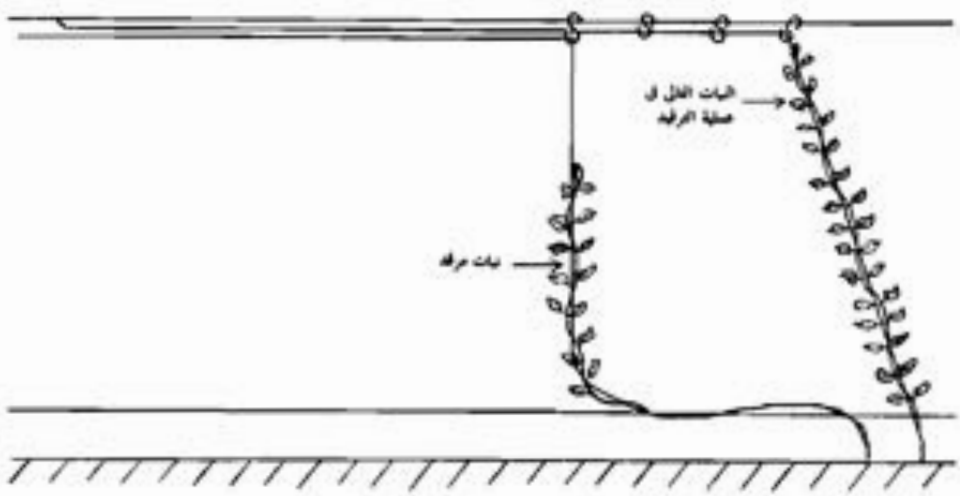
ويستمر توجيه النبات على الخيوط ، حتى تصل إلى السلك العلوى ، ويعرف ذلك بالتربية الرأسية (شكل ٣ - ١٠) .

وبرغم تعدد طرق التربية الرأسية ، فإن أبسطها وأكثرها شيوعًا هو ترك النباتات بعد وصولها إلى السلك العلوى ، دون إجراء أية سرعنة إضافية . وقد تقطع القمة النامية للنبات بعد ذلك بقليل .

وقد تُربى النباتات بحيث ترتفع القمة النامية عن السلك بنحو ٣٠ سم ، ثم توجه على الخيط المجاور لأسفل ، حتى تصل إلى مسافة ٩٠ سم من الأرض ، حيث توجه بعد ذلك لأعلى ثانيًا على الخيط الأصلى . وتعرف هذه الطريقة باسم Dutch Back System .

شكل ٣ - ١٠ : التربية الرأسية لنباتات الطماطم .

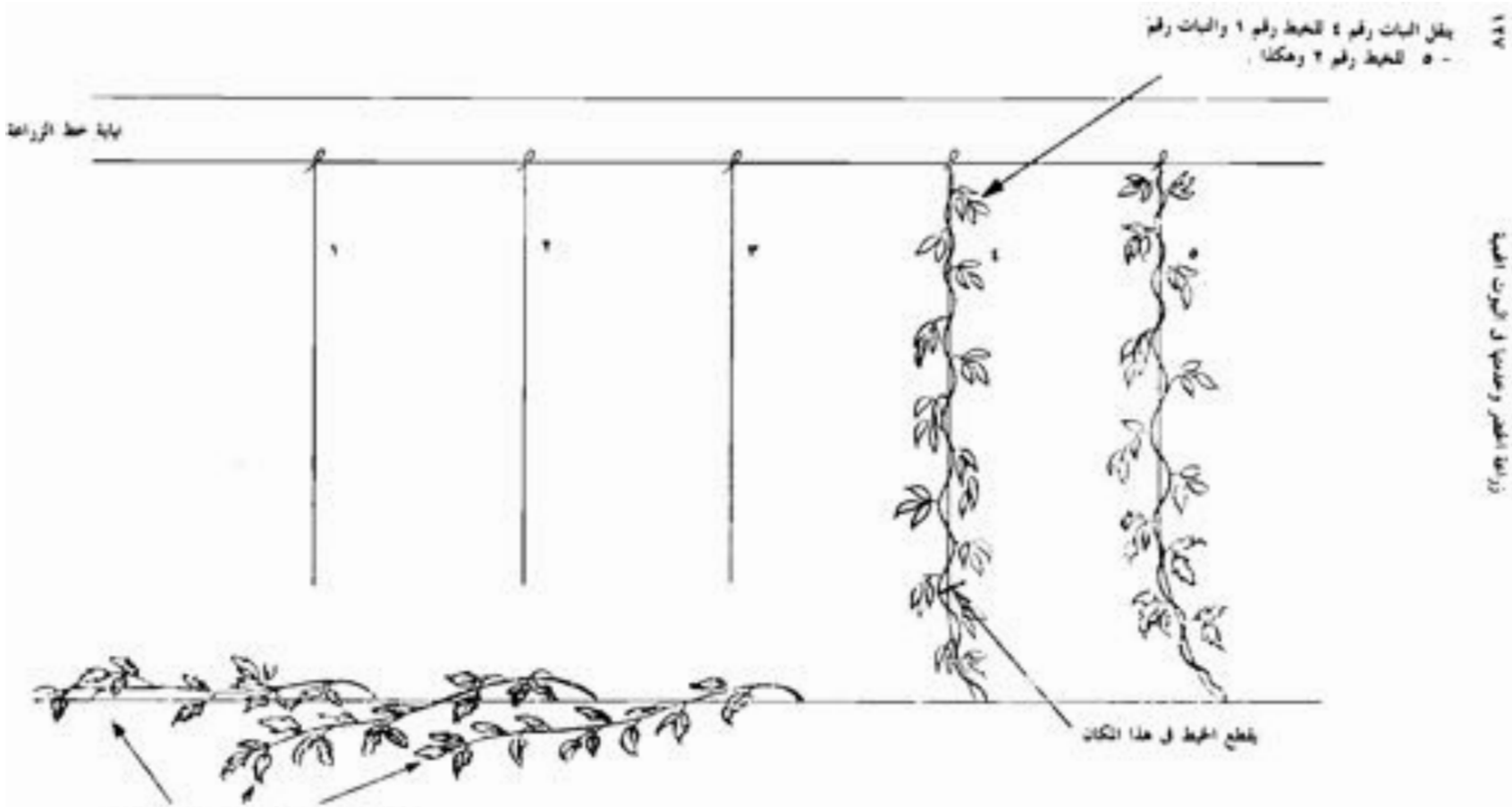
وفى طريقة أخرى للتربية يرخى الخيط عند اقتراب النباتات من السلك العلوى ، ويخفض النبات نحو ٣٠ سم . ويكرر ذلك كلما اقتربت القمة النامية من السلك العلوى . ونظرًا لأن الثمار السفلية يكون قد تم جمعها ، والأوراق السفلية تكون قد أزيلت ، لذلك فإنه يمكن دفن الجزء السفلى من الساق فى التربة مع الحفر حتى لا تكسر الساق . وإذا حدث وكسرت الساق جزئيًا ، فإنه يجب دفنها جيدًا فى التربة لتشجيع تكوين جذور عرضية ، مع ضرورة رى التربة جيدًا فى تلك المنطقة . هذا .. ويجب أن يبقى دائمًا نحو ١٢٠ سم من النمو الخضرى والعناقيد الزهرية فى الجزء العلوى من النبات (Resh ١٩٨١) . وتعرف هذه الطريقة للتربية باسم طريقة الترقيد Layering method . وتوجد منها عدة نظم ، منها الـ Hook Layering (شكل ٣ - ١١) ، والـ Sorenson method (شكلا ٣ - ١٢ ، ٣ - ١٣) (عن Fuller ١٩٧٣) .



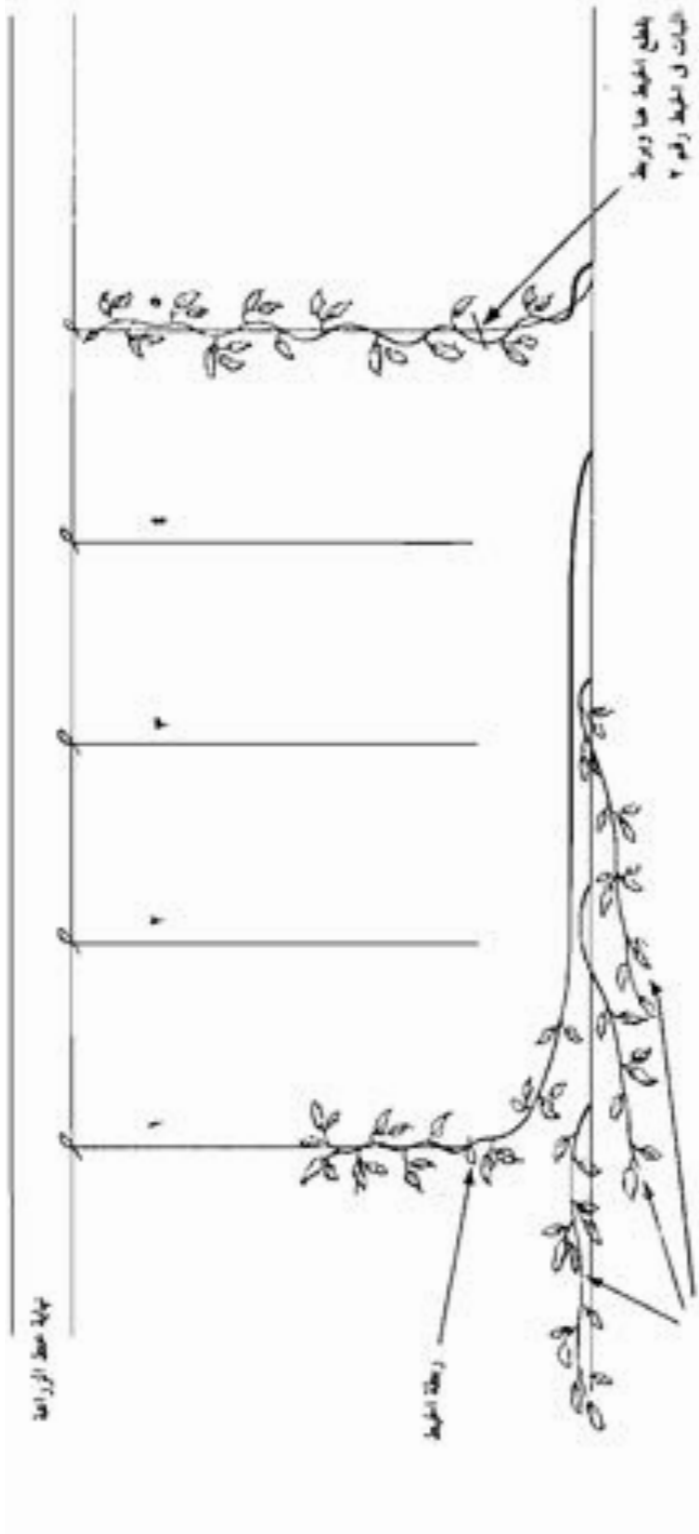
شكل ٣ - ١١ : تربية نباتات الطماطم بعد أن تصل إلى السلك بطريقة الـ Hook layering .

هذا .. وتجرى عملية تقليم للأوراق السفلية للنبات بعد حصاد ثمار العنقودين الأول والثانى ، لأن هذه الأوراق تكون قد بدأت فى الاصفرار . وتؤدى إزالتها إلى تحسين التهوية ، وخفض الرطوبة النسبية حول قاعدة النبات . ويجب أن تستمر بعد ذلك إزالة الأوراق السفلى حتى العنقود الحامل لثمار ناضجة ، كما فى شكل (٣ - ١٤) . ويتم التخلص من الأوراق المزالة هذه خارج البيت ، حتى لا تكون مصدرًا لانتشار الأمراض .

ويتم قطع القمة النامية للنباتات قبل الموعد المتوقع لإزالتها بشهرين . ويراعى خلال تلك الفترة إزالة الأفرع الكثيرة التى تنمو فى قمة النبات ، كما تجذب جذور النباتات من التربة قبل إزالتها بعدة أيام . ويوقف ضخ الماء والمحاليل المغذية ، وتترك النباتات على الخيط ، حتى تفقد جزءًا كبيرًا من رطوبتها ، وبذلك يقل الجهد اللازم للتخلص منها .



شكل ٣ - ١٢ : تربية نباتات الطماطم بعد أن تصل إلى السلك بطريقة Soressen



شكل ٣ – ١٣ : تابع تربية نباتات الطماطم بعد أن تصل إلى السلك بطريقة Sorensen .

شكل ٣ - ١٤ : إزالة الأوراق السفلية لنبات الطماطم بعد حصاد ثمار العناقيد التى توجد فى هذه المنطقة من الساق ، بغرض تحسين التهوية ، وخفض الرطوبة النسبية حول قاعدة النبات .

تحسين عقد الثمار

يقل أحيانًا عقد ثمار الطماطم فى الزراعات المحمية بسبب عدم توفر الرياح التى تحدث اهتزازات فى النباتات ، وتشجع على انتقال حبوب اللقاح من الأنثوبة المتكية إلى ميسم الزهرة . وتزداد حدة هذه الحالة عند انخفاض شدة الإضاءة مع انخفاض درجة الحرارة ، كما فى المناطق الباردة شتاء ، حيث

يقل إنتاج حبوب اللقاح ، وتصبح متكتلة ، كما تميل مياسم الأزهار إلى البروز من الأنبوبة المتكية ، وهى الظاهرة التى تعرف باسم stigma exertion ، وجميعها عوامل تقلل من فرصة وصول حبوب اللقاح إلى مياسم الأزهار لإحداث العقد . وتعالج هذه الحالة بعدة طرق كالتالى .

١ – رش النباتات مرتين يوميًا برذاذ من الماء بهدف إحداث اهتزازات بها .

٢ – هز الأسلاك التى تُربى عليها النباتات مرتين يوميًا . ولا تفيد هذه الطريقة كسابقتها – إلّا إذا كانت الإضاءة جيدة ، ودرجة الحرارة مناسبة للنمو النباتى .

٣ – إحداث اهتزازات قوية بالعناقيد الزهرية باستخدام آلة يدوية صغيرة تعمل بالبطارية ، وتعرف باسم mechanical Vibrator . ويكفى مجرد ملامسة ذراع الآلة المهتزة للعنقود الزهرى لإحداث التأثير المطلوب . وتفيد هذه الطريقة فى المناطق والأوقات التى تنخفض فيها شدة الإضاءة .

وللحصول على أفضل النتائج يفضل إجراء عملية الاهتزاز هذه بين الحادية عشرة صباحًا والثالثة بعد الظهر عندما تكون البتلات جافة للتلقيح . وتعرف هذه المرحلة بانحناء البتلات للخلف . وتكرر هذه العملية مرة كل يومين ، طالما وجدت أزهار غير عاقدة بالعنقود .

هذا .. وتجدر الإشارة إلى أن حبوب اللقاح تكون فى أفضل حالتها للتلقيح عندما تكون الرطوبة النسبية حوالى ٧٠٪ . وفى درجات الرطوبة الأكثر من ذلك فإنها تكون مبتلة ولزجة ، فتقل فرصة التلقيح الجيد ، بينما تجف حبوب اللقاح فى درجات الرطوبة الأقل من ذلك .

٤ – رش الأزهار بأحد التحضيرات التجارية من منظمات النمو التى تساعد على تحسين العقد (مثل التوماتون) . تجرى المعاملة بمعدل مرتين أسبوعيًا خلال فترة انخفاض درجة الحرارة ، مع مراعاة عدم رش الأوراق بمحلول منظم النمو حتى لا تتشوه .

٣ – ٣ – ٤ : الآفات ومكافحتها

تصاب الطماطم فى الزراعات المحمية بنفس الآفات التى تصيبها فى الزراعات المكشوفة ، لكن تزداد حدة الإصابة بأمراض معينة ، مثل نيماتودا تعقد الجذور ، وتبقع الأوراق الرمادى ، وفيروس تبرقش أوراق الدخان . وفيما يلى عرض موجز لأهم آفات الطماطم فى البيوت المحمية وطرق مكافحتها .

١ – الذبول الطرى أو سقوط البادرات

يسبب هذا المرض عدد من الفطريات التى تعيش فى التربة ، مثل الـ Pythium spp. ، والـ Rhizoctonia spp ، والـ Fusarium spp وغيرهم . وتظهر آثار الإصابة إما بانخفاض نسبة الإنبات ، أو ذبول البادرات وسقوطها على سطح التربة وهى صغيرة بعد ظهور اختناق فى قاعدتها .

وللوقاية من هذا المرض تعامل البذور قبل الزراعة بالفيتافاكس كابتان بمعدل ١ جم/١ كجم بذرة ، أو بالأرتوسيد ٧٥٪ بمعدل ١,٥ جم/ ١ كجم بذرة ، أو بالتكتو بمعدل ٢ جم/كجم بذرة . وفى حالة ظهور الإصابة فى المشتل ترش البادرات وسطح التربة بأحد المبيدات السابقة بتركيز ٠,٢٥٪ . ويستمر الرش لحين غسل سطح التربة بمحلول الرش .

٢ – عفن الرقبـــة

يسبب هذا المرض عدد من الفطريات التى تحدث أيضًا مرض الذبول الطرى ، خاصة فطر **Pythium** ، و **Alternaria solani** . وتظهر أعراض الإصابة على شكل تقرحات وعفن بساق النبات عند سطح التربة . وفى الحالات الشديدة يذبل النبات ويموت .

وللوقاية من هذا المرض تجب أولًا معاملة البذور ورش النباتات فى المشتل كما سبق بيانه فى مرض الذبول الطرى ، كما يجب عدم شتل النباتات المصابة ، وغمر البادرات قبل الشتل إلى الأوراق الأولى فى محلول من البنسلين + كوبسن بمعدل ١ جم لكل منهما فى لتر ماء – كذلك يجب رش قاعدة النباتات وسطح التربة بالمحلول السابق بعد الشتل .

٣ – العفن الأبيض أو عفن إسكليروتينا ، أو مرض تكسر الساق (white mold) :

يسبب هذا المرض الفطر **Sclerotinia sclerotorum** ، وينتشر فى البيوت المحمية ، نظرًا لتوفر الرطوبة العالية مع كثرة مياه الرى . تبدأ الإصابة على ساق النبات قرب سطح التربة على شكل بقع عائرة ، ثم تتحول إلى بيضاء مصفرة ، ثم تمتد الإصابة إلى أعلى الساق ، وفى النهاية يقضى الفطر على النبات .

وللوقاية من المرض لا بد من الاهتمام بتعقيم التربة ، وبالتهوية الجيدة ، مع عدم الإكثار من الرى ، والرش بالمبيدات التى سبق ذكرها فى مكافحة مرض عفن الرقبة .

٤ – تبقع الأوراق الرمادى

يسبب هذا المرض الفطر **Stemphylium solani** ، ويزداد انتشاره فى الزراعات المحمية ، لأنه يفضل الظروف التى تسودها درجات الحرارة والرطوبة المرتفعة . وتظهر الأعراض على شكل بقع صغيرة مدببة الأركان بقطر ٣ مم على الأوراق الكبيرة . وتؤدى زيادة شدة الإصابة إلى اصفرار الأوراق السفلية وسقوطها .

وللوقاية من الإصابة ترش النباتات أسبوعيًا بأحد المبيدات التالية :
دياثين م ٤٥ بتركيز ٠,٢٥٪ ، أو كوبروزان بتركيز ٠,٢٥٪ ، أو ترای ملتوكس بتركيز ٠,٢٥٪ ، أو مانكوبر بتركيز ٠,١٥٪ ، أو البرمان بتركيز ٠,١٥٪ ، أو كومازين بتركيز ٠,٢٥٪ . وفى حالة ظهور الإصابة تعامل النباتات بثلاث رشات متتالية كل خمسة أيام ، بدلًا من كل أسبوع (ملحوظة : محلول رش بتركيز ٠,٢٥٪ يعنى إضافة ٢٥٠ جم من المبيد لكل ١٠٠ لتر ماء) .

٥ – الندوة المتـــأخرة

يسبب هذا المرض الفطر **Phytophthora infestans** . ويبدأ ظهور الأعراض على الأوراق السفلى للنبات على شكل بقع بلون أخضر داكن ، مع ظهور أنسجة الورقة المصابة وكأنها مبتلة أو مسلوقة ، ولا تلبث هذه البقع أن تجف وتأخذ لونًا بنيًا مسودًا وتظهر على السطح السفلى للأوراق نموات بيضاء فى مواقع الأجزاء المصابة ، كما تظهر بقع طولية مماثلة على السيقان وأعناق الأوراق . وكذلك تظهر البقع على أى موقع بسطح الثمار .

وتنتشر الإصابة عندما تزيد الرطوبة النسبية عن ٩٠٪ مع درجة حرارة تتراوح من ١٥ – ٢٥°م ، خاصة عند تعاقب ليل رطب بارد نوعًا (١٢°م) مع نهار رطب دافىء (٢٠ – ٢٥°م) حيث تتكون الجراثيم تحت هذه الظروف بأعداد كبيرة فى مدة قصيرة ، مما يؤدى إلى ظهور المرض بشكل وبائى ، ويقضى على النباتات فى خلال أيام معدودة ، بحيث لا يترك وقتًا كافيًا لمقاومته .

وللوقاية من المرض تستعمل نفس المبيدات المستخدمة فى مكافحة مرض تبقع الأوراق الرمادى وبنفس الطريقة .

٦ – الندوة المبكرة

يسبب هذا المرض الفطر **Alternaria solani** . وتظهر الأعراض على شكل بقع صغيرة متناثرة على الأوراق والسيقان والثمار تأخذ شكل دوائر تحيط ببعضها البعض . ينتشر المرض فى الجو الدافىء ، ويكافح بنفس طريقة مكافحة مرض الندوة المتأخرة .

٧ – تلطخ الأوراق

يسبب هذا المرض الفطر Cladosporium fulvum . وتظهر الأعراض على شكل بقع صفراء مخضرة على السطح العلوى للورقة ، يقابلها لون بنى قرمزى على السطح السفلى ناتج من نمو الفطر المسبب للمرض . وعند زيادة الرطوبة الجوية تمتد الإصابة أيضًا إلى السيقان والأزهار .

وللوقاية من المرض يجب الاهتمام بتهوية البيت ، مع تجنب الرى بالرش ، وإزالة الأوراق المصابة والسفلية أولًا بأول .

٨ – الذبول الفيوزارمى

يسبب هذا المرض الفطر **Fusarium oxysporum f. lycopersici** ، وهو فطر يعيش فى التربة ، ويصيب النباتات عن طريق الجذور ، وينمو فى الأوعية الخشبية للنباتات ، مفرزًا بعض المواد السامة التى تؤدى إلى أصفرار الأوراق ، وموتها تدريجيًا . كما يؤدى النمو الفطرى فى الأوعية الخشبية التى ينتقل فيها الماء إلى ذبول الأوراق ، خاصة فى الجو الحار . ويناسب انتشار المرض درجات الحرارة المرتفعة .

وأفضل طريقة لمكافحة المرض هى بزراعة الأصناف المقاومة ، علمًا بأن الغالبية العظمى من أصناف الطماطم المنتشرة فى الزراعة تعد مقاومة لهذا المرض .

٩ – ذبول فرتسليوم

يسبب هذا المرض الفطر **Verticillium albo-atrum** ، وهو كالفطر الفيوزاريم يعيش فى التربة ، ويصيب النباتات عن طريق الجذور ، وينمو فى أنسجة الخشب محدثًا اصفرارًا على شكل حرف V يظهر أولًا على الأوراق السفلى للنبات . وينتشر هذا المرض فى الجو البارد ، ويكافح بزراعة الأصناف المقاومة .

١٠ – نيماتودا تعقد الجذور

يسبب هذا المرض عدة أنواع من جنس النيماتودا Meloidogyne spp. ، وتظهر الأعراض على شكل أورام أو عقد بجذور النباتات المصابة . وتنتشر الإصابة فى الجو الدافىء ، وتزداد كثيرًا فى حالة عدم تعقيم التربة بين الزراعات المتتالية . لذلك .. فإن أفضل طريقة للمكافحة هى بمعاملة التربة بأحد المبيدات النيماتودية ، مثل : النيماكور ، أو الثمك ، أو الفيوريدان بمعدل ٣ كجم لكل بيت بلاستيكى مساحته ٥٠٠ متر مربع؛ حيث تقلب فى التربة ثم تروى الأرض وتزرع مباشرة. كما تجب معاملة مخاليط الزراعة المستخدمة فى المشاتل والتى يكون أساسها التربة بأى من المبيدات السابقة بمعدل ½ جم لكل كيلو جرام من المخلوط عند إعداده . هذا .. إلا أن تعقيم التربة والمشاتل بروميد الميثايل يغنى عن هذه المعاملة . وتفيد هذه المعاملات حتى عند زراعة الأصناف المقاومة للنيماتودا ، وهى كثيرة . كذلك يمكن رش المشاتل والنباتات الصغيرة بالفايدت بتركيز ٠,٦٪ .

١١ – فيروس تبرقش الدخان

يعد فيروس تبرقش الدخان من الفيروسات التى يزداد انتشارها فى الزراعات المحمية ، عنه فى الحقول المكشوفة ، لأنه ينتقل ميكانيكيًا باللمس فى الوقت الذى تحتاج فيه عمليات التربية والتقليم إلى الإمساك بالنباتات عدة مرات خلال الموسم الواحد ، وبذلك تنتقل الإصابة بسهولة إلى النباتات السليمة عقب ملامسة النباتات المصابة . وتظهر الأعراض على شكل تبرقشات على الأوراق بلون أخضر فاتح وأخضر داكن .

أفضل طريقة للمكافحة هى بزراعة الأصناف المقاومة ، وهى كثيرة ، خاصة فى الأصناف الهجين . أما فى حالة زراعة أصناف قابلة للإصابة ، فمن الفضل إزالة النباتات التى تظهر عليها الأعراض إن كانت نسبتها منخفضة لا تزيد عن ١٪ . كما يجب عدم ملامسة النباتات السليمة عقب ملامسة النباتات المصابة إلا بعد غسل الأيدى جيدًا بالماء والصابون . ويجب فى جميع الحالات عدم قيام العمال الزراعيين بالتدخين داخل البيوت المحمية لاحتمال وجود الفيروس كامنًا فى التبغ ، مما يجعل أيديهم ملوثة بالفيروس بصفة دائمة .

١٢ – فيروس تبرقش الخيار

يحدث هذا الفيروس أعراضًا شبيهة بتلك التى يحدثها فيروس تبرقش الدخان . وهو لا ينتقل ميكانيكيًا إلا بصعوبة كبيرة ، بينما ينتقل بسهولة بواسطة حشرة المن ، ولذلك فإن مكافحة المن تكون كفيلة بمنع انتشار المرض من النباتات المصابة إلى السليمة .

١٣ – فيروس تجعد أوراق الطماطم الأصفر

ينتقل هذا الفيروس بواسطة حشرة الذبابة البيضاء ، ويحدث تبرقش واصفرار وتجعد بالأوراق (شكل ٣ – ١٥)(*) وهو من أخطر الأمراض التى تصيب الطماطم ، خاصة عند حدوث إصابة مبكرة . ولا وسيلة لمكافحته إلا بالتخلص من الذبابة البيضاء بداية من المشتل ، وحتى تمام عقد ونمو ثمار العنقود الأول . ترش النباتات فى المشتل كل أربعة أيام بالمارون بتركيز ٠,٢٪ ، وبعد الشتل

(*) يوجد هذا الشكل فى آخر الكتاب .

ترش النباتات كل أربعة أيام بأى من المبيدات التالية : الدايثوبت بتركيز ٠,٠٧٥٪ ، أو الأكتللك بتركيز ٠,٣٪ ، أو الهستاليون بتركيز ٠,٢٪ . ويفضل استعمال هذه المبيدات بالتناوب .

١٤ – الحمار والدودة القارضة

تؤدى الإصابة بالحمار إلى تساقط النباتات والإصابة بالدودة القارضة إلى سقوط بعض الأوراق وتأكل البعض الآخر . ويمكن مكافحتهما باستخدام طعم سام مكون من الهستاليون ، أو الفارون بمعدل ٢٥, كجم لكل ٢٥ كجم من جريش الذرة المبلل بالماء . وينثر الطعم حول النباتات .

١٥ – العنكبوت الأحمـــر

تظهر الإصابة بالعناكب على شكل بقع صغيرة مصفرة لامعة تؤدى إلى جفاف الأوراق ، وتقاوم بالرش بالتديفول بتركيز ٢٥,/ .

١٦ – القشران والجرذان

تكافح هذه القوارض بوضع أحد المبيدات المناسبة ، مثل : أترارك Atrarak ، أو كلبرات Klerat ، أو رتاك Ratak ، أو وارفارين warfarin ، أو زيليو Zelio على شرائح من الخشب أو الكرتون المقوى ، وتوضع داخل أنابيب بقطر ١٠ سم ، وطول ٢٥ سم ، وتوزع على أنحاء البيت البلاستيكى . ويفضل دائما الاعتماد على نوعين من هذه المبيدات تنتمى إلى مجموعتين كيماويتين مختلفتين (مديرية البحث والإرشاد الزراعى – وزارة الزراعة – المملكة الأردنية الهاشمية ١٩٨٣ ، Fletcher ١٩٨٤ ، عرفه وآخرون ١٩٨٦) .

هذا .. وللمزيد من التفاصيل عن إنتاج الطماطم في الزراعات المحمية ينصح بالرجوع إلى Kingham (١٩٧٣) و Walls (١٩٧٧) Wittwer & Honma (١٩٧٩) وإلى Fletcher (١٩٨٤) بالنسبة للأمراض .

٣ – ٤ : إنتـــاج الخيار

٣ – ٤ – ١ : الأصناف الملائمة للزراعات المحمية

لا تستعمل فى الزراعات المحمية غالبًا إلا الأصناف الهجين التى تتميز بالإنتاجية العالية ، حتى يمكن خفض تكلفة الإنتاج بالنسبة للطن الواحد من الثمار . ومن المفضل أن تكون الأصناف مقاومة لأهم أمراض الزراعات المحمية ، وهى البياض الزغبى ، والبياض الدقيقى ، والفيروسات ، خاصة فيروس تبرقش الخيار . وقد تستخدم الأصناف ذات الثمار الطويلة إذا كانت مقبولة لدى المستهلك ، أو تقتصر الزراعة على الأصناف ذات الثمار القصيرة من مجموعة بيت ألفا Beit Alpha Type التى تتميز بطعمها الجيد ونكهتها المرغوبة ، إلا أن محصولها يكون أقل مما فى الأصناف ذات الثمار الطويلة .

هذا .. وأغلب الأصناف المستخدمة فى الزراعات المحمية تتميز بأنها تحمل أزهارًا مؤنثة فقط ، وبمعدل ٢ – ٤ أزهار أو أكثر فى إبط كل ورقة ، وبأنها قادرة على العقد البكرى للثمار . وبالتالى .. فإنها تعطى محصولًا عاليًا من الثمار ، دون حاجة إلى الحشرات الملقحة للأزهار .

ومن أهم الأصناف المنتشرة فى الزراعة ما يلى :

١ – الأصناف ذات الثمار الطويلة : سانديرا ، وتوسكا ٧٠ ، وباندكس ، وروكت ، وماركت كنج ، وبينكس ، وداليفا ، وفيتوميل .

٢ – الأصناف ذات الثمار القصيرة : فارول ، وبيكابيلو ، ودامسكاس ، وأرابل ، وملرام ، وبلوبيرد ، وسيرانو ، وك – ٢٧٤٤ .

٣ – ٤ – ٢ : الاحتياجات البيئية ، ومواعيد الزراعة

يعد الخيار من محاصيل الخضر التى يلزمها جو دافىء لإنبات البذور ونمو النباتات . فتنبت البذور فى خلال ٣ – ٤ أيام فى درجة الحرارة المناسبة ، وهى ٢٥ – ٣٠°م ، بينما يستغرق إنبات البذور ١٣ يومًا فى درجة حرارة ١٥°م . ولا يحدث إنبات فى درجات الحرارة الأقل من ذلك . أما أفضل درجة حرارة للنمو النباتى فتبلغ ١٨ – ٢٠°م ليلًا ، و ٢١ – ٢٤°م نهارًا .

وبالنسبة للبيوت المبردة ، فإنه يمكن زراعة الخيار فى أى وقت من السنة ، طالما أنه يكون فى الإمكان الإحتفاظ بدرجة الحرارة فى المجال الحرارى الملائم للنباتات ، لكن يفضل أن تكون الزراعة خلال الفترة من أبريل إلى يوليو ، حتى يتسنى الإنتاج خلال فترة ارتفاع درجة الحرارة من منتصف مايو إلى منتصف أكتوبر ، حيث يستحيل إنتاج الخيار فى الزراعات المكشوفة .

أما فى مصر – حيث لا يشيع استخدام البيوت المبردة – فإن أفضل موعد لزراعة بذور الخيار هو من منتصف سبتمبر حتى آخر أكتوبر ، على أن يكون الشتل بعد ذلك بنحو ٢– ٣ أسابيع . ويوصى نصار (١٩٨٩) بالشتل المبكر فى ١٥ سبتمبر مع عدم تأخيره عن آخر سبتمبر إلا عند زراعة الأصناف التى تتحمل البرودة والمقاومة لمرض البياض الزغبى . هذا .. وتستغرق الفترة من زراعة الشتلات إلى بداية الحصاد نحو ٤٠ – ٥٠ يومًا فى الجو المناسب ، ولكن مدة نمو الخيار فى البيوت المحمية تصل إلى تسعة أشهر ، بعدها يمكن استغلال الأرض فى زراعة المشاتل للموسم التالى . ونظرًا لأن الخيار يعطى معظم إنتاجه خلال الشهور الستة الأولى من حياته ، لذا فإنه يفضل فى حالة تدهور إنتاجية النباتات أن تقلع ، ثم تزرع الصوبة فى شهر أبريل بخط الخيار فى الوسط ترى فيه النباتات رأسيًا ، وخطين بطيخ على الجانبين تنمو فيهما النباتات مفترشة ، مع الاستعانة بالرى بالضباب لترطيب البيت وخفض درجة الحرارة .

٣ – ٤ – ٣ : الزراعة وعمليات الخدمة

الزراعـــة

تزرع البذور فى مكانها الدائم مباشرة فى البيت فى الجو الدافىء ، لكن يفضل إنتاج الشتلات فى أوعية نمو النباتات . وبعد ذلك إجراءًا ضروريًا فى الجو المائل للبرودة . هذا .. ويلزم نحو ٢٤٠٠ – ٢٨٠٠ بذرة لإنتاج شتلات تكفى لزراعة ١٠٠٠ متر مربع .

وتتراوح المسافة بين خطوط الزراعة من ٨٠ – ٩٠ سم ، بينما تكون المسافة بين النباتات فى الخط من ٣٥ – ٤٥ سم فى الجو البارد ، ومن ٤٥ – ٥٠ سم فى الجو الدافىء . وبذلك .. فإن كثافة الزراعة تتراوح من ٢,٢ – ٣,٥ نبات بكل متر مربع . كما يمكن الزراعة فى خطوط مزدوجة ، كما فى الطماطم . وفى هذه الحالة تكون المسافة بين خطى الزوج الواحد ٧٠ سم ، وعرض الممرات

بين أزواج الخطوط ١١٠ سم ، والمسافة بين النباتات فى الخط ٦٠ سم ، على أن يتم تبادل مواقع الجور (على شكل رجل غراب) فى خطى كل زوج .

ويفضل فى الأراضى الثقيلة والقليلة النفاذية زراعة الخيار على مصاطب بعرض ١,٥ متر (من مجرى المصطبة إلى مجرى قناة المصطبة التالية) ، مع ترك مسافة ٥٠ سم على جانبى الصوبة ، أى إقامة خمس مصاطب بالصوبة التى يبلغ عرضها ٨,٥ مترًا . ويكون عرض الجزء المرتفع من المصطبة عادة حوالى متر واحد يزرع به خطان من النباتات ، كل منهما يقع على بعد نحو ٢٥ سم من حافة المصطبة ، وبعيد عن خط التنقيط بحوالى ٥ سم . وتكون الزراعة فى جور تبعد عن بعضها البعض بنحو ٤٥ سم ، على أن تكون مواقعها بالتبادل فى خطى الزراعة .

وفى حالة الزراعة فى البيوت الكبيرة التى تتكون من وحدات كثيرة متصلة ، فإنه يفضل فى الزراعات الشتوية زراعة خط من الفاصوليا القصيرة ، أو الكرنب ، أو القنبيط ، أو خط مزدوج من الخس ، بدلًا من كل سادس خط من الخيار للعمل على تحسين الإضاءة فى البيت خلال أشهر الشتاء (شكل ٣ - ١٦) .

هذا .. ومن المفضل فى حالة الزراعة بالبذرة فى الأرض مباشرة أن تروى الأرض قبل الزراعة بيوم إلى خمسة أيام حسب طبيعة التربة ، وألا يزيد عمق الزراعة عن ٢ سم ، مع زراعة ثلاث بذور فى

شكل ٣ - ١٦ : زراعة خط من أحد الفاصيل ذات النمو القصير (الخس فى هذه الحالة) كل ٥ - ٦ خطوط من الخيار فى البيوت الكبيرة بهدف تحسين الإضاءة شتاءً .

الجورة الواحدة تخف بعد الإنبات عندما تصل إلى مرحلة أول ورقة حقيقية على نبات واحد بإزالة النباتات الزائدة بقصها من فوق سطح التربة بأصابع اليد . ويفضل إجراء الخف على دفعتين .

الـــــرى

تلزم العناية جيدًا بعملية الرى ، إلّا أن الإكثار من الرطوبة الأرضية من شأنه إضعاف النباتات وزيادة قابليتها للإصابة بالأمراض . ولذلك .. يجب الإقلال من الرى ، خاصة خلال موسمى الخريف والشتاء . وتزداد حاجة النباتات للرى فى الجو الدافىء .

هذا .. ويلزم كل نبات حوالى لتر واحد من الماء يوميًا شتاءً ، تزداد إلى نحو لترين يوميًا خلال فصل الصيف . وتعطى هذه الكمية من المياه بالتنقيط على ٥ – ٦ مرات خلال اليوم بمعدل ٣٥ – ٧٠ مل لكل نبات فى كل مرة . ويعنى ذلك أن كل ١٠٠٠ نبات يلزمها من ١ – ٢ متر مكعب من ماء الرى يوميًا .

التسميد

ينصح فى الأراضى الرملية بإضافة الأسمدة التالية لكل ١٠٠٠ متر مربع من الأرض :

١ – قبل الزراعة وأثناء تجهيز الأرض يضاف ٢ طن من السماد العضوى المتحلل ، و ١٥ كجم أزوت ، و ١٥ كجم فوسفور ، و ٦ كجم بوتاس .

٢ – تترك النباتات بدون تسميد لمدة أسبوعين منْ بداية زراعتها بالبذرة مباشرة أو من بداية الشتل .

٣ – تسمد النباتات لمدة ثلاثة أسابيع بعد ذلك بمحلول سمادى أساسى يحضر أسبوعيًا بإذابة الكميات التالية من الأسمدة : ٩ كجم نترات بوتاسيوم ، و ٣ كجم فوسفات أمونيوم ، و ٢,٥ كجم يوريا . تروى النباتات يوميًا بالمحلول السمادى ، وتكفى هذه الكمية لمدة أسبوع واحد .

٤ – تسمد النباتات بعد ذلك يوميًا وحتى قبل نهاية المحصول بأسبوع واحد بمحلول سمادى أساسى آخر مكون بإذابة ١٣ كجم نترات بوتاسيوم ، و ٣ كجم فوسفات أمونيوم ، و ٤,٥ كجم يوريا . وتكفى هذه الكميات لمدة أسبوع واحد .

٥ – إضافة لما سبق .. فإن النباتات تسمد بالعناصر الصغرى من محلول أساسى آخر يحتوى اللتر منه على الكميات التالية من المركبات السمادية :

٣,٥ جم موليبدات الأمونيوم

٧٥ جم حامض البوريك

١٠٠ جم سلفات المنجنيز

٥٠ سلفات الزنك

١٢,٥ جم سلفات النحاس

٦٠ جم حديد (فيتريلون أو سيكسترين) .

يضاف هذا المحلول إلى مياه الرى بمعدل ٢٠ سم لكل متر مكعب من مياه الرى (وزارة الزراعة والثروة السمكية – دولة الإمارات العربية المتحدة ١٩٨٢) .

أما فى حالة الأراضى التى تروى بطريقة الرى السطحى ، فإنها تسمد كل أسبوعين قبل الرى بكميات الأسمدة التالية : ١٠ – ١٥ كجم نترات النشادر ، و ١٠ كجم سلفات البوتاسيوم ، و ٣ – ٥ كجم سوبرفوسفات (عرفه وآخرون ١٩٨٦) .

التربيـــة والتظليم

ترى نباتات الخيار رأسيًا على خيوط تمتد بطول ٢ متر من سطح الأرض إلى الأسلاك الأفقية التى توجد أعلى خطوط الزراعة . وقد تربط هذه الخيوط من أسفل فى خيط آخر يوجد على سطح التربة بامتداد خط الزراعة ، أو تربط بسيقان النباتات بالقرب من سطح التربة عندما يبلغ طولها حوالى ٥٠ سم . توجه النباتات رأسيًا على هذه الخيوط من وقت لآخر وبصورة منتظمة بعد ذلك ، لأن التأخير فى إجراء هذه العملية قد يؤدى إلى كسر الساق أو تلف الأوراق .

ويعتبر تظليم الخيار عملية ضرورية ، الهدف منها عمل توازن بين النمو الخضرى والثمرى للحصول على إنتاج وفير . ويتم ذلك بإزالة كل الأفرع الجانبية وكل الأزهار المؤنثة حتى ارتفاع ٤٥ سم من سطح الأرض ، لأن الثمار التى تنمو على العقد الأولى غالبًا ما تتدلى وتلامس الأرض ، ويتغير لونها وملمسها . أما الأفرع الجانبية التى تنمو بعد ذلك ، فإنه يسمح لها بالنمو حتى يكون كل منها عقدتين بهما أزهار مؤنثة ، ثم تقلم . أما الأفرع الثانوية ، فتزال كلية . يستمر الأمر كذلك إلى أن يصل الساق الرئيسى للنبات إلى السلك المربوط به الخيط ، حينئذ تقلم القمة النامية الرئيسية للنبات ، ويسمح للثلاثة أفرع الجانبية العلوية بالنمو ، حيث توجه على السلك فى اتجاهات مختلفة ، ويسمح لها بالتدلى لأسفل دون ربط على الخيط . وفى هذه المرحلة يتوقف التظليم بسبب كثافة النمو (Ware & McOliure ١٩٨٠) .

وفى طريقة أخرى للتربية يتم تظليم كل الفروع والثمار فى الـ ٤٥ سم السفلية ، ثم يسمح للثمار فقط بالنمو ، وتزال كل الأفرع حتى يصل الساق الرئيسى للسلك ، وبعد ذلك يسمح للساق الرئيسى بالتدلى قليلًا لأسفل ، ثم تقطع القمة النامية . وفى نفس الوقت يسمح للأفرع الرئيسية العليا بالنمو حتى تصل للسلك وتتدلى حتى تصل لنحو ١ م من الأرض ، حيث تقطع قممها النامية ، ويسمح للأفرع الجانبية الثانوية بالنمو وحمل الثمار (شركة الواحة للإنتاج الزراعى – الإمارات العربية المتحدة) .

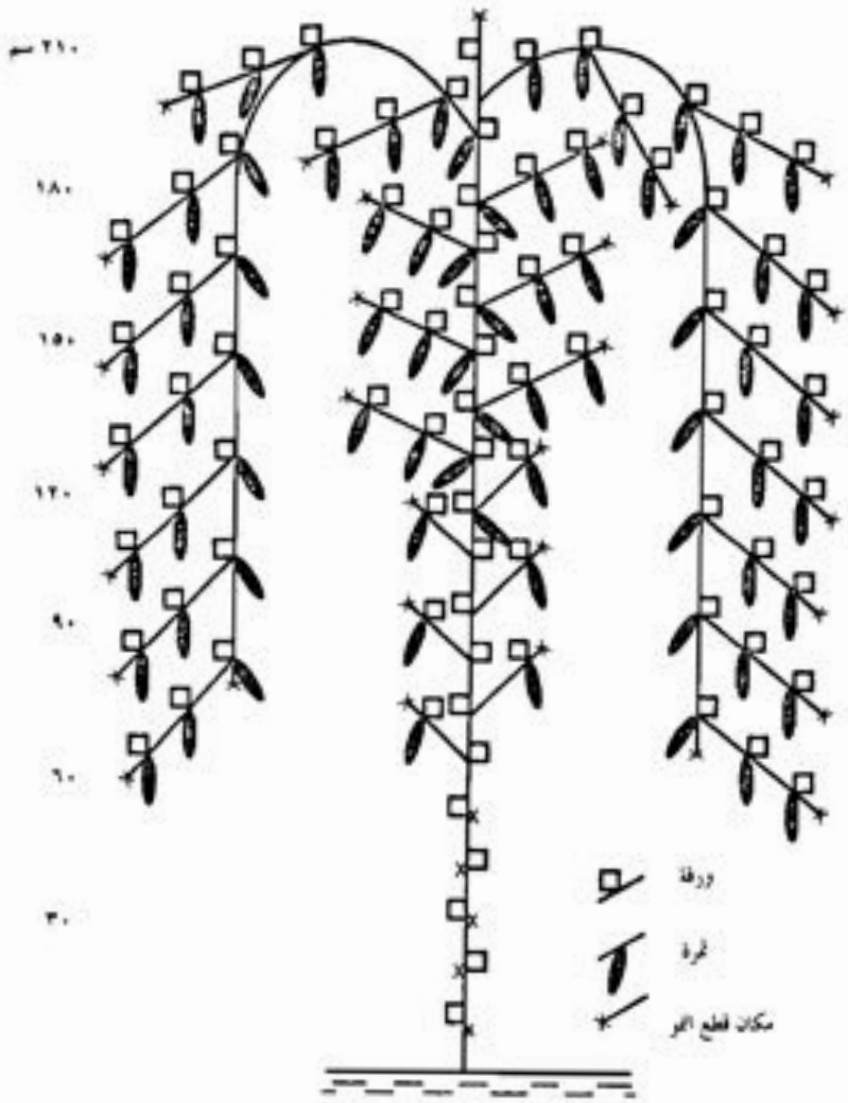
ويعطى Winsor & Hommra (١٩٧٩) طريقتين لتربية الخيار : فى الطريقة الأولى (شكل ٣ – ١٧) يكون التظليم كالتالى :

١ – تُزال جميع الثمار والفروع الجانبية على العقد الست الأولى (حتى ارتفاع ٦٥ سم) .

٢ – يسمح بنمو الفرع الجانبى على العقد الستة التالية ، ويسمح كذلك بنمو ثمرة عند العقدة الأولى من كل فرع ، لكن لا يسمح بنمو ثمار على الساق الأصلية ، كما تقطع جميع الأفرع بعد العقدة الأولى (حتى ارتفاع ١٣٠ سم) .

٣ – يسمح بنمو الفرع الجانبي على العقد الست التالية ، ويسمح كذلك بنمو ثمرتين عند العقدتين الأولى والثانية من كل فرع ، وبنمو ثمرة على الساق الأصلية عند كل عقدة . وتقطع جميع الأفرع بعد العقدة الثانية (حتى ارتفاع ١٨٠ سم) .

٤ – يسمح بعد ذلك بنمو فرعين جانبيين يتدليان لأسفل من الجانبين ، ويسمح لكل فرع بأن تنمو به ثمرة وفرع جانبي عند كل عقدة ، كما يسمح لكل فرع جانبي بتكوين ثمرتين ، ثم يقطع بعد العقدة الثانية .



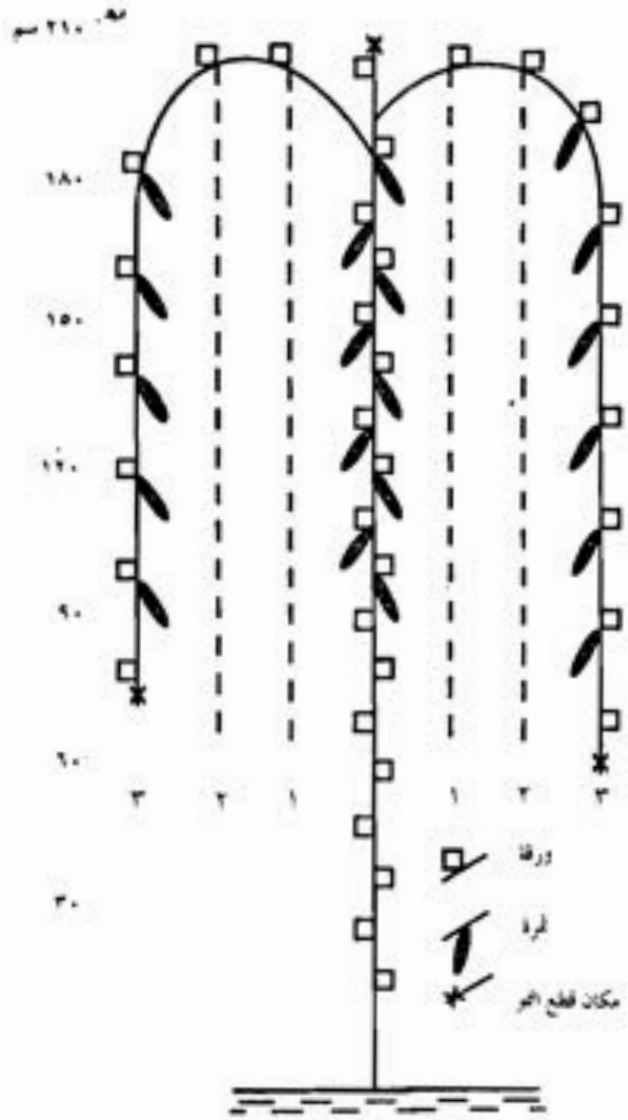
شكل ٣ – ١٧ : التربية الرأسية للخيار (الطريقة الأولى) .

أما الطريقة الثانية (شكل ٣ – ١٨) ، فيكون التقليم فيها كالتالى :

١ – لا يسمح بنمو ثمار أو فروع على العقد التالى الأول (حتى ارتفاع ٩٠ سم) .

٢ – يسمح بنمو الثمار على العقد التالى التالة ، ولكن لا يسمح بنمو أفرع جانبية (حتى ارتفاع ١٨٠ سم) .

٣ – يسمح بنمو فرعين جانبيين بعد ذلك يتدليان لأسفل ، ويحمل كل منهما ثمارًا عند العقد ، دون أن يسمح بنمو أفرع ثانوية عليها .



شكل ٣ – ١٨ : التربية الرأسية للخيار (الطريقة الثانية) .

وفى مصر ينصح عرفه وآخرون (١٩٨٦) باتباع إحدى طريقتين للتربية كالتالى :

الطريقة الأولى تتبع فى الزراعات المبكرة حتى منتصف أكتوبر ، وفيها تزال جميع الأزهار والفروع الجانبية على الساق الرئيسى حتى ارتفاع ١ م من سطح الأرض ، ثم تترك الثمار ، ويسمح للأفرع الجانبية بالنمو ، وتكوين ثمرة واحدة عند العقدة الأولى من كل فرع ، ثم تقطع بعد العقدة الأولى . يستمر هذا النظام إلى أن تصل الساق الرئيسية إلى السلك العلوى ، حيث تسمح لثلاثة من الأفرع الجانبية العلوية بالنمو إلى أن تتدلى من على السلك الأسفل مع قطع قمة النبات الرئيسية بعد تكوين ثلاث ورقات فوق مستوى السلك ، وتزال الأفرع الجانبية التى تتكون فى آباطها . وبالنسبة للأفرع الثلاثة التى سمح بنموها لأسفل ، فإنه يُعاد تقليم الفروع الجانبية المتكونة فى آباط أوراقها بعد تكون ورقتين عليها . ويستمر فى إجراء ذلك حتى تصل هذه الأفرع الثلاثة إلى مستوى ٨٠ سم من سطح الأرض ، حيث تقطع القمة النامية بكل منها ، ويسمح بنمو ثلاثة أفرع من كل واحد منها ، وتترك لتتدلى حتى مستوى سطح الأرض . هذه الأفرع تتكون فى آباط أوراقها فروع ثانوية ثانية تزال قمتها النامية بعد تكون ثلاث أوراق عليها .

أما الطريقة الثانية ، فتتبع فى الزراعات التى تجرى فى النصف الثانى من أكتوبر (حيث تبدأ درجة الحرارة فى الانخفاض) ، وفيها تزال جميع الثمار والفروع الجانبية على الساق الرئيسية حتى ارتفاع ٥٠ – ٦٠ سم من سطح الأرض ، ثم تترك الثمار المتكونة بعد ذلك حتى ارتفاع ١,٥ م من سطح الأرض ، كما يسمح فى هذه الأثناء بنمو الأفرع الجانبية وتكوينها ثمرة واحدة ، ثم تقطع بعد العقدة الأولى . وبعد ذلك تترك على الأفرع الجانبية المتكونة ورقتان ، وتحمل كل منهما ثمرتين . وكما فى الطريقة الأولى ، فإنه يسمح لثلاثة فروع علوية بالنمو والتدلى لأسفل مع قطع القمة النامية للساق الرئيسية بعد تكوين ثلاث ورقات أعلى مستوى السلك . وبالنسبة للأفرع الثلاثة المتدلية ، فإنه تتم إزالة قمم الأفرع الجانبية المتكونة عليها بعد تكوين ورقتين ، ويستمر ذلك حتى تصل هذه الأفرع إلى حوالى ٨٠ سم من سطح الأرض ، حيث تُزال قمتها النامية ، ويسمح بنمو ثلاثة أفرع من كل منها كما سبق بيانه فى الطريقة الأولى .

تحسين عقد الثمار

تفشل أحيانًا نسبة كبيرة من ثمار الخيار فى العقد ؛ فتتوقف مبايض الأزهار المؤنثة عن النمو ، ثم تتلون باللون الأصفر ، وبعد ذلك تذبل ، ثم تجف ، ولكنها تظل عالقة بالنبات . تشاهد هذه الأعراض غالبًا فى أزهار عدة عقد متتالية على الساق ، ثم تعقد ثمرة أو ثمرتان ، تليها دورة أخرى من الأزهار غير العاقدة ، وهكذا . وقد ترجع هذه الظاهرة إلى أحد الأسباب التالية :

١ – ألا يكون الصنف المزروع ذا مقدرة على العقد البكرى ، وفى هذه الحالة يلزم توفير خلايا النحل بالصوبة لكى تتم عملية التلقيح ، ولكن ذلك أمر نادر فى الزراعات المحمية ، لأن الأصناف المستخدمة فيها غالبًا ما تكون ذات مقدرة على العقد البكرى .

٢ – أن يكون الصنف المزروع من الأصناف التى لا تنتج سوى أزهار مؤنثة (gynoecious) وغير قادر على العقد البكرى ، وفى هذه الحالة يلزم توفير نباتات وحيدة الجنس وحيدة المسكن من نفس الصنف ، أو من صنف آخر شبيه به بنسبة ١٠٪ لتكون مصدرًا لحبوب اللقاح مع إمداد الصوبة

خلايا النحل اللازمة لعملية التلقيح ، ولكن ذلك أمر نادر أيضًا ، لأن الأصناف المؤتة غالبًا ما تكون ذات مقدرة على العقد البكرى .

٣ – أن تكون النباتات مصابة بأية آفة (فطر – بكتريا – فيرس – نيماتودا – حشرة – أكاروس) تحد من نموها وتضعفها ؛ فتصبح غير قادرة على عقد عدد كبير من الثمار وتلزم فى هذه الحالة مكافحة الآفة ، لكن الأعراض قد لا تظهر إلا بعد أن يستحيل تدارك الأمر ، كما فى الأمراض الفيوسية وأمراض الجذور .

٤ – عند زيادة تركيز الأملاح فى التربة أو فى ماء الرى ، ويلزم فى هذه الحالة غسل الأملاح من التربة بإعطاء ريّة غزيرة مع استعمال ماء تقل فيه نسبة الأملاح .

٥ – عند نقص معدلات التسميد بالعناصر الكبرى والصغرى عن المستويات التى يوصى بها ، حيث لا تكون النباتات قادرة على عقد عدد كبير من الثمار . ويلزم فى هذه الحالة تدارك الأمر بالتسميد الجيد .

٦ – عند عدم إجراء عملية التقليم بصورة جيدة ، حيث يختل التوازن بين النمو الخضرى والنمو الثمرى لصالح الأول ، كما يؤدى النمو الخضرى الغزير إلى تظليل النباتات لبعضها البعض ؛ فيصبح النمو الخضرى الزائد غير ذى فائدة كبيرة فى توفير الغذاء للثمار . وعلاج ذلك هو الاهتمام بعملية تربية وتقليم النباتات من البداية .

٣ – ٤ – ٤ : الآفـــات ومكافحتها

١ – الذبول الطرى : راجع الطماطم (الجزء ٣ – ٣ – ٤)

٢ – عفن الرقبة (الخناق) : راجع الطماطم

٣ – العفن الأبيض ، أو عفن إسكليروتينا : راجع الطماطم .

٤ – البيـــاض الدقيقى

يسبب هذا المرض الفطر Erysiphe cichoracearum ، ويظهر على شكل بقع دقيقية بيضاء على السطح العلوى للأوراق . هذه البقع هى جراثيم الفطر . وتشتد الإصابة فى الجو الحار الجاف ، وتؤدى إلى جفاف الأوراق المصابة وموتها . وفى الحالات الشديدة تصاب السيقان والأفرع .

ويكافح المرض بالرش دوريًا كل أسبوعين للوقاية ، وأسبوعيًا للعلاج بالبيلتون ٢٥٪ بتركيز ٠,٢٪ ، أو بالروبيجان ١٢٪ بتركيز ٠,١٪ . كما ينصح بزراعة الأصناف المقاومة .

٥ – البيـــاض الزغبى

يسبب هذا المرض الفطر Pseudoperonospora cubensis ، ويعد من أخطر أمراض الخيار فى الزراعات المحمية ، نظرًا لأنه ينتشر تحت ظروف الرطوبة الجوية المرتفعة والجو المعتدل الحرارة . وتظهر الأعراض على شكل بقع صفراء على السطح العلوى للورقة ، تتحول عند موت الأنسجة إلى اللون البنى الفاتح . ويقابل هذه البقع نمو زغبى بلون بنى أو رمادى على السطح السفلى للورقة . هذا النمو عبارة عن جراثيم الفطر .

ويكافح هذا المرض بالاهتمام بتهوية البيوت المحمية جيدًا ، بحيث لا تتكثف الرطوبة على الجدر الداخلية ، كما ترش النباتات كل ١٠ أيام خلال فصل الشتاء للوقاية ، وكل خمسة أيام للعلاج بالريدوميل بتركيز ٠,٢٪ ، أو بالداكونيل ٢٧٨٧ بتركيز ٠,٢٥٪ ، أو بالساندوفان بتركيز ٠,٢٪ . كما ينصح بزراعة الأصناف المقاومة .

٦ – لفحة الساق الصمغية

يسبب هذا المرض الفطر Mycosphaerella melonis ، وهو يصيب النباتات عن طريق التربة في أية مرحلة من نموها . وتظهر الأعراض على شكل تصمغ مصفر في منطقة اتصال الساق بسطح التربة، يمتد داخل الساق . ويكافح المرض بالاهتمام بتعقيم التربة ، مع رش النباتات دوريًا كل ١٠ – ١٥ يومًا . للوقاية . وكل ٥ – ٧ أيام للعلاج بالبرافو ٥٠٠ بتركيز ٠,٢٪ ، أو بالداكونيل بتركيز ٠,٢٥٪ .

٧ – لفحة الأوراق الزاوي

تسبب هذا المرض البكتيريا Pseudomonas lachrymans ، وتظهر الأعراض على شكل بقع مائية ذات زوايا لا تلبث أن تتحول إلى اللون الأبيض فالرمادي ، ثم تجف وتسقط ؛ فتظهر الورقة وبها ثقوب كثيرة مكان البقع الأصلية . وتزداد الإصابة بزيادة الرطوبة الجوية والرطوبة الأرضية .

ويكافح المرض بالتهوية الجيدة ، وزراعة بذور خالية من البكتيريا .

٨ – نيماتودا تعقد الجذور : (راجع الطماطم بالجزء ٣ – ٣ – ٤)

تكافح بالطرق الكيميائية فقط ، نظرًا لعدم وجود أصناف مقاومة من الخيار .

٩ – فيروس تبرقش الخيار : ينتقل بالمن (راجع الطماطم) .

١٠ – فيروس اصفرار الخس المعدي : أنظر الذبابة البيضاء .

١١ – الذبابة البيضاء

يصاب الخيار بشدة بالذبابة البيضاء التي تمتص عصارة النبات ، محدثة بقعًا صفراء صغيرة قد تتجمع مكونة مساحات كبيرة . وهي تنقل للنباتات فيروسًا خطيرًا جديدًا على منطقة الشرق الأوسط شبيه بفيروس اصفرار الخس المعدي Duffus) Lettuce Infectious Yellows Virus وآخرون ١٩٨٦، Hassan & Duffus ١٩٩٠) الذي يصيب جميع القرعيات ويقضي على النباتات بعد ظهور اصفرار ما بين العروق في الأوراق السفلى أولًا . وينتشر الفيروس حاليًا في بعض الدول العربية .

وتكافح الذبابة البيضاء بالرش قبل التزهير بالمارون بتركيز ٠,٢٪ ، أو بالأكتيلك بتركيز ٠,٣٪ ، أو بالدايمثويت بتركيز ٠,٠٧٥٪ .

١٢ – المـــن

يصاب الخيار بشدة بالمن في الزراعات المحمية . وتبدأ الإصابة من طور البادرة . ويكافح المن

بالرش كل ٧ – ١٠ أيام بالبريمور بتركيز ٠,٠٧٥٪ ، أو بالملاثيون بتركيز ٠,٢٥٪ ، أو الدايثويت بتركيز ٠,١٥٪ ، أو بالأكتيليك بتركيز ٠,٣٪ .

١٣ – الحفار والدودة القارضة : راجع الطماطم .

١٤ – العنكبوت الأحمر

يكافح العنكبوت الأحمر بالرش بالكالثين الميكرونى ١٨,٥٪ بتركيز ٠,٢٥٪ ، أو بالكالثين الزيتى بتركيز ٠,٢٥٪ ، أو بالتيديفول بتركيز ٠,٢٥٪ . (مديرية البحث والإرشاد الزراعى – وزارة الزراعة – المملكة الأردنية الهاشمية ١٩٨٣ ، Fletcher ١٩٨٤ ، عرفه وآخرون ١٩٨٦) .

٣ – ٥ : إنتاج الفلفل الحلو

٣ – ٥ – ١ : الأصناف الملائمة للزراعات المحمية

درجت العادة على زراعة الأصناف العادية المعروفة من الفلفل الحلو فى البيوت المحمية ، والتى من أمثلتها : كاليفورنيا وندر ٣٠٠ ، وبل بوى ، وليدى بل ، ويوليو ستار وغيرهم ، إلّا أنه تفضل زراعة الهجن المرباة خصيصًا للزراعات المحمية ، والتى منها : جدبون ، ولاموبو ، وبربو ، ولاتينو ، وكلوفس .

٣ – ٥ – ٢ : الاحتياجات البيئية ، ومواعيد الزراعة

يعتبر الفلفل من أكثر محاصيل الخضر حساسية لدرجة الحرارة ، فهى التى تحدد غالبًا مدى نجاح الزراعة وبدايتها بشكل سليم . وتنبت بذور الفلفل خلال ثمانية أيام فى درجة الحرارة المناسبة ، وهى ٢٥ – ٣٠° م ، بينما يستغرق الإنبات ٢٥ يومًا فى درجة حرارة ١٥°م ، ولا تنبت البذور عندما تكون درجة حرارة التربة ١٠°م أو أقل .

وأنسب مجال حرارى لنمو وإزهار وإثمار نبات الفلفل هو ١٧ – ١٨°م ليلًا ، و ٢٢ – ٢٤° نهارًا ، وبينما يتوقف النمو وعقد الثمار فى درجة حرارة ١٠°م ، فإن درجات الحرارة العالية تضر بالنبات والمحصول . فالثمار العاقدة فى درجة حرارة ٢٧ –٢٨°م تكون صغيرة الحجم ومشوهة الشكل ، بينما لا يحدث عقد فى درجة حرارة ٣٣ – ٣٥°م .

هذا .. ويشتل الفلفل فى مصر خلال الفترة من منتصف أغسطس حتى منتصف سبتمبر . أما زراعة البذور ، فتكون قبل ذلك بنحو ٢٠ – ٢٥ يومًا . وتؤدى الزراعة المبكرة إلى إنتاج نمو خضرى قوى قبل حلول فصل الشتاء ، وبذلك .. فإن محصولها يكون أكبر مما هو فى الزراعة المتأخرة . ويبدأ الحصاد فى الجو المناسب بعد حوالى ٧٠ – ٨٠ يومًا من الشتل ، ولكن النمو النباتى يستمر فى الصوبة لمدة ١١ شهرًا من الشتل ، ويتبقى بعد ذلك شهر كامل لحرث الأرض وتعقيمها وإعدادها للزراعة التالية .

٣ – ٥ – ٣ : الزراعة وعمليات الخدمة

الزراعـــة

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

وتفضل فى الأراضى الثقيلة إقامة مصاطب بعرض ١٥٠ سم (من قناة المصطبة إلى قناة المصطبة التالية) ، ثم يزرع بكل مصطبة خطان من الفلفل ، تفصل بينهما مسافة ٥٠ سم ، وتشتل النباتات على مسافة ٤٠ – ٥٠ سم من بعضها البعض فى الخط ، على أن تكون مواقع الجور متبادلة فى الخطين (على شكل رجل غراب) .

الـــرى

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

التســـميد

يسمد الفلفل فى الأراضى الرملية بالكميات التالية من الأسمدة لكل ١٠٠٠ متر مربع من الأرض :

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

٢ – لا يسمد الفلفل خلال الأسبوعين الأول والثانى بعد الشتل .

٣ – يسمد الفلفل فى الأسبوع الثالث وحتى الخامس بمحلول سمادى يحتوى على ٢ كجم نيتروجين ، و ٨ كجم فوسفور ، و ٣,٣ كجم بوتاس . وتكفى هذه الكميات لمدة أسبوع .

٤ – فى الأسبوع السادس وحتى نهاية عمر المحصول تسمد النباتات بمحلول سمادى يحتوى على ٣ كجم نيتروجين ، و ١,٦ كجم فوسفور ، و ٥ كجم بوتاس . وتكفى هذه الكميات لمدة أسبوع .

أما فى الأراضى الثقيلة ، فيوصى بإضافة الأسمدة التالية لكل ١٠٠٠ متر مربع من الأرض :

١ – قبل الزراعة : يضاف ٥ – ٦ أمتار مكعبة من السماد العضوى المتحلل ، و ١٢٠ – ١٨٠ كجم من السوبر فوسفات العادى ، أو ٢٠ – ٣٠ كجم من السوبر فوسفات الثلاثى .

٢ – يضاف عند الشتل ٦ كجم نيتروجين إلى جانب النباتات .

٣ – يضاف ٣ – ٤ كجم نيتروجين ، و ٢ – ٣ كجم بوتاس كل أسبوعين بعد ذلك إلى جانب النباتات قبل الرى السطحى .

التربيـــة

لا يفيد إجراء أى تقليم لنباتات الفلفل فى الزراعات المحمية ، لكى تدعم النباتات لحماية الأفرع من الميل لأسفل والانكسار بإحدى الطرق التالية :

١ – توجيه ٣ – ٤ أفرع رئيسية من كل نبات على خيوط رأسية ، دون إجراء أى تقليم لباقى الأفرع .

٢ – حصر النمو الساقى بين ثلاثة خيوط أفقية تمتد على جانبى النباتات بامتداد خط الزراعة ، ربط النباتات بها ، مع ربط الخيوط نفسها بدعامات تثبت فى الأرض كل أربعة أمتار .

٣ – حصر النمو الساقى بين خيوط طولية تربط فى دعائم كل مترين ، مع توجيه النباتات بين خطوط أخرى عرضية تشد كالزجزاج بين الدعائم (شكل ٣ – ١٩) .

شكل ٣ – ١٩ : توجيه نباتات الفلفل للنمو بين الخيوط الطولية والعرضية
(عن وزارة الزراعة والثروة السمكية – الإمارات العربية المتحدة ١٩٨٢) .

٣ – ٥ – ٤ : الآفات ومكافحتها

يصاب الفلفل بأمراض الذبول الطرى ، وعفن الرقبة ، وليمانودا تعقد الجذور ، وفيروس تبرقش الدخان ، وفيروس تبرقش الخيار ، وجميع الحشرات التى تصيب الطماطم . ولدراسة الأعراض وطرق المكافحة يراجع نفس الموضوع فى الطماطم (الجزء ٣ – ٣ – ٤) .

٣ - ٦ : إنتـــــاج الشمام

٣ - ٦ - ١ : الأصناف الملائمة للزراعات المحمية

لا تستخدم فى الزراعات المحمية عادة إلّا الأصناف الهجين ذات الإنتاجية العالية والمقاومة للعديد من الأمراض . ومن أهم هذه الأصناف بان أوجن ، وفارفو ، وبانشا ، وبوليدور ، وجاليا ، وإيرل دبو . كما تزرع أيضًا أصناف أخرى ، مثل : أناناس ، وأنجر تشويس .

٣ - ٦ - ٢ : الاحتياجات البيئية ومواعيد الزراعة

يناسب إنبات بذور الشمام درجة حرارة مرتفعة ، حيث تنبت البذور فى خلال ٣ - ٤ أيام فى درجة حرارة ٢٥ - ٣٠°م ، ولا تنبت البذور فى درجة حرارة ١٥°م ، أو أقل من ذلك . أما النمو الخضرى ، فتناسبه ١٨ - ٢٠°م ليلًا ، و ٢٣ - ٢٥°م نهارًا ويؤدى انخفاض درجة الحرارة إلى قصر الساق ، وصغر الأوراق ، والتبكير فى إنتاج الأزهار المؤنثة .

وفى مصر ينصح نصار (١٩٨٩) باتباع النظام التالى فى زراعة الشمام فى البيوت المحمية :

توزع المساحة المطلوب زراعتها على ثلاثة مواعيد للشتل هى : منتصف أغسطس ، وأول سبتمبر ، ومنتصف سبتمبر . وتكون زراعة البذور قبل ذلك بنحو ١٧ يومًا . ويجب الاقتصار فى هذه الزراعة الشتوية على الأصناف المبكرة جدًا ، مثل : بوليدور ، وإيرل دبو . وتفضل الأصناف المقاومة لمرضى البياض الزغبى والبياض الدقيقى .

تستكمل النباتات نموها الخضرى قبل حلول الجو البارد ، حيث يبدأ الحصاد فى خلال ٦٠ يومًا من الشتل ، ويستمر لمدة ٣ - ٤ أسابيع ، أى يتم الانتهاء من الحصاد وتقليع النباتات فى خلال ٩٠ يومًا من الشتل فى مثل هذه الأصناف المبكرة . ويعنى ذلك أن حصاد الشمام يستمر فى الزراعات الثلاث من منتصف أكتوبر إلى منتصف يناير . وينتج النبات الواحد فى الزراعة الشتوية هذه ٢ - ٣ ثمار فى المتوسط زنة كل منها من $\frac{3}{4}$ - ١ كيلو جرام .

تقلع النباتات بعد الحصاد، وتجهز الأرض وتعقم لزراعتها بالشمام مرة أخرى فى عروة صيفية ابتداءً من أول فبراير . تعطى هذه العروة محصولها فى ٧٠ يومًا فقط ، بدلًا من ٩٠ يومًا فى الزراعة الشتوية ، أى أنها تعطى محصولها خلال شهر أبريل قبل بداية موسم الحصاد فى الزراعات المكشوفة وفى زراعات الأنفاق البلاستيكية المنخفضة ، ويستمر الحصاد حتى شهر مايو . ينتج النبات الواحد فى الزراعة الصيفية ٤ - ٥ ثمار فى المتوسط زنة كل منها من ٢ - ٢,٥ كجم .

وفى العروتين تكون جميع الثمار التى ينتجها النبات على أفرع أولية تخرج من الساق الرئيسى للنبات على امتداد ١,٥ متر بعد المتر الأول الذى يقلم جيدًا . هذا .. ويسمح بعقد ٥ - ٦ ثمار ، ثم تخف وهى صغيرة على العدد المناسب (٣ فى العروة الشتوى و ٤ - ٥ فى العروة الصيفى) . وإلى جانب ذلك .. فإن نباتات العروة الصيفية تنتج أيضًا ١ - ٢ ثمرة أخرى بكل نبات على القمة النامية المتدلية بعد وصولها إلى السلك .

وبعد انتهاء الحصاد (الذى يستمر من أبريل إلى مايو) تبقى الصوبة خالية مدة ٢,٥ – ٣,٥ شهرًا حتى موعد الزراعة الأول فى ١٥ أغسطس ويمكن استغلال البيوت خلال هذه الفترة فى زراعة الكرنب الصيفى ومشاتل الكرنب والصليبيات المختلفة .

وتجدر الإشارة إلى أن الزراعة الشتوية الأولى التى تشتل فى منتصف أغسطس تنتهى فى منتصف نوفمبر ، وعليه .. فإنه يمكن تقليع المحصول وخدمة الأرض فى خلال ١٥ يومًا ، ثم تزرع ملوخية فى أول ديسمبر ، وتبقى الصوبة مغلقة معظم الوقت ، حيث تعطى محصولها خلال النصف الأخير من يناير بأسعار مرتفعة . ويمكن بعد ذلك تجهيز الأرض وتعقيمها لزراعة العروة الصيفية فى أول فبراير .

٣ – ٦ – ٣ : الزراعة وعمليات الخدمة

الزراعـــة

يلزم نحو ٧٠ – ٨٠ جم من بذور الشمام لإنتاج شتلات تكفى لزراعة مساحة ١٠٠٠ متر مربع من الأرض .

تشتل النباتات فى خطوط تبعد عن بعضها البعض بمسافة ٨٠ – ٩٠ سم ، على أن تكون المسافة بين النباتات فى الخط من ٤٠ – ٥٠ سم .

وتفضل فى الأراضى الثقيلة إقامة مصاطب بعرض ١٥٠ سم (من قناة المصطبة إلى قناة المصطبة التالية) ويزرع بكل مصطبة خطان تبعد فيهما الشتلات عن حافة المصطبة بنحو ٢٥ سم ، وتبعد النباتات عن بعضها البعض فى الخط بمسافة ٣٥ سم ، على أن تكون مواقع الجور متبادلة فى الخطين (على شكل رجل غراب) . هذا .. وتفضل تغطية المصاطب بالبلاستيك الأسود بعد وضع أنابيب الرى .

الـــرى

برغم أن توفر الرطوبة الأرضية يعد عاملًا هامًا للنمو النباتى الجيد ، إلّا أنه يتعين الحرص الشديد فى رى الشمام ، نظرًا لحساسيته المفرطة للماء . فمن الضرورى الامتناع عن الرى أو تقليله فى الأراضى الثقيلة خلال فترتين من حياة النبات هما :

١ – من بداية عقد الثمار حتى وصولها إلى قطر حوالى ٨ سم ، حيث تكون الثمار خلال هذه المرحلة حساسة وقابلة للتشقق عند زيادة الرطوبة الأرضية .

٢ – بمجرد وصول الثمار إلى حجمها الطبيعى .

التســميد

يتبع فى تسميد الشمام نفس النظام المتبع فى تسميد الخيار (الجزء ٣ – ٤ – ٣) ، لكن النباتات تحصل على كمية أقل من العناصر السمادية عما فى الخيار ، نظرًا لأنها لا تبقى فى الأرض لنفس المدة .

التربية والتقليم

ترى نباتات الشمام رأسيًا (شكل ٣ – ٢٠) كما ترى نباتات الخيار ، لكن تقليم الشمام يختلف عما فى الخيار ، فتزال الأفرع والأزهار حتى ارتفاع ٨٠ – ١٠٠ سم ، ثم يحافظ بعد ذلك على ٥ – ٦ أفرع جانبية بدون تقليم ، حيث تترك إلى أن تحمل جميعها ثمارًا ، ثم تقلم كلها فى وقت واحد بمجرد أن تصل الثمار إلى حجم البيضة . وفى حالة وفرة المجموع الخضرى تقلم الأفرع التالية حتى الورقة الثانية أو الثالثة .

شكل ٣ – ٢٠ : التربية الرأسية للقاوون .

تحسين عقد الثمار

يعد النحل ضروريًا لإجراء عملية التلقيح فى البيوت المحمية ، لذلك يلزم توفير خلايا النحل على مقربة من الصوبات أو بداخلها . وحتى إذا أتلفت المبيدات جانبًا من خلايا النحل ، فإن الفرق فى المحصول يكون كبيرًا ، ويغطى كل التكاليف . وفيما عدا ذلك .. فإنه لا توجد مشاكل فى عقد الثمار فى الجو المعتدل الرطب . أما فى الجو الحار الجاف ، فإن حبوب اللقاح تجف ولا تعلق بجسم النحلة ، ولذلك يلزم فى هذه الظروف تشغيل جهاز الرى بالضباب لمدة عشر دقائق ثلاث مرات يوميًا فى الصباح ، ووقت الظهيرة ، وفى المساء خلال فترة عقد الثمار . ويساعد ذلك على تلطيف الجو ، ورفع درجة الرطوبة ، وتحسين العقد بصورة جوهرية .

أما محاولة تلقيح الأزهار يدويًا ، فإنها لا تجدى ، لأن النباتات المتكونة بهذه الطريقة تكون عادة مشوهة وغير منتظمة الشكل .

٣ - ٦ - ٤ : الآفات ومكافحتها

يصاب الشمام بنفس الآفات التي تصيب الخيار (الجزء ٣ - ٤ - ٤) ، وتكافح بنفس الطرق .

٣ - ٧ : إنتاج الخضر الأخرى

٣ - 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 المتسلقة لتحقيق أكبر استفادة ممكنة من المساحة الممكن زراعتها في الصوبة .

تزرع البذور في الأرض مباشرة في خطوط مزدوجة ، بحيث يكون خطًا كل زوج على مسافة ٥٠ سم من بعضها البعض ، ويترك بين كل زوجين ممر بعرض ١٠٠ سم . تزرع بكل جورة بذرتان ، على أن تكون الجور على مسافة ١٥ سم من بعضها البعض . ومن المفضل أن تجرى 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 . توالى النباتات بالري المنتظم والتسميد .

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

٣ - ٧ - ٢ : الخس

يعتبر الخس من محاصيل السلطة المرغوبة التي يفضلها المستهلك دائمًا في حالة طازجة ، حين تصعب المحافظة عليه بحالة جيدة لمدة طويلة ، ولذلك يستعان بالزراعات المحمية في إنتاج الخس في الأوقات التي يستحيل فيها إنتاجه في الحقول المكشوفة (شكل ٣ - ١) . وهذه الأوقات هي :

١ - خلال فصل الشتاء في البيوت المدفأة في المناطق الشمالية شتاءً .

٢ - خلال فصل الصيف في البيوت المبردة في المناطق حارًا صيفًا .

أما في المناطق المعتدلة كمصر ، فلا يعد إنتاج الخس اقتصاديًا في البيوت المحمية ، لأن إنتاجه يكون وفيرًا في الزراعات المكشوفة شتاءً ، كما لا تكون البيوت المحمية مبردة يمكن إنتاجه بها صيفًا .

ونظرًا 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 مكلفًا للغاية ، ولا بد أن تكون الأسعار مرتفعة حتى تغطى تكاليف الإنتاج .

وللتفاصيل الخاصة بإنتاج الخس فى الزراعات المحمية يمكن مراجعة Wittwer & Honma (١٩٧٩) و Fletcher (١٩٨٤) بالنسبة للأمراض

شكل ٣ - ٢١ : إنتاج الخس فى البيوت المحمية .

٣ - ٨ : عيش الغراب

يعرف فطر عيش الغراب (أو المشروم) فى الإنجليزية باسم Mushroom ، ويسمى علميًا Agaricus bisporus . وتزرع المشروم لأجل ثماره الحاملة للجراثيم ، وهى التى تؤكل كخضر ، وتستعمل فى عمل المقبلات والشوربات ، والمأكولات الأخرى . وقد أدخلت زراعته على نطاق تجارى فى مصر حديثاً . وتقدر احتياجات العالم العربى الحالية من عيش الغراب بنحو ٢٠ طنًا أسبوعيًا ، وهى فى زيادة مضطردة (حسن ١٩٨٩) .

٣ - ٨ - ١ : الوصف النباتى ودورة حياة الفطر

يأخذ نبات عيش الغراب الكامل الشكل المظلة ، ويتكون من : الهيفات (الميسيليوم) ، والساق ، والقلنسوة ، تبدأ دورة حياة الفطر بإنبات الجراثيم معطية الهيفات ، وهى الخيوط الدقيقة التى يتكون منها جسم الفطر . تمتد الهيفات تحت سطح التربة ، وتكون طبقة رقيقة صلبة نوعاً ما ، أو كتلة سميكة . تنمو ساق الفطر من الهيفات ، وتمتد فوق سطح التربة ، وهى أسطوانية الشكل منتفخة ، يبلغ قطرها ٢,٥ سم ، ويتراوح طولها من ٥ - ١٣ سم ، وتتميز بوجود طوق يحيط بها فى نصفها العلوى ، وتتكون القلنسوة فى قمة الساق . وتشكل الساق والقلنسوة معاً ما يعرف بالجسم الثمرى .

يبدأ الجسم الثمرى (أو الحامل الجرثومى) فى التكوين من هيفات الفطر تحت سطح التربة ، ويكون فى البداية كروى الشكل ، وصغير الحجم ، ومتجانس التركيب . وتبدأ أنسجة الجسم الثمرى فى التميز عندما يصبح فى حجم حبة الحمص ، فتتكون ساق قصيرة (العنق) ، تبرز فوق سطح التربة وتستطيل تدريجيا ، وتحمل الساق فى قمتها جسماً نصف كروى ، يكون فى البداية مماثلاً للساق فى القطر ، ومحاطاً بنسيج رقيق ، ثم يزداد قطره تدريجيًا ليكون القلنسوة ، ويتمزق النسيج الرقيق المحيط بها عن الساق تاركا وراءه طوقًا ، يبقى متصلا بالساق فى نصفه العلوى .

يختلف قطر المظلة باختلاف الأصناف والظروف البيئية السائدة ، ويختلف لونها ما بين الأبيض الناصع كما فى الصنف ألاسكا Alaska ، والسمنى كما فى كولومبيا columbia ، والبنى كما فى بوهيميا Bohemia . وتحمل المظلة فى سطحها السفلى صفائح رقيقة تمتد من الساق إلى حافة المظلة . يكون لون الصفائح قرنفليا فى البداية ، ثم يدكن اللون - تدريجيًا - بتقدم عمر الفطر حتى يصبح أسود فى النهاية ، ويرجع لونها إلى لون جراثيم الفطر البازيدية التى تحمل على حوامل بازيدية توجد فى هذه الصفائح .

٣ - ٨ - ٢ : الاحتياجات البيئية وأماكن الإنتاج

يحتاج إنتاج عيش الغراب إلى مكان مظلم ، تتراوح حرارته من ١٥ - ١٧° م ، وذلك على ألا تقل عن ١٠° م ، وألا تزيد عن ٢٥° م ، وأن تكون رطوبته النسبية عالية ، وتتراوح من ٨٥ - ٩٥٪ أثناء نمو الميسليوم ، ومن ٧٥ - ٨٥٪ عند بداية تكوين الجسم الثمرى ، وينتج الفطر فى الأقبية ، والمغارات ، والبيوت أو الحجرات التى تسمح بتنظيم الحرارة ، والرطوبة ، والتهوية . وقد أمكن إنتاج عيش الغراب بشكل اقتصادى فى بيوت (أقبية) بلاستيكية ، مغطاة بأغشية البولييثلين

الأسود ، ومزودة بوسائل التبريد ، والتدفئة ، والتهوية ، وبالمراقد المناسبة لزراعة الفطر وإنتاجه . لذا .. فإن عيش الغراب يعد من محاصيل الزراعات المحمية .

٣ - ٨ - ٣ : إنتاج عيش الغراب

مجمل العملية الإنتاجية

يمكن أجمال العملية الإنتاجية لعيش الغراب كما يلى ، علماً بأن الأرقام المبينة - لمدة كل مرحلة - تقريبية ، وتتوقف على الظروف البيئية السائدة إلى حد كبير :

١ - خلط المواد الأولية اللازمة لعمل المكمورة compost ، وكمرها ، وبسترتها ، ويستغرق ذلك عادة نحو ١٤ يوماً ، ويلى ذلك ملء المراقد بالمكمورة .

٢ - يُحصل على ميسيليوم الفطر (السباون) Spawon ، وهو نام على بيئة من الحبوب من المصادر التجارية المتخصصة .

٣ - تلقح المكمورة بالسباون ، وهو ما يعرف باسم Spawning .

٤ - ينمو الميسيليوم فى المكمورة من اليوم الرابع عشر إلى اليوم الثامن والعشرين ، ويتخلل جميع أجزائها ، وتعرف هذه المرحلة باسم Spawn run .

٥ - تضاف طبقة من التربة أو البيتموس - بسمك ٣ سم - على سطح المراقد فى اليوم الثامن والعشرين ، وهى العملية التى تعرف باسم casing .

٦ - ينمو الميسيليوم فى طبقة التربة أو البيتموس المضافة من اليوم الثامن والعشرين إلى اليوم الثامن والثلاثين .

٧ - تظهر مبادىء ثمار عيش الغراب fruit initials (أو pins) خلال الفترة من اليوم الثامن والثلاثين إلى اليوم السادس والأربعين ، وتكون على شكل جسيمات صغيرة كروية الشكل ، تظهر على سطح التربة أو البيتموس ، وتعرف هذه المرحلة باسم pinning .

٨ - تنمو الأجسام الثمرية معطية أول دفعة (flush) من الفصول خلال الفترة من اليوم السادس والأربعين إلى اليوم الثانى والخمسين ، ويكتمل نمو هذه الثمار خلال الفترة من اليوم الثانى والخمسين إلى اليوم السادس والخمسين .

٩ - يبدأ حصاد عيش الغراب ابتداءً من اليوم السادس والخمسين ، ويستمر الحصاد كل عشرة أيام حتى اليوم الثانى عشر بعد المئة .

تحضير بيئة الزراعة (المكمورة أو الكومبوست) وبسترتها

يعتبر تحضير بيئة زراعة ونمو الفطر أولى الخطوات الضرورية فى العملية الإنتاجية . لأن الفطر غير ذاتى التغذية Heterotrophic ، ولايمكنه تجهيز حاجته من المواد العضوية من مصادر غير عضوية ، بل لابد له من أن يحصل عليها جاهزة من بيئة النمو . وأكثر بيئات النمو - شيوعاً - فى زراعة المشروم ، هى : المكمورة ، أو الكومبوست ، ويحصل عليها من المخلفات العضوية بعد أن تتخمر فيما يعرف بعملية الكمر Composting . وقد تعوّد منتجو عيش الغراب استعمال سبلة الخيل - خاصة فرشة القش مع الروث والبول - فى تحضير المكمورة ، إلّا أن نمو عيش الغراب لايتطلب بالضرورة وجود

أى سماد حيوانى فى المكمورة ، حيث يوجد عديد من المكامير التى تحضر بخلط نسب معينة من مواد عضوية مختلفة ، مثل القش ، وقوالح الذرة ، وقد تزود بالفيروميكوليت ، وبالعناصر الأولية الضرورية ، وهى : الآزوت ، والفوسفور ، والبوتاسيوم .

تتحلل المادة العضوية أثناء عملية الكمر - بواسطة الكائنات الدقيقة التى تتكاثر عليها ، وتصبح بعدها بيئة صالحة نمو غزل الفراب . وتستغرق عملية الكمر مدة تتراوح من أسبوعين إلى سبعة أسابيع حسب مكونات المكمورة ، وتتطلب معاملات خاصة ، لكى تتم عملية التخمر على أكمل وجه ؛ حتى تكون نواتج التحلل مناسبة نمو الفطر .

ونذكر فيما يلى الطريقة المتبعة فى إنتاج الكومبوست باستعمال الإمكانات المتوفرة ، محليًا (عن نصار ١٩٨٩) .

١ - تتكون خلطة الكومبوست من القش وزرق الدواجن والجبس والماء ، بمعدل ٨٠٠ كجم زرق دواجن ، و٦٥ كجم جبساً ، و ٤,٥م٣ لكل طن من القش .

٢ - يخلط زرق الدواجن مع القش والجبس بشكل جيد ، مع الرش بالماء ، ثم تترك الخلطة فى كومة ، يتراوح عرضها وارتفاعها من ١,٥ - ١,٨ م ، وبأى طول حسب الكمية المستعملة .

٣ - تقلب الكومة كل أربعة أيام ، مع الرش بالماء ، بحيث يُحافظ على الرطوبة فى حدود ٧٥٪ ، وترش بأحد المبيدات الحشرية بعد الانتهاء من التقليب فى كل مرة .

تفقد الخلطة أثناء عملية الكمر نحو ٣٦,٥٪ من وزنها ، وتتراوح حرارتها من ٧٠ - ٧٥° م (يحافظ على درجة الحرارة فى المجال المناسب بالتقليب والتهوية) ، ويتراوح رقمها الأيدروجينى (pH) من ٨,١ - ٨,٧ .

٤ - تبستر الخلطة إما بالسماح بأن ترتفع درجة حرارتها إلى ٥٨ - ٦٥٠° م (لمدة ٦ - ٨ ساعات) ، مع المحافظة على رطوبتها فى حدود ٧٥٪ ، أو بالسماح بأن ترتفع درجة حرارتها إلى ٦٥° م لمدة ساعتين ، ثم إلى ٥٧ م لمدة ٦ ساعات ، ثم إلى ٥٥° م لمدة ١٠ ساعات ، مع المحافظة على الرطوبة خلال كل مراحل التعقيم فى حدود ٧٥٪ .

٥ - تخفض حرارة الخلطة - تدريجيًا - إلى ٢٤° م ، ويتم ذلك على مدى ٥ - ٦ أيام بالتحكم فى درجة حرارة الغرفة (التى يجب أن تكون فى حدود ٢٠ - ٢٢° م) ، و التهوية ، والرطوبة النسبية فى جو الغرفة (والتى يجب أن تكون فى حدود ٧٥ - ٨٠٪) . ويجب أن تختفى رائحة الأمونيا تماماً مع نهاية عملية التبريد هذه ، وهى التى تعرف باسم التهيئة conditiong .

تجهيز التموات الخضرية للفطر (الساون) spawn

يحصل مزارعو عيش الغراب على الساون من مصادرة تجارية متخصصة فى إنتاجه ، وهو يحضر - تجاريًا - على بيئة من الحبوب مثل : الشعير ، أو الذرة الرفيعة ، أو الدُّخن . وتوجد عدة سلالات تجارية . من الفطر تختلف فى لون الأجسام الثمرية التى تنتجها . ويمكن تحضير التموات الخضرية للفطر محليًا بزراعته فى بيئة معقمة ، تتكون إما من حبوب القمح أو الشعير ، أو السبلة المكمورة وتستعمل مزرعة الفطر بعد أن ينمو جيدا فى البيئة ، ويتخلل جميع أجزائها .

تحضر بيئة الحبوب بنقع الحبوب فى الماء حتى يكتمل تشربها به ، ثم تعقم فى الأوتوكليف (جهاز تعقيم بالبخار تحت ضغط) ، ويمكن تعقيم الكميات الصغيرة فى قدور الطهو بالبخار تحت ضغط . أما بيئة السبلة المكمورة .. فإنها تعبأ بعد تحللها بدرجة مناسبة فى زجاجات ، ذوات فوهة واسعة مثل زجاجات الحليب . ويشترط أن يكون الرقم الأيدروجينى (pH) للسبلة عند التعبئة ٦,٧ ، وأن تبلغ رطوبتها ١٦٠٪ . يلى ذلك تعقيم السبلة بوضع الزجاجات فى الماء على درجة ١٠٠° م لمدة ساعة فى يومين متتاليين . تلقح (تحقن) البيئة بعد ذلك بجراثيم غير ملوثة ، يحصل عليها من نبات مشروم غير متفتح بإبرة معقمة ، ثم تغلق زجاجات المزارع بسدادة من القطن المعقم ، وتترك لمدة ٣ – ٤ أسابيع على درجة حرارة ١٣° م حتى ينتشر النمو الفطرى فى كل أجزاء البيئة . ويمكن تخزين مزرعة السباون هذه لمدة ستة أشهر فى حرارة ٢° م ، إلّا أنه يجب استعمالها فى غضون أسبوع واحد من تحضيرها إذا تركت فى درجة حرارة الغرفة (استينو وآخرون ١٩٦٣) .

تعبئة المراقد والزراعة spawning والتغطية Casing

تعبأ المكمورة فى مراقد بارتفاع مناسب ، بحيث لايقل سمك الخلطة فيها عن ٢٥ – ٣٠ سم ، ويكفى عادة من ١٢٠ – ١٤٠ كجم من الخلطة ، والتى تبلغ رطوبتها ٦٥ – ٦٧٪ لكل متر مربع من المراقد . تحقن (تلقح ، أو تعدى) الخلطة بعد ذلك بالسباون ، وهى العملية التى تعرف باسم spawning . يلزم عادة نحو ٠,٥ – ١,٠ كجم من مزارع الحبوب لكل ١٠٠ كجم من الكومبوست على أساس الوزن الطازج ، أو نحو لتر من السباون لكل ١,٥م٢ من سطح المراقد . يخلط السباون بالكومبوست ، مع الاحتفاظ بنحو ١٠٪ منها ؛ لنثرها على سطح المراقد ؛ وقد تنثر مزرعة الحبوب كلها على سطح المراقد . أما مزارع السبلة .. فإنها تضاف إلى الكومبوست بكميات تماثل حجم البيضة ، فى مواقع تبعد عن بعضها البعض بمسافة ٢٠ – ٣٠ سم ، وعن حواف المرقد بمسافة ١٠ – ١٥ سم ، وعلى عمق ٢,٥ – ٥ سم . تضغط المراقد جيدًا بعد العدوى ، ثم تغطى بورق الصحف ، بحيث يتدلى من جانب الحوض ، وترش بالفورمالين ٢٪ أسبوعيًا ، ويرش حولها بالملاتيون .

يلزم نمو الميسيليوم – فى كل أجزاء المراقد – نحو ١٠ – ١٤ يومًا فى حالة التلقيح بمزارع الحبوب ، ونحو ٣ – ٤ أسابيع فى حالة التلقيح بمزارع السبلة ، تراعى خلال تلك الفترة المحافظة على درجة حرارة المزرعة فى حدود ٢٢ – ٢٤° م بالتهوية الجيدة ، علمًا بأن درجة الحرارة قد ترتفع فى اليوم التاسع أو العاشر إلى ٣٢° م ، إن لم تجر التهوية بكفاءة عالية . كما يجب ألا يسمح بجفاف سطح المراقد ، ويستعان على تحقيق ذلك برشها يوميًا بالماء ، وأن تتراوح الرطوبة النسبية فى الهواء من ٩٠ – ٩٥٪ .

يلى اكتمال نمو الميسيليوم فى المزرعة تغطية المراقد بالتربة ، أو بالبيتموس ، وهى العملية التى تعرف باسم casing ، وتجرى بغرض تشجيع النمو الثمرى للفطر . يراعى أن يكون الغطاء بسمك ٣ سم ، وأن تستعمل تربة خالية من الأملاح ، والحصى ، والحجارة ، وبذور الحشائش ، مع تعقيم التربة ، أو البيتموس بالحرارة بشكل جيد ، كما يضاف إليهما الحجر الجيرى والمبيد الفطرى بنيوميل benomyl (San Antonio ١٩٧٥) . وتستعمل فى تغطية مزارع عيش الغراب – فى مصر – خلطة تتكون من ١٠٠ كجم من الطمى الناعم ، و ١٦٠ كجم من الحجر الجيرى الناعم لكل متر مكعب من

البيتموس الناعم . يتراوح pH هذه الخلطة من ٧ – ٧,٥ ، ويراعى أن تكون رطوبتها فى حدود ٧٥٪ . ويعقم الغطاء بعد إضافته مباشرة بالرش بالفورمالين (نصار ١٩٨٩) .

عمليات الخدمة

تجرى عمليات الخدمة التالية ، ابتداءً من التغطية إلى حين الانتهاء من حصاد المحصول :

١ – تجرى عملية خربشة Ruffling لسطح المراقد بعد أن يتخلل النمو الفطرى نحو ثلاثة أرباع الغطاء ، ويكون ذلك بعد نحو ١٠ أيام من إضافة الغطاء ؛ وذلك بغرض تنشيط النمو الفطرى ، والعمل على تجانس نموه فى المراقد .

٢ – يحافظ على سطح المراقد رطبًا – بصورة دائمة – بالرش الخفيف بالماء يوميًا تقريبًا . ويستعمل عادة نحو ٦ – ٧ لترات من الماء لكل متر مربع قبل الخربشة ، وتتوقف إضافة الماء حين ظهور الفطر ، ثم تستمر إضافته بعد ذلك كلما ظهرت نموات جديدة بعد الحصاد . ويجب أن تكون رطوبة البيئة فى حدود ٦٥٪ بصفة دائمة . ومن أهم علامات نقص الرطوبة فى المراقد أن يصبح الكومبوست أحمر اللون ، أو تكون سيقان الأجسام الثمرية للفطر رفيعة جدًا . ومن أهم علامات زيادة الرطوبة أن يكون الميسيليوم أبيض اللون ، أما عندما تكون الرطوبة مناسبة .. فإن الميسيليوم يكون ذا لون رمادى مائل إلى الأزرق .

٣ – يحافظ على درجة حرارة المزرعة عند ٢١° م ، بينما يحافظ على درجة حرارة الهواء عند ١٩° ، ويفضل خفض درجة الحرارة إلى ١٥° م عند بداية ظهور الأجسام الثمرية ؛ لأن ذلك يؤدى إلى زيادة النمو الفطرى ، وتقليل الإصابة بالأمراض والحشرات ، ويتم ذلك بالتهوية الجيدة ، والتبريد إذا لزم الأمر .

٤ – يراعى ألا يزيد تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون عن ٠,٠٨ – ٠,١٢٪ كحد أقصى ، ويفضل ألا يزيد عن ٠,٠٥٪ .

٥ – يراعى أيضاً أن تتراوح الرطوبة النسبية من ٨٠ – ٨٥٪ .

٣ – ٨ – ٤ : الحصاد ، والتخزين

النضج ، والحصاد

يبدأ ظهور نباتات عيش الغراب – عادة – بعد نحو سبعة أسابيع من عدوى المراقد بالفطر (أو بعد نحو ٢ – ٣ أسابيع من التغطية بالتربة) ، وتصبح جاهزة للحصاد بعد أربعة أيام أخرى ، ويستمر الحصاد بعد ذلك – أسبوعيًا – لمدة ٢ – ٣ أشهر .

تجرى عملية الحصاد قبل تمزق النقاب فى المظلة بنحو ١٢ ساعة ، ويتراوح قطر المظلة – حينئذ – من ٢,٥ – ٧,٥ سم ، بينما يتراوح قطر الساق من ١ – ٢,٥ سم . ويكون الحصاد بالتقليع واللف معاً ، وليس بالنزع . ويراعى دائماً تقليع البقايا اللحمية التى تبقى بعد الحصاد حتى لا تتعفن ، كما يجب ملء الفراغات التى تظهر بعد عملية الحصاد إما بإضافة كمية جديدة من نفس الغطاء الذى سبق استعماله ، أو من نفس المراقد ، ويساعد ذلك على توزيع ماء الرى بالتساوى .

التخزين

يتعرض عيش الغراب للتدهور السريع بعد الحصاد ؛ حيث تلأبل الأجسام الثمرية ، ويزداد طول سيقانها ، وتتفتح النقاب veil ، وتكتسب لوناً بنيًّا . ويمكن حفظ المشروم بحالة جيدة – لمدة خمسة أيام – على حرارة الصفر المئوى مع رطوبة نسبية ٩٠٪ ، وتنخفض هذه الفترة إلى يومين فى حرارة ٤° م ، وإلى يوم واحد فى حرارة ١٠° م . يجب اعتبار أن فترة التسويق تحتسب من فترة التخزين ، وأن يبقى المحصول خلالها فى نفس درجة الحرارة .

٣ – ٨ – ٥ : الآفات ومكافحتها

يصاب عيش الغراب بعديد من الآفات الفطرية ، والبكتيرية ، والفيروسية ، والنيماتودية ، والحشرية ، والأكاروسية . وللتقليل من حدة هذه الآفات تلزم مراعاة ما يلى :

١ – بسترة الكومبوست بصورة جيدة .

٢ – تعقيم التربة ، والبيتموس المستخدمين فى التغطية ، وتعقيم الصوانى وجميع الأدوات المستعملة بالفورمالين ٢٪ .

٣ – تركيب مرشحات مانعة لدخول الأتربة ، وجراثيم الفطريات على منافذ التهوية .

٤ – إغلاق الأبواب بإحكام ، وتجنب كثرة الانتقال من حجرات الإنتاج وإليها .

٥ – تنظيف مداخل وممرات حجرة الإنتاج يوميًّا بمحلول فورمالين ٤٦ بتركيز ٢٪ ، أو محلول فورمالين ٨٤ بتركيز ١٪ .

٦ – رش المنطقة المحيطة بغرفة الإنتاج ضد الحشرات والفئران ، ورش الممرات والمنطقة المحيطة بالمراقد بالملاثيون ، وذلك كلما ظهر أى نشاط حشرى .

٧ – يراعى نظافة الأيدى والملابس عند إجراء كافة العمليات الزراعية .

٨ – يفضل استعمال الأصناف المقاومة للأمراض الفيروسية ، مثل صنف بايتوركس Bitorquis (نصار ١٩٨٩) .

ومن الآفات الخطيرة التى تصيب مزارع عيش الغراب .. العفن الأبيض الذى يسببه الفطر Mycogone perniciosa – والذى يسمى بالفقاعات bubbles – وفطر Dactylium dendroides وفطر Verticillium ، والتبقع البكتيرى (Sims & Howard ١٩٧٩) ، وذبابة المشروم (وهى تكافح بالرش الملاثيون) ، وذبابة السماد ، وعناكب المشروم .

ويعتبر المرض البكتيرى المومياء mumy disease من أخطر الأمراض التى تصيب عيش الغراب . تنتقل البكتيريا المسببة للمرض عن طريق التربة المستعملة فى التغطية ؛ لذا .. يجب تعقيمها جيدًا . تروى المراقد فى حالة ظهور الإصابة بمحلول أجرومايسين ، بتركيز ٠,٧٥٪ (بدلاً من الماء) لمدة ثلاثة أيام متتالية . ومن أهم أعراض الإصابة بهذا المرض .. سهولة انفصال الساق عن المظلة ، وظهور لون كريمى على الجسم الثمرى الذى يصبح أقل طلابة

٣ – ٩ : إنتاج الشتلات فى المراقد المدفأة والمراقد الباردة لحمايتها من الصقيع

المراقد المدفأة Hotbeds عبارة عن منشآت خاصة تزود بوسائل التدفئة ، وتستخدم فى إنتاج الشتلات المبكرة فى الجو الشديد الذى قد تنخفض فيه درجة الحرارة إلى أقل من درجة التجمد . وعندما لا تكون هذه المراقد مزودة بوسائل التدفئة ، فإنها تسمى باسم المراقد الباردة Cold frames .

تجب مراعاة الجوانب التالية عند اختيار موقع المراقد :

١ – أن تكون قريبة من مبانى المزرعة ، حتى تسهل العناية بها .

٢ – أن تكون قريبة من مصدر مياه الرى .

٣ – أن تقام بجوار مبنى ، أو خلف أحد خطوط مصدات الرياح ، حتى لا تتعرض للتيارات الباردة ، على أن تكون معرضة للشمس أغلب الوقت .

٤ – أن تقام فى أرض جيدة الصرف ، حتى تسهل تدفئتها .

طريقة إنشاء المراقد

يصنع هيكل المراقد من الخشب أو الخرسانة أو الطوب ، ويقام بارتفاع ٤٥ – ٦٠ سم فى الجانب الشمالى ، وبارتفاع ٢٢,٥ – ٤٥ سم فى الجانب الجنوبى ، ويثبت ساند خشبى بعرض المرقد كل ٩٠ سم ليوضع عليه الغطاء . يركب غطاء زجاجى أو بلاستيكى فى إطارات خشبية عادة بعرض ٩٠ سم (وهو عرض المرقد) وبطول ١٨٠ سم . وقد يستعمل غطاء من القماش بدون إطارات ، وهو عادة من الموسلين أو قماش قلاع المراكب أو الخيش (شكل ٣ – ٢٢) .

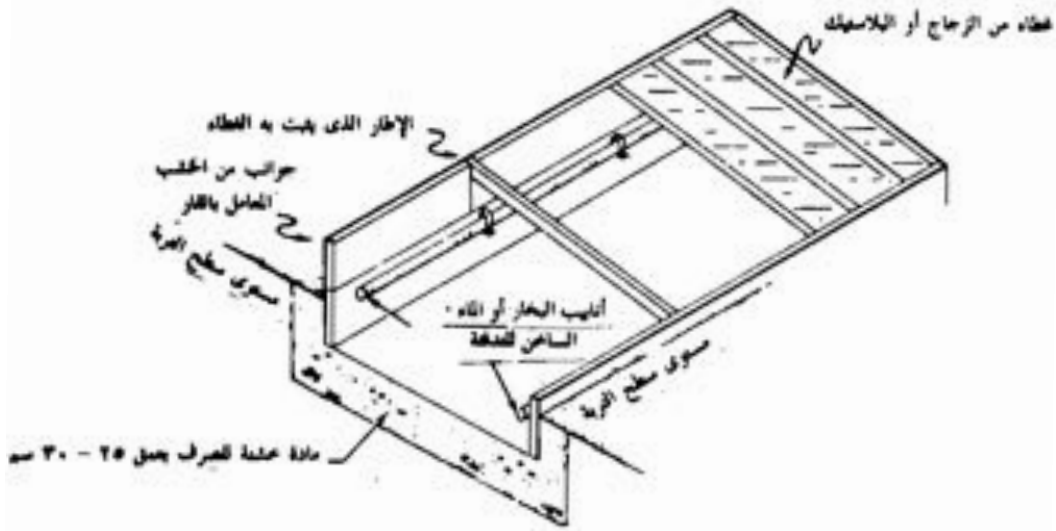
تدفئة المراقـــد

تدفأ المراقد بعدد من الطرق هى كما يلى :

١ – التدفئة بالأسمدة الحيوانية الطازجة :

يجب أن تكون الأسمدة المستعملة طازجة تمامًا ، حيث تخلط بالقش بنسبة ٢ : ١ . يجهز مخلوط السماد والقش قبل الحاجة إليه فى المراقد بمدة ١٠ – ١٤ يومًا ، حيث يوضع فى كومة بارتفاع ١٢٠ سم ، وبعرض ١٢٠ – ١٥٠ سم ، وبأى طول ، مع رشه بقليل من الماء إذا كان جافًا وقت تكويمه . وبعد ٢ – ٣ أيام تقلب الكومة جيدًا لضمان تجانس التخمر والتوزيع الحرارى فى الكومة . وعند التقليب يراعى أن يصبح مركز الكومة قبل التقليب فى قمة وجوانب الكومة الجديدة بعد التقليب . ينقل السماد بعد ٢ – ٣ أيام أخرى إلى المراقد .

يوضع السماد أسفل مستوى المرقد فى حفرة يختلف عمقها حسب المدة اللازمة لاستمرار التدفئة ، فهى تصل لعمق ٦٠ – ٩٠ سم عند الحاجة لاستمرار التدفئة مدة ٣ أشهر ، بينما يكفى ٣٠ – ٤٥ سم عند الرغبة فى التدفئة لمدة ٣ – ٤ أسابيع فقط . ويجب أن تكون الحفرة المستعملة جيدة الصرف ، لأن تراكم الرطوبة بها يوقف التخمر ، ومن ثم تنطلق الحرارة من السماد . وعند



شكل ٣ - ٢٢ : المراقد المدفأة Hotbeds (عن Boodley ١٩٨١) .

ملء الحفرة بالسماد ، فإنه يوضع فى طبقات بسمك ١٢,٥ - ١٥ سم ، ويضغط على كل طبقة جيدًا ، خاصة عند الحواف . توضع أحيانًا طبقة من التربة بسمك ١٠ - ١٥ سم على السماد العضوى لضمان حسن توزيع الحرارة على كل المرقد ، ولتجنب ظهور بقع ساخنة hot spots . ويقل سمك طبقة التراب إلى ٥ سم فى حالة الزراعة فى صناديق خشبية . هذا .. ومن الجدير بالذكر أن سرعة التحلل تكون أعلى فى السماد العضوى الدافىء الرطب ، عما هى فى السماد البارد الرطب أو الدافىء الجاف .

٢ - التدفئة بالهواء الساخن :

تحمل الحرارة الناتجة من احتراق الخشب أو الفحم أو الغاز أو المازوت من موقد فى أحد طرق المرقد إلى المدخنة فى الطرف الآخر فى أنابيب . ولطول الأنابيب وحجمها أهمية كبيرة .

٣ - التدفئة بالماء الساخن :

توضع أنابيب لحمل الماء أسفل المرقد وعلى جوانبه . ولحجم الأنابيب ومكان الغلاية وانحدار الأرض أهمية خاصة فى هذا النوع من المراقد ، وتنظم درجة الحرارة بالمنظم .

٤ - التدفئة بالكهرباء :

يوضع ملف مقاومة يغطى بالرصاص على سطح التربة ، وأسفلها ، أو على طول الحدر الداخلية للهيكل .

المراقد الباردة واستعمالها

المراقد الباردة هي عبارة عن مراقد عادية ، ولكنها لا تجهز بوسائل التدفئة . وتتم فيها حماية النباتات من الحرارة المنخفضة بتغطيتها بالغطاء المناسب والحرارة التي تصلها تستمد أساسًا من الإشعاع الشمسي ، لذلك يجب رفع الغطاء عند دفء الجو في الصباح حتى حوالي الساعة الثالثة بعد الظهر ، حيث يعاد الغطاء قبل برودة الجو لحفظ حرارة الأحواض لأطول فترة ممكنة .

تستعمل المراقد الباردة في الأغراض التالية :

١ – إنتاج الشتلات المبكرة في الربيع ، خاصة في المناطق التي لا يكون شتاؤها قارس البرودة .

٢ – أقلمة الشتلات التي تكون قد أنتجت في الصوبات ، أو في المراقد المدفأة .

خدمة المراقد المدفأة والباردة

من أهم عمليات الخدمة في المراقد ما يلي :

١ – الـــري : يكون الري في الصباح حتى يمكن أن يجف الرذاذ قبل المساء ، ويفضل الري برشاشة تركب في نهاية خرطوم . وتجب زيادة معدلات الري في الجانب المرتفع للمرقد ، والذي يكون عادة أدفأ من الجانب المنخفض .

٢ – التهـوية : وهي عملية ضرورية ، خاصة بعد الري وأثناء الجو البارد لمنع تراكم الرطوبة تحت الغطاء ، كما أنها ضرورية أيضًا عند ارتفاع درجة الحرارة داخل المرقد .

هذا .. وتجهز المراقد المدفأة والباردة الحديثة بوسائل أوتوماتيكية للتهوية تُدار كهربائيًا ، وبأنبوب للري يدور ببطء عند تشغيله لتوزيع ماء الري في صورة ضباب mist بكميات متجانسة في أنحاء المرقد (Banadyga & Wells ، ١٩٦٢ Edmond وآخرون ١٩٧٥) .

٣ – ١٠ : إنتاج الشتلات تحت الأنفاق البلاستيكية المنخفضة لحمايتها من البرودة

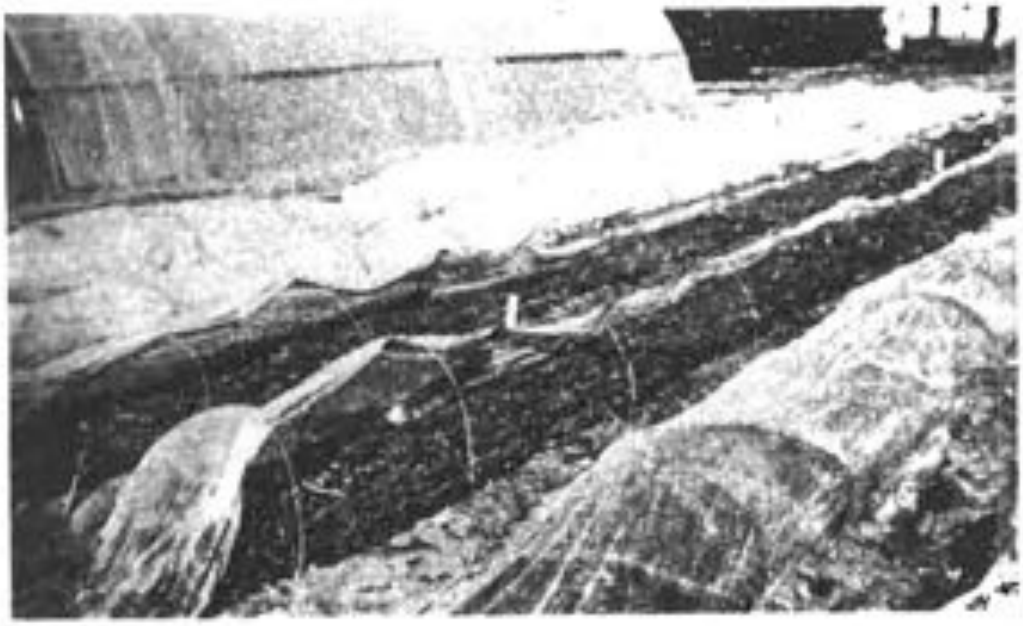
يمكن استخدام الأنفاق البلاستيكية المنخفضة low plastic tunnels في إنتاج شتلات العروة الصيفية المبكرة أثناء الجو البارد خلال شهري ديسمبر ويناير .

تقام أحواض الشتلة بعرض ٩٠ سم ، وطول ٣ – ٤ م ، بحيث يكون الطول مع اتجاه الرياح . تزرع الأحواض بالطريقة العادية ، وتروى ريًا غزيرًا ، ثم تقام الأنفاق البلاستيكية في نفس اليوم . يشد البلاستيك على أقواس سلكية مجلفنة بقطر ٤ – ٥ مم تثبت في التربة كل ١ م . تثبت جوانب النفق ونهاياته جيدًا بدفن البلاستيك في التربة . (تراجع طريقة إنشاء الأنفاق بالتفصيل في الجزء ٣ – ١١ – ١) .

تبدأ تهوية الأنفاق بعد إنبات البذور ، ويكون ذلك عادة بعد نحو ٣ أسابيع في الجو البارد . تجرى التهوية في الأيام الدافئة بفتح نهايات الأنفاق وقت الظهيرة . ومع تقدم الشتلة في العمر تزداد

فترات التهوية مع رفع الغطاء من الجوانب تدريجيًا فى الأيام الدافئة (شكل ٣ - ٢٣) ، ويراعى رفع الغطاء كلية قبل الشتل بنحو ١٠ - ١٢ يومًا .

ولا يحتاج الشتل إلّا إلى ربة الزراعة . وقد تلزم ربة واحدة أخرى على الأكثر (الإدارة العامة للتدريب - وزارة الزراعة ١٩٧٣) .



شكل ٣ - ٢٣ : تهوية مشاتل الطماطم المزروعة تحت الأنفاق البلاستيكية المنخفضة .

٣ - ١١ : استعمال الأنفاق البلاستيكية المنخفضة فى حماية نباتات الخضر من البرودة

٣ - ١١ - ١ : الأنفاق البلاستيكية العادية

يفيد استعمال الأنفاق البلاستيكية المنخفضة العادية فى إنتاج محصول مبكر من الخضر ، نظرًا لأنه يوفر لها الحماية من الصقيع ، ويسمح بالزراعة المبكرة فى الربيع ، لأن التربة تكتسب حرارتها أثناء النهار ، وبعض هذه الحرارة يعاد إشعاعه فى جو النفق أثناء الليل . مما يؤدى إلى حماية النباتات من أضرار الصقيع . كما أن درجات الحرارة تكون أكثر ارتفاعًا أثناء النهار داخل النفق ، عنه خارجه ، مما يسمح بنمو النباتات بصورة أفضل عندما تكون درجة حرارة الجو منخفضة فى بداية الربيع . هذا .. ويكون فقد الحرارة ليلًا أقل فى الأنفاق القديمة المغطاة جزئيًا بالأتربة ، عنه فى الأنفاق الجديدة الشفافة التى تسمح بنفاذ الإشعاعات الحرارية المشعة من التربة ليلًا .

وإلى جانب الحماية من البرودة والصقيع ، فإن الأنفاق البلاستيكية المنخفضة تفيد أيضًا فى حماية الخضروات المزروعة تحتها من الرياح والأمطار الغزيرة .

تثبت الأنفاق حول أقواس خاصة . وتختلف المواد المستعملة فى عمل الأقواس حسب الغرض الذى ستستعمل من أجله الأنفاق ، فقد تصنع من الأسلاك المجلفنة قطر ٤ – ٥ مم ، أو من أنابيب المياه شكل (٣ – ٢٤) ، أو حديد البناء ، أو من سعف النخيل . وتختلف أيضًا حجم القوس حسب الغرض من الزراعة وحجم النباتات .

شكل ٣ – ٢٤ : أقواس للأنفاق المنخفضة من أنابيب المياه المجلفنة ، مع استعمال أغطية بلاستيكية سوداء للتربة فى زراعات الشليك بالإمارات .

١ – الأقواس المصنوعة من الأنابيب المجلفنة :

يبلغ قطر قوس الأنابيب المجلفنة من ١٨٠ – ٢٠٠ سم ، بينما يبلغ قطر الأنبوب من الداخل ١/٢ بوصة . ويمكن عمل الأقواس بسهولة بثنى أنابيب بطول ٣ م حول قالب خاص بقطر ١٨٠ أو ٢٠٠ سم حسب الحاجة . يجهز القالب بدق أنابيب أو قضبان حديدية بطول ٧٥ – ٩٠ سم فى أرض صلبة على أبعاد ٣٠ سم من بعضها البعض على شكل نصف دائرة بالقطر المرغوب . وبعد تحضير الأقواس تعمل فيها فتحات بقطر ٣ مم على بعد ١٥ سم من طرف كل أنبوب ، وكذلك فى وسط القوس . تثبت هذه الأقواس على بعد ١,٥ مترًا من بعضها البعض فوق خطوط الزراعة .

٢ – الأقواس المصنوعة من قضبان حديد البناء :

يستخدم فى عمل الأقواس المصنوعة من قضبان حديد البناء حديد تسليح بقطر ٨ مم ، أو ١٠ مم ، وبطول ٣,٦٥ م . يقوس الحديد على قالب بقطر ٢ م . يزود كل قوس بحلقات أو خطافات قصيرة بطول ٨ سم من نفس مادة القضبان ، وتلحم فيها على بعد ٢٥ – ٣٠ سم من طرق القوس . وفائدتها هى منع القوس من النزول فى التربة أكثر من اللازم ، ولربط الخيوط فوق البلاستيك لمنعه من التحرك من مكانه فى حالة هبوب رياح قوية . هذا .. ويلزم طلى الحديد قبل الاستعمال لمنع الصدأ .

٣ – الأقواس المصنوعة من الأسلاك المجلفنة :

يستخدم فى عمل الأقواس سلك مجلفن بقطر ٤ – ٥ مم يُشكل على هيئة نصف دائرة بالقطر المرغوب كما سبق بيانه فى الجزء ٣ – ١٠ .

يتراوح السمك المفضل لأغطية الأنفاق البلاستيكية المنخفضة من ٥٠ – ٨٠ ميكرون للاقتصاد فى التكاليف ، خاصة أنه يستعمل لموسم زراعى واحد . ولا تؤدى زيادة سمك الغشاء المستعمل إلى توفير حماية أفضل للنبات . ويباع البولیثلين المستعمل فى تغطية الأنفاق البلاستيكية بالوزن غالبًا على بكرات تزن ما بين ٣٠ – ٧٥ كيلو جرامًا . ومن المفضل ألا يزيد طول النفق عن ٣٠ مترًا ، حتى لا تزداد صعوبة عملية التهوية . أما العرض ، فيتوقف على المحصول المزروع ، وإن كان من الممكن استعمال أنفاق صغيرة ، حتى مع المحاصيل التى تزرع على خطوط متباعدة ، كالقرعيات ، بفتح النفق من الجهة التى لا تأتى منها الرياح بعد زيادة حجم النمو النباتى عن عرض النفق . ويوضح جدول (٣ – ٢) مواصفات الأغطية البلاستيكية المستخدمة فى الأنفاق المختلفة التى تتراوح فى عرض قاعدتها من ٤٠ إلى ٢٢٠ سم ، وفى ارتفاعها من ٤٥ إلى ٨٠ سم . وتخصص الأنفاق الصغيرة فقط لإنتاج المشاتل ، أو لحماية النباتات وهى صغيرة ، أما الأنفاق البلاستيكية المنخفضة الكبيرة ، فإن الغرض من استعمالها يكون توفير الحماية للنباتات وهى مكتملة النمو .

يجب تحضير الأرض للزراعة قبل إقامة الأنفاق وتجهيز الخطوط أو الأحواض اللازمة للزراعة ، كما توضع أنابيب الرى بالتنقيط قبل الزراعة فى حالة إجراء الرى بهذه الطريقة .

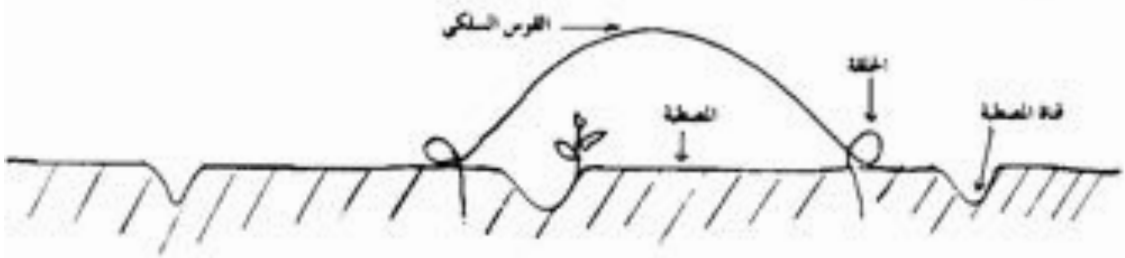
كما يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار أن يكون النفق فى اتجاه الريح السائدة ، خاصة الريح القوية ،

جدول (٣ - ٢) : مواصفات الأغطية البلاستيكية المستخدمة فى الأنفاق البلاستيكية المنخفضة .

مواصفات النفق		مواصفات الغطاء البلاستيكى المستعمل	
القاعدة (سم)	الارتفاع (سم)	العرض (سم)	السمك (ميكرون)
٤٠ ـ ٥٠	٤٥	١٣٠ ـ ١٥٠	٣٨ ـ ٥٠
٨٠ ـ ٩٠	٥٥	١٨٠ ـ ٢٠٠	٣٨ ـ ٥٠
١٢٠ ـ ١٣٠	٥٥	٢٠٠	٥٠ ـ ٨٠
١٤٠ ـ ١٦٠	٥٥	٢٥٠	٨٠
١٨٠ ـ ٢٢٠	٨٠	٣٣٠	٨٠

ويفضل أن تكون فى وضع يسمح بتعرضها لأكبر قدر من أشعة الشمس .

وعند بناء الهيكل توضع الأقواس فوق خطوط الزراعة ، ويكون ذلك على بعد ١,٥ متر من بعضها البعض فى حالة استعمال أنابيب المياه المجلفنة . تربط الأنابيب مع بعضها البعض بثلاثة خطوط من سلك مقاس ٥ كيج ٥ ١٦ . تمرر هذه الأسلاك من خلال الفتحات التى صنعت فى الأنابيب . وتربط الأسلاك الثلاثة فى نهايتى النفق على أوتاد حديدية أو خشبية . أما الأقواس المصنوعة من قضبان حديد التسليح ، فإنها توضع على بعد متر واحد من بعضها البعض ، وتربط مع بعضها من وسط كل قوس بسلك مقاس ٥ كيج ٥ ١٦ ، ثم يربط هذا السلك فى طرق النفق بأوتاد . وبالنسبة للأقواس المصنوعة من السلك المجلفن قطر ٤ - ٥ مم ، فإنها تثبت على أبعاد ٧٥ سم من بعضها البعض ، وقد ترتبط معًا بخيط رفيع (دوبارة) قبل وضع الغطاء البلاستيكى عليها . ويوضح شكل (٣ - ٢٥) طريقة تثبيت الأقواس على خطوط الزراعة .



شكل ٣ - ٢٥ : طريقة تثبيت الأقواس السلكية فى التربة ، وموقع الأنفاق المنخفضة بالنسبة لخطوط الزراعة .

يفرد الغطاء بعد ذلك يدويًا أو آليًا شكل (٣ - ٢٦) فوق الأقواس . فى حالة فرد البلاستيك يدويًا يربط طرف الغطاء البلاستيكى حول وتد عند أحد طرق النفق ، ثم يفرد البلاستيك تدريجيًا فوق الأقواس ، ويربط بوتد آخر من الناحية الأخرى للنفق . وقد يكتفى بدفن البلاستيك فى طرق النفق فى التربة .

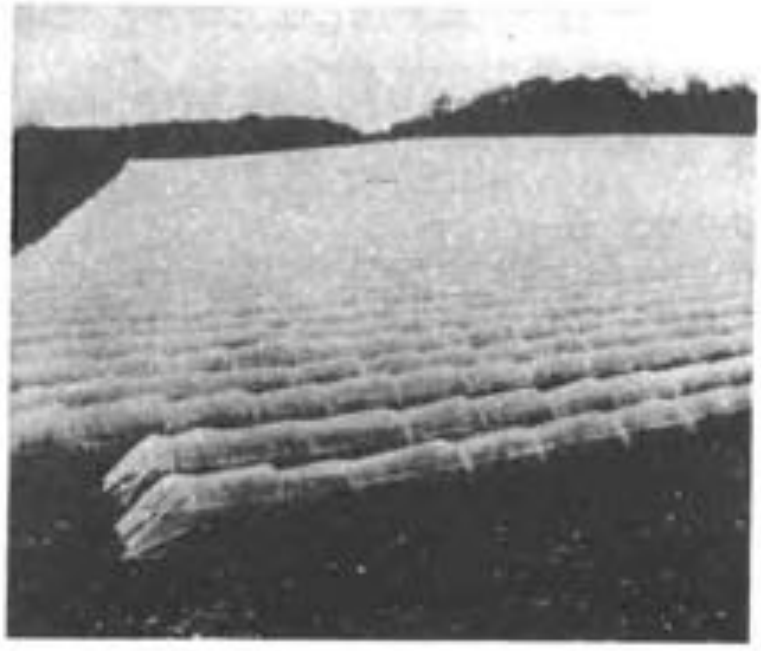
يشد البلاستيك على الأقواس بواسطة خيوط أو متقاطعة بين الأقواس على شكل حلزوني ، وقد تكون متقابلة (شكل ٣ - ٢٧) ، وتربط في العيون أو الخطافات أو بأوتاد حائية المنع تحرك أو طيران البلاستيك بفعل الرياح القوية ، ولتسهيل عملية التهوية في الأيام المشمسة يرفع البلاستيك إلى أعلى ، وتحريكها ما بين الأقواس والخيوط .

ويبين جدولا (٣ - ٣) و (٣ - ٤) كميات المواد اللازمة لإقامة أنفاق بلاستيكية منخفضة على مساحة ١٠٠٠ متر مربع بهياكل من الأنابيب المغلفنة ، أو من حديد التسليح على التوالي .

شكل ٣ - ٢٦ : تغطية الأنفاق المنخفضة بالبلاستيك آليًا .

جدول (٣ - ٣) : المواد اللازمة لإقامة أنفاق بلاستيكية منخفضة بهياكل من الأنابيب المغلفنة على مساحة ١٠٠٠ متر مربع .

المواد اللازمة	العدد	الكمية
أقواس أنابيب بطول ٣ م ، وقطر داخلي ١/ بوصة	٣٤٠	١٧٠ أنبوب طول ٦ سم
غطاء بولي إيثيلين سمك ٨٠ ميكرون بطول ١١٢م ، وعرض ٣٠٣م	٥ لفات	١٣٥ كجم
أسلاك لربط الأقواس مع بعضها قياس ١٦	٦ ربطات طول الربطة ٢٦٠م	١٤٤٥م
أوتاد من قضبان حديد البناء المستعمل لمرؤوس الأنفاق	٤٠	٢٨ كجم
أوتاد من قضبان حديد البناء تستعمل في جانب الأنفاق لتثبيت الخيوط	٣٤٠	١٧٠ كجم
خيوط بولي بروبيلين .	١٥٠٠ متر	٣،٣ كجم



شكل ٣ - ٢٧ : منظر عام للأنفاق البلاستيكية المنخفضة بعد ربط البلاستيك من أعلى بالخيط .

جدول (٣ - ٤) : المواد اللازمة لإقامة أنفاق بلاستيكية منخفضة بهياكل من حديد التسليح على مساحة ١٠٠٠ متر مربع .

المواد اللازمة	العدد	حديد ٨ مم الكمية (كجم)	حديد ١٠ مم الكمية (كجم)
أقواس بطول ٣٦٥ سم حديد تسليح	٤٨٦	٧٢٩	١٠٥٠
غطاء بولثين سمك ٨٠ ميكرون بطول ١١٢م ، وعرض ٣٠٣م	٥ لفات	١٣٥	١٣٥
خيوط بول بروبلين	١,٥ ربطة	٣,٣	٣,٣
صلك وطلاء مقاوم للصدأ		٦,٠	٦,٠

هذا .. وتساعد التهوية كثيرًا فى عملية تلقيح النباتات داخل الأنفاق . فزهرة الطماطم مثلًا بحاجة إلى التعرض لقليل من الاهتزاز بواسطة الرياح ، أو بطريقة ميكانيكية حتى يحدث التلقيح بشكل جيد . كما أن الحشرات تستطيع الدخول عند فتح الأنفاق للقيام بعملية التلقيح فى حالة نباتات العائلة القرعية وغيرها من المحاصيل الحشرية التلقيح (عبد الهادى ١٩٧٤ ، ١٩٧٨) .

قد يظهر أحيانًا التفاف بأوراق بعض أصناف الطماطم التى تزرع تحت الأنفاق البلاستيكية المنخفضة ، وربما يرجع ذلك إلى تراكم المواد الكربوهيدراتية بالأوراق ، كما قد يرجع إلى تراكم الإيثيلين داخل النفق .

٣ - ١١ - ٢ : أنفاق الشرائح البلاستيكية ذات الأسطح المتموجة (فيرجلاس)

قد تستبدل الأقواس السلكية والشرائح البلاستيكية بألواح من البلاستيك المرن الذى يمكن ثنيه بين أوتاد خشبية على شكل نفق يغطى النباتات (شكل ٣ - ٢٨) تستخدم لذلك شرائح من الفيرجلاس ذات أسطح متموجة Corrugated plastic . ومن أهم مميزات هذا النوع من الأنفاق ما يلى :

١ - سهولة تثبيت الغطاء .

٢ - سهولة تنظيف الغطاء وإعادة استخدامه عدة مرات .

٤ - سهولة رفع الغطاء لإجراء عمليات الخدمة (USDA ١٩٧٧) .

ويعتبر هذا النوع من الأنفاق مناسبًا لحدائق الخضر المنزلية .

شكل ٣ - ٢٨ : أنفاق الشرائح البلاستيكية ذات الأسطح المتموجة Corrugated plastic .

٣ - ١١ - ٣ : الأنفاق البلاستيكية المنخفضة المدعومة بالهواء

تمكن Jensen & Sheldrake (١٩٦٦) من إنتاج الطماطم تجريبيًا تحت أنفاق بلاستيكية مدعومة بالهواء المندفع بواسطة مذاق، خاصة .

ولإقامة مثل هذا النوع من الأنفاق تلزم تغطية التربة أولًا بالبلاستيك الأسود بسمك نحو ٤٠ ميكرون ، أو بالبلاستيك الشفاف مع استعمال مبيد حشائش . كما يجب رى الحقل قبل تغطية التربة بالبلاستيك ، وتكفى هذه الرية لمد النباتات بحاجتها من الرطوبة لحين إزالة النفق .

يشتل المحصول المرغوب زراعته (الطماطم أو الخيار عادة) ، ثم تغطى النباتات بالبلاستيك ، وتدفن أطرافه فى التربة ، ثم يقام النفق بدفع الهواء داخله من أحد الأطراف بمراوح قوية .

ويمكن رفع درجة الحرارة داخل النفق بتشغيل مدفأة أمام المروحة فى بداية النفق . كما يستعمل باب منزلق فى نهاية النفق للتحكم فى سرعة خروج الهواء وفى تنظيم درجة الحرارة . كما يمكن التحكم فى درجة الحرارة أيضًا بالتحكم فى حجم المروحة وفى قوة المدفأة . ويمكن بهذه الطريقة حماية النباتات من حرارة منخفضة تصل إلى – ٤° م .

هذا .. ويعمل الهواء المتحرك داخل النفق على المساعدة فى تلقيح أزهار الطماطم . ويمكن مكافحة الحشرات والأمراض داخل النفق بالتعفير ، حيث يوزع المبيد بالتقائم مع الهواء الداخل إلى النفق .

كما يمكن وضع أنبوبة رى بالتنقيط تحت الغطاء البلاستيكى لاستخدامها فى الرى عند الحاجة .

٣ – ١١ – ٤ : الأنفاق البلاستيكية المثقبة

استخدمت الأنفاق البلاستيكية المثقبة perforated row covers كبديل للأنفاق البلاستيكية العادية بغرض تحقيق تهوية جيدة داخل الأنفاق ، دون التأثير كثيرًا على الهدف الأساسى من إقامة النفق ، وهو حماية النباتات من البرودة . وتستخدم هذه الأنفاق على نطاق تجارى فى أوروبا .

٣ – ١١ – ٥ : الأنفاق البلاستيكية ذات الفتحات

يتكون غطاء النفق فى الأنفاق البلاستيكية ذات الفتحات slitted row covers من شريحة بلاستيكية واحدة بعرض ١,٥ م بها صفان طوليان من الفتحات ، طول كل منها ١٢,٥ سم ، وتبعد الفتحات المتجاورة فى الصف الواحد بمقدار ٢ سم عن بعضها البعض . وقد أدى استخدام هذا الغطاء إلى التخلص نهائيًا من مشكلة التهوية . وطبقت هذه الطريقة بنجاح فى زراعات القاوون والخيار والطماطم والفلفل ، حيث يترك الغطاء لحين تحسن الظروف الجوية ، ثم يرفع . ويسمح هذا الغطاء بنفاذ الضوء بنسبة ٩٠٪ .

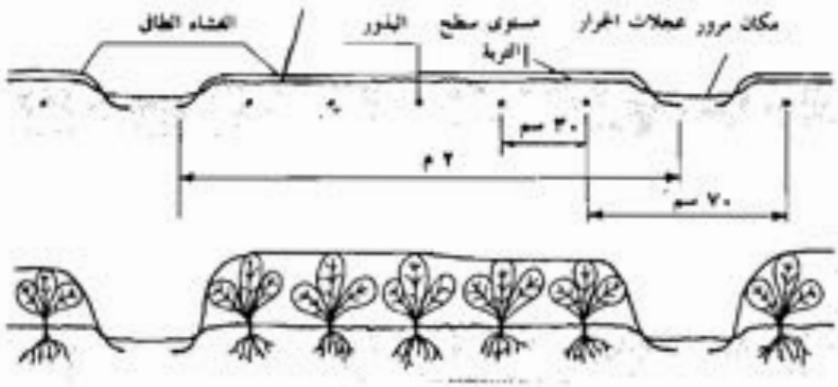
٣ – ١١ – ٦ : الأغطية الطافية

الأغطية الطافية Floating row covers عبارة عن شرائح خاصة من الـ Spunbonded polyster والـ spunbonded polypropylene ، وهى مواد خفيفة تزن نحو ١٤ جم للمتر المربع ، وتستخدم كأغطية توضع على النباتات مباشرة ، دون الحاجة إلى سنادات من الأقواس السلكية . وتثبت هذه الأغطية دون شدها من جانبى الخط ، حتى لاتعوق النمو النباتى وتسمح هذه الأغطية بنفاذ الضوء بنسبة ٨٠٪ (شكل ٣ – ٢٩) .

ومن أهم مزايا هذه الأغطية سهولة تركيبها يدويًا ، كما يمكن تركيبها آليًا باستخدام آلة تثبيت الأغطية البلاستيكية فى التربة بعد تخويرها ، حتى تسمح بترك الغطاء غير مشدود على الخط .

٣ – ١١ – ٧ : الحماية التى توفرها الأنفاق البلاستيكية ضد الصقيع

تسمح الأغطية البلاستيكية المختلفة بنفاذ نحو ٧٠٪ من الإشعاع الحرارى من التربة والنباتات ليلًا ، وعليه .. فإن هذه الأغطية ليست على درجة عالية من الكفاءة فى المحافظة على درجة الحرارة



شكل ٣ – ٢٩ : الأغطية «الطافية» (عن Fordham & Biggs ١٩٨٥) .

المرتفعة . ونادرًا ما تزيد الحرارة ليلًا داخل النفق ، عنه خارجه بأكثر من ١ – ٢°م . وإذا كانت الرطوبة النسبية منخفضة جدًا تحت الغطاء إلى الحد الذى لا يسمح بتكون الندى عند انخفاض الحرارة ، فإن درجة الحرارة قد تكون أكثر انخفاضًا داخل النفق ، عنه فى الجو الخارجى . وترجع معظم الحماية من الصقيع التى توفرها الأنفاق البلاستيكية إلى تكثف الرطوبة على السطح الداخل للغطاء عند انخفاض درجة الحرارة ليلًا ، لأن الغشاء المائى المتكثف يعمل على خفض الإشعاع الحرارى من داخل النفق ، لأنه لا يسمح بنفاذه كالبلاستيك (Wells & Loy ١٩٨٥) .

٣ – ١٢ : حماية نباتات الخضر من أشعة الشمس القوية بالتظليل

يمكن توفير الحماية لنباتات الخضر من أشعة الشمس القوية بعدد من الطرق كما يلى :

١ – إنتاج الخضر تحت أنفاق مغطاة بشباك التظليل (شكل ٣ – ٣٠) .

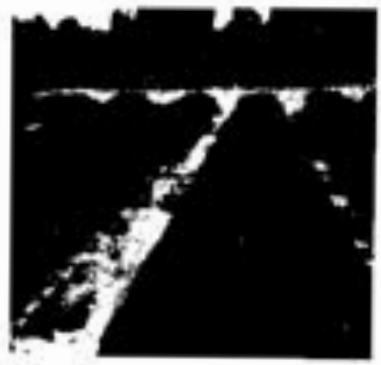
تقام الأنفاق بالاستعانة بهياكل سلكية بنفس الطريقة التى سبق شرحها ، وتغطى بشباك بلاستيكية خاصة ، بدلًا من الشرائح البلاستيكية الشفافة . تصنع الشباك من البلاستيك الأسود أو الأخضر ، وتختلف فى درجة نفاذيتها للضوء ، والعادة هى استخدام شباك منفذة للضوء بنسبة ٥٠ – ٦٠٪ للحصول على شدة إضاءة تتراوح من ٤٠٠٠ – ٥٠٠٠ لكس .

وتفيد هذه الطريقة فى إنتاج بعض الخضر الحساسة لأشعة الشمس القوية التى تصل صيفًا إلى ١٠٠٠٠ – ١٢٠٠٠ لكس فى بعض المناطق

هذا .. وتعامل هذه الشباك أثناء تصنيعها بحيث تتحمل الأشعة فوق البنفسجية ، ويمكن أن تبقى بحالة جيدة لمدة ٣ – ٤ سنوات .

٢ – إنتاج الخضر فى بيوت (صوبات) المظلات shade houses :

تقام بيوت المظلات على هياكل معدنية ثابتة ، مثل أنابيب المياه المجلفنة شكل (٣ – ٣١) ، ثم



شكل ٣- ٣٠ : إنتاج الخضر تحت الأنفاق المخفضة المغطاة بشباك التظليل فى الكويت .

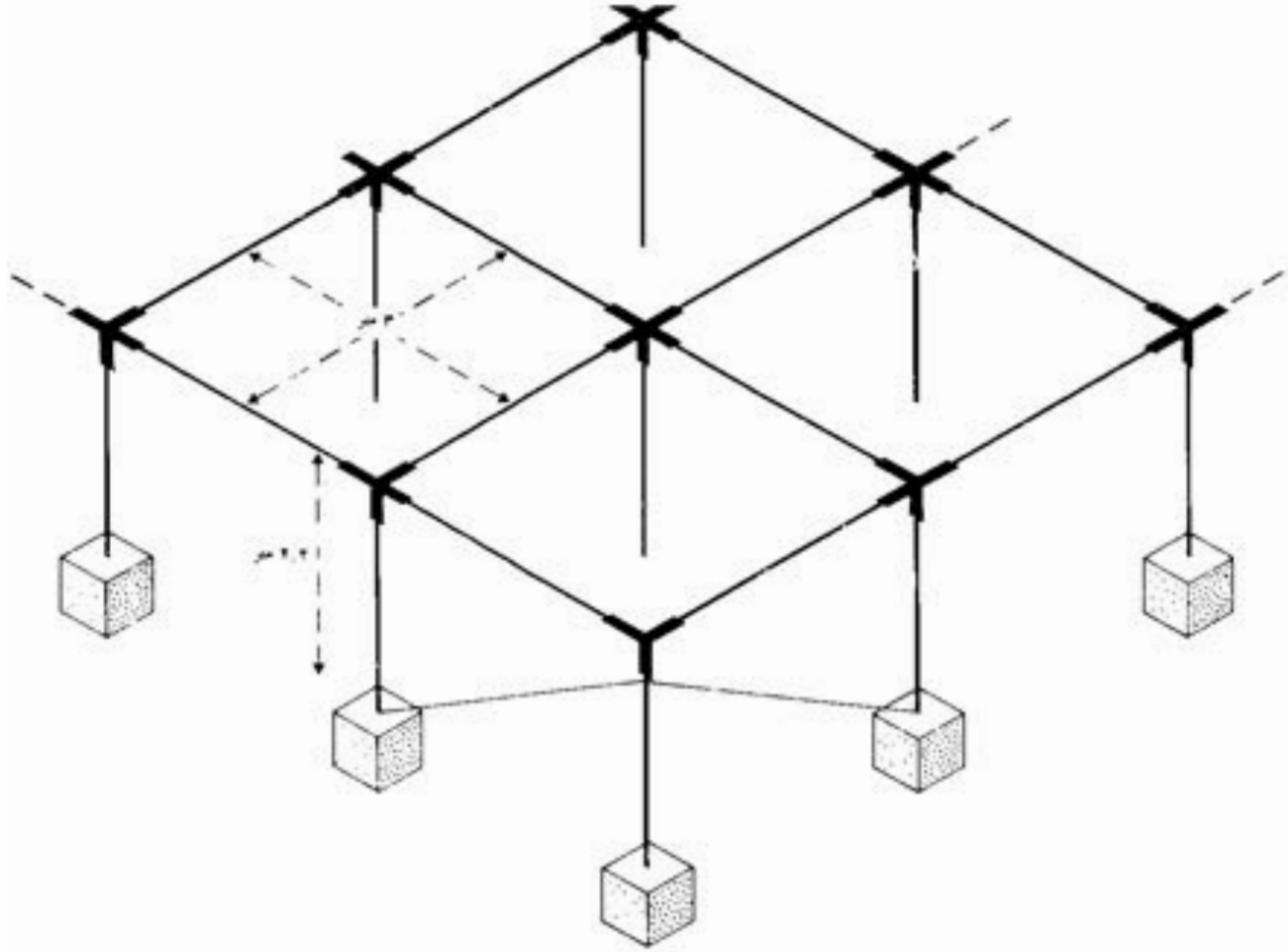
يغطى الهيكل بشباك تظليل مماثلة لتلك المستعملة فى تغطية الأنفاق . توضع الشباك فوق سقف الهيكل وعلى جوانبه ، بحيث يكون ارتفاعها من سطح التربة ٣ م . هذا .. وتثبت حوانب قطع الشباك فى ألواح خشبية رفيعة ، بحيث يمكن رفعها شتاء لتعريض النباتات لأشعة الشمس .

وقد تكون بيوت المظلات على شكل صوبات خشبية lath house . يتكون هيكل الصوبة من جوانب رأسية وقمة مسطحة ، وتغطى كل من الجدران والأسقف بسدادات من خشب العدادل (شرائح خشبية رفيعة) بعرض نحو ٥ سم . تثبت هذه الشرائح على الأبعاد المناسبة ، بحيث تغطى من ثلث إلى ثلثى السطح الخارجى للبيت حسب الحاجة .

كما يمكن إقامة المظلات بوسائل أقل تكلفة يستخدم فيها الخيش والمواد المتوفرة محليًا .

٣ - إنتاج الخضر فى الأنفاق العالية المغطاة بشباك التظليل :

يتشابه إنتاج الخضر فى الأنفاق العالية المغطاة بشباك التظليل مع إنتاجها فى الصوبات البلاستيكية العادية . وتستخدم فى تغطية الأنفاق شباك بلاستيكية من نفس النوع المستخدم فى تغطية الأنفاق المخفضة والمظلات .



شكل ٣ ٣١ : طريقة إنشاء مظلة باستخدام هيكل من أنابيب المياه المجلفنة (شركة Fordinghridge Eng. إنجلترا) .

١٣ - ٣ : المراجـــع

الإدارة العامة للتدريب - وزارة الزراعة - جمهورية مصر العربية (١٩٧٣) . من الزراعة التدريبية : حاصلات الخضر والنباتات الطبية والعطرية الجزء التاسع - ٣٣٦ صفحة .

استينو ، كال رمزى ، وعز الدين فراج ، ومحمد المقصود محمد ، ووريد عبد البر وريد ، وأحمد عبد المجيد رضوان ، وعبد الرحمن قطب جعفر (١٩٦٣) . إنتاج الخضر . مكتبة الأنجلو المصرية ، القاهرة - ١٣١٠ صفحة .

حسن ، أحمد عبد المنعم (١٩٨٩) ، الخضر الثانوية . الدار العربية للنشر والتوزيع - القاهرة

عبد الهادى ، نزيه (١٩٧٤) . ملاحظات عن الزراعة بداخل الأنفاق الواطئة . رسالة المرشد الزراعى - مديرية الإرشاد الزراعى العامة - بغداد . الحلقة ١١١ : ١ - ٤ .

عبد الهادى ، نزيه (١٩٧٨) . دور الأنفاق البلاستيكية المنخفضة فى إنتاج الخضروات . وزارة الأشغال العامة - الكويت . ورقة إرشادية رقم (٤) - ١٤ صفحة .

عرفه ، عرفه إمام ، وحامد مزيد ، وصلاح الدين محمدين ، وحسنى خليفة ، ومحمد صلاح الدين يوسف (١٩٨٦) . إنتاج الخضر تحت الصوبات البلاستيك . وزارة الزراعة والأمن الغذائى - جمهورية مصر العربية - ٣٤ صفحة .

مديرية البحث والإرشاد الزراعى - وزارة الزراعة - المملكة الأردنية الهاشمية (١٩٨٣) . إنتاج الخضراوات تحت البيوت البلاستيكية فى الأردن . نشرة رقم ٨٣/٩ ، ٦٠ صفحة .

نصار ، أحمد (١٩٨٩). رئيس مجلس إدارة شركة الإنتاج الدائق - المهندسين - الجيزة - جمهورية مصر العربية . (اتصال شخصى) .

وزارة الزراعة والثروة السمكية - دولة الإمارات العربية (١٩٨٢) . إنتاج الخضراوات المحمية - ٨٣ صفحة .

Banadyga, A.A. and J.C Wells. 1962. Vegetable plant production for commercial growers. N.C. Agr. Ext. Serv, Ext. Circ. No. 231. 18p.

Duffus, J.E., R.C. Larsen and H.Y. Liu. 1986. Lettuce infectious yellows virus-a new type of white fly-transmitted virus. Phytopathology 76:97-100.

Edmond, J.B., T.L. Senn, F.S. Andrews and R.G. Halfacre. 1975. (4th ed.) Fundamentals of horticulture. McGraw-Hill Book Co., N.Y. 560p.

Fletcher, J.T. 1984, Diseases of greenhouse plants. Longman, London. 351p.

Fordham, R. and A.G. Biggs. 1985. Principles of vegetable crop production. Collins Professional and Technical Books, London. 215p.

Fuller, D.J. 1973. Training systems. In. H.G. Kingham (Ed.) 'The U.K. Tomato Manual'; pp. 127-136. Grower Books, London.

Hassan, A.A. and J.E. Duffus. 1990. A review of the yellowing and stunting disorder of cucurbits in the United Arab Emirates. Emirates J. Agr. Sci. Vol. 2. In press.

Jensen, M.H. and R. Sheldrake, Jr. 1966. Air-supported plastic row covers for early vegetable production. Mimeo No. 140, Dept. of Veg. Crops, Cornell Univ. 10p.

Johnson, H. 1979. Hydroponics: a guide to soiless culture systems. Div. Agr. Sci., Univ. Calif. leaflt No. 2947. 15p.

Kingham, H.G. (Ed.). 1973. The U.K. Tomato Manual. Grower Books, London. 223p.

Mastalerz, J.W. 1977. The greenhouse environment. John Wiley & Sons. N.Y. 629p.

Nelson, P.V. 1985. (3rd ed.). Greenhouse operation and management. Reston Pub. Co., Inc., Reston, Virginia. 598p.

Resh, H.M. 1981. (2nd ed.). Hydroponic food production. Woodbridge Press Pub. Co., Santa Barbara, Calif. 335p.

San Antonio, J.P. 1975. commercial and small scale cultivation of the mushroom, **Agaricus bisporus** (Lange) Sing. Hortscience 10:451-458

Sims, W.L. and F.D. Howard. 1979. Growing mushrooms. Univ. Calif., Div. Agr. Sci., Leaflt No. 2640. 8p.

Snyder, R.G. and W.L. Bauerle. 1985 Watering frequency and media volume affect growth, water status, yield, and quality of greenhouse tomatoes. HortScience 20: 205-207.

Szkolnik, M. 1983. Unique vapor activity by CGA-64251 (Vangard) in the control of powdery mildews roomwide in the greenhouse. Plant Disease 67: 360-366.

United States Department of Agriculture. 1977. Gardning for food and fun. The Yearbook of Agriculture, Wash. D.C. 392p.

Walls, I.G. 1977. Tomato growing today. David & Charles, Newton Abbot. 239p.

Ware, G.W. and J.P. McCollum. 1980. (3rd ed.). Producing vegetable crops. The Interstate Printers & Publishers, Inc., Danville, Illinois, 607p.

Wells, O.S. and J.B Loy. 1985. Intensive vegetable production with row covers. HortScience 20: 822-825.

Witwer, S.H. and S. Honma. 1979. Greenhouse tomatoes, lettuce and cucumbers. Michigan State Univ. Press, East Lansing. 225p.

الفصل الرابع

الزراعة بدون تربة والمزارع المائية

يعني بالزراعة بدون تربة Soilless Culture إنتاج النباتات بأية طريقة غير زراعتها فى التربة الزراعية ، علمًا بأن مفهوم الأراضى الزراعية يتضمن الأراضى المعدنية أيًا كان قوامها ، والأراضى العضوية أيًا كانت نسبة البيت peat أو الملك muck بها . وعليه . لا تعد الزراعة بدون تربة إذا كان الإنتاج فى تربة رملية تحتوى على نسبة ولو قليلة من السلت والطين ، أو فى أرض عضوية ، حتى ولو كانت نسبة البيت أو الملك بها ١٠٠٪ . كذلك فإن الإنتاج فى مخاليط الزراعة التى تدخل التربة ضمن مكوناتها لا يعد زراعة بدون تربة . وبالمقارنة .. فإن الزراعة بدون تربة تتضمن الإنتاج فى كافة أوساط الزراعة التى لا تكون التربة المعدنية إحدى مكوناتها . وتدخل ضمن هذا التعريف مزارع الرمل الخالص ، والحصى ، والبيت ، والفيرميكيوليت ، والبرليت ، والمخاليط التى تتركب من أى من هذه المكونات ، وجميع أوساط الزراعة الصلبة الأخرى كبالات القش المضغوط ، والصوف الصخرى وغيرهما ، وكذلك المزارع التى لا يوجد فيها وسط صلب تنمو الجذور . وجميع هذه المزارع تسقى دومًا بمحاليل مغذية تحتوى على العناصر الغذائية اللازمة للنمو النباتى .

ويفهم من التعريف السابق للزراعة بدون تربة أنه يشتمل أيضًا على المزارع المائية Hydroponics ، وهى المزارع التى لا يوجد فيها وسط صلب تنمو الجذور ، بل تبقى فيها الجذور محاطة دائمًا بالمحلول المغذى ، وتثبت النباتات فى مكانها بوسائل أخرى . وكلمة hydroponics مشتقة من كلمتين يونانيتين : hydro بمعنى ماء ، و ponos بمعنى عمل ، فيكون المعنى الحرفى للكلمة هو عمل الماء وتتضمن المزارع المائية بمفهومها الضيق (الأصلى) مزارع المحاليل المغذية Nutrient Solution Culture (حيث تنمو الجذور فى أوعية خاصة تحتوى على المحلول المغذى) وتقنية الغشاء المغذى Nutrient Film Technique والمزارع الشبيهة بها ، لكن مفهوم المزارع المائية يمكن أن يتسع ليشمل أيضًا المزارع الهوائية Aeroponics (حيث تبقى الجذور عالقة فى الهواء فى حيز مغلق) وجميع الأنواع السابقة الذكر من حالات الزراعة بدون تربة ، لأنها جميعًا تروى على الدوام بمحاليل مغذية تحتوى على التركيزات المناسبة من كافة العناصر الضرورية ، بدلًا من الماء العادى .

وبناء على الشرح المتقدم لكل من الزراعة بدون تربة والمزارع المائية ، فإن هذين المصطلحين سيستعملان معًا فى هذا الكتاب ليعنيا شيئًا واحدًا ، ألا وهو إنتاج النباتات بطريقة تسمح بنمو الجذور فى بيئة صلبة مجهزة صناعيًا ، وخلو من السلت والطين ، أو فى المحاليل المغذية مباشرة ، أو فى حيز هوائى مغلق ، مع ريها دومًا بالمحاليل المغذية .

هذا .. وقد أدرج موضوع المزارع المائية ضمن الزراعة المحمية ، لأنها لا تكون أبدًا إلا داخل البيوت المحمية .

وبرغم معرفة المزارع المائية منذ ما قبل الميلاد ، إلا أنها لم تتطور وتستخدم لغرض إنتاج الغذاء على نطاق واسع إلا منذ الحرب العالمية الثانية حينما كان من الضرورى إنتاج الخضروات الطازجة فى معسكرات الجيوش التى تقع فى مناطق لا تصلح فيها التربة للإنتاج الزراعى . ومنذ ذلك الحين أصبحت المزارع المائية علمًا قائمًا بذاته ، نشر فيه العديد من الكتب والبحوث . وقد أشار Jones (١٩٨٢) إلى ثمانية وعشرين كتابًا نشرت باللغة الإنجليزية عن المزارع المائية خلال الفترة من ١٩٧٠ - ١٩٧٩ . ويمكن لمن يرغب فى الإطلاع على تاريخ تطور استخدام المزارع المائية فى الزراعة الرجوع إلى Douglas (١٩٧٦) .

٤ - ١ : مزايا وعيوب المزارع المائية

لا يعد الإنتاج الزراعى فى المزارع المائية أمرًا اقتصاديًا أو منطقيًا فى منطقة ما إلا فى غياب الأرض الصالحة للزراعة ، أو إذا كانت التربة ملوثة بآفات خطيرة لايمكن مكافحتها . والسبب فى ذلك أن التكلفة الإنشائية للمزارع المائية مرتفعة كثيرًا ، إلا أن ذلك يجب أن يقارن بتكلفة استصلاح الأراضى ، نظرًا لأن إقامة مزرعة مائية يعنى استغلال أرض غير مستصلحة فى الإنتاج الزراعى .

٤ - ١ - ١ : المزايـــا

تحقق المزارع المائية المزايا التالية :

١ - إمكانية الإنتاج الزراعى فى مناطق تستحيل فيها الزراعة بالطرق الأخرى .

٢ - تقارب الإنتاجية فى المزارع المائية مع الزراعات المحمية العادية (فى أرض الصوبة) ، ولكنها تتفوق على إنتاجية الزراعات المكشوفة ، وتبقى بعد ذلك الميزة الإضافية للمزارع المائية ، ألا وهى أنها تكون مقامة على أرض لا تصلح للزراعة . ونظرًا للتكلفة المرتفعة لتشغيل المزارع المائية ، لذا تلزم مقارنة الإنتاج اليومى من وحدة المساحة ، حتى يمكن تحديد أكثر الخضر صلاحية للزراعة من الوجهة الاقتصادية . ويبيّن جدول (٤ - ١) نتائج دراسة كهذه أجريت فى مزرعة رملية بجزيرة السعديات فى أبو ظبى (Fontes ١٩٧٣) . ويتضح من الجدول أن متوسط الإنتاج اليومى من الطماطم كان ٢,٩ طن للأيكر (الأيكر = ٠,٩٦٣ فدان) ، بينما بلغت مدة شغل الطماطم للأرض (خلاف المشتل) ١٣٠ يومًا ، ويعنى ذلك أن محصول الطماطم بلغ ٣٧٧ طنًا للأيكر وبالمقارنة .. فقد بلغ محصول الخيار ٥٥٦ طنًا للأيكر . وتلك أرقام قياسية ليست هى القاعدة وقد أرجعت إلى توفر الظروف المثالية للإنتاج . هذا .. وقد كان إنتاج جميع المحاصيل المذكورة فى الجدول اقتصاديًا تحت ظروف الدراسة ، برغم أن بعضها - كالملفت - لا يعد من محاصيل الزراعات المائية .

٣ - تتوفر فى المزارع المائية كافة العناصر الضرورية اللازمة للنمو النباتى وبالتركيزات المناسبة ، فلا توجد مشاكل خاصة بنقص العناصر الغذائية .

جدول (٤ – ١) : مقارنة معدل الإنتاج اليومى ومدة النمو لعدد من الخضروات فى مزرعة رملية بجزيرة السعديات فى « أبو ظبى » (عن Foster ١٩٧٣) .

الخضر	الانتاج (طن / أيكر / يوم)	مدة النمو باليوم (خلاف المشتل)
الكرنب	٣,٣	٥١
الخيار	٦,٧	٨٣
الباذنجان	٣,١	١٨١
الخس	٣,٦	٣٨
الباميا	١,٠	١٤٢
الطماطم	٢,٩	١٣٠
الفلفل	٥,٧	٦٥

٤ – كذلك لا توجد مشاكل تثبيت العناصر فى التربة كما يحدث فى الظروف الطبيعية .

٥ – تعتبر المزارع المائية غير مناسبة لنمو الكائنات الممرضة التى تعيش فى التربة ، وتكثر عند الزراعة فى أرض الصوبات مباشرة .

٦ – يمكن أن تتوفر التهوية فى المزارع المائية بصورة أفضل مما فى الزراعات العادية .

٧ – لا توجد مشاكل حشائش أو تجهيز الأرض وغيره من العمليات التى يلزم إجراؤها عند الزراعة فى التربة .

٨ – لا توجد مشاكل تتعلق بطبيعة أو قوام التربة ، أو عدم تجانسها .

٩ – التبكير فى النضج بصورة ملحوظة عند الزراعة فى المزارع المائية .

١٠ – يؤدى التحكم الآلى فى المزارع المائية إلى تجنب مشاكل اتخاذ القرارات الخاصة بكميات الأسمدة ومواعيد التسميد والرى وغيرها تحت ظروف الزراعة العادية .

٤ – ١ – ٢ : العيـــوب

يُعاب على المزارع المائية ما يلى :

١ – ضرورة توفير كافة مستلزمات النمو والتفكير فيها ، دون الاعتماد على الطبيعة الأم ، كما هى الحال فى الزراعات الحقلية .

٢ – يتغير الـ pH فى المزارع المائية بسرعة أكبر بكثير مما فى الزراعات العادية .

٣ – يؤدى أى خلل فى النظام إلى عواقب وخيمة .. فكل شىء يجرى بصورة آلية ، ويجب أن يتم فى موعده دون تأخير .

٤ – لا توجد بالمزارع المائية أية كائنات دقيقة مضادة ومنافسة للكائنات الدقيقة المسببة للأمراض مثلما يوجد فى التربة تحت الظروف الطبيعية .

٥ – يمكن أن تتلوث المزارع المائية بسهولة بالكائنات المسببة للأمراض ، رغم أنها تكون خالية منها فى البداية .

٦ – زيادة تكاليف الإنتاج بهذه الطريقة (Johnson ١٩٧٩) .

٤ – ٢ : المحاليل المغذية

المحاليل المغذية Nutrient Solutions هى محاليل تحتوى على العناصر الغذائية اللازمة للنمو النباتى ، وتستخدم فى رى نباتات جميع المزارع المائية (بمعناها الواسع) ، بدلًا من الماء العادى . هذا .. وتقترب أغلب المحاليل المغذية فى تركيبها من محلول هوجلاند Hoagland's Solution . ولا يوجد محلول مغذ واحد يمكن أن يقال إنه الأفضل ، فكل محلول يصلح فى ظروف خاصة ، إلّا أن هناك شروطًا عامة يجب أن تتوفر فى المحاليل المغذية تتعلق بنوعية الماء المستعمل فى تحضيرها وتركيز العناصر المختلفة بها وخصائصها من حيث الـ pH ، ودرجة التوصيل الكهربائى (EC) ، والضغط الإسموزى ... إلخ ، وهذا ما سنتناوله بالشرح فى هذا الجزء .

٤ – ٢ – ١ : خصائص الماء المستخدم فى تحضير المحاليل المغذية

يجب أن يكون الماء المستخدم فى تحضير المحاليل المغذية قليل الملوحة .. فيستبعد الماء الذى تزيد درجة توصيله الكهربائى عن ٧٠٠ ميكروموز ، ويفضل ألا تزيد نسبة كلوريد الصوديوم به عن ٥٠ جزء فى المليون ، مع أخذ التركيز الكلى للأملاح فى الاعتبار . ويمكن عند الضرورة استعمال الماء الذى يصل فيه تركيز الأملاح إلى ٠,٤ ضغط جوى .

ويمكن استعمال الماء العسر قليلًا فى تحضير المحاليل المغذية ، وهو الماء الجوفى الذى يمر على طبقات جيرية ؛ فيحتوى بالتالى على تركيزات عالية من كربونات وكبريتات الكالسيوم والمغنسيوم . ويعبر عن عسر الماء بمحتواه من أيون الكربونات HCO_3^- ، لكن مع زيادة عسر الماء يزداد الـ pH ، وتصبح بعض الأيونات مثل الحديد غير ميسرة وقد يزداد محتواه من أيونات الكالسيوم والمغنسيوم عن المستوى المناسب للنمو النباتى . وفى هذه الحالة يجب عدم استعماله فى تحضير المحاليل المغذية .

ويمكن عند الضرورة التخلص من الكاتيونات والأنيونات المسببة لعسر الماء بإمرار الماء أولًا فى مرشحات مشبعة بالأيدروجين الذى يحل محل كاتيونات الكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم ، ثم يمر على مرشحات أخرى مشبعة بالأيدروكسيد الذى يحل محل أنيونات الكربون والكبريتات والكلوريد . وتعرف هذه العملية باسم ionizarion ، ويعرف الماء الناتج باسم deionized water ولا تؤدى هذه العملية إلى التخلص من أيون البورون .

ويمكن عادة استخدام ماء الشرب فى الرى . ويحتوى ماء الشرب غالبًا على ٠,١ – ٠,٦ جزء فى المليون من الكلور ، أو ١ – ٢ جزء فى المليون من كلوريد الصوديوم ، إلّا أن ماء الشرب العسر المعامل بالصوديوم ، ليحل محل كاتيونات الكالسيوم والمغنسيوم لجعله غير عسر (soft) ، لا يصلح للرى لزيادة محتواه من عنصر الصوديوم .

٤ – ٢ – ٢ : التركيز الكلى للأملاح بالمحلول المغذى

يوجد بالمخاليل المغذية مصدران للأملاح هما : الأسمدة المذابة ، والأملاح الموجودة أصلًا فى الماء المستعمل فى تحضير المحلول المغذى . وكلما انخفضت نسبة الأملاح فى الماء ، أمكن زيادة تركيز الأسمدة ، لأن التركيز الكلى للأملاح يجب ألا يزيد عن حد معين يقدر فى المتوسط بنحو ٠,٧ ضغط جوى . وتؤدى زيادة التركيز الكلى للأملاح عن ذلك إلى نقص النمو النباتى تدريجيًا إلى أن يتوقف ، ثم تموت النباتات بسبب عدم استطاعتها الحصول على حاجتها من الماء عند زيادة الضغط الإسموزى عن الحد المناسب للنمو النباتى . كما تصاب الطماطم بتعفن الطرف الزهرى ، وتصبح أوراق الخس صلبة القوام ، وحوافها ملتفة ، كذلك فإن نقص التركيز الكلى للأملاح عن المستوى المناسب يعنى انخفاض تركيز العناصر الغذائية الميسرة لامتصاص النبات عما هو ضرورى للنمو الجيد .

هذا .. ويتوقف التركيز الكلى المناسب للأملاح بالمحلول المغذى على درجة الحرارة ، فيفضل أن يكون الضغط الإسموزى حوالى ٠,٥ صيفًا ، و ١,٠ شتاءً ، وذلك بسبب زيادة النتح عند ارتفاع درجة الحرارة خلال الصيف . وعمومًا .. يقل الضغط الإسموزى المناسب فى المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية ، عنه فى المناطق الباردة (Jones ١٩٨٢) .

وقد درس Nieman (١٩٦٢) تأثير الضغط الإسموزى للمحلول المغذى على النمو الخضرى لعدد من الخضراوات . واستخدم الباحث محلولًا مغذيًا قياسيًا يبلغ ضغطه الإسموزى ٠,٤ ضغط جوى ، ثم استخدم كلوريد الصوديوم لتوصيل الضغط الإسموزى إلى ١,٤ و ٢,٤ و ٣,٤ و ٤,٤ فى المعاملات المختلفة . وأجريت الدراسة فى مزرعة حصى gravel culture . ويتضح من النتائج المبينة فى جدول (٤ – ٢) أن بعض الخضروات ، كالبنجر ، والسبانخ استفادت من إضافة كلوريد الصوديوم إلى المحلول المغذى ، حتى وصل ضغطه الإسموزى إلى ٢,٤ ضغط جوى . وهذه المحاصيل معروفة بمقدرتها العالية على تحمل الملوحة . كما استفاد كل من اللفت ، والكرنب بزيادة الضغط الإسموزى إلى ١,٤ ضغط جوى . أما باقى الخضر التى درست ، فقد تأثر نموها سلبيًا بزيادة الضغط الإسموزى إلى ١,٤ ضغط جوى ، واستمر التدهور فى نموها بزيادة الملوحة عن ذلك .

جدول (٤ – ٢) : تأثير الضغط الأسموزى للمحلول المغذى على النمو الخضرى لعدد من محاصيل الخضر فى مزارع الحصى .

المحصول	وزن النمو القمى (كنسبة مئوية من الوزن فى المحلول المغذى القياسى) عندما كان الضغط الاسموزى ١,٤	٢,٤	٣,٤	٤,٤
البنجر	١٠٧	١١٩	-	٩٦
السبانخ	٩٠	١٢٩	١٢١	٨٨
اللفت	١١٣	١٠١	٩٨	٨١
الكرنب	١٤٤	٩٥	٩٦	٥٢
الطماطم	٩١	٧٤	٧٧	٧٢
السترد	٩٥	٦٩	٨٠	٥١
الخس	٦٨	٦٠	٦٥	٥٢
الفجل	٩١	٦٨	٥٤	٣٨
الفلفل	٦٨	٦٤	٥٨	٣٣
الفاصوليا	٨٨	٥٥	٢٢	١٦
البصل	٧٧	٣٩	٣٩	٢٨
البسلة	٧٧	٥٣	(٠)	(٠)

(٠) موت النباتات بسبب زيادة الملوحة

٤ - ٢ - ٣ : تركيز العناصر الغذائية المختلفة فى المحلول المغذى ، والتوازن الأيونى فيما بينها

يجب أن يحتوى المحلول المغذى على كافة العناصر الغذائية ، وبالتركيز المناسب للنمو السابق ، على أن تكون العناصر المغذية الكبرى فى حالة توازن أيونى فيما بينها . ويوضح جدول (٤ - ٣) النسبة المئوية المناسبة والمجال المناسب لهذه النسبة لكل من الأيونات الستة الرئيسية فى المحلول المغذى ، على اعتبار أن مجموع نسب الأيونات (النترات والفوسفات والكبريتات) = مجموع نسب الكاتيونات (البوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم) = ١٠٠٪ . تحقق هذه النسب التوازن المطلوب بين الأيونات والكاتيونات الرئيسية . أما الصوديوم ، فإنه لا يعد من العناصر المغذية الضرورية ، أما باقى العناصر ، فإنها توجد فى المحاليل المغذية بتركيزات منخفضة لا تؤثر على التوازن الأيونى بها . هذا .. ومن الممكن تحضير محلول مغذ يحتوى على التوازن الأيونى المطلوب بإذابة كميات التركيبات المبينة فى جدول (٤ - ٤) فى لتر ماء .

جدول (٤ - ٣) : النسبة المئوية المناسبة والمجال المناسب للأيونات الستة الرئيسية فى المحلول المغذى .

الأيون		النسبة المئوية	المجال الملائم للنسبة المناسبة
الأنيونات	NO_3^-	٦٠	٧٠ - ٥٠
	$H_2PO_4^-$	٥	١٠ - ٣
	SO_4^{--}	٣٥	٤٥ - ٢٥
الكاتيونات	K^+	٣٥	٤٠ - ٣٠
	Ca^{++}	٤٥	٥٥ - ٣٥
	M_g^{++}	٢٠	٣٠ - ١٥

جدول (٤ - ٤) : كميات الأسمدة اللازمة لتحضير محلول مغذ فى حالة توازن أيونى بالصورة المبينة فى جدول (٤ - ٣) .

المادة	الكمية (ملليجرام / لتر ماء)
فوسفات البوتاسيوم	١٣٦
نترات الكالسيوم	١٠٦٢
كبريتات المغنسيوم	٤٩٢
نترات البوتاسيوم	٢٩٣
كبريتات البوتاسيوم	٢٥٢
الهيدروكسيد البوتاسيوم	٢٢٤

هذا .. ويبين جدول (٤ - ٥) المجال المناسب لتركيز مختلف العناصر فى المحاليل المغذية . ويتضح من الجدول أن العناصر الكبرى ، وهى النيتروجين ، والفوسفور ، والبوتاسيوم ، والكالسيوم ، والمغنسيوم توجد بأعلى تركيز ، كما يوجد الصوديوم بصورة طبيعية فى الماء المستخدم فى تحضير المحاليل المغذية . وبرغم أن الحد الأقصى المسموح به يصل إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون ، إلا

أن التركيز المناسب يجب أن يكون عند الحد المُبين ، وهو ١٥٠ جزء فى المليون . أما العناصر المغذية الصغرى (أو الدقيقة) وهى : الحديد ، والبورون ، والمنجنيز ، والزنك ، والنحاس ، والموليبدنم ، فإن تركيزاتها تكون منخفضة كثيرًا ، وأقلها الموليبدنم الذى قد يصل تركيزه فى المحاليل المغذية إلى ٠,٠٠١ جزء فى المليون (Douglas ١٩٧٦) . ويُبين نفس الجدول متوسط التركيز المناسب لمختلف العناصر الغذائية فى المحاليل المغذية ، نقلًا عن مصدر آخر (Jones ١٩٨٢) . ويلاحظ أن التركيزات المناسبة تميل لأن تكون فى جانب الحدود الدنيا للمجالات المناسبة ، كما تقل عنها فى حالات العناصر الدقيقة . وربما كان السبب أن الأرقام المبينة للتركيز المناسب ، خاصة بالمزارع المائية التى لا توجد فيها بيئة صلبة تنمو الجذور ، وإنما تكون فيها الجذور مغمورة فى المحلول المغذى .

جدول (٤ - ٥) : المدى المناسب لتركيز مختلف العناصر فى المحاليل المغذية .

العنصر	التركيز المناسب[١] (جزء فى المليون)	المدى المناسب لتركيز العنصر[٢] (جزء فى المليون)
النيتروجين	١٥٠	١٥٠ - ٣٠٠
الفوسفور	٥٥	٥٠ - ١٠٠
البوتاسيوم	١٧٥	١٠٠ - ٤٠٠
الكالسيوم	١٠٥	٣٠٠ - ٥٠٠
المغنسيوم	٩٠	٥٠ - ١٠٠
الكبريت	١٢٥	٢٠٠ - ١٠٠٠
الصوديوم		١٥٠ - ١٠٠٠
الحديد	١,٠	٢ - ١٠
البورون	٠,٠٨	٠,٠٥ - ٥,٠
المنجنيز	٠,٠٣٦	٠,٠٥ - ٥,٠
الزنك	٠,٠٤٦	٠,٠٥ - ١,٠
النحاس	٠,٠٠٢٦	٠,٠١ - ٠,٥
الموليبدنم	٠,٠٠٠١	٠,٠٠٠١ - ٠,٠٠٠٢

(١) عن Jones (١٩٨٢)

(٢) عن Douglas (١٩٧٦)

العوامل المؤثرة على اختيار التركيز المناسب للعناصر فى المحاليل المغذية

يتأثر التركيز المناسب للعناصر الغذائية فى المحاليل المغذية بالعوامل التالية :

١ - درجة الحرارة ، وشدة الإضاءة : فيزداد تركيز النيتروجين فى الجو الحار وتحت ظروف الإضاءة القوية ، عنه فى الجو البارد ، أو تحت ظروف الإضاءة الضعيفة . كما تفضل زيادة تركيز البوتاسيوم فى الجو المتلبد بالغيوم ومضاعفته إذا استمر الجو على هذه الحال لفترة طويلة . وعمومًا ..

يمكن زيادة تركيز المحاليل المغذية إلى ٢ – ٤ أضعاف التركيزات الموصى بها فى الإضاءة المنخفضة ، أو إذا ازدادت أطلمة الشتلات ، بينما يجب أن تكون التركيزات فى الحدود الموصى بها أو نصفها فى الإضاءة القوية ، نظرًا لزيادة النتح تحت هذه الظروف .

٢ – نوع الزرعة المائية : إذ تتوقف التركيزات المناسبة لمختلف العناصر الغذائية على نوع الزرعة المستعملة .

٣ – المحصول المزروع : فيزداد تركيز النيتروجين فى المحاصيل الورقية ، كالخس ، عنه فى مزارع الطماطم أو الخيار .

٤ – مرحلة النمو السائد : فكثيرًا ما تجهز محاليل مغذية بتركيزات مختلفة لمراحل النمو المختلفة ، ويكون اختلاف هذه المحاليل فى تركيز العناصر الستة الكبرى فقط ، بينما يظل تركيز العناصر الستة الصغرى ثابتًا دون تغيير .

فتستعمل فى تغذية الطماطم ثلاثة محاليل هى : (أ) ويبلغ تركيزه ثلث التركيز الكامل ، ويستعمل فى مرحلة نمو البادرات من الورقة الحقيقية الأولى (بعمر ١٠ – ١٣ يومًا) ، حتى يصل طول النبات إلى نحو ٣٥ – ٤٠ سم . (ب) ويبلغ تركيزه ثلثى التركيز الكامل ، ويستعمل بعد ذلك حتى يصل طول النبات إلى ٦٠ سم عندما تكون الثمار الأولى بقطر ٠,٥ – ١,٠ سم . (جـ) وهو بالتركيز الكامل ، ويستعمل بعد ذلك حتى نهاية عمر النبات .

ويستعمل فى الخيار محلولان هما : (أ) ويبلغ تركيزه نصف التركيز الكامل ، ويستعمل حتى مرحلة عقد الثمرة الأولى على النبات . (ب) وهو بالتركيز الكامل ، ويستعمل بعد ذلك حتى نهاية عمر النبات .

كما يستعمل فى الخضر الورقية محلولان أيضًا هما : (أ) وتركيزه نحو ثلثى التركيز الكامل ، ويستعمل إلى أن تكون النباتات بعمر ثلاثة أسابيع . (ب) وهو بالتركيز الكامل ، ويستعمل فى ذلك (Resh ١٩٨١) .

أضرار نقص أو زيادة تركيز العناصر فى المحاليل المغذية

لا تختلف أعراض نقص العناصر فى المزارع المائية عنها تحت ظروف الحقل . هذا .. إلا أن طبيعة هذا النوع من المزارع يجعل من الممكن أن تظهر بها أعراض نقص بعض العناصر النادرة بصورة أكثر وضوحًا مما فى الزراعات الحقلية ، نظرًا لأن التربة نادرًا ما تكون خالية تمامًا من الصور الميسرة من هذه العناصر ، بينما قد يحدث ذلك فى المزارع المائية أحيانًا . ومن أمثلة أعراض نقص العناصر النادرة فى محاصيل المزارع ما يلى :

١ – تظهر أحيانًا تشققات دائرية سطحية جدًا فى جلد ثمار الطماطم حول الأكتاف ، كما قد تظهر تشققات طولية مماثلة فى ثمار الفلفل تكون واضحة بصفة خاصة فى الصنف جالابينو Jalapeno . ويرجع ذلك إلى نقص عنصر البورون .

٢ – يحدث أحيانًا أن تتفلق ثمار الطماطم الناضجة فى الجو الحار ، ويرجع ذلك إلى نقص

النحاس الميسر عن ٠,٥ جزء فى المليون

ولا تختلف كذلك أعراض التسمم الناتج الناشئة عن زيادة تركيز العناصر الغذائية فى المزارع الحقلية عنها فى المزارع المائية ، إلّا أن طبيعة هذا النوع من المزارع واعتمادها على محاليل مغذية يتم تحضيرها أولًا بأول يزيد من احتمالات ظهور حالات التسمم النباتى ، بها بسبب عامل الخطأ الإنسانى الذى قد يحدث فى تحضير المحاليل المغذية ، أو عند تعديل تركيز العناصر فى الحالات التى يستمر فيها استعمال نفس المحاليل لعدة أسابيع .

هذا .. ولا تظهر أعراض التسمم إلّا بعد زيادة تركيز الأملاح السمادية إلى أكثر من ثلاثة إلى أربعة أضعاف التركيز المناسب . أما قبل ذلك ، فإن الأعراض لا تتعدى ظهور علامات النقسية أو الأقلمة على النباتات على شكل تقزم وتخشب فى النمو ، مع تلون الأوراق باللون الأخضر القاتم .

ومما تجدر الإشارة إليه أن النباتات تتحمل الزيادة فى تركيز عنصر ما عندما يكون باقى العناصر متوفرًا بالتركيزات المناسبة بدرجة أكبر مما لو كان هناك نقص فى بعض هذه العناصر . وكمثال على ذلك .. نجد أن الطماطم تتحمل زيادة تركيز عنصر النحاس حتى جزء واحد فى المليون عندما تتوفر العناصر الأخرى بالقدر المناسب ، بينما تظهر أعراض التسمم بالنحاس عند تركيز ٠,٢ جزء فى المليون إن كان هناك نقص فى العناصر الأخرى .

ومن أهم أعراض التسمم النباتى التى تنشأ عن زيادة تركيز العناصر فى المحاليل المغذية ما يلى :

١ – تؤدى زيادة تركيز النيتروجين المتراكم فى المراحل الأولى من نمو نباتات الطماطم (حتى ما قبل مرحلة عقد الثمار) إلى وقف امتصاص عنصر البورون ، وموت القمة النامية ، وقصر السيقان بوضوح ، وتضخم الأزهار ، مع قلة أو انعدام تكون حبوب اللقاح بها (Larsen ١٩٨٢) .

٢ – تؤدى زيادة عنصر الفوسفور إلى ترسيب الحديد ، وظهور أعراض نقصه .

٣ – يؤثر البوتاسيوم والكالسيوم على بعضهما البعض ، فتؤدى زيادة الكالسيوم إلى ظهور أعراض نقص البوتاسيوم ، والعكس صحيح .

٤ – تؤدى زيادة عنصر الحديد إلى الإضرار بالجذور ، وتقليل امتصاص المنجنيز ، وظهور أعراض نقصه ، كما قد يترسب الفوسفور ، وتظهر أعراض نقصه كذلك .

٥ – تظهر أعراض التسمم من البورون عند زيادة تركيزه عن ٢٠ جزءً فى المليون ، ويكون ذلك بظهور مناطق شفافة بأنسجة الأوراق على امتداد العروق لا تلبث أن تتحول إلى اللون البنى .

٦ – تظهر أعراض التسمم بالزنك على شكل تلون بين العروق باللون الأصفر .

٧ – تظهر أعراض التسمم بالنحاس إذا زاد تركيزه عن جزء واحد فى المليون ، ويكون ذلك على شكل اصفرار بين العروق ، مع تلون باقى أنسجة الورقة باللون الأخضر القاتم هذا .. وتكون النباتات أكثر حساسية لزيادة البورون فى مزارع المحاليل المغذية ، عنه فى المزارع الرملية .

أما عنصرا الكبريت والكلور ، فإن النباتات تتحمل زيادة تركيزهما إلى حد كبير .

ولعلاج حالات زيادة تركيز الأملاح يجب إما خفض التركيز المستعمل أو تحضير محاليل مغذية

أخرى ، أو غسل البيئة التى تنمو فيها الجذور بالماء لعدة أيام . كما تعالج بعض الحالات الخاصة لزيادة العناصر كالتالى :

١ – تعالج زيادة تركيز البورون بإضافة سليكات الصوديوم إلى الماء المستخدم فى غسل بيئة نمو الجذور بمعدل ١٢ جم لكل ٤٥٠ لتر ماء .

٢ – تعالج زيادة تركيز عناصر الحديد ، والمنجنيز ، والزنك بمعاملة بيئة نمو الجذور بمحلول ١٠٪ حامض كبريتيك لمدة ٢٤ ساعة .

٤ – ٢ – ٤ : pH المحلول المغذى

يتراوح الـ pH المناسب للمحاليل المغذية من ٦ – ٦,٥ ، وهو يتأثر بدرجة كبيرة بالتوازن بين أيون النترات NO_3^- ، والأمونيوم NH_4^+ . ويفضل دائمًا أن يكون النيتروجين الأمونيومى فى حدود ٢٥٪ من النيتروجين الكلى ، وألا يقل عن ١٠٪ . ويؤثر pH المحاليل المغذية على امتصاص العناصر الدقيقة ؛ فيؤدى انخفاض الـ pH عن ٥ إلى زيادة امتصاص بعض العناصر إلى درجة السمية ، كما يؤدى ارتفاع الـ pH عن ٧,٥ إلى ترسيب الفوسفور ، والكالسيوم ، والمغنسيوم ، والحديد ، والمنجنيز ، وجعلهم فى صورة غير ميسرة لامتصاص النبات .

هذا .. ويختبر pH المحلول المغذى ويعدل عند الضرورة إما بحامض الكبريتيك ، أو بأيدروكسيد الصوديوم . وفى حالة المزارع المائية التى تستخدم فيها بيئة صلبة نمو الجذور ، وتستعاد فيها المحاليل المغذية لإعادة استعمالها من جديد ، فإنه يلزم إمرار المحلول المغذى فى المزرعة لمدة ٥ – ١٠ دقائق بعد تحضيره ، ثم استعادته وقياس الـ pH مرة أخرى ، وتعديله للمجال المناسب إذا لزم الأمر (Collins & Jensen ١٩٨٣) .

٤ – ٢ – ٥ : طرق التعبير عن تركيز العناصر فى المحاليل المغذية

يمكن التعبير عن تركيز العناصر فى المحاليل المغذية بإحدى الطرق التالية :

١ – بالجزء فى المليون (part per million ، واختصارًا .. ppm) : يحضر محلول بتركيز جزء واحد فى المليون بإذابة ١ جرام من المادة فى ١٠٠٠ لتر من الماء .

٢ – بالملل مولار (mM) : يحضر محلول بتركيز مولار واحد M (أو 1 molar) بإذابة الوزن الجزيئى للمادة فى لتر من الماء . ويحضر محلول بتركيز واحد ملى مولار 1 mM بإذابة الوزن الجزيئى للمادة فى ١٠٠٠ لتر من الماء .

٣ – بالملل مكافئ/لتر (milliequivalents ، واختصارًا .. me/l) : الوزن المكافئ بالجرام gram equivalent هو الوزن الجزيئى بالجرام مقسومًا على الشحنة valency . فمثلاً .. الوزن المكافئ لملح كلوريد البوتاسيوم الذى يتكون من أيونين أحاديين هما البوتاسيوم (K^+) والكلور (Cl^-) هو نفسه الوزن الجزيئى أو المول . أما ملح كبريتات البوتاسيوم (K_2SO_4) الذى يوجد به أيون ثنائى الشحنة هو الكبريتات (SO_4^{--}) ، فإن وزنه المكافىء يكون مساويًا لنصف وزنه الجزيئى .

وبناء على ما تقدم . فإن محلولين من كلوريد البوتاسيوم وكبريتات البوتاسيوم فيما نفس التركيز بالملل مكافئ/لتر سيكون بكل منهما نفس التركيز من البوتاسيوم ، لكن سيكون أيون . الكلور فى

أحدهما ضعف تركيز أيون الكبريتات فى الآخر .

ويفضل التعبير عن التركيز بالملى مكافىء/ لتر عند الرغبة فى مقارنة تركيز عنصر ما فى محاليل تحضر بإذابة أملاح مختلفة فى شحنات الأيونات المكونة لها .

٤ – بالضغط الإسموزى : ويعبر عن الضغط الإسموزى بوحدات الضغط الجوى ، علمًا بأن ١ ضغط جوى = ١٤,٧ رطل/بوصة مربعة (Resh ١٩٨١) .

٤ – ٢ – ٦ : النقاط التى يجب مراعاتها عند تحضير المحاليل المغذية

توجد أمور عامة تلزم مراعاتها عند تحضير المحاليل المغذية نوجزها فيما يلى :

١ – يفضل استعمال الأسمدة التجارية العادية كمصدر للعناصر الأولية (النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم) لرخص ثمنها .

٢ – يفضل استعمال مساحيق الأسمدة ، مع تجنب استعمال الأسمدة المحببة granular لصعوبة إذابتها .

٣ – يمكن الاسترشاد بالقاعدة التالية عند تحضير محلول العناصر المغذية الكبرى (وهى : النيتروجين ، والفوسفور ، والبوتاسيوم ، والكالسيوم ، والمغنسيوم ، والكبريت) : تستعمل نترات الكالسيوم كمصدر للكالسيوم ، كما أنها توفر جزءًا من الأزوت فى صورة نترات . وتضاف الاحتياجات المتبقية من النترات فى صورة نترات البوتاسيوم التى توفر أيضًا بعضًا من احتياجات البوتاسيوم . أما باقى البوتاسيوم اللازم ، فيمكن الحصول عليه من كبريتات البوتاسيوم التى توفر أيضًا بعض الكبريت . أما باقى الكبريت اللازم ، فيحصل عليه من أملاح الكبريتات الأخرى ، مثل كبريتات المغنسيوم التى يمكن استعمالها كمصدر للمغنسيوم .

٤ – تتبع الخطوات التالية عند وزن وإذابة الأملاح السمادية المختلفة فى حالة المزارع المائية التى تستعاد فيها المحاليل المغذية ويكرر استعمالها .

(أ) توزن أملاح الأسمدة منفردة ، وترتب فى كومات على شرائح من البولييثيلين ، حتى لا يفقد منها شىء . ويجب أن يكون الوزن بدقة ، وألا يتعدى الخطأ ± ٥٪ .

(ب) يملأ خزان المحلول بالماء إلى ٩٠٪ من حجمه النهائى .

(جـ) يذاب كل سماد منفردًا فى دلو كبير به ماء ، ثم يفرغ السماد المذاب فى خزان المحلول مع التقليب ، ويكرر ذلك مع كل سماد . ويستعمل ماء ساخن بالنسبة للأملاح الصعبة الذوبان .

(د) تذاب العناصر الصغرى أولًا ، ثم العناصر الكبرى .

(هـ) يمكن فى التحضيرات الصغيرة خلط كل أملاح الكبريتات معًا ، وكذلك كل أملاح النترات ، وكل أملاح الفوسفات .

٥ – أما فى حالة المزارع المائية التى لا تستعاد فيها المحاليل المغذية المستعملة فى الرى ، فإنه يتم تحضير ثلاثة محاليل سمادية مركزة ، الأول خاص بالعناصر المغذية الكبرى فقط (النيتروجين

والفوسفور ، والبوتاسيوم ، والكالسيوم ، والمغنسيوم) والثانى خاص بالحديد فقط (وقد يخلط الحديد المخلبى مع محلول العناصر المغذية الكبرى) والثالث خاص بباقى العناصر الدقيقة (البورون ، والمنجنيز ، والزنك ، والنحاس ، والموليبدنم) . ويحتفظ بهذه المحاليل فى خزانات منفصلة (شكل ٤ - ١) ، ثم تخلق فى ماء الرى عند الاستعمال كما سيأتى بيانه فى الفصل السابع . ويؤدى ذلك إلى تجنب ترسيب العناصر ، لأن الأملاح السمادية تتفاعل مع بعضها بسرعة عند خلطها معًا وهى بتركيزات عالية ، أما عند وجودها بتركيزات مخففة مع ماء الرى ، فإنها تبقى ميسرة لمدة طويلة . كما قد تحضر أربعة محاليل قياسية مركزة stock solutions مختلفة تشمل كل العناصر الكبرى ، ومحلول قياس خامس للحديد ، وسادس لباقى العناصر الدقيقة . وتخلط هذه المحاليل المركزة مع الماء بنسب معينة كلما أريد تحضير المحلول المغذى الذى يستعمل فى رى النباتات ، كما فى حالة محلول هوجلاند المغذى (الجزء ٤ - ٢ - ٩) .

شكل ٤ - ١ : خزانات المحاليل القياسية المركزة Stock solutions للعناصر المغذية التى تخلق بنسب معينة فى ماء الرى أثناء عملية الرى . وفى هذه الصورة يخصص اثنان منها لكل بيت من البيوت المحمية الواسعة نسبيًا ، والتى تبلغ مساحة كل منها ٥٠٠٠ متر مربع (شركة الواحة للإنتاج الزراعى - الإمارات العربية المتحدة) .

٤ - ٢ - ٧ : طريقة حساب الكميات اللازمة من الأسمدة المختلفة لتحضير المحاليل المغذية

يمكن حساب الكميات اللازمة من الأملاح السمادية المختلفة لتحضير المحاليل المغذية ، كما فى المثال التالى :

إذا كان التركيز المطلوب للكالسيوم فى المحلول المغذى هو ٢٠٠ جزء فى المليون ، فإنه يلزم ٢٠٠ ملليجرام كالسيوم فى كل لتر من الماء . فإذا علمنا أن كل ١٦٤ ملليجرام من نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$ يوجد بها ٤٠ ملليجرام كالسيوم Ca (من واقع الوزن الجزيئى لنترات الكالسيوم ، والوزن الذرى للكالسيوم ، ومع فرض ١٠٠٪ نقاوة) ، فإن أول خطوة تكون هى حساب كمية نترات الكالسيوم اللازمة للحصول على ٢٠٠ ملليجرام كالسيوم كالتالى :

١٦٤ ملليجرام نترات كالسيوم تعطى ٤٠ ملليجرام كالسيوم

× ملليجرام نترات كالسيوم تعطى ٢٠٠ ملليجرام كالسيوم

$\therefore \times = \frac{١٦٤ \times ٢٠٠}{٤٠} = ٨٢٠$ ملليجرام نترات كالسيوم .

فإذا أذيب ٨٢٠ ملليجرام نترات كالسيوم فى لتر من الماء ، فإننا نحصل على كالسيوم بتركيز ٢٠٠ جزء فى المليون .

وهذا بفرض أن ملح نترات الكالسيوم المستعمل نقى تماماً . فإن لم يكن كذلك (وهو الأمر الغالب) لزم إضافة المزيد من نترات الكالسيوم لتعويض النقص الناشىء عن عدم النقاوة . فمثلاً .. إذا كانت درجة نقاوة نترات الكالسيوم ٩٠٪ ، فإنه يجب أن تكون الكمية المستعملة منها هى $\frac{١٠٠}{٩٠} \times ٨٢٠ = ٩١١$ ملليجرام . وبذلك .. فإنه عند إذابة ٩١١ ملليجرام من نترات كالسيوم ذات نقاوة ٩٠٪ فى لتر من الماء ، فإنها تعطى كالسيوم بتركيز ٢٠٠ جزء فى المليون .

وطبيعى أن تلزم فى معظم الأحوال كميات أكبر من لتر من المحلول المغذى ، ويتطلب ذلك معرفة الاحتياجات المائية أولاً ، ثم استعمال معامل خاص لتحويل الكمية اللازمة من السماد من ملليجرام/لتر إلى رطل/ جالون إنجليزى أو أمريكى . ويحسب هذا المعامل كالتالى :

للتحويل من ١ ملليجرام/ لتر إلى ١ رطل/ جالون إنجليزى :

١ ملليجرام = ٠,٠٠٠٠٠٢٢٠٤٦ رطل

١ لتر = ٠,٢١٩٩٨ جالون إنجليزى

$$\therefore \text{١ ملليجرام/ لتر} = \frac{\text{١ ملليجرام}}{\text{١ لتر}} \times \frac{\text{٠,٠٠٠٠٠٢٢٠٤٦ رطل}}{\text{١ ملليجرام}} \times \frac{\text{١ لتر}}{\text{٠,٢١٩٩٨ جالون إنجليزى}}$$

= ٠,٠٠٠٠١٠٠٢١٨٢ رطل/ جالون إنجليزى

= $\frac{١}{٩٩٧٨٠}$ رطل/ جالون إنجليزى ، وهذا هو معامل التحويل

للتحويل من ١ ملليجرام/ لتر إلى ١ رطل/ جالون أمريكى :

١ ملليجرام = ٠,٠٠٠٠٠٢٢٠٤٦ رطل

١ لتر = ٠,٢٦٤١٧ جالون أمريكى

$$\therefore \text{١ ملليجرام/ لتر} = \frac{\text{١ ملليجرام}}{\text{١ لتر}} \times \frac{\text{٠,٠٠٠٠٠٢٢٠٤٦ رطل}}{\text{١ ملليجرام}} \times \frac{\text{١ لتر}}{\text{٠,٢٦٤١٧ جالون أمريكى}}$$

= ٠,٠٠٠٠٠٨٣٤٥٣ رطل/ جالون أمريكى

$$= \frac{١}{١١٩٨٢٨} \text{ رطل/ جالون أمريكى ، وهذا هو معامل التحويل .}$$

فإذا كان المطلوب هو تحضير ١٠٠ جالون إنجليزى من المحلول المغذى السابق المحتوى على ٢٠٠ جزء فى المليون من الكالسيوم ، فإن كمية نترات الكالسيوم اللازمة تحسب كالتالى :

كمية نترات الكالسيوم اللازمة =

$$\text{٩١١ ملليجرام/لتر} \times \frac{١}{٩٩٧٨٠} = \text{٠,٠٠٩١٣ رطل/ جالون إنجليزى}$$

= ٠,٠٠٩١٣ × ١٠٠ = ٠,٩١٣ رطل/ ١٠٠ جالون إنجليزى .

= ٠,٩١٣ × ١٦ = ١٤,٦٠٨ أوقية/١٠٠ جالون إنجليزى .

ويمكن دمج الخطوات السابقة فى معادلة واحدة كالتالى :

$$W = \frac{CM}{A} \frac{100}{P} K$$

حيث :

W = الوزن اللازم من السماد معبرًا عنه بالرطل/ جالون

C = التركيز المطلوب من العنصر ، معبرًا عنه بالجزء فى المليون

M = الوزن الجزيئى للسماد المستعمل

A = الوزن الذرى للعنصر المطلوب

P = نسبة نقاوة السماد المستعمل

K = عامل التحويل إلى أى من الجالون الإنجليزى أو الجالون الأمريكى .

وفى المثال السابق نجد أن :

$$W = \frac{٢٠٠ \times ١٦٤}{٤٠} \times \frac{١٠٠}{٩٠} \times \frac{١}{٩٩٧٨٠} = \text{٠,٠٠٩١٣ رطل/ جالون إنجليزى .}$$

وإذا كان المركب المستعمل يحتوى على أكثر من عنصر ضرورى للنبات (وتلك هى الحالة الغالبة) ، فإنه يجب حساب الكميات التى تم تأمينها من العناصر الأخرى عندما تم توفير كافة الاحتياجات من العنصر الأول .

فنترات الكالسيوم التى استعملت تحتوى على كالسيوم ونيتروجين ، ولذلك .. فإن الخطوة التالية تكون حساب كمية النيتروجين التى أضيفت بعدما وفرت كل احتياجات الكالسيوم كالتالى :

الكمية المضافة من النيتروجين =

$$\frac{١٤ \times ٢}{١٦٤} \times ٨٢٠ = ١٤٠ \text{ ملليجرام/ لتر (جزء فى المليون) .}$$

وهذا الحساب يجب أن يتم مع استعمال نظام الجزء فى المليون كالتالى :

$$C_{E_2} = \frac{A_{E_2}}{M} \quad \frac{C_{E_1} M}{A_{E_1}} = \frac{A_{E_2} C_{E_1}}{A_{E_1}}$$

حيث إن :

C_{E_2} = الجزء فى المليون المتوفر من العنصر الثانى المطلوب

C_{E_1} = تركيز العنصر الأول المطلوب بالجزء فى المليون

A_{E_2} = الوزن الذرى للعنصر الثانى

A_{E_1} = الوزن الذرى الكلى للعنصر الأول

M = الوزن الجزيئى للمادة المستعملة .

والخطوة التالية تكون هى حساب الكميات الإضافية من العنصر السمادى الثانى التى يلزم توفيرها من مركب سمادى آخر . فمثلاً .. إذا كان المطلوب ١٥٠ جزء فى المليون من الأزوت فى المحلول المغذى ، ∴ الكمية المتبقية اللازمة = ١٥٠ − ١٤٠ = ١٠ جزء فى المليون من الأزوت . وهذه الكمية يمكن الحصول عليها من نترات البوتاسيوم ، فتكون كمية نترات البوتاسيوم اللازمة للحصول على ١٠ أجزاء فى المليون من النيتروجين هى :

$$W_{KNO_3} = \frac{C_N \; M_{KNO_3}}{A_N} \quad \frac{100}{p} \quad K_{Imp.}$$

$$= \frac{10 \times 101}{14} \quad \frac{100}{95} \quad \frac{1}{99780}$$

$$= 0.000\,761 \text{ lb /Imp. gallon}$$

أى حوالى ٠,٠٠٠٠٧٦١ رطل/ جالون إنجليزى ، وهكذا تستمر الحسابات بنفس الطريقة لجميع العناصر الضرورية .

وإذا أدى توفير الاحتياجات من أحد العناصر إلى زيادة تركيز أحد العناصر الأخرى عن الحد المناسب ، فإنه يجب توفير احتياجات العنصر الثانى أولاً ، ثم استعمال حماد آخر فى تأمين باقى الاحتياجات من العنصر الأول (Resh ١٩٨١) .

٤ - ٢ - ٨ : الأسمدة التى يشيع استخدامها فى تحضير المحاليل المغذية

يتضمن جدول (٤ - ٦) قائمة بأسماء أهم الأسمدة المستخدمة فى تحضير المحاليل المغذية ، مع بيان الإسم التجارى ، والتركيب الكيميائى ، والوزن الجزيئى لكل منها ، وكذلك العناصر الغذائية التى توجد بها ، ودرجة ذوبانها فى الماء ، وتكلفتها . ويفيد هذا الجدول فى تخير الأسمدة التى يمكن استعمالها كمصادر للعناصر المختلفة .

كما يوضح فى الفصل السابع كيفية حساب الكميات اللازمة من الأسمدة البسيطة إذا عرفت الكميات المطلوبة للعناصر الكبرى .

أما جدول (٤ - ٧) فإنه يعطى النسبة المئوية للنقاوة فى أهم الأسمدة التجارية المستخدمة كمصادر للعناصر الكبرى .

ولتسهيل العمليات الحسابية ، فإن جدول (٤ - ٨) يعطى الكمية اللازمة من الملح السمادى بالجرام لتحضير ١٠٠٠ لتر من المحلول المغذى بتركيز ١ جزء فى المليون من العنصر المعنى . ويشتمل الجدول على ٢١ سمادًا تعتبر أهم المصادر الشائعة الاستعمال لجميع العناصر الغذائية .

٤ - ٢ - ٩ : أمثلة للمحاليل المغذية المستعملة تجاريًا

تقترب معظم المحاليل المغذية فى تركيبها من محاليل هوجلاند المغذية ، ولذا فسنبدأ بشرح طريقة تحضيرها بالتفصيل ، ثم نتابع ذكر أمثلة للمحاليل الأخرى المستعملة تجاريًا . وللمزيد من أمثلة المحاليل المغذية - خلافًا لتلك المقدمة فى هذا الجزء - فإنه يمكن مراجعة Hewitt (١٩٦٦) و Douglas (١٩٧٦) .

محاليل هوجلاند المغذية Hogland's Nutrient Solutions

يوجد اثنان من محاليل هوجلاند المغذية يكون النيتروجين فى إحدهما نترات فقط ، بينما يتوفر النيتروجين فى المحلول الثانى فى صورتيه النترانية والأمونيومية . ويحضران من تسعة محاليل قياسية standard stock solutions مختلفة . هذا .. ولتحضير المحاليل القياسية ، كما فى جدول (٤ - ٩) ، بينما يحضر محلولا هوجلاند من هذه المحاليل القياسية ، كما هو مبين فى جدول (٤ - ١٠) ، وهى التى تستعمل فى تغذية النباتات (عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠) . ويقتصر استعمال محاليل هوجلاند غالبًا على دراسات فسيولوجيا النبات .

جدول (٤ - ٦) : أهم الأسمدة المستخدمة فى تحضير المحاليل المغذية .

الاسم التجارى للسماد ورمزه الكيميائى	الوزن الجزيئى	العناصر التى يوفرها	درجة الذوبان فى الماء (ملح : ماء)	التكلفة	ملاحظات
		العناصر الكبرى			
نترات البوتاسيوم KNO_3	١٠١,١	$K^+ NO_3^-$	١ : ٤	منخفضة	سريع الذوبان ، رخيص الثمن
نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$	١٦٤,١	Ca^{++} $2(NO_3^-)$	١ : ١	متوسطة	
كبريتات الأمونيوم $(NH_4)_2 SO_4$	١٣٢,٢	$2(NH_4^+)$ SO_4^{--}	١ : ٢	متوسطة	
فوسفات الأمونيوم لثانى الأيدروجين $NH_4 H_2 PO_4$	١١٥,٠	NH_4^+ $N_2 PO_4^-$	١ : ٤	متوسطة	لا تستخدم هذه المركبات إلا تحت ظروف الإضاءة الجيدة ، أو لعلاج حالة نقص الأزوت
فوسفات الأمونيوم أحادى الأيدروجين $(NH_4)_2 HPO_4$	١٣٢,١	$2(NH_4^+)$ HPO_4^{--}	١ : ٢	متوسطة	
فوسفات البوتاسيوم الأحادية KH_2PO_4	١٣٦,١	$K^+ . H_2 PO_4^-$	١ : ٣	مرتفعة جدًا	
كلوريد البوتاسيوم KCl	٧٤,٥٥	$K^+ Cl^-$	١ : ٣	مرتفعة	يستعمل لعلاج حالات نقص البوتاسيوم ، وعندما تقل نسبة كلوريد الصوديوم فى الماء
كبريتات البوتاسيوم $K_2 SO_4$	١٧٤,٣	$2K^+ . SO_4^{--}$	١ : ١٥	منخفضة	تحب إذابته فى الماء الساخن
فوسفات أحادى الكالسيوم $Ca(H_2PO_2) H_2O$	٢٥٢,١	$Ca^{++} . 2H_2 PO_4^-$	١ : ٦٠	منخفضة	

جدول (٤ - ٦) : يتبع

الاسم التجارى للسماد ورمزه الكيميائى	الوزن الجزيئى	العناصر التى يوفرها	درجة الذوبان فى الماء (ملح : ماء)	التكلفة	ملاحظات
سوبر فوسفات ثلاثى $Ca\ H_4\ (PO_4)_2$	يختلف	Ca^{++} $2PO_4$	١ : ٣٠٠	منخفضة	لايستخدم غالبا لضعف ذوبانه فى الماء
كبريتات المغنسيوم $Mg\ SO_4 .\ 7H_2\ O$	٢٤٦,٥	Mg^{++} SO_4^{--}	١ : ٢	منخفضة	
كلوريد الكالسيوم $Ca\ Cl_2$	٢١٩,١	Ca^{++} $2Cl^-$	١ : ١	مرتفعة	يستخدم لعلاج حالات نقص الكالسيوم عندما تقل نسبة كلوريد الصوديوم فى الماء
كبريتات الكالسيوم (الجبس) $Ca\ SO_4 .\ 2H_2\ O$	١٧٢,٢	Ca^{++} SO_4^{--}	١ : ٥٠٠	منخفضة	لايمكن استخدامه فى المحاليل المغذية
حامض الفوسفوريك $H_3\ PO_4$	٨٩,٠	PO_4^{---}	حامض مركز		مقابل حامض الفوسفوريك
		العناصر الصغرى			
كبريتات الحديدوز $Fe\ SO_4 .\ 7H_2\ O$	٢٧٨,٠	Fe^{+3} SO_4^{--}	١ : ٤		
كلوريد الحديديك $Fe\ Cl_3 .\ 6H_2\ O$	٢٧٠,٣	Fe^{+3} $3Cl^-$	١ : ٢		

جدول (٤ - ٦) : يتبع

الاسم التجارى للسماد ورمزه الكيميائى	الوزن الجزيئى	العناصر التى يوفرها	درجة الذوبان فى الماء (ملح : ماء)	التكلفة	ملاحظات
حديد مخلبى Fe EDTA (١٠,٥ ٪ حديد)	٢٨٢,١	Fe^{++}	سريع الذوبان	مرتفعة	أفضل مصادر الحديد يذاب فى الماء الساخن
حامض البوريك $H_3 BO_3$	٦١,٨	B^{+++}	١ : ٢٠	مرتفعة	افضل مصادر البورون يذاب فى الماء الساخن
بوراكس أو نترابورات الصوديوم $Na_2 B_4 O_7 . 10 H_2 O$	٣٨١,٤	B^{+++}	١ : ٢٥		
كبريتات النحاس $Cu So_2 . 5H_2O$	٢٤٩,٧	Cu^{++} So_4^{--}	١ : ٥	منخفضة	
كبريتات المنجنيز $Mn So_4 . 4H_2O$	٢٢٣,١	Mn^{++} So_4^{--}	١ : ٢	منخفضة	
كلوريد المنجنيز $MnCl_2 4H_2O$	١٩٧,٩	Mn^{++} $2Cl^-$	١ : ٢	منخفضة	
كبريتات الزنك $Zn So_4 . 7H_2O$	٢٨٧,٦	Zn^{++} SO_4^{--}	١ : ٣	منخفضة	
كلوريد الزنك $Zn Cl_2$	١٣٦,٣	Zn^{++} $2Cl^-$	١ : ١,٥	منخفضة	
موليبدات الأمونيوم $(NH_4)_6 Mo_7 O_{24}$	١١٦٣,٩	$6NH_4^+$ $7Mo^{+6}$	١ : ٢,٣	مرتفعة نوعا	
زنك مخلبى Zn EDTA	٤٣١,٦	Zn^{++}	سريع الذوبان	مرتفعة	
منجنيز مخلبى Mn EDTA	٣٨١,٢	Mn^{++}	سريع الذوبان	مرتفعة	

جدول (٤ – ٧) : نسبة النقاوة فى بعض الأسمدة التجارية الخامة .

السماد	النقاوة (٪)
فوسفات الأمونيوم	٩٨
كبريتات الأمونيوم	٩٤
نترات الأمونيوم النقية	٩٨
نترات البوتاسيوم	٩٥
نترات الكالسيوم	٩٠
فوسفات أحادى الكالسيوم	٩٢
كبريتات البوتاسيوم	٩٠(١)
كلوريد البوتاسيوم	٩٥
كبريتات المغنسيوم	٤٥
كلوريد الكالسيوم	٧٥
كبريتات الكالسيوم (الجبس)	٧٠
فوسفات أحادى الكالسيوم	٩٨

(١) استبعد ماء التبلور عند حساب نسبة النقاوة .

جدول (٤ – ٨) : كمية السماد التى تلزم لتحضير محلول مغذ بتركيز ١ جزء فى المليون من العنصر الذى يوفره السماد .

السماد وتحليله	العنصر الذى يوفره السماد	كمية السماد بالجرام اللازمة لتحضير ١٠٠٠ لتر من المحلول المغذى بتركيز ١ جزء فى المليون من العنصر المعنى
كبريتات الأمونيوم (٢١ - صفر - صفر)	نيتروجين	٤,٧٦
نترات الكالسيوم (١٥,٥ - صفر - صفر)	نيتروجين	٦,٤٥
	كالسيوم	٤,٧٠
نترات البوتاسيوم (١٣,٧٥ - صفر - ٣٦,٩)	نيتروجين	٧,٣٠
	بوتاسيوم	٢,٦٠
نترات الصوديوم (١٥,٥ - صفر - صفر)	نيتروجين	٦,٤٥
اليوريا (٤٦ - صفر - صفر)	نيتروجين	٢,١٧
نيتروفوسكا (١٥ - ٦,٥ - ٢١,٥)	نيتروجين	٦,٦٠
	فوسفور	١٥,٠٠
	بوتاسيوم	٨,٣٠
فوسفات أحادى البوتاسيوم (صفر - ٢٢,٥ - ٢٨)	بوتاسيوم	٣,٥٣
	فوسفور	٤,٤٥
كبريتات البوتاسيوم (صفر - صفر - ٤٣,٣)	بوتاسيوم	٢,٥٠
كلوريد البوتاسيوم (صفر - صفر - ٤٩,٨)	بوتاسيوم	٢,٠٥
فوسفات أحادى الكالسيوم (صفر - ٢٠,٨ - صفر)	فوسفور	٤,٧٨
فوسفات أحادى الأمونيوم (١١ - ٢٠,٨ - صفر)	فوسفور	٤,٧٨
كبريتات الكالسيوم (الجبس)	كالسيوم	٤,٨٠
حامض البوريك	بورون	٥,٦٤
كبريتات النحاس	نحاس	٣,٩٠
كبريتات الحديدوز	حديد	٥,٥٤
حديد مخلبى ٩٪	حديد	١١,١٠
كبريتات المنجنيز	منجنيز	٤,٠٥
كبريتات المنجنيز المهدرج (ملح إبسون)	منجنيز	١٠,٧٥
ثالث أكسيد الموليبدنم (MoO_3)	موليبدنم	١,٥٠
موليبدات الصوديوم	موليبدنم	٢,٥٦
كبريتات الزنك	زنك	٤,٤٢

جدول (٤ – ٩) : طريقة تحضير المحاصيل القياسية اللازمة لعمل محلول هوجلاند (أ) ، (ب) .

رقم المحلول القياسي	المركب وتركيبه الكيميائي		الكمية اللازمة من المركب بالجرام لتحضير لتر من المحلول القياسي
١	نترات الكالسيوم	$Ca(NO_3)_2 . 4 H_2O$	٢٣٦,٢
٢	نترات البوتاسيوم	$K NO_3$	١٠١,١
٣	فوسفات أحادى البوتاسيوم	$KH_2 PO_4$	١٣٦,١
٤	كبريتات المغنسيوم	$Mg SO_4 . 7 H_2O$	٢٤٦,٥
٥	نترات الكالسيوم	$Ca(NO_3)_2 . 4 H_2O$	٢٣٦,٢
٦	فوسفات أحادى الأمونيوم	$NH_4 H_2 PO_4$	١١٥,٠
٧	كبريتات المغنسيوم	$Mg SO_4 . 7 H_2O$	٢٤٦,٥
٨	حامض البوريك	$H_3 BO_3$	٢,٨٦
	كلوريد المنجنيز	$Mn Cl_2 . 4 H_2O$	١,٨١
	كبريتات الزنك	$Zn SO_4 . 7 H_2O$	٠,٢٢
	كبريتات النحاس	$Cu SO_4 . 5 H_2O$	٠,٠٨
	حامض الموليبديك	$H_2 Mo O_4 . H_2O$	٠,٠٢
٩	حديد مخلبى		ما يكفى من المادة لأن يكون تركيز الحديد فى المحلول القياسى ٠,١ ٪[١]

(١) مثال : إذا استخدم المخضر التجارى Sequestrene 330 كمصدر للحديد ، فإنه يلزم منه ١٠ جم لكل لتر ماء لعمل لتر من محلول الحديد القياسى . نظرًا لاحتواء هذا المركب على الحديد بنسب ١٠٪ .

جدول (٤ – ١٠) : طريقة تحضير محلول هوجلاند أ ، ب من المحاليل القياسية المبينة فى جدول (٤ – ٩) .

محلول هوجلاند[١]	المحلول القياسى (انظر جدول ٤ – ٩)	الكمية اللازمة بالملليمتر (مل) لتحضير لتر من المحلول المغذى
أ	١	٥
	٢	٥
	٣	١
	٤	٢
	٨	١
	٩	١
ب	٥	٤
	٢	٦
	٦	١
	٧	٢
	٨	١
	٩	١

(١) لتحضير أى من المحلولين (أ) أو (ب) تضاف الكميات المبينة من المحاليل القياسية المختلفة إلى ٨٠٠ مل ماء مقطر ، ثم يكمل الحجم النهائى إلى لتر .

محلول هيوت Hewitt المغذى

يحضر محلول هيوت المغذى كما هو فى جدول (٤ – ١١) من الأملاح النقية والماء المقطر ، ويستخدم غالبًا فى دراسات فسيولوجيا النبات (عن Devlin ١٩٧٥) .

جدول (٤ – ١١) : الأملاح المستخدمة فى تحضير محلول هيوت Hewitt المغذى وتركيزاتها به .

الملح	التركيز		
	جم / لتر	جزء فى المليون	ملل مول / لتر
نترات البوتاسيوم KNO_3	٠,٥٠٥٠٠٠	البوتاسيوم = ١٩٥ النيتروجين = ٧٠	٥,٠
نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$	٠,٨٢٠٠٠٠	الكالسيوم = ٢٠٠ النيتروجين = ١٤٠	٥,٠
فوسفات الصوديوم $NaH_2PO_4 . 2H_2O$	٠,٢٠٨٠٠٠	الفوسفور = ٤١	١,٣٣
كبريتات المغنسيوم $MgSO_4 . 7H_2O$	٠,٣٦٩٠٠٠	المغنسيوم = ٢٤	٣,٠٠
سترات الحديديك	٠,٠٢٤٥٠٠	الحديد = ٥,٦	٠,١
كبريتات المنجنيز $MnSO_4$	٠,٠٠٢٢٣٠	المنجنيز = ٠,٥٥	٠,٠١
كبريتات النحاس $CuSO_4 . 5H_2O$	٠,٠٠٠٢٤٠	النحاس = ٠,٠٦٤	٠,٠٠١
كبريتات الزنك $ZnSO_4 . 7H_2O$	٠,٠٠٠٢٩٦	الزنك = ٠,٠٦٥	٠,٠٠١
حامض البوريك H_3BO_3	٠,٠٠١٨٦٠	البورون = ٠,٠٣٧	٠,٠٣٣
موليبدات الألومنيوم $(NH_4)6Mo_7O_{24}.4H_2O$	٠,٠٠٠٠٣٥	الموليبدنم = ٠,٠١٩	٠,٠٠٠٢
كبريتات الكوبالت $CoSO_4.7H_2O$	٠,٠٠٠٠٢٨	الكوبالت = ٠,٠٠٦	٠,٠٠٠١
كلوريد الصوديوم $NaCl$	٠,٠٠٥٨٥٠	الكلور = ٣,٥٥	٠,٠١

محاليل مغذية تحتوى على جميع العناصر الضرورية للنبات ، ويشيع استخدامها فى جهات متفرقة من العالم

١ – فى كاليفورنيا يستعمل محلول مغذ يقارب فى قوته نصف قوة محلول هوجلاند مع بعض التغيير ، ويحضر بإضافة لتر من محلولين قياسيين (١) ، (٢) إلى ٢٠٠ لتر من الماء . وتخزن المحاليل القياسية فى أوعية منفصلة (يفضل أن تكون بلاستيكية أو مبطنة بالبلاستيك) لتجنب ترسيب العناصر . وبرغم أنه يمكن تخزين المحاليل المركزة دون مشاكل ، إلا أنه يكتفى عادة بتحضير كميات تكفى لعدة أسابيع فقط .

ويلزم لتحضير المحلول القياسى رقم (١) الكميات التالية من الأملاح ومحلول العناصر الدقيقة المركزة :

	الكمية اللازمة لكل ٢٠٠ لتر ماء
نترات البوتاسيوم KNO_3	٩,٦ كجم
فوسفات البوتاسيوم KH_2PO_4	٥,٥ كجم
كبريتات المغنسيوم $MgSO_4.7H_2O$	٩,٦ كجم
محلول العناصر الدقيقة المركز	٢٠,٠ لتر

أما المحلول القياسى رقم (٢) ، فتستخدم فى تحضيره الكميات التالية من الأملاح :

	الكمية اللازمة لكل ٢٠٠ لتر ماء
نترات الكالسيوم التجارية $Ca(NO_3)_2$	١٧,٤ كجم
حديد مخلبى (Sequestrene 330)	٠,٩ كجم

هذا .. ويضاف الحديد المخلبى إلى كمية قليلة من الماء قبل إضافته إلى محلول نترات الكالسيوم المركز . ويستخدم فى تحضير محلول العناصر الدقيقة المركز الكميات التالية من الأملاح :

	الكمية اللازمة لكل ٢٠ لتر ماء (جم)
حامض البوريك H_3BO_3	٥٤,٠
كبريتات المنجنيز $MnSO_4.H_2O$	٢٨,٠
كبريتات الزنك $ZnSO_4.7H_2O$	٤,٠
كبريتات النحاس $CuSO_4.5H_2O$	١,٠
حامض الموليبديك $MoO_3.2H_2O$	٠,٥

يذاب حامض الموليبديك أولًا فى ماء مغلى . وتضاف الأملاح الأخرى إلى وعاء يتسع لعشرين لترًا ، وتقلب جيدًا فى نحو ١٢ لتر ماء ، ثم يضاف حامض البوريك المذاب ، ويكمل الوعاء ليصبح حجم المحلول ٢٠ لترًا .

وعند تحضير المحلول الغذائى ، فإن المحلولين القياسيين (١) ، (٢) لا يضافا إلى بعضهما البعض ، وإنما يضاف كل منهما منفردًا إلى الماء ، على أن تكون النسبة ١ محلول قياسى رقم (١) : ١ محلول قياس رقم (٢) : ٢٠٠ ماء ، مع ملاحظة أن زيادة نسبة المحاليل القياسية عن ذلك تؤدى إلى ترسيب بعض العناصر . ويحتوى المحلول المغذى الناتج على العناصر المختلفة بالتركيزات المبينة فى جدول (٤ – ١٢) .

٢ – فى فلوريدا يستعمل محلول مغذ تستخدم فى تحضيره الكميات التالية من الأملاح (عن Douglas ١٩٧٦) :

	الكمية بالجرام/ ١٠٠٠ لتر ماء
نترات البوتاسيوم	٣٦٥
كبريتات الأمونيوم	٨٠
فوسفات أحادى الكالسيوم	١٧٠
كبريتات المغنسيوم	١٦٠
كبريتات الكالسيوم	٩٠٠
مخلوط أملاح العناصر الدقيقة	١٨

جدول (٤ - ١٢) : تركيز العناصر فى المحلول المغذى المستعمل فى كاليفورنيا .

العنصر	التركيز	
	بالجزء فى المليون	بالملل مكافىء/ لتر
الهيدروجين الهيدروجينى	١٠٣	٧,٥
الفوسفور (على صورة H_2PO_4)	٣٠	١,٠
البوتاسيوم	١٤٠	٣,٥
الكالسيوم	٨٣	٤,٠
المغنسيوم	٢٤	٢,٠
الكبريت (على صورة SO_4)	٣٢	٢,٠
الحديد	٢,٥	
البورون	٠,٢٥	
المنجنيز	٠,٢٥	
الزنك	٠,٠٢٥	
النحاس	٠,٠١	
الموليبدنم	٠,٠٠٥	

ويحضر مخلوط أملاح العناصر الدقيقة بخلط الكميات التالية من الأملاح خلطًا جيدًا جدًا .

	الكمية بالجرام
كبريتات الحديد	١١٣
كبريتات المنجنيز	٧,٥
كبريتات النحاس	٣,٥
بوراكس (Sodium tetraborate)	٨,٥
كبريتات الزنك	٣,٥

٣ - يستعمل فى تكساس المحلول المغذى التالى بنجاح (Winsor & Hosma ١٩٧٩)

السماد	التحليل	كمية السماد بالجرام لكل ١٠٠ جالون من المحلول السمادى
نترات البوتاسيوم	١٣ - صفر - ٤٤	٩٧
نترات الكالسيوم	١٥,٥ - صفر - صفر	٣٦٠
كبريتات البوتاسيوم والمغنسيوم	صفر - صفر - ٢٢	١٦٧
كبريتات البوتاسيوم	صفر - صفر - ٥٠	١٣٠
حديد مخلبى	١٠٪ حديد	١١,٥
حامض الفوسفوريك	P_2O_5 ٧٥٪	٥٠ مل
كبريتات المنجنيز	٢٧٪ منجنيز	١,٥
حامض البوريك		٢,٢
كبريتات الزنك	٣٦٪ زنك	٠,٥
كبريتات النحاس	٢٥٪ نحاس	٠,٥
ثالث أوكسيد الموليبدنم	٦٦٪ موليبدنم	٠,٠٤

٤ - يستعمل فى إنجلترا المحلول الغذائى التالى بنجاح مع الطماطم والخيار (عن Jones ١٩٨٢) :

	نترات السماد بالجرام لكل ١٠٠ جالون من المحلول السمادى
نترات البوتاسيوم	٢٥٣,٦
كبريتات المغنسيوم	١١٧,٩
نترات الكالسيوم	٣٧٤,٧
فوسفات البوتاسيوم	٥٢,٩
حديد مخلبى	٦,٩
كبريتات المنجنيز	٠,٨
حامض البوريك	٠,٧
كبريتات الزنك	٠,١
كبريتات النحاس	٠,١
موليبدات الأمونيوم	٠,٠٣

٥ – يستعمل فى اليابان محلولان أحدهما للخضر الثمرية ، والثانى للخضر الورقية ، ويحضران كما يلى :

	الكمية بالجرام/ ١٠٠٠ لتر ماء
(أ) محلول الخضر الثمرية	
نترات البوتاسيوم	٨١٠
نترات الكالسيوم	٩٥٠
كبريتات المغنسيوم	٥٠٠
فوسفات الأمونيوم	١٥٥
(ب) محلول الخضر الورقية	
نترات البوتاسيوم	٨١٠
نترات الأمونيوم	٣٢٠
كبريتات المغنسيوم	٥٠٠
سوبر فوسفات مركز	٥٨٠

يضاف لكل من المحلولين حديد مخلبى بتركيز ٣ أجزاء فى المليون ، وبورون بتركيز ٠,٥ جزء فى المليون .

٦ – يستعمل فى الكويت محلول مغذ يحضر من الأملاح التالية :

	كمية الملح اللازمة (جم/ ١٠٠٠ لتر ماء)
كبريتات المغنسيوم	٣٣٩,٣٠
فوسفات أحادى الكالسيوم	١٢٨,٨٧
نترات الكالسيوم	٢٠٠٢,٠٠
نترات البوتاسيوم	٢٦٤,٠٠
كبريتات البوتاسيوم	١٨,٨٤
كلوريد الصوديوم	١٥٦,٦٠
حامض النيتريك المركز	١٣,٠٠ مل
حامض الأيدروكلوريك المركز	٢٠,٠٠ "

ويمكن إحلال فوسفات أحادى البوتاسيوم بمعدل ١٣١,٦٩ جم/ ١٠٠٠ لتر ماء محل فوسفات أحادى الكالسيوم . وتضاف لما سبق العناصر الدقيقة بالمعدلات التالية :

	كمية الملح اللازمة (ملليجرام/ لتر ماء)
سترات الحديد والأمونيوم	
Ferric ammonium citrate	١,٠٠
كبريتات المنجنيز	٠,٥٠
كبريتات النحاس	٠,٠٥
كبريتات الزنك	٠,٠٥
مسحوق حامض البوريك	٠,٥٠
حامض الموليبديك	٠,٠١

٧ – يستعمل فى بولندا محلول مغذ يحضر من الأملاح التالية (عن Douglas ١٩٧٦) :

	كمية الملح اللازمة (جم/ لتر ماء)
نترات البوتاسيوم	٠,٦
نترات الكالسيوم	٠,٧
نترات الأمونيوم	٠,١
سوبر فوسفات ثلاثى	,٥
كبريتات المغنسيوم	٠,٢٥
كبريتات الحديد	٠,١٢
حامض البوريك	٠,٠٠٠٦
كبريتات المنجنيز	٠,٠٠٠٦
كبريتات الزنك	٠,٠٠٠٦
كبريتات النحاس	٠,٠٠٣٠
موليبدات الأمونيوم	٠,٠٠٠٦

ويمكن زيادة حموضة هذا المحلول بإضافة حامض الفوسفوريك إليه بمعدل ١٠٠ مل لكل ١٠٠٠ لتر من المحلول المغذى . كذلك يمكن حذف نترات الأمونيوم شتاءً ، وزيادة كبريتات النحاس صيفا ، وإضافة ٠,٣ جم كبريتات بوتاسيوم فى الجو المليد بالغيوم .

محاليل مغذية تحتوى على العناصر الكبرى فقط

تستعمل فى تحضير هذه المحاليل الدرجات التجارية من الأسمدة ، وهى التى تتوفر فيها العناصر الدقيقة فى صورة شوائب . وتتشابه هذه المحاليل مع بعضها البعض إلى حد كبير (عن Turner & Henry ١٩٣٩) :

	كمية الملح (جم/ ١٠٠٠ لتر)	تركيز الملح (ملل مول)
محلول رقم (١)		
كبريتات المغنسيوم	٢٦٠	١,٠
سوبر فوسفات ثلاثى	٣١٠	١,٠
نترات البوتاسيوم	٨٨٠	٨,٠
كبريتات الأمونيوم	٢٨٠	٢,٠
محلول رقم (٢)		
كبريتات المغنسيوم	٦٥	٠,٥
سوبر فوسفات ثلاثى	١٥٥	٠,٥
نترات البوتاسيوم	١١٠٠	١٠,٠
كبريتات الكالسيوم (الزراعى)	٧٦٠	٤,٠
كبريتات الأمونيوم	١٤٠	١,٠
محلول رقم (٣)		
كبريتات المغنسيوم	٥٢٠	٤,٠
سوبر فوسفات ثلاثى	٦٢٠	٢,٠
نترات البوتاسيوم	٦٦٠	٦,٠
نترات الكالسيوم	٧٢٠	٤,٠
كبريتات الأمونيوم	٧٠	٠,٥
محلول رقم (٤)		
كبريتات المغنسيوم	٦٥	٠,٥
سوبر فوسفات ثلاثى	١٥٥	٠,٥
نترات البوتاسيوم	٦٦٠	٦,٠
نترات الكالسيوم	٧٢٠	٤,٠
كبريتات الأمونيوم	١٦٠	٢,٠

محلول رقم (٥)	تركيز الملح (ملل مول)
نترات البوتاسيوم	٦٧٢
كبريتات الأمونيوم	١٦٨
كبريتات المغنسيوم	٥٦
فوسفات أحادى الكالسيوم	١١٢
نترات الكالسيوم	١١٢
كبريتات الحديدوز	٣ ملاعق كبيرة
كبريتات المنجنيز (محلول ١٪)	٣٠٠ مل

محاليل مغذية تستعمل تجاريًا مع محاصيل خاصة وفى مراحل معينة من نموها

يبين جدول (٤ – ١٣) طريقة تحضير أربعة محاليل مغذية هى : (أ) ، (ب) ، (جـ) ، (د) تستخدم فى الأغراض التالية :

١ – يستعمل المحلول (أ) فى تغذية الطماطم من مرحلة البادرة حتى مرحلة عقد الثمار الأولى على النبات .

٢ – يستعمل المحلول (ب) فى تغذية الطماطم من مرحلة عقد الثمار الأولى حتى نهاية المحصول .

٣ – يستعمل المحلول (جـ) فى تغذية الخيار من مرحلة البادرة حتى مرحلة عقد الثمار الأولى .

كما يستخدم أيضًا بنفس التركيب فى تغذية الخضر الأخرى غير الورقية ، وللخضر الورقية بعد زيادة مستوى النيتروجين به من ١١٤ إلى ٢٠٠ جزء فى المليون .

٤ – يستعمل المحلول (د) فى تغذية الخيار من مرحلة عقد الثمار الأولى إلى نهاية المحصول . هذا .. ويبين جدول (٤ – ١٤) طريقة تحضير محلول العناصر الدقيقة الذى يضاف بمعدل ١٥٠ مل لكل ١٠٠٠ لتر من أى من المحاليل الأربعة السابقة الذكر (عن Collins & Jensen ١٩٨٣) .

٤ – ٣ : أنواع المزارع المائية

المزارع المائية هى أى نظام يتبع لإنتاج النباتات فى بيئة غير التربة ، مع ريها بالمحاليل المغذية ، بدلًا من الماء العادى ، سواء استعملت مادة صلبة (مثل الرمل ، والحصى ، والفيرميكوليت ، والبيت ، والصوف الصخرى ... إلخ) لتوفير دعم للنمو النباتى ، أم لم تستعمل .

وتقسم المزارع المائية حسب وجود أو عدم وجود المادة الصلبة إلى :

١ – نظم توجد فيها بيئة صلبة لنمو الجذور Aggregate System

٢ – نظم لا توجد فيها بيئة صلبة لدعم الجذور Liquid System ، ويتم فيها تدعيم وتثبيت الجذور بوسائل خاصة .

كما تقسم الزراعات المائية حسبما إذا كان المحلول المغذى يستعمل فيها مرة واحدة ، أو يعاد استخدامه عدة مرات إلى :

١ - النظم المفتوحة Open Systems : حيث لا يستعمل فيها المحلول المغذى سوى مرة واحدة . وهذه الزراعات تسقى بماء يحقن أثناء الرى بالمحاليل القياسية المركزة للعناصر الغذائية كما سبق بيانه فى جزء (٤ - ٢ - ٩) . ولا تلزم لها خزانات كبيرة للمحاليل المغذية ، بل تكفى تلك التى تستخدم فى تخزين المحاليل القياسية المركزة .

٢ - النظم المغلقة Closed Systems : حيث يستعاد فيها المحلول المغذى ، ويعاد استخدامه عدة مرات ، مع تعديل تركيز العناصر به كلما دعت الضرورة (Collins & Jensen ١٩٨٣) . ونظرًا لأن هذه الزراعات تسقى بالمحاليل المغذية المخففة مباشرة ، لذا فإنها لا تحتاج إلى أجهزة لخلط المحاليل السمادية المركزة بالماء ، ولكن تلزم لها خزانات كبيرة لخفض المحاليل المغذية المستعملة فى الرى .

جدول (٤ - ١٣) : طريقة تحضير محاليل مغذية خاصة بمحاصيل فى مراحل معينة من نموها .

تركب السمادى (الدرجة التجارية) وتركيبه الكيماوى وأفضليته (ن - فو - بو)	المحلول والتركيز							
	(أ)		(ب)		(جـ)		(د)	
	جزء فى المليون	جم/ ١٠٠٠ لتر	جزء فى المليون	جم/ ١٠٠٠ لتر	جزء فى المليون	جم/ ١٠٠٠ لتر	جزء فى المليون	جم/ ١٠٠٠ لتر
كبريتات المغنسيوم (ملح إبسوم) $M_g SO_4 . 7 H_2 O$	مغ٥٠	٥٠٠	مغ٥٠	٥٠٠	مغ٥٠	٥٠٠	مغ٥٠	٥٠٠
فوسفات أحادى البوتاسيوم (صفر - ٢٢,٥ - ٢٨) $KH_2 PO_4$	بو٧٧ فو٦٢	٢٧٠	بو٧٧ فو٦٢	٢٧٠	بو٧٧ فو٦٢	٢٧٠	بو٧٧ فو٦٢	٢٧٠
نترات البوتاسيوم (١٣,٧٥ - صفر-٣٦,٩)	بو٧٧ ن٢٨	٢٠٠	بو٧٧ ن٢٨	٢٠٠	بو٧٧ ن٢٨	٢٠٠	بو٧٧ ن٢٨	٢٠٠
كبريتات البوتاسيوم[٢] (صفر - صفر - ٤٣,٣) $K_2 SO_4$	بو ٤٥	١٠٠	بو ٤٥	١٠٠	—	—	—	—
نترات الكالسيوم (١٥,٥ - صفر - صفر) $Ca (NO_3)_2$	ن٨٥ كا١٢٢	٥٠٠	ن١١٦ كا١٦٥	٦٨٠	ن١١٦ كا١٦٥	٦٨٠	ن٢٣٢ كا٣٣٠	١٣٥٧
حديد مخلبى[٣] Sequestrene 330	ح ٢,٥	٢٥	ح ٢,٥	٢٥	ح ٢,٥	٢٥	ح ٢,٥	٢٥
محلول العناصر الدقيقة[٤]	—	١٥٠مل	—	١٥٠مل	—	١٥٠مل	—	١٥٠مل

(١) أنظر متن الكتاب بخصوص استعمالات هذه المحاليل .
(٢) استعمال كبريتات البوتاسيوم اختيارى .
(٣) قد يتطلب الأمر زيادة تركيز الحديد إلى ٥ جزء فى المليون إذا كان وسط الزراعة جيرى .
(٤) أنظر جدول (٤ - ١٤) بخصوص طريقة تحضير محلول العناصر الدقيقة .

جدول (٤ - ١٤) : طريقة إعداد محلول العناصر الدقيقة الذى يستخدم فى تحضير المحاليل المغذية المبينة فى جدول (٤ - ١٣) .

الملح ورمزه الكيميائى	العنصر الذى يوفره الملح	تركيز العنصر بالجزء فى المليون فى المحاليل النهائية (المبينة فى جدول ٤ - ١٣)(١)	عدد جرامات الملح فى مخلوط أملاح العناصر الدقيقة(٢)
حامض البوريك H_3BO_3	البورون	٠,٤٤	٧,٥٠
كلوريد المنجنيز $MnCl_2.4H_2O$	المنجنيز	٠,٦٢	٦,٧٥
كلوريد النحاس $CuCl_2.2H_2O$	النحاس	٠,٠٥	٠,٣٧
أكسيد الموليبدنم O_3	الموليبدنم	٠,٠٣	٠,١٥
كبريتات الزنك $ZnSO_4.7H_2O$	الزنك	٠,٠٩	٠,١٨

(١) يضاف محلول العناصر الدقيقة إلى المحاليل المغذية المبينة فى جدول (٤ - ١٣) بنسبة ١٥٠ مل منه لكل ١٠٠٠ لتر من المحاليل المغذية .

(٢) يحتوى المخلوط على ١٥,٩٥ جراما من الأملاح التى تضاف إلى ٤٠٠ مل ماء ، وتقلب جيدا مع التسخين ، ثم يعدل حجم محلول العناصر الدقيقة بعد أن يبرد إلى ٤٥٠ مل بإضافة الماء إليه .

٤ - ٤ : المزارع الرملية

تعتبر المزارع الرملية Sand Culture أكثر المزارع الأرضية شيوعًا ، وهى من النظم المفتوحة التى لا تستعمل فيها المحاليل المغذية سوى مرة واحدة . وفيها تنمو النباتات فى الرمل الخالص ، وتسقى بماء يخفن أثناء عملية الرى بالمحاليل القياسية المركزة Stock Solutions للعناصر المغذية ، ويكون الرى فيها بطريقة التنقيط . وسنقتصر مناقشتنا فى هذا الجزء على المزارع الرملية التجارية ، أما تلك المستخدمة فى دراسات تغذية النبات ، فإنه يمكن الإطلاع على التفاصيل الخاصة بها فى Hewitt (١٩٦٦) .

جدول (٤ - ١٥) : التوزيع المثالى لحجم حبيبات الرمل فى المزارع الرملية .

حجم حبة الرمل (بالملليمتر)	التوزيع (٪)
أكثر من ٤,٧٦٠	١
٤,٧٦٠ - ٢,٣٨٠	١٠
٢,٣٨٠ - ١,١٩٠	٢٦
١,١٩٠ - ٠,٥٩٠	٢٠
٠,٥٩٠ - ٠,٢٧٧	٢٥
٠,٢٧٧ - ٠,١٤٩	١٥
٠,١٤٩ - ٠,٠٧٤	٣
أقل من ٠,٠٧٤	١

والمزارع الرملية المثالية هي التي يكون توزيع حجم حبيبات الرمل فيها كما هو مُبين في جدول (٤ - ١٥) ، ويساعد ذلك التوزيع على تحسين التهوية والتهوية ، مع الاحتفاظ بالقدر المناسب من الرطوبة في بيئة نمو الجذور . وعمومًا .. فإن الرمال المستعملة يجب أن تغسل جيدًا من السلت والطين .

وتقام المزارع الرملية بإحدى الطرق الآتية :

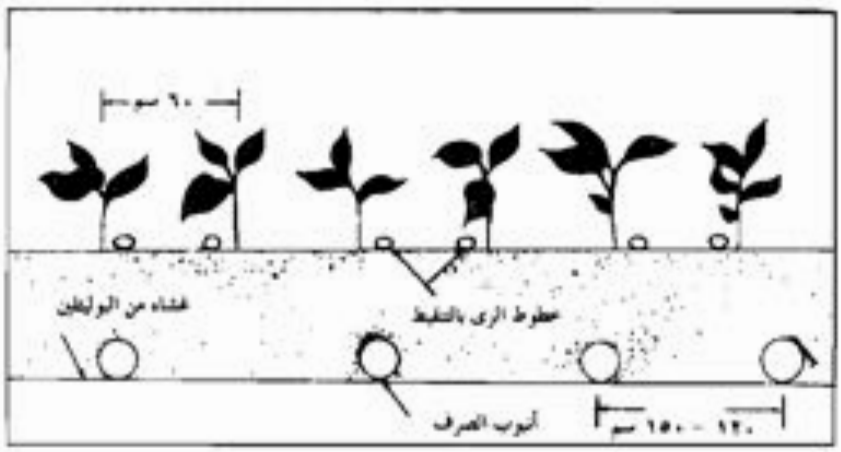
١ - بالزراعة مباشرة في رمال الشواطئ، بعد غسلها جيدًا بالماء كما كان عليه الحال في المزارع الرملية بجزيرة السعديات في « أبو ظبي » (Fontes ١٩٧٣) . ولا تختلف الزراعة في هذا النوع من المزارع كثيرًا عن الزراعة في البيوت المحمية العادية .

٢ - بالزراعة على سطح أرض البيت بعد فرشه بالبلاستيك ، ثم بالرمل المستخدم كبيئة للزراعة . وفي هذه الطريقة تحضر الأرض أولًا بالتسوية الجيدة ، مع ميل يبلغ ١٥ سم لكل ٣٠ مترًا للمساعدة على تحسين الصرف وغسل الزرعة إذا دعت الضرورة لذلك . تفرش الأرض بعد ذلك بشرائح بولثيلين سوداء بسمك ١٥٠ ميكرون ، مع جعل الشرائح المتجاورة متداخلة لمسافة متر تقريبًا . توضع بعد ذلك أنابيب للصرف بقطر $\frac{1}{2}$ ١ - ٢ بوصة على سطح البلاستيك في خطوط تبعد عن بعضها البعض بمسافات موحدة من ١٢٠ - ١٥٠ سم ، ويتوقف ذلك على طبيعة الرمل المستخدم في الزرعة . ويجب أن تكون خطوط الأنابيب مع اتجاه ميل الأرض . وتوصل هذه الأنابيب في الجانب ذي المستوى المنخفض من البيت بأنبوب صرف رئيسي . وقد تصمم الزرعة بحيث يكون انحدارها من الجانبين نحو الوسط ، حيث يوضع أنبوب رئيسي للصرف يكون متصلًا بأنابيب فرعية متعامدة عليه من الجانبين المائلين ، مع جعل أرضية البيت كلها مائلة من أحد جانبي أنبوب الصرف الرئيسي نحو الجانب الآخر لتسهيل حركة ماء الصرف . هذا .. وتحتوي أنابيب الصرف على ثقوب من جانبها السفلي تسمح بدخول الماء الزائد إليها . ويفيد هذا الوضع السفلي للثقوب في تقليل فرصة نمو جذور النباتات خلالها . ويجب أن تكون أطراف أنابيب الصرف بارزة فوق سطح التربة من بدايتها (من عند الأطراف التي توجد في مستوى مرتفع من المزرعة) حتى يمكن تنظيفها كلما دعت الضرورة . تملأ ذلك تغطية المساحة كاملة بالرمل لعمق ٣٠ سم ، مع مراعاة أن يكون سطح الرمل منحدرًا بنفس انحدار سطح البيت المغطى بالبلاستيك . ويلاحظ أن نقص عمق طبقة الرمل عن ٣٠ سم في بعض المناطق يجعل من الصعب الاحتفاظ بمستوى واحد من الرطوبة في كل أرجاء المزرعة ، كما تزيد فرصة نمو جذور النباتات داخل أنابيب الصرف (شكل ٤ - ٢) .

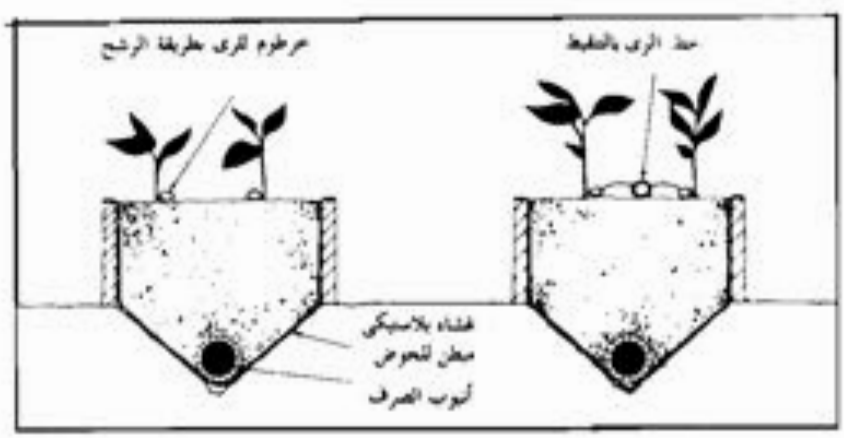
وتروى النباتات في هذا النوع من المزارع بطريقة التنقيط ٤ مرات يوميًا لمدة ٥ - ٨ دقائق في كل مرة ، مع حقن ماء الري بالخلايل المغذية كما سبق الذكر . هذا .. ولا يعاد استخدام ماء الصرف في هذا النظام وإن كان من الممكن جمعه وتخزينه لحين استعماله في الزراعات المكشوفة .

٣ - بالزراعة في أحواض خاصة تصمم إما على سطح التربة مباشرة (شكل ٤ - ٣) ، أو على مدماك خاصة . وتُبطن هذه الأحواض بالبولثيلين الأسود ، كما في الطريقة السابقة . ويكون قاع الحوض مائلًا بمقدار ١٥ سم لكل ٦٠ مترًا ، ويوضع أنبوب للصرف في القاع بامتداد طول

الحوض . هذا .. وتتصل أنابيب الصرف الخاصة بالأحواض المختلفة بأنبوب صرف رئيسى يسمح بتجميع الماء الزائد . وتكون الأحواض بعرض ٦٠ – ٧٥ سم ، وبعمق ٣٠ – ٤٠ سم . وقد يكون القاع مستويًا ، أو مستديرًا ، أو على شكل حرف ٧ ، مع وضع أنبوب الصرف فى الوسط .



شكل ٤ – ٢ : مزرعة رملية مقامة على أرض البيوت المحمية بعد فرشها بالبلاستيك ، ثم بالرمل الذى يستخدم كبيئة للزراعة .



شكل ٤ – ٣ : مزرعة رملية فى أحواض خاصة على شكل حرف ٧ ، ومقامة على سطح الأرض مباشرة .

هذا .. وفى جميع أنواع المزارع الرملية تعطى النباتات فى كل ريه محلولاً مغذيًا بالقدر الذى يكفى لتسرب ٨ – ١٠٪ فقط من كمية المحلول المضافة ، وبذلك نضمن غسل الأملاح المتجمعة أولاً بأول ، دون الإسراف فى استعمال الخاليل المغذية . ويجب فحص ماء الصرف مرتين أسبوعيًا لمعرفة تركيز الأملاح به ، فإذا زادت عن ٢٠٠٠ جزء فى المليون ، وجب غسل المزرعة كلها بالماء إن كانت الأملاح الزائدة أساسها الصوديوم ، فإن لم تكن كذلك ، فإنه يكفى الرى بالماء العادى لعدة أيام إلى أن تقوم النباتات نفسها بامتصاص الأملاح وخفض تركيزها فى المزرعة .

ويجب كذلك فحص جهاز حقن الخاليل السمادية المركزة فى ماء الرى مرتين أسبوعيًا للتأكد من دقة عمله . كما يجب فحص تركيز الأملاح الذائبة فى الماء المستخدم فى الرى بعد حقنها بالخاليل السمادية المركزة .

وبرغم أن حقن الخاليل السمادية المركزة فى ماء الرى تعد أفضل طريقة لإيصال المحلول المغذى لنباتات فى هذا النوع من المزارع ، إلّا أنه لا يوجد ما يمنع من تخزين محلول مغذ مخفف ليستعمل فى الرى مباشرة . وفى هذه الحالة يجب أن تكون الخزانات بسعة تكفى احتياجات جميع النباتات لمدة أسبوع واحد على الأقل . وإذا وجد أكثر من محصول واحد مزروع فى نفس البيت وكل منهم ذو احتياجات سمادية خاصة به ، لزم أن يكون لكل منهم محلوله المغذى الخاص ، ونظامه المستقل للرى ، بما فى ذلك خزانات الخاليل المغذية ، لكن لا يكون من السهل فى هذه الحالة تغيير تركيز العناصر فى ماء الرى حسب متطلبات النمو النباتى والعوامل الجوية ، بينما يمكن تحقيق ذلك بسهولة عند اتباع نظام الحقن .

هذا .. ولا توجد معاملات خاصة بالخاليل المغذية بعد تحضيرها سوى تقدير الـ pH كل فترة إن كان الماء المستخدم فى تحضير هذه الخاليل قلويًا بدرجة عالية . كما يلزم تنظيف خزانات الخاليل السمادية من المواد العالقة والمترسبة كل فترة ، خاصة قبل إعادة تحضيرها من جديد . وفى حالة احتواء الرمل على نسبة عالية من الجير وجب إعطاء عناية خاصة للعناصر التى يمكن أن تثبت تحت هذه الظروف ، مثل : الحديد ، والفوسفور وغيرهما .

وتعقم المزارع الرملية بطرق التعقيم العادية بالمركبات الكيميائية ، مثل : بروميد الميثايل ، والفابام والأخير يمكن المعاملة به من خلال نظام الرى ، لكن كلاهما لا يفيد فى التخلص من فيروس تبرقش الدخان وتبرقش الخيار إن وجدا فى البيئة الرملية ، حيث يلزم للتخلص منهما التعقيم بالبخار .

٤ – ٥ : مزارع الحصى

تعتبر مزارع الحصى Gravel Culture ثانى أكثر المزارع المائية انتشارًا ، وهى من النظم المغلقة Closed Systems التى تستعاد فيها الخاليل المغذية ، ويعاد استعمالها عدة مرات . وتتكون بيئة نمو الجذور فى هذه المزارع من حصى صغير يكون أغلبه بحجم حبة البسلة .

وأفضل أنواع الحصى لهذه المزارع هو الجرانيت المجروش فى صورة حبيبات صغيرة غير منتظمة تتراوح فى قطرها من ١,٦ مم – ١٨ مم ، على أن يكون أكثر من نصف الحصى المستعمل بقطر ١٢ مم تقريبًا ، وأن يكون من نوعية صلبة لا تتفتت مع الاستعمال .

وتصمم مزارع الحصى بحيث تسقى النباتات فيها إما بطريقة الرى تحت السطحى ، أو بطريقة التنقيط ، لكن غالبية المزارع يتبع فيها النظام الأول ، حيث يضخ المحلول المغذى من أسفل حتى يصل مستواه إلى نحو ٢,٥ سم من سطح المزرعة ، ثم يسمح له بالصرف ثانية إلى خزان المحلول ليعاد ضخه من جديد بعد فترة ... وهكذا يستمر استعمال نفس المحلول لمدة تتراوح من ٢ – ٦ أسابيع ، ثم يتم التخلص منه ، ويحضر محلول جديد .

وتؤثر الفترة بين الريات تأثيرًا كبيرًا على إمداد النباتات بحاجتها من الماء والعناصر الغذائية والأكسجين اللازم لتنفس الجذور . وتتأثر الفترة المناسبة بدورها بعدد من العوامل هى :

١ – حجم الحبيبات

٢ – مسطح الحبيبات

٣ – الفصول المزروع

٤ – تعداد النمو النباتى

٥ – العوامل الجوية

٦ – الوقت من اليوم

فالحبيبات المنتظمة الشكل الكبيرة تحتاج لتكرار الرى على فترات متقاربة ، عما إذا كانت الحبيبات غير منتظمة الشكل ، وصغيرة ، وذات مسطح كبير . وتحتاج النباتات الطويلة (التى تنمو رأسيًا كالطماطم والخيار) للرى على فترات متقاربة ، عما فى حالة النباتات القصيرة (كالخس) لزيادة المسطح الورقى فيها ، بالمقارنة بالنباتات القصيرة النمو ، كما تتقارب الريات فى الجو الحار وفى وسط النهار ، حيث ترتفع درجة الحرارة ، وتزداد شدة الإضاءة .

هذا .. ويتراوح عدد مرات الرى لمعظم مزارع الحصى من ٣ – ٤ مرات يوميًا خلال فصل الشتاء – حينما يكون الجو مليئًا بالغيوم – إلى كل ساعة على الأكثر نهارًا فى الجو الحار أثناء الصيف ، ولا حاجة للرى ليلًا . ونظرًا لأن النباتات تمتص الماء بسرعة أكبر مما تمتص العناصر المغذية ، لذا فإننا نجد أن تركيز الأملاح يزداد تدريجيًا فى الغشاء المائى المحيط بحبات الحصى بعد كل ربة . وتزداد سرعة تركيز الأملاح مع زيادة معدل النتح ، لكن الربة التالية تخفض تركيز الأملاح فى الغشاء المحيط بحبات الحصى إلى المستوى الموجود فى المحلول المغذى . ومن الضرورى التحكم فى الفترة بين الريات ، بحيث لا يزداد تركيز الأملاح بهذا الغشاء إلى الحد الذى يضر بالنباتات ، أو يؤدى إلى استنزاف العناصر المغذية منه ، وهو الأمر الذى قد يحدث عند تأخير الرى كثيرًا فى الجو المليد بالغيوم ، خاصة عندما تكون الرطوبة النسبية قريبة من درجة التشبع .

وبرغم أن الرى يعيد تركيز الأملاح فى الغشاء المحيط بالحصى إلى ما هى عليه الحال فى المحلول المغذى ، إلا أن تكرار الرى بنفس المحلول يؤدى حتمًا إلى تغيرات فى تركيبه ، بما فى ذلك تركيز الأملاح ، ونسبة العناصر لبعضها البعض ، والـ pH ، وهذا تحتاج المحاليل المغذية إلى عمليات خدمة خاصة للمحافظة عليها قريبة من الصورة التى كانت عليها بعد تحضيرها مباشرة .

هذا .. وتؤثر سرعة ضخ المحلول المغذى فى بيئة الحصى وانصرافه منها على توفير الأكسجين اللازم لتنفس الجذور والنمو الطبيعى للنباتات . فنجد عند ضخ المحلول المغذى من أسفل أنه يدفع أمامه الهواء الموجود فى المسافات البينية وهو يحتوى على نسبة أقل من الأكسجين ، ونسبة أعلى من ثانى أكسيد الكربون عما يوجد فى الهواء الجوى . وعندما ينصرف المحلول المغذى ، فإن الهواء الجوى الغنى بالأكسجين يحل محله تدريجيًا ، وبذلك تتحقق التهوية اللازمة لتنفس الجذور . وكلما ازدادت سرعة تحرك المحلول المغذى فى البيئة ، ازدادت سرعة التهوية ، لكن تقصير المدة بين الريات كثيرًا قد يؤدى إلى قلة التهوية ، نظرًا لأن المسافات البينية الصغيرة تكون ما زالت ممتلئة بالمحلول المغذى قبل الرية التالية ، وبذلك لا يتجدد الهواء فى البيئة .

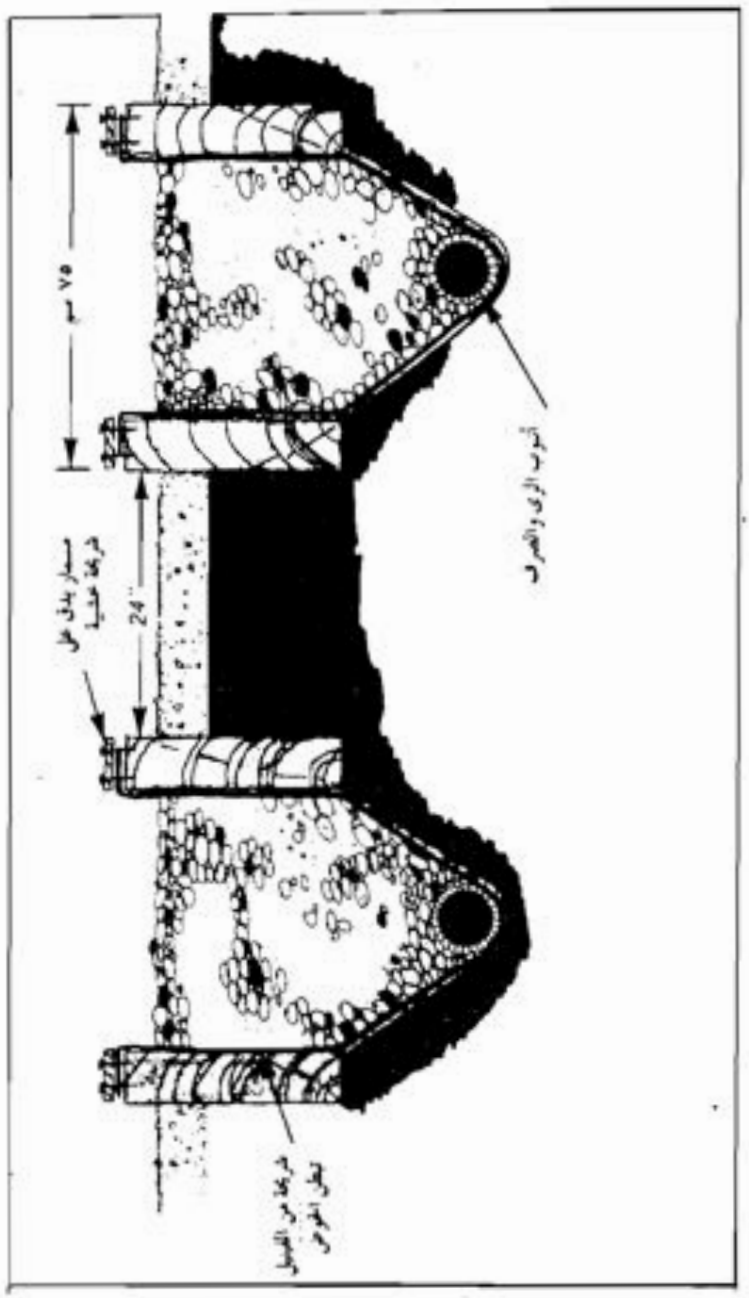
ويكفى عادة مدة ٢٠ – ٣٠ دقيقة لضخ المحلول المغذى ، وصرف الزائد منه بالكامل ، بحيث لا يتبقى منه سوى غشاء رقيق يحيط بالحصى حتى الرية التالية . ويمكن تحقيق ذلك بوضع أنابيب صرف كبيرة فى قاع مزرعة الحصى .

وقد سبق أن ذكرنا أن المحلول المغذى يجب أن يصل مستواه إلى أسفل سطح مزرعة الحصى بنحو ٢,٥ سم . ويفيد ذلك فى بقاء سطح المزرعة جافًا ، فلا تنمو عليه الطحالب ، كما يقل فقد الماء بالبخر ، ويساعد على خفض الرطوبة النسبية عند قاعدة النبات ، ويمنع نمو الجذور فى الطبقة السطحية من الحصى . وترجع أهمية ذلك إلى أن الحصى قد ترتفع درجة حرارته كثيرًا فى الجو الحار ؛ مما يضر بالجذور . ويمكن التحكم فى المستوى الذى يصل إليه المحلول المغذى فى بيئة الزراعة بوضع أنابيب لصرف المحلول الزائد عند المستوى المرغوب .

ويجب ألا تقل درجة حرارة المحلول المغذى أبدًا عن درجة حرارة الهواء المحيط بالنبات ، لأن الحرارة الشديدة الانخفاض قد تؤدى إلى ذبول النباتات . ويفضل تخزين الماء اللازم لتجديد المحاليل المغذية منذ الصباح حتى ترتفع درجة حرارته أثناء النهار . وإذا لزم الأمر تدفئته صناعيًا ، فإنه يمكن إجراء ذلك بسهولة بالطرق الكهربائية ، على ألا يكون ملفات التسخين أية طبقات من الرصاص أو الزنك ، لأنها قد تسبب تسمم النباتات بهذه العناصر . ويفضل أن تكون الملفات من الصلب الذى لا يصدأ ، أو أن تكون مغلفة بالبلاستيك .

تصمم أحواض الزراعة على شكل حرف ٧ (شكل ٤ – ٤) ، وتصنع من الخشب المبطن بالبلاستيك ، أو من الأسمنت المسلح ، لأن جميع الأجزاء المعدنية تتآكل بسرعة نتيجة لوجود الأملاح السمادية فى المحاليل المغذية ، كما أن الأجزاء المعدنية المجلفنة والمغطاه بالنحاس يمكن أن تؤدى إلى تسمم النباتات من جراء إحداثها لزيادة كبيرة غير مرغوبة فى تركيز عنصرى الزنك والنحاس ، وهما عنصران لا يحتاجهما النبات إلا بتركيزات منخفضة للغاية ، ولهذا يفضل أن تكون جميع المواد المستخدمة فى صنع هذه المزارع من البلاستيك ، بما فى ذلك أنابيب ضخ وصرف المحاليل المغذية التى تصنع من البولى فينايل كلورايد (PVC) ، وتكون بقطر ٣ بوصة ، وتوضع فى قاع الحوض .

هذا وتكون الأحواض بعرض لا يقل عن ٦٠ سم ، وبعمق ٣٠ – ٣٥ سم ، وبطول لا يزيد عن ٣٦ – ٤٠ مترًا ، وبميل قدره ٢,٥ – ٥ سم كل ٣٠ مترًا .



شكل ٤ – ٤ : مزرعة حصى لزرع بطريقة الري تحت السطحي .

ويتم دخول المحلول المغذى من الأنابيب إلى البيئة ، ثم يصرف منها إلى الأنابيب ثانية من خلال ثقوب صغيرة بتراوح قطرها من ٦ – ١٢ مم فى الثلث السفلى من الأنابيب ، وتوزع هذه الثقوب كل ٣٠ – ٦٠ سم على امتداد الأنابيب .

وقد تكون الأحواض محفورة فى الأرض (الرملية عادة) ، وقد تقام على مناضد مرتفعة عن سطح الأرض . وفى كلتا الحالتين تبطن الأحواض (بعد إقامتها حسب التصميم والميل المناسبين) بشرائح الفيدابل سمك نصف ملليمتر (٥٠٠ ميكرون) ، ثم توضع أنبوبة الـ PVC فى مكانها بالقاع ، على أن تكون ثقوبها لأسفل ، حتى لا تنمو فيها جذور النباتات بسهولة . أما بطانة الفيدابل ، فإنها تثبت على حافة جانبى الحوض من أعلى بمسامير .

تملأ الأحواض حتى مستوى يقل عن حافتها بمقدار ٢,٥ سم من جانب خزان المحلول المغذى ، وبمقدار ٥ سم من الجانب الآخر . ويؤدى ذلك إلى جعل مستوى المحلول المغذى على بعد ٢,٥ سم من قمة الحصى بامتداد حوض الزراعة ، لأن قاع الحوض يكون منحدرًا ، بينما يكون مستوى المحلول المغذى أفقيًا ، وبذلك يمكن المحافظة على مستوى واحد للرى والرطوبة الأرضية بامتداد الحوض .

ويجب أن تبرز أنابيب الرى والصرف أعلى مستوى المزرعة من جانب الأحواض القريب من خزان المحلول المغذى ، حتى يمكن تنظيفها كلما دعت الضرورة . ويجرى ذلك مرة واحدة سنويًا بطريقة آلية يستعمل فيها جهاز يُدير فُرش خاصة داخل الأنابيب .

ومن الضرورى أن يكون الخزان المستعمل فى حفظ المحلول المغذى كبيرًا بدرجة تتسع لضعف كمية المحلول اللازمة لملء أحواض الزراعة ، حتى يتوفر الأمان الكافى بالنسبة للرى والتغذية . كما يجب أن تكون طلمبة ضخ المحلول قادرة على ملء المراقد حتى المستوى المطلوب فى خلال ١٠ – ١٥ دقيقة ، وأن تكون أنابيب الصرف قادرة على تصريف كل المحلول الزائد فى خلال ١٠ – ١٥ دقيقة أخرى . ويفضل أن تخصص مضخة للمحلول المغذى لكل ٣٥٠ – ٣٧٥ متر مربع من المزرعة .

أما عند اتباع طريقة الرى بالتنقيط ، فإن المنقطات توضع بالقرب من قاعدة النبات ، ويتصرف المحلول الزائد من أسفل من أنابيب الـ PVC . ولا يختلف تصميم هذا النظام عن سابقه ، إلا أن حبيبات الحصى يجب أن تكون أصغر حجمًا (بقطر يتراوح من ٣ – ٦ مم) لتسمح بالحركة الأفقية للمحلول المغذى . وتتميز طريقة الرى بالتنقيط بأن أنابيب الرى لا تنسد بنمو الجذور فيها ، كما أن التهوية تكون أفضل مما فى طريقة الرى تحت السطحى . ويعاب عليها قلة الحركة الأفقية للماء فى منطقة نمو الجذور بسبب كبر المسافات بين حبيبات الحصى ، مما يؤدى إلى كثرة النمو الجذرى فى القاع ، حيث تتوفر الرطوبة ، وهو الأمر الذى يؤدى فى النهاية إلى انسداد ثقوب أنابيب الصرف بنمو الجذور فيها .

وتعقم مزارع الحصى بين الزراعات المتتالية بمحلول مركز نسبيًا من هيبوكلوريد الصوديوم ، أو حامض الأيدروكلوريك بتراوح تركيز الكلور فيه من ١٠٠٠٠ – ٢٠٠٠٠ جزء فى المليون . وتغسل المراقد والخزانات عدة مرات بالمحلول كل منها لمدة ٢٠ دقيقة ، ثم تصفى وتغسل جيدًا بالماء عدة مرات ، وتترك بعد ذلك مهواة لمدة ١ – ٢ يوم قبل استعمالها فى الزراعة مرة أخرى . ومع

تراكم الجذور النباتية فى الحصى سنة بعد أخرى لا يصبح التعقيم بيوكلوريد الصوديوم مجديًا ، ويلزم حينئذ التعقيم ببروميد الميثايل أو بالفابام .

وفى حالة رش النباتات أو تعفيرها أو تبخيرها بأية مادة لمدة طويلة ، فإنه يجب الإسراع بغسل الزرعة جيدًا بالماء بعد المعاملة مع صرف الماء المستعمل فى الغسيل ، حتى يتم التخلص من أية مادة قد تضر بجذور النباتات .

ومن أهم عيوب مزارع الحصى ما يلى :

١ - ارتفاع التكاليف الإنشائية .

٢ - تراكم الجذور فى الحصى مع تكرار الزراعة سنة بعد أخرى ، وهو الأمر الذى يؤدى فى النهاية إلى انسداد الثقوب التى توجد بأنابيب الرى والصرف ، مع العلم بأن التخلص من هذه الجذور يعد أمرًا غاية فى الصعوبة .

٣ - احتمال الانتشار السريع لبعض الآفات المرضية التى تصيب النباتات عن طريق الجذور ، مثل : الفطريات المسببة للذبول الفيوزارمى ، وذبول فيرتيسيليم (Resh ١٩٨١) .

٤ - ٥ - ١ : عمليات خدمة المحاليل المغذية فى مزارع الحصى

تستعمل المحاليل المغذية فى مزارع الحصى (كما فى جميع النظم المقفلة Closed Systems) عدة مرات ولمدة طويلة ، مما يؤدى إلى إحداث تغيرات كبيرة فى التركيز الكلى للعناصر بها ، وفى التركيز النسبى لكل عنصر والـ pH . وتتوقف سرعة حدوث هذه التغيرات على العوامل التى تؤثر على سرعة النتح ، وسرعة امتصاص العناصر ، وهى :

١ - العوامل الجوية من حرارة ، وضوء ، ورطوبة نسبية .

٢ - المحصول المزروع .

٣ - مرحلة النمو النباتى .

ونظرًا لأن امتصاص النباتات للماء يكون أسرع من امتصاصها للعناصر ، فإن التركيز العام للعناصر بالمحلول المغذى يزداد مع استمرار استعماله فى الرى . وهذه الأسباب ... فإن المحاليل المغذية فى النظم المقفلة تخضع لعمليات خدمة خاصة كما يلى :

تعديل تركيز العناصر فى المحلول المغذى وتجديده على فترات

تجدد المحاليل المغذية على فترات كالتالى :

١ - أسبوعيًا عند استعمالها فى تغذية النباتات القوية النمو وهى فى مرحلة الإثمار ، خاصة تحت الظروف الجوية المناسبة للنمو .

٢ - كل ٢ - ٣ أسابيع عند استعمالها فى الظروف الجوية العادية ، وفى مراحل النمو الأخرى .

٣ - كل ٢ - ٣ أشهر كحد أقصى عند استعمالها فى الحالات التى تتخذ فيها إجراءات خاصة كالتالى :

(أ) تحليل المحلول المغذى للتعرف على العناصر التى يتناقص تركيزها ، وتلك التى يتزايد تركيزها النسبى فى المحلول المغذى .

(ب) إضافة الأسمدة التى تعوض العناصر التى تستنفذ بسرعة من المحلول المغذى .

(جـ) عند تحليل العناصر وتسجيل درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى يوميًا أو كل ٢ – ٣ أيام لمراقبة تركيز العناصر التى يتزايد تركيزها النسبى ، نظرًا لعدم امتصاص النبات لها بنفس معدل امتصاصه للعناصر الأخرى ، مع عدم السماح بزيادة درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى عن ٤ ملى موز/سم ، علمًا بأن المجال المناسب يتراوح من ٢ – ٤ ملليموز/ سم . ويجدد المحلول عادة كل شهرين مع تعديل تركيزه أسبوعيًا بالتحليل المنتظم . وتقل الفترة عن ذلك إذا كان حصى المزرعة قد سبق استخدامه فى الزراعة من قبل (يراجع Douglas ١٩٧٥) فيما يتعلق بالطرق العملية المتبعة فى تقدير تركيز العناصر المغذية الكبرى كل منها على حدة) .

المحافظة على حجم المحلول المغذى

يجب الإبقاء على كمية المحلول المغذى ثابتة لمنع تركيز الأملاح به . ويتوقف مقدار الماء المضاف على كمية الماء التى تمتصها النباتات ، والتى تتراوح عادة من ٥ – ٣٠٪ من حجم المحلول المغذى يوميًا .

ويمكن تعويض الماء الممتص بإحدى الطرق التالية :

١ – بإعادة المحلول المغذى إلى حجمه الأصلى يوميًا .

٢ – بإعادة المحلول المغذى إلى أكثر من حجمه الأصلى أسبوعيًا ، حيث يتناقص إلى أقل من حجمه الأصلى مع نهاية الأسبوع قبل إضافة الماء إليه من جديد .

٣ – بتزويد خزان المحلول المغذى بمصدر للماء ذى صمام تتحكم فيه عوامة طافية تغلق الصمام عند وصول مستوى المحلول المغذى إلى المستوى المطلوب ، وهى أفضل طريقة .

وكإجراء وقائى للتغلب على مشكلة نقص حجم المحلول المغذى ، فإنه يفضل استعمال كمية كبيرة منه بتخصيص ما لا يقل عن ٧ لترات لكل نبات ، ويفضل زيادتها إلى ١٥ – ٢٠ لترًا ، حيث يمكن فى هذه الحالة إعادة استخدام المحلول المغذى عدة مرات بدون مشاكل .

المحافظة على pH المحلول المغذى فى المجال المناسب

تؤدى كثرة استعمال المحلول إلى تغيرات فى الـ pH ، نتيجة عدم امتصاص النباتات للعناصر بنفس القدر ، كما تزداد هذه التغيرات عند المحافظة على حجم المحلول بإضافة ماء يحتوى على نسبة مرتفعة من الكالسيوم والبيكربونات ، لذلك فإنه يلزم اختبار pH المحلول المغذى أسبوعيًا للوقوف على أى تغير فيه مع تعديله إذا لزم الأمر ليكون دائمًا فى المجال المناسب ، وهو من ٦ – ٦.٥ . وأفضل وسيلة لتعديل الـ pH هى باستخدام الأحماض والقلويات (Johnson ١٩٧٩ ، Resh ١٩٨١) . ويمكن الرجوع إلى Douglas (١٩٧٦) بخصوص الطرق العملية لتقدير pH المحاليل المغذية باستعمال الدلائل .

٤ - ٦ : مزارع بالات القش

تعتبر مزارع بالات القش Straw Bale Culture من النظم المفتوحة Open Systems التي لا يعاد فيها استعمال المحاليل المغذية .

وقد استخدمت مزارع بالات القش في أوروبا وفي بعض البلدان العربية ، كالعراق ، لغرض إنتاج الخيار . ومن أهم عيوبها أن القش يكون سريع التحلل ؛ فلا يمكن استعماله إلا لموسم زراعي واحد ، لكن هذا التحلل يساعد على رفع درجة حرارة جذور النباتات ، وزيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الصوبة .

تفرش أرضية البيت أولًا بشرائح البولثيلين ، ثم توضع بالات قش القمح أو الشعير عليها في موضع خطوط الزراعة ، على أن يزيد عرض شرائح البولثيلين عن عرض البالات المستعملة بمقدار ٣٠ سم من كل جانب ، ثم تشبع البالات جيدًا بالماء ، ويلزم لذلك عادة ٦٠ لتر ماء يوميًا لكل بالة (زنة ٢٠ كجم) لمدة أربعة أيام . وبعد ذلك تضاف نترات الأمونيوم بمعدل ١٤٠ - ١٧٠ جم لكل بالة ، ثم تروى يوميًا لعدة أيام . ويضاف في كل من اليومين السابع والعاشر نحو ٨٥ جرامًا أخرى من نترات الأمونيوم ، كما تضاف أيضًا في اليوم العاشر الكميات التالية من الأسمدة لكل ٢٠ كيلو جرامًا من القش :

٣٠٠ جم سوبر فوسفات أحادي

٣٠٠ جم نترات بوتاسيوم

٨٥ جم كبريتات مغنسيوم

٥٥ جم كبريتات الحديدوز

ثم تروى النباتات يوميًا إلى أن تصبح بالات القش جاهزة للزراعة . ويجب عدم استخدامها في الزراعة قبل أن تنخفض درجة حرارتها إلى ٣٨°م ، لأنها قد تصل إلى ٦٠°م وهي في ذروة التحلل .

وتجرى الزراعة بوضع نباتات الخيار أو الطماطم في حفرة صغيرة تعمل في البالة وتتسع لصلية الجذور . وقد تضاف التربة لهذه الحفرة إن كانت الجذور بدون صلية حولها . وتروى النباتات بعد ذلك بطريقة التنقيط مع حقن الماء المستعمل في الري بالمحاليل الغذائية القياسية المركزة .

ويراعى في هذا النظام عمل حساب النقص الذي يحدث في ارتفاع البالة نتيجة التحلل بجعل الخيوط التي ترقى عليها النباتات مرخية قليلًا ، حتى لا يؤدي تحلل البالة ونقص ارتفاعها إلى نزع النباتات من جذورها خارج القش . كما يراعى أن الاحتياجات المائية تكون أكبر ، نتيجة لزيادة مسطح النبخر من بالات القش .

ومن أهم مميزات هذا النظام في الزراعة عدم الحاجة إلى تعقيم المزرعة ، إلا أن القش المستخدم يجب أن يكون خاليًا تمامًا من بقايا مبيدات الحشائش (Witwer & Honma ١٩٧٩) .

هذا . وقد تروى مزارع القش بطريقة الرش مع إضافة الأسمدة الصلبة إلى سطح البالات لتذوب تدريجيًا في ماء الري . وفي هذه الحالة .. فإن مزارع بالات القش لا تعد من المزارع المائية ، برغم استمرار كونها من المزارع اللاأرضية .

٤ – ٧ : مزارع الصوف الصخرى

تعتبر مزارع الصوف الصخرى Rockwool Culture من النظم المفتوحة Open Systems التى لا يعاد فيها استعمال المحاليل المغذية . وفيها تنمو جذور النباتات فى بيئة صناعية تسمى بالصوف الصخرى Rockwool (يشبه القطن) وتسقى بماء يحقن أثناء عملية الرى بالمحاليل القياسية المركزة للعناصر المغذية ، ويكون الرى فيها بطريقة التنقيط .

وقد بدأت مزارع الصوف الصخرى فى الدانمرك فى الخمسينيات من هذا القرن وانتشرت فى السنوات الأخيرة فى دول أخرى كثيرة ، وحلّت جزئيًا محل مزارع تقنية الغشاء المغذى (الجزء ٤ – ٩ – ٣) التى ترتفع تكاليفها الإنشائية ، وتعتمد كثيرًا على الطاقة فى تشغيلها .

ويصنع الصوف الصخرى بتسخين الحجر الجيرى وصخر البازلت معاً إلى درجة ١٦٠٠°م ، حيث ينصهرا ، ثم يتدفقا فى جهاز يدور بسرعة عالية جدًا ، حيث تتكون من السائل المنصهر ألياف رفيعة تضاف لها مواد أخرى قبل أن تبرد لتجعلها قادرة على الاحتفاظ بالرطوبة . وعندما يتجمد المنتج النهائى ، فإنه يكون على شكل وسائد طولية من ألياف بقطر ٥ ميكرون ، وتحتوى على ٩٧٪ مسافات بينية مملوءة بالهواء ، وتبلغ كثافتها ٧٠ كجم/ متر مكعب . وتكون الألياف فى وسائد الصوف الصخرى المستعمل فى الأغراض الزراعية رأسية لتسمح بتحرك الماء ونمو الجذور رأسيًا بصورة جيدة . أما الألياف الأفقية ، فإن الجذور لا تتعمق خلالها كثيرا ، بل تميل للنمو الأفقى .

هذا .. ولا يتحلل الصوف الصخرى بيولوجيًا ، ولا يحتوى على أية مواد ذائبة ، وعليه .. فإنه لا يمد النبات بأى غذاء ، كما أنه لا يدمص العناصر المغذية ، لأن سعته التبادلية الكاتيونية لا تذكر . ويتراوح الـ pH فيه من ٧ – ٨,٥ . وفى بداية الزراعة نجد أن الصوف الصخرى يؤدى إلى رفع pH المحلول المغذى الذى يبلله لأول مرة بمقدار وحدة pH . ولهذا .. فإنه يجب أن يقل pH المحلول المغذى بهذا القدر عند أول استخدام للوسائد .

ويتوفر الصوف الصخرى على الأشكال التالية :

١ – على شكل حبيبات صغيرة تفيد فى زيادة التهوية بمخاليط الزراعة التى تستعمل فى الأصص ، حيث تضاف للمخاليط بنسبة ٣٣٪ بالحجم .

٢ – على شكل مكعبات طول ضلعها ٤ أو ٧,٥ سم لأغراض إنتاج الشتلات . ترص المكعبات الصغيرة على طاولات الزراعة ، أما الكبيرة ، فإنها تغلف من جوانبها بالبولثيلين لمنع التبخر والنمو الجانبى للجذور فى المكعبات المجاورة . ويمكن أن تجهز المكعبات الكبيرة بانخفاضات صغيرة فى مركزها لتوضع بها المكعبات الصغيرة .

٣ – على شكل وسائد بسمك ٧,٥ سم ، وعرض ١٥ – ٣٠ سم ، وبطول ٧٥ ، ١٠٠ ، ١٢٥ سم .

تنتج الشتلات أولًا فى المكعبات الصغيرة بزراعة البذور فى حفر تعمل فى المكعبات ، وتغطى بصوف صخرى محبب ، ثم توزع الشتلات على مكعبات أكبر (شكل ٤ – ٥) . ويتم أثناء ذلك إعداد البيت بفرشة بالبلاستيك ، وتوزيع الوسائد على خطوط الزراعة بعد تغليفها بالبلاستيك

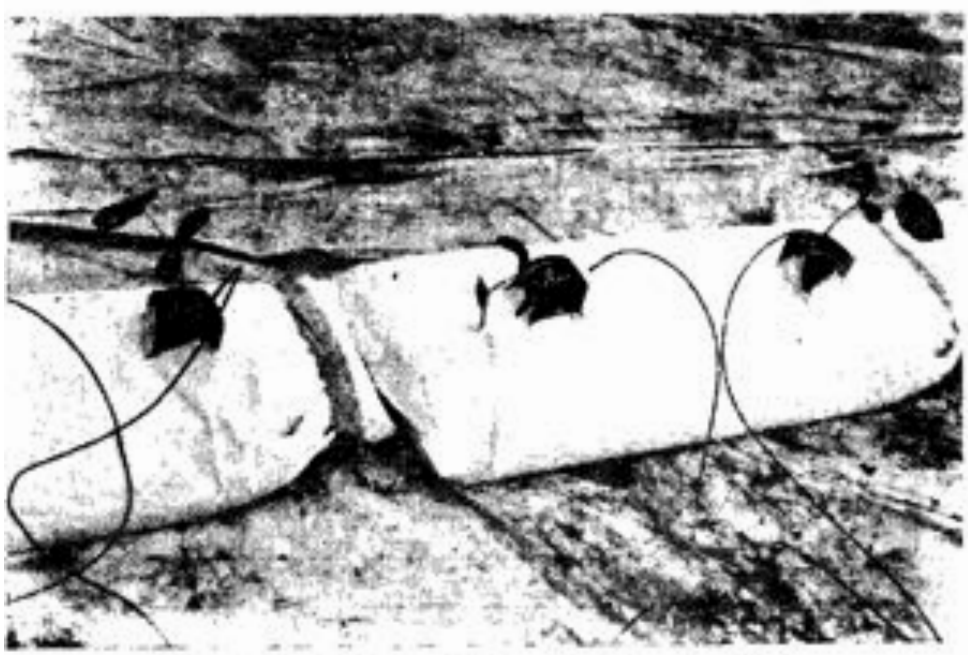
(شكل ٤ - ٦) ، ثم توضع الشتلات بمكعباتها على سطح الوسائد فى فتحات تعمل فى الغلاف البلاستيكى على المسافات المرغوبة . ويراعى أن تكون جذور الشتلة بارزة من المكعبات عند الشتل . ويزرع عادة بكل وسادة نباتا خيار (شكل ٤ - ٧) ، أو ثلاثة نباتات طماطم (شكل ٤ - ٨) . ويكون الرى بطريقة التنقيط باستعمال أنابيب رفيعة (أشكال ٤ - ٨ ، ٤ - ٩ ، ٤ - ١٠) . ويوضح شكل (٤ - ١١) التصميم العام للمزرعة .

شكل ٤ - ٥ : إنتاج شتلات الخيار فى مكعبات الصوف الصخرى الكبيرة المغلفة بالبولييثين الأسود .

شكل ٤ – ٦ : وسائد الصوف الصخرى المغلفة بالبلاستيك ، وقد وزعت على أرضية البيت بعد فرشها بالبلاستيك .

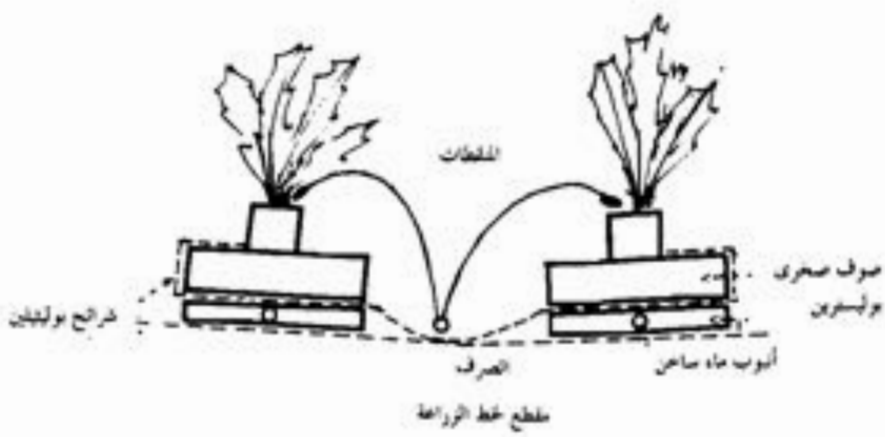
شكل ٤ – ٧ : نباتات خيار مزراة رأسيًا فى مزرعة صوف صخرى تتعدل نباتين لكل وسادة .

شكل ٤ - ٨ : نباتات طماطم مربأة رأسيًا فى مزرعة صوف صخرى تتعدل ثلاثة نباتات بكل وسادة . يلاحظ فيها أنابيب الرى بالتنقيط التى تزود كل نبات على حدة بحاجته من المحلول المغذى .



شكل ٤ - ٩ : خيار مشتول حديثًا فى مزرعة صوف صخرى . يلاحظ بالصورة أن الفتحة التى قطعت فى كيس الوسادة بقدر مساحة مكعب النشلة دون زيادة أو نقصان . وأن كل نبات يروى على حدة بأنبوب خاص يمده بالمحلول المغذى بطريقة التنقيط .

شكل ٤ - ١٠ : رى نبات الفلفل فى مزرعة صوف صخرى بطريقة التنقيط .



شكل ٤ - ١١ : تصميم مزرعة الصوف الصخرى .

ويؤدى تغليف وسائد الصوف الصخرى بالبولثيلين إلى منع تسرب المحلول المغذى إلى المناطق المنخفضة ومنع انتشار الأمراض . وتشق فتحات صغيرة فى الغلاف البلاستيكى للوسائد قرب القاعدة بالجانبين فى منتصف المسافة بين النباتات ، وكذلك فى نهايتى كل وسادة للمساعدة على تحسين الصرف ، وتشجيع الحركة الأفقية للمحلول المغذى فى الوسادة .

تسقى النباتات دائمًا بالمحاليل المغذية بنظام حقن المحاليل القياسية المركزة فى ماء الرى أثناء عملية الرى . وتحتاج النباتات إلى ثلاث ريّات يوميًا فى المتوسط ، لكن عدد الريات قد يختلف عن ذلك حسب حجم النباتات ودرجة حرارة الجو . ويجب أن يتوقف الرى عندما يبدأ تنقيط المحلول المغذى من الوسادة ، مع إعطاء ربة غزيرة كل فترة لمنع تراكم الأملاح داخل الوسائد .

هذا .. ولا يكون توزيع المحلول المغذى متجانسًا فى كل الوسادة . فعندما يكون سمك الوسائد ١٥ سم نجد أن الـ ٢,٥ سم السفلية تكون مشبعة كلية بالماء ، ثم تقل درجة التشبع بالماء تدريجيًا كلما اتجهنا لأعلى إلى أن تصل إلى ١٠٪ فقط من المسافات البينية فى الـ ٢,٥ سم العلوية . أما عندما تكون الوسائد بسمك ٧,٥ سم ، فإن المحلول المغذى يضاف لها بما يكفى لملء ٧٧٪ من المسافات البينية ، ويترك الباقى مملوءًا بالهواء . ولهذا السبب فإنه يجب عند استعمال مكعبات صغيرة فى إنتاج الشتلات أن توضع على سطح مسامى لتحسين التهوية بها .

ومن الضرورى سحب عينات أسبوعية من المحلول المغذى من داخل الوسائد بحقن خاصة لاختبار تركيز العناصر به ومعرفة أى تغير فى الـ pH . ويتم تعديل معدل حقن المحاليل السمادية المركزة فى ماء الرى ، تبعًا لنتائج التحليل ، بحيث تظل درجة التوصيل الكهربائى دائمًا فى حدود ١,٧ – ٢,٠ ملل موز .

هذا .. ويمكن استخدام وسائد الصوف الصخرى لمدة سنة فى إنتاج الخيار ، ولمدة سنتين فى إنتاج الطماطم . وفى حالة استعمالها لمدة سنتين ، فإنه يجب تعقيمها بعد انقضاء السنة الأولى . ومن المفضل رى المحصول خلال الأيام الأخيرة بالماء فقط للعمل على خفض مستوى الأملاح بالوسائد للزراعة التالية . ويمكن التخلص من الماء الزائد فى الوسائد قبل التعقيم بمنع الرى خلال الأيام الثلاثة الأخيرة من المحصول السابق . كما يساعد وضع الوسائد على جانبها فى سرعة التخلص من الماء الموجود بها . ويجرى التعقيم باستعمال بروميد الميثايل أو بالبخار لمدة ٣٠ دقيقة بعد رص الوسائد فوق بعضها البعض وتغطيتها بغطاء مناسب لهذا الغرض . ويفضل قلب الوسائد على الجانب الآخر قبل استعمالها فى الزراعة الثانية (Nelson ١٩٨٥) .

٤ – ٨ : مزارع مخاليط البيت والمواد الأخرى

تعتبر مزارع مخاليط البيت Peat Mixtures والمواد الأخرى ، كالرمل ، والفيرميكيوليت ، والبرليت ، والوليستربن ، ونشارة الخشب من النظم المفتوحة Open Systems التى لا تستعمل فيها المحاليل المغذية سوى مرة واحد . وفيها تنمو النباتات فى مخاليط خاصة أساسها البيت موس غالبًا . وقد يكون أى من المخاليط التى لا تحتوى على تربة معدنية ويأتى بيانها فى الفصل الخامس. كما يمكن استعمال المخلوط المبين فى جدول (٤ – ١٦) فى معظم هذه النوعيات من المزارع. هذا.. وتسقى هذه المزارع دائمًا بماء يحقن أثناء الرى بالمحاليل القياسية المركزة للعناصر المغذية ، ويكون الرى بطريقة التنقيط .

جدول (٤ - ٦) : مخلوط من البيت والعناصر الغذائية للاستخدام فى مزارع مخاليط البيت .

المادة	الكمية بالكجم لكل متر مكعب من البيت موس	تركيز العنصر فى المخلوط بالجزء فى المليون
طباشير مسحوق	٤,٢	–
حجر جيرى دولوميتى	٣,٠	٣٢٦ مغ
سوبر فوسفات أحادى	٤,٧٥	٣٧٠ فو
نترات الأمونيوم	٠,٤٥	١٥٠ ن
كبريتات البوتاسيوم	١,٥	٥٩٠ بو
مزيج العناصر الصغرى Frit WM 255	٠,٤	–

ومن الضرورى تقدير pH مخاليط الزراعة قبل استعمالها وتعديله إذا لزم الأمر إلى المجال المناسب ، وهو من ٦ – ٦,٥ ، ويكون ذلك بإضافة مسحوق الحجر الجيرى أو الكبريت الزراعى حسب المعدلات التالية :

لرفع pH مخلوط الزراعة من – إلى	تلزم إضافة الكميات التالية من مسحوق الحجر الجيرى بالكيلو جرام لكل ١٠م٣ من مخلوط الزراعة
٥ – ٦,٠	٢,٢٥
٥ – ٦,٥	٢,٧٠
٦ – ٦,٥	٠,٤٥

لخفض pH مخلوط الزراعة من – إلى	تلزم إضافة الكميات التالية من الكبريت الزراعى بالكيلو جرام لكل ١٠ م٣ من مخلوط الزراعة
٨ – ٧,٠	٠,٧٥
٨ – ٦,٥	١,٣٠
٨ – ٦,٠	١,٨٠

ويلزم الرى جيدا بعد المعاملة ، مع العلم بأن أثر الكبريت يظهر بعد نحو ٦ – ٩ أسابيع من إضافته (Collins & Jones ١٩٨٣) .

ونقدم فيما يلى عرضا موجزا لأهم أنواع هذه المزارع ، والتى تعد جميعها من المزارع اللاأرضية .

٤ ٨ – ١ : مزارع الأغوار

الغور trough هو الحوض المنخفض الطويل الضيق ومزارع الأغوار Trough Cultures هى زراعات تتم فى هذه النوعية من الأحواض بعد ملئها بمخلوط زراعة مناسب يكون أساسه البيت موس غالبا .

وتقام حوائط الأحواض بعوارض خشبية أو أسمنتية ، وقد تكون من الفيرجلاس أو الطوب (الطابوق) ، وتبطن من الداخل بغشاء من البولثيلين الأسود بسمك ١٠٠ ميكرون ليفصل الجذور عن التربة . يبلغ عمق الحوض حوالى ١٥ سم ، وعرضه حوالى ٧٥ سم . ويتراوح الطول المناسب من ٤٠ – ٦٠ مترًا . ويعتمد الصرف على ثقوب يتم عملها فى جوانب الحوض من أسفل .

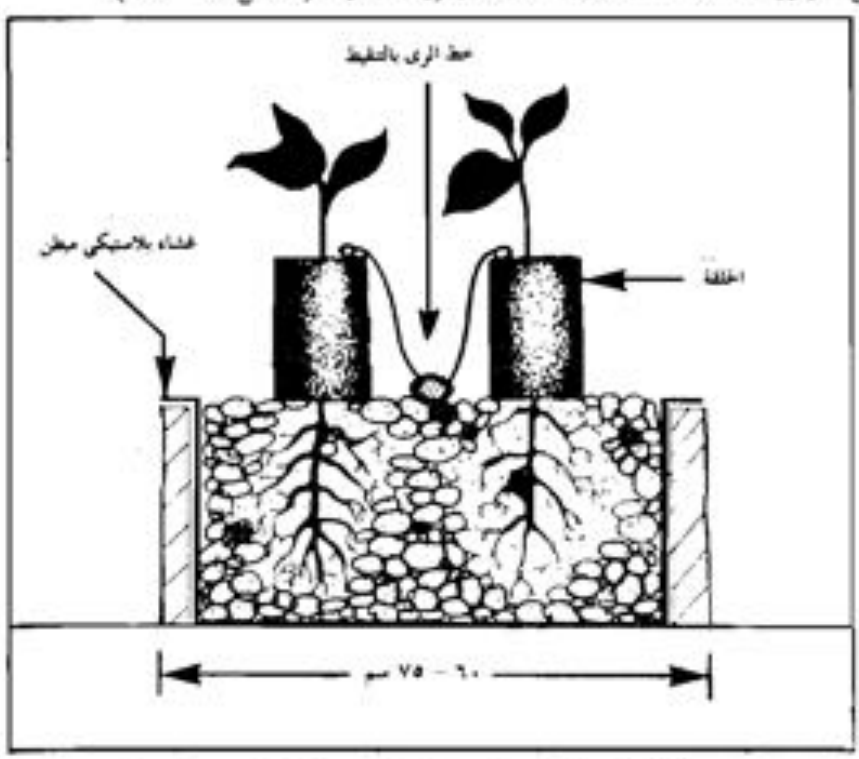
أو على أنبوب للصرف يوضع بالقاع بعد فرش بطانة البولثيلين وقبل إضافة مخلوط الزراعة . ويلزم فى هذه الحالة تصميم الأغوار بحيث تكون منحدرة قليلًا لتحسين الصرف .

ولا تختلف مزارع الأغوار عن الزراعات المحمية العادية سوى فى إمكانية التحكم الكامل فى بيئة الجذور وتجنب العديد من الإصابات المرضية التى تعيش مسبباتها فى التربة .

وللتفاصيل الخاصة بطريقة إقامة الأغوار وإنتاج الطماطم بها يراجع Sheldrake & Dallyn (١٩٦٩) .

٤ – ٨ – ٢ : مزارع الحلقات

تختلف مزارع الحلقات Ring Cultures عن مزارع الأغوار سوى فى وجود أسطوانات مفتوحة الطرفين من البلاستيك أو الورق غير النفاذ للرطوبة تكون بقطر ٢٠ – ٢٥ سم ، وتوضع على سطح مخلوط الزراعة فى الأغوار وتملأ بنفس المخلوط . تزرع النباتات فى هذه الحلقات التى تشجع على زيادة النمو الجذرى ، وترتفع درجة حرارتها بسرعة أكبر أثناء النهار خلال فصل الشتاء وبداية الربيع . وتروى النباتات عند هذه الحلقات بطريقة التنقيط (شكل ٤ – ١٢) .



شكل ٤ – ١٢ : مقطع عرضى فى مزرعة حلقات Ring Culture .

٤ – ٨ – ٣ : مزارع الأكياس

يطلق على الأكياس المستخدمة فى مزارع الأكياس Bag Culture اسم peat modules ، نظرًا لأنها تملأ بخاليط أساسها البيت موس . وهى أكياس بلاستيكية ، وتكون عادة بطول متر ، وبعرض ٢٠ سم ، وتتسع لزراعة نباتى خيار ، أو ثلاثة نباتات طماطم ، لكن توجد أنواع أخرى من الأكياس ، منها ما هو بطول حوالى ٧٠ سم ، وعرض حوالى ٣٥ سم ، وحجم ٥٠ لتر (شكل ٤ – ١٢ أ) . وتوضع هذه الأكياس على الأرض بامتداد خط الزراعة (شكل ٤ – ١٢ ب) . وقد استعملت كذلك أكياس صغيرة رأسية بحجم ثلثى قدم مكعب وتتسع لنبات واحد . وعمومًا .. فإن أفضل حيز لنمو الجذور فى هذا النوع من المزارع يقدر بنحو ١٤ لترًا لكل نبات طماطم .

شكل ٤ – ١٢ أ : كيس من مخلوط للزراعة أساسه البيت موس peat module بحجم ٥٠ لتر .

تستعمل فى هذه المزارع أكياس بلاستيكية خاصة لونها الداخل أسود ليناسب نمو الجذور ، وسطحها الخارجى أبيض ليعكس الضوء فى المناطق الحارة ، أو أسود ليمتص الطاقة الضوئية فى المناطق الباردة . هذا .. ويتم تصريف المحلول الغذائى الزائد من خلال شقوق صغيرة تعمل فى جانبى الكيس من أسفل (Carpenter ١٩٨٢ ، Collins & Jensen ١٩٨٣ ، Snyder & Bauerle ١٩٨٥) .

شكل ٤ – ١٢ ب : مزرعة أكياس Bag Culture (دائرة الزراعة والإنتاج الحيواني – العين – الإمارات العربية المتحدة) .

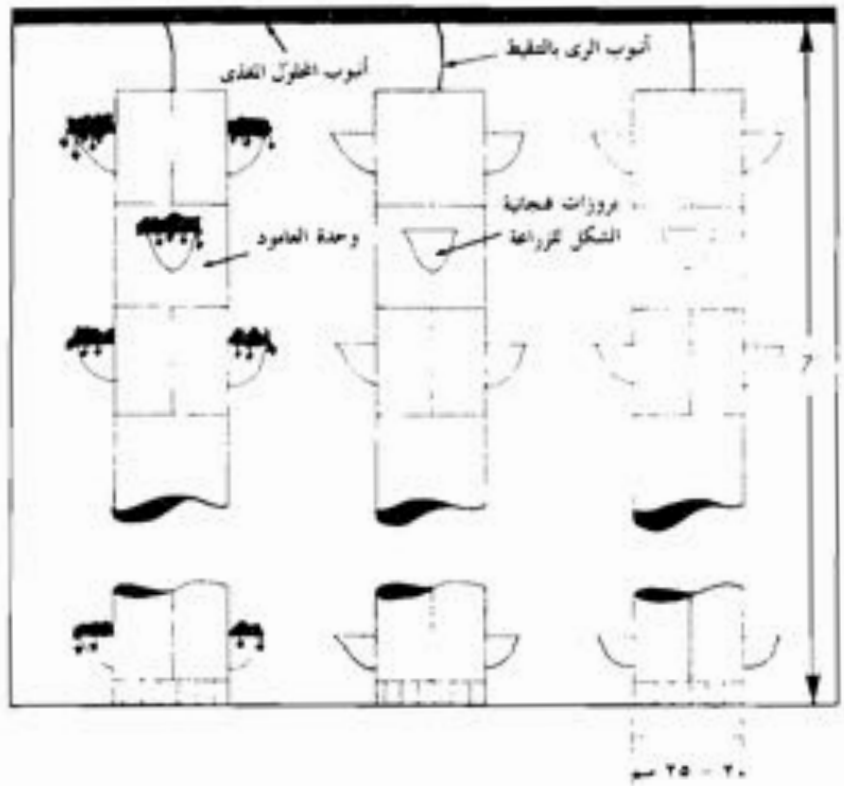
٤ – ٨ – ٤ : مزارع الأعمدة

تنمو النباتات في هذا النوع من المزارع (Column Culture) في أعمدة رأسية وقد تطورت هذه الطريقة للزراعة في أوروبا ، خاصة في إيطاليا ، وإسبانيا .

تستخدم حاليًا أنابيب من الأسبستوس asbestos تثبت فوق بعضها البعض ، وبكل منها عدد من البراويز على شكل فتحات تزرع فيها النباتات ، وتوزع هذه البراويز حلزونيًا على امتداد الأنبوبة ومملوءة الأنابيب بخليط أساسها البيت موس ، وتسقى بمحلول معد بصريه خصيصًا من أعلى الأنبوبة . وتسمح هذه الطريقة للزراعة بصرف المحلول المغذى الزائد من قاع العمود (شكل ٤ – ١٣) . ويصلح هذا النظام خاصة لزراعة الشليك .

٤ – ٨ – ٥ : مزارع الأجولة المدلاة

تعتبر مزارع الأجولة المدلاة Sac Culture طريقة محورة عن مزارع الأعمدة ، وتتميز بأنها أكثر بساطة ، وفيها تستخدم أجولة sacs ، بدلاً من الأنابيب . تصنع الأجولة من البولي إثيلين (بالنوع المناسب لدرجة الحرارة السائدة) ، وبسمك ١٥٠ ميكرون ، وتكون بقطر ١٥ سم وطول ٢,٠ متر ، ومملوءة بمخلوط البيت مع الفيرميكيوليت ، ويربط طرفها السفلي لمنع سقوط بيئة الزراعة ، وتثبت من طرفها العلوي في هيكل البيت ، وتترك لتتدلى لأسفل . وتزرع النباتات من خلال ثقوب بقطر ٢,٥ – ٥ سم على محيط هذه الأجولة .



شكل ٤ - ١٣ : مزرعة أعمدة Column Culture .

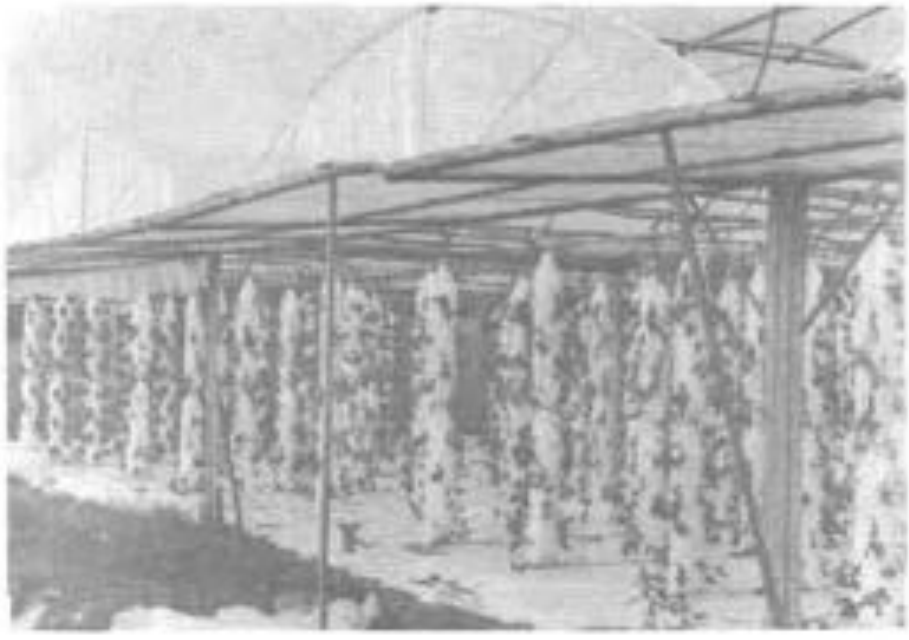
يجرى الرى بطريقة التنقيط وتستغرق دورة الرى من ٣ - ٥ دقائق ، ويتم فيها تنقيط نحو ١ - ٢ لتر من المحلول المغذى فى كل جوال . ولا يعاد استخدام المحلول الزائد ، بل يصرف من الثقوب خاصة لهذا الغرض . هذا .. ويتم غسل الأجولة جيدًا بالماء مرة كل شهر للتخلص من الأملاح المتراكمة ويفيد هذا النظام خاصة مع الخس والشليك (شكل ٤ - ١٤) ، وهى محاصيل لا ترتفع كثيرًا فى نموها عن سطح الأرض ، وبذلك لا يستفاد جيدًا من الحو المتحكم فيه داخل البيوت . لكن الزراعة الرأسية بهذا النظام تسمح بالاستغلال الأمثل لبيئة البيت المحمى .

وقد قامت الشركات الزراعية بتطوير هذا النظام فى الزراعة ، واستخدمت لذلك أجولة مدلاة المبوءة بالخرسانة ، ومربوطة بأحزمة من منتصفها تمنع تكدس البولايت فى جزئها السفلى (شكل ٤ - ١٥) .

ويعمل هذا النوع من الزراعة على خفض استهلاك الماء بنسبة قد تصل إلى ٨٠٪ ، مع تسهيل عملية الحصاد ، والمحافظة على نظافة الثمار . ويفيد خاصة مع الشليك الذى يعتبر شديد الحساسية للبيوت بالتربة . وقد قدر فى المملكة العربية السعودية أنه يمكن إنتاج محصولين من الشليك فى السنة بمساحة تصل إلى ٧ كجم لكل متر مربع ، أو ما يعادل تقريبًا ٧٠ طنًا من الثمار للهكتار ، بالمقارنة

بنحو ١٣ – ١٤ ألفًا للهكتار في الزراعات المكشوفة في المناطق الباردة (Arab World Agribusiness العدد الرابع ١٩٨٥) .

شكل ٤ – ١٤ : إنتاج الدنليك في مزارع الأجولة المدلاة (شركة ...ا provence – فرنسا) .



شكل ٤ - ١٥ : منظر عام لمزرعة أجولة مدلاة (شركة Topad Agrodevelopment ، عن مجلة الزراعة فى الشرق الأوسط - العدد الرابع ، ١٩٨٥) .

٤ - ٩ : المزارع المائية التى لا تستخدم فيها بيئات صلبة لتثبيت الجذور

نناقش فى هذا الجزء أنواع المزارع المائية التى تنمو فيها الجذور فى المحاليل المغذية مباشرة ، ولا تستعمل فيها بيئات صلبة لدعم النبات وتثبيت جذوره . وتلك هى المزارع المائية الحقيقية من بين جميع أنواع المزارع الأرضية . وهى تعتبر من النظم المغلقة التى يستخدم فيها المحلول المغذى لمدة طويلة قبل التخلص منه وتحضير غيره من جديد . وفيها تسقى النباتات بالمحلول المغذى مباشرة ، فلا حاجة لخلق محاليل مغذية مركزة فى ماء الرى ، لكن تكون هناك حاجة لخزانات كبيرة تسع لعشرات كمية المحلول المغذى التى تحتاجها جميع نباتات المزرعة يوميًا لتحقيق نوع من الأمان بالنسبة لتغذية النباتات.وتثبت النباتات فى مكانها فى هذه النوعية من المزارع بجعل منطقة التاج (قاعدة الساق) تستند إلى طبقة رقيقة من وسط صلب يكون غالبًا هو غطاء الفرش أو المكان الذى تنمو فيه الجذور .

ويلزم لنجاح هذه النوعية من المزارع المائية تحقيق شرطين أساسيين هما :

١ - توفير الأكسجين الكافى لنمو الجذور ، نظرًا لأنها تستنفد ما يوجد بالمحلول المغذى من أكسجين خلال فترة قصيرة ، فى حين يستمر استعماله لمدة طويلة . ولتختلف طرق توفير احتياجات الأكسجين اللازمة لنمو الجذور حسب نوع المزرعة . وسنناقش الطريقة المناسبة لكل نوع من المزارع فى حينها .

٢ – حجب الضوء عن الجذور : يمكن للنباتات أن تنمو بصورة طبيعية ، بغض النظر عما إذا كانت جذورها معرضة للضوء ، أم أنها تنمو فى الظلام ، لكن المهم هو أن تبقى جذورها دائمًا مغمورة فى الماء ، أو أن يكون الجو المحيط بها مشبعًا تمامًا بالرطوبة . وترجع أهمية حجب الضوء إلى أن الظلام يمنع نمو الطحالب ، بينما يساعدها الضوء على النمو . ويؤدى نموها إلى منافسة النباتات على العناصر الغذائية وإلى رفع pH المحلول المغذى ، كما أنها تنافس النباتات على الأكسجين ليلًا . ويؤدى تحللها إلى إنتاج مواد سامة قد تتعارض مع النمو الطبيعى للنباتات .

هذا .. وتخدم المحاليل المغذية فى هذه المزارع – كما فى جميع النظم المقفلة – بنفس الطرق التى سوف شرحها تحت مزارع الخصى فى الجزء (٤ – ٥ – ١) .

من أهم مزايا المزارع المائية ذات النظم المقفلة أنه يمكن التحكم التام فى بيئة الجذور من حيث مدى ما من العناصر الغذائية ، ودرجة حرارتها ، وضمان خلوها من مسببات الأمراض التى تصيب النباتات عن طريق الجذور .

من حيث محتوى المحلول المغذى من العناصر الغذائية ، فإنه يمكن تحضير المحلول المثالى الذى يناسب المحصول ومرحلة النمو النباتى (الجزء ٤ – ٢ – ٩) ، مع مراقبته وتعديل تركيبه كلما لزم الأمر أثناء الاستعمال (الجزء ٤ – ٥ – ١) .

كما يمكن التوفير فى تدفئة البيوت المحمية شتاءً فى زراعات الطماطم بخفض درجة حرارة البيت ليلًا إلى ١١ – ١٦°م مع رفع درجة حرارة المحلول المغذى إلى ٢٣ – ٢٨°م من الشتل حتى بداية موسم الحصاد . ورغم أن إجراء هذه المعاملة تسبب فى تأخير الحصاد ، إلا أنها أدت إلى زيادة المحصول الكلى وعائد الزراعة . وقد ساعد الاستمرار فى رفع درجة حرارة المحلول المغذى إلى نهاية موسم الحصاد (مع الحرارة المناسبة للنموات الخضرية) إلى زيادة المحصول بنحو ١٠٪ . هذا .. مع العلم بأن تدفئة المحلول المغذى سهلة وميسورة وأقل تكلفة من تدفئة هواء الصوبة ، كما أن الحرارة التى تفقد من المحلول المغذى تتسرب إلى هواء البيت ، وهو الأمر الذى قد لا يتحقق عند تدفئة التربة (Resh ١٩٨١) .

كذلك يفيد التحكم فى درجة حرارة المحلول المغذى فى الحد من انتشار بعض الأمراض الهامة وقد أمكن بهذه الطريقة الحد من انتشار أعفان جذور البادرات الناتجة عن الفطريات Pythium aphanidermatum و P. dissotocum (Gold & Stanghellini ١٩٨٥) .

وفضلًا عن أن المحاليل المغذية تكون فى البداية خالية تمامًا من جميع المسببات المرضية ، فإنه قد يكون من الممكن تعقيمها بصورة أيسر مما فى حالة تعقيم التربة أو بيئات الزراعة الأخرى . وتوجد معاملات لتعقيم المحاليل المغذية بتعريضها للأشعة فوق البنفسجية . فمثلًا .. وجد Buyanovsky وآخرون (١٩٨١) أن معاملة التعريض للأشعة فوق البنفسجية (572 $Jm^{-2}h^{-1}$) لمدة ٣ ساعات يوميًا طوال فترة زراعة الطماطم أحدثت نقصًا فى عدد الكائنات الدقيقة بالمحلول المغذى من ٥٠٠ – ٨٠٠ × ٣١٠ إلى ١٠ – ٥٠ × ٣١٠/ مل ، لكن Collins & Jensen (١٩٨٣) يذكران أنه بينما كانت معاملة التعريض للأشعة فوق البنفسجية مجدية فى تقليل أعداد البكتريا المسببة للأمراض فى تغذية الغشاء المغذى فى الجلترا ، فإن هذه المعاملة لم تكن مفيدة فى أريزونا لأنها أحدثت نقصًا فى أعداد البكتريا خلال اليومين الأولين فقط من المعاملة أعقبته زيادة أعداد البكتريا بعد ذلك إلى

ما كانت عليه قبل الإشعاع ، حتى مع استمرار الإشعاع . وبينما تسببت المعاملة فى قتل الجراثيم السابحة (zoospores) لفطر الـ **Pythium** فى المحاليل المغذية ، إلا أنها تسببت أيضًا فى تحويل الحديد إلى صورة غير ميسرة لامتصاص النبات ، وهو الأمر الذى تطلب إضافة المزيد من الحديد بعد كل معاملة تعرض للأشعة .

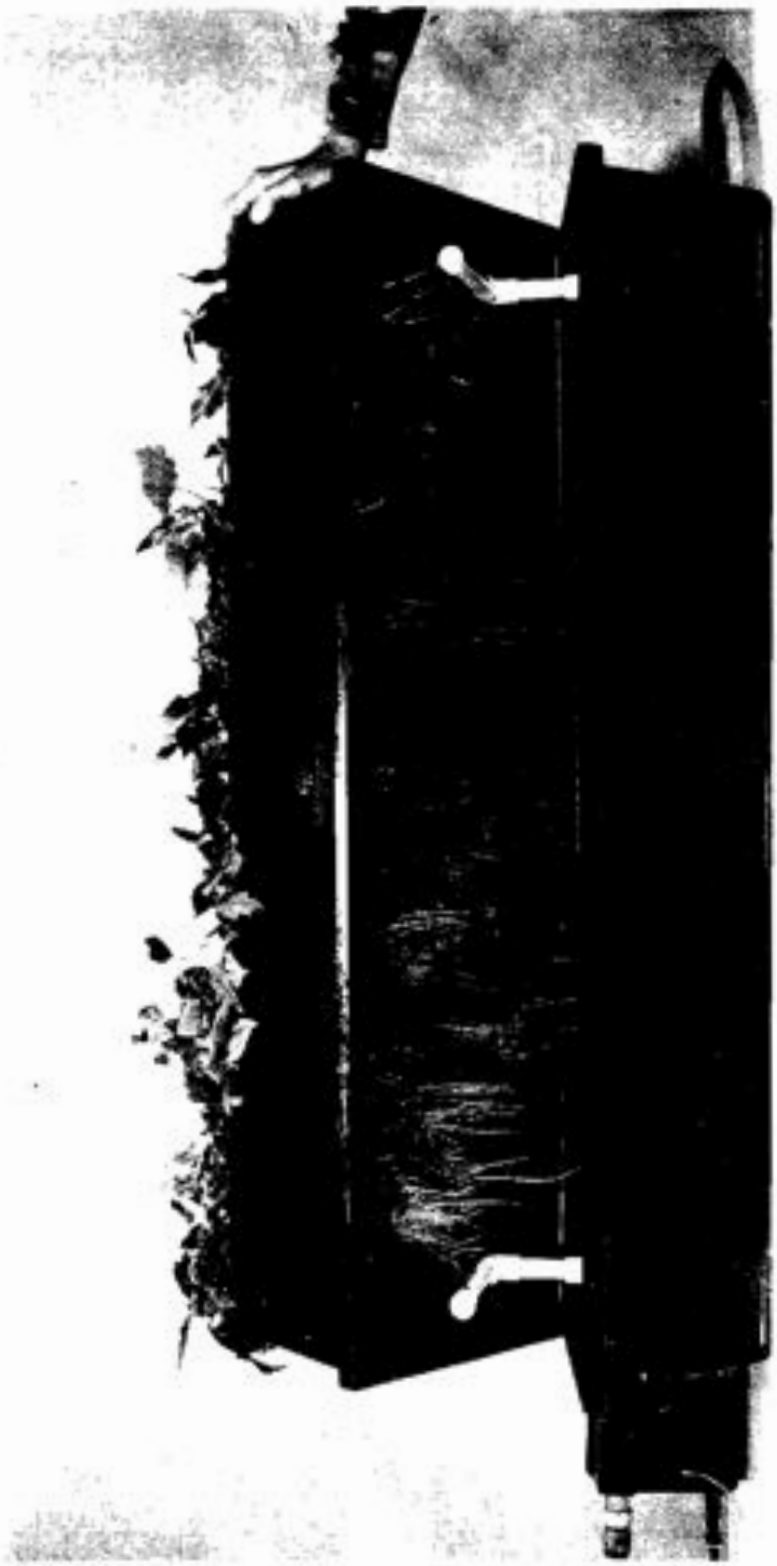
٤ - ٩ - ١ : مزارع المحاليل المغذية

تعتبر مزارع المحاليل المغذية Nutrient Solution Culture أول أنواع المزارع المائية استخدامًا على النطاقين البحثى والتجارى ، وفيها تبقى الجذور فى المحلول المغذى داخل حيز مغلق قد يكون وعاءًا بلاستيكيًا بحجم مناسب (للأغراض البحثية والتعليمية ، شكل ٤ - ١٦) أو أحواض أسمنتية مطلية بالبيتومين (الزفت) تصلح للإنتاج التجارى . وتختلف الأحواض المستعملة لهذا الغرض فى العرض من ٣٠ - ١٠٠ سم ، وفى الطول من ٦٠ - ٢٥٠ سم ، وفى العمق من ١٥ - ٢٢,٥ سم . وهى تملأ بالمحلول المغذى لعمق ١٠ - ١٥ سم ، وتترك مسافة ٥ - ٧,٥ سم حتى غطاء الحوض الذى يكون صالحًا لكل من زراعة البذور ، أو تثبيت الشتلات حسب طريقة الزراعة المتبعة (شكل ٤ - ١٧) .

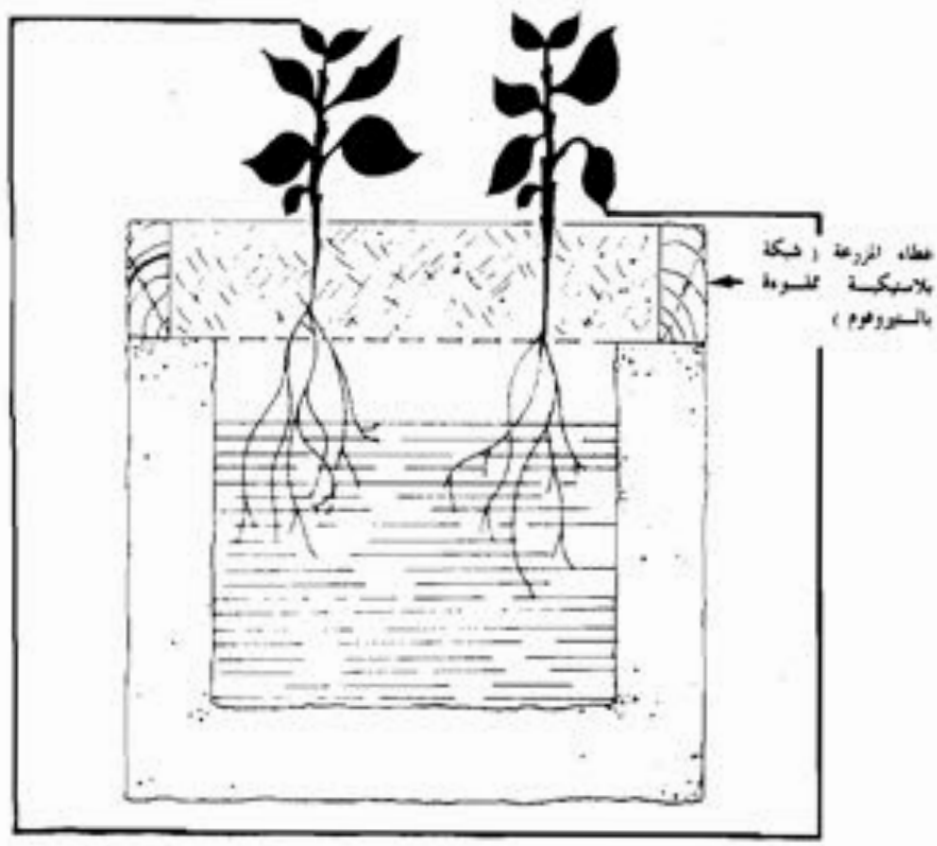
يتكون غطاء الحوض (يطلق عليه اسم طاولة مهاد الركام المبعثر litter tray) من شبكة بلاستيكية (بدلًا من شباك السلك المغلفن التى كانت تستعمل سابقًا ، حتى يمكن تلافى مشكلة التسمم من [illegible]) تملأ بالستيروفوم styrofoam وحبيبات بلاستيكية أخرى (بدلًا من القش ، وبرى الخشب ، وشارة الخشب ، والبيت موس ، وقشور الأرز ، وهى [illegible] استعمل سابقًا) فى الشبكة بما فيها من مواد مالئة بسمك ٥ - ١٠ سم ، ويمكن أن تزرع فيها البذور مباشرة أو تثبت فيها الشتلات .

وفى البداية (بعد زراعة البذور أو الشتل) يكون مستوى المحلول المغذى فى الحوض مرتفعًا إلى ما يقرب من ١ - ٢,٥ سم من الجانب السفلى لشبكة الغطاء ، لكن دون أن يبللها . ومع نمو الجذور يخفض مستوى المحلول المغذى تدريجيًا إلى أن تصبح المسافة بين الجانب السفلى للشبكة وسطح المحلول المغذى فى الحوض من ٥ - ٧,٥ سم . ويمكن التحكم فى مستوى المحلول المغذى وإبقائه ثابتًا فى الحوض باستعمال أنبوب لتصريف المحلول الزائد عن المستوى المرغوب (Resh ١٩٨١) .

هذا .. ويتم توفير الأكسجين اللازم لتنفس الجذور فى هذا النوع من المزارع بواسطة مضخة صغيرة تعمل بصفة دائمة ، وتدفع الهواء من خلال ثقوب توجد فى أنبوب بقاع حوض الزراعة ، فخرج على شكل فقاقيع ؛ فيذوب بذلك جزء من الأكسجين فى المحلول المغذى . وقد حقق مركز بحوث وتطوير الخضر الأسيوى (AVRDC) تطورًا كبيرًا فى مجال هذا النوع من المزارع المائية فى التوصل إلى طريقة لنمو النباتات فى محاليل مغذية ، دون الحاجة لتهويتها وفى هذه الطريقة ترى النباتات حيث تمتد جذورها خلال حيز هوائى عريض تحصل منه على احتياجاتها من الأكسجين قبل أن تمتد فى المحلول المغذى (شكل ٤ - ١٨) (Asian Veg. Res. Dev. Center ١٩٨٦) .



شكل ٤ - ١٦ : مزرعة لمحاصيل معدنية للأغراض الصحية والتعليمية



شكل ٤ - ١٧ : مقطع عرضى فى مزرعة محلول تغذ تجارية .

٤ - ٩ - ٢ : مزارع الأنابيب

تستعمل فى مزارع الأنابيب Tube Cultures أنابيب من البولى فينايل كلورايد (PVC) بقطر ٤ بوصة تنشق طوليًا إلى نصفين ، ويغطى مكان القطع بالبلاستيك الأسود لمنع نفاذ الضوء . وتستخدم هذه الأنصاف فى زراعة النباتات ذات النمو الخضرى والجذرى المحدودين ، كالخس والشليك . ويتم عمل ثقوب فى البلاستيك تثبت فيها النباتات وتبقى الجذور داخل الأنبوبة التى يمر فيها المحلول المغذى بصورة دائمة ، ولهذا .. فإنها يجب أن تكون مائلة بمقدار ٧,٥ سم كل ٣٠ مترًا لتعمل على حسن انسيابه فيها . هذا .. ويعاد استعمال هذه الأنابيب فى الزراعة بعد تعقيمها بهيبوكلوريد الصوديوم ، لكن يستعمل معها غطاء بلاستيكى جديد .

وتتحقق التهوية اللازمة للمحلول المغذى فى هذه النوعية من المزارع أثناء مروره من الأنابيب إلى حزان المحلول . ويساعد وضع عدد من الحواجز فى طريقه إلى زيادة اختلاطه بالهواء (Resh ١٩٨١) .

شكل ٤ – ١٨ : نباتات الطماطم وقد أنتجت نموًا جذريًا كثيفًا فى مزرعة محلول مُغذٍّ . يلاحظ أن الجزء العلوى من المجموع الجذرى لا يكون مغمورًا فى المحلول المغذى . وبذلك تحصل الجذور على حاجتها من الأكسجين من الهواء الجوى مباشرة (AVRDC ١٩٨٦) .

٤ – ٩ – ٣ : تقنية الغشاء المغذى

تتواجد جذور النباتات فى تقنية الغشاء المغذى Nutrient Film Technique (اختصارًا NFT) بين طبقتين من البلاستيك تحصران بينهما حيزًا ضيقًا ينساب فيه المحلول المغذى بصورة دائمة على شكل غشاء بسمك ٣ ملليمتر فقط . وقد توصل إلى هذه الطريقة Allen Cooper فى الـ Glasshouse Crops Research Institute بإنجلترا عام ١٩٦٥ . ويطلق على هذا النظام أحيانًا اسم تقنية تدفق المحلول المغذى Nutrient Flow Technique . وقد انتشرت تقنية الغشاء المغذى الآن فى أوروبا وأمريكا وفى بقاع أخرى من العالم .

مزايا وعيوب تقنية الغشاء المغذى

من أهم مميزات تقنية الغشاء المغذى ما يلى :

١ – لا حاجة للتعقيم بين الزراعات المتتالية ، نظرًا لأن الأغشية البلاستيكية لا يعاد استعمالها . وفى ذلك توفير فى الطاقة والجهد والوقت ، بالإضافة إلى تقليل احتمالات تلوث البيئة ومصادر المياه بالمبيدات المستخدمة فى التعقيم . ويكفى مجرد غسل قنوات الزراعة وخزان المحلول المغذى والأنابيب بالفورمالين بتركيز ٢٪ بين الزراعات المتتالية .

٢ – التوفير فى الماء ، نظرًا لأن المحلول المغذى يمر فى نظام مغلق ؛ فلا يتعرض للتبخر .

٣ – يحضر المحلول المغذى ويختبر ويعدل فى نقطة واحدة ، ويمكن أن يجرى ذلك آليًا ، كما يمكن تدفئته بسهولة إلى الدرجة المناسبة (وهى ٢٥°م للطماطم ، و ٢٩°م للخيار) ، وبذلك يمكن التوفير فى الطاقة .

٤ – يمكن مكافحة الآفات بسهولة بإضافة المبيدات الجهازية التى تمتص عن طريق الجذور إلى المحلول المغذى .

٥ – قلة التكاليف الإنشائية نسبيًا .

ومع نجاح هذه النوعية من المزارع فى أوروبا وأمريكا ، فإنها تعد أيضًا من أنسب أنواع المزارع المائية لدول الشرق الأوسط التى تكون أراضيها الرملية جيرية ، أو تقل فيه المياه الصالحة للزراعة .

ومن أهم عيوب تقنية الغشاء المغذى ما يلى :

١ – سرعة انتشار الأمراض التى تصيب النباتات عن طريق الجذور ، لكن يفترض دائمًا اتخاذ الاحتياطات اللازمة لمنع وصول هذه الأمراض إلى المزرعة ، خاصة أنها تكون فى البداية خالية تمامًا منها .

٢ – احتمال إصابة قاعدة ساق النبات بما يشبه الاحتراق collar burn نتيجة تراكم الملح على قاعدة النبات بالقرب من مكان تلامس الساق مع غشاء المحلول المغذى . ولا يحدث ذلك إلا إذا كان المحلول راكدًا فى هذه المنطقة (وهو الأمر الذى يحدث إن كان بها انخفاضًا) ، أو إذا كان غشاء المحلول المغذى أسمك من اللازم . وتعالج هذه المشكلة بالاهتمام بهندسة النظام لضمان تدفق المحلول المغذى فى غشاء بالسمك المناسب .

تصميم مزراع تقنية الغشاء المغذى

يتم أولًا إعداد قنوات مستوية تمامًا وخالية من أية تعرجات ، وتوضع على أرضية من الأسمنت مائلة بمقدار ١٪ . وتصنع هذه القنوات من الخشب ، أو البلاستيك ، أو المعدن ، أو الأسمنت (شكل ٤ – ١٩) . وترجع أهمية استواء القنوات إلى عدم إعطاء أية فرصة لتوقف المحلول المغذى بأية انخفاضات قد توجد بها ، نظرًا لأن البقع الراكدة تصبح خالية من الأكسجين بعد فترة قصيرة من تنفس الجذور .

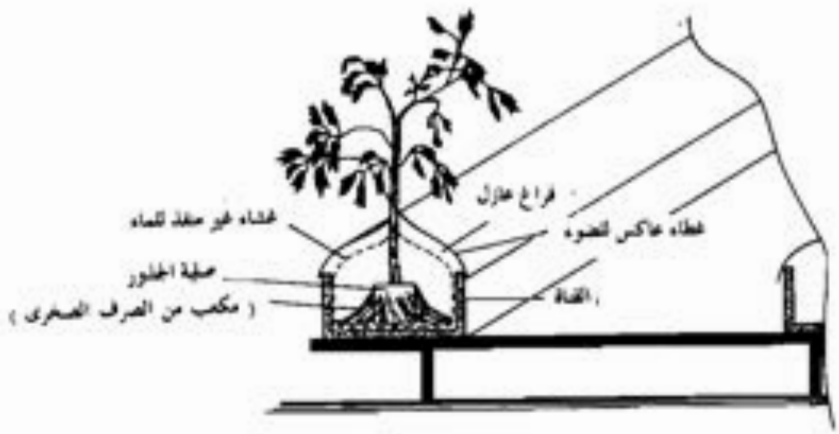
يبلغ عرض القنوات عادة ٢٣ سم ، وارتفاعها ٥ سم فى مزارع الطماطم والخيار ، أما طولها ، فيجب ألا يزيد عن ٣٠ – ٤٠ مترًا كحد أقصى ، ويجب أن تكون غير منفذة للماء . وفى حالة صنعها من مواد منفذة للماء ، فإنه يلزم تبطينها بغشاء بلاستيكى . وفى هذه الحالة يجب أن يكون الغشاء عريضًا بالقدر الذى يكفى لتغطية قمة القناة ومكعبات إكتار الشتلات . ويستعمل لذلك العرض غشاء بلاستيكى بسمك ١٣٠ ميكرون على الأقل ، لأن الأغشية الأقل سمكًا من ذلك يمكن أن تلتصق بها الجذور وتتشابك ، مما يجعل المحلول المغذى يمر من حول الجذور ، بدلًا من أن يمر من خلالها . أما القنوات التى تصنع من مواد غير منفذة للماء ، فإنها لا تحتاج إلى تبطين ، ولكنها تحتاج إلى غطاء ، وقد يكون هذا الغطاء من البلاستيك أو أية مادة غير صلبة . وترجع أهمية أغطية القنوات

إلى أنها :

١ - تمنع فقد الماء بالتبخر .

٢ - تحجب الضوء عن القنوات ؛ فتمنع بذلك نمو الطحالب التى تمتص الغذاء ، وتؤدى إلى بطء انسياب غشاء المحلول المغذى .

٣ - تساعد على التحكم فى درجة حرارة الجذور .

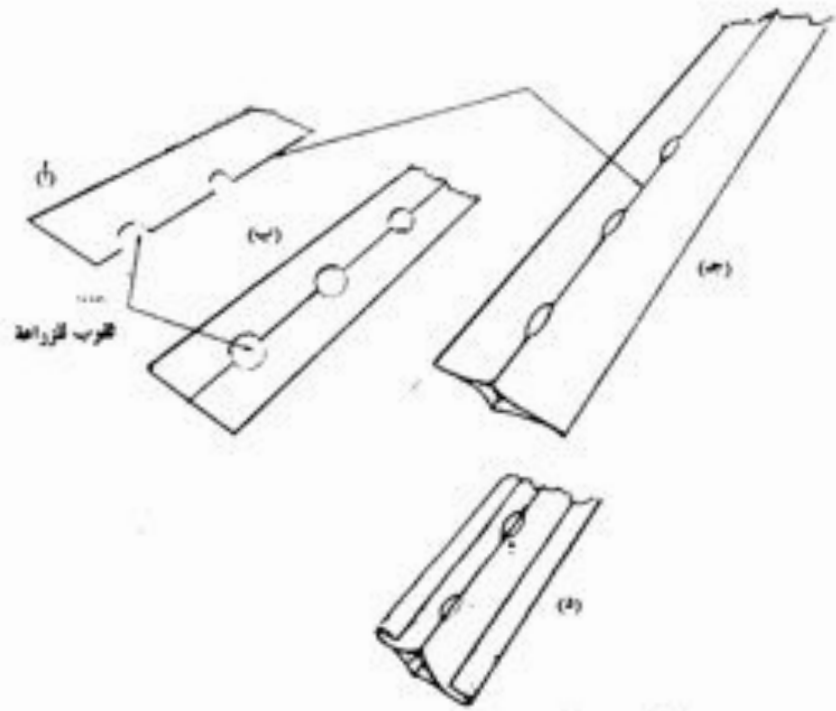


شكل ٤ - ١٩ : قناة تقنية الغشاء المغذى ، وقد بطنت بالبولثيلين .

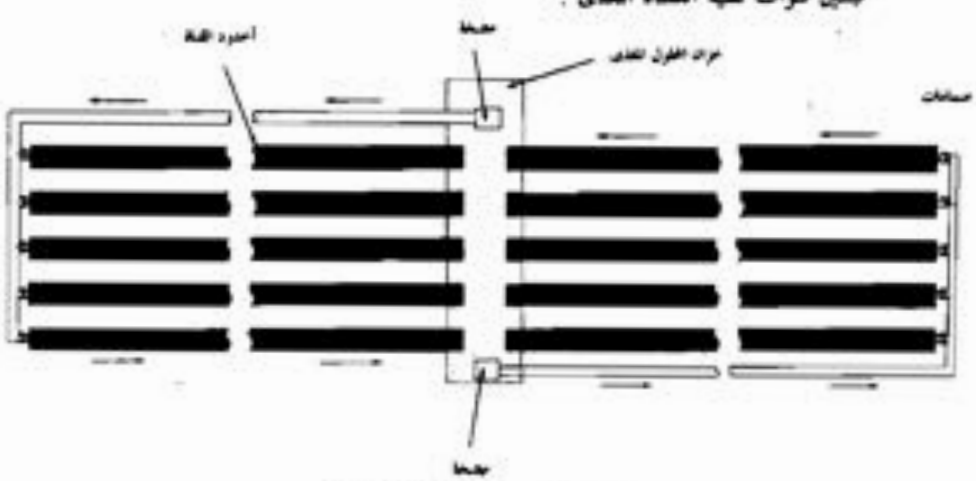
ومن المفضل أن يكون السطح الخارجى لأغطية القنوات أبيض أو فضى اللون لتقليل اكتساب الحرارة ، ولتعمل على عكس الضوء وتشتيته حول النباتات التى قد تكون بحاجة إليه فى المناطق والظروف التى تقل فيها شدة الإضاءة . هذا .. بينما يؤدى الغطاء الأسود إلى رفع درجة حرارة الهواء كثيرًا داخل القنوات فى الأيام الحارة صيفًا إلى القدر الذى قد يضر بالجذور . أما الغطاء البلاستيكى الأبيض ، فإنه لا يحجب الضوء بالقدر الكافى . وعليه .. فإن الغشاء البلاستيكى المستعمل فى تغطية القنوات يكون ذا لون أسود من الداخل وأبيض من الخارج . وقد تستعمل فى المناطق الشديدة الحرارة أغطية للقنوات عازلة للحرارة تتكون من غشاءين من البلاستيك بينهما مسافة من الهواء الساكن . هذا .. وتتوفر بالأسواق شرائط بولثيلين جاهزة للاستعمال فى تقنية الغشاء المغذى (شكل ٤ - ٢٠) .

ويتجمع المحلول المغذى بالجاذبية الأرضية فى خزان يوضع فى نهاية القنوات ، ثم يعاد ضخه من الخزان إلى قناة رئيسية تكون متعامدة على النهايات العلوية للقنوات ، وتزودها بالمحلول من خلال أنابيب رفيعة أو صمامات خاصة (شكلا ٤ - ٢١ ، ٤ - ٢٢) . ويتم ضبط معدل تدفق المحلول المغذى بحيث يكون على صورة غشاء بسمك ٣ مم على امتداد قاع القناة ، لأن زيادة سمكه عن ذلك تؤدى إلى حجب الأكسجين عن الجذور . ولتحقيق ذلك يفضل أن يكون معدل تدفق المحلول

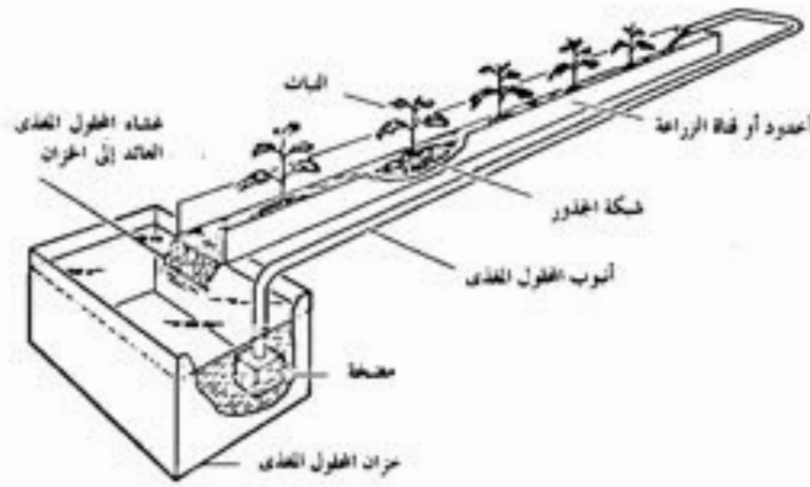
المغذى حوالى ٢ لتر/ دقيقة بكل قناة . ويستمر تدفق المحلول طول الوقت أحيانًا أو لمدة ١٠ دقائق كل ١٥ دقيقة فى أحيان أخرى . هذا .. وتخدم كل مضخة مساحة من المزرعة تتراوح من ١٩٠٠ - ٢٠٠٠ متر مربع (Wittwer & Honma ، ١٩٧٩ Nelson ، ١٩٨٥ ، مجلة الزراعة فى الشرق الأوسط - العدد الرابع ١٩٨٥) .



شكل ٤ - ٢٠ : خطوات إعداد شرائط البولى إيثين الجاهزة التى تستخدم فى تبطين قنوات تقنية الغشاء المغذى .



شكل ٤ - ٢١ : تصميم مزرعة تقنية الغشاء المغذى .



شكل ٤ – ٢٢ : التصور العام لكيفية تصميم قناة الزراعة فى تقنية الغشاء المغذى ، وحركة المحلول المغذى على شكل غشاء رقيق به .

المحلول المغذى

اقترح A. Cooper استعمال المحلول المغذى المبينة مكوناته فى جدول (٤ – ١٧) ، والذى يبلغ تركيز مختلف العناصر به كما فى جدول (٤ – ١٨) . وقد استعمله Cooper مع أكثر من ٥٠ نوعًا من الخضر ونباتات الزينة لمدة ثلاث سنوات متصلة دون أية مشاكل . هذا .. وتوجد تحضيرات تجارية جاهزة من أملاح المحاليل المغذية خاصة بتقنية الغشاء المغذى ، وتباع عادة فى محلولين منفصلين يضاف كل منهما منفردًا إلى خزان المحلول لمنع ترسب الأملاح . وفيما عدا ذلك . فإن المحاليل المستعملة فى تقنية الغشاء المغذى لا تخرج فى جوهرها عما سبق بيانه فى الجزء (٤ – ٢ – ٩) .

تستعمل هذه المحاليل عادة لمدة أسبوعين ، ثم يستغنى عنها ولحضر محاليل جديدة ، وقد تستعمل لمدد أطول من ذلك ، وفى كل الحالات يلزم تعويض الماء المفقود بالنتح يوميًا ، حتى يظل حجم المحلول ثابتًا . ويمكن أن يتم ذلك بأن يركب على مصدر الماء الذى يصب فى خزان المحلول صمام يفتح ويغلق آليًا بواسطة عوامة خاصة .

وسواء استعمل المحلول المغذى لمدة أسبوعين أم لمدة أطول من ذلك ، فإنه يلزم اختباره يوميًا لتقدير الـ pH ، ودرجة التوصيل الكهربائى (EC) . فالـ pH يجب أن يظل دائمًا فى حدود ٦ – ٦,٥ ، ويعدل عند الضرورة بإضافة أيدروكسيد البوتاسيوم فى حالة انخفاض الـ pH عن ٦ ، أو حامض الكبريتيك عند ارتفاعه عن ٦,٥ . كما أن درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى المقترح استعماله (جدول ٤ – ١٧) تقدر بنحو ٣ ملى موز ، فإذا انخفضت مع الاستعمال إلى ٢ ملى موز لزمت إضافة جميع المركبات المستعملة فى تحضير المحلول بالقدر الذى يكفى لإعادة القراءة إلى ٣ ملى موز . ويمكن أن يتم ذلك كله آليًا .

جدول (٤ - ١٧) : كميات الأملاح اللازمة لتحضير المحلول الغذى المثالى لزارع تقنية الغشاء الغذى .

المركب	التركيب الكيميائى	الكمية اللازمة بالجرام / ١٠٠٠ لتر
فوسفات البوتاسيوم ثنائى الأيدروجين Potassium dihydrogen phosphate	KH_2PO_4	٢٦٣
نترات البوتاسيوم	KNO_3	٥٨٣
نترات الكالسيوم	$Ca(NO_3)_2.4H_2O$	١٠٠٣
كبريتات المغنسيوم	$MgSO_4.7H_2O$	٥١٣
الحديد المخلبى EDTA iron	$[CH_2.N(CH_2.COO)_2]_2FeNa$	٧٩
كبريتات المنجنيز Manganous sulphate	$MnSO_4.H_2O$	٦,١
حامض البوريك	H_3BO_3	١,٧
كبريتات النحاس	$CuSO_4.5H_2O$	,٣٩
موليبدات الأمونيوم	$(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$	,٣٧
كبريتات الزنك	$ZnSO_4.7H_2O$	,٤٤

جدول (٤ - ١٨) : التركيزات الخاصة للعناصر فى المحاليل الغذية التى تستعمل فى تقنية الغشاء الغذى .

العنصر	الرمز	التركيز (جزء فى المليون)
النيتروجين	ن N	٢٠٠
الفوسفور	فو P	٦٠
البوتاسيوم	بو K	٣٠٠
الكالسيوم	كا Ca	١٧٠
المغنسيوم	مغ Mg	٥٠
الحديد	ح Fe	١٢
المنجنيز	من Mn	٢
البورون	ب B	٠,٣
النحاس	نح Cu	٠,١
المولبدنم	مو Mo	٠,٢
الزنك	ز Zn	٠,١

أما بالنسبة لتوفر الأكسجين اللازم لتنفس الجذور ، فإنه لا يقل فى تقنية الغشاء المغذى عما فى الزراعات الجيدة الصرف ، لأن المحلول المغذى يتعرض دائمًا للهواء ، كما أنه يمتزج ويختلط بالهواء فى أماكن تساقط المحلول فى الخزان وفى الغشاء المغذى الذى يحدر قليلاً على امتداد قاع القناة .

هذا .. وبينما نجد أن الأكسجين يصل إلى جذور النباتات النامية فى التربة مباشرة من فراغات التربة المملوءة بالهواء ، فإنه يصل إلى جذور النباتات النامية فى المحلول المغذى مع تيار المحلول المحتوى على الأكسجين الذائب . وعليه .. فإن المحلول المغذى يجب أن يتحرك بحرية حول الجذور ، حتى يمدها بحاجتها من العناصر . فإذا توقفت حركة المحلول ما بين تفرعات الجذور الكثيفة ، فإن الأكسجين يقل كثيرًا حولها ، بينما يزداد تركيز الغازات الناتجة من نشاط وتنفس الجذور ، مثل ثانى أكسيد الكربون ، والإيثيلين ، وأكسيد ثنائى النيتروجين dinitrogen oxide .

وقد وجد بالفعل أن الأصص الصغيرة المحتوية على بيئات قوامها البيت والرمل ، والتى تستخدم فى تثبيت النباتات فى تقنية الغشاء المغذى كانت سيئة التهوية ، وقل فيها كثيرًا تركيز الأكسجين . وقد أدى استبدال هذه البيئات بأخرى غير عضوية أكثر مسامية ، مثل البرليت ، أو الصوف الصخرى ، حتى لا يؤدى البيت موس الموجود فى الأوعية الأخرى إلى انسداد قنوات الزراعة وآخرون ١٩٨٤) ، إلّا أن كثافة النمو الجذرى فى مجرى القناة قد تحول دون سرعة انسياب المحلول المغذى من خلالها ؛ مما يؤدى إلى حدوث نقص فى الأكسجين فى المحلول الموجود فى المنطقة المحيطة بالجذور مباشرة ويؤدى جعل المحلول المغذى على صورة غشاء لا يزيد سمكه عن ٣ مم إلى أن تكون معظم الجذور معرضة دائمًا للهواء ، وبذلك تحصل منه على حاجتها من الأكسجين .

طريقة الزراعة فى مزارع تقنية الغشاء المغذى

تكثر النباتات التى يراد زراعتها فى مزارع تقنية الغشاء المغذى فى أوعية خاصة ، مثل : أصص البيت ، أو مكعبات الصوف الصخرى ، أو أقراص الجفى . ويفضل استعمال مكعبات الصوف الصخرى حتى لا يؤدى البيت موس الموجود فى الأوعية الأخرى إلى انسداد قنوات الزراعة وسوء التهوية كما سبق بيانه . وتوضع الأصص فى القناة ، ويحافظ على النباتات فى مكانها بضم البلاستيك بمشابك الغسيل أو بالدبابيس (شكلا ٤ - ٢٣ ، ٤ - ٢٤) مع ربطها من قاعدتها فى خيوط تتدلى من الأسلاك العلوية لتبقى نامية رأسيًا (شكل ٤ - ٢٥) .

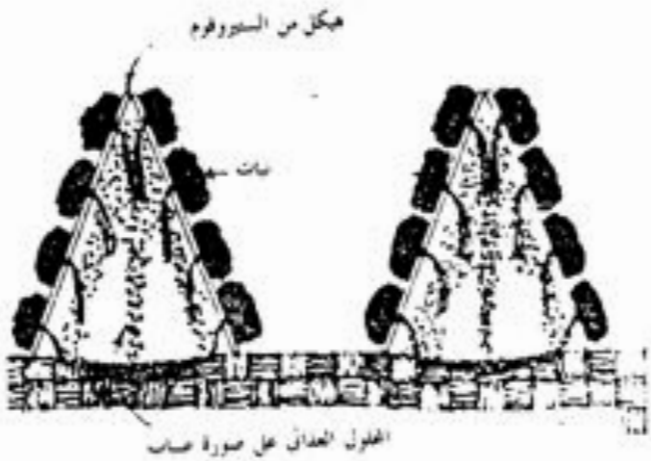
٤ - ٩ - ٤ : المزارع الهوائية

تظل جذور النباتات فى المزارع الهوائية Aeroponics عالقة فى حيز مغلق مع تعريضها بصورة منتظمة للمحلول المغذى فى صورة ضباب ، وبذلك تحصل النباتات على حاجتها من الماء والغذاء والأكسجين اللازم لتنفس الجذور التى تبقى فى هواء رطوبته النسبية ١٠٠٪ . يحقق هذا النظام أكبر استفادة ممكنة من المساحة المتوفرة من البيوت المحمية ، نظرًا لأن النباتات تثبت فى ثقوب على جانبى هيكل على شكل حرف A (شكل ٤ - ٢٦) . وقد استخدمت هذه المزارع فى إنتاج الخس (شكل ٤ - ٢٧) . (Collins & Jensen ١٩٨٣)

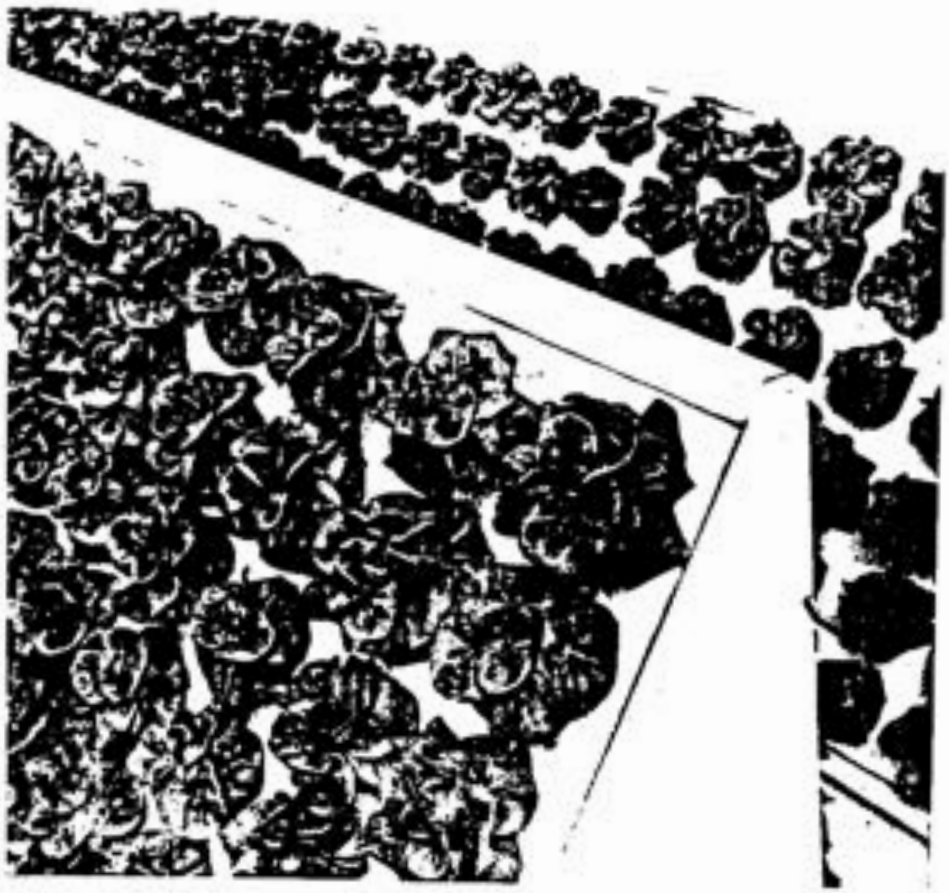
شكل ٤ - ٢٣ : وضع شتلات الطماطم على المسافات المرغوبة في قاع قناة تغذية الغشاء المغذي ، ثم ضم البلاستيك عليها باستعمال دباسة (مجلة الزراعة في الشرق الأوسط) .

شكل ٤ - ٢٤ : إنتاج الخيار في مزارع الغشاء المغذي بالمملكة العربية السعودية (عن مجلة الزراعة والتنمية في الوطن العربي - العدد الأول ، السنة الخامسة ١٩٨٦) .

شكل ٤ – ٢٥ : تربية الطماطم رأسيًا فى مزارع الغشاء المغذى .



شكل ٤ – ٢٦ : تصميم المزارع الهوائية . تزرع النباتات على حوامل هياكل بشكل حرف A ، وتروى . بضبح الغلول المغذى على جذورها فى شكل ضباب .



شكل ٤ – ٢٧ : إنتاج الخس في المزارع المائية

٤ - ١٠ : المراجـــــع

Asian Vegetable Research and Development Center. 1986. Hydroponics breakthrough. Centerpoint 5 (1): 5.

Buvanovsky, G., J. Gale and N. Degani. 1981. Ultra- violet radiation for the inactivation of microorganisms in hydroponics. Plant and soil 60: 131-136.

Carpenter, T.D. 1982 Analyzing and managing nutrition of vegetables grown in upright polyethylene bags. J. Plant Nutrition 5:1083-1089

Collins, W.L. and M.H. Jensen. 1983. Hydroponics, a 1983 technology overview. The Environmental Research Laboratory, Univ. Ariz., Tucson. 119.p

Devlin R.M 1975. Plant physiology. D. Van Nostrand C., N.Y. 600p

Douglas, J.S. 1976. Advanced guide to hydroponics. Pelham Books, London. 333p.

Fonies, M.R. 1973. Controlled-environment horticulture in the Arabian desert of Abu Dhabi. HortScience 8: 13-16.

Gold, S.E. and M.E. Stanghellini: 1985; Effects of temperature on Pythium root rot of spinach grown under hydroponic conditions. Phytopathology 75: 333-337.

Hewitt, E.J. 1966. Sand and water culture methods in the study of plant nutrition. Commonwealth Agr. Bureaux. Farnham Royal, England. 547p

Jackson, M.B., P.S. Blackwell, J.R. Charimes and T.V. Sims. 1984. Poor aeration in NFT and a means for its improvement. J.Hort. Sci. 59: 439-448.

Johnson, H. 1979. Hydroponics: a guide to soiless culture systems. Div. Agr. Sci., Univ. Calif. leaflet No. 2947. 15p.

Jones, J.B. 1982. Hydroponics: its history and use in plant nutrition studies. J.Plant Nutrition 5: 1003-1030.

Larsen, J.E. 1982. Growers problems with hydroponics. J. Plant Nutrition 5: 1077-1081.

Lorenz, O.A. and D.N Maynard. 1980 (2nd ed.) Knott's handbook for vegetable growers. Wiley Interscience, N.Y. 390p.

Nelson, P.V. 1985. (3rd ed.). Greenhouse operation and management. Reston Pub. Co., Inc., Reston Virginia. 598p.

Nieman, R.H. 1962. Effect of osmotic concentration on the top weight of various plants. Bot. Gaz. 121: 279-285.

Resh, H.M. 1981. (2nd ed.). Hydroponic food production. Woodbridge Press Pub. Co., Santa Barbara, California. 335p.

Sheldrake, R. Jr. and S. Dallyn. 1969. Production of greenhouse tomatoes in clay culture or in trough culture. Cornell Vetetable Crops Mimeo 149. 12p.

Sheldrake, R.,Jr. and S. Dallyn. 1969. Production of greenhouse tomatoes in clay culture or in trough culture. Its effect on plant status, yield, and quality of greenhouse tomatoes. HortScience 20: 205-207.

Turner, W.I and V.M. Henry. 1939 Growing plants in nutrient solutions. Wiley, N.Y. 154p.

Wittwer, S.H. and S. Houma 1979. Greenhouse tomatoes, lettuce and cucumbers. Michigan State Univ. Press, East Lansing. 225p.

الفصل الخامس

أوعية نمو النباتات ، والبيئات المستخدمة فى الزراعة ، وإنتاج الشتلات

تتجه الأساليب العصرية فى إنتاج الخضر إلى استعمال أوعية خاصة plant containers لا يعاد استخدامها غالبًا ، وتملأ ببيئات خاصة للزراعة ونمو الجذور ، وتتبع هذه الوسائل فى إنتاج شتلات الخضر ، وفى زراعة وإنتاج محاصيل الخضر ، كما فى بعض أنواع الزراعات المحمية داخل الصوبات ، كالمزارع المائية التى تستخدم فيها بيئات خاصة لنمو الجذور وتثبيت النباتات ، وهى التى سبق تناولها بالدراسة فى الفصل الرابع من هذا الكتاب .

٥ - ١ : مواصفات أوعية نمو النباتات

تتعدد أشكال وأنواع أوعية نمو النباتات . ورغم أن بعض القصارى الكبيرة يمكن أن تستخدم فى زراعة وإنتاج النباتات الكبيرة حتى الحصاد ، إلا أن غالبية أوعية نمو النباتات تستخدم فى إنتاج الشتلات .

ويمكن تقسيم الأنواع المختلفة من أوعية نمو النباتات على الوجه التالى :

١ - أوعية يعاد استخدامها عدة مرات non-disposable : وهذه تملأ فى كل مرة بالبيئات المستخدمة فى الزراعة .

٢ - أوعية تستخدم مرة واحدة disposable ، وهى نوعان :

(أ) أوعية تملأ بالبيئات المستخدمة فى الزراعة .

(ب) أوعية تحتوى على بيئات الزراعة الخاصة بها .

ويشترط فى الأوعية النباتية الجيدة أن تكون :

١ - غير قابلة للصدأ .

٢ - قـــوية .

٣ - يمكن تخزينها فى حيز ضيق وهى متداخلة stakable .

٤ - خفيفة الوزن .

٥ - جيدة المظهر .

٦ - رخيصـــة .

٧ - لا تتأثر كثيرًا بدرجات الحرارة الخارجية .

٥ - ٢ : الأوعية النباتية التى يعاد استخدامها

٥ - ٢ - ١ : الأصص

الأصص pots قد تكون مسامية ، أو عديمة المسام . وتصنع الأصص المسامية من الطمى ، فى حين تصنع الأصص العديمة المسام من المعدن أو الخرسانة أو المطاط أو البلاستيك ، وتصنع كلها بأحجام مختلفة (شكل ٥ - ١) .

يعاب على الأوعية المسامية (الفخارية) تراكم الأملاح بها . وتعالج هذه المشكلة بنقع الأصص من حين لآخر فى الماء لعدة ساعات ، ثم غسلها فى ماء جار . كما يعاب على الأوعية غير المسامية سوء التهوية بها ، واحتمال زيادة رطوبتها إلى الحد الضار بالنباتات النامية بها . ومن المشاكل الأخرى .. امتصاص جدر الأوعية الفخارية الجديدة لجزء من الثمرات المستخدمة فى التسميد ، ويعالج ذلك برى النباتات كل ٧ - ١٠ أيام بماء مذاب فيه نحو ٧,٥ جم كبريتات الأمونيوم/ لتر .

شكل ٥ - ١ : الأصص اللاسكية .

٥ - ٢ - ٢ : الصناديق الخشبية والمعدنية والبلاستيكية

تستخدم الصناديق (الطاولات أو الصوانى) Flats فى إنتاج الشتلات ، وتوجد منها صناديق خشبية ومعدنية وبلاستيكية . ويتراوح عرض الصندوق من ١٥ - ٦٠ سم ، وطوله من ٤٥ - ٩٠ سم ، وارتفاعه من ١٠ - ١٥ سم ، ولكن الشائع هو استعمال صناديق ذات أبعاد ٤٠ × ٦٠ ، أو ٣٥ × ٥٠ ، وبارتفاع ١٠ سم . ويجب توحيد أبعاد الصناديق ، تسهيلاً لإجراء العمليات الزراعية . وتتكون قاعدة الصناديق الخشبية من شرائح خشبية غير تامة الالتحام مع بعضها البعض ، فتترك بينها مسافة نحو ٣ مم لضمان الصرف الجيد . أما الصناديق المعدنية والبلاستيكية ، فإنها تكون مزودة بثقوب فى القاع (شكل ٥ - ٢) . وتستعمل مع الصناديق لوحة للتسطير row marker ، وأخرى لعمل أماكن لغرس الشتلات عند التفريد sporting board .

٥ - ٢ - ٣ : طاولات (صوانى) الإنتاج السريع للشتلات (سيدلنج تريز)

تصنع طاولات (صوانى) الإنتاج السريع للشتلات (سيدلنج تريز) Speedling trays من البلاستيك أو الاستيروفوم styrophoam ، وتوجد بها انخفاضات مخروطية بشكل حرف V نحو الجذور ، حيث يمكن نزع الشتلة بجذورها كاملة . وتحتوى كل صينية على عدد من الثقوب يختلف حسب مساحة الصينية ، وحجم الثقوب ، والمسافات بينها . ومن أكثر الأنواع شيوعًا : صوان تحتوى على ٨٤ ثقبًا . وتتراوح المسافة بين الثقوب من ٣ - ٥ سم ، وبعمق نحو ٣ سم . ويمكن إعادة استخدام الصوانى بعدّ تعقيمها كيميائيًا أشكال (٥ - ٣ ، ٥ - ٤) . وتعتبر الـ Speedling trays هى أفضل الوسائل لإنتاج شتلات الأصناف الهجين .

٥ - ٣ : الأوعية النباتية التى لايعاد استخدامها

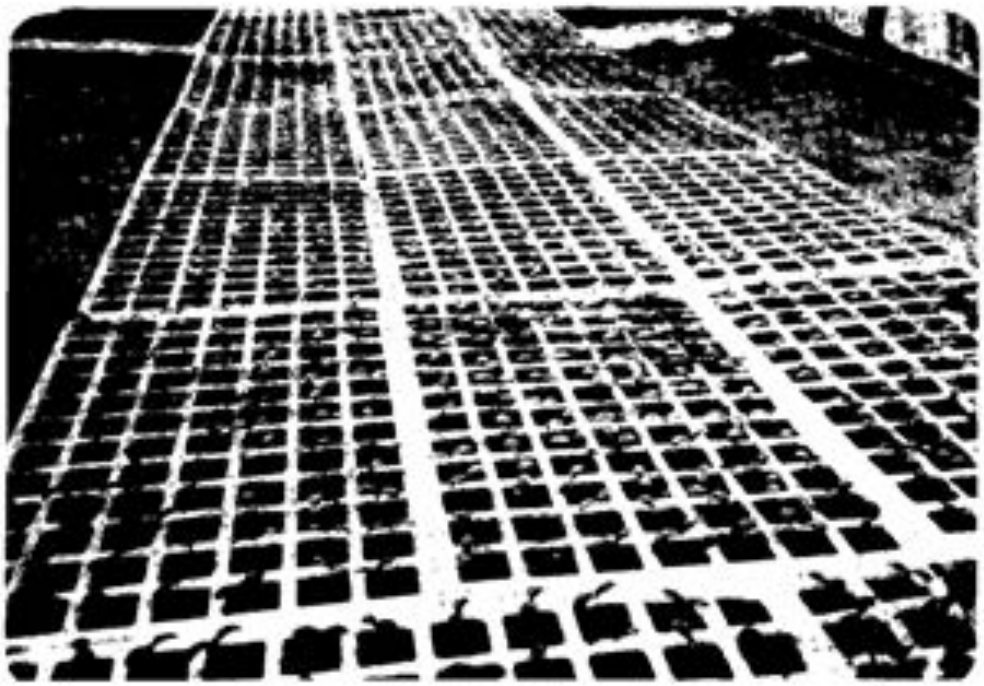
تستخدم هذه الأوعية مرة واحدة ، حيث توضع فى الأرض مع الشتلة ، وتتحلل أنسجتها فى التربة .

٥ - ٣ - ١ : الأصص

تصنع الأصص التى لا يعاد استخدامها من البيت ، وتسمى peat pots ، أو أصص جيفى jiffy pots ، وتوجد بأحجام مختلفة . تملأ هذه الأصص ببيئات الزراعة ، وترى فيها النباتات لحين وصولها إلى الحجم الصالح للشتل ، ثم يزرع النبات بالأصيص فى الحقل ، حيث تتحلل جدر الأصيص وتنفذ الجذور من خلاله إلى التربة . ولذلك أهمية كبيرة فى احتفاظ النباتات بجذورها كاملة . وتباع هذه الأصص إما منفردة (شكل ٥ - ٥) ، أو فى مجموعات متصلة (شكل ٥ - ٦) يسهل فصلها عن بعضها البعض عند الشتل .

وقد تتعرض النباتات النامية بمثل هذه الأوعية لنقص النيتروجين بسبب تحلل جدر الأوعية بفعل الكائنات الدقيقة ، وحاجة هذه الكائنات للنيتروجين الذى تحصل عليه من البيئة التى تنمو فيها جذور النباتات . وتعالج هذه المشكلة بإضافة كبريتات الأمونيوم إلى ماء الرى بمعدل ٧,٥ جم/ لتر ماء كل ٧ - ١٠ أيام .

شكل ٥ - ٢ : الطرولات أو الصوان اللاصقة.



شكل ٥ – ٣ : طاولات الإنتاج السريع للشتلات speedling trays بكل منها ٨٤ ثقبًا مربعًا ، وتظهر بها بادرات القاوون المعدة للزراعة فى الصوب .

شكل ٥ – ٤ : طاولات الإنتاج السريع للشتلات Speedling trays بكل منها ١٠٤ ثقبًا مستديرًا ، وتظهر بها بادرات الفلفل المعدة للزراعة فى الصوب .

شكل ٥ - ٥ : أصص جيفي Jiffy pot ، أو أصص البيت Peat pots .

شكل ٥ - ٦ : أصص جفي متصلة بعضها البعض في مجموعات ليسهل نقلها من المشتل إلى الحقل

كما قد تصنع الأصص التى لا يعاد استخدامها من الورق ، وتتوفر إما فى صورة مكعبات ، وتسمى paper blocks ، أو متصلة ببعضها على شكل عش النحل ، وهى التى تعرف باسم paper pots . تعبأ الأوعية الورقية ، وتعرض للبيع ، وتنقل وهى مضغوطة . وعند الاستعمال تفرد على سطح أرض المشتل ، حيث تظهر أماكن زراعة النباتات على شكل مربعات ، أو على شكل عش النحل شكل (٥ - ٧) . هذه الأوعية مفتوحة من الجانبين (من أعلى ومن أسفل) ، وتباع بأحجام مختلفة حسب المحصول المراد زراعته بها . وتضم كل وحدة عددًا من الأوعية يتراوح بين ٢٠ - ٢٥٠ حسب حجم الوعاء .

شكل ٥ - ٧ : الأصص الورقية من نوع عش النحل بعد فردها على سطح التربة ، استعدادًا لزراعتها .

ورغم أن هذه الأوعية تكون ملتصقة ببعضها البعض عند استخدامها فى الزراعة ، إلا أن عملية الرى تجعل من السهل فصلها عن بعضها البعض عند إعدادها للزراعة فى الحقل الدائم ، حيث يزرع النبات بوعائه . ويعنى ذلك أن كل وعاء له جدره الخاصة به ، بحيث يمكن فصله عن الأوعية المجاورة عند الشتل ، وهذا هو النظام المتبع فى أوعية عش النحل شكل (٥ - ٨) ، إلا أنه فى حالة المكعبات الورقية لا يكون لكل وعاء جدره الخاصة به ، الأمر الذى يستلزم إخراج الشتلة بصلبة الجذور من الوعاء عند الزراعة .

شكل ٥ - ٨ : أوعية عمل النحل بها بادرات طماطم . يؤدى رى النباتات إلى ذوبان المادة اللاصقة بين الأوعية ، لكنها تظل متراصة . ويمكن نقلها إلى الحقل الدائم فى مجموعات ، حيث يسهل فصلها عن بعضها البعض عند الشتل .

٥ - ٣ - ٢ : أقراص جيفى

تصنع أقراص جيفى Jiffy pellets من البيت موس المضغوط ، والقابل للتمدد بسهولة فى وجود الرطوبة . لوضع مادة البيت موس داخل شبكة رقيقة مرنة ، ويضاف لها الكلس والعناصر السمادية . عند ترطيب هذه الأقراص بالماء ، فإنها تتمدد ، وتعود لحجمها الأصلى قبل الضغط . وتتوفر بأحجام مختلفة ، مثل : جيفى ٧ ، وجيفى ٩ . وأكثرها استعمالاً جيفى ٧ .

تحتوى كل ١٠٠ جرام من أقراص جيفى ٧ على كميات العناصر التالية :

العنصر	الكمية
البوتاسيوم	٢٢٠ - ٢٥٠ مجم
الكالسيوم	١ - ١,٢ جم
الفوسفور	٨٠ - ١٠٠ مجم
المغنسيوم	٨٠ - ١٠٠ مجم
النيتروجين	٠,٨ - ١,٠ جم

ويحوى القرص من العناصر الغذائية ما يكفى لمد النبات النامى به بحاجته لمدة ثلاثة أسابيع . وينصح بعد ذلك بإضافة سماد مناسب فى صورة ذائبة فى الماء .

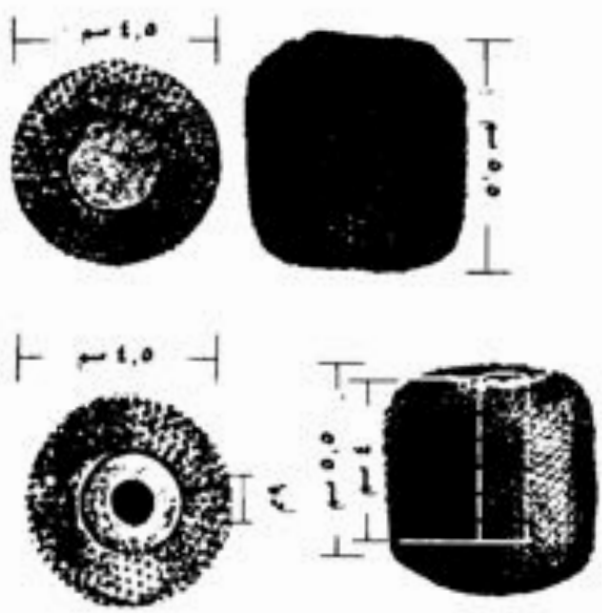
يعطى استعمال أقراص جيفى نموًّا مبكرًا وسريعًا ، كما يسهل إجراء عملية الشتل . وللحصول على أحسن النتائج يراعى ما يلى :

١ – يجب وضع الأقراص فوق مكان نظيف ، ويُفضّل أن يكون شريحة بلاستيكية . والعادة هى أن ترص أقراص جيفى بجانب بعضها البعض عند الاستعمال ، ولكن يمكن وضعها متباعدة حسب حجم النباتات المتوقع عند النمو .

٢ – الرى المنتظم ضرورى ، ويجب ألا يسمح بجفاف الأقراص مطلقًا .

٣ – عند الشتل يوضع القرص كاملًا فى التربة ، ولا تزال الشبكة الخارجية ، حيث تخترقها الجذور بسهولة . وتروى الأقراص جيدًا قبل نقلها إلى الحقل . ويجب التأكد من إحاطة التربة جيدًا بالقرص من جميع الجوانب ، وتغطيتها له عقب الشتل .

هذا .. وأقراص جيفى ٩ لها نفس قطر أقراص جيفى ٧ ، إلّا أنها تكون أطول عندما تتمدد بفعل الرطوبة . وبعضها يحوى انخفاضًا صغيرًا بوسط القرص ، يظهر كحفرة بعمق مناسب لزراعة البذرة بعد أن يتمدد القرص بفعل الرطوبة (شكل ٥ – ٩) .



شكل ٥ – ٩ : أقراص جيفى ٧ قبل (إلى اليسار) وبعد (إلى اليمين) التمدد بالرطوبة ، بدون ثقب (العلوية) ، وبثقب (السفلية) بالقرص .

٥ - ٤ : بيئات الزراعة وأهميتها

يطلق على البيئات المستخدمة فى الزراعة Growing media عادة اسم بيئات نمو الجذور Root media ، أو مخاليط التربة Soil mixes ، لأن التربة كانت تدخل كمكون رئيسى فى عمل هذه البيئات ، إلّا أن الاتجاه الغالب حاليًا هو عدم استخدام التربة والأسمدة العضوية فى بيئات الزراعة ، لأن نقل التربة إلى الأصص وأوعية نمو النباتات يفقدها أهم خصائصها ، ألا وهى التهوية الجيدة ، وتوفير الأكسجين اللازم لتنفس الجذور ، نظرًا لأنها سريعًا ما تفقد خاصية التحبب granulation ، وتصبح مسامها ممتلئة بالماء أغلب الوقت . أما بقايا الأوراق والسماد الحيوانى وغيرها من المواد العضوية المستخدمة فى عمل المكمورة ، فإنها لا تستعمل فى عمل مخاليط الزراعة ، لأنها لا تظل ثابتة عند معاملتها بالبخار ، أو عند تبخيرها بالمواد المستخدمة فى التعقيم ، كما أنها تنكمش فى الحجم بنحو ٣٣٪ تقريبًا مع الاستعمال . ويفضل استخدام مواد أخرى فى عمل مخاليط الزراعة ، مثل : الرمل ، والبيت موس ، والفيرميكوليت ، وقشور الأرز ، ونشارة الخشب ، وقلف الأشجار وغيرها حسب مدى توفر كل منها .

وترجع أهمية بيئة نمو الجذور إلى أنها :

١ - تعمل كمخزن للعناصر الغذائية .

٢ - تحتفظ بماء الرى لاستعمال النبات .

٣ - توفر الأكسجين بالقدر المناسب لاستخدام الجذور .

٤ - توفر الوسط الملائم لتثبيت الجذور والنبات .

٥ - ٥ : الخصائص الطبيعية والكيمائية المهمة لبيئات نمو الجذور .

من أهم الخصائص الطبيعية والكيمائية التى يجب الاهتمام بها فى بيئات نمو الجذور ما يلى :

١ - ثبات المادة العضوية : فيجب أن يكون تحلل المادة العضوية فى أضيق الحدود ، حتى لا يقل حجمها كثيرًا ، خاصة أن أوعية نمو النباتات تكون عادة صغيرة الحجم . ومن أكثر مكونات مخاليط الزراعة تحللًا : القش ، ونشارة الخشب . ولا يُنصح باستعمال أى منها .

٢ - نسبة الكربون إلى النيتروجين : إذا زادت نسبة الكربون (المواد الكربوهيدراتية) إلى النيتروجين عن ٣٠ : ١ ، فإن النيتروجين الموجود بالبيئة أو المضاف لها فى صورة أسمدة تستخدمه الكائنات الدقيقة التى تقوم بتحليل المادة العضوية ؛ ويؤدى ذلك إلى نقص الأزوت ، وهو الأمر الذى يجب تعويضه بزيادة مستوى التسميد الأزوتى .

وتجدر الإشارة إلى أن نسبة ك : ن فى نشارة الخشب تبلغ ١٠٠٠ : ١ ، وتلزم إضافة ١٢ كيلو جرام من الأزوت لكل طن من نشارة الخشب لتسهيل عملية التحلل . وبالمقارنة .. فإن هذه النسبة تبلغ ٣٠٠ : ١ فى قلف الأشجار ، ويلزم ٣,٥ كيلو جرام نيتروجين لكل طن من قلف الأشجار حتى يتحلل جيدًا . وبينما يتحلل قلف الأشجار على مدى ثلاث سنوات ، فإن نشارة الخشب تتحلل فى خلال أشهر قليلة . وعليه .. نجد أن قلف الأشجار لا يحدث نقصًا حادًا فى النيتروجين فى البيئة ،

برغم ارتفاع نسبة الكربون فيه . ويعتبر قلف الأشجار أحد المكونات المرغوبة فى بيئات نمو الجذور .

٣ - الكثافة الظاهرية

ترجع أهمية الكثافة الظاهرية إلى أنه من الضرورى أن تكون بيئة نمو الجذور ثقيلة بالدرجة الكافية لمنع انقلاب أنواع نمو النباتات ، خاصة عندما تكبر النباتات فى الحجم . فنجد مثلاً أن بيئة مكونة من الفيرميكيوليت والبرليت تبلغ كثافتها ٣٢ رطلاً لكل قدم مكعب عقب الرى ، لكن كثافتها تنخفض عند جفافها إلى ٦,٥ رطلاً لكل قدم مكعب ، الأمر الذى يجعل انقلاب النباتات الكبيرة فى الفصارى أمرًا واردًا . ومن ناحية أخرى .. نجد أن بيئات نمو الجذور الثقيلة جدًا تجعل تداولها أمرًا صعبًا وغير اقتصادى . وأفضل البيئات هى التى تتراوح كثافتها من ٤٠ - ٧٥ رطلاً لكل قدم مكعب بعد الرى .

٤ - القدرة على الاحتفاظ بالرطوبة والتهوية

يجب أن يتوفر فى البيئة المثالية قدر من التوازن بين التهوية والقدرة على الاحتفاظ بالرطوبة ، فيجب أن يكون من ١٠ - ٢٠٪ من حجم البيئة مملوءًا بالهواء ، ومن ٣٥ - ٥٠٪ مملوءًا بالماء عقب الرى . ويتحقق ذلك بالاختيار الدقيق لمكونات البيئة بإضافة مواد ، مثل : البيت موس ، والفيرميكيوليت .

٥ - السعة التبادلية الكاتيونية

يجب أن تتراوح السعة التبادلية الكاتيونية فى بيئة نمو الجذور من ١٠ - ٣٠ ملل مكافىء/ ١٠٠ جم من المخلوط ، والقيم الأعلى من ذلك ليست شائعة ، ولكنها مفضلة ، بينما تتطلب القيم الأقل من ذلك تكرار إضافة الأسمدة كثيرًا . هذا .. وتزيد السعة التبادلية الكاتيونية فى الطين ، والبيت موس ، والفيرميكيوليت ، والمواد العضوية المتحللة عمومًا ، بينما تنخفض إلى درجة لا يعتد بها فى الرمل ، والبرليت ، والبوليسترين ، والمواد العضوية غير المتحللة ، مثل : قشور الأرز ، وقشور الفول السودانى .

٦ - درجة الحموضة (pH)

يتراوح أفضل pH لمعظم المحاصيل من ٦,٢ - ٦,٨ . وبعض المكونات تكون حامضية ، مثل : البيت موس ، وقلف الأشجار ، والكثير من المواد العضوية المتحللة ، بينما نجد أن الرمل ذا pH = ٧ ويجب تعديل pH المخلوط إلى المدى المناسب بعد تحضيره .

٧ - محتوى البيئة من العناصر الغذائية

كثيرًا ما تضاف الأسمدة إلى بيئات نمو النباتات ، ويعد ذلك أمرًا مرغوبًا عند استخدامها فى إنتاج الشتلات ، نظرًا لأن النباتات تعتمد عليها فى مدها بحاجتها من الغذاء لمدة ٣ - ٤ أسابيع . وتفضل عدم إضافة الأسمدة إلا إذا أعدت البيئات قبل استخدامها فى الزراعة مباشرة ، حتى لا يؤدى تركها فى جو رطب إلى زيادة تيسر العناصر بدرجة السمية ، وتستثنى من ذلك الأسمدة الفوسفاتية التى يكون من الأفضل إضافتها إلى البيئة عند تحضيرها بمعدل ٢,٥ رطل سوبر فوسفات (٢٠٪) لكل

باردة مكعبة من المخلوط ، لأن الفوسفور لا يزيد تركيزه عند تخزين مخاليط الزراعة . كما تلزم أيضًا إضافة العناصر الدقيقة إلى البيئات التى لا تكون فيها التربة إحدى مكوناتها الرئيسية (Nelson ١٩٨٥) . ويوضح جدول (٥ - ١) المستوى المناسب من العناصر الغذائية الرئيسية فى مخاليط الزراعة (عن Mastalerz ١٩٧٧) .

جدول (٥ - ١) : المستوى المناسب من العناصر الغذائية فى مخاليط الزراعة

العنصر	الصورة		المستوى المناسب
النيتروجين	ن آ	NO_3^-	٥٠ - ٢٥٠ جزء فى المليون
الفوسفور	فو	P	١٢٥ - ٤٥٠ جزء فى المليون
البوتاسيوم	بو	K	٠,٧٥ - ١,٥ ملل مكافىء/ ١٠٠ جرام ٣ - ٧,٥ ٪ من السعة التبادلية الكاتيونية
الكالسيوم	كا	Ca	٨ - ١٣ ملل مكافىء/ ١٠٠ جم ٥٢ - ٨٥ ٪ من السعة التبادلية الكاتيونية
المغنسيوم	مغ	Mg	١,٢ - ٣,٥ ملل مكافىء/ ١٠٠جم ٧,٥ - ٢١ ٪ من السعة التبادلية الكاتيونية

هذا .. ويمكن إيجاز الشروط التى يجب توافرها فى مخلوط التربة الجيد فى أن يكون :

١ - تام التجانس ، ويسهل خلط مكوناته .

٢ - ثابتًا لا يتغير كيميائيًا عند تعقيمه بالبخار أو بالمطهرات الكيميائية .

٣ - جيد التهوية .

٤ - ذا مقدرة عالية على الاحتفاظ بالرطوبة .

٥ - قادرًا على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية ، فلا تفقد منه بالرشح .

٦ - متوسط الخصوبة ، وذا pH مناسب .

٧ - غير مكلف .

٨ - خفيف الوزن .

٩ - عديم الانكماش عند الاستعمال (Edmond وآخرون ١٩٧٥) .

٥ - ٦ : المواد المستخدمة فى تحضير بيئات الزراعة

يدخل العديد من المكونات فى تحضير المخاليط المختلفة من بيئات الزراعة ، وأهمها المواد التالية :

٥ - ٦ - ١ : التربـــة

أنسب الأراضى لعمل مخاليط الزراعة هى الطمية ذات التكوين الجيد ، الغنية بالدبال . ويجب إعداد الأراضى التى تستخدم فى تحضير مخاليط التربة مسبقًا بزراعتها لمدة ١ - ٣ سنوات بالبرسيم ، أو البرسيم الحجازى . فمثل هذه المحاصيل تخلف سنويًا نموًا جذريًا هائلًا يتحلل فى التربة إلى دبال ،

ويعمل على تحسين خواص التربة . ويجب حش هذه المخاصيل مرتين سنويًا ، وتركها على سطح التربة ، ثم تخرث فى التربة قبل إعداد الخلطة بنحو ٤ أشهر ، ثم تجمع التربة المخلوطة بالبرسيم فى أكوام حتى يتحلل البرسيم ، ويزيد من نسبة الدبال بالتربة ، ويحسن من خصائصها بناء تجمعات التربة Soil aggregates ، لأن من أكبر مساوىء استخدام التربة فى أوعية نمو النباتات هى سرعة فقدها للبناء الجيد ، وتهدم التجمعات ، الأمر الذى يؤدى إلى ردادة التهوية بدرجة تضر بالنباتات .

٥ - ٦ - ٢ : الرمـــل

يستخدم رمل البناء الخشن فى بيئات الزراعة لتحسين الصرف والتهوية ، ولزيادة كثافة الخلائط .

٥ - ٦ - ٣ : السماد العضوى الحيوانى

يتميز السماد العضوى بارتفاع سعته التبادلية الكاتيونية ، فيعمل كمخزن للعناصر الغذائية ، كما أنه يعتبر مصدرًا جيدًا للعناصر . ونادرًا ما تظهر أعراض نقص العناصر الصغرى عند استخدام السماد العضوى فى بيئة نمو الجذور . كما يحتوى السماد العضوى على كميات قليلة من الأزوت ، والفوسفور ، والبوتاسيوم جدول (٥ - ٢) ، لكن نظرًا لاستعماله بكميات كبيرة ، فإنه يوفر كميات جوهرية من هذه العناصر . وبالإضافة إلى ذلك .. فإن السماد العضوى ذو مقدرة كبيرة على الاحتفاظ بالرطوبة ، وهو الأمر الضرورى فى أى خلطة تستخدم لزراعة النباتات . وربما كان البيت موس هو أقرب المواد للسماد العضوى من حيث خصائصه ومميزاته .

جدول (٥ - ٢) : نسبة النيتروجين والفوسفات والبوتاسيوم فى الأسمدة الحيوانية .

نوع السماد الحيوانى	نسبة العنصر على أساس الوزن الجاف		
	النيتروجين (N)	الفوسفور (P_2O_5)	البوتاسيوم (K_2O)
الماشية	٠,٥	٠,٣	٠,٥
الدواجن	١,٠	٠,٥	٠,٨
الخيل	٠,٦	٠,٣	٠,٦
الأغنام	٠,٩	٠,٥	٠,٨

وأفضل أنواع الأسمدة الحيوانية للإستعمال فى بيئات زراعة النباتات هو سماد الماشية المتحلل . أما أنواع الأسمدة الأخرى ، فتكون قوية ، ولا يجب استعمالها إلا بحرص وبكميات صغيرة . فغالبًا ما تكون نسبة الأمونيا مرتفعة بها ، خاصة فى مخلفات الدواجن ، الأمر الذى يحدث أضرارًا للجذور و نموات الخضرية .

يستخدم سماد الماشية فى البيئة بنسبة ١٠ - ١٥٪ . ويلى إضافته تعقيم الخلطة إما بالبخار ، أو بالكيماويات ، ويعد ذلك أمرًا ضروريًا للتخلص من الكائنات المسببة للأمراض ، والحشرات ، والنيماتودا ، وبذور الحشائش التى توجد بكثرة فى الأسمدة الحيوانية .

ويجب أن يكون الرى دائماً غزيرًا عند استعمال السماد الحيوانى فى خلطة الزراعة لضمان غسيل الأزوت النشادرى الذى قد يتحرر بكميات كبيرة من السماد . وحتى إذا لم تستخدم الخلطة فى الزراعة فى الحال ، فإنه يجب غسلها جيدًا بالماء كل فترة لنفس الغرض .

٥ - ٦ - ٤ : المخلفات النباتية غير المتحللة

تضاف أحيانًا بعض المخلفات النباتية غير المتحللة إلى بيئات الزراعة ، وذلك بعد تقطيعها إلى أجزاء صغيرة ، حتى تختلط جيدًا بباقى المكونات . ويستخدم فى هذا المجال : القش ، ومصاصة القصب ، وقشور الأرز ، وقشور الفول السودانى . ويعاب عليها جميعًا ارتفاع نسبة الكربون إلى النيتروجين بها ، الأمر الذى يؤدى إلى نقص فى الأزوت بيئة الزراعة .

٥ - ٦ - ٥ : المخلفات النباتية المتحللة (المكمورة)

يوجد العديد من المخلفات النباتية التى تدخل فى عمل المكمورة ، منها : نشارة الخشب ، وقلف الأشجار ، وقشور الأرز ، وقشور الفول السودانى ، والخشائش البحرية . وتعد هذه المواد ذات سعة تبادلية كاتيونية منخفضة جدًا قبل أن تتحلل ، لكن سعتها التبادلية الكاتيونية تزداد كثيرًا وكذلك مقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة بعد أن تتحلل ، كما يؤدى التحلل إلى التخلص من العديد من المركبات الضارة التى توجد بها .

٥ - ٦ - ٦ : القمامة المتحللة

لم تظهر لاستخدام القمامة المتحللة فى مخاليط الزراعة أية نتائج إيجابية .

٥ - ٦ - ٧ : قلف الأشجار

تبلغ نسبة الكربون إلى النيتروجين حوالى ٣٠٠ : ١ فى قلف الأشجار Bark ، كما أن تحلله فى البداية يكون سريعًا ، لذلك فإن نقص الأزوت قد يكون مشكلة فى المراحل الأولى من النمو التالى عند استخدام قلف الأشجار فى تحضير بيئات الزراعة ، نظرًا لأن الكائنات الدقيقة التى تقوم بتحليله تستهلك كل ما يوجد بالبيئة من نيتروجين . ويحتوى قلف بعض الأشجار على كميات وأنواع مختلفة من المركبات الفينولية التى تضر بالنباتات ، لكن هذه المركبات تتحطم أثناء تحلل القلف . وتلزم لإتمام ذلك فترة لا تقل عن شهر . ومن المزايا الأخرى لتحلل القلف - ونشارة الخشب أيضًا - زيادة السعة التبادلية الكاتيونية كثيرًا ، فتزداد من نحو ٨ ملى مكافىء إلى ٦٠ ملى مكافىء لكل ١٠٠ جم ، الأمر الذى يزيد من مقدرة اللحاء على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية . ويجرى التحلل بخلط القلف بالنيتروجين بمعدل ٣ أرطال نيتروجين لكل ياردة مكعبة من اللحاء وتكويم المخلوط فى الحقل . وتستخدم نترات الأمونيوم كمصدر جيد للأزوت بمعدل ٩ أرطال لكل ياردة مكعبة ، نظرًا لأنها تحتوى على ٣٣٪ نيتروجين . ويتم التحلل الأولى السريع المطلوب فى مدة ٤ - ٦ أسابيع ، ويلزم قلب الكومة بعد ١ - ٢ أسبوع من بداية التحلل للمساعدة على تجانس التحلل . وتجدر الإشارة إلى أن الحرارة الناتجة من التحلل تكفى لبسترة القلف ، والتخلص من الكائنات المرضية الضارة .

٥ - ٦ - ٨ : نشارة الخشب

يجب أن تكون نشارة الخشب متحللة جزئيًا ، نظرًا لأن تحللها الأولى يكون سريعًا جدًا ، ويتطلب كميات كبيرة من الأزوت ، لأن نسبة الكربون إلى النيتروجين فى نشارة الخشب تبلغ ١٠٠٠ : ١ - فيجب أن تتم خطوة التحلل السريع الأولى قبل استخدام النشارة فى تحضير بيئة نمو النباتات ، كما أن التحلل الأولى يساعد على التخلص من المركبات السامة التى قد توجد بالنشارة ، مثل التانينات .

ونشارة الخشب المتحللة جزئيًا لمدة شهر ، والمضاف لها الأزوت تكون حامضية ، وتتطلب خلطها بالحجر الجيرى لمعادلتها . ومع استمرار تحلل النشارة أثناء الاستعمال - كبيئة لنمو النباتات - يحدث انخفاض تدريجى فى pH المخلوط ، الأمر الذى يتطلب إضافات جديدة من الحجر الجيرى .

٥ - ٦ - ٩ : البيت موس ، وأنواع البيت الأخرى

توجد أنواع مختلفة من البيت ، أهمها البيت موس Peat moss . ويفضل البيت موس الذى يكون لونه من رمادى خفيف إلى بنى ، حيث يكون قليل التحلل ، ويتكون من السفاجنم موس Sphagnum moss ، أو الهيبنم موس hypnum moss ، خاصة الأول . ويتراوح محتواه الأزوتى من ٠,٦ - ١,٤٪ ، ويتحلل ببطء . ويتميز بمقدرته الكبيرة على الاحتفاظ بالرطوبة أكثر من جميع أنواع البيت الأخرى ، حيث يحتفظ بالماء بمقدار يعادل ٦٠٪ من حجمه . هذا .. ويعتبر السفاجنم موس من أكثر أنواع البيت حموضة ، حيث يبلغ فيه الـ pH من ٣ - ٤ ، ويتطلب من ١٤ - ٣٥ رطلاً من الحجر الجيرى المطحون حيثما لكل بالة مكعبة من البيت لرفع الـ pH إلى ما بين ٦,٢ و ٦,٨ ، وهو المجال المناسب لنمو معظم المحاصيل . والبيت نفسه يفيد فى خفض pH التربة القلوية .

هذا .. ويمكن رؤية التركيب الدقيق للموس فى البيت موس ، وترجع مقدرته الفائقة على الاحتفاظ بالرطوبة إلى أنه يحتفظ بالماء بكميات كبيرة على الأسطح الكثيرة جدًا للموس ، بينما ترجع مساميته العالية إلى احتفاظه بالهواء فى المسام الكبيرة بين تجمعات البيت موس ، ولهذا السبب لا ينصح بطحن البيت موس طحنًا دقيقًا .

ومن أنواع البيت الأخرى الأقل استعمالاً فى الأغراض الزراعية : الريد سيدج بيت reed-sedge peat ، والبيت هيومس peat humus .

والـ Reed-sedge peat ذو لون بنى محمر ، ويتكون من نباتات المستنقعات ، مثل : الريدز reeds ، والسدج sedges ، والـ marsh grasses ، والـ Cattails ، ويوجد فى مراحل مختلفة من التحلل ، ولكنه يكون بصورة عامة أكثر تحللاً من البيت موس . وعليه .. فإن التهوية والمقدرة على الاحتفاظ بالرطوبة تكون أقل مما هى فى البيت موس . وتتراوح حموضته من pH ٤ - ٧,٥ حسب مصدره .

أما الـ peat humus فلونه بنى داكن يميل إلى السواد ، وعلى درجة عالية من التحلل ، ويتحصل عليه غالبًا من hypnum peat ، أو من Reed sedge peat ، ولا يمكن ملاحظة الجزيئات النباتية الأصلية به ، لأنها تكون قد تحللت ، ومقدرته على الاحتفاظ بالرطوبة أقل من أنواع البيت الأخرى . وتتراوح حموضته من pH ٥ - ٧,٥ ، وبه مستوى مرتفع نسبيًا من النيتروجين . وعليه .. فإنه

لا يصلح لإنتاج الشتلات ، لأنه يطلق كميات كبيرة من النيتروجين النشادرى أثناء التحلل الميكروبى للبيت عند استعماله . ونادرًا ما يستغل هذا النوع من البيت فى عمل مخاليط الزراعة .

المصادر الطبيعية للبيت ، وطريقة تكونه

توجد معظم الأراضى التى تحتوى على البيت شمال خط عرض ٤٥° شمالًا . ويتكون البيت تحت ظروف المستنقعات الباردة بنمو نباتات خاصة تنتمى إلى الخزازيات ، وبصفة أساسية . Sphagnum fuscum و S.acutifolium ، وبصفة ثانوية Eriophorum vaginatum . وتنمو هذه النباتات بكثافة عالية ، وتمتص الرطوبة لتشكل ما يسمى باسم raised bogs ، وبعد نمو هذه النباتات ، فإنها تموت ، ولكنها لا تتحلل كيمائيًا ، ويبقى تركيبها الكيمائى كما هو . ومعظم التغيرات التى تحدث بها تكون فيزيائية ، نتيجة تحمد النباتات وتفككها .

وأفضل البيت هو البيت موس التقى الذى لا يوجد مختلطًا به نباتات أخرى . فإذا وجدت هذه النباتات . فإنها تعطى للبيت لونًا أدكن ، وتقل كفاءته فى ادمصاص العناصر الغذائية وكمخزن للرطوبة . والأخير يطلق عليه اسم sedge moss لاحتوائه على بقايا معينة من الـ Sedge والـ Cotton-grass (Nelson ١٩٨٥) .

الخصائص العامة المميزة للبيت

يمكن تلخيص الخصائص العامة للبيت موس فيما يلى :

١ – يزن ٦٠ – ٧٠ كجم/ متر مكعب .

٢ – نسبة الفراغات به نحو ٩٥٪ من حجمه .

٣ – يحتوى على ١ – ٢٪ رماد .

٤ – يمكن أن يحتفظ برطوبة تبلغ ١٥ ضعف وزنه .

٥ – تفاعله حامضى ، حيث يصل الـ pH إلى ٣,٨ .

٦ – تقدر سعته التبادلية الكاتيونية بنحو ١٥٠ ملى مكافىء/١٠٠ جم عند تعديل الـ pH إلى ٧

٧ – ليس له أهمية تذكر فى تغذية النبات ، لأن محتواه من العناصر الغذائية ضعيف للغاية .

وتقوم الشركات بتجهيز بيت موس معدل ومخصب لاستخدامه فى الزراعة مباشرة . وعادة يعدل الـ pH إلى حوالى ٥,٥ بإضافة الحجر الجيرى بمعدل ٣,٢٥ كجم/ متر مكعب ، والحجر الجيرى الدولوميتى بمعدل ١,٧٥ كجم/ متر مكعب من البيت . كما تضاف له الأسمدة ليصل محتواه من العناصر الغذائية بالجرام لكل متر مكعب من البيت كالتالى (كما فى إحدى التجهيزات التجارية السويدية) :

٢٢٥ جم نيتروجين	٢٥٠ جم فوسفور
٣٥٠ جم بوتاسيوم	٢٥٠ جم مغنسيوم

٢٥٠٠ جم كالسيوم	٢٥٠ جم كبريت
٣٠ جم حديد	١٥ جم منجنيز
٤ جم نحاس	١,٥ جم بورون
٣ جم زنك	١ جم موليبدنم

(Hasselfors Garden ١٩٨٢) .

٥ - ٦ - ١٠ : الفيرميكيوليت

يُحصل على الفيرميكيوليت Vermiculite من مناطق رسوبية طبيعية deposits في أماكن مختلفة من العالم ، ويكثر في الولايات المتحدة وأفريقيا ، وهو كيماويًا عبارة عن hydrated magnesium-aluminum silicate . وتتركب الخامة الأصلية من معدنين هما: الفيرميكيوليت Vermiculite ، والبيوتيت biotite . وفي الأول ترتبط القشور أو الصفائح الرقيقة scales ببعضها البعض بجزيئات الماء ، وفي الثاني يتم الربط بعنصر البوتاسيوم . عند تسخين الخامة الأصلية إلى نحو ١٠٩٤°م يتحول الماء إلى بخار ، مما يزيد من حجم المادة الأصلية إلى ١٢ - ١٥ ضعف حجمها . والناتج يكون معقمًا ، وخفيف الوزن ، وذا مقدرة عالية على امتصاص الماء ، والاحتفاظ به ضد الجاذبية الأرضية ، كما أنه جيد التهوية ، ويحوي كميات من الكالسيوم ، والبوتاسيوم ، والمغنسيوم بصورة ميسرة تكفي حاجة البادرات (Douglas ١٩٧٦) .

ومن خصائص الفيرميكيوليت ما يلي :

١ - الفيرميكيوليت الأمريكي متعادل أو حامض قليلاً ، بينما الأفريقي قلوي ، ويصل فيه الـ pH إلى ٩,٠ .

٢ - معقم .

٣ - يزن ٧٥ - ١٥٠ كجم/م³ .

٤ - يكون في شكل رقائق تحتفظ بكميات كبيرة من الماء والعناصر الغذائية للنبات .

٥ - ذا سعة تبادلية كاتيونية عالية تتراوح من ١٩ - ٢٢,٥ ملي مكافيء/ ١٠٠ جم ، نظرًا لكثرة الشحنات السالبة على أسطح الصفائح .

٦ - يحتوي على كميات كبيرة ميسرة من المغنسيوم والبوتاسيوم تكفي لاحتياج النبات . أما محتواه من الكالسيوم ، فيكفي النبات في بداية نموه فقط .

٥ - ٦ - ١١ : البرليت

يعتبر البرليت Perlite بديلاً جيدًا للرمل لتوفير التهوية الجيدة ، ويتميز عن الرمل بخفة وزنه ، حيث يزن ٦ أرطال لكل قدم مكعب ، مقابل ١٠٠ - ١٢٠ رطلاً لكل قدم مكعب من الرمل .

والبرليت عبارة عن حجر بركاني أساسه السيليكا ، يتم طحنه ، ثم يسخن إلى حرارة ٩٨٢°م ، حيث يتمدد ليكون جزيئات بيضاء ذات خلايا هوائية عديدة مغلقة . هذا .. ويلتصق الماء بسطح

جزيئات البرليت ، ولكنه لا يدمص داخل التكتلات ، وهو معقم وخامل كيميائيًا ، وليس له أية سعة تبادلية كاتيونية ، وذو pH = ٧,٥ . ويعد أكثر تكلفة من الرمل .

٥ - ٦ - ١٢ : رغوة البوليسترين

تعرف رغوة البوليسترين Polystyrene foam بعدد من الأسماء التجارية ، منها : ستيروفوم Styrofoam وستيروبور Styropor . وهى مثل البرليت يمكن أن تكون بديلًا للرمل ، لأنها تحسن التهوية ، وتتميز عن الرمل بخفة الوزن . وهى مادة مصنعة بيضاء ، تحتوى على العديد من الخلايا المغلقة المملوءة بالهواء ، وهى خفيفة الوزن ، تزن أقل من ١,٥ رطلًا لكل قدم مكعب . وهى لا تمتص الرطوبة ، وليست بها سعة تبادلية كاتيونية تذكر ، وذات pH متعادل ، ولا تؤثر بالتالى على pH بيئة الزراعة . ويمكن الحصول على البوليسترين على شكل كرات صغيرة ، أو على شكل صفائح . وبتراوح قطر الكرات من $\frac{١}{٨} - \frac{٣}{١٦}$ بوصة ، وسمك الصفائح من $\frac{١}{٨}$ إلى $\frac{١}{٤}$ بوصة . (Nelson ١٩٨٥) .

٥ - ٧ : أمثلة للمخاليط المستخدمة فى الزراعة ، وطرق تحضيرها

تتنوع المخاليط المستخدمة فى الزراعة بدرجة كبيرة من بلد لآخر ، ومن موقع لموقع ، ويتوقف ذلك على مدى توفر المواد الأولية المستخدمة فى عمل المخاليط ، وتكلفتها لكى يكون استعمالها اقتصاديًا . وإلى جانب المخاليط ذات الطابع المحلى التى لا تستخدم إلا على نطاق محدود فى أماكن معينة ، توجد مخاليط أخرى اتسع نطاق استخدامها فى مناطق مختلفة من العالم ، وأثبتت الخبرة والتجربة تفوقها على غيرها من مخاليط الزراعة .

هذا .. وتوجد مخاليط أساسها التربة ، وأخرى لا تدخل التربة ضمن مكوناتها . وفى كلتا الحالتين تضاف للمخلوط مواد أساسية أخرى ، مثل : الرمل ، والفيرميكيوليت ، والبرليت ، والبيت موس ، والسماد العضوى ، وغيرها من المكونات التى سبق ذكرها ، إلى جانب الأسمدة والمركبات التى تعمل على تعديل pH المخلوط إلى المستوى المناسب .

ومن الأمور التى تجب مراعاتها عند تحضير مخاليط الزراعة ما يلى :

١ - قد يصعب بلّ البيت موس الجاف ، خاصة إذا كان مطحونًا بدرجة كبيرة ، لأنه يكون طاردًا للماء، وهذا فإن البيئات التى يكون أساسها البيت موس تضاف لها إحدى المواد المبللة Wetting agents ، مثل : Triton B- 1956, Hydro - Wet (L237), Aqua Gro بمعدل ٣ أوقية لكل قدم مكعب من الخلطة .

٢ - يضاف الفوسفور بما يكفى للنمو النباتى فى صورة سوبر فوسفات أحادى بمعدل ٢,٥ رطلاً لكل ياردة مكعبة من الخلطة .

٣ - يحسن عدم إضافة العناصر الدقيقة فى صورة مخلوط كامل منها ، لأنها مكلفة ، ولأنه غالبًا ما تظهر أعراض نقص بعضها ، خاصة البورون والحديد ، فى البيئات التى يكون أساسها البيت موس وتفضل إضافة هذه العناصر فى تحضيرات فرتز fritted trace elements بمعدل ٢ أوقية لكل ياردة مكعبة ، لأنها تتيسر ببطء ، وعلى مدى فترة تصل إلى ١٠ شهور أو أكثر .

٥ - ٧ - ١ : مخلوط التربة مع الرمل والسماد العضوى

يستعمل مخلوط التربة مع الرمل والسماد العضوى عند عدم توفر أى من المواد الأخرى المستخدمة فى عمل الخلائط الحديثة للزراعة . ويحضر بتكويم أحجام متساوية من تربة طمية ، ورمل خشن ، وسماد عضوى قديم متحلل فى طبقات ، مع رشها بالماء أثناء التكويم وبعد الانتهاء منه تترك الكومة المرطبة بالماء لمدة يوم ، ثم تخلط مكوناتها جيدًا بعد ذلك يدويًا أو بخلاط الماء العادى . يساعد ترطيب الخلطة على سهولة مزج مكوناتها ، وجعلها تامة التجانس .

٥ - ٧ - ٢ : مكعبات التربة

تحضر مكعبات التربة Soil Blocks المستخدمة فى إنتاج الشتلات عند الحاجة إليها ، وبهذا تتجنب مكونات الخلطة بعد غربلتها جيداً . ويوضح جدول (١٢ - ٣) مكونات مخلوطين من الخلائط المستخدمة فى عمل مكعبات التربة .

جدول (٥ - ٣) : مكونات الخلائط المستخدمة فى عمل مكعبات التربة

المواد المستخدمة فى عمل الخلطة	النسبة المئوية للمكونات فى مخلوط	
	أ	ب
نشارة خشب ناعمة أو رقائق الخشب	٦٠	٨٠
تربة طمية	٢٥	١٥
رمل	١٥	٥

ثم تضاف الأسمدة التالية لكل متر مكعب من أى من المخلوطين :

٣ كجم سلفات نشادر

١,٥ كجم سوبر فوسفات

١,٥ كجم سلفات بوتاسيوم

بالإضافة إلى العناصر النادرة : الحديد ، والنحاس ، والزنك ، والمنجنيز .

تلى ذلك إضافة الماء للخلطة مع التقليب الجيد حتى تقطر المياه من بين الأصابع عند ضغط كمية من الخلطة المبللة باليد . وبعد ذلك تشكل الخلطة على هيئة مكعبات ٦ × ٦ سم ، أو ١٠ × ١٠ سم بواسطة آلة يدوية تتكون من عدة فجوات بالأبعاد المناسبة تعطى المكعب بالحجم والشكل المطلوبين . وتحضر المكعبات بضغط الآلة بقوة على كومة المخلوط ، ثم ترفع ، وبعاد ضغطها على الكومة مع تحريكها يمينًا ويسارًا لضمان ملء الفجوات بالمخلوط .

هذا .. وتستخدم المكعبات الكبيرة لنباتات الخيار ، والصغيرة لنباتات الطماطم . تتم الزراعة عقب تحضير المكعبات مباشرة ، ويراعى رصها متجاورة بدون فراغات بينها ، حتى لا تنهدل النباتات عند الرى (عبد المنعم والباز ١٩٨٣) .

٥ - ٧ - ٣ : مخلوط معهد جون إنز

يتكون مخلوط معهد جون إنز John Innes أساسًا من التربة الطمية ، والبيت موس ، والرمل ، وتضاف له الأسمدة والحجر الجيري لرفع الـ pH ، كما هو مبين في جدول (٥ - ٤) .

جدول (٥ - ٤) : مخلوط معهد جون إنز John Innes

المكون	لإنتاج الشتلات	الأجزاء بالحجم لنمو النباتات
تربة طمية	٢	٧
بيت موس	١	٣
رمل	١	٢
	رطل / ياردة مكعبة	
حجر جيري مطحون	١,٥	١,٥
سوبر فوسفات (٢٠٪ P_2O_5)	٣	—
سماد ٥ - ١٠ - ٥	—	١٢

٥ - ٧ - ٤ : مخاليط جامعة ولاية بنسلفانيا

تعتمد مخاليط جامعة ولاية بنسلفانيا في تكوينها على التربة ، والبيت ، والبرليت بنسب متفاوتة ، كما هو مبين في جدول (٥ - ٥) .

ويضاف لهذه المكونات ١٢ - ١٧ رطلًا من الحجر الجيري ، و ١٧ - ٢١ رطلًا من السوبرفوسفات (٢٠٪) لكل ياردة مكعبة من المخلوط (Lorenz & Maynerd ١٩٨٠) .

جدول (٥ - ٥) : مخاليط جامعة ولاية بنسلفانيا

المخلوط	نوع التربة المستخدمة	الأجزاء بالحجم التربة	البيت	البرليت Perlite
أ	طينية طمية Clay Loam	١	٢	٢
ب	رملية طينية طمية Sandy Clay Loam	١	١	١
جـ	رملية طمية Sandy Loam	٢	٢	صفر

٥ - ٧ - ٥ : مخاليط جامعة كورنل

يستعمل بجامعة كورنل مخلوطان للزراعة يطلق عليهما اسم Cornell Peat-Mixes أساسهما البيت موس مع الفيرميكيوليت في المخلوط الأول (أ) ، والبيت موس مع البرليت في المخلوط الثاني (ب) . ويحوي مخلوط (أ) المكونات المبينة في جدول (٥ - ٦) . ويراعى عند تجهيز الخلطة ما يلي :

١ - يضاف السوبر فوسفات لكي يكون مصدرًا لكل من الفوسفور والكالسيوم .

٢ – يحسن تنويع النيتروجين فى السماد المركب فى الصورتين النترانية والأمونيومية ، حتى لا يحدث تسمم من الأمونيا .

٣ – يجب نثر السماد وتوزيعه جيدًا على البيت والفيرميكيوليت ، ويذاب الحديد والبوراكس فى الماء ، ثم يرش على المخلوط .

٤ – تحسن إضافة مادة تساعد على بل المخلوط ، مثل مادة Aqua-gro .

أما مخلوط كورنل (ب) ، فلا يختلف عن مخلوط كورنل (أ) إلا فى احتوائه على البرليت Perlite ، بدلاً من الفيرميكيوليت . ونظرًا لأن البرليت لا يحتوى على بوتاسيوم ، لذا يضاف للمخلوط كلوريد البوتاسيوم بمعدل ٣٠٠ جم/م³ (Boodley & Sheldrake ١٩٦٧) .

جدول (٥ ـ ٦) : مكونات مخلوط كورنل (أ) .

المادة	الكمية التى تلزم لعمل ١ م³ من الخلطة
بيت موس	٠,٥ م³
فيرميكيوليت حجم ٢ ، ٣ ، ٤	٠,٥ م³
مسحوق الحجر الجيرى	٣,٠ كجم
مسحوق سوبر فوسفات أحادى	١,٢ كجم
سماد مركب ٥ ـ ١٠ ـ ٥ أو ٥ ـ ١٠ ـ ١٠	٣,٦ كجم
بوراكس (١١ ٪ بورون)	١٣,٠ جم
حديد مخلبى	٣٣,٠ جم

ويوضح جدول (٥ – ٧) تركيب مخلوط ثالث لجامعة كورنل يستخدم مع النباتات الورقية ، ويدخل فى تكوينه كل من : الفيرميكيوليت ، والبرليت مع البيت موس ، وذلك بالمقارنة بالخلوطين أ ، ب (Boodley & Sheldrake ١٩٧٣) .

جدول (٥ ـ ٧) : مقارنة بين مخاليط جامعة كورنل Cornell peat-lite Mixes

المخلوط	المكونات	الأسمدة والمواد الأخرى لكل م³						
		حجر جيرى	٢٠ ٪ سوبر فوسفات	نترات الكالسيوم	عناصر صغرى أ	كبريتات حديد	سماد ١٠ ـ ١٠ ـ ١٠	نقطة البلة م³
(أ)	٥٠ ٪ بيت (سفاجنم) ٥٠ ٪ فيرميكيوليت	٣كجم	١,٢كجم	٠,٦كجم	١٤جم			١٤جم
(ب)	٥٠ ٪ بيت (سفاجنم) ٥٠ ٪ برليت	٣كجم	١,٢كجم	٠,٦كجم	١٤جم		٤,٨كجم	١٤جم
النباتات الورقية	٥٠ ٪ بيت (سفاجنم) ٢٥ ٪ فيرميكيوليت ٢٥ ٪ برليت	٤,٨كجم	١,٢كجم	٠,٦كجم kno	١٤جم	١١جم	١,٥كجم	١٤جم

أ ـ عناصر دقيقة فى صورة فرتز frits
ب ـ مادة مبللة مثل Triton B- 1956 أو Ethomid أو Aqua- Gro ... إلخ .

٥ - ٧ - ٦ : مخاليط جامعة كاليفورنيا

تستخدم جامعة كاليفورنيا خمسة مخاليط للزراعة يطلق عليها اسم U.C. Mixes أساسها الرمل و البيت موس ، كما هو مبين فى جدول (٥ - ٨) .

وتضاف لكل مخلوط كمية معينة من الأسمدة والمواد التى تحسن من خواص المخلوط ، كما هو موضح بالتفصيل فى جدول (٥ - ٩) (Matkin & Chandler ١٩٥٧) .

جدول (٥ - ٨) : مكونات مخاليط جامعة كاليفورنيا .

المخلوط	النسبة المئوية للرمل الناعم	النسبة المئوية للبيت موس
أ	١٠٠	صفر
ب	٧٥	٢٥
جـ	٥٠	٥٠
د	٢٥	٧٥
هـ	صفر	١٠٠

جدول (٥ - ٩) : كميات الأسمدة والمركبات الداخلة فى تركيب مخاليط جامعة كاليفورنيا .

المخلوط	المكونات[أ] (٪ بالحجم) رمل	بيت موس	الوزن (بالجم/ سم٣) وهو مشبع بالرطوبة	وهو مجفف فى الفرن	الحد الأقصى للمحتوى الرطوبى (٪ بالحجم)	الأسمدة اللازمة مع إمكانية التخزين (الكمية/ م٣)
أ	١٠٠	صفر	١,٨٧	١,٤٢	٤٣	٢٢٧ جم نترات البوتاسيوم ١١٣ جم سلفات البوتاسيوم ١,١ كجم ٢٠٪ سوبر فوسفات ٠,٧ كجم حجر جيرى دولوميتى ١,١ كجم جبس
ب	٧٥	٢٥	١,٦٨	١,٢٢	٤٦	١٧٠ جم نترات البوتاسيوم ١١٣ جم سلفات البوتاسيوم ١,١ كجم ٢٠٪ سوبر فوسفات ٢,٠ كجم حجرى جيرى دولوميتى ٠,٦ كجم كربونات الكالسيوم ٠,٦ كجم جبس
جـ	٥٠	٥٠	١,٥٠	١,٠١	٤٨	١١٣ جم نترات البوتاسيوم ١١٣ جم سلفات البوتاسيوم ١,١ كجم ٢٠٪ سوبر فوسفات ٣,٤ كجم حجر جيرى دولوميتى ١,١ كجم كربونات كالسيوم

جدول (٥ - ٩) : يتبع

المخلوط	التكوينات (٪ بالحجم) رمل	بيت موس	الوزن (بالحجم/ سم٣) وهو مشبع بالرطوبة	وهو جاف في الفرن	الحد الأقصى للمحتوى الرطوبي (٪ بالحجم)	الأسمدة اللازمة مع إمكانية التخزين (الكمية/ م٣)
د	٢٥	٧٥	١,٠٦	٠,٥٤	٥١	١١٣ جم نترات البوتاسيوم ١١٣ جم سلفات البوتاسيوم ٠,٩ كجم ٢٠٪ سوبر فوسفات ٢,٣ كجم حجر جيري دولوميتي ١,٨ كجم نترات كالسيوم
هـ	صفر	١٠٠	٠,٦٩	٠,١١	٥٩	١٧٠ جم نترات البوتاسيوم ٠,٥ كجم ٢٠٪ سوبر فوسفات ١,١ كجم حجر جيري دولوميتي ٢,٣ كجم كربونات كالسيوم

(أ) يجب أن يتكون الرمل من حبيبات يتراوح قطرها من ٠,٥ ـ ٠,٠٥ مم ، وألا تتجاوز نسبة السلت والطين به ١٥٪ ، وألا تزيد نسبة الرمل الخشن به عن ١٢ ـ ١٥٪ . أما البيت ، فيجب أن يكون ناعماً وخالياً من الفطريات ومسببات الأمراض الأخرى .

جدول (٥ - ١٠) : المركبات التي تضاف للبيت في مخلوط كنزلي .

المادة	الكمية لكل ١ م٣ من البيت موس
	(بالكجم)
كربونات الكالسيوم وكربونات المغنسيوم	
Dolomitic lime	٩,٠
كبريتات البوتاسيوم	١,٤
السوبرفوسفات	١,٤
نترات الكالسيوم والامونيوم	٠,٧
يوريا فورمالدهيد	
Urealormaldehyde	٠,٧
	(بالجرام)
البوركس	١١,٨
كبريتات النحاس	٢١,٢
كبريتات الحديدوز	٣٥,٤
الحديد المخلبي	٣٥,٤
كبريتات المنجنيز	١٤,٢
كبريتات الزنك	١٤,٢
مولبيدات الصوديوم	٢,٤

٥ - ٧ - ٧ : مخلوط كنزلي

يستخدم مخلوط كنزلي Kimealy peat mix في أيرلندا ، كما استخدم بنجاح في مصر . وأساسه البيت موس الذي تضاف له الأسمدة ، والحجر الجيري الدولوميتي بالكميات الموضحة في جدول

(٥ – ١٠) . ويمكن استبدال العناصر الدقيقة المبينة فى الجدول بنحو ٠,٤ كجم فرتز العناصر الدقيقة Fritted trace elements لكل متر مكعب من البيت (Kinsealy Research Centre ١٩٨٠) .

٥ – ٧ – ٨ : مخاليط معهد أبحاث محاصيل الصوبات

تحضر مخاليط معهد أبحاث محاصيل الصوبات Glasshouse Crops Research Institute Mixes فى بريطانيا ، وأساسها البيت والرمل ، كما هو مبين فى جدول (٥ – ١١) .

جدول (٥ – ١١) : مكونات مخاليط معهد أبحاث محاصيل الصوبات فى بريطانيا .

المكونات	مخلوط إنتاج الشتلات	مخلوط نمو النباتات
	الأجزاء بالحجم	
البيت موس	١	٣
الرمل	١	صفر
	الكميات لكل متر مكعب	
مسحوق الحجر الجيرى	٣,٢٥ كجم	٢,٥ كجم
الحجر الجيرى الدولوميتى	—	٢,٥ كجم
سوبر فوسفات (٢٠ ٪)	٧٥٠ جم	١,٦ كجم
نترات بوتاسيوم	٣٧٠ جم	٨٠٠ جم
نترات أمونيوم	—	٣٧٠ جم
فرتز العناصر الدقيقة Fritted Trace elements	—	٣٧٠ جم

٥ – ٨ : الصفات الفيزيائية لبعض مخاليط الزراعة

يوضح جدول (٥ – ١٢) الصفات الفيزيائية لبعض الموارد الأساسية التى تدخل فى عمل مخاليط الزراعة ومواصفات بعض هذه المخاليط ، كما يوضح جدول (٥ – ١٣) الصفات الفيزيائية لبعض مخاليط التربة التى تتكون من التربة والبرليت ، والبيت بنسب متفاوتة (Hanan وآخرون ١٩٧٨) .

جدول (٥ - ١٢) : الصفات الفيزيائية للمخاليط المستخدمة فى الزراعة ومكوناتها .

المادة	الكثافة		القدرة على	المسامية	مسامية الهواء
	الجافة (بالجم سم$^{-3}$)	المبتلة (بالجم سم$^{-3}$)	الاحتفاظ بالرطوبة (٪ من الحجم)	الكلية (٪)	الحر الحركة (٪)
التربة الطمية الطينية	٠,٩٥	١,٥١	٥٤,٩	٥٩,٦	٤,٧
التربة الطمية الرملية	١,٥٨	١,٩٥	٣٥,٧	٣٧,٥	١,٨
البيت موس (سفاجنم)	٠,١١	٠,٧٠	٥٨,٨	٨٤,٢	٢٥,٤
البرليت ($\frac{1}{8}$ - $\frac{1}{16}$ بوصة)	٠,٠٩	٠,٥٢	٤٢,٦	٥٧,٨	٣٣,٢
البرليت ($\frac{1}{4}$ - $\frac{5}{16}$ بوصة)	٠,١٠	٠,٢٩	١٩,٥	٧٣,٦	٥٣,٩
قشور الأرز	٠,١٠	٠,٢٣	١٢,٣	٨١,٠	٦٨,٧
رمل البناء	١,٦٨	١,٩٥	٢٦,٦	٣٦,٠	٩,٤
رمل ناعم	١,٤٤	١,٨٣	٣٨,٧	٤٤,٦	٥,٩
نشارة خشب	٠,٢١	١,٦٠	٣٨,٢	٨٠,٨	٤٢,٦
فير ميكيوليت	٠,١١	٠,٦٥	٥٣,٠	٨٠,٥	٢٧,٥
مخلوط بنسبة ١ : ١ من التربة الطمية الطينية مع :					
البيت موس (سفاجنم)	٠,٥٥	١,١٨	٦١,٠	٧١,٠	١٠,٠
رمل البناء	١,٢٨	١,٦٩	٤٠,٨	٤٧,٠	٦,٢
رمل ناعم	١,٣٢	١,٧٤	٤١,٥	٤٧,٤	٦,٩
مخلوط بنسبة ١:١ من التربة الطمية الرملية مع:					
البيت موس (سفاجنم)	٠,٨٧	١,٤١	٥٢,٨	٥٩,١	٦,٣
نشارة الخشب	٠,٨٠	١,٣٣	٥٢,٧	٦٢,٨	١٠,١
مخلوط بنسبة ١:١ من الرمل الناعم مع :					
البيت موس (سفاجنم)	٠,٧٥	١,٢٣	٤٧,٣	٥٦,٧	٩,٤
البرليت($\frac{1}{16}$ - $\frac{3}{16}$ بوصة) .	,٨٦	١,٢٩	٤٢,٦	٥٢,٠	٧,٦
مخلوط بنسبة ١:١ من البيت موس مع :					
البرليت ($\frac{3}{16}$ - $\frac{1}{4}$ بوصة)	٠,١١	٠,٦٣	٥١,٣	٧٤,٩	٢٣,٦

جدول (٥ - ١٣) : الصفات الفيزيائية لبعض مخاليط التربة

المخلوط (تربة - برليت - بيت)	الكثافة (بالحجم سم$^{-3}$)	المسامية الكلية (٪)	المقدرة على الاحتفاظ بالماء (٪)	المسامية المشغولة بالهواء (٪ حجم)	سرعة تصريف الماء (سم ساعة$^{-1}$)
١٠ - صفر - صفر	١,١٥	٥٧,٠	٤٣,٩	١٣,١	٤,١
٩ - ١ - صفر	١,١٥	٥٦,٩	٤٢,٠	١٤,٩	٥,٣
٩ - صفر - ١	١,٠٥	٦٠,٧	٤٣,٧	١٧,٠	٤,٦
٨ - ١ - ١	١,٠٣	٦١,٣	٤٦,٠	١٥,٣	٦,٦
٧ - ٣ - ١	١,٠٣	٦١,٥	٤١,٨	١٩,٧	٥٠,٨
٧ - صفر - ٣	٠,٩٣	٦٤,٩	٤١,٠	٢٣,٩	٣٩,١
٧ - ١ - ٢	٠,٨٥	٦٧,٩	٤٥,٦	٢٢,٣	٣٥,٨
٧ - ٢ - ١	٠,٩٠	٦٦,٤	٤٤,٩	٢١,٥	٤٩,٠
٦ - ١ - ٣	٠,٧٢	٧٢,٥	٤٤,٢	٢٨,٣	٣٠,٠
٦ - ٢ - ٢	٠,٨٢	٦٩,٢	٤١,٢	٢٨,٠	٣١,٢
٦ - ٣ - ١	٠,٨٦	٦٧,٥	٤٣,٨	٢٣,٧	٣٤,٨
٥ - ٥ - صفر	٠,٨٢	٦٩,٣	٤٢,٤	٢٦,٩	٢٠,٣
٥ - صفر - ٥	٠,٦٩	٧٣,٤	٤٧,٦	٢٥,٨	٩٩,٦
٣ - ٧ - صفر	٠,٦٨	٧٣,٦	٣٩,٦	٣٤,٠	١٣٢,٦
٣ - صفر - ٧	٠,٤٨	٨١,١	٥٧,٣	٢٣,٨	١٤٨,٣
٣ - ٦ - ١	٠,٥٤	٧٨,٧	٣٩,٥	٣٩,٢	١٠٨,٠
٣ - ١ - ٦	٠,٤٥	٨٢,٥	٥٣,٣	٢٧,٢	١٢٣,٢
٢ - ٧ - ١	٠,٤٦	٨٢,١	٣٨,٨	٤٣,٣	<١٥٢
٢ - ١ - ٧	٠,٣٨	٨٤,٧	٦٣,٩	٢٠,٨	<١٥٢
٢ - ٦ - ٢	٠,٤٠	٨٤,٣	٤٢,٠	٤٢,٣	<١٥٢
٢ - ٢ - ٦	٠,٣٦	٨٥,٨	٥٣,٨	٣٢,٠	<١٥٢
١ - ٩ - صفر	٠,٤٠	٨٤,٢	٤٠,٣	٤٣,٩	<١٥٢
١ - ٨ - ١	٠,٣١	٨٧,٦	٣٨,١	٤٩,٥	<١٥٢
١ - ٧ - ٢	٠,٣٠	٨٧,٩	٤٥,٩	٤٢,٠	<١٥٢
١ - ٦ - ٣	٠,٢٩	٨٨,٣	٤٣,٢	٤٥,١	<١٥٢
١ - ٣ - ٦	٠,٢٦	٨٩,٣	٥٥,٩	٣٣,٤	<١٥٢
١ - ٢ - ٧	٠,٢٧	٨٨,٦	٦٤,٠	٢٤,٦	<١٥٢
١ - ١ - ٨	٠,٢٧	٨٨,٧	٦٤,٨	٢٣,٩	<١٥٢
١ - صفر - ٩	٠,٢٢	٩١,١	٦٨,٦	٢٢,٥	<١٥٢
صفر - ١٠ - صفر	٠,١٨	٩٢,٤	٣٦,٨	٥٥,٦	<١٥٢
صفر - ٩ - ١	٠,١٧	٩٢,٧	٣٨,٧	٥٤,٠	<١٥٢
صفر - ٧ - ٣	٠,١٤	٩٣,٨	٤٣,٥	٥٠,٣	<١٥٢
صفر - ٥ - ٥	٠,١٤	٩٣,٤	٥١,٥	٤١,٩	<١٥٢
صفر - ٣ - ٧	٠,١٢	٩٣,٨	٥٢,٦	٤١,٢	<١٥٢
صفر - ١ - ٩	٠,١٨	٨٩,٨	٦٤,٦	٢٥,٢	<١٥٢
صفر - صفر - ١٠	٠,١٠	٩٤,٤	٦٣,٨	٣٠,٦	<١٥٢

٥ – ٩ : إنتاج شتلات الخضر فى أوعية خاصة بها ، وفى بيئات خاصة لنمو الجذور

تستخدم لإنتاج شتلات الخضر كافة الأوعية التى سبق بيانها . تملأ هذه الأوعية ببيئة الزراعة المناسبة ، وتنمو فيها الشتلات حتى تصبح جاهزة للشتل ، حيث تنقل للحقل الدائم بجذورها كاملة وما حولها من مخلوط التربة ، وبذلك تكون فرصة نجاح عملية الشتل أكبر بكثير مما فى حالة تقليع النباتات من تربة المشاتل الحقلية ، كما يمكن بهذه الطريقة شتل النباتات التى لا يمكن شتلها بالطرق العادية .

عند استعمال الصناديق (الطاولات) فى الزراعة ، فإنها تملأ بالخلطة المجهزة ، ثم يضغط عليها – خاصة عند الأركان وحول الجوانب – لتجنب انهيار الخلطة فى هذه الأماكن مستقبلاً . قبل ذلك إضافة المزيد من الخلطة لملء الصندوق ، ثم يسوى سطح التربة فى الصندوق مع مستوى القمة بإمرار قطعة من الخشب مثلاً . يلى ذلك استخدام لوحة خشبية – أبعادها كأبعاد الصندوق الداخل – يضغط بها على التربة ، بحيث تصبح مستوية ، وعلى مستوى أقل قليلاً من حافة الصندوق . وقد تستبدل هذه اللوحة بلوحة التسطير التى تفيد أيضًا فى عمل سطور الزراعة (شكل ٥ – ١٠) .

شكل ٥ – ١٠ : زراعة بذور الطماطم بالأحواض الخشبية فى سطور عملت بواسطة لوحة التسطير

هذا .. وقد تبقى الشتلات فى نفس الحوض الذى شتلها فى الحقل ، أو قد يعاد شتلها فى حوض آخر على أبعاد أكبر ، حيث تبقى بها لحين الشتل فى الحقل .

وفى الحالة الأولى – أى عند بقاء الشتلة فى نفس الحوض الذى شتلها بالحقل – يجب أن تكون السطور على بعد نحو ١٠ سم من بعضها البعض ، مع زراعة ١٥ – ٣٠ بذرة/ ١٠ سم طولية من السطر .

أما فى حالة تفريد البادرات فى أحواض أخرى ، فإن سطور زراعة البذور تكون على نحو ٥ سم من بعضها البعض ، مع زراعة ٣٠ – ٤٠ بذرة/ ١٠ سم طولية . وعند بدء ظهور الورقة الحقيقية الأولى – حيث يكون طول النبات ٥ – ٧ سم – تجرى عملية التفريد Pricking off ، فتروى الأحواض جيدًا قبل اقتلاع البادرات التى تقتلع بعد الرى بأكثر قدر من التربة (شكل ٥ – ١١) ، ويعاد شتلها فى أحواض أخرى على مسافات أوسع ٣ × ٣ ، أو ٤ × ٤ ، أو ٥ × ٥ سم . ويستخدم القلم الرصاص أو الأصبع فى عمل الحفر التى تغرز فيها البادرات (شكل ٥ – ١٢) ، لكن يفضل استعمال لوحة التفريد spacing board لضمان حسن توزيع مسافات الزراعة والتوقف المسافة بين البادرات فى السطر وبين السطور وبعضها البعض على المدة التى تبقى خلالها الشتلات بأحواض الشتلة . يعاد أحيانًا تفريد البادرات مرة أخرى على مسافات أوسع ٨ × ٨ ، أو ١٠ × ١٠ سم ، لكن ذلك نادرًا ما يكون فى قصار ورقية ، حتى لا تتأثر جذور النباتات عند الشتل .

عند إجراء عملية التفريد يجب التأكد من ضغط التربة جيدًا حول الجذور ، ويجب أن يكون الضغط لأسفل نحو الجذور ، لا فى اتجاه ساق النبات ، لأن الساق تكون رهيفة ، وتتأذى بسهولة من الضغط عليها . وبعد عملية التفريد يجب رى النباتات جيدًا ، وتظليلها إلى أن تستعيد نموها ونشاطها من جديد .

شكل ٥ – ١١ : تقليع البادرات عند بدء ظهور الورقة الحقيقية الأولى لشتلها على مسافات أكبر ، وهى العملية التى تعرف باسم pricking off .

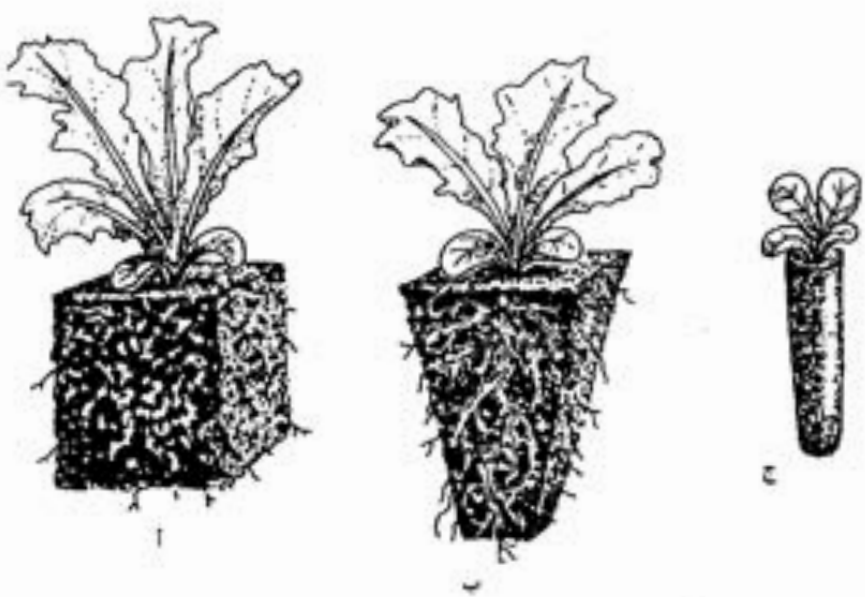
شكل ٥ – ١٢ : تفريد البادرات عند بدء ظهور الورقة الحقيقية الأولى على مسافات أكبر

هذا .. وليس لعملية التفريد تأثير إيجابى على المحصول ، فرغم أنها تزيد من تفريع الجذور ، إلا أنه يصاحبها توقف مؤقت فى النمو . والهدف الأساسى من إجرائها هو الاستغلال الأمثل للمساحات المخصصة لإنتاج الشتلات بالصوبات وبالمراقد المدفأة والباردة . ويوضح شكل (٥ – ١٣) شتلات طماطم جاهزة للزراعة بعد استكمال نموها فى الأحواض الخشبية (Banadyga & Wells ١٩٦٦) .

شكل ٥ – ١٣ : شتلات طماطم جاهزة للزراعة بعد استكمال نموها فى الأحواض الخشبية .

إما إنتاج الشتلات فى صوانى (طاولات) الإنتاج السريع للشتلات Speedling trays ، فيتم بزراعة بذرة واحدة (فى حالة بذور الهجن المرتفعة الثمن) ، أو بذرتين (فى حالة الأصناف العادية) فى كل حفرة بالصينية ، على أن تخف على بادرة واحدة بكل حفرة بعد الإنبات . وعند الشتل تقلع الشتلات بسهولة بجذبها لأعلى من قاعدة الساق ، فتخرج جذورها كاملة مع صلبة من بيئة الزراعة . ويساعد وجود البيت موس فى الخلطة على تماسك كل بيئة الزراعة فى كتلة واحدة (شكلا ٥ - ١٤ ، ٥ - ١٥) .

شكل ٥ - ١٤ : شتلة فلفل منتجة فى آنية الإنتاج السريع للشتلات Speedling tray .



شكل ٥ - ١٥ : أمثلة لبعض طرق إنتاج الشتلات : a) فى مكعب البيت ، b) فى آنية الإنتاج السريع للشتلات speedling tray ، c) تقنية شتلة السدادة Technicalture plug (وهى شبيهة بالـ speedling tray) ، d) فى حزام من الأصص الورقية يعرف باسم Bandolier system (عن Fordham & Biggs ١٩٨٥) .

د

شكل ٥ - ١٥) : تابع .

ولإنتاج الشتلات في الأصص الورقية لا يتطلب الأمر أكثر من فرد شريط الأصص في المكان المخصص لإنتاج الشتلات ، وملء بيئة الزراعة (شكل ٥ - ١٦) ، ثم زراعة البذور بنفس الطريقة السابقة .

شكل ٥ - ١٦ : إعداد الأصص الورقية للزراعة . يفرد شريط الأصص أولاً في المكان المخصص لإنتاج الشتلات ، ثم يملأ بخليط الزراعة ، وتستعمل فرشاة في جعل الخليط على مستوى واحد في كل الأصص .

ولا يختلف إنتاج الشتلات فى أصص جفى ٧ Jiffy 7 عن الطريقتين السابقتين ، فتزرع البذور بعد فرد الأقراص وبلها بالطريقة التى سبق شرحها ، وتترك النباتات حتى تصل إلى الحجم المناسب للشتل ، وتبرز الجذور من خلال الشبكة المحيطة بكتلة البيت (شكل ٥ - ١٧) .

شكل ٥ - ١٧ : نمو جذرى جيد لشتلة فلفل فى أصيص جفى ٧ Jiffy 7 pot .

هذا .. ومن الأهمية بمكان أن توضع أوانى الزراعة أيا كانت (أصص جفى ، أم أصص ورقية ، أم مكعبات تربة ، أم أوانى الإنتاج السريع للشتلات) على شريحة من البولسترين ، لأن ذلك يحقق المزايا التالية :

١ - ضمان عدم نمو الجذور فى التربة ، وبالتالى عدم تقطعها عند نقلها إلى الحقل .

٢ - عدم إصابة النباتات بأى من الآفات التى قد توجد فى التربة ، مثل فطريات الذبول ، وأعفان الجذور ، والنيماتودا .

٣ - سهولة نقل أعداد كبيرة من الشتلات إلى الحقل لتواجدها على شريحة بلاستيكية واحدة ، فيمكن بذلك حملها إلى الصوانى (الطاولات) التى تخصص لذلك الغرض .

٥ - ١٠ : المراجـــع

عبد المنعم ، محمد سامى ، وأحمد ممدوح الباز ، (١٩٨٣) . تربة من المخلفات المحلية لإنتاج شتلات الخضر . مشروع الأنشطة الزراعية الصغيرة . نشرة إرشادية .

Banadyga, A.A. and J.C. Wells. 1962. Vegetable plant production for commercial growers. N.C. Agr. Ext. Serv., Ext. Circ. No. 231. 18p.

Boodley, J.W. and R Sheldrake, Jr. 1967. Cornell peatlite mixes for commercial plant growing. Cornell Ext. Bul 1104. 11p.

Boodley, J.W. and R.Sheldrake, Jr. 1973. Cornell peat-lite mixes for commercial plant growing. Cornell Univ. N.Y. State College of Agr. and Life Sciences, Information Bull. 43.

Douglas, J.S. 1976. Advanced guide to hydroponics Pelham Books. London. 333p.

Fordham, R. and A.G. Biggs. 1985. Principles of vegetable crop production. Collins Professional and Technical Books, London. 215p.

Hanan, J.J.,W.D. Holley and K.L. Goldsberry. 1978. Greenhouse management. Springer-Verlag, N.Y. 530p.

Hasselfors Garden. 1982. The use of peat moss for scientific and horticultural purposes. Hasselfors, Sweden.

Kinsealy Research Centre, Dublin. 1980. Programme for early tomato production in peat. 38p.

Lorenz, O.A. and D.N. Maynard. 1980 (2nd ed.) Knott's handbook for vegetable growers. Wiley-Interscience, N.Y. 390p.

Matkin, O.A. and P.A. Chandler. 1957. The U.C. type soil mixes. In K.F. Baker (Ed.) 'The U.C. system for producing healthy container-grown plants pp. 68-85. Univ. Calif, Div. Agr.Sci., Agr. Exp. Sta., Ext. Ser. Manual 23.

Nelson, P.V. 1985 (3 rd ed.). Greenhouse operation and mangement. Reston Pub. Co. Inc., Reston, Va. 598p.

الفصل السادس

تعقيم التربة والبيئات والموادالمستخدمة فى الزراعة

يجب الاهتمام بتعقيم التربة بين الزراعات المتتالية ، خاصة فى الزراعات المحمية بالصوبات ، لأن استمرار الزراعة فى نفس الأرض يؤدى إلى تفشى الأمراض والحشرات التى تعيش فى التربة . ويكون من الضرورى إما أن تعقم مرة أو مرتين سنويًا بين الزراعات ، أو تتبع دورة زراعية فيكون بذلك التعقيم على فترات أطول نسبيًا .

كما يلزم أيضًا تعقيم بيئات الزراعة التى تجهز من مواد قد تكون ملوثة بجراثيم الأمراض وبذور الحشائش ، مثل : التربة ، والأسمدة العضوية وغيرهما ، كما أن أوعية نمو النباتات ، مثل : القصارى التى يعاد استخدامها ، والصناديق الخشبية والمعدنية ، وطاولات الإنتاج السريع للشتلات تلوث هى الأخرى بجراثيم الأمراض ، ويلزم تعقيمها قبل إعادة استخدامها فى الزراعة .

هذا .. وتتنوع طرق التعقيم ، كما تختلف الطرق فى تكلفتها وفى التجهيزات اللازمة لها ، وفى مدى صلاحيتها تحت الظروف المختلفة ، ومدى مناسبتها لتعقيم البيئات والمواد المختلفة ، وهذا ما سنتناوله بالدراسة فى هذا الفصل . ويمكن لمن يرغب فى التعمق فى تفاصيل طرق التعقيم بالحرارة والمبيدات مراجعة Lawrence (١٩٥٦) ، و Baker (١٩٥٧) ، و Fletcher (١٩٨٤) ، و Nelson (١٩٨٥) .

٦ - ١ : تعقيم (بسترة) التربة بالإشعاع الشمسى

يقتصر تعقيم أو بسترة التربة بالإشعاع الشمسى Solar Pasteurization of soil على المناطق ذات الجو الحار ، وفى الأراضى التى يمكن تركها بدون زراعة لمدة ٤٥ يومًا على الأقل .

٦ - ١ - ١ : طريقة إجراء التعقيم بالإشعاع الشمسى

تحرث الأرض المراد تعقيمها جيدًا حتى عمق ٣٠ - ٣٥ سم ، ثم تروى جيدًا بالرش ، أو بالتنقيط ، أو الغمر . وبعد أن تجف التربة إلى درجة تسمح بمرور الآلات الزراعية عليها (ويستغرق ذلك مدة يوم أو يومين فى الأراضى الخفيفة) ، يغطى سطح التربة بشرائح بلاستيكية شفافة بسمك نحو ٨٠ ميكرون ، وتشد جيدًا ، ثم تترك لمدة ٤ - ٦ أسابيع . هذا .. مع العلم أن شرائح البوليثيلين الرقيقة هذه تكون قليلة التكلفة ، ولها نفس فعالية الشرائح السميكة . وقد تترك مسافات بين شرائح البلاستيك للمرور عليها ، وتلك المسافات تكون غير معقمة ، وتشكل مصدرًا لإعادة إصابة الحقل . وتلزم المحافظة على شرائح البلاستيك أثناء التعطية من الأضرار التى يمكن أن تحدثها الطيور .

ويلزم لنجاح هذه الطريقة فى تعقيم التربة مراعاة ما يلى :

١ - أن تظل التربة رطبة أثناء فترة التغطية لزيادة حساسية الكائنات المسببة للأمراض الموجودة بها ، ولزيادة مقدرتها على التوصيل الحرارى .

٢ - إطالة فترة التغطية لمكافحة الكائنات المسببة للأمراض ، والتى تكون متعمقة فى التربة ، لأن الحرارة لا ترتفع كثيرًا ، حيث تتواجد هذه الكائنات .

٦ - ١ - ٢ : تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسى على الكائنات المسببة للأمراض بالتربة

أمكن بواسطة التعقيم بالإشعاع الشمسى مكافحة العديد من الآفات التى تعيش فى التربة وتصيب المحاصيل المختلفة ، كما هو مبين فى جدول (٦ - ١) . وبالإضافة إلى الأمراض المبينة فى الجدول ، فقد أفاد التعقيم بالإشعاع أيضًا فى مكافحة الحشائش لمدة طويلة بعد انتهاء فترة المعاملة . ولم يقتصر ذلك على الحشائش الحولية فقط ، بل تعداها أيضًا إلى العديد من الحشائش المعمرة من الأجناس الآتية :

Amaranthus, Anagallis, Avena, Capsella, Chenopodium, Cynodon, Digitaria, Eleusine, Fumaria, Lactuca, Mercurialis, Montia, Nutsharis, Phalaris, Poa, Portulaca, Sisymbrium, Solanum, Stellaria & Xanthium.

هذا بالإضافة إلى العديد من النجيليات التى كانت شديدة الحساسية ، بينما لم تتأثر بعض الحشائش ، مثل : **Melilotus** .

ولم يكن هذه الطريقة تأثير فعّال على نيماتودا تعقد الجذور (Katan ١٩٨٠) .

جدول (٦ - ١) : الآفات التى أمكن مكافحتها بنجاح بواسطة تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى .

الآفة		المحاصيل
Verticillium dahliae		الطماطم - الباذنجان - البطاطس
Rhizoctonia solani		البطاطس - البصل
Sclerotium rolfsii		الفول السودانى
Pyrenochaeta lycopersici		الطماطم
Fusarium spp. (Fusarium wilt)		القطن والطماطم والبصل
Pratylenchus thornei		البطاطس
Orobanche spp.		الجزر والباذنجان
Pod rots	أعفان القرون	الفول السودانى
Thielaviopsis basicola		القطن
Pythium spp.		القطن

وقد وجد Jacobsohn وآخرون (١٩٨٠) أن تغطية التربة فى حقل موبوء بشدة بالهالوك **Orobanche aegyptiaca** لمدة ٣٦ يومًا قبل الزراعة خلال الموسم الحار فى أغسطس وسبتمبر أدت إلى مكافحة الهالوك بصورة جيدة ، حيث نما محصول الجزر بصورة طبيعية فى الحقل المعامل ، بينما تقزمت نباتات الجزر ، وأصيبت بشدة بالهالوك فى الحقل غير المعامل . هذا .. وقد وجد أن الغطاء البلاستيكى - والذى كان من النوع الأسود - أدى إلى رفع درجة حرارة التربة فى الـ ٥ سم العلوية بمقدار ٨ - ١٢°م ، أى حتى ٥٦°م .

كما أوضح Katan أن درجات الحرارة وصلت فى القطع التجريبية المغطاه إلى ٥٠°م على عمق ٥ سم ، وإلى ٤٤°م على عمق ٢٠ سم ، وكانت تلك الدرجات أعلى بمقدار ٨ - ١٢ درجة . مما هى فى القطع التجريبية غير المغطاه بالبلاستيك .

لكن تأثير التغطية بالبلاستيك لا يرجع فقط إلى الارتفاع فى درجة الحرارة ، بل ربما يتضمن أيضًا نوعًا من المقاومة الحيوية ، إذ أن القطريات التى وضعت - تجريبيًا - على عمق كبير فى التربة قد قضى عليها أيضًا ، برغم أن درجة الحرارة لم تكن كثيرة الارتفاع على هذه الأعماق .

وربما تحدث المكافحة الحيوية أثناء وبعد التغطية بالبلاستيك عن طريق :

١ - زيادة قدرة الكائنات المضادة للكائنات المسببة للأمراض على المنافسة تحت ظروف درجات الحرارة المرتفعة .

٢ - حدوث تغير فى التوازن بين الكائنات الدقيقة فى التربة لصالح الكائنات غير المرضية المنافسة .

٦ - ١ - ٣ : تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسى على المحصول

أدى التعقيم بالإشعاع الشمسى إلى زيادة المحصول زيادة كبيرة عندما كانت التربة ملوثة بجراثيم الأمراض . وكانت الزيادة فى المحصول كالتالى :

١ - ازداد محصول البطاطس بنسبة ٣٥٪ فى حالة وجود الفطر **V. dalhiae** ، والنيماتودا **P.thornei** بالتربة .

٢ - ازداد محصول الفول السودانى بنسبة ١٢٣٪ عند وجود الفطر **S. rolfsii** فى التربة .

٣ - ازداد محصول الباذنجان بنسبة ٢١٥٪ عند وجود الفطر **V. dalhiae** .

٤ - ازداد أيضًا محصول القطن ، والطماطم ، والبصل ، والجزر عند مكافحة الفطر **V. dalhiae** بالإضافة إلى تحسين نوعية الفول السودانى (Katan ١٩٨٠) .

وقد درس Harris وآخرون (١٩٨٥) تأثير تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى على محصول الفلفل والقاوون عند زراعتهما بالتوالى بعد التعقيم . وقد أجريت الدراسة فى تكساس ، وكان التعقيم لمدة شهر واحد ، هو شهر يوليو ، واستخدم بولى ثين شفاف بسمك ٤٠ ميكرون . وبعد هذه الفترة أزيل الغطاء البلاستيكى من بعض القطع ، ورش بدهان عاكس للضوء فى قطع أخرى .

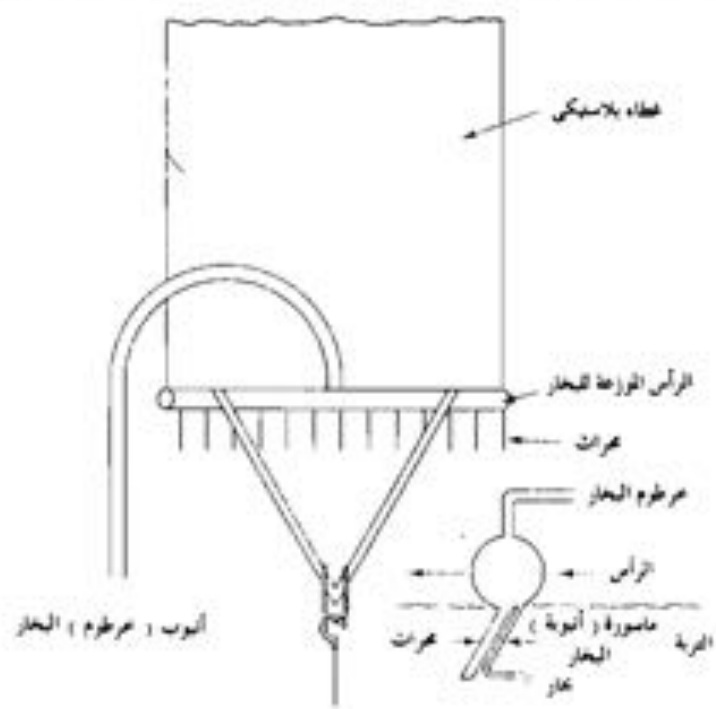
وقد وجد أن التعقيم بالإشعاع الشمسى أدى إلى زيادة محصول الفلفل بمقدار ٢٠٪ . وعند ترك الغطاء البلاستيكي في مكانه ، وطليه بدهان عاكس للضوء ازداد محصول الفلفل بمقدار ٥٣٪ ، عما هو في حالة عدم إجراء التعقيم بالإشعاع الشمسى . كما كان هناك تأثير متبقٍ للتعقيم بالإشعاع الشمسى على محصول القاوون الذى زرع في الربيع التالى . هذا .. ولم يكن بالتربة كائنات ممرضة معينة يمكن أن يقال أن الزيادة في المحصول قد حدثت نتيجة للقضاء عليها .

٦ - ٢ : التعقيم بالبخار

يعتبر التعقيم بالبخار من أكثر الطرق انتشارًا ، خاصة في البيوت المحمية (الصوبات) التي تدفأ فيها بالبخار .

٦ - ٢ - ١ : طرق التعقيم بالبخار

تعقم التربة بحقنها بالبخار لمدة ٣٠ دقيقة ، حتى تصل درجة حرارتها إلى ٨٠ - ٨٥°م . ويتم الحقن بالبخار من خلال أنابيب مثقبة تثبت في تربة البيوت المحمية على عمق ٣٠ سم ، مع تغطية سطح التربة أثناء التعقيم برقائق بلاستيكية للمحافظة على رفع درجة حرارة التربة . كما قد يتم حقن البخار في تربة الحقل أو البيوت المحمية من خلال أنابيب عمودية بطول ٤٠ - ٤٥ سم تبعد عن بعضها البعض بنحو ٢٢ سم ، وتثبت خلف حفارات صغيرة تتصل برأس موزعة للبخار ، ثم تصدر البخار بواسطة عرطوم ، وتتم تغطية المساحة المعاملة أولًا بأول للمحافظة على درجة الحرارة المرتفعة لمدة ٣٠ دقيقة (شكل ٦ - ١) . وتعتبر هذه الطريقة أقل تكلفة من الطريقة السابقة .



شكل ٦ - ١ : تعقيم تربة الحقل والبيوت المحمية بالبخار (عن Nelson ١٩٨٥) .

كما قد تعامل التربة بالبخار من خلال أنابيب مثقبة تمتد فوق سطح التربة ، وتغطى برقائق من البلاستيك المقاوم للحرارة مع تثبيت حواف الرقائق جيدًا بواسطة التربة . ويؤدى ضخ البخار فى الأنابيب المثقبة إلى رفع البلاستيك ، وحينئذ يُخفض ضغط البخار إلى الحدود الدنيا . وللحصول على أفضل النتائج يجب استمرار الغطاء والمعاملة بالبخار لمدة ٦ – ٨ ساعات . وتتوقف درجة تغلغل البخار فى التربة على مدى العناية التى تعطى لفلاحتها . وتعتبر هذه الطريقة أقل الطرق تكلفة .

ويراعى دائمًا حرث التربة لعمق ٣٠ سم قبل إجراء عملية التعقيم ، مع تكسير القلاقيل التى يزيد قطرها عن ٥ سم ، وألا تعامل بالبخار قبل جفافها ، حتى يتغلغل البخار خلالها بصورة جيدة (عرفاوى ١٩٨٤) . وعند تعقيم بيئات الزراعة وأوعية نمو النباتات بالبخار يراعى أن تستمر المعاملة لمدة ٣٠ دقيقة بعد أن تصل أبرد نقطة فى المخلوط إلى درجة حرارة ٨٢°م (١٨٠°ف) ، ويتضمن ذلك أن يكون الحد الأدنى لدرجة الحرارة هو ٨٢°م لمدة ٣٠ دقيقة ، لكن معظم البيئة والمواد المعقمة تكون حرارتها مثل درجة حرارة البخار ، أى ١٠٠°م . ويراعى عند تعقيم الأحواض المستخدمة فى الزراعة أن تفصل بينها مسافة ٢,٥ سم رأسيًا ، ومن الجانبين حتى يمكن أن يتخلل البخار بينها بسهولة .

وتؤدى هذه المعاملة إلى التخلص من معظم بذور الحشائش والكائنات المسببة للأمراض من فطريات ، وبكتريا ، ونيماتودا ، وفيروسات ، وكذلك الحشرات ، إلّا أنها تبقى على بعض الكائنات المفيدة التى بإمكانها أن تنافس الكائنات الضارة على الأكسجين ، والمكان ، والغذاء ، وتحد من مقدرتها على البقاء ، لكن هذه الكائنات المفيدة يمكن القضاء عليها أيضًا إذا ارتفعت درجة حرارة البيئة إلى ١٠٠°م . ولهذا يفضل أن يكون التعقيم على درجة حرارة ٦٠° – ٧١°م لمدة ٣٠ دقيقة ، حيث يتم القضاء على معظم الكائنات الضارة مع الإبقاء بقدر الإمكان على الكائنات المفيدة . وتتحقق ذلك بأجهزة خاصة تقوم بخلط البخار بالهواء بدرجة معينة يمكن بواسطتها التحكم فى درجة حرارة مخلوط الغازين قبل دخولهما فى البيئة المراد تعقيمها . ويوضح جدول (٦ – ٢) درجات الحرارة اللازمة للقضاء على مختلف الآفات النباتية .

جدول (٦ – ٢) : درجات الحرارة اللازمة (لمدة ٣٠ دقيقة) للقضاء على مختلف الآفات النباتية .

درجة الحرارة (م°) لمدة ٣٠ دقيقة	الكائنات التى يتم التخلص منها
٥٠	النيماتودا
٥٣	فطر *Rhizoctonia solani*
٦٠	معظم البكتريا المسببة للأمراض النباتية
٦٣	معظم الفطريات المسببة للأمراض
٦٠ ـ ٧١	الحشرات التى تعيش فى التربة
٧٠	معظم الفيروسات المسببة للأمراض النباتية
٧١	كل البكتريا المسببة للأمراض النباتية
٧٠ ـ ٨٠	معظم بذور الحشائش
٩٥ ـ ١٠٠	بذور الحشائش والفيروسات المقاومة للحرارة

٦ - ٢ - ٢ : حساب الاحتياجات الحرارية للتعقيم بالبخار

يلزم عادة نحو ٢٤ وحدة حرارية بريطانية لرفع درجة حرارة قدم مكعب واحد من بيئة الزراعة درجة واحدة فهرنهيتية ، إلا أنه يجب مضاعفة كمية الحرارة ، نظرًا لأن كفاءة عملية التعقيم بالبخار تكون عادة فى حدود ٥٠٪ . ويعطى كل رطل من البخار ٩٧٠ وحدة حرارية بريطانية عند تحوله من بخار على درجة ٢١٢°ف إلى ماء على نفس الدرجة ، كما يعطى وحدة حرارية بريطانية أخرى عند كل انخفاض إضافى فى درجة الحرارة قدره درجة واحدة فهرنهيتية . فإذا كان تعقيم بيئة الزراعة على درجة ١٨٠°ف ، فإن ذلك يعنى انخفاض درجة حرارة الماء بمقدار ٣٢°ف ، معطيًا بذلك ٣٢ وحدة حرارية بريطانية أخرى . ويعنى ذلك أن كل رطل من البخار ينتج ١٠٠٢ وحدة حرارية بريطانية ، وبذلك يلزم نحو ٦ أرطال من البخار لتعقيم قدم مكعب من الخلطة على درجة ١٨٠°ف . هذا .. وتقدر مقدرة أجهزة توليد البخار بقوة الحصان (hp) ، وهى التى تعادل ٣٣٤٧٥ وحدة حرارية بريطانية لكل حصان .

ويوجد البخار فى الغلايات تحت ضغط حوالى ١٥ رطلًا على البوصة المربعة . وهذا الضغط لا يؤدى إلى رفع درجة حرارة البخار إلّا بقدر يسير لا يزيد كثيرًا من مقدرته على خزن الحرارة ، ولكنه يفيد فى دفع البخار خلال البيئة . وبمجرد انطلاق البخار فى البيئة ، فإنه يصبح تحت ضغط منخفض جدًا ، لا يزيد عن رطل واحد على البوصة المربعة (Nelson ١٩٨٥) .

٦ - ٢ - ٣ : مشاكل التعقيم بالبخار ، وما يجب مراعاته لتجنبها

قد يتسبب التعقيم بالبخار فى إحداث بعض المشاكل التى يمكن تجنبها بمراعاة ما يلى :

١ - أن تكون التربة أو مخلوط الزراعة مفككة ، حتى تسمح للبخار بالنفاذ من خلالها بصورة جيدة .

٢ - ألا يكون مخلوط التربة جافًا ، لأن التربة الجافة تكون عازلة للحرارة . ويفيد ترطيب التربة فى إسراع عملية التعقيم ، لكن زيادة الرطوبة عن حد معين يبطىء مرة أخرى من عملية التعقيم ، نظرًا لأن الحرارة النوعية للماء تبلغ خمسة أضعاف الحرارة النوعية للتربة ، ويعنى ذلك أن كمية الحرارة التى تلزم لرفع حرارة جرام واحد من الماء درجة واحدة تبلغ خمسة أضعاف كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة وزن مماثل من التربة بنفس القدر ، وبذلك تصبح عملية التعقيم بطيئة ، ويزداد استهلاك الوقود .

ويفضل دائمًا أن تكون الرطوبة مماثلة للرطوبة المثالية عند زراعة البذور ، والتى تبلغ نحو ١٥٪ فى المخاليط التى تدخل التربة فى تكوينها . كما يجب أن تكون رطوبة مخلوط الزراعة متجانسة ، حتى يكون التعقيم متجانسًا .

٣ - للبذور بعض الحشائش المقدرة على مقاومة الحرارة ، ويلزم لمكافحتها رفع درجة الحرارة إلى ٩٥ - ١٠٠°م . ولتجنب الحاجة إلى رفع درجة الحرارة كثيرًا ، فإنه يوصى بترطيب بيئة الزراعة لمدة ١ - ٢ أسبوع قبل الزراعة للسماح لهذه البذور ببدء الإنبات ، حيث يسهل التخلص منها بعد ذلك فى درجة حرارة أقل بكثير .

٤ – تجب إضافة كل المكونات الأخرى لبيئة الزراعة قبل التعقيم ، نظرًا لأنه لا يطرأ عليها أى تغيير ، حتى لو ارتفعت حرارة أى من هذه المكونات إلى ١٠٠°م . ويستثنى من ذلك سماد الأزموكوت ، نظرًا لأن التعقيم قد يحدث تغيرات بغطائه ، الأمر الذى يزيد من سرعة تيسر العناصر منه . وفى هذه الحالة يجب عدم تأخير استعمال بيئة الزراعة عن ٢٠ يومًا بعد التعقيم ، حتى لا يزداد تركيز العناصر إلى درجة ضارة بالنباتات ، لكن التعقيم على درجة حرارة ٧١°م (١٦٠°ف) ليس له تأثير يذكر على سماد الأزموكوت .

٥ – يجب دائمًا توفير غطاء بلاستيكى عند تعقيم مخاليط التربة أو الأرض بالبخار . وتستخدم لذلك شرائح البولثيلين التى تستعمل لموسم واحد فقط ، لكن قد يعاد استخدامها عدة مرات خلال نفس الموسم . وقد تستخدم أغطية الفينيل Vinyl التى يمكن استخدامها ٢٥ مرة ، أو أغطية النايلون المغطاة بالنيوبرين neoprene-coated nylon ، وهذه يمكن استخدامها مائة مرة أو أكثر ، لكن كليهما أكثر تكلفة من البولثيلين .

٦ – يجب عدم زيادة فترة تعقيم مخاليط الزراعة المحتوية على التربة عن ٣٠ دقيقة ، لأن التعقيم بالبخار يعمل على تحول كميات كبيرة من المنجنيز الموجود فى التربة من حالة مثبتة إلى حالة ميسرة بدرجة تجعله سامًا للنباتات ، لكن هذه المشكلة لا تكون كبيرة فى مخاليط الزراعة التى لا تحتوى على التربة .

٧ – قد يؤدى البخار إلى إنتاج نيتروجين أمونيومى بكميات كبيرة عند استخدامه فى تعقيم بيئات الزراعة الغنية بالمادة العضوية ، وهى كل البيئات المحتوية على سماد عضوى ، أو البيت الشديد التحلل ، أو المكمورة . وقد يستمر إنتاج النيتروجين الأمونيومى لعدة اسابيع بعد التعقيم . وحقيقة ما يحدث هو أن الكائنات الدقيقة تتغذى على هذه المواد العضوية ، وتحصل منها على الكربون والنيتروجين وغيرها من المركبات . وتقوم البكتريا المنتجة للأمونيا ammonifying bacteria بتحويل النيتروجين فى المادة العضوية إلى نيتروجين أمونيومى ، ويلى ذلك قيام البكتريا المنتجة للنترات nitrifying bacteria بتحويل النيتروجين الأمونيومى إلى نتروجين نتراتى . وتنمو معظم النباتات بصورة جيدة فى مخلوط من النيتروجين الأمونيومى والنتروجين النتراتى ، وتظهر بالكثير من النباتات أعراض التسمم عند تغذيتها على النيتروجين الأمونيومى منفردًا . وعادة .. يتحول النيتروجين الأمونيومى بصفة مستمرة إلى نيتروجين نتراتى بواسطة البكتريا المنتجة للنترات ، ولهذا فإنه يتواجد دائمًا مخلوط من صورتى الأزوت الأمونيومية والنتراتية ، لكن التعقيم يؤدى إلى قتل كل البكتريا ، سواء المنتجة منها للأمونيوم ، أم المنتجة للنترات . وفى خلال أسابيع قليلة تستعيد البكتريا المنتجة للأمونيوم أعدادها ، وتنتج الأمونيوم من المادة العضوية بكميات كبيرة ، فى حين لا تستعيد البكتريا المنتجة للنترات أعدادها الطبيعية إلا بعد أسابيع قليلة أخرى . وفى خلال هذه الفترة يزداد تركيز الأمونيا لدرجة قد تحترق معها الجذور ، وتتقزم النباتات وتذبل ، لكن بمجرد تزايد أعداد البكتريا المنتجة للنترات ، فإنها تقوم بتحويل الأمونيا المُنتجة إلى صورة نتراتية أقل سُمية للنباتات ، وتكون أكثر عرضة للغسيل من التربة مع الرى . ولهذا السبب ، فإنه لا ينصح بإدخال السماد الحيوانى والمكمورة فى مخلوط الزراعة فى حالة تعقيمه بالحرارة (أو بأية طريقة أخرى) .

٨ – ومن المظاهر الأخرى لمخاليط الزراعة المعقمة بالبخار ، والتى تعرضت لدرجات حرارة أعلى ولمدة أطول مما يوصى به أنه ينمو بها فطر **Pezzia ostrachoderma** بأعداد كبيرة ، نظرًا لغياب المنافسة من الكائنات الأخرى . وينتج هذا الفطر جراثيم تكون فى البداية بيضاء ، ثم تتحول إلى اللون الأصفر فالبنى . وينمو كذلك الفطر **Pyronema sp.** ، منتجًا جراثيم وردية اللون . وهذه الفطريات لا تصيب النباتات ، ولا ضرر منها ، ولكن غزوها لمخاليط الزراعة المعقمة يؤكد حقيقة سهولة تكاثر أى من الكائنات الدقيقة فى غياب المنافسة من الكائنات الدقيقة الأخرى (Baker & Roistacher ١٩٥٧ ، Nelson ١٩٨٥) .

٦ – ٣ : التعقيم بالمبيدات

٦ – ٣ – ١ : التعقيم بالفورمالدهيد

يستخدم الفورمالدهيد Formaldehyde فى تعقيم مخاليط التربة بمعدل ٢,٥ ملعقة كبيرة فى كوب ماء لكل بوشل (٣٠ لتر تقريبًا) من مخلوط التربة . ويجب ألا تقل درجة حرارة مخلوط التربة عن ١٣°م ، وأن يحاط المخلوط بالبلاستيك أثناء المعاملة .

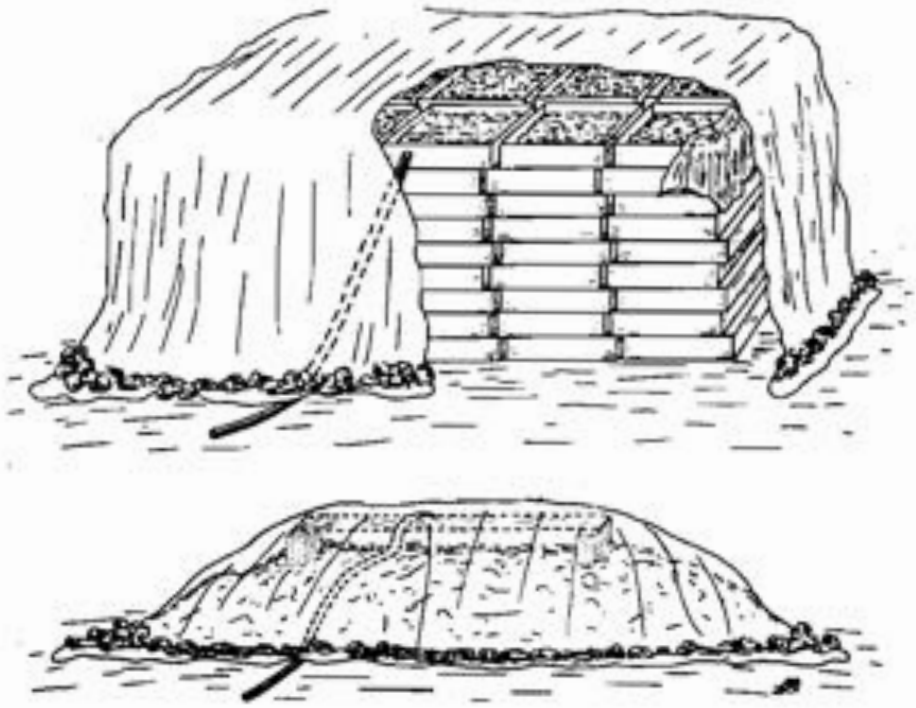
كما يستخدم الفورمالدهيد فى تعقيم أوعية نمو النباتات بعد تخفيفه إلى تركيز ٥٪ تغمر الأوعية والأدوات المراد تعقيمها فى المحلول المخفف ، ثم تصفى منه ، وتترك تحت غطاء بلاستيكى لمدة ٢٤ ساعة ، ثم تكشف وترش بالماء عدة مرات إلى أن تختفى رائحة الفورمالدهيد . ويستغرق ذلك ٤ أيام . وللتأكد من أن الأوعية المعاملة قد أصبحت صالحة للزراعة يمكن ترك إحداها فى كيس بلاستيكى مغلق لمدة ٢٤ ساعة ، ثم يكشف عن الرائحة .

كذلك يستخدم الفورمالدهيد المخفف فى تعقيم تربة الحقل بعد تجهيزها . وتتم المعاملة برش المحلول على سطح التربة بمعدل٢quart/قدم٢ (أو حوالى ٢٠ لتر/ م٢) ، ثم تغطى التربة المعاملة بالبلاستيك لمدة يوم أو يومين ، وبعد ذلك يرفع الغطاء ، وتترك مهواة لمدة ١٠ – ١٤ يومًا قبل استعمالها فى الزراعة .

ويراعى عند المعاملة بالفورمالدهيد استعمال قفازات بلاستيكية ، وألا تجرى المعاملة فى أماكن بها نباتات ، وأن تظل الأحواض الخشبية المعاملة مبتلة إلى أن تختفى منها رائحة الفورمالدهيد تمامًا (Mingo وآخرون ١٩٧١) .

٦ – ٣ – ٢ : التعقيم ببروميد الميثايل

يتوفر بروميد الميثايل Methyl Bromide فى حالة سائلة تحت ضغط إما فى عبوات صغيرة زنة رطل ، أو أنابيب كبيرة ، مثل أنابيب البوتاجاز . يتبخر هذا السائل ويغلى عند درجة حرارة ٤,٤°م بمجرد فتح غطاء العبوة . ولكى يتم التعقيم بصورة جيدة فإنه يلزم منظم خاص ينتقل بواسطته الغاز من العلب المعدنية عبر خراطيم بلاستيكية إلى التربة أو الأدوات التى تغطى جيدًا بغطاء من البلاستيك (شكل ٦ – ٢) (Munnecke ١٩٥٧ ، Benedyga & Wells ١٩٦٢) .



شكل ٦ – ٢ : تعقيم مخاليط الزراعة وأوعية نمو النباتات ببروميد الميثايل . يلاحظ وجود مسافات بين الأحواض المتراصة حتى يتخلل الغاز بينها بصورة جيدة ، كما يوضع التراب حول حافة الغطاء البلاستيكى لإحكام غلقه . يلاحظ أيضًا أن فوهة الخرطوم الناقل لبروميد الميثايل تكون فى منتصف الكومة من أعلى (عن Munnecke ١٩٥٧) .

يستخدم بروميد الميثايل بمعدل رطل لكل باردة مكعبة من مخلوط الزراعة (أو نحو ٦٠٠ جم لكل متر مكعب) . يترك مخلوط التربة معرضًا للغاز تحت الغطاء لمدة يوم على الأقل فى درجة حرارة ١٥°م أو أعلى من ذلك أو لمدة يومين على الأقل فى درجة حرارة ١٠°م . ولا تجب المعاملة فى درجة حرارة أقل من ذلك . وبعد المعاملة يترك المخلوط بدون غطاء لمدة يوم على الأقل فى الجو الدافىء ، ويومين على الأقل فى درجة حرارة ١٠°م . وبعد ذلك يمكن تداوله ، كما يمكن زراعة البذور بعد ٣ أيام من التهوية ، لكن يجب عدم زراعة العقل والشتلات وغيرها من الأجزاء الخضرية قبل ٧ – ١٠ أيام من التهوية .

ولا يجب استخدام بروميد الميثايل فى الصوبات التى توجد بها نباتات نامية ، إلا إذا توفرت بها تهوية جيدة .

وعند تعقيم الأرض يجب حرثها جيدًا أولًا لعمق ٣٠ سم ، وهو العمق الذى تنمو فيه معظم الجذور ، وتنتشر فيه الآفات ، ثم تروى وتترك حتى تصل رطوبتها إلى نحو ٥٠٪ من السعة الحقلية ، أى حتى تصبح مستحرثة ، وحينئذ تعامل بالمبيد .

وفى حالة تعقيم مساحات كبيرة من الأرض ، سواء فى الحقل أو فى البيوت الهامة (الصوبات) ، فإنه يلزم التحكم فى عملية التعقيم .. فتعلق أولاً أنبوبة الغاز من ميزان زنبركى ، حتى يمكن معرفة كمية الغاز المنطلقة ، وبذلك يمكن التحكم فى الكمية المستخدمة فى المساحات المراد تعقيمها .

ويتم توصيل الغاز إلى التربة عبر أنابيب بلاستيكية بقطر نحو ٤ سم بها ثقوب متقابلة بقطر ١ ملليمتر تقريبًا كل حوالى ٢٠ سم . تمد هذه الأنابيب على سطح التربة المراد تعقيمها . وعند التعقيم يتم توصيلها بأنبوب الغاز الرئيسى . ويتم عادة مد أنابيب التعقيم البلاستيكية لطول ٥٠ متر ، وعلى بعد ١٠٠ سم من بعضها البعض ، وبذلك فإن كل أنبوب بلاستيكى يعقم شريط من الأرض مساحته ٥٠ م٢ (١ × ٥٠ م) . والعادة هى السماح للغاز بالانطلاق فى خطين من الأنابيب البلاستيكية فى المرة الواحدة ، وبذلك يعقم فى كل مرة ١٠٠ متر مربع من الأرض ، ويستخدم لذلك ٧ - ١٠ كجم من الميد .

هذا .. وتغطى كل المساحة المراد تعقيمها بشرائح بلاستيكية شفافة بعرض ٤ م تطوى حوافها على بعضها البعض ، مع إضافة التربة بين البلاستيك عند طى الأطراف لمنع تسرب الغاز (شكل ٦ - ٣) .

شكل ٦ - ٣ . تعقيم تربة البيوت الهامة (الصوبات) ببروميد الميثايل . تشير الأسهم إلى الأنابيب البلاستيكية المثقبة التى تكون بقطر نحو ٤ سم ، وعلى بعد متر واحد من بعضها البعض تحت الغطاء البلاستيكى الذى يغطى أرض الصوبة كلها .

ويراعى عند التعقيم ألا تقل درجة حرارة التربة عن ٢٠°م ، كما يجب تسخين الغاز بإمراره أولًا خلال أنابيب فى جهاز خاص ، حيث يتعرض الغاز لدرجة حرارة ١١٠°م ، ومع خروجه من الجهاز تكون حرارته قد وصلت إلى نحو ٨٠°م ، ومع وصوله عبر الخراطيم إلى التربة المراد تعقيمها تكون حرارته قد انخفضت إلى ما يقرب من ٢٠°م .

يترك الغطاء على المساحة المعاملة لمدة يوم أو يومين (يومين فى درجة حرارة ١٠°م ، ويوم واحد فى درجة حرارة ٢٠°م) ، ثم يرفع ويسمح بالتهوية الجيدة لمدة ثلاثة أيام ، ثم يبدأ فى إعداد الأرض للزراعة ، على ألا تزرع قبل أسبوع من انتهاء عملية التهوية .

ونظرًا لأن بروميد الميثايل غاز شديد السمية وعديم الرائحة ، فإنه يخلط بالكلوروبكرن بنسبة ضئيلة ، حتى يمكن التنبه إلى رائحة الغاز فى حالة تسربه .

ويؤدى التعقيم ببروميد الميثايل إلى قتل بذور الحشائش ، والنيماتودا ، ومعظم الفطريات ، والبكتريا ، والحشرات التى توجد فى التربة .

٦ - ٣ - ٣ : التعقيم بالكلوروبكرن .

يستعمل الكلوروبكرن Chloropecrin فى تعقيم مخاليط التربة بمعدل ٥ مل لكل قدم³ من مخلوط الزراعة (حوالى ١٨٥ مل لكل متر مكعب من مخلوط التربة) ، أو نحو ٣٥ مل لكل متر مسطح من الأرض . ويجب ألا تقل درجة حرارة مخلوط التربة أثناء المعاملة عن ١٣°م ، كما يجب أن يمر أسبوعان بعد المعاملة قبل استخدام التربة فى الزراعة .

كما يمكن استعمال الكلوروبكرن فى تعقيم تربة الحقل أو البيوت المحمية بعد إعدادها للزراعة ، وذلك بمعدل ٢٠٠ لتر للفدان ، حيث يعطى ٣ مل من المبيد فى كل حفنة على أبعاد ٢٥ × ٢٥ سم . ويجب رى الأرض بعد المعاملة مباشرة ، حتى لا يتسرب المبيد . كما تفضل تغطية المساحة المعاملة ، على أن يرفع الغطاء بعد ٣ - ٤ أيام ، وتترك لمدة ٧ - ١٠ أيام حتى يتم التخلص من كل آثار المبيد قبل زراعة البذور ، لأن الكلوروبكرن سام للنباتات ، سواء أوصلها عن طريق الجذور أم عن طريق الهواء .

ويفيد الكلوروبكرن فى التخلص من الحشرات ، والنيماتودا ، وبذور الحشائش ، وكل الفطريات ، ما عدا القليل المقاوم منها ، إلا أنه مرتفع الثمن ، ويسبب مضايقات للقائمين باستعماله . (Lorenz & Maynard ١٩٨٠)

وقد وجد أن التعقيم بالكلوروبكرن يؤدى إلى تحسين النمو بعد المعاملة ، حتى فى غياب مسببات الأمراض . كما لوحظ أن تعداد البكتريا يرتفع فى التربة المعاملة إلى ٢ - ٣ أضعاف التعداد العادى فى التربة غير المعاملة لمدة مائة يوم بعد المعاملة ، ويصاحب ذلك تيسر النيتروجين من المادة العضوية فى التربة بمقدار $1\frac{1}{4}$ - ٢ ضعف معدل التيسر فى التربة غير المعاملة (Bravenboer ١٩٥٥) .

٦ - ٣ - ٤ : التعقيم بالسيستان

السيستان Sistan مبيد سائل يستخدم فى تعقيم أرض البيوت المحمية والأوعية ومخاليط التربة المستخدمة فى المشاتل ، كما يستخدم أيضًا فى تعقيم الحقول المكشوفة . وعند المعاملة يتحلل السيستان فى التربة ؛ وينطلق منه المركب الفعال ، وهو methyl isothiocyanate .

ويتميز السيستان بفعاليته ضد العديد من الآفات ، منها : النيماتودا ، وفطريات التربة ، وبعض الآفات الحيوانية ، والعديد من الحشائش الحولية ، كما يؤدى إلى زيادة فى الأزوت الميسر بالتربة .

ويجب ألا يستخدم المبيد إذا كانت درجة حرارة التربة أقل من ٧°م ، ويحسن ألا تقل عن ١٠°م .

وقد يستخدم فى تعقيم أرض الصوبات إما مع ماء الرى (بمعدل ١,٢ لتر فى ١٢٠ لتر ماء/ ١٠م٢) ، أو بالحقن على عمق ٢٠ سم على مسافات ٣٠ سم (بمعدل ١,٢ لتر/ ١٠م٢) .

هذا .. ويجب أن تمر ٧ أسابيع بين المعاملة والزراعة ، حيث تقفل الصوبة أو يحكم غطاء بلاستيكى على التربة لمدة أسبوعين بعد المعاملة ، ثم تحرث التربة جيدًا لعمق ٣٠ سم ، وتترك لمدة ٢ - ٣ أسابيع أخرى ، مع فتح منافذ التهوية ، ثم تحرث التربة مرة ثانية ، وتترك بحالتها لمدة أسبوعين آخرين . ولا يجب إعداد الأرض للزراعة قبل مرور خمسة أسابيع من أول حرثة بعد المعاملة . وفى حالة المعاملة عند ارتفاع درجة الحرارة يجب رش سطح التربة بالماء على فترات بعد المعاملة (نشرة المبيد ، شركة Unicrop) .

٦ - ٣ - ٥ : التعقيم بالبازاميد

البازاميد Basamid مبيد يستخدم فى تعقيم التربة ، وهو حبيبى granular ، ويحتوى على ٩٨٪ دازوميت Dazomet .

والبازاميد فعال ضد النيماتودا وفطريات وحشرات التربة والحشائش النابتة . ويستخدم فى تعقيم الصوبات والمشاتل ، وأوعية الزراعة ، ومخاليط التربة .

عند المعاملة تنعم التربة جيدًا وترش بقليل من الماء ، ثم ينثر المبيد على سطح التربة ، ثم يثار سطح التربة بالعزيق السطحى ، أو ترش بالماء ، أو تغطى بالبلاستيك ، ثم تترك لمدة ٥ - ٧ أيام ، تحرث بعدها التربة وتهوى .

هذا .. ويجب ألا تقل درجة حرارة التربة أثناء المعاملة عن ٦° م ، وإلا تسرب المبيد بعمق فى التربة ؛ محدثًا أضرارًا بالنباتات بعد ذلك . وإذا كانت درجة حرارة التربة شديدة الارتفاع قلت فعالية المبيد ، نظرًا لسرعة تبخره فى الهواء الخارجى .

هذا .. ويستخدم البازاميد بمعدل يتراوح من ٤٠ - ٦٠ جم/م٢ من سطح الأرض . (نشرة المبيد ، شركة BASF) .

٦ - ٣ - ٦ : التعقيم بمبيدات أخرى

١- الفابام Vapam :

يستخدم الفابام فى التخلص من النيماتودا ومعظم الحشائش والفطريات ، ولا يجوز استخدامه إلا عندما تكون درجة حرارة التربة ١٠°م على الأقل . ويجب الرى بعد المعاملة مباشرة والانتظار لمدة ٢ - ٣ أسابيع بعد المعاملة حتى الزراعة .

٢ - الدى دى D-D :

يستخدم الدى دى فى التخلص من النيماتودا والحشرات ، ولا يجوز استخدامه إلا عندما تكون درجة حرارة التربة ١٠°م على الأقل . وتعامل به التربة بمعدل ٢٠٠ - ٣٧٥ لتر/ هكتار . ويجب الانتظار لمدة ٢ - ٤ أسابيع بعد المعاملة . وهو سام للنباتات .

٣ - الفورلكس Vorlex :

يستخدم الفورلكس فى التخلص من النيماتودا والحشائش والفطريات ، ولا يجوز استخدامه إلا عندما تكون درجة حرارة التربة ١٠°م على الأقل . ويجب الانتظار لمدة ٢ - ٤ أسابيع بعد المعاملة حتى الزراعة . وهو سام للنباتات . وتجب تغطية الأرض بالبلاستيك عقب المعاملة .

٤ - التمك Temik .

٥ - الفايدات Vydate

يستخدم كلاهما فى التخلص من النيماتودا وبعض الحشائش والفطريات ولا يجوز استخدامهما إلا عندما تكون درجة حرارة التربة ١٠° م على الأقل (Hanan وآخرون ١٩٧٨) .

وبصورة عامة .. فإن كل المبيدات التى تستخدم فى تعقيم التربة تعتبر سامة جدًا للنباتات ، ويجب عدم الزراعة فى التربة المعاملة إلا بعد انقضاء فترة كافية للتخلص من كل آثار المبيد . وتتوقف هذه الفترة على المبيد ، ودرجة الحرارة ، والرطوبة الأرضية ، وقوام التربة . وتقل المدة عند ارتفاع درجة الحرارة ، وعند اعتدال الرطوبة الأرضية ، لأن المبيد قد لا يتسرب بسهولة من التربة الزائدة الرطوبة .

وتجب المحافظة على التربة المعقمة من التلوث بعد التعقيم ، لأن الفطريات التى تلوث التربة تكون أكثر ضراوة فى التربة المعقمة ، عنها فى التربة غير المعقمة لغياب الكائنات المنافسة .

٦ - ٤ : المراجـــع

عرقاوى ، نبيل (١٩٨٤) . البيوت البلاستيكية الزراعية وإنتاج الخضار والأزهار والفاكهة ، المطبعة التعاونية ، دمشق - ١٩١ صفحة .

Baker, K.F. (Ed.). 1957. The U.C. system for producing healthy container-grown plants. Univ. Calif., Div. Agr. Sci., Agr, Exp. Sta., Ext. Serv, Manual 23. 332p.

Baker, K.F. and C.N. Roistacher. 1957. Heat treatment of soil. In K.F. Baker (Ed.)- 'The U.C. System for Producing Healthy Container-grown Plants'; pp. 123-137. Univ. Calif., Div Agr. Sci. Agr. Exp. Sta., Ext. Serv. Manual 23.

Banadyga, A.A. and J.C. Wells. 1962. Vegetable plant production for commercial growers. N.C. Agr. Ext. Serv. Ext. Circ. No. 231. 18p.

Bravenboer, L. 1955. Soil disinfection with fumigants in glasshouse tomatoes. Rep. of the 14th Int. Hort. Cong., Netherlands; p. 641-646

Fletcher, J.T. 1984.Diseases of greenhouse plants. Longman, London. 351p.

Hanan, J.J., W.D. Holley and K.L. Goldsberry. 1978. Greenhouse management. Springer-Verlag, N.Y. 530p.

Hartz, T.K., C.R. Bogle and B. Villalon. 1985.Response of pepper and muskmelon to row solarization. HortScience 20: 699-701.

Jacobsohn, R., A. Greenberger, J. Katan, M. Levi and H.Alon. 1980. Control of Egyptian broomrape (Orobanche aegyptiaca) and other weeds by means of solar heating of the soil by polyethylene mulching. Weed Sci. 28:312-316.

Katan, J. 1980. Solar pasteurization of soils for disease control: studies and prospects. Plant Disease 64: 450-454

Lawrence, W.J.C. 1956. Soil sterilization George Allen & Unwin Ltd., London. 171 p.

Lorenz, O.A. and D.N. Maynard .1980.(2nd ed.). Knott's handbook for vegetable growers. Wiley-Interscience, N.Y. 390p.

Mastalerz, J.W. 1977. The greenhouse environment. John Wiley & Sons, N.Y. 629 p.

Minges, P.A., A.A. Muka, A.F. Sherf and R.F. Sandsted. 1971. Vegetable production recommendations. Cornell Univ. 36p.

Munnecke, D.E. 1957. Chemical treatment of nursery soils. In K.F. Baker (Ed). 'The U.C. System for producing healthy container-grown plants', pp. 197-209. Univ. Calif., Div. Agr. Sci., Agr. Exp. Sta., Ext. Serv. Manual 23.

Nelson, P.V. 1958. (3rd ed.). Geenhouse operation and management. Reston Pub. Co., Inc., Reston, Virginia 598kp.

الفصل السابع

الـــرى والتسميد

٧ - ١ : طرق الرى

تتبع الطرق التالية فى رى الزراعات المحمية ، وتعتبر طريقة الرى بالتنقيط أهمها .

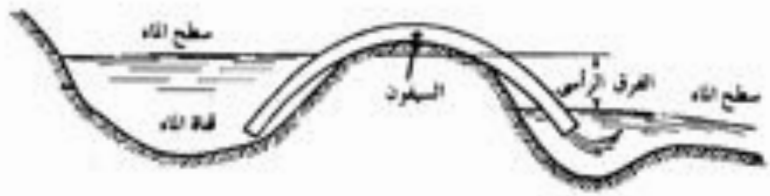
٧ - ١ - ١ : الرى السطحى

يتم الرى السطحى Surface Irrigation بواسطة قنوات الرى الرئيسية والفرعية . ويجب أن يكون مستوى القنوات الرئيسية أعلى من مستوى الحقل قليلًا ، حتى يصل الماء بسهولة للقنوات الفرعية ، كما يجب أن يكون قاع القنوات الفرعية فى مستوى سطح الأرض ، حتى يمكن صرف الماء الزائد بسهولة من الأحواض عقب الرى إذا لزم الأمر . أما حجم القنوات الرئيسية والفرعية ، فيتوقف على التصرف المائى اللازم مروره فيها .

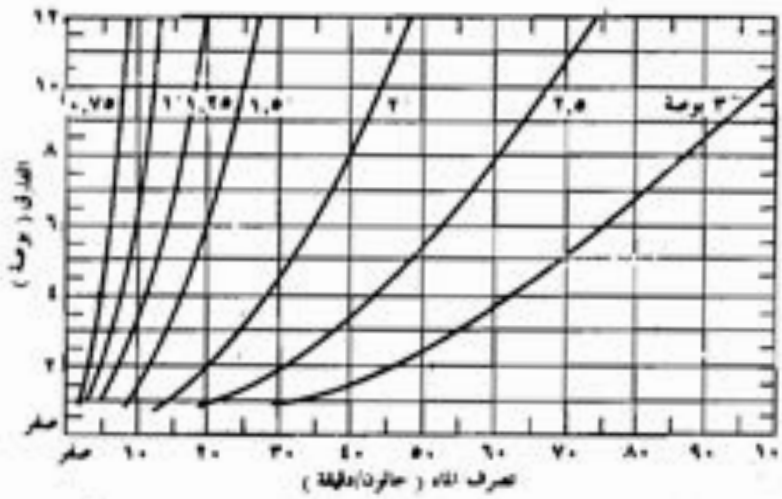
وقد تستخدم السيفونات لنقل الماء من القناة الرئيسية إلى قنوات الخطوط ، دون الحاجة إلى عمل فتحة بينهما . وتصنع أنابيب السيفونات من المعدن أو البلاستيك أو المطاط .

ويتحدد مقدار تصرف الماء من السيفون بكل من قطره الداخلى والمسافة الرأسية بين مستوى سطح الماء عند مصدر الماء وعند قناة الخط (الفارق head) . وعندما لا يكون طرف السيفون مغمورًا فى مياه قناة الخط يعتبر الفارق head هو المسافة بين وسط فتحة السيفون ومستوى سطح الماء فى المصدر (شكل ٧ - ١) . وتزود بعض السيفونات بنهايات يمكن تحريكها adjustable slide gate ، وبذلك يمكن التحكم فى الفارق الرأسى ، ومن ثم فى معدل تصرف الماء . ويبين شكل (٧ - ٢) كمية المياه التى تتدفق من سيفونات بأقطار مختلفة عند اختلاف الفارق الرأسى (عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠) .

هذا .. ويجرى الرى السطحى إما عبر الخطوط (الحبوب) والمصاطب ، أو بطريقة غمر الأحواض ، ويتوقف ذلك على طريقة الزراعة .



شكل ٧ – ١ : الفارق الرأسي (head) في نظام الري بالسيفونات .



شكل ٧ – ٢ : تأثير قطر السيفون (بالبوصة) والفارق الرأسي (head) على معدل تدفق الماء .

٧ – ١ – ٢ : الري بـ « التضبيب » (الرذاذ) (Mist Irrigation)

يندفع الماء في هذا النظام للري تحت ضغط مرتفع ، فيخرج في صورة ضباب كثيف يحيط بالنباتات ، وسرعان ما يتساقط على سطح التربة . ويستخدم هذا النظام بصفة خاصة في البيوت المحمية ، لأنه يتأثر بشدة بالرياح في الحقول المكشوفة . ويؤدي ارتفاع الرطوبة النسبية داخل البيوت المحمية إلى التقليل كثيرًا من فقد الماء بالتبخر شكل (٧ – ٣) .

ينصح بأن يكون الري بالتضبيب بمعدل ١ – ١,٥ م/ ساعة في الأوقات الحارة ، لأن ذلك يؤدي إلى زيادة النمو والتطور الطبيعيين ، وإلى زيادة المحصول وتحسن نوعيته في بعض المحاصيل ، كالطماطم .

ومن مزايا الري بالتضبيب ما يلي :

(أ) تلطيف درجة الحرارة في الجو الحار : فمثلاً أدى الري بالتضبيب بمعدل ٦ – ٩ م/ يوم أثناء فترة ارتفاع الحرارة (٣٠ – ٣٣° م) إلى خفض الحرارة نهارًا لأكثر من ٩ درجات مئوية ، واستمر ذلك التأثير لعدة ساعات .

شكل ٧ – ٣ : الري بالتضبيب (الرذاذ) mist irrigation في البيوت المحمية .

(ب) زيادة المحصول : على الطماطم ازداد المحصول الصباح للتسوين بمقدار ٣٠ – ٥٠٪ في الأصناف المختلفة ، وفي القاوون ازداد المحصول بمقدار ٣٣٪ ، وفي الخيار بمقدار ٧٠٪ . وقد أرجعت الزيادة في المحصول إلى تقليل الشد الرطوبي داخل النبات ، وبقاء الثغور مفتوحة (Bible وآخرون ١٩٦٨) .

ويعتبر أكبر عيوب الري بالتضبيب هي فقد الماء بالتبخر في الجو الحار الجاف .

٧ – ١ – ٣ : الري بالتنقيط

يعتبر الهدف الرئيسي للري بالتنقيط Trickle or drip irrigation هو توصيل الرطوبة الأرضية إلى السعة الحقلية في منطقة محدودة حول النبات بغرض التوفير في ماء الري ، وذلك بتقليل الفقد بالرشح ، وتقليل التبخر السطحي بدرجة كبيرة .

يتكون نظام الرى بالتنقيط من أجزاء رئيسية هى ماكينة ضخ الماء ، وصمام التحكم فى الضغط ، ومرشح للماء ، وخط أنابيب بلاستيكى رئيسى header ، وخطوط فرعية laterals ، ومنقطات emitters . وقد تضاف أجهزة أخرى للتسميد الآلى ، ولقياس كمية المياه flow meter ، ولقياس الضغط فى النقاط المختلفة ، وللتوقيت الإليكترونى للرى electronic timers ، ولقياس رطوبة التربة Soil moisture sensors .

بالنسبة لماكينة ضخ الماء (الطلمبة) ، فمضخة واحدة ذات قدرة محدودة تكفى ، نظرًا لأن الرى يتم بمعدلات صغيرة جدًا فى وحدة الزمن ، ويتحقق ذلك بضغط منخفض .

أما مرشح الماء فهو جزء ضرورى من نظام الرى بالتنقيط تجنبًا لانسداد المنقطات ، وتستخدم لذلك غالبًا مرشحات من الرمل يلزم غسلها جيدًا كل ١ – ٤ ساعات حسب نوعية الماء المستخدم فى الرى . ويجرى غسيل المرشحات بإرجاع الماء فى المرشحات خلال الرمل بصورة عكسية .

يتكون نظام الرى بالتنقيط من أنابيب بلاستيكية (PVC) رئيسية كبيرة بقطر ٥ سم تغذى أنابيب فرعية متعامدة عليها بقطر ١,٢٥ سم تثبت عليها المنقطات ، وهى أنابيب بلاستيكية رفيعة بقطر داخلى يبلغ ٩, مم . وفى صوبات الخضر التى تزرع على مسافات ضيقة تستخدم أنابيب مثقبة perforated lines بدلًا من المنقطات .

فى حالة استخدام المنقطات ، فإنها توزع على أنبوب الرى الفرعى على امتداد خط الزراعة على مسافة ٣٠ – ٦٠ سم حسب مسافة الزراعة ، ومعدلات تدفق الماء ، ودرجة نفاذية التربة (شكل ٧ – ٤) .

هذا .. ويضخ الماء فى أنابيب الرى تحت ضغط منخفض لا يتعدى ١ كجم/سم٢ . ويلاحظ أن الضغط يقل تدريجيًا على امتداد خط أنابيب الرى ، نتيجة للاحتكاك بين الماء وجدار الأنابيب . ويعالج ذلك بتسوية الأرض ، بحيث تكون منحدرة قليلًا نحو الطرف البعيد للأنابيب ، إذ يؤدى ذلك إلى معادلة النقص فى ضغط الماء .

شكل ٧ – ٤ : الرى بالتنقيط .

وعند الري بالتنقيط يكون مقطع التربة المبتل بالماء بالونيًا ، أى أن قطر الجزء المبتل بالماء يكون أقل عند سطح التربة ، عنه فى منطقة نمو الجذور ، ثم يقل القطر مع التعمق فى التربة بعد ذلك ، إلا أن الشكل العام للمقطع المبتل يكون عموديًا ومطاولًا فى الأراضى الرملية ، بينما تحدث حركة أفقية للماء بدرجة أكبر فى الأراضى الطمية والطينية .

وتتوقف الفترة بين الريات على طبيعة التربة ، فتكون ١ – ٢ يوم فى الأراضى الرملية ، وكل ٢ – ٣ أيام فى الأراضى الطمية ، ، وكل ٣ – ٤ أيام فى الأراضى الثقيلة .

ويتراوح معدل الرى عادة من ١٠ – ٢٥ م^{٣} للفدان يوميًا فى الجو الحار ، ونحو نصف هذه المعدلات فى الجو البارد . ويُعطى الحد الأدنى فى حالة الرى تحت أغطية بلاستيكية للتربة (Halfacre & Barden ١٩٧٩).

مشكلة انسداد المنقطات ووسائل التغلب عليها

يمكن أن يحدث انسداد للمنقطات بأحد العوامل الآتية :

١ – حبيبات التربة أو المواد العضوية التى تتسرب مع الماء إلى شبكات الرى . وهذه يتخذ لها الاحتياطات الضرورية بالترشيح ، لكن يصعب التخلص منها بعد دخولها .

٢ – الترسيب الكيمائى للمواد التى تدخل فى أنابيب الرى ، وهذه يمكن مكافحتها بحقن محاليل مختلفة من حامض الأيدروكلوريك أو الكبريتيك بصفة دورية .

٣ – نمو البكتريا والطحالب داخل أجهزة الرى بالتنقيط ، مما يؤدى إلى انسداد المنقطات . ويعالج ذلك بحقن الكلور بتركيز ١ جزء فى المليون فى ماء الرى . ولا يؤثر هذا التركيز على النباتات النامية (Elfving ١٩٨٢) .

وإذا حدث انسداد بفعل النمو البكتيرى أو الطحلبى فى أى مكان فى نظام الرى بالتنقيط ، فإنه يجب استعمال الكلور بتركيز ٢٠ – ٥٠ جزءًا فى المليون (كل$_{٢}$) لمدة ٣٠ دقيقة على الأقل ، لكن يلزم – كإجراء وقائى – استعمال الكلور بتركيز ١ جزء فى المليون (كل$_{٢}$) بصفة دائمة فى ماء الرى لتجنب حدوث أى انسداد . ويلزم أولًا إجراء تحليل معملى للماء المستخدم فى الرى لتحديد محتواه من الكلور ، ثم زيادة تركيزه ليصل إلى ١ جزء فى المليون كل$_{٢}$ (Cl$_{2}$) . هذا .. ويجب إدخال الماء المحتوى على الكلور قبل المرشحات .

ولحساب كمية "هيبوكلوريد الصوديوم أو الكالسيوم اللازمة تستخدم المعادلة التالية :

$$\text{عدد لترات المحلول اللازمة لكل ١٠٠٠ لتر من الماء} = \frac{\text{٠,٠١ × عدد الأجزاء فى المليون المرغوبة من (كل$_{٢}$) فى ماء الرى}}{\text{النسبة المئوية للكلور (كل$_{٢}$) فى المادة المستخدمة}}$$

مثال : إذا رغبنا فى زيادة نسبة (كل$_{٢}$) فى ماء الرى إلى ٣٠ جزءًا فى المليون ، واستخدمت لذلك مادة بها ٥٪ كل$_{٢}$ ، فإنه يلزم منها :

$$\frac{٠,٠١ \times ٣٠ \text{ جزء فى المليون}}{٥} = ٠,٠٦ \text{ لتر/}١٠٠٠ \text{ لتر ماء .}$$

وللتفاصيل العملية والفنية المتعلقة بالرى بالتنقيط يراجع Bucks وآخرون (١٩٨٢) .

مزايا وعيوب الرى بالتنقيط

من مزايا الرى بالتنقيط ما يلى :

١ – التوفير الكبير فى المياه ، نظرًا لأنه لا يحدث فقد يذكر فى ماء الرى . وقد يصل التوفير إلى ٥٠٪ .

٢ – عدم فقد الأسمدة بالرشح .

٣ – غسل الأملاح بعيدًا عن النباتات ، حيث تتجمع الأملاح فى أطراف المنطقة المبتلة ، وتكون بذلك بعيدة عن الجذور .

٤ – تبقى الرطوبة الأرضية فى منطقة نمو الجذور فى السعة الحقلية ، أو أقل من ذلك بقليل .

٥ – التوفير فى الأيدى العاملة لإمكان التحكم الآلى فى الرى .

٦ – يمكن بهذه الطريقة زراعة المناطق الشحيحة فى مياه الرى ، فمثلًا أمكن زراعة الخس فى المناطق الصحراوية مع استعمال ٢٥٪ من كمية مياه الرى التى تستعمل عادة بطريقة الرى السطحى .

٧ – زيادة المحصول بمقدار ٢٥ – ١٠٠٪ ، نتيجة تجانس الرطوبة الأرضية طوال الموسم .

٨ – إمكان زراعة محصولين أو ثلاثة بالتتابع فى نفس البيت ، دون الحاجة إلى تجهيز الأرض من جديد .

٩ – التوفير فى نفقات مكافحة الحشائش بسبب عدم إثارة الأرض لعدم إجراء الحرث .

١٠ – عدم الحاجة إلى آبار ذات تصريف عالى ، إذ إن كمية الماء اللازمة تكون حوالى ٥ لتر/دقيقة/هكتار .

لكن يعاب على الرى بالتنقيط ما يلى :

١ – إذا تأخرت الفترة بين الريات ، فإن امتصاص الجذور للماء يؤدى إلى دفع الأملاح من أماكن تجمعها عند أطراف المنطقة المبتلة فى حركة عكسية نحو الجذور ، لذا فإنه يجب تنظيم الرى ، بحيث تتوفر الرطوبة دائمًا فى منطقة نمو الجذور ، كما أن الأمطار قد تعمل على غسل الأملاح نحو منطقة نمو الجذور ، لذا فإنه يجب استمرار الرى بالتنقيط حتى فى المواسم الممطرة لتتسنى تخفيف الأملاح إلى الحد المأمون طوال الوقت . وعمومًا .. فإنه يمكن غسل الأملاح المتراكمة بزيادة ماء الرى ٢ – ٣ مرات فى نهاية كل موسم نمو ، حتى يمكن إذابة الأملاح وصرفها مع الماء الزائد .

٢ – احتمال انسداد المنقطات .

٣ – احتياج نظام الرى لإدارة جيدة .

٤ – تعرض أنابيب الرى للتلف بواسطة القارضات ، أو سير الحيوانات الزراعية عليها .

٥ – ارتفاع التكاليف الإنشائية (Ware & MaCollum ١٩٨٥) .

٧ – ٢ : طرق التعرف على حاجة محاصيل الخضر للتسميد

٧ – ٢ – ١ : التعرف على الحاجة للتسميد من أعراض نقص العناصر

تظهر أعراض نقص العناصر بصفة خاصة وقت التزهير والإثمار ، إذ تزداد احتياجات النبات للعناصر الغذائية خلال تلك الفترة ، وبالمقارنة بفصل الصيف ، فإن أعراض نقص العناصر لا تظهر بوضوح خلال فصل الشتاء بسبب بطء النمو . هذا .. وللتعرف على أعراض نقص العناصر فى محاصيل الخضر المختلفة ، فإنه يفضل الرجوع إلى المراجع المتخصصة التى تعطى وصفًا كاملًا لأعراض نقص كل عنصر ، مزودًا بالصور الملونة التى تغنى عن أى وصف ، مثل Wallace (١٩٦١) ، و Scaife & Turner (١٩٨٣) .

وحتى تسهل دراسة أعراض نقص العناصر ، فإنه يلزم تقسيمها إلى مجاميع تشترك فيها عناصر كل مجموعة فى أعراض خاصة فيما بينها ، وذلك هو بالتحديد ما سنتناوله بالشرح فى الجزء التالى ، ثم نعقب ذلك دراسة للعوامل التى تحدث أعراضًا شبيهة بأعراض نقص العناصر .

تقسيم العناصر المغذية حسب أعراض نقصها :

١ – عناصر تشترك فى ظهور أعراض نقصها على الأوراق المسنة أولًا ، وهى : الفوسفور ، والبوتاسيوم ، والموليبدنم ، والمغنسيوم ، والكبريت ، والنحاس ، والنيتروجين .

الفوسفور : يبقى لون الأوراق أخضر قاتمًا ، وقد يظهر لون أحمر أو قرمزى على نصل الأوراق والعروق والسيقان ، خاصة من الجانب السفلى للأوراق . ويظهر فى أوراق البطاطس التفاف وبهتان فى اللون وبعض الاحتراق . وعمومًا .. فإن النباتات تكون ضعيفة النمو ، وتكون السيقان متخشبة ، ويقف نمو الجذور الليفية ، ويتأخر عقد الأزهار وتضج الثمار .

البوتاسيوم : تأخذ الأوراق المسنة لونًا أخضر رماديًا ، ثم يتغير إلى اللون البرونزى أو البنى المصفر ، وتلتف حواف الأوراق ، ويكون نمو النبات بطيئًا ، ويضعف نمو الجذور ، ويظهر عدم تجانس فى نضج الثمرة الواحدة .

(أ) يظهر لون أصفر بين العروق فى أنسجة الورقة ، بينما تظل العروق بلون أخضر داكن . ويشترك فى هذه الأعراض كل من : الموليبدنم ، والمغنسيوم .

الموليبدنم : يكون لون الأوراق الصغيرة أخضر عاديًا ، ثم تبرقش مع كبرها فى السن ، وتظهر بقع بنية اللون على طول حافة الورقة . تكون الأوراق غير طبيعية المظهر ، وفى القنبيط تكون ضيقة جدًا ، ويكون النبات متقزمًا ، كما تكون الأقراص مفككة وغير مندمجة .

المغنسيوم : تلتف حواف الأوراق لأعلى ، ويتغير لون البقع الصفراء إلى اللون البنى ، ثم تموت هذه الأنسجة . وتظهر فى بعض النباتات صبغات أرجوانية محمرة ، بدلًا من الاصفرار ، وفى الصليبيات يظهر لون برّاق على الأوراق . وعمومًا .. يكون الساق سهل التقصف .

(ب) اصفرار الأوراق : يشترك فى هذه الأعراض كل من : الكبريت ، والنحاس ، والنيتروجين .

الكبريت : تكون الأوراق السفلى حبيكة ، والسيقان صلبة ورفيعة ، والجذور كبيرة .

النحاس : تكون الأوراق متدلية ، وقد تكون مطاولة ، خاصة فى الخس ، ويكون نمو النبات بطيئًا . وفى البصل تكون الأبصال رخوة ، وحراشيفها رفيعة ، وذات لون أصفر باهت .

النيتروجين : قد يعم الاصفرار كل النبات ، ويكون النبات ضعيفًا ومتقزمًا ، كما تكون الثمار والجذور أصغر من حجمها الطبيعى .

٢ – عناصر تشترك فى ظهور أعراض نقصها على الأوراق الحديثة أولًا ، وهى : الحديد ، والمنجنيز ، والزنك . ولا يحدث جفاف فى أى جزء من الورقة .

المنجنيز : تتلون الأنسجة بين العروق باللون الأصفر ، ثم يتحول لون هذه الأنسجة إلى اللون البنى ، أو تصبح شفافة . وفى البنجر تأخذ الأوراق لونًا أحمر داكنًا ، وتظهر خطوط مصفرة فى أوراق البصل والذرة .

الزنك : تكون الأوراق الحديثة صغيرة جدًا ومبرقشة ومصفرة ، وعادة ما تظهر بها بقع ذات أنسجة ميتة . وفى الفاصوليا تظهر بقع صفراء بنية محمرة على الأوراق الفلقية . وتظهر بقواعد أنصال أوراق الذرة خطوط خضراء وصفراء عريضة . وفى البنجر يظهر اصفرار بين العروق ، وتخرق حواف الورقة ومن الأعراض الأخرى فى الذرة : تأخر ظهور المياسم (الحريرة) ، وعدم امتلاء الكيزان جيدًا لعدم تمام التلقيح .

٣ – عناصر تشترك فى ظهور أعراض نقصها أساسًا على الأنسجة النامية للجذور والسيقان ، وهى : البورون ، والكالسيوم .

البورون : تتلون حواف الأوراق أحيانًا باللون الأصفر أو البنى ، وتنحنى حواف الأوراق الصغيرة الحديثة ، ويظهر تبرقش بأوراق الخضر الجذرية . وتظهر فى جذور البنجر بقع قلبية بنية أو سوداء متناثرة عادة قرب السطح ، أو قرب حلقات النمو . وتظهر فى جذور اللفت والروتاباجا

مناطق كثيرة مائية بنية اللون قرب مركز الجذور . وفى القنبيط تتلون الأقراص باللون البنى . وفى البروكولى تتلون البراعم الزهرية باللون البنى . وتظهر فى سيقان كل من : القنبيط ، والبروكولى ، والكرنب مناطق مائية تصبح شقوقًا بنية اللون فيما بعد وتظهر على السطح الخارجى لأعناق الكرفس بقع طولية متحللة ، كما تظهر على أعناق أوراق السلق خطوط داكنة وتشققات .

الكالسيوم : قد تتلون الأوراق باللون الأصفر . وتنحنى حواف الأوراق الصغيرة لأعلى ، وأحيانًا تكون حوافها متموجة وغير منتظمة . وعمومًا .. تظهر بقع متحللة فى الجزء العلوى للنبات وتكون السيقان ضعيفة وبطيئة النمو . ويظهر مرض تعفن الطرف الزهرى فى الطماطم ، ومرض القلب الأسود فى الكرفس ، واحتراق حواف الأوراق فى الخس (Lorenz & Maynard ١٩٨٠) .

هذا ويتطلب إرجاع الأعراض المشاهدة إلى نقص عنصر معين التسلسل فى مفتاح خاص بأعراض نقص العناصر مثل الذى وضعه English & Maynard (١٩٧٨) لمحاصيل الخضر .

التنافس بين العناصر المغذية بعضها البعض ، وتأثير ذلك على ظهور أعراض نقص العناصر :

تؤدى زيادة امتصاص بعض العناصر إلى ظهور أعراض نقص بعض العناصر الأخرى ، برغم توفرها فى التربة . مثال ذلك ما يلى :

تؤدى زيادة عنصر	إلى ظهور أعراض نقص عنصر
النيتروجين	البوتاسيوم
البوتاسيوم	المغنسيوم
الفوسفور	البوتاسيوم
المغنسيوم ، والبوتاسيوم ، والصوديوم	الكالسيوم
الكدميوم ، والكوبالت ، والنحاس ، والمنجنيز ، والنيكل ، والزنك	الحديد
الفوسفور	الزنك ، والحديد

كما تؤدى زيادة امتصاص بعض العناصر إلى حدوث تسمم بالنبات ، وظهور أعراض شبيهة بأعراض نقص بعض العناصر الأخرى ، مثال ذلك ما يلى :

تؤدى زيادة عنصر .	إلى ظهور أعراض شبيهة بأعراض نقص عنصر
الصوديوم ، والكلور	البوتاسيوم (نتيجة لظهور احتراق بحواف الأوراق)

المنجنيز	المنجنيز أيضًا
الألومنيوم	الفوسفور
الزنك ، والنحاس ، والمنجنيز ،	الحديد
والكوبالت ، والنيكل ، والكروم	

العوامل المؤدية إلى ظهور أعراض شبيهة بأعراض نقص العناصر :

من أهم هذه العوامل ما يلى :

١ – تؤدى بعض الظروف البيئية إلى ظهور أعراض شبيهة بأعراض نقص بعض العناصر ، مثال ذلك ما يلى :

تؤدى :	إلى ظهور أعراض	وهى شبيهة بأعراض نقص عنصر
الحرارة المنخفضة	صبغات بنفسجية محمرة	الفوسفور
الجفاف	احتراق بحواف الأوراق	البوتاسيوم
الرياح	احتراق بحواف الأوراق	البوتاسيوم
سوء الصرف	لون بنفسجى	الفوسفور
	لون أصفر	النيتروجين
	احتراق بحواف الأوراق	البوتاسيوم
	اصفرار جزئى	المنجنيز – الحديد

٢ – تؤدى بعض الإصابات المرضية والحشرية إلى ظهور أعراض شبيهة بأعراض نقص العناصر ، مثال ذلك :

تؤدى الإصابة بـ :	إلى ظهور أعراض شبيهة بأعراض نقص عنصر
إصابات الجذور والحزم الوعائية	النيتروجين وأحيانًا البوتاسيوم
إصابات حشرية	البورون (تشوهات ، وتشجيع نمو البراعم الجانبية)
العفن	البورون ، وأحيانًا البوتاسيوم

العنكبوت الأحمر	يظهر لون برونزى شاحب يخفى معه أعراض نقص بعض العناصر
إصابات مرضية وحشرية كثيرة	المنجنيز ، وربما الحديد
الرايزوكتونا فى البطاطس	الكالسيوم (التفاف حواف الأوراق العلوية)
فيروسات الاصفرار	المغنسيوم

٣ – تؤدى المعاملة بالمبيدات والأسمدة أحيانًا إلى ظهور أعراض شبيهة بأعراض نقص العناصر ، مثال ذلك :

(أ) قد يصاحب الرش ببعض المبيدات ظهور أعراض ، كالتلون باللون الأصفر ، أو تلون بين العروق باللون البنى ، وكذلك تلون حواف الأوراق باللون البنى ، وهى أعراض تتشابه مع أعراض نقص النيتروجين والكالسيوم ، والبوتاسيوم ، والمغنسيوم .

(ب) قد تحدث أضرار من الأسمدة ، كتلون بين العروق باللون البنى ، ويتشابه ذلك مع أعراض نقص البوتاسيوم .

٧ – ٢ – ٢ : التعرف على الحاجة للتسميد بواسطة النباتات الحساسة للعناصر المختلفة .

يمكن التعرف على حاجة محاصيل الخضر للتسميد بزراعة النباتات الحساسة لهذه العناصر Indicator plants . فمثلاً تعتبر المحاصيل التالية أكثر حساسية من غيرها لنقص عناصر معينة ، وهى التى ينصح بزراعتها للاستدلال على نقص هذه العناصر :

ينصح بزراعة	لاكتشاف نقص عنصر
القنبيط – البروكولى – الكرنب	النيتروجين
الكيل	الفوسفور
القنبيط – البروكولى – الكرنب	الكالسيوم
القنبيط	المغنسيوم
البطاطس – الفول الرومى – القنبيط	البوتاسيوم
بنجر السكر	الصوديوم
القنبيط – البروكولى – الكرنب – البطاطس	الحديد
بنجر السكر – البطاطس	المنجنيز
بنجر السكر	البورون

القمح	النحاس
النجيليات – الكتان	الزنك
القنبيط – الخس	المولبيدنم (Wallace ١٩٦١)

كما يعطى المرجع قائمة أخرى كبيرة بالنباتات الحساسة التى يمكن استخدامها فى الظروف المختلفة .

٧ – ٢ – ٣ : التعرف على الحاجة للتسميد من تحليل التربة

يستفاد من تحليل التربة فى تقدير محتواها من العناصر الغذائية ، وبالتالى فى تحديد مدى الحاجة للتسميد ، ويقتدى فى هذا الشأن بمستويات العناصر التى يجب أن تتوفر فى التربة للنمو الجيد ، كما هو مبين فى جدول (٧ – ١) ، (٧ – ٢) .

جدول (٧ – ١) : المستويات المنخفضة والمعتدلة والمرتفعة من العناصر الغذائية الأولية فى التربة (عن Minges وآخرين ١٩٧١) .

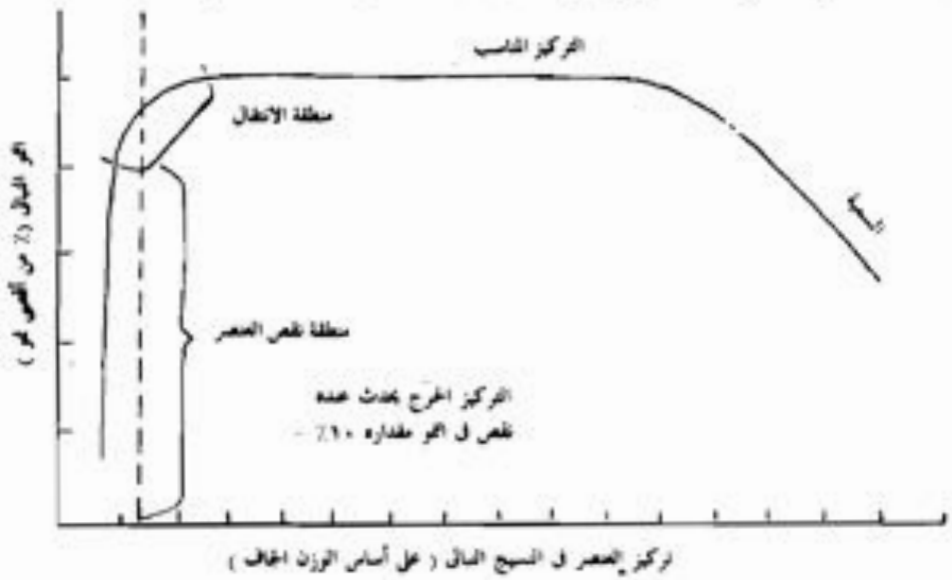
العنصر	مستويات العنصر بالكجم /فدان		
	منخفض	معتدل	مرتفع
النترات (No_3)	صفر – ١٢	١٢ – ٣٦	٣٦ – ٤٨
الفوسفور الذائب (P)	صفر – ١٥	١٥ – ٤٥	٤٥<
البوتاسيوم التبادلى(K)	صفر – ٩٠	٩٠ – ١٨٠	١٨٠<

جدول (٧ – ٢) : مستويات التربة من العناصر الدقيقة التى يجب أن تتوفر للنمو الجيد (عن Buckman & Brady ١٩٦٠) .

العنصر	المدى الطبيعى		المستوى المعتدل
	(٪)	(جزء فى المليون)	(جزء فى المليون)
الحديد	٠,٥ – ٥,٠	٥٠٠٠ – ٥٠٠٠٠	٢٥٠٠٠
المنجنيز	,٠٢ – ١,٠	٢٠٠ – ١٠٠٠٠	٢٥٠٠
الزنك	٠,٠٠١ – ٠,٠٢٥	١٠ – ٢٥٠	١٠٠
البورون	٠,٠٠٠٥ – ٠,٠١٥	٥ – ١٥٠	٥٠
النحاس	٠,٠٠٠٥ – ٠,٠١٥	٥ – ١٥٠	٥٠
المولبدنم	٠,٠٠٠٠٢ – ٠,٠٠٠٥	٠,٢ – ٥	٢
الكلور	٠,٠٠١ – ٠,١	١٠ – ١٠٠٠	٥٠

٧ - ٢ - ٤ : التعرف على الحاجة للتسميد من تحليل النبات

يتناسب النمو النباتي مع محتوى النبات من العناصر الغذائية ، كما هو مبين في شكل (٧ - ٥) . فلكل عنصر تركيز حرج Critical concentration في النبات ، وهو ذلك التركيز الذي يصاحبه نقص في النمو النباتي بمقدار ١٠٪ عن النمو الطبيعي . وتبدأ أعراض نقص العنصر في الظهور مع نقص تركيزه في النبات عن هذا الحد الحرج . وتفصل منطقة انتقال transition zone ما بين التركيز الذي تظهر عنده أعراض نقص العنصر ، والتركيز الذي يصاحبه النمو الطبيعي . ومع زيادة تركيز العنصر في النبات ، فإنه يصبح سامًا ، ويقل النمو النباتي تبعًا لذلك (Ulrich ١٩٧٨) .



شكل ٧ - ٥ : العلاقة بين النمو النباتي وتركيز العنصر السمادي بالأنسجة النباتية .

هذا .. ويمكن بواسطة تحليل النبات التعرف على مستويات العناصر الغذائية المختلفة به . وبمقارنة نتائج التحليل بما يجب أن يكون عليه مستوى العناصر الغذائية في النبات (جدول ٧ - ٣) ، فإنه يمكن تقدير مدى الحاجة إلى التسميد .

ويمكن كذلك الاقتداء بجدول (٧ - ٤) في تحديد مدى الحاجة للتسميد بمختلف العناصر الغذائية . ويعطي هذا الجدول متوسط النسبة المئوية للعناصر الغذائية بالأنسجة النباتية في حالات النمو الطبيعي (عن Nelson ١٩٨٥) .

والجزء النباتي الذي يستخدم في التحليل يكون عادة نصل الورقة ، أو عنق الورقة ، أو الساق . وقد تستخدم الجذور أحيانًا ، لكن أكثر الأجزاء النباتية استعمالًا هي أعناق الأوراق والعرق الوسطي المتضخم midrib . فمثلًا تستعمل :

١ – أعناق الأوراق فى البطاطس ، والطماطم ، والكرفس ، والقاوون .

٢ – العرق الوسطى المتضخم فى الحس ، والكرنب ، والهندباء ، والذرة السكرية ، نظرًا لسهولة استعمال عينات صغيرة من هذا الجزء النباتى ، وسهولة تنظيفها وتجفيفها وطحنها . كما يكون تركيز العناصر فى أعناق الأوراق عادة أكبر بكثير مما فى الأنصال .

٣ – تفضل الأوراق لتحليل البوتاسيوم ، والكالسيوم ، والمغنسيوم ، والصوديوم ، والحديد ، والمنجنيز ، والنحاس ، والموليبدنم ، والبورون ، والكبريت . ويختار لأجل ذلك ورقة حديثة مكتملة النمو .

جدول (٧-٣) : المستوى الطبيعى للعناصر الغذائية المختلفة فى السيقان أو أعناق الأوراق (عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠) .

المحصول	العنصر بالجزء فى المليون				
	النيتروجين	الفوسفور	البوتاسيوم	المغنسيوم	الكالسيوم
الفاصوليا	٤٩١	٨٣	٤٠٧٨	١٨٠	٦٩٠
فاصوليا الليما	٨٥٥	١٤١	٥٣٨٩	٢٥٢	١٥٤١
البنجر	١٥٦٠	٦٥	١١٣٢٠	٦٨	٨٤
البروكولى	٢٤٨	٢١٢	٣٧٦٤	١٤٧	٦٤٣
الكرنب	١٢٢٠	١٤٠	٣٤١٠	٢٣٤	٩٦٦
القنبيط	٦٠٠	١٠٩	٣٣١٩	٩٥	—
الكرفس	٣٩٣	٤٠٨	٤١٤٨	٢٦٨	٧٥٠
الكولارد	٧١٢	١١٤	٣٥٤٨	٢٠٢	٧٥٦
الذرة السكرية	٤٤٨	٣٤٣	٥٦٨٣	١٥٨	٣٦٣
اللوبيا	٤٤٧	٢١٥	٣٨٤٦	١٧٩	١٦٦٧
الخيار	١٣٣	٢١٥	٢٥٠٢	٤١١	٦٧٦٣
الباذنجان	١٤٣٣	٢٨٧	٤٣٨١	١١٨	١٥٤٤
الكيل	١٢٠٩	١٦٣	٦٨٩٩	٢٢٩	٧٦٣
الحس	٥٣١	٧٢	٣٢٥٢	١٠٧	١٢٧
القاوون	١١١٧	٦٦	١٥٨٦	٨٥	١١٥٠
البصل	٤٩	١١٤	٢١٦١	٢٥١	٨١١
البقدونس	١٥٤	٢١٧	١٠٣٨	١٤٧	١١٤٣
الفلفل	١٠٤٤	١٠٧	٥٦٥٢	٣٩٧	١٩٤
البطاطس	٧٧٤	٩٤	٥٦٠٢	٢١٢	١١٠٧
الفجل	٣٠٧	٨٣	٣٠١٥	٢٨٧	١١٨٣
الروبارب	٧٠	٢٣٣	٣٩٨٣	٤٥	—
فول الصويا	٣٥٧	٢٠٩	٣٢٧٠	٢٥٨	١٧٥٦
السبانخ	٧٨٩	٣٨١	٥٧١٦	٣١٤	٢٠٣
البطاطا	١٥٣	٩٤	٣١٤٤	١٦٧	٧١٣
الطماطم	٧٤٠	[illegible]	٤١٦٧	٣٣٩	٣٨٣٧
اللفت	٢٤٩٠	٢٠٠	٣٨٧٨	٣٨٢	١٦٢٨

جدول (٧ - ٤) : متوسط النسبة المئوية للعناصر الغذائية بالأنسجة النباتية في حالات النمو الطبيعي .

العنصر	المحتوى النباتي من العنصر (٪ على أساس الوزن الجاف)
الكربون - عنصر غير معدني	٨٩,٠
الأيدروجين - عنصر غير معدني	
الأكسجين - عنصر غير معدني	
النيتروجين - من العناصر الكبرى - عنصر أولي	٤,٠
الفوسفور - من العناصر الكبرى - عنصر أولي	٠,٥
البوتاسيوم - من العناصر الكبرى - عنصر أولي	٤,٠
الكالسيوم - من العناصر الكبرى - عنصر ثانوي	١,٠
المغنسيوم - من العناصر الكبرى - عنصر ثانوي	٠,٥
الكبريت - من العناصر الكبرى - عنصر ثانوي	٠,٥
الحديد - من العناصر الصغرى	٠,٠٢
المنجنيز - من العناصر الصغرى	٠,٠٢
الزنك - من العناصر الصغرى	٠,٠٠٣
النحاس - من العناصر الصغرى	٠,٠٠١
البورون - من العناصر الصغرى	٠,٠٠٦
المولبيدنم - من العناصر الصغرى	٠,٠٠٠٢
الصوديوم - - من العناصر الصغرى	٠,٠٣
الكلور - من العناصر الصغرى	٠,١

يستعمل عادة نحو ٤٠ عنق ورقة أو عرق وسطي أو نصل في كل عينة تحليل ، كما يفضل إجراء التحليل على ٢ - ٤ عينات . ويحسن أن تكون هذه العينات ممثلة لمراحل مختلفة من النمو وتغسل العينات جيدًا بالماء ، ثم تجفف في حرارة ٦٠ - ٧٠°م في أكياس ورقية ، ثم تطحن وتخزن في أوعية محكمة الغلق لحين تحليلها (Lorenz & Tyler ١٩٧٨) .

هذا .. ومن المؤكد ظهور أعراض نقص النيتروجين إذا انخفض مستواه عن ١,٥٪ من الوزن الجاف للأوراق . وأفضل وقت للتحليل يكون في مراحل النمو المبكرة .

أما المستوى الحرج للبوتاسيوم . فإنه يتراوح من ٠,٧٥ - ٢٪ بمتوسط حوالي ١,٥٪ من الوزن الجاف للنبات . ويجرى التحليل على الأوراق الحديثة المكتملة النمو . وتظهر أعراض نقص البوتاسيوم بوضوح إذا انخفض تركيزه في النبات عن هذا المستوى ، وتستجيب حينئذ للتسميد البوتاسي ، لكن نادرًا ما تستجيب النباتات للتسميد البوتاسي إذا زاد تركيزه في النبات عن ٢٪ . ويجب إجراء التحليل خلال المراحل المتأخرة من النمو ، لأن التحليل قبل ذلك يعطي نتائج مضللة ، نظرًا لأن النباتات تمتص في هذه المراحل المبكرة من النمو أكثر من حاجتها الفعلية من هذا العنصر (Wilcox ١٩٦٩) .

وتظهر أعراض نقص الفوسفور إذا انخفض مستواه فى النبات عن ٠,٢٪ على أساس الوزن الجاف . ويفضل إجراء التحليل فى المراحل المبكرة من النمو .

وبالمقارنة .. فإن البوتاسيوم تظهر أعراض نقصه إذا انخفض مستواه فى النبات عن ٠,٨ من الوزن الجاف (Maynard ١٩٧٩) .

ومن أكبر عيوب الاعتماد على تحليل النبات فى تقدير الحاجة للتسميد أن معظم الخضراوات سريعة النمو ، وأنه نادرًا ما تظهر أعراض نقص العناصر قبل أن تصل النباتات إلى مرحلة منتصف نموها ، وحينئذ يكون النمو سريعًا . ومع إجراء التحليل يكون الوقت قد أصبح متأخرًا بالنسبة للتسميد الفوسفاتى والبوتاسى ، وإن كان من الممكن إعطاء دفعات من الأزوت فى هذه المراحل المتأخرة . وبالرغم من ذلك .. فإن نتائج التحليل تفيد فى وضع البرنامج التسميدى لمحاصيل الخضر التى تزرع مستقبلاً فى نفس الحقل .

هذا .. ويفضل الرجوع إلى بعض المصادر الخاصة بتحليل الأنسجة النباتية ، مثل Reisenauer (١٩٧٨) ، و Carpenter ، (١٩٨٢) الذى يعطى الخطوات العملية لتحليل عناصر النيتروجين ، والفوسفور ، والكالسيوم ، والمغنسيوم ، والحديد ، والبورون فى كل من الطماطم ، والخيار .

٧ - ٣ : الأسمدة الكيميائية

٧ - ٣ - ١ : الأسمدة الكيميائية البسيطة

الأسمدة الكيميائية البسيطة هى تلك الأسمدة التى تتكون من مركب كيميائى واحد ، وتحتوى على عنصر أو أكثر من العناصر الغذائية التى يحتاجها النبات . ويوضح جدول (٧ - ٥) نسبة ما تحتويه بعض الأسمدة البسيطة من العناصر السمادية الرئيسية ، وهى : النيتروجين ، والفوسفور ، والبوتاسيوم .

الأسمدة الأزوتية الهامة

من أهم الأسمدة الأزوتية ما يلى :

١ - سلفات النشادر : تعتبر سلفات النشادر مصدرًا جيدًا للأزوت الميسر ، وهى لا تفقد بسرعة من التربة كنترات الصوديوم ، وتتميز بأن لها تأثير حامضى على التربة . ومن مميزاتها الأخرى سهولة خلطها بالسوبرفوسفات وسلفات البوتاسيوم ، لكن لا يجوز خلطها مع الجير ، أو مع الأسمدة القاعدية .

٢ - نترات الصوديوم : تعتبر نترات الصوديوم سمادًا سريع الذوبان والامتصاص ، ومعرضاً للفقد من التربة ، لذا تجب إضافته على دفعات حسب حاجة النبات .

جدول (٧ - ٥) : محتوى بعض الأسمدة البسيطة من عناصر النيتروجين ، والفسفور ، والبوتاسيوم

السماد	النسبة المئوية لمحتوى السماد من[١]		
	النيتروجين(N)	الفوسفور (P_2O_5)	البوتاسيوم (K_2O)
نترات الأمونيوم	٣٣ - ٣٣,٥	–	–
فوسفات الأمونيوم	١١	٤٨,٨	–
كبريتات الأمونيوم	٢٠,٥	–	–
الأمونيا السائلة	٨٢	–	–
سيانامید الكالسيوم[٢]	٢١	–	–
نترات الكالسيوم	١٥,٥	–	–
نترات البوتاسيوم	١٣	–	٤٤
نترات الصوديوم	١٦	–	–
اليوريا[٣]	٤٢ - ٤٦	–	–
السوبر فوسفات العادى	–	١٦ - ٢٠	–
السوبر فوسفات الثلاثى	–	٤٢ - ٤٧	–
كبريتات البوتاسيوم	–	–	٤٨ - ٥٢
كلورور البوتاسيوم (ميورات البوتاسيوم)	–	–	٤٨ - ٦٢

(١) للتحويل من P_2O_5 إلى P يضرب فى ٠,٢٣٦٤ وللتحويل من P إلى P_2O_5 يضرب فى ٢,٢٩١٥ . للتحويل من K_2O إلى K يضرب فى ٠,٨٣٠١ وللتحويل من K إلى K_2O يضرب فى ١,٢٠٤٧

(٢) مركبات عضوية لاحتوائها على الكربون ، ولكنها ليست مركبات عضوية طبيعية (عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠)

٣ - نترات الكالسيوم : لهذا السماد خصائص نترات الصوديوم ، لكنه يتميز عن الأخير باحتواله على الكالسيوم بنسبة حوالى ٣٤٪ .

٤ - نترات البوتاسيوم : يتميز سماد نترات البوتاسيوم باحتواله على كل من النيتروجين والبوتاسيوم فى صورة صالحة للامتصاص .

٥ - اليوريـا : تتحلل اليوريا عند إضافتها للتربة إلى أمونيا ، ثم إلى نترات .

٦ - سيانامید الكالسيوم : يتحلل سيانامید الكالسيوم عند إضافته للتربة إلى كربونات الكالسيوم واليوريا ، ثم تحلل اليوريا بواسطة الكائنات الحية الدقيقة فى التربة ، معطية كربونات الأمونيوم ، ونترات الكالسيوم .

ولذلك .. فسيانامید الجير يتيسر فيه النيتروجين ببطء ، ولا يخشى من فقده مع ماء الرشح . ونظرًا لتأثيره السام على النباتات ، لذا تجب إضافته قبل الزراعة بوقت كاف . ولا يخلط هذا السماد مع سلفات النشادر ، أو السوبر فوسفات ، لكن يمكن خلطه بسلفات البوتاسيوم .

الأسمدة الفوسفاتية الهامة

يرجع كل الفوسفور الموجود فى الأسمدة التجارية إلى صخر الفوسفات phosphate rock [٣ كا٣ (فو٤)٢ . كا ح٢] (أو معدن الأباتيت apatite) . والفوسفور الموجود بالصخر غير قابل للذوبان فى الماء ، ولا يكون ميسرًا لامتصاص النبات ، لكن عند طحنه إلى مسحوق دقيق ، فإن بعض الفوسفور الموجود به يصبح صالحًا لاستعمال النبات بفعل الأحماض الموجودة فى التربة ، لكن الكمية الميسرة تكون منخفضة جدًا .

ويصنع سماد السوبرفوسفات بمعاملة صخر الفوسفات بحامض الكبريتيك ، حيث يتحول فوسفات الكالسيوم الثلاثى غير القابل للذوبان إلى فوسفات أحادى وفوسفات ثنائى الكالسيوم القابلين للذوبان . وعليه .. فإن السوبرفوسفات هو خليط من كل من فوسفات أحادى وفوسفات ثنائى الكالسيوم مع الجبس gypsum الذى يشكل نصف السوبر فوسفات العادى .

أما السوبرفوسفات المزدوج (أو الثلاثى) double (treble or triple) super phosphate ، فإنه يصنع بمعاملة صخر الفوسفات بحامض الفوسفوريك ، حيث يتكون فوسفات أحادى وفوسفات ثنائى الكالسيوم :

$$Ca_3 (PO_4)_2 + 2H_2 \rightarrow Ca (H_2PO_4) + 2Ca\ SO_4$$
$$Ca_3 (PO_4)_2 + 4\ H_3\ PO_4 \rightarrow 3\ Ca (H_2\ PO_4)_2$$

ويلاحظ أن السوبر فوسفات العادى يحتوى على ١٦ - ٢٠٪ فو٢ا٥ حسب محتواه النسبى من كل من الجبس ، وفوسفات أحادى وثنائى الكالسيوم ، بينما يحتوى السوبرفوسفات المركز على ٤٧٪ فو٢ا٥ .

الأسمدة البوتاسية الهامة

يعتبر سماد سلفات البوتاسيوم أفضل الأسمدة البوتاسية . وهو سريع الذوبان والامتصاص .

أما سماد كلورور (ميورات) البوتاسيوم ، فهو بطىء الذوبان والمفعول ، ويفضل استعماله فى الأراضى الرملية والخفيفة ولا تجوز إضافته قريبًا من النباتات ، إذ إنه يضر بالجذور .

المصادر السمادية لباقى العناصر الغذائية

يتم التسميد بباقى العناصر بإضافتها للتربة ، أو رشًا على النباتات فى إحدى الصور الموضحة فى جدول (٧ - ٦) .

٧ - ٣ - ٢ : الأسمدة الكيمائية المركبة

تحتوى الأسمدة المركبة على أكثر من عنصر سمادى ، وتحضر بخلط اثنين أو أكثر من الأسمدة البسيطة معًا بنسب معينة وبصورة متجانسة ، بحيث يحتوى السماد المركب على نسبة معينة من كل

من العناصر السمادية المرغوبة .

وفيما يلي بعض المصطلحات المستخدمة في وصف الأسمدة المركبة :

درجة أو تحليل السماد Fertilizer grade or analysis

تحليل السماد هو النسبة المئوية لكل من النيتروجين (N) ، والفوسفور في صورة فوأ٥ (P_2O_5) ، والبوتاسيوم في صورة بوا (K_2O) في السماد المركب ، ويعبر عنها بثلاثة أرقام ، مثل : ٥ - ١٠ - ٥ ، حيث تشير الأرقام الثلاثة إلى النسب المئوية لكل من : النيتروجين ، والفوسفور ، والبوتاسيوم في السماد على التوالي . وقد يوجد أحيانًا رقم رابع يشير إلى النسبة المئوية للمغنسيوم في صورة مغا (MgO) ، ورقم خامس يشير إلى النسبة المئوية للكالسيوم في صورة كاأ (CaO) .

والسماد المركب قد يكون ذا تحليل منخفض إذا كان مجموع النسب المئوية لعناصر النيتروجين ، والفوسفور ، والبوتاسيوم به ٢٠ أو أقل . وقد يكون ذا تحليل مرتفع إذا زاد مجموع هذه النسب عن ٢٠ .

جدول (٧ - ٦) : الأسمدة المستخدمة كمصادر للعناصر الغذائية غير النيتروجين ، والفوسفور ، والبوتاسيوم

العنصر والسماد ونسبة العنصر في السماد	الكمية المناسبة عند التسميد عن طريق	
	التربة (كجم/فدان)	رشاً (كجم/ ٤٠٠ لتر ماء)
الكالسيوم :		
الجبس الزراعي - نترات الكالسيوم - السوبر فوسفات	تختلف الكمية حسب السماد والغرض من الاستعمال	—
كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ (يحوي ٣٦,١ كالسيوم)	—	٥ - ٢,٥
نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2.2H_2O$ (يحوي ٢٠٪ كالسيوم)	—	٥ - ٢,٥
المغنسيوم :		
كبريتات المغنسيوم مغ SO_4. ٧مغ٥ (يحوي ٩,٨٪ مغنسيوم)	٧٥ - ١٠٠	٥ - ٧
الكبريت :		
سلفات الأمونيوم - سلفات البوتاسيوم - الجبس الزراعي - السوبر فوسفات	تختلف الكمية حسب السماد والغرض من الاستعمال	—
الحديد :		
كبريتات الحديدوز $FeSO_4$. ٧مغ٥ (يحوي ٢٠٪ حديد)	٥ - ١٠	١ - ١,٥
حديد مخلبي EDTA (يحوي ٩ - ١٢٪ حديد)	٩ - ١٨	٠,٢٥ - ٠,٥
النحاس :		
كبريتات النحاس مغ $CuSO_4$. ٥مغ٥ (يحوي ٢٥,٥٪ نحاس)	١٢ - ٢٤	١ - ٢,٥
أكسيد النحاس CuO (يحوي ٧٩,٦٪ نحاس)	٤ - ٨	—

جدول (٧- ٦) يتبع

العنصر والسماد ونسبة العنصر فى السماد	الكمية المضافة عند التسميد عن طريق	
	التربة (كجم/فدان)	رشاً (كجم/ ٤٠٠ لتر ماء)
الزنك :		
كبريتات الزنك $ZnSO_4 . 7H_2O$ (يحوى ٢٢,٧ زنك)	٥ - ٢٠	١ - ٢
زنك مخلبى يحوى (١٤٪ زنك)	٧ - ١٨	٠,٥ - ١,٢٥
المنجنيز :		
سلفات المنجنيز $MnSO_4 . 4H_2O$ (يحوى ٢٤,٦ منجنيز)	١٠ - ١٥	١ - ٢
الموليبدنم :		
موليبدات الأمونيوم $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$ (يحوى ٥٤,٩ موليبدنم)	١ - ٢	
موليبدات الصوديوم $Na_2MoO_4.2H_2O$ (يحوى ٣٩,٧ موليبدنم)	٠,٥ - ١,٢٥	٠,١٢٥ - ٠,٢٥
البورون :		
البوراكس $Na_2B_4O_7.10H_2O$ (يحوى ١٠,٦٪ بورون)	٥ - ١٢	١ - ٢,٥

المعادلة السمادية Fertilizer formula

هى الكميات الفعلية من المركبات الداخلة فى تركيب طن من السماد المركب ، وقد يعبر عن هذه الكميات كنسب مئوية أيضًا . ويطلق على مصادر العناصر السمادية فى السماد المركب اسم المواد الحاملة carriers .

الوحدة السمادية fertilizer unit

هى نسبة العناصر السمادية الثلاثة (النيتروجين ، والفوسفور ، والبوتاسيوم) إلى بعضها البعض فى السماد المركب . فمثلاً .. عندما يكون تحليل السماد ٥ - ١٠ - ٥ تكون نسبته السمادية ١ - ٢ - ١ .

وتتوقف النسبة السمادية التى يوصى بها على العوامل التالية :

١ - الظروف البيئية : تقل نسبة الأزوت فى الجو الملبد بالغيوم .

٢ - المحصول المزروع : تزيد نسبة الأزوت للمحاصيل الورقية ، ونسبة الفوسفور للمحاصيل الثمرية ، ونسبة البوتاسيوم للمحاصيل الجذرية والورقية .

٣ - طبيعة التربة : تزيد نسبة البوتاسيوم فى الأراضى الرملية ، وتزيد نسبة الفوسفور فى الأراضى الثقيلة ، وتقل نسبة الأزوت فى الأراضى العضوية .

٤ – كمية ونوع الأسمدة المستخدمه : تجب مراعاة زيادة نسبة الفوسفور عندما تكون الأرض حديثة العهد بالتسميد ، أى لم يسبق تسميدها كثيرًا من قبل ، وكذلك عند استعمال الأسمدة العضوية .

تحضير السماد المركب

يحضر السماد المركب بخلط عدد من الأسمدة البسيطة بكميات محسوبة مقدمًا حسب تحليل السماد المراد تحضيره ، ومعادلته ، ونسبته السمادية .

مثال : إحسب الكميات اللازمة لتحضير سماد مركب تحليله ٥ – ٩ – ٥ مع استخدام سلفات النشادر (٢٠٪ ن) ، والسوبرفوسفات (١٥٪ فو٢ أ٥) ، وسلفات البوتاسيوم (٥٠٪ بو٢ أ) فى تحضير السماد.

يحتوى الطن من هذا السماد على : ٥٠ كجم ن ، و ٩٠ كجم فو٢أ٥ ، و ٥٠ كجم بو٢أ وهذه الكميات يمكن الحصول عليها بخلط :

٢٥٠ كجم سلفات نشادر

٦٠٠ كجم سوبرفوسفات

١٠٠ كجم سلفات بوتاسيوم .

تخلط هذه الكميات من الأسمدة معا ، ويضاف لها نحو ٥٠ كجم من الرمل ليصل الوزن إلى طن ويفضل عند تحضير السماد المركب جعل النيتروجين من مصدرين : أحدهما قابل للذوبان والامتصاص بسرعة ، والآخر بطىء الذوبان . كما يفضل جعل الأسمدة مركزة قدر المستطاع ، مع استخدام أسمدة بسيطة غنية بالعناصر عند تحضير السماد المركب .

وعند خلط الأسمدة يراعى أن بعضها يكون متحجرًا ، كالسوبر فوسفات ، وبعضها تتجمع حبيباته ، مكونة كتلاً أكبر ، كسلفات النشادر . وهذه يجب دقها جيدًا وخلطها لتسهيل عملية الخلط . كما تجب مراعاة أن بعض الأسمدة لا يجوز خلطها ، لأنها تتفاعل مع بعضها البعض ؛ مما يؤدى إلى تحول بعض العناصر إلى صور غير ذائبة .

ويفيد جدول (٧ – ٧) فى حساب كميات الأسمدة البسيطة اللازمة لتحضير الأسمدة المركبة .

٧ – ٣ – ٣ : الأسمدة البطيئة الذوبان والتيسر

الأسمدة البطيئة الذوبان والتيسر Slow Release Fertilizers هى إما أنها أسمدة ذات قابلية ضعيفة جدًا للذوبان فى الماء ، أو أنها أسمدة تتيسر فيها العناصر الغذائية فى صورة صالحة للامتصاص ببطء شديد ، وفى كلتا الحالتين تتيسر العناصر الغذائية للنباتات بقدر حاجته إليها ، وعلى مدى فترة زمنية طويلة تمتد من ثلاثة أسابيع إلى عدة سنوات ، الأمر الذى يقلل كثيرًا من فرصة تثبيتها فى التربة ، ومن

جدول (٧ – ٧) : طريقة حساب الكميات اللازمة من الأسمدة البسيطة اذا عرفت الكميات المطلوبة من العناصر أو العكس .

لضرب الكمية المطلوبة من	ق	للحصول على الكمية المطلوبة من
الأمونيا NH_3	٠,٨٢٣	نيتروجين ـ N
نترات الأمونيوم $NH_4 NO_3$	٠,٣٥٠	نيتروجين ـ N
كبريتات الأمونيوم $(NH_4)_2 SO_4$	٠,٢١٢	نيتروجين ـ N
بوراكس $Na_2 B_4 O_7 . 10 H_2 O$	٠,١١٤	بورون ـ B
حمض بوريك $H_3 BO_3$	٠,١١٧	بورون ـ B
بورون ـ B	٨,٨٠٧	بوراكس ـ $Na_2 B_4 O_7 . 10 H_2 O$
بورون ـ B	٥,٦٣٦	حمض بوريك ـ $H_3 BO_3$
كالسيوم ـ Ca	٤,٢٩٥	كبريتات الكالسيوم (الجبس) $Ca SO_4 . 2H_2O$
مغنسيوم ـ Mg	٤,٩٥١	كبريتات المغنسيوم ـ $Mg SO_4$
كبريتات المغنسيوم ـ $Mg SO_4$	٠,٢٠٢	مغنسيوم ـ Mg
منجنز ـ Mn	٢,٧٤٩	كبريتات المنجنز ـ $Mn SO_4$
منجنز ـ Mn	٤,٠٦٠	كبريتات المنجنز $Mn SO_4 . 2H_2O$
كبريتات المنجنز $Mn SO_4$	٠,٣٦٤	منجنز ـ Mn
كبريتات المنجنز $Mn SO_4 . 4 H_2 O$	٠,٢٤٦	منجنز ـ Mn
ميورات البوتاسيوم ـ Cl_2	٠,٦٣٢	بوتاس ـ K_2O
ميورات البوتاسيوم ـ Cl_2	٠,٥٢٤	بوتاسيوم ـ K
نترات NO_3	٠,٢٢٦	نيتروجين ـ N
نترات البوتاسيوم ـ NO_3	٠,٤٦٦	بوتاس ـ K_2O
نترات البوتاسيوم ـ NO_3	٠,٣٨٧	بوتاسيوم ـ K
نترات الصوديوم ـ $Na\ No_3$	٠,١٦٥	نتروجين ـ N
نيتروجين ـ N	١,٢١٦	أمونيا NH_3
نيتروجين ـ N	٢,٨٥٦	نترات أمونيوم $NH_3 NO_3$
نيتروجين ـ N	٤,٧١٦	كبريتات الأمونيوم $(NH_4)_2 SO_4$
نيتروجين ـ N	٤,٤٢٦	نترات ـ NO_3
نيتروجين ـ N	٦,٠٧١	نترات الصوديوم ـ $Na\ NO_3$
حمض الفسفوريك ـ $P_2 O_5$	٠,٤٣٧	فوسفور ـ P
الفوسفور ـ P	٢,٢٩١	حمض الفوسفوريك ـ $P_2 O_5$
بوتاس ـ $K_2 O$	١,٥٨٣	ميورات البوتاسيوم ـ KCl
بوتاس ـ $K_2 O$	٢,١٤٦	نترات البوتاسيوم ـ KNO_3
بوتاس ـ $K_2 O$	٠,٨٣٠	بوتاس ـ K
بوتاس ـ $K_2 O$	١,٨٥٠	كبريتات البوتاسيوم ـ $K_2 SO_4$
بوتاسيوم ـ K	١,٩٠٧	ميورات البوتاسيوم ـ KCl
بوتاسيوم ـ K	٢,٥٨٩	نترات البوتاسيوم ـ KNO_3
بوتاسيوم ـ K	١,٢٠٥	بوتاس ـ $K_2 O$
بوتاسيوم ـ K	٢,٢٢٩	كبريتات البوتاسيوم ـ $K_2 SO_4$
كبريتات الأمونيوم $(NH_4)_2 SO_4$	٠,٢١٢	نيتروجين ـ N
كبريتات البوتاسيوم $K_2 SO_4$	٠,٥٤٠	بوتاس ـ $K_2 O$
كبريتات البوتاسيوم $K_2 SO_4$	٠,٤٤٩	بوتاسيوم ـ K

فقدها فى ماء الصرف . وفيما يلى شرح لبعض أنواع الأسمدة البطيئة الذوبان والميسر .

الأسمدة المخلبية

الأسمدة المخلبية Chelated Fertilizers هى أسمدة توجد فيها العناصر الضرورية للنبات فى صورة مركبات مخلبية chelated compounds أو Sequestring agents .

والمركبات المخلبية عبارة عن مركبات عضوية حلقية مرتبطة بمعدن أو أكثر بشدة تتفاوت من مركب مخلبى لآخر . وهى قابلة للذوبان فى الماء . والمستعمل منها فى الأغراض الزراعية يتحلل فى الماء ببطء شديد . وتعمل المركبات المخلبية على منع تثبيت العناصر فى التربة . فبرغم قابليتها للذوبان فى الماء ، إلا أنها بطيئة التحلل بدرجة كبيرة ، وبذلك يتيسر العنصر لامتصاص النبات ، دون أن يفقد بالتثبيت . هذا .. وتدمص المركبات المخلبية على سطح حبيبات الطين .

ومن المركبات المخلبية الشائعة الاستعمال فى الزراعة ما يلى :

ethylene diaminetetra acetic acid (EDTA)

diethylene triamine penta acetic acid (DTPA)

cyclohexane diaminetetra acetic acid (CDTA)

ethylene diamine di (O-hydroxyphenyl acetic acid (EDDHA)

هذا .. وتوجد المواد المخلبية إما فى صورة أحماض ، أو فى صورة ملح الصوديوم . والعناصر المخلوبة عادة هى : الحديد ، والمنجنيز ، والنحاس ، والزنك ، والكوبالت .

وتضاف المركبات المخلبية عن طريق التربة ، حيث تعطى نتائج أفضل ، ولمدة طويلة ، عما فى حالة إضافتها بطريق الرش ، إلا أنه يمكن استعمالها رشًا بتركيزات مخففة مع الرش الدورى لمكافحة الآفات (Tisdale & Nelson ١٩٧٥) .

وفيما يلى أمثلة لبعض العناصر النادرة التى توجد فى صورة مركبات مخلبية :

١ - بروفايد حديد : مركب مخلبى يحوى حديدًا فى صورة Fe EDTA بنسبة ١٣,٢٪ . يستخدم فى الأراضى الحامضية فقط بمعدل ٢ كجم/ فدان فى أول سنة ، ثم بمعدل $\frac{١}{٤} - \frac{١}{٢}$ كجم سنويًا بعد ذلك . كما يمكن استخدامه أيضًا بطريق الرش .

٢ بروفايد منجنيز : مركب مخلبى يحوى منجنيز فى صورة Mn EDTA بنسبة ١٤٪ . ينصح باستخدامه بمعدل ١,٥ كجم سنويًا/فدان ، كما يستخدم رشًا بتركيز لا يزيد عن ٠,٠٥٪ .

٣ - بروفايد زنك : مركب مخلبى يحوى زنك فى صورة Zn EDTA بنسبة ١٤٪ . ينصح باستعماله بمعدل $\frac{١}{٢}$ كجم/فدان قبل الزراعة ، كما يستخدم رشًا بتركيز لا يزيد عن ٠,٠٥٪ ، وحيث لا تزيد الكمية الكلية المستعملة عن ١٥٠ جم للفدان .

٤ - إزيبلكس : مركب مخلبى يحوى :

٣,٦٪ حديد فى صورة Fe EDDHA

١,٨٪ منجنيز فى صورة Mn DTPA

٠,٧٪ زنك فى صورة Zn EDTA

٠,٢٪ نحاس فى صورة Cu EDTA

٠,٣٪ كوبالت فى صورة Co EDTA

٠,٨٪ بورون فى صورة معدنية

٠,٦٪ موليبدنم فى صورة معدنية

ويستخدم الإزيبلكس فى الأراضى القلوية ، والجيرية ، والدبالية ، والحديثة الاستصلاح . ويوصى باستعماله بمعدل ٠,١٪ بالوزن عند خلطه بالأسمدة التجارية ، أو بمعدل ٠,٠٥٪ عند خلطه بالأسمدة المركزة ، أو رشًا على الأرض قبل الزراعة بمعدل ٢,٥ كجم/فدان فى الكمية المناسبة من الماء ، وتكرر المعاملة سنويًا لمدة أربع سنوات . ويمكن إضافته رشًا عند ظهور أعراض النقص بتركيز ٠,١٪ محلول مائى .

٥ - فيريلكس : مركب مخلبى يحوى حديدًا فى صورة Fe EDDHA بنسبة ٦٪ . ويوصى به فى الأراضى القلوية بمعدل ٢ كجم/ فدان ، ثم تكرر سنويًا بمعدل $\frac{١}{٤}$ - $\frac{١}{٢}$ كجم/فدان .

وينصح عند استعمال الأسمدة المخلبية بطريق الرش إضافة أى مادة ناشرة غير أيونية لمحلول الرش . كما يمكن زيادة كفاية امتصاص المركبات المخلبية من النرفاليدات بإضافة اليوريا (٤٦٪ نيتروجين) بمعدل ٢ جم/ لتر فى محلول الرش مع المركبات المخلبية . وينصح بالرش فى الصباح أو فى المساء ، وألا يزيد عن الحد الذى يتساقط معه محلول الرش من على الأوراق . (نشرة شركة سنتك ١٩٧٩) .

سماد الأزموكوت

يحوى سماد الأزموكوت Osmocote البطىء الذوبان والتيسر على عناصر : النيتروجين ، والفوسفور ، والبوتاسيوم ، والمغنسيوم ، كما توجد منه تحضيرات تحتوى أيضًا على عناصر : الحديد ، والموليبدنم ، والبورون ، والمنجنيز ، والزنك ، والنحاس .

وتمتد فترة تحرير المواد الغذائية من حبيبة السماد من ٢ - ١٨ شهرًا . ولا يغسل السماد من التربة بالرى الغزير ، كما لا يتأثر السماد بنوع التربة ، أو درجة حموضتها ، أو ظروفها الحيوية . وتتأثر فترة فاعلية الأنواع المختلفة من الأزموكوت بدرجة الحرارة فقط ، إذ إن درجة الحرارة المرتفعة تسبب تحرر السماد بسرعة . ودرجة الحرارة المنخفضة تجعل التحرر يتم ببطء ، كما هو مبين فى جدول (٧ - ٨) . وتنتج أسمدة الأزموكوت بواسطة شركة

Sierra Chemical Co., Milpitas, California

جدول (٧ - ٨) : تأثير درجة الحرارة على مدة فاعلية الأنواع المختلفة من أسمدة الأزموكوت .

سماد الأزموكوت	مدة الفاعلية بالشهر فى درجة حرارة تربة (°م)		
	١٦	٢١	٣٢
١٤ + ١٤ + ١٤	٤ - ٥	٣ - ٤	١ - ٢
١٦ + ١٨ + ٥ + حديد	١٠ - ١١	٨ - ٩	٥ - ٦
١٦ + ١٧ + ٥ + حديد	١٥ - ١٦	١٢ - ١٤	٧ - ٨
١٦ + ١٦ + ٥ + حديد	٢٠ - ٢١	١٦ - ١٨	١٠ - ١٢
٣٢ + ١ + ٢ + حديد	١٥ - ١٦	١٢ - ١٤	٧ - ٨
(أزموكوت زائد) :			
١٥ + ١١ + ١٣ + ٢ مغ أ + عناصر دقيقة	٤ - ٥	٣ - ٤	١ - ٢

وتحتوى اسمدة الازموكوت على العناصر السمادية مغلفة داخل كبسولات بلاستيكية قطرها نحو ٣ مم ، أو أقل . وتخلط هذه الأسمدة مع بيئة نمو الجذور . وعند الرى يمر بخار الماء بين حبيبات التربة إلى داخل الكبسولات من خلال ثقوب صغيرة بها . وبالداخل يتكثف بخار الماء على السماد ، فيقل ضغط بخار الماء ، الأمر الذى يتبعه دخول بخار ماء جديد إلى الكبسولة ، وهكذا إلى أن يتكثف داخل الكبسولة قدر من الماء يكفى لإذابة السماد . ومع ازدياد دخول الماء يتولد ضغط داخلى يؤدى إلى تمدد جدار الكبسولة واتساع الثقوب ؛ فيخرج السماد منها ببطء للخارج .

اليوريا المغطاه بالكبريت

اليوريا المغطاه بالكبريت Sulfur-Coated Urea (SCU) عبارة عن سماد يوريا مغطى بغطاء كبريتى . وغالبًا ما يضاف للسماد بعض المواد المانعة لنشاط الكائنات الدقيقة microbiocides ، مثل الـ pentachlorophenol لتقليل سرعة التحلل البيولوجى للغطاء الكبريتى . وتحتوى هذه الأسمدة غالبًا على حوالى ٣٦٪ نيتروجين ، و ١٧٪ كبريت ، و ٣٪ شمع ، و ٠,٢٪ microbiocide ، و ١,٨٪ conditioner . وعند إضافة هذه الأسمدة ، فإن نسبة كبيرة من النيتروجين تتيسر خلال الأسبوع الأول ، ويرجع ذلك إلى عدم اكتمال الغطاء الكبريتى حول بعض الحبيبات . وتذكر هذه النسبة عادة فى اسم التحضير التجارى . فمثلًا SCU-10 يعنى أن ١٠٪ من النيتروجين يتيسر خلال الأسبوع الأول ، و SCU-26 يعنى أن ٢٦٪ من النيتروجين يتيسر خلال الأسبوع الأول ... وهكذا . وتتيسر خلال الأسبوعين التاليين نسبة أقل من النيتروجين نتيجة اكتمال تكون الغطاء الكبريتى غير النفذ للماء . ويطلق على هذه الفترة اسم lag period .

يبدأ بعد ذلك ظهور تأثير التحلل البيولوجى للغطاء الكبريتى ، حيث تصل الرطوبة لليوريا ، ويخرج محلول اليوريا من الثقوب الدقيقة التى تحدث بالغطاء . وتتوقف سرعة تحلل الغطاء الكبريتى إلى حد كبير على رطوبة وحرارة التربة ، فتزداد مع ارتفاع الرطوبة ومع ارتفاع درجة الحرارة

(الـ Q 10 لذلك = خمسة) ويبلغ مقدار تيسر النيتروجين خلال تلك الفترة حوالى ١٪ يوميًا .

ومن أوائل الأسمدة التى أنتجت من هذه النوعية السماد Gold-N ، وتركيبه : ٣٢٪ ن ، و ٣٠٪ كب ، و ٢٪ ضمع .

الأسمدة فى صورة فرتز

الفرتز frits عبارة عن رقائق صغيرة زجاجية المظهر ، تتراوح فى درجة ذوبانها بين القلة والكثرة ، ويستخدم البطىء الذوبان منها ، حيث يذاب ببطء إلى أن يصبح فى صورة سائلة ، ثم يخلط معه السماد المطلوب ، ثم تعاد للحالة الصلبة بتعريض المخلوط للتفريغ فى حمام مائى بارد ؛ فتتصلب الرقائق frits وتتكسر فى الحال ، حيث تجمع وتطحن إلى أن تصبح دقيقية (٢٠٠ mesh أو أصغر – أى تمر من منخل لا يقل عدد ثقوبه عن ٢٠٠ ثقب فى البوصة المربعة) . وعند إضافتها للتربة ، فإنها تذوب ببطء ، وتيسر السماد الموجود بها ، ويمكن الاعتماد عليها مدة ١٠ شهور فى مد النبات بالسماد (Nelson ١٩٨٥) .

اليوريا فورمالدهيد (Urea formaldehyde)

تتوفر اليوريا فورمالدهيد تحت أسماء تجارية مختلفة ، منها : اليورميت Urmite ، واليوريا فورم Ureaform ، وبها ٣٨٪ N يتيسر نحو ثلثيه فى السنة الأولى ، والباقى ببطء فى السنوات التالية . ويوجد معظم المركب فى صورة سلاسل كيمائية طويلة لا يمكن للنبات امتصاصها ، ولكن الكائنات الدقيقة التى توجد بالتربة تعمل على تحليل هذه السلاسل ، فتفصل اليوريا التى يمكن للنبات أن يمتصها بسهولة . ويستخدم هذا السماد بصفة خاصة فى المسطحات الخضراء . وتحضر اليوريا فورم Urea form بتفاعل اليوريا مع الفورمالدهيد (Maynard & Lorenz ١٩٧٩) .

الأيزوبوتيلدين دايوريا (Isobutylidene Diurea)

ينشأ هذا المركب من التفاعل بين اليوريا والأيزوبوتيلداهيد Isobutylaldehyde . وهو بطىء الذوبان للغاية ، وتبعًا للتركيب الكيميائى ، فإنه يحتوى على ٣٢,٢٪ نيتروجين ، ولكن التحضير التجارى يحوى ٣٠٪ فقط بسبب وجود الشوائب . ويزداد ذوبان السماد مع ارتفاع درجة الحرارة ، كما يتوقف أيضًا على حجم وصلابة حبيبات السماد (جدول ٧ – ٩) .

جدول (٧ – ٩) : تأثير قطر الحبيبات على سرعة تيسر اليوريا فى سماد الأيزوبوتيلدين دايوريا .

اليوريا الميسرة (٪)	خلال فترة (أسبوع) :	عندما يكون قطر الحبيبات (مم) :
٧٥	١٠	٠,٦ - ٠,٧
٥٨	٢١	١,٠ - ١,٢
٥٠	٣٢	١,٧ - ٢,٠

أسمدة مغطاة بالمطاط (Rubber-based coated Fertilizers)

تغطى الأسمدة فى هذه التحضيرات بغلاف من المطاط . وتتوقف سرعة تيسر السماد على سمك الغطاء المطاطى .

وللمزيد من التفاصيل الخاصة بالأسمدة البطيئة الذوبان والتيسر يمكن مراجعة Maynard & Lorenz (١٩٧٩) .

٧ - ٤ : المحاليل البادئة والأسمدة الورقية

المحاليل البادئة والأسمدة الورقية كلتاهما أسمدة مذابة فى الماء ، وتستخدما بتركيزات مخففة إما عن طريق التربة ، أو رشًا على النباتات .

٧ - ٤ - ١ : المحاليل البادئة

المحاليل البادئة Starter Solutions عبارة عن محاليل سمادية تضاف للتربة فى مكان شتل البادرات أثناء عملية الشتل بمعدل $\frac{1}{8}$ لتر للنبات . . ويحتاج الفدان حوالى ٨٠٠ - ١٢٠٠ لتر منها حسب كثافة الزراعة . ويمكن تحضير المحاليل البادئة من الأسمدة البسيطة ، أو من الأسمدة المركبة . وتحضر المحاليل البادئة بإذابة نحو ٢,٥ كجم من سماد تحليله ٥ - ١٠ - ٥ ، أو ٥ - ١٠ - ١٠ فى نحو ٢٠٠ لتر ماء . والمحاليل البادئة المثالية هى التى تحضر من مركبات غنية بالفوسفور ؛ وتحوى نيتروجين فى صورة فوسفات أحادى أو ثنائى الأمونيوم . ويفضل استعمال الأسمدة المركبة ذات التحليل المرتفع فى تحضير المحاليل البادئة ، حتى لا تتخلف بعد إذابتها بقايا كثيرة غير ذائبة ، لكن تجب مراعاة أن يكون المحلول نفسه مخففًا ، لأن التركيزات العالية قد تضر جذور النباتات .

وفى حالة عدم توفر الأسمدة المركبة ، فإنه يمكن تحضير المحاليل البادئة من الأسمدة البسيطة ، وتستخدم لذلك سلفات النشادر بمعدل ١ كجم/ ٢٠٠ لتر ماء ، أو نترات النشادر بمعدل ٧٠٠ جم/ ٢٠٠ لتر ماء ، أو يوريا بمعدل ٥٠٠ جم/٢٠٠ لتر ماء . ويضاف لأى منها ١ كجم من كل من سلفات البوتاسيوم ، وفوسفات الأمونيوم الأحادية .

وأفضل المحاليل البادئة هى تلك الغنية بالفوسفور الميسر ، والتى يكون النيتروجين والبوتاسيوم فيها فى صورة أملاح فوسفات ، مثل : فوسفات أحادى وثنائى الأمونيوم ، وفوسفات البوتاسيوم ثنائى الأيدروجين potassium dihydrogen phosphate .

الأساس الفسيولوجى للاستجابة للمحاليل البادئة

تمتص معظم النباتات الحولية - أو تلك التى تزرع كحولية - معظم احتياجاتها المغذية فى طور مبكر جدًا من النمو . ويتطبق ذلك بصورة خاصة على الفوسفور . فامتصاص الفوسفور يكون بمعدل أعلى من معدل نمو النباتات فى بداية مراحل النمو . وكمتوسط عام .. فإن النبات يكون قد امتص

عادة نحو ٥٠٪ من احتياجاته الكلية من الفوسفور عندما يكون قد أكمل نحو ٢٠٪ من نموه الكلى المتوقع . وتصاحب تلك السرعة فى امتصاص الفوسفور سرعة مماثلة فى امتصاص النيتروجين . وعند توفر النيتروجين ، خاصة فى الصورة الأمونيومية ، وبالذات عندما يكون مخلوطًا مع الفوسفور ، فإنه يعمل على زيادة تيسر الفوسفور فى التربة ، كما يزيد من كفاءة الجذور فى امتصاص الفوسفور ، خاصة عندما يكون مستوى الفوسفور منخفضًا أصلًا فى التربة .

ونظرًا لأن الفوسفور يعمل على زيادة نمو الجذور عن نمو السيقان والأوراق ، لذا فإنه يعمل على سرعة تثبيت الشتلات فى التربة . كما يحدث نفس التأثير عند توفر الفوسفور الميسر قريبًا من جذور البادرات بعد إنبات البذور . ويؤدى ذلك إلى سرعة النمو والإزهار والإثمار وزيادة المحصول . كما تصاحبه أيضًا زيادة فى امتصاص كافة العناصر الغذائية . ويزداد وضوح تأثير المخاليل البادئة فى درجات الحرارة المنخفضة التى تقلل من نمو الجذور ، ومن سرعة امتصاص الفوسفور . ويفسر ذلك أهمية المخاليل البادئة الغنية بالفوسفور فى فصل الشتاء وبداية الربيع (Wittwer ١٩٦٩) .

٧ – ٤ – ٢ : الأسمدة الورقية

توجد المخاليط من التحضيرات التجارية التى تستخدم كأسمدة ورقية Foliar Fertilizers رشًا على النباتات .

وتستخدم معظم الأسمدة الورقية بتركيز ٠,١٥٪ للبادرات الصغيرة ، ويزداد التركيز إلى ٠,٢٪ للنباتات المتقدمة فى النمو ، وإلى ٠,٣٪ عند ظهور أعراض نقص العناصر . وينصح بالرش قبل الشتل بأسبوع ، أو بعد الزراعة بـ ٣ – ٤ أسابيع ، ثم كل ٣ أسابيع بعد ذلك .

ويبين جدول (٧ – ١٠) النسبة المئوية للعناصر الغذائية فى عدد من الأسمدة الورقية الشائعة الاستعمال فى مصر . وتحتوى بعض الأسمدة الورقية على عناصر أخرى غير تلك الموضحة فى الجدول ، مثل عناصر الكلور والصوديوم ، كما تحتوى بعضها على بعض منظمات النمو ، كما فى السايفولان .

هذا .. ويمكن خلط معظم هذه الأسمدة مع مخاليل المبيدات الحشرية . وفى حالة الأسمدة السائلة ، مثل فولياترين (٠١) ، يلزم رج محتويات العبوة جيدًا قبل الاستعمال .

٧ – ٥ : خصائص الأسمدة الكيميائية

يتم التفضيل بين الأسمدة على أساس خصائصها : من حيث محتواها من العناصر الغذائية ، وسرعة تيسرها للنبات ، ودرجة ذوبان الأسمدة فى الماء ، وتأثيرها على ملوحة وحموضة التربة .

٧ – ٥ – ١ : ذوبان الأسمدة فى الماء

تتوقف فاعلية السماد على درجة ذوبانه فى الماء . وتزداد أهمية خاصية الذوبان هذه عند التسميد

جدول (٧ - ١٠) : النسبة المئوية للعناصر الغذائية في بعض الأسمدة الورقية الشائعة بمصر

العنصر	إيراك فوردي	إيراك أمريوس	جول فرتيل	بايفولان	أرثوكال	سولوكال	الزيبكس	نيوترين	فوليالترين ١
أزوت	٢٠	١٥	٢٢	١١	١٣	–	–	٢١	١١
فوسفور	٨	–	٢١	٨	–	–	–	٥	٦,٥
بوتاسيوم	١٦	٤	١٢	٦	٤٢	–	–	١٨	٢,٥
مغنسيوم	١	٣	٠,٠٢٩٠	–	٠,٢٢	٨,٣	–	٠,١١٥	–
منجنيز	١	٨	٠,٠٣٩٥	٠,١١٦	٠,١٣	٥	١,١٣ على	٠,١٤	٠,٢٠
زنك	١.	٤	٠,٠٠٦٨	٠,٠٠٦	٠,٠٠٩	٢	٠,١١ على	٠,٢٦٦	٠,١١
نحاس	١.	١.	٠,٠٠٧١	٠,٠٠٨	–	٢	٠,١١٣ على	٠,٣٠٥	٠,١١
حديد	٠,٠٣ على	٤. على	٠,٠٣٧ على	٠,٠١٨٥ على	٠,٠٢	١	٣,٠٢٧ على	٠,١١١	٠,٢٣
كبريت	١	–	٠,١٦٢	–	–	٣٠	–	–	–
بورون	٠٥.	١	٠,٠٠٣٣	٠,١١٦٣	٠,٠٣	٢	٠,١٩٥	٠,١٠٢	٠,١١
مولبدنم	–	–	٠,٠٠٥	٠,٠٠٠٩٥	٠,٠٠٩	٠,٠١٨	٠,٠٥٩	٠,٠٠٤	٠,٠٠١
كوبلت	–	–	٠,٠٠٢	٠,٠٠٠٤	٠,٠٠٩	٠,٠١٢	٠,٠٢٩ على	–	٠,٠٠٠٤
كروم	–	–	–	–	٠,٠٠٩	–	–	–	–
نيكل	–	–	–	–	–	–	–	–	٠,٠٠٠٩

مع ماء الري ، أو عند تحضير المخاليل البادئة ، حيث قد يتطلب الأمر تسخين الماء أولًا للمساعدة على إذابة الأسمدة البطيئة الذوبان . وتختلف الأسمدة البسيطة كثيرًا في مقدرتها على الذوبان في الماء ، كما يتضح من جدول (٧ - ١١) كالتالي .

١ - لا يذوب أكسيد النحاس في الماء .

٢- يتحلل كل من سيناميد الكالسيوم ، وموليبدات الأمونيوم في الماء .

٣ - أقل الأسمدة قابلية للذوبان في الماء هي : البوراكس (١٪) ، والسوبرفوسفات العادي (٢٪) ، والمزدوج (٤٪) .

٤ - أكثر الأسمدة قابلية للذوبان في الماء هي : نترات الأمونيوم (١١٨٪) ، وكبريتات المنجنيز (١٠٥٪) ، ونترات الكالسيوم (١٠٢٪) .

٥ - تعتبر باقي الأسمدة عالية نسبيًا في قابليتها للذوبان في الماء ، وتتراوح من ١٣٪ في نترات البوتاسيوم إلى ٧٨٪ في اليوريا .

٧ - ٥ - ٢ : تأثير الأسمدة على ملوحة التربة

يؤدي استخدام الأسمدة إلى زيادة تركيز الأملاح في المحلول الأرضي . ويعبر عن هذه الزيادة بدليل الملوحة Salt Index . ويقدر دليل الملوحة بإضافة السماد إلى التربة ، وقياس الزيادة التي تحدث في الضغط الإسموزي للمحلول الأرضي ، بالمقارنة بتلك التي تحدث عند إضافة وزن مماثل من نترات الصوديوم . وعلى ذلك .. فدليل الملوحة لسماد ما هو النسبة المئوية للزيادة في الضغط الإسموزي الناتج من استعمال هذا السماد ، بالمقارنة بتلك التي تحدث عند إضافة وزن مماثل من نترات الصوديوم .

جدول (٧ - ١١) : درجة ذوبان الأسمدة البسيطة فى الماء .

السماد	عدد أجزاء السماد التى يمكن إذابتها فى ١٠٠ جزء ماء
نترات الأمونيوم	١١٨
سلفات الأمونيوم	٧١
سيناميد الكالسيوم	يتحلل
نترات الكالسيوم	١٠٢
فوسفات الأمونيوم الأحادية	٢٣
فوسفات الأمونيوم الثنائية	٤٣
نترات الصوديوم	٧٣
نترات البوتاسيوم	١٣
السوبر فوسفات العادى	٢
السوبر فوسفات المركز (الثلاثى)	٤
اليوريا	٧٨
موليبدات الأمونيوم	يتحلل
البوراكس	١
كلوريد الكالسيوم	٦٠
أكسيد النحاس	صفر (غير قابل للذوبان)
كبريتات النحاس	٢٢
كبريتات الحديد	٢٩
كبريتات المغنسيوم	٧١
كبريتات المنجنيز	١٠٥
كلوريد الصوديوم	٣٦
موليبدات الصوديوم	٥٦
كبريتات الزنك	٧٥

وتختلف الأسمدة كثيرًا فى خاصية دليل الملوحة ، بما فى ذلك الأسمدة المركبة متماثلة التحليل . وعمومًا .. فكلما ازداد تحليل السماد ، انخفض دليل الملوحة لكل وحدة من السماد ، كذلك فإن أملاح النيتروجين والبوتاسيوم ذات دليل ملوحة أعلى مما لأملاح الفوسفور .

هذا .. ويجب أن يؤخذ دليل الملوحة فى الاعتبار عند إضافة الأسمدة قريبًا من البذور ، وعندما تكون الملوحة مرتفعة أصلًا فى التربة أو فى ماء الرى (Tisdale & Nelson ١٩٧٥) .

وعند مقارنة الأسمدة ببعضها البعض يجب أن يكون أساس المفاضلة بينها هو دليل الملوحة لكل وحدة سمادية .. فبعض الأسمدة ، كنترات الأمونيوم ، وكلوريد البوتاسيوم ، ذات دليل ملوحة أعلى من نترات الصوديوم ، ولكن كليهما أقل من نترات الصوديوم فى دليل الملوحة لكل وحدة من السماد . ويعتبر سماد نترات الصوديوم أعلى الأسمدة فى دليل الملوحة الجزئى (أى لكل وحدة من السماد) ، ولذلك فإنه يتخذ أساسًا للمقارنة . ويوضح جدول (٧ - ١٢) دليل الملوحة لأهم الأسمدة الشائعة الاستعمال .

٧ – ٥ – ٣ : تأثير الأسمدة على pH التربة

تؤدى إضافة بعض الأسمدة للتربة إلى حدوث تغير طفيف ق pH التربة بالزيادة أو بالنقصان . ويحدث ذلك بسبب امتصاص النباتات لأحد أيونات الملح السمادى بأكثر مما تمتص الأيون الآخر . ففى حالة الأسمدة ذات التأثير الحامضى يمتص النبات الكاتيون بدرجة أكبر مما يمتص الأنيون ويحدث العكس ق حالة الأسمدة ذات التأثير القلوى ، حيث يمتص النبات الأنيون بدرجة أكبر مما يمتص الكاتيون . ويؤدى استمرار استعمال أى من نوعى الأسمدة إلى تغير الحامضية أو القلوية . ويعبر عن مدى التأثير الحامضي أو القلوى للسماد بكمية كربونات الكالسيوم (الحجر الجيرى) اللازمة لمعادلة التأثير الحامضى ، أو لإحداث نفس التأثير القلوى لكمية مماثلة من السماد .

وتقسم الأسمدة من حيث تأثيرها على pH التربة إلى ثلاثة أقسام كالتالى :

١ – أسمدة ليس لها تأثير على pH التربة ، أى أنها متعادلة ، ومنها : نترات الأمونيوم – كبريتات الكالسيوم (الجبس) – ميورات البوتاسيوم – كبريتات البوتاسيوم – السوبر فوسفات العادى والمزدوج .

٢ – أسمدة ذات تأثير قلوى : ويوضح جدول (٧ – ١٣) أنواع هذه الأسمدة ، وكمية كربونات الكالسيوم التى تحدث تأثيرًا مماثلاً لـ ١٠٠ كجم من السماد .

جدول (٧ – ١٢) : دليل الملوحة salt index لأهم الأسمدة الشائعة الاستعمال

السماد	دليل الملوحة	دليل الملوحة الجزئى لكل وحدة (٢٠ رطل أو ١٠ كجم) من العنصر السمادى
نترات الأمونيوم	١٠٤,٧	٢,٩٩٠
فوسفات الأمونيوم	٢٦,٩	٢,٤٤٢
كبريتات الأمونيوم	٦٩	٣,٢٥٣
كربونات الكالسيوم (الحجر الجيرى)	٤,٧	٠,٠٨٣
سيانميد الكالسيوم	٣١	١,٤٧٦
نترات الكالسيوم	٥٢,٥	٤,٤٠٩
كبريتات الكالسيوم (الجبس)	٨,١	٠,٢٤٧
كربونات الكالسيوم والمغنسيوم (الحجر الجيرى الدولومتى)	٠,٨	٠,٠٤٢
نترات الصوديوم	١٠٠	٦,٠٦٠
كلوريد البوتاسيوم	١١٦,٣	١,٩٣٦
نترات البوتاسيوم	٧٣,٦	٥,٣٣٦
كبريتات البوتاسيوم	٤٦,١	٠,٨٥٣
كلوريد الصوديوم	١٥٣,٨	٢,٨٩٩
السوبر فوسفات العادى	٧,٨	٠,٤٨٧
السوبر فوسفات المركز (الثلاثى)	١٠,١	٠,٢١٠
اليوريا	٧٥,٤	١,٦١٨

جدول (٧ – ١٣) : الأسمدة ذات التأثير القلوى .

السماد	نسبة النيتروجين بالسماد	كمية كربونات الكالسيوم التى تكفى لإحداث تغير فى الـ pH مماثل لما يحدثه ١٠٠ كجم من السماد
سيناميد الكالسيوم	٢٢	٦٣
نترات الكالسيوم	١٥,٥	٢٠
نترات البوتاسيوم	١٣	٢٣
نترات الصوديوم	١٦	٢٩

جدول (٧ – ١٤) : الأسمدة ذات التأثير الحامضى .

السماد	نسبة النيتروجين بالسماد	كمية كربونات الكالسيوم (كجم) اللازمة لمعادلة التأثير الحامضى الذى يحدثه ١٠٠ كجم من السماد
نترات الأمونيوم	٣٣,٥	٦٠
فوسفات الأمونيوم	١١	٥٩
كبريتات الأمونيوم	٢٠,٥	١١٠
اليوريا	٤٦,٦	٨٤

٣ – أسمدة ذات تأثير حامضى : وهى الأسمدة المفضلة فى الأراضى القلوية . ويوضح جدول (٧ – ١٤)) أنواع هذه الأسمدة ، وكمية كربونات الكالسيوم اللازمة لمعادلة التأثير الحامضى الذى يحدثه ١٠٠ كجم من السماد .

هذا .. ويجب ألا تكون المفاضلة بين الأسمدة قائمة على أساس التأثير المطلق للأسمدة على حموضة التربة ، وإنما على أساس التأثير الحامضى أو القلوى لكل وحدة سمادية (١٪ من الطن ، أو ١٠ كجم) (جدولا ٧ – ١٥ ، ٧ – ١٦) .

هذا .. ويوضح جدولا (٧ – ١٧ ، ٧ – ١٨) الخصائص العامة لأهم الأسمدة المستخدمة كمصادر للعناصر الكبرى والصغرى على التوالى (عن Hanan وآخرين ١٩٧٨) .

جدول (٧ – ١٥) : مقارنة الأسمدة ذات التأثير القلوى على أساس الوحدة السمادية

السماد	كمية كربونات الكالسيوم اللازمة لإحداث تأثير قلوى مماثل للتأثير الذى يحدثه ١٠ كجم من النيتروجين
سيناميد الكالسيوم	٥٣,٥
نترات الكالسيوم	١٣,٥
نترات البوتاسيوم	١٨
نترات الصوديوم	١٨

جدول (٧ - ١٦) : مقارنة الأسمدة ذات التأثير الحامضى على أساس الوحدة السمادية

السماد	كمية كربونات الكالسيوم (كجم) اللازمة لمعادلة التأثير الحامضى الذى يحدثه ١٠ كجم من النيتروجين
نترات الأمونيوم	١٨
فوسفات الأمونيوم	٥٣,٥
كبريتات الأمونيوم	٥٣,٥
اليوريا	١٨

جدول (٧ - ١٧) : الخصائص العامة لبعض الأسمدة التى تعتبر مصادر للعناصر الكبرى .

السماد	التحليل (٪) (ن - فو٢أ٥ - بو٢أ)	العناصر الأخرى القابلية للذوبان فى الماء جم/ ١٠٠ مل رقم الـ pH (٪)	التأثير على
كلوريد الأمونيوم	٢٥ - صفر - صفر	—	٣٩,٧ حامضى
نترات الأمونيوم	٣٣,٥ - صفر - صفر	—	١١٨,٣ حامضى
فوسفات أحادى الأمونيوم	١١ - ٤٨ - صفر	—	٢٢,٧ حامضى
فوسفات ثانى الأمونيوم	٢١ - ٥٣ - صفر	١,٤٪ كالسيوم	٤٢,٩ حامضى
كبريتات الأمونيوم	٢٠ - صفر - صفر	—	٧٠,٦ حامضى جدا
نترات الكالسيوم	١٥ - صفر - صفر	٢٤٪ كبريت	١٠٢,٠ قاعدى
نترات الصوديوم	١٦ - صفر - صفر	١٧٪ كالسيوم	٧٣,٠ قاعدى
اليوريا	٤٥ - صفر - صفر	٢٧٪ صوديوم	٧٨,٠ حامضى
السوبر فوسفات الأحادى	صفر - ٢٠ - صفر	—	١,٨ متعادل
السوبر فوسفات المزدوج	صفر - ٤٢ - صفر	١٨٪ كالسيوم	١,٨ متعادل
كلوريد البوتاسيوم	صفر - صفر - ٦٢	١٢٪ كالسيوم	٣٤,٧ متعادل
نترات البوتاسيوم	١٣ - صفر - ٤٤	—	١٣,٣ قاعدى
كبريتات البوتاسيوم	صفر - صفر - ٥٣	—	٦,٩ متعادل
كبريتات المغنسيوم	صفر - صفر - صفر	١٨٪ كبريت ١٠٪ مغنسيوم ١٣٪ كبريت	٧١,٠ متعادل

٧ - ٦ : طرق التسميد

٧ - ٦ - ١ : طرق إضافة الأسمدة الجافة

تضاف الأسمدة الجافة للتربة بعدة طرق كما يلى :

١ - نثر الأسمدة على سطح التربة قبل الحرث .

٢ - نثر الأسمدة على سطح التربة بعد الحرث ، ثم خلطها بالتربة بالتسوية والترحيف .

٣ - نثر الأسمدة على سطح التربة بعد الإنبات فى حالة الزراعة فى أحواض .

٤ - إضافة الأسمدة (سرًا) فى بطن خط الزراعة .

جدول (٧ – ١٨) : خصائص بعض الأسمدة التى تعتبر مصادر للعناصر الدقيقة

السماد	التحليل	التركيب الكيميائى	ملاحظات
البورون			
البوراكس	١١ ٪ بورون	$Na_2 B_4 O_7 . 10 H_2 O$	يذوب فى الماء فى درجة الغليان
حمض البوريك	١٧ ٪ بورون	$H_3 BO_3$	يذوب فى الماء فى درجة الغليان
فرتز Boron frits	٢ ـ ٦ ٪ بورون	——	تحضيرات تجارية ـ بطىء التيسر
النحاس			
كبريتات النحاس	٣٥ ٪ نحاس	$Cu SO_4 . H_2 O$	
النحاس المخلبى	١٣ ٪ نحاس	$Na_2 Cu EDTA$	بطىء التيسر
الحديد			
كبريتات الحديدوز	١٩ ٪ حديد	$Fe SO_4 . 7 H_2 O$	
كبريتات الحديديك	٢٣ ٪ حديد	$Fe_2 (SO_4)_3 . 4 H_2 O$	
فرتز Iron Frits	يختلف	——	تحضيرات تجارية
الحديد المخلبى	٥ ـ ١٤ ٪ حديد	Na Fe EDTA	يفضل استعماله كسماد ورقى
	٦ ٪ حديد	Na Fe HEDTA	
	١٠ ٪ حديد	Na Fe EDDHA	يفضل استعماله فى الأراضى القلوية
المنجنيز			
كبريتات المنجنيز	٢٦ ـ ٢٨ ٪ منجنيز	$Mn SO_4 . 3 H_2 O$	
منجنيز مخلبى	١٢ ٪ منجنيز	Mn EDTA	
فرتز Mn Frits	١٠ ـ ٢٥ ٪ منجنيز	——	تحضيرات تجارية
الموليبدنم			
موليبدات الصوديوم	٣٩ ٪ موليبدنم	$Na Mo O_4 . 2 H_2 O$	
موليبدات الأمونيوم	٥٤ ٪ موليبدنم	$(NH_4)_6 Mo_7 O_{24} . 4 H_2 O$	
فرتز Mo Frits	٢ ـ ٣ ٪ موليبدنم	——	تحضيرات تجارية
الزنك			
كبريتات الزنك	٣٥ ٪ زنك	$Zn SO_4 . H_2 O$	
فرتز Zn Frits	يختلف	——	تحضيرات تجارية
زنك مخلبى	١٤ ٪ زنك	$Na_2 Zn EDTA$	
	٩ ٪ زنك	Na Zn HEDTA	

٥ – إضافة الأسمدة « تكبيشًا » إلى جانب النباتات فى خط الزراعة .

٦ – إضافة الأسمدة سرًا فى خنادق إلى جانب خط الزراعة بنحو ٥ – ٨ سم ، وأسفل مستوى البذور بنحو ٥ – ٨ سم ، ويجرى ذلك باستخدام الآلات .

ومن الأهمية بمكان عدم إضافة السماد الجاف مختلطًا بالبذور ، أو قريبًا جدًا منها ، لأن ذلك يؤدى إلى ضعف الإنبات ، وضعف نمو البادرات ، ونقص المحصول . والعادة هى إضافة السماد الجاف إما أسفل مستوى البذور بنحو ٥ – ٧,٥ سم ، وإما تحتها مباشرة ، أو إلى أحد الجانبين بنحو ٥ – ٧ سم .

٧ - ٦ - ٢ : التسميد بالرش

يختلف التسميد بالرش فقط عن التسميد مع ماء الري بالرش . ففي الحالة الأولى يكون الهدف هو إضافة السماد إلى الأسطح الورقية ، بينما يكون الهدف في الحالة الثانية هو إيصال السماد إلى التربة مع ماء الري بالرش .

ولا يفيد التسميد بالرش إلّا في حالة العناصر الدقيقة فقط ، حيث يمكن للأوراق أن تحصل على حاجة النبات من العناصر الدقيقة بهذه الطريقة . هذا .. ولا يمكن للأوراق امتصاص كل حاجة النبات من العناصر الضرورية الأخرى ، خاصة النيتروجين ، والفوسفور ، والبوتاسيوم لاحتياج النبات إلى كميات كبيرة من هذه العناصر ، بالإضافة إلى استحالة تركيز المحلول السمادي في محلول الرش عن حد معين ، وإلّا احترقت أوراق النبات . ويعني ذلك توزيع الكمية المطلوبة من السماد على عدد كبير من الرشات قد يصل إلى ١٥ - ٢٠ رشة ، مما يجعل الطريقة غير اقتصادية . وفي الحالات القليلة التي ذكرت فيها استفادة النباتات من الرش باليوريا يُرجح أن الاستفادة قد حدثت عن طريق الجذور بعد سقوط محلول اليوريا على التربة (Thompson & Kelly ١٩٥٧) .

وعليه .. فلا ينصح بالتسميد بهذه الطريقة إلّا بالنسبة للعناصر الدقيقة والعناصر المغذية الكبرى غير الأزوت والفوسفور والبوتاسيوم . أما بالنسبة لهذه العناصر الكبرى ، فلا تتبع معهم طريقة التسميد بالرش إلّا لسد نقص طارئ، في أي منها إلى أن يمكن أجراء التسميد بالطرق الأخرى . وفي هذه الحالة تعتبر اليوريا أفضل مصادر الأزوت ،وفوسفات ثنائي الأمونيوم أفضل مصادر الفوسفور ، وكبريتات البوتاسيوم أفضل مصادر البوتاسيوم .

ويلاحظ أن الفوسفور يمتص بسرعة عندما يكون متحدًا مع أيون الأمونيوم ، وموجودًا معه . ويساعد وجود اليوريا على زيادة الامتصاص . ويتأثر امتصاص الفوسفور بشدة بدرجة الحرارة ، حيث نجد أن الـ Q_{10} يزيد عن ٣ في الفوسفور ، بينما لا يزيد عن ٢ في العناصر الأخرى . (Wittwer ١٩٦٩) .

هذا .. ويزيد امتصاص العناصر عن طريق الأوراق مع ارتفاع درجة الحرارة ، وانخفاض pH محلول الرش عن ٧ وفي الأوراق الحديثة ومن السطح السفلي للأوراق ومن الأوراق غير المغطاه بطبقة سميكة .

وفي الأراضي التي يثبت فيها الفوسفور بدرجة كبيرة ، سواء أكانت هذه الأراضي حامضية (حيث يثبت الفوسفور في صورة فوسفات الحديد وفوسفات الألومنيوم) أم قلوية (حيث يثبت الفوسفور في صورة فوسفات ثلاثي الكالسيوم) ، فإن وزارة الزراعة (الإدارة العامة للتدريب ١٩٨٣) تنصح بإضافة سماد السوبرفوسفات رشًا على النباتات . ويحضر محلول الرش بتركيز ٤٪ ، حيث يلزم ٤ كجم من سماد السوبرفوسفات الأحادي لكل ١٠٠ لتر ماء . يترك السماد أولًا لمدة ١٢ ساعة في كمية من الماء ، ثم يُقلب بعد ذلك جيدًا ، ويرشح ، وينقل المترشح إلى موتور الرش ، ويكمل إلى الكمية المناسبة وهي ١٠٠ لتر . وينصح بأن يكون الرش في الصباح الباكر ، أو في آخر

النهر ، وأن يبدأ بعد شهر من إنبات البذور أو من الشتل ، ويكرر كل ١٠ – ١٥ يومًا بعد ذلك حتى الحصاد .

وبالنسبة للمحاليل المغذية المعدنية ، كالفول فرتيل ، والبايفولان وغيرهما يكون الرش بتركيز ٠,٢٪ فى بداية حياة النبات ، وتزداد إلى ٠,٣٪ بعد ذلك . أما بالنسبة للمحاليل المغذية العضوية (التى تحتوى على مواد مخلبية) ، فيكون الرش بتركيز ٠,٠٥٪ فى بداية حياة النبات ، وتزداد إلى ٠,١٪ بعد ذلك . وفى كلتا الحالتين يكون الرش كل ٢ – ٣ أسابيع .

٧ – ٦ – ٣ : التسميد مع ماء الرى

يتم فى هذه الطريقة إيصال السماد إلى النباتات مع ماء الرى ، سواء أكان الرى بطريقة الرى السطحى ، أم بالرش ، أم بالتنقيط .

وفى كل الطرق يتم عادة تحضير محلول مركز من السماد يتم إدخاله بطرق خاصة مع ماء الرى . وفى الحالات التى لا تتطلب كميات كبيرة من ماء الرى ، كما فى حالات الرى بالتنقيط أو رى المشاتل ، يمكن إذابة الكمية المطلوبة من السماد فى كمية الماء المزمع استخدامها فى الرى .

التسميد مع ماء الرى السطحى

تستخدم الأسمدة السائلة أو الأسمدة القابلة للذوبان فى الماء عند التسميد مع ماء الرى السطحى . ومن أكبر عيوب التسميد بهذه الطريقة عدم تجانس توزيع السماد على المساحة التى يُراد ريها ، حيث تصل كمية أكبر من السماد إلى التربة عند بداية قنوات الرى ، عنه عند نهايتها . وتجب معرفة المدة التى تستغرقها عملية الرى بدقة ، حتى يمكن توزيع السماد بصورة متجانسة خلال عملية الرى كلها . ومن مشاكل هذه الطريقة فى التسميد أيضًا اختلاف الأراضى كثيرًا فى نفاذيتها لماء الرى ، واختلاف نفس الأرض فى درجة نفاذيتها فى الأوقات المختلفة .

ويمكن تنقيط محاليل السماد فى ماء الرى مباشرة . وقد تستعمل أجهزة خاصة لإضافة الكميات اللازمة من الأسمدة الصلبة إلى ماء الرى ، حيث تذوب أثناء جريان الماء .

وتحسب كمية محلول السماد السائل التى تجب إضافتها إلى ماء الرى فى زمن محدد كالتالى :

$$\text{كمية محلول السماد باللتر/ساعة} = \frac{\text{عدد الأفدنة التى تروى/ساعة} \times \text{كمية السماد المراد استعمالها بالكجم/فدان}}{\text{كمية السماد فى محلول السماد بالكجم/ لتر}}$$

أو تحسب كمية السماد السائل أو الصلب التى تضاف إلى ماء الرى فى زمن محدد كالتالى :

$$\text{كمية السماد بالكجم أو باللتر/ساعة} = \frac{\text{عدد الأفدنة التى تروى} \times \text{كمية السماد الصلب بالكجم أو السائل باللتر/فدان}}{\text{المدة التى يستغرقها رى الحقل بالساعة}}$$

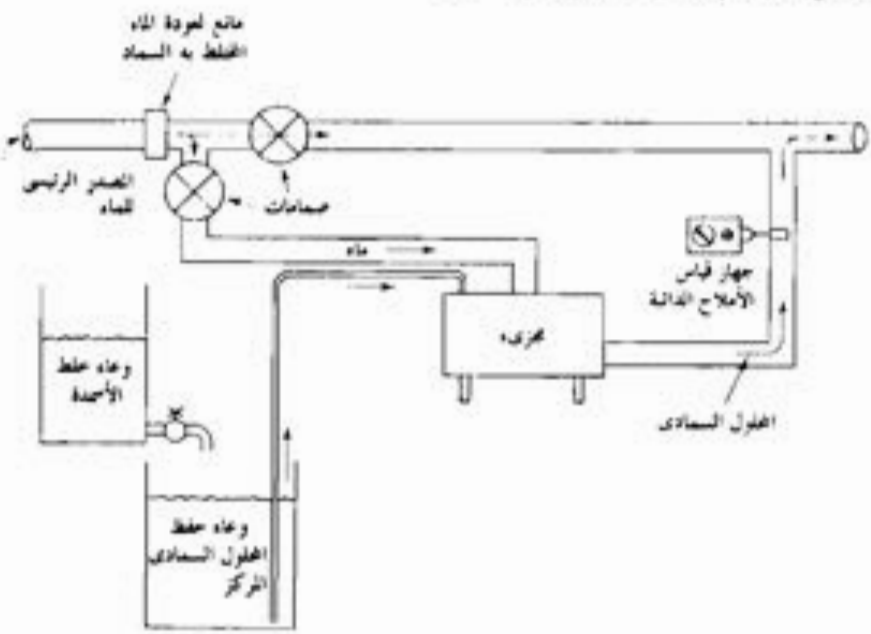
التسميد مع ماء الري بالتنقيط

يعتبر التسميد مع ماء الري بالتنقيط من أبسط وأنجح طرق التسميد ، لأن كمية الماء المستخدمة في الري تكون قليلة نسبيًا ، الأمر الذي يمكن معه إذابة السماد في كل كمية الماء المستخدمة في الري . كما أن السماد يكون ميسرًا بالقرب من جذور النباتات ، ولا يفقد منه شيء يذكر بالرشح . وتفيد هذه الطريقة في التسميد بصفة خاصة في الأراضي التي تناسبها طريقة الري بالتنقيط .

كيفية إدخال (حقن) الأسمدة في مياه الري

يتم إدخال الأسمدة مع مياه الري إما بحقن محلول سمادي مركز في ماء الري بنسب معينة ، أو بإذابة السماد اللازم كله في كمية من الماء تكفي لري المساحة المطلوبة ، وتستخدم في الري مباشرة .

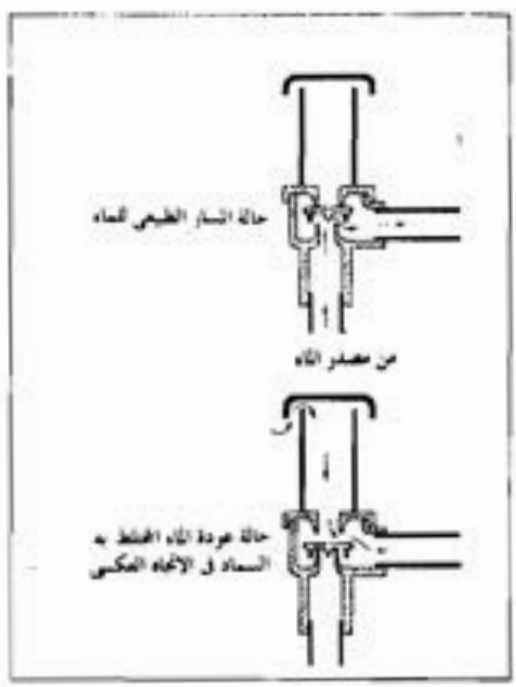
في حالة استعمال المحاليل المركزة من الأسمدة يتم أولًا خلط الأسمدة في خزانات خاصة ، ثم ينقل منها المحلول السمادي المركز الخالي من الشوائب والرواسب إلى خزان آخر يسمى خزان المحلول السمادي . يتصل هذا الخزان بجهاز خاص يسمى حاقن injector أو مجزيء proportioner يقوم بخلط كميات محدودة من المحلول السمادي المركز والماء معًا ؛(شكل ٧ – ٦) . ويمر ماء الري المخلوط به السماد بعد ذلك على جهاز يقيس مقدار الزيادة في درجة التوصيل الكهربائي للماء التي أحدثتها الأملاح السمادية . وتتراوح درجة التوصيل الكهربائي لماء الري المخلوط به السماد عادة من ١,٤ – ٢,٨ ملي موز/سم في درجة حرارة ٢٥° م .



شكل ٧ – ٦ : طريقة إدخال الأسمدة في ماء الري بواسطة المجزيء .

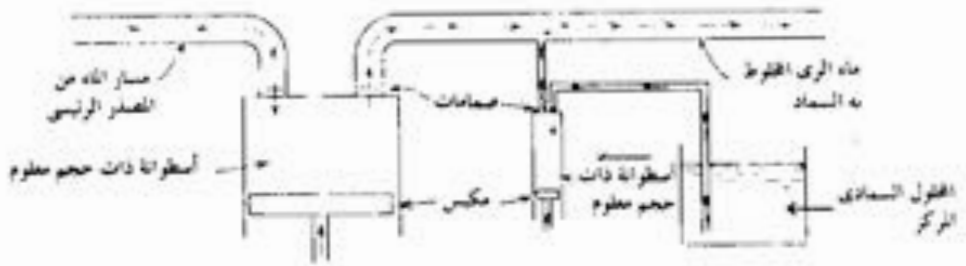
كذلك يركب صمام بين مصدر الماء المستخدم فى الرى وأنبوب ماء الرى المخلوط به السماد لمنع عودة الماء إلى أنابيب المياه الرئيسية ، وهو الأمر الذى قد يحدث فى حالة تولد ضغط سالب (شكل ٧ – ٧) . ومن الطبيعى أن اختلاط الأسمدة بمياه الشرب أمر غير مرغوب فيه ، نظرًا لأن بعضها يعتبر سامًا للإنسان ، كأملاح النترات مثلًا (Nelson ١٩٨٥) .

يعتمد عمل الحاقن أو المجزىء proportioner على خلط نسبة ثابتة من المحلول السمادى المركز مع ماء الرى شكل (٧ – ٨) فإذا خلط لتر من محلول السماد المركز مع ٩٩ لتر من الماء لإنتاج ١٠٠ لتر من محلول السماد المخفف ، فإن نسبة التخفيف تكون ١ : ١٠٠ . وأكثر نسب التخفيف استخدامًا هى : ١ : ١٠٠ أو ١ : ٢٠٠ ، ونادرًا ما تستخدم نسبة تخفيف ١ : ١٠٠٠ ، نظرًا لأن المحلول السمادى يجب أن يكون فى هذه الحالة شديد التركيز ، الأمر الذى قد لا يكون ممكنًا مع بعض الأسمدة . كما يجب اختيار نسبة التخفيف التى تتناسب مع كمية الماء المستخدمة فى كل ربة لمساحة معينة . ويجب اختبار نسبة التخفيف على فترات للتأكد من سلامة عمل المجزىء ، وذلك بقياس درجة التوصيل الكهربائى ، ومقارنة القراءة بقراءة محلول سمادى محضر بنفس التركيز ، أو بجمع كمية من المحلول السمادى المخفف ، وتحديد كمية المحلول السمادى المركز التى استنفذت فى تحضيرها ، ومقارنة النسبة .



شكل ٧ – ٧ : طريقة عمل الصمام المانع لرجوع الماء المخلط بالسماد إلى مواسير المياه الرئيسية .

وتشتمل معظم الأسمدة القابلة للذوبان المستخدمة مع ماء الرى على كميات صغيرة من كل العناصر الصغرى ، وتضاف إليها صبغة تغير لون الماء المخلوط به السماد ، وهو الأمر الذى يفيد فى حالة توقف المجرىء عن العمل ، أو عند نفاذ المحلول السمادى المركز .



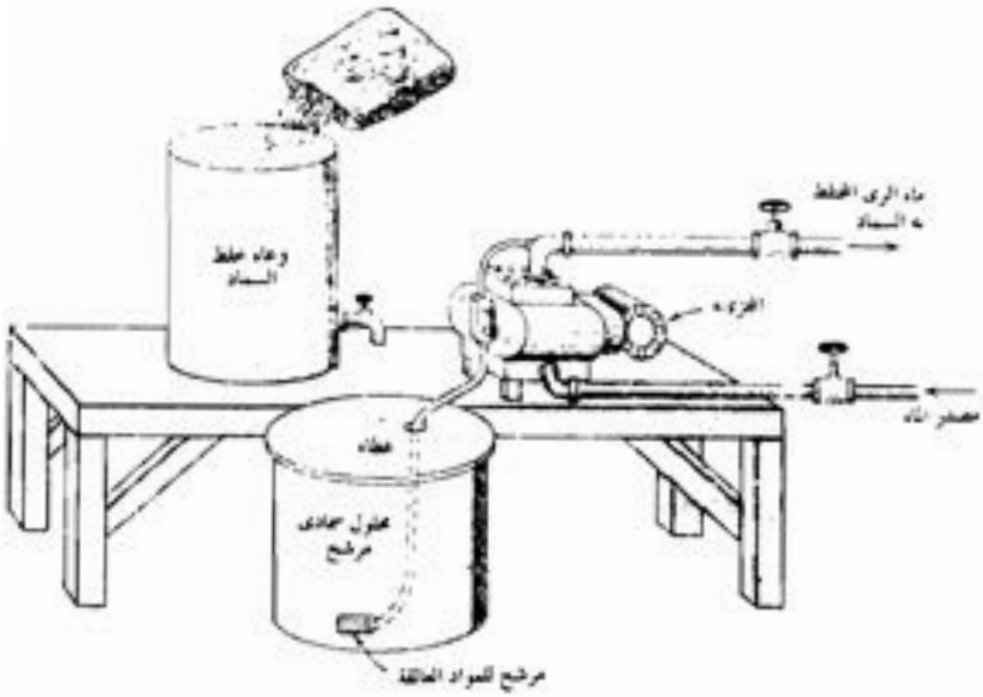
شكل ٧ - ٨ : طريقة عمل الخاقن injector أو المجرىء proportioner الذى يخلط المحلول السمادى المركز مع ماء الرى بنسبة معينة .

ويلزم لتحضير المحلول السمادى المركز وعاءان من البلاستيك ، نظرًا لأن الفاليل السمادية تتفاعل مع المعادن . يذاب السماد فى الوعاء الأول فى ماء دافىء حرارته ٤٠° م (١٠٥°ف) ، ثم ينقل إلى الوعاء الثانى ، إما من خلال صنبور يثبت أعلى القاع بنحو ٥ سم لتجنب انتقال الرواسب التى قد تؤدى إلى انسداد المنقطات أو بشاير الرش ، أو بواسطة سيفون siphos يغمر فى المحلول السمادى أعلى قاع الإناء ، وتثبت على طرفه المغمور مصفاة لزيادة الحرص فى عدم انتقال الرواسب (شكل ٧ - ٩) .

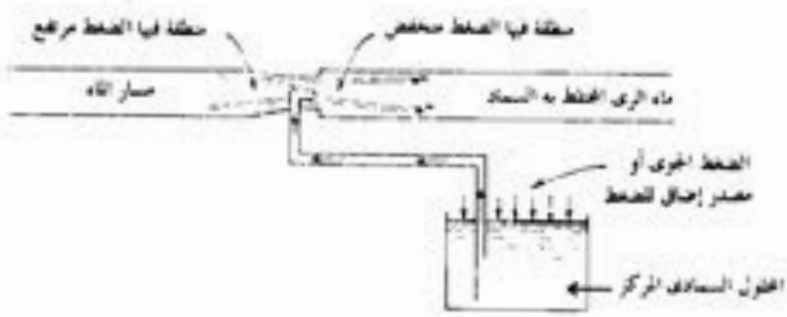
هذا .. وقد يستعاض عن المجرىء proportioner بنظام خزان المحلول السمادى والمضخة tank and pump system ، وفيه يحضر المحلول السمادى بالتخفيف اللازم مباشرة فى خزان ضخم ، حيث يضخ بعد ذلك فى نظام الرى . ويجب عند اتباع هذا النظام تأمين طريقة لرج المحلول السمادى ومنع الترسبات . وقد يتحقق ذلك بواسطة ذراع تتحرك آليًا وتغمر فى المحلول ، أو بمجرد السماح لبعض المحلول السمادى بالعودة لخزان السماد ، الأمر الذى يحدث حركة بالمحلول تكفى لمنع الترسبات السمادية .

ومن الطبيعى أن حجم الخزان يجب أن يتناسب مع المساحة التى يلزم تسميدها . وبرغم أن تركيز السماد يمكن زيادته بإضافة المزيد من السماد أو إنقاصه بالتخفيف بالماء ، إلا أنه ينصح بتأجيل أى تغيير فى النسبة السمادية لحين استعمال كل المحلول السمادى المحضر . ويعاب على هذه الطريقة فى التسميد صعوبة تسميد محاصيل متنوعة تختلف فى احتياجاتها السمادية .

وأحيانًا قد يكفى مجرد إيصال فوهة أنبوبة رفيعة متصلة بقاع خزان المحلول السمادى بنقطة فى مسار ماء الرى يتسع عندها المسار (أنبوب ماء الرى) فجأة ، وبالتالى يقل الضغط ، الأمر الذى يؤدى إلى سحب المحلول السمادى واختلاطه بماء الرى (شكل ٧ - ١٠) (Hanan وآخرون ١٩٧٨) .



شكل ٧ – ٩ : وعاء خلط الأسمدة ، ووعاء المحلول السمادي المركز الذي يتصل بالخلاط أو حامل السماد في ماء الري .



شكل ٧ – ١٠ : طريقة مبسطة لخلط المحلول السمادي المركز مع ماء الري . تستخدم هذه الطريقة في تسميد المساحات الصغيرة ، مثل المشاتل والنباتات النامية في الأصص .

٧ - ٧ : المراجـــع

Bible, B.B. R.L. Cuthbert and R.L. Carolus. 1968. Response of some vegetable crops to atmospheric modifications under field conditions. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 92: 590-594.

Buckman, H.O. and N.C. Brady. 1960. The nature and properties of soils McMillan, N.Y. 567p.

Bucks, D.A., F.S. Nakayama and A.W. Warrick. 1982. Principles, practices and potentialities of trickle (drip) irrigation. Adv. Irrigation 1: 219-298.

Carpenter, T.D. 1982. Analyzing and managing nutrition of vegetables grown in upright polyethylene bags. J. Plant Nutrition 5: 1083-1089.

Elfving, D.C. 1982. Crop response to trickle irrigation Hort. Rev. 4: 1-48.

English, J.E. and D.N. Maynard. 1978. A key to nutrient disorders of vegetable plants. HortScience 13: 28-29.

Halfacre, R.G. and J.A. Barden. 1979. Horticulture. McGraw-Hill Book Co., N.Y. 722p.

Hanan, J.J., W.D. Holley and K.L. Goldsberry. 1978. Greenhouse management. Springer-Verlag, N.Y. 530p.

Lorenz, O.A. and D.N. Maynard. 1980. (2nd ed.). Knott's handbook for vegetable growers. Wiley-Interscience, N.Y. 390 p.

Lorenz, O.A. and K.B. Tyler. 1978. plant tissue analysis of vegetable crops. In H.M. Reisenauer (Ed.) 'Soil and Plant-Tissue Testing in California', pp. 21-24. Div. of Agr. Sci. Bul. 1879

Maynard, D.N. 1979. Nutritional disorders of vegetable crops: a review. J. of Plant Nutrition 1: 1-23.

Maynard, D.N. and O.A. Lorenz. 1979. Controlled-release fertilizers for horticultural crops. Hort. Rev. 1: 79-140.

Mingus, P.A., A.A. Muka, A.F. Sherf and R.F. Sandsted. 1971. Vegetable production recommendations. Cornell Univ. 36p.

Nelson, P.V. 1985. (3rd ed.) Greenhouse operation and management. Reston Publ. Co., Inc., Reston, Va. 598p.

Reisenauer, H.M. 1978 [Ed.]. Soil and plant-tissue testing in California. Univ. of Calif., Div. Agr. Sci., Bul 1879. 54p.

Scaife, A. and M. Turner. 1983. Diagnosis of mineral disorders in plant. Vol. 2. Vegetables. Ministry of Agr. Fish. & Food, Great Britain. 96p.

Thompson, H.C. and W.C. Kelly. 1957. Vegetable crops. McGraw-Hill Book Co., Inc., N.Y. 611p.

Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1975. Soil fertility and fertilizers. Macmillan Pub. Co., N.Y. 694p.

Ulrich, A. 1978. Plant tissue analysis: plant analysis as a guide in fertilizing crops. In H.M Reisenauer (Ed.) 'Soil and Plant-Tissue Testing in California', pp. 1-4. Univ. Calif. Div. Agr. Sci., Bul. 1879.

Wallace, T.1961. The diagnosis of mineral deficiences in plants by visual symptoms. Her majesty's Stationary office, London. 125 pages and color plates.

Ware, G.W. and J.P. McCollum, 1980 (3rd ed.) Producing vegetable crops. The Interstate Printers & Publishers, Inc., Danville, Illinois. 607p.

Wilcox, G.E. 1969. Potassium needs-diagnosis and use on vegetable crops. HortScience 4: 41.

Wittwer, S.H. 1969. Regulation of phosphorus nutrition of horticultural crops. Horticience 4: 320-322.

شكل ٣ – ٨ : لوحات صفراء عليا مادة لزجة لاصقة وضعت فى مواجهة وسائد التبريد لجذب حشرة الذبابة البيضاء إليها ، والتخلص منها .

شكل ٣ - ١٥ : إصابة شديدة بفيروس تجعد أوراق الطماطم الأصفر

رقم الإيـــداع: 3750