الفصل الثاني

الزراعة بدون تربة

تزرع النباتات فى البيوت المحمية تقليديًّا ومباشرة فى التربة؛ حيث توفر التربة الدعم للنباتات، وكذلك يستفيد المجموع الجذرى للنباتات من مخزون التربة من المياه والعناصر الغذائية. وعند توفير هذا الدعم والعناصر الغذائية الضرورية لنمو النباتات، فإنه يمكن للنباتات أن تنمو بصورة طبيعية .. وعلى هذا الأساس بنيت فكرة الزراعة بدون تربة، والتى يمكن أن تعرف بأنها زراعة النباتات بدون استخدام التربة الطبيعية كوسط لنمو النباتات، أى المقصود بمفهوم الزراعة بدون تربة هو زراعة وتربية وإنتاج النباتات فى أوساط أخرى غير التربة العادية؛ حيث تشتمل هذه الأوساط على بيئة المحلول الغذائى (الزراعة المائية) أو الحصى أو الرمل أو البيرليت أو الفورموكوليت، كذلك قد تشتمل على خليط من كل هذه المكونات أو بعضها. وتعود فكرة زراعة النباتات فى محلول مغذى فى التجارب الزراعية إلى القرن السابع عشر؛ حيث يعود الفضل فى تقدم أبحاث تغذية النباتات إلى استخدام الزراعة الرملية والمائية. بعد ذلك بدأت محاولات تطوير هذه الأنظمة للعمل بها فى نظام تجارى، فكانت أول محاولة معروفة للعالم Gerike عام 1930م؛ حيث استطاع تنمية النباتات فى محلول مغذى، وبدون استخدام بيئة صلبة.

ظهرت بعض الصعوبات لهذا النوع من الزراعة، ولكن استمر تطوير نظم الزراعة بدون تربة، باستخدام البيئات الصلبة، مثل الرمل؛ حيث تم إنتاج بعض المحاصيل بهذه الطريقة، ولكن لم تستطع هذه الطريقة الصمود أمام المنافسة الشديدة لطرق الزراعة الأخرى؛ حيث ظهرت أنواع أخرى من البيئات التى يمكن استخدامها فى **نظم الزراعة بدون تربة.**

أنظمه الزراعة بدون تربة:

تستخدم فى بعض الأحيان اصطلاح "هيدروبونك "(Hydroponic) كمرادف لكلمة الزراعة بدون تربة، ولكن حاول بعض الباحثين تصنيف أنظمة الزراعة بدون تربة حسب بيئات الزراعة المستخدمة، ويمكن التفريق بين المصطلحين حسب ما ورد فى كتاب أنظمة الزراعة بدون تربة للمحاصيل البستانية، الصادر من منظمة الأغذية والزراعة، التابعة للأمم المتحدة عام 1990م، كما يلى:

يطلق مصطلح هيدروبونك Hydroponic على أنظمة الزراعة فى محاليل مغذية، بدون استخدام بيئات صلبة، بالإضافة إلى استخدام بيئات صلبة خاملة، أما مصطلح الزراعة بدون تربة Soilless culture فهو يشمل جميع الأنظمة السابقة، بالإضافة إلى نظم الزراعة، باستخدام بيئات صلبة عضوية.

ومن أهم أنظمة الزراعة بدون تربة المستخدمة تجاريًا وعلى نطاق واسع، الأنظمة إلى لا تستخدم بيئات صلبة للزراعة:

أولا: نظام الشريحة المغذى (Nutrient Film Technique NFT):

حيث يعتمد هذا النظام على زراعة النباتات فى قنوات بلاستيكية، تصمم بانحدار محدد، بحيث ينساب خلالها المحلول المغذى على شكل طبقة رقيقة، تنمو فيها جذور النباتات؛ لذا يطلق عليها مزارع (الفيلم المغذى)، ثم يجمع المحلول المنصرف من نهاية هذه القنوات فى خزان رئيس، ثم يعاد ضخه مرة أخرى إلى الطرف العلوى للقنوات بعد تعديل تركيز العناصر، وكذلك درجة الحموضة فى المحلول المغذى، وفيها تنموجذور النباتات فى صورة حصيرة، جيث يكون الجزء السفلى من هذه الحصيرة مغمورًا فى المحلول المغذى، بينما الجزء العلوى رطب، ولكنه معرض للهواء؛ لإمداد النباتات بالأكسجين، وبالتالى فإن أسباب جعل المحلول المغذى فى صورة فيلم للأسباب الآتية:

1- حل مشكلة التهوية التى تواجه الزراعات المائية.

2- دفع النباتات الصغيرة إلى إطلاق جذورها سريعًا فى المحلول المغذى.

3- عدم الاحتياج إلى عمل تجهيزات قوية، مثل نظم المزارع الرملية أو الحصوية أو المحلول العميق.

وقد يطلق عليها مزارع مائية دورانية أو أنظمة مغلقة .. وتتم هذه العملية آليًا فى المشاريع التجارية، ومنها:

1- الزراعة فى المحاليل العميقة: Deep Water Culture

تزرع النباتات فى هذا النظام فى وسط يحتوى على الماء والعناصر الغذائية، بحيث تكون الجذور مغمورة فى المحلول المغذى، بحيث يثبت الجزء العلوى من النباتات، ويربط بسقف البيت المحمى.

2- الزراعة فى أحواض (برك) Floating Hydroponic Systems:

تزرع النباتات فى أحواض عريضة مملوءة بالمحاليل المغذية، ويستخدم لتثبيت النباتات أغطية بلاستيكية على هذه الأحواض، وتستخدم هذه الأحواض - فى الغالب - لزراعة الخضر الورقية.

ثانيًا: نظم الزراعة الهوائية Aero Panics:

تنمو جذور النباتات فى هذا النظام بجو مشبع بالمحلول المغذى الذى يضخ فى شكل ضباب (Mist) داخل المنطقة المقفلة لنمو الجذور.

ثالثًا: نظم الزراعة باستخدام بيئات صلبة خاملة:

1- المزارع الرملية :Sand culture

تنمو النباتات فى بيئة من الرمل الخالص، وتروى بالمحاليل المغذية المكتملة.

2- مزارع الحصى Gravel Culture:

تستخدم أحجام صغيرة من الحصى، تتراوح أقطارها من 1.6 -18 ملم كبيئة للزراعة، وتروى النباتات بالتنقيط أو بالرى تحت السطحى.

3- مزارع الصوف الصخرى Rockwool Culture:

تعتبر مزارع الصوف الصخرى من النظم المفتوحة التى لا يعاد فيها استعمال المحاليل المغذية، ويصنع الصوف الصخرى بتسخين الحجر الجيرى وصخر البازلت معًا إلى درجة حرارة 1600[5] درجة مئوية؛ حيث ينصهران، ثم يتدفقان فى جهاز يدور بسرعة عالية جدًّا، حيث يتكون من السائل المنصهر ألياف رفيعة، تضاف إليها مواد أخرى قبل أن تبرد؛ لتجعلها قادرة على الاحتفاظ بالرطوبة. ومن صفات الصوف الصخرى أنه لا يمد النبات بأى غذاء، ولا يدمص العناصر المغذية على سطحه، وهى مادة معقمة وعالية المسامية، ويستخدم فى صورة وسائد أو مكعبات كبيئة لزراعة النباتات.

4- مزارع البيرلايت Perlite Culture:

البيرليت عبارة عن حبيبات بيضاء صغيرة، قطرها من (1: 5 ملم)، ناتجة عن تسخين صخور بركانية سيليكونية. يستخدم البيرلايت منذ زمن طويل كبيئة لإكثار النباتات وزراعتها

فى بعض الأحيان، ويمكن استخدامه فى نظم الزراعة بدون تربة فى قنوات أو فى أكياس توضع مباشرة على الأرض.

رابعًا: الزراعة فى بيئات صلبة عضوية أو طبيعية:

1- مزارع البيت Peat Culture:

يستخدم البيت الطبيعى بحيث يخلط مع العناصر الغذائية، ويعدل درجة الحموضة Ph، ويستخدم فى نظم الزراعة بدون تربة بعدة طرق؛ إما أن يوضع فى أكياس على الأرض مباشرة أو فى قنوات، أو يخلط مع مواد أخرى.

2- مزارع نشارة الخشب Sawdust Culture:

تستخدم نشارة الخشب منفردة، أو فى مخاليط مع بيئات أخرى مثل الرمل، وقد استخدمت بنجاح فى زراعة الخيار.

3- لحاء الأخشاب والألياف النباتية Wood bark:

يمكن استخدام لحاء الأخشاب، وكذلك الألياف النباتية مثل ألياف جوز الهند Coconut fiber، أو ما يسمى بـ Coir كبيئات عضوية لزراعة النباتات.

مميزات وعيوب نظم الزراعة بدون تربة:

تتباين مميزات وعيوب أنظمة الزراعة بدون تربة على حسب النوع المستخدم، وملاءمة الظروف البيئية لذلك النظام، ويمكن تقسيم مميزات هذه الأنظمة كما يلى:

أولاً: مميزات عامة، وتشمل:

1- التحكم الدقيق فى تغذية النباتات، مقارنة بالزراعة العادية؛ مما يساهم فى زيادة كفاءة استخدام العناصر الغذائية والإنتاج.

2- خفض الاحتياجات للعمالة؛ وذلك نتيجة لعدم الحاجة إلى عمليات تحضير التربة العادية، مثل الحرث والتسوية وغيرها، وكذلك استخدام التحكم الآلى فى عمليات الرى والتسميد.

3- سهولة عملية الرى، بحيث لا تتعرض النباتات لأى إجهاد مائى؛ نظرًا لوصول المياه إلى جميع أجزاء بيئات الزراعة بصورة متماثلة.

4- سهولة تعقيم بيئات الزراعة وإعادة استخدامها، مقارنة بمتطلبات تعقيم التربة.

5- زيادة الإنتاجية للنباتات؛ وذلك بسبب تحسين عملية التغذية، والتحكم الدقيق بها، وكذلك عملية الرى وتهوية الجذور.

6- إنتاج نباتات خالية من العناصر الثقيلة.

7- استخدامها فى إكثار النباتات.

8- استخدامها فى مجال التزيين الداخلى.

ثانيًا: مميزات تحت الظروف الخاصة:

لأنظمة الزراعة مميزات كبيرة فى ظروف معينة، مثل الإنتاج الزراعى عندما تكون التربة غير صالحة للزراعة، حيث تُحيّد أنظمة الزراعة بدون تربة التربة الطبيعية، ولا تصبح عائقًا أمام الإنتاج الزراعى، وخصوصًا فى المناطق القريبة من التجمعات السكانية، كذلك التوفير الكبير لمياه الرى المستخدمة؛ نتيجة لإعادة استخدام المحلول المغذى، أو للتحكم فى بيئة الزراعة .. وتعتبر هذه إحدى المميزات النسبية لهذه الأنظمة فى المناطق التى تقل بها كميات المياه اللازمة للزراعة.

ثالثًا: عيوب أنظمة الزراعة بدون تربة:

1- زيادة تكاليف الإنشاء مقارنة بالزراعة التقليدية، ولكن يمكن تعويض ذلك من خلال زيادة كمية الإنتاج.

2- زيادة المتطلبات الفنية لإدارة هذه المشاريع، بحيث يحتاج العاملين فى هذه المشاريع إلى معرفة فنية جيدة لإدارتها بنجاح.

المحلول المغذى:

المحلول المغذى هو المحلول الذى يحتوى على جميع العناصر الغذائية الضرورية اللازمة لنمو النبات، وبنسب متوازنة مع بعضها البعض، والذى يستخدم فى إمداد النبات بحاجته من الماء والعناصر الغذائية طوال فترة حياته. ومن الصعب القول إن هناك ما يسمى بالمحلول المغذى المثالى لكل النباتات، أو حتى بالنسبة للنبات الواحد؛ ويرجع ذلك إلى اختلاف احتياجات النباتات من العناصر الغذائية، وذلك لاختلاف طبيعة نمو ومحصول كل نبات؛ بل إن احتياجات النبات الواحد من العناصر يختلف خلال مراحل نموه المختلفة، علاوة على اختلاف احتياجات الأصناف المختلفة للنبات نفسه، كما أن الظروف الجوية يكون لها تأثير كبير.

لذا على القائمين بعملية تغذية النباتات وضع كل الظروف فى اعتبارهم؛ من أجل الوصول إلى أفضل محلول غذائى يناسب النبات المنزرع. فى نظم الزراعة بدون تربة هناك نوعان من المحاليل المغذية:

أ- المحلول المغذى المركز:

حيث يتم تحضير محلول مغذى مركز، عادة يكون مركزًا 100 مرة عن المحلول المخفف؛ وذلك من أجل سهولة الاستعمال، وتوفيرًا للوقت والمجهود (وهو المحلول الذى سيتم توزيعه من قبل المشروع)، وهو ينقسم إلى:

1- محلول مغذى (أ): وهو يحتوى على الكالسيوم وجزء من النيتروجين والحديد المخلبى فقط.

2- محلول مغذى (ب): وهو يحتوى على باقى أسمدة العناصر الغذائية الأخرى.

ويجب إلا يتم خلط المحلولين المركزين معًا بدون تخفيف؛ حتى لا يؤدى إلى حدوث ترسيب لفوسفات الكالسيوم فى الحال، وبالتالى عدم استفادة النباتات من الكالسيوم والفوسفور معًا، ويتم الحصول على التركيز المطلوب من المحلول المخفف بخلط كميات متساوية من محلول (أ)، (ب) بالتساوى، تبعًا للتركيز المطلوب، وتختلف نسبة التخفيف تبعًا لتركيبة المحلول المركز المستخدم (فى حالة المحلول المركز السابق ذكره) فإن إضافة نصف لتر من محلول (أ) ونصف لتر من محلول (ب) فى 100 لتر ماء يعطى تركيز 1 ديسمنيز / م، ويمكن مضاعفة التركيز بمضاعفة الكمية).

الأسمدة المعدنية التى يفضل استخدامها عند تحضير المحلول المغذى فى نظم الزراعة بـدون تربة:

العنصر	السماد	٪ للعنصر
النيتروجين	نترات الكالسيوم	15
	نترات الآمونيوم	46
الفوسفور	حمض فوسفوريك	53
البوتاسيوم	نترات البوتاسيوم	13
	سلفات البوتاسيوم	50
الكالسيوم	نترات الكالسيوم	20
الماغنسيوم	نترات الماغنسيوم	10
	سلفات الماغنسيوم	10
السلفات	سلفات البوتاسيوم	18
الحديد	حديد مخلبى	5 – 12
منجنيز	سلفات المنجنيز	27
	منجنيز مخلبى	12
زنك	سلفات الزنك	23
	زنك مخلبى	14
نحاس	سلفات نحاس	25
	نحاس مخلبى	8 -13
بورون	بوراكس	11
	حمض بوريك	17
موليبدنيم	موليبدات الآمونيوم	54

البيئات التى تستخدم للزراعة فوق أسطح المنازل:

تتعدد البيئات التى يمكن استخدامها للزراعة فوق أسطح المنازل، وتختلف البيئات تبعًا للخواص الطبيعية والكيماوية لكل منها؛ فمنها البيئات العضوية، ومنها البيئات غير العضوية، وقد تستخدم هذه البيئات بصورة مفردة كبيئة لنمو النباتات، أو قد يتم عمل خلطات بين أكثر من بيئة، أو عمل خلطات ما بين أحجام مختلفة من البيئة نفسها، فيعطى مواصفات جديدة للبيئة. وكل ذلك يعطى مدى واسع من البيئات التى تلائم نمو عدد كبير من النباتات وأنواع مختلفة، منها نباتات الخضر أو الزينة أو بعض أشجار الفاكهة.

الشروط الواجب توافرها فى بيئة النمو:

1- أن توفر البيئة الرطوبة اللازمة للجذور:

تتوقف قدرة البيئة على الاحتفاظ بالماء وصرف الماء الزائد، على حجم حبيبات البيئة وشكلها ومساميتها؛ حيث إن الماء يسمك على سطح الحبيبات وفى المسام ما بين الحبيبات، وكلما صغر حجم الحبيبات ازدادت مساحة سطح الحبيبة، وتقاربت من بعضها، وزادت قدرة البيئة على الاحتفاظ بالماء، والحبيبات غير المنتظمة الشكل لها مساحة سطح أكبر من الحبيبات الملساء والمستديرة، وبالتالى لها قدرة أعلى على الاحتفاظ بالماء.

2- أن توفر البيئة التهوية اللازمة لنمو الجذور:

يجب أن تكون البيئة لها قدرة كبيرة على صرف الماء الزائد؛ وذلك لضمان توفير التهوية الجيدة فى بيئة نمو الجذور؛ لذلك يجب تحاشى أن تكون حبيبات البيئة ناعمة جدًّا؛ مما يؤدى إلى انخفاض حركة الأكسجين خلال حبيبات البيئة، فتسوء الحالة الكلية للتهوية فى بيئة النمو؛ مما يترتب عليه اختناق جذور النباتات المزروعة بها.

3- أن لا تحتوى البيئة على مواد ضارة أو سامة:

يجب ألا تحتوى بيئة النمو على أى مادة تلحق الضرر بجذور النباتات، أو تؤثر على نمو النبات النامى فى هذه البيئة، ومثال على ذلك نجد أن الرمل أو الحصى الناتج من أصل جيرى (يحتوى على كربونات كالسيوم)، يجب تحاشى استخدامه؛ حيث إن وجود كربونات الكالسيوم من شأنه أن يؤدى إلى ارتفاع درجة حموضة (pH) المحلول المغذى إلى الجانب القلوى (أعلى من 7)، وهذا الارتفاع فى درجة حموضة المحلول المغذى يؤدى إلى ترسيب كل من الحديد والفوسفور، وبالتالى تظهر أعراض نقص هذه العناصر بالرغم من تواجدها فى المحلول.

4- أن تكون البيئة خالية من المسببات المرضية:

يجب أن تكون البيئة خالية من المسببات المرضية عند استخدامها؛ حتى لا تكون مصدرًا لإصابة النباتات النامية بها بالأمراض المختلفة.

5- أن تكون البيئة خالية من الملوحة:

يجب أن تكون البيئة خالية من الملوحة؛ حتى لا تؤثر على نمو النباتات النامية بها؛ فمثلًا فى حالة استخدام بيئة نشارة الخشب المستخدمة فى عمليات تصنيع الأثاث، تحتوى غالبًا على تركيز مرتفع من أملاح كلوريد الصوديوم؛ نظرًا لما تتعرض له ألواح الخشب من النقع فى محلول ملحى لفترات طويلة، كذلك لا تستخدم رمال الشواطئ؛ لا حتوائها على تركيز مرتفع من الأملاح.

6- أن تكون البيئة خالية من بذور الحشائش:

يجب أن تكون البيئة خالية من بذور الحشائش؛ حتى لا تكون مصدرًا للحشائش التى تنمو وتنافس المحصول الرئيس فى السماد والماء، وحتى لا تكون الحشائش عوائل لبعض الأمراض التى تنتقل إلى النباتات النامية، فتلحق الضرر بها.

7- فى حالة البيئة العضوية، يفضل أن تكون بطيئة التحلل:

يفضل أن تكون البيئة العضوية بطيئة التحلل؛ حتى تظل أطول فترة ممكنة بأفضل مواصفات .. وتقلل من تكاليف تغيير البيئة سنويًّا فى حالة البيئة سريعة التحلل.

8- سهولة توافير البيئة، مع سهولة عمليات النقل:

تتواجد أنواع كثيرة من المواد الصلبة التى يمكن استخدامها كبيئة للنمو، ولكن من المهم أن تكون البيئة متوافرة بصورة جيدة فى المناطق المحيطة بقدر الإمكان؛ حتى لا تزاداد تكاليف الإنشاء المبدئية نتيجة لزيادة تكاليف النقل.

9- أن تكون تكلفة البيئة معتدلة:

من المفضل أن تكون البيئة رخيصة الثمن إلى معتدلة؛ حتى تكون اقتصادية، ولا ترفع من تكاليف الإنشاء المبدئية.

10- أن تكون البيئة خفيفة الوزن:

يجب أن تكون البيئة المستخدمة للزراعة فوق الأسطح خفيفة الوزن؛ حتى لا تمثل حمولة فوق الأسطح. وعلى ذلك هنالك بعض البيئات ثقيلة الوزن - مثل الخفاف – لا يفضل

استخدامها فوق الأسطح، بينما بيئة مثل الرمل تكون ثقيلة نسبيًا فيفضل استخدامها كجزء من خلطة بيئة الزراعة، ولكن لاتستخدم بمفردها.

وتقسم البيئات إلى:

* **بيئات عضوية.**

* **بيئات غير عضوية.**

أولاً: البيئات العضوية:

1- البيت موس:

يعتبر البيت موس من أكثر البيئات شيوعًا، ويستخدم بصورة كبيرة على مستوى العالم.وهو عبارة عن مادة عضوية متحللة، توجد فى المناطق الرطبة من العالم على مساحات كبيرة، تعرف بمناجم البيت موس. وقد يستخدم بصورة مفردة كما هو، أو يخلط ببعض البيئات الأخرى، مثل الفيرموكيوليت أو البرليت أو الرمل.

ومن مواصفات البيت موس التالى:

1- قدرته الكبيرة على امتصاص الماء، تبلغ تقريبًا 8 أمثال وزنه بعد التشبع وصرف الماء الزائد.

2- يتميز بانخفاض درجة الحموضة له.

3- نسبه المادة العضوية به مرتفعة، حوالى 94 - 99 ٪.

4- يعتبر البيت موس عالى المسامية، (95-98 ٪).

2- قشور حبوب الأرز (سرس الأرز):

وهى عبارة عن قشور حبوب الأرز.

- **ومن مواصفات سرس الأرز التالى**:

1- خفيفة الوزن جدًّا.

2- توفر التهوية اللازمة لنمو جذور النباتات المختلفة؛ فعند خلطها مع بيئة سيئة التهوية تقوم بتحسين التهوية والصرف لها.

3- ألياف جوز الهند:

ألياف وبيت جوز الهند من البيئات التى دخلت حديثًا كأحد أوساط الزراعة بدون تربة، وهى تستخرج من قشور ثمار جوز الهند.

ومن مواصفات ألياف جوز الهند التالى:

1- إمكانية استخدامها لأكثر من عام، دون حدوث أى تغير فى صفاتها الطبيعية.

2- بطيئة التحلل، فلا تهدم سريعًا.

3- لها القدرة على الاحتفاظ بالماء.

4- لها القدرة على توفير التهوية الجيدة فى البيئة.

4- قش الأرز.

5- نشارة الخشب.

ثانيًا: البيئات غيرالعضوية:

1- الرمل:

يعتبر الرمل من أقدم وأفضل المواد التى إستخدمت كوسط حبيبى صلب لتنمية النباتات. ولا يفضل استخدام الرمال المحتوية على الجير؛ وذلك بسبب وجود نسبة عالية من كربونات الكالسيوم بها؛ حيث إنها تعمل كمادة لاحمة لجزيئات الرمل؛ مما يغير من الصفات الطبيعية للرمل .. كذلك لا يفضل استخدام رمال الشواطئ؛ لاحتوائها على نسبة مرتفعة من الأملاح. ويفضل استخدام الرمال ذات الأصل الجرانيتى أو السليكاتى كبيئة زراعية، وتعتبر أقطار حبيبات الرمل عاملًا مهمًّا فى نجاح استخدامه كبيئة زراعية؛ حيث إن الرمل الخشن جدًّا لا يحتفظ بقدر كافٍ من الرطوبة، أما الرمل الناعم جدًّا فلا يسمح بنسبة كافية من التهوية.

ويتميز الرمل بالصرف الجيد، لكن قدرته على الاحتفاظ بالماء ضعيفة؛ لذلك يفضل إضافة البيت موس أو الكمبوست معه.

2- الفيرموكيوليت:

الفيرموكيوليت عبارة عن سليكات الحديد والألومنيوم والماغنسيوم المتهدرت، وهو عبارة عن رقائق معدنية، تستخرج من مناجم الميكا فى إفريقيا وأستراليا وأمريكا، ويتم الحصول على المادة فى الصورة القابلة لتكون بيئة زراعية، عن طريق معاملة المعدن الخام لدرجة حرارة 1000

درجة مئوية، فتتحول الرطوبة الموجودة به إلى بخار، يزيد من الضغط داخل طبقاته؛ مما يؤدى إلى تكسير وتقسيم هذه الطبقات إلى جزيئات أو أجزاء صغيرة خفيفة مسامية، ذات صفات جيدة، تلائم الزراعة اللا أرضية.

* **ومن مواصفات الفيرموكيوليت التالى:**

1- له قدرة كبيرة على الاحتفاظ بالماء.

2- يوجد بها عنصرا الماغنسيوم والبوتاسيوم فى صورة ميسرة، يمكن للنباتات امتصاصها والاستفادة منها.

وقد لوحظ أن الفيرموكيوليت مادة ماصة للماء، وبالتالى يظل مبتلًّا معظم الوقت؛ لذلك يفضل خلطه بمواد أخرى؛ للتقليل من حال الابتلال الدائمة، بالتالى تظل رطوبة وسط الزراعة ملائمة لنمو النباتات.

3- الخفاف:

هو عبارة عن صخر سليكاتى من أصل بركانى، يحتوى على عناصر الألومنيوم والبوتاسيوم والصوديوم، وآثار من الكالسيوم والماغنسيوم والحديد. والمادة بها العديد من الفراغات، وتتكون تلك الفراغات نتيجة لخروج البخار الساخن منها قبل أن تبرد حمم اللافا البركانية. وهو موجود بصورة طبيعية، لا يحتاج إلى حرارة أو تسخين؛ بل إن كل ما يجرى عليه من عمليات هو التكسير والطحن إلى الحجم المناسب من الحبيبات.

* **ومن مواصفات الخفاف التالى:**

هو مادة تشبه البرليت فى التركيب الكيميائى، لكنها تختلف عنها فى الخواص الفيزيائية؛ حيث إن الأول مادة أثقل من البرليت.

1- لا تمتص بالماء بسهولة، كذلك لا تحتفظ بها لفترة طويلة.

2- توفير ظروف التهوية الجيدة فى بيئة النمو.

3- سهولة تنظيفها وتطهيرها.

4- البرليت:

هو عبارة عن حجر بركانى منشأه اللافا البركانية. يتدرج لونه من الرمادى إلى الأبيض، ويتركب من سليكات الألومنيوم وصوديوم وبوتاسيوم، ويتم طحنه وتسخينه على درجة حرارة

مرتفعة، من 900 - 1000 درجة مئوية، حيث يحدث له انتفاخ؛ نتيجة خروج الهواء الساخن منه، وتتكون به فجوات هوائية؛ حيث يحدث له نتيجة لذلك تمدد واتساع الحبيبات وانتفاخها بصورة كبيرة.

* **ومن مواصفات البرليت التالى:**

1- مادة ثابتة التركيب من الناحية الفيزيائية، وليس لها القدرة على التبادل الكاتيونى.

2- مادة خفيفة الوزن.

3- سهولة الصرف مع الاحتفاظ بالماء بصورة جيدة، ومن المفضل أن يتم الرى على عدة مرات فى اليوم الواحد؛ وذلك من أجل ضمان استيفاء حاجة النبات من المياه والعناصر الغذائية.

4- التهوية مرتفعة بالبيئة.

5- حبيبات البيرليت تتميز بوجود الخاصية الشعرية؛ مما يسهل من استخدامها كبيئة تروى بطريقة الرى تحت السطحى.

ويستخدم البيرليت على مستوى واسع فى الزراعة، حيث يستخدم بصورة منفردة ويعطى نتائج جيدة، أو يدخل فى عمل خلطات مع بيئات أخرى كالبيت موس؛ وذلك لزراعة العديد من محاصيل الخضر، والشتلات، وزهور القطف، ونباتات التزيين الداخلى.

5- الصوف الصخرى.

خلطات البيئات:

ويمكن استخدام البيئات السابقة بصورة مفردة كبيئة زراعية، أو يمكن أن يتم خلط أكثر من بيئة معًا؛ وذلك للوصول إلى أفضل مواصفات للبيئة، تلائم نمو النبات المراد زراعته.

فنجد أن لمواصفات البيئة المراد زراعتها أثر كبير على نجاح عملية الزراعة؛ فهذه الخواص هى التى تحدد التوازن ما بين الماء اللازم لنمو النباتات، والهواء اللازم لتنفس الجذور؛ حيث يجب توافر الفراغات الصغيرة، التى تعمل على الاحتفاظ بالماء الضرورى لحياة النبات، والفراغات الكبيرة التى تعمل على توفير الهواء اللازم لنمو النباتات .. كذلك تحدد مقدرة البيئة على ادمصاص العناصر الغذائية على حبيباتها.

ومن أهم هذه الصفات التى يجب تقديرها:

1- وزن البيئة.

2- درجة حموضة البيئة.

3- الكثافة الظاهرية للبيئة.

4- درجة ثبات البيئة.

5- قدرة البيئة على مسك الماء.

6- تركيز الأملاح فى البيئة.

7- السعة التبادلية الكاتيونية للبيئة.

ومن هنا تظهر أهمية خلط أكثر من بيئة مع بعضها؛ بهدف الوصول للمواصفات المطلوبة، وقد تم اختبار عدد من الخلطات، والتى أظهرت نتائج جيدة، ومن هذه الخلطات ما يلى:

البيئات التى تدخل فى عمل خليط البيئة	نسبة الخلط
البيت موس: البرليت: الرمل	1 :2 :2
البيت موس: البرليت	1 :1
البيت موس: الرمل	3 :1
البيت موس: الرمل	1 :3
البيت موس: الفيرموكيوليت	3 :1

نظم مزارع البيئات:

يمكن تقسيم نظم الزراعة بدون تربة حسب استعمال المحلول المغذى، أو على حسب نوع البيئة المستخدمة كما يلى:

أولا: حسب الوسط المستخدم إلى:

1- مزارع هوائية.

2- مزارع مائية.

3- مزارع البيئات.

المزارع الهوائية:

يعتبر هذا النظام هو أكثر نظم الزراعة اللا أرضية تطورًا، وهو مشابه للنظام المائى؛ حيث يتم الإمداد بالمحلول المغذى فى جو هوائى رطب، أو باستخدام نظام الرذاذ، وفى هذا النظام لا تستخدم بيئات لإنماء الجذور؛ حيث يكون وسط النمو هواء فقط، ويتم الإمداد بالمحلول المغذى عن طريق مضخة، متحكم فيها بواسطة تايمر مبرمج؛ لعمل دورات رى قصيرة جدًّا، تتراوح من 1 – 2 دقيقة، ويتم ضخ المحلول عن طريق رشاشات، ثم تغلق المضخة لمدة 5 دقائق؛ مما يضمن عدم جفاف الجذور فى معظم الأحوال. والشتلات عادة تكون مزروعة فى أصص، وتوضع الأصص فى ثقوب موجودة على اللوح (الذى يفصل بين المحلول والجو الخارجى)، وعندما تنمو الجذور أكثر تتدلى جذورها فى الهواء، بعد أن تخرج من ثقوب الوعاء من الجهة السفلى للوح.

ثانيًا: حسب المحلول المستعمل إلى:

1- المزارع أو الأنظمة المغلقة :Close System حيث يعاد استخدام المحلول المغذى المنصرف من بيئات الزراعة، من خلال تخفيف المحلول المغذى المركز بالماء، حتى الوصول إلى التركيز الملائم للنباتات المزروعة، ورى النباتات به، ثم يتم تجميع المحلول الزائد بعد مروره على النباتات؛ حيث يعود مرة أخرى إلى الخزان، وتعاد عملية رى النباتات به.

2- المزارع أو الأنظمة المفتوحة :Open system

وهى الأنظمة التى لا يعاد بها استخدام المحلول المغذى المنصرف من بيئات الزراعة، حيث يستخدم المحلول المغذى لمرة واحدة فقط.

المكافحة فى نظم الزراعة بدون تربة :

1- باستعمال الثوم: باستخدام **3** فصوص ثوم، ويتم تقطيعهم + نصف لتر ماء + ملعقة كبيرة من الصابون المبشور (حتى يلتصق المحلول على النبات)، ثم يترك لمدة **24** ساعة. ويمكن إضافة **2** قرن فلفل حار وبصل إلى الخليط السابق، ويعمل هذا المحلول الناتج على إبادة حشرات المن، وبعض الحشرات، والأمراض الفطرية، ويخفف المحلول عند الرش كالآتى: **2** ملعقة من المحلول / لتر ماء.

2- محلول النيكوتين: هو محلول سام جدًّا وفعال ضد طائفة كبيرة من الحشرات، ويتم تحضيره من أوراق نبات التبغ (التمباك)، أو من فضلات السجائر.

طريقة التحضير:

إضافة كوب مملوء بأوراق التبغ المطحونة، أو كمية مماثلة من مخلفات السجائر إلى لتر ماء، ويترك لمدة نصف ساعة + ملعقة صغيرة من الصابون المبشور، ويقلب الخليط جيدًا، ثم يتم تصفية المزيج (يبقى المحلول فعالًا لعدة أسابيع إذا تم حفظه فى وعاء محكم الغلق) .. هذا المحلول لا يكون قاتلًا لحشرات النحل والحشرات الأخرى المفيدة؛ لأن مفعوله ينفذ بعد عدة ساعات من رشه على النبات بعكس محلول النيكوتين.

ملحوظه: عدم رش هذا المحلول على النباتات الصالحة للأكل، أو التى تؤكل أوراقها.

3- منقوع الكمبوست أو الأسمدة العضوية:

مستخلص الكمبوست Compost Tea:

يمكن استخدام مستخلص الكمبوست فى تغذية النبات عن طريق الرش؛ وذلك لاحتوائه على جميع العناصر الضرورية اللازمة لنمو النباتات، وكذلك منشطات ومنظمات النمو الطبيعية.

وكذلك لمقاومة الأمراض الفطرية والبكتيرية؛ حيث إنه يحتوى على المضادات الحيوية .. وللحصول على مستخلص الكمبوست يتم نقع الكمبوست فى الماء (بمعدل 100 كيلو كمبوست + 1000 لتر ماء)، وذلك لمدة 24 ساعة، ثم الترشيح، ويستخدم الراشح الرائق، أما الجزء الصلب المتبقى فيضاف إلى التربة الزراعية.

ولتغذية النباتات يتم تخفيف الراشح بنسبة 1: 20، أما فى حالة استخدام Compost Tea لمقاومة الأمراض الفطرية والبكتيرية، فإنه يستخدم بعد التخفيف بنسبة 1: 100.

- وعند استخدام Compost Tea للوقاية من الأمراض الفطرية والبكتيرية والحشرات، فإنه يرش على النباتات بمعدل يومى لمدة أسبوع.
- ثم يوم بعد يوم.
- ثم مرتين أسبوعيًّا.
- ثم مرة واحدة أسبوعيًّا.
- ويفضل استخدام Compost Tea خلال مراحل النمو الأولى؛ للحصول على نباتات قوية، ولها قدرة على المقاومة، ويجب استخدام Compost Tea فور الاستخلاص؛ للحصول على نتائج جيدة، وعدم تخزينه أو تعرضه للحرارة أو الشمس.

لجعل محلول المنقوع يلتصق على النبات، يضاف إليه نصف ملعقة من الصابون المبشور، أو نصف ملعقة من زيت القلى لكل 5 لتر من المنقوع.

مزارع المحاليل المغذية:

وفى مزارع المحاليل المغذية ظهرت محاليل أخرى على أساس طريقة التغذية:

مثل محاليل الأغشية المغذية NFT) NUTRIENT FILM TECHNIQUA).

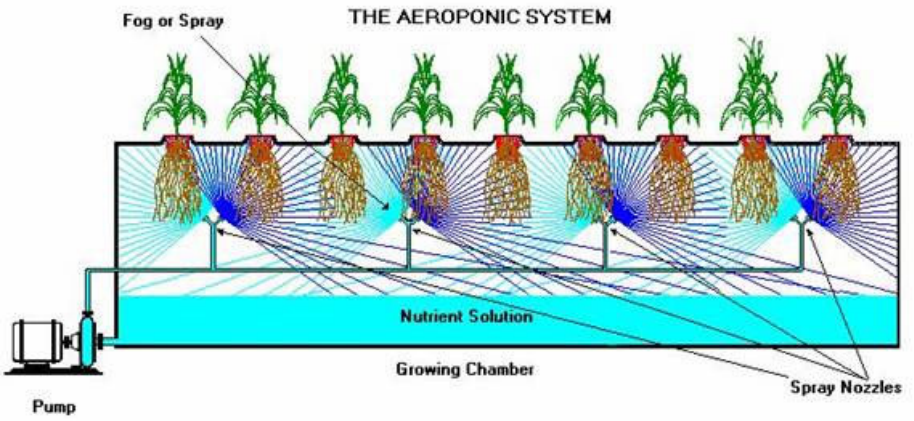
وطريقة المحاليل الساكنة STATIC SOLUTION CULTURE.

ومنها المحاليل العميقة DEEP SOLUTION أو السطحية SHAIIOW SOLUTION.

بالإضافة إلى التغذية بطريقة الرذاذ MIST، فيما يعرف بالمزارع الهوائية.

وبصفة عامة، يمكن القول إن مزارع المحاليل المغذية أو الـ HYDROPONICS، هى حجر الأساس الذى ارتكزت عليه الزراعات اللا أرضية، وتعرف بأنها تكنولوجيا إنماء النباتات فى المحاليل المغذية، مع استخدام أو عدم استخدام بيئة خاملة كعامل تثبيت ميكانيكى (مثل الرمل – الحصى - نشارة الخشب -الصوف الصخرى ... إلخ).

وغالبًا ما يكون المحلول فى حالة دوران CIRCULATING فى نضام مغلق CLOSED SYSTEM (حيث يعاد استخدام المحلول أكثر من مرة)، أو غير متحرك -STATIC OR NON CIRCULATING فى نظام مفتوح OPEN SYSTEM، أى يستخدم المحلول مرة واحدة. وبالتوسع فى هذا المجال، ظهر اصطلاح SOILLESS CULTURE، وتعنى الزراعة بدون تربه أو أرض، أو الزراعة اللا أرضية، وكله يعنى إنماء النباتات فى بيئات خاملة صلبة (من غير التربة)، مع التغذية بالمحاليل المغذية، ومع الفرق بين SOILLESS CULTURE والـ HYDROPONICS، إلا أنهما يعنيان بالزراعة بعيدًا عن التربة والأرض الطبيعية أيًّا كانت طريقة أو وسيلة النمو؛ مما يجعل مصطلح الزراعة اللا أرضية ومرادفاتها مصطلحًا جامعًا لكل طرق الزراعة التى لا تتخذ من الأرض بيئة ومهدًا لنمو النباتات، بما فيها الهيدروبونكس، وهذه التجربة المستخدمة هنا.



الزراعة فى البيئات الصناعية المختلفة : Soilless cultures

يعنى نظام الزراعة المحمية لإنتاج النباتات تحت ظروف عالية من التحكم فى عوامل النمو المختلفة، وهى العوامل الجوية والعوامل الأرضية والعوامل الخاصة بالنبات؛ فأما بالنسبة للعوامل الجوية من حرارة ورطوبة والإشعاع الشمسى والرياح .. فهذه جميعًا يمكن التحكم فيها بدرجة كبيرة؛ بحيث يمكن إنشاء الصوب الزراعية المناسبة لضبط جو الصوبة الداخلى، بما يناسب النمو الأمثل للنبات.

أما بالنسبة للعوامل الأرضية، فيمكن التحكم فيها بدرجة كبيرة؛ وذلك للتغلب على مشاكل التربة، من أمراض وعدم انتظام التوازن الهوائى / المائى بداخلها، ومكونات التربة الكيميائية التى قد تضر بنمو النبات، وعدم انتظام التوازن الغذائى بها. ويمكن التغلب على جميع هذه المشاكل عن طريق استخدام نظم الزراعة فى البيئات الصناعية بدون تربة (Soilless culture)، ويطلق عليها أحيانًا الزراعة باستخدام المنشآت المائيةHydroponics ؛ حيث تعتمد هذه النظم على زراعة النبات فى بيئة مجهزة، يتوفر فيها جميع العوامل المناسبة تمامًا لنمو النبات، وقد تتكون هذه البيئة من مواد صناعية أو طبيعية أو الاثنين معًا، وكل منها يلزم لتحقيق غرض ما، سواء لتدعيم النباتات، أو تحسين الخواص الطبيعية للبيئة، مثل التهوية، والقدرة على ادمصاص العناصر الغذائية، أو القدرة على حفظ الماء .. وعادة لا تحتوى هذه المواد على أى حبيبات دقيقة الحجم، سواء فى حجم السلت أو الطين، ومن أهم المواد الشائع استخدامها فى تجهيز وسط الزراعة بدون تربة: الرمل - الزلط والحصى - المواد العضوية سواء بيت أو قش – الفرميكيوليت – البرليت – الأستروفوم - الصوف الصخرى Rock Woll.

وفى بعض أنواع المزارع بدون تربة، لايستخدم فيها أى من المواد الصلبة المذكورة، وتنمو النباتات فى محلول مغذى فقط، مع تدعيم النباتات بطريقة صناعية، مثل التعليق أو التثبيت على حوامل خاصة، وهى تسمى بالمزارع المائية Water Culture، وتشمل المزارع المائية ثلاثة أنظمة، تعتمد جميعًا على تنمية النباتات، بحيث تبقى جذورها دائمًا محاطة بالمحلول المغذى، وهى مزارع المحاليل الغذائية Nutrient solution culture، ومزارع الأغشية الغذائية Nutrient film Technique، ومزارع التهوية Aeroponics، وهى من أحدث نظم الزراعة المائية؛ بحيث تكون جذور النباتات محاطة دائمًا بهواء مشبع بالرطوبة، حيث ترش الجذور بالمحلول المغذى على دفعات. ومن أهم معوقات انتشار الزراعة بدون تربة فى مصر، أن معظم مستلزماتها تستورد من الخارج بأسعار مرتفعة، بدرجة لا تتناسب مع أسعار منتجاتها، خاصة تحت الظروف

المصرية .. كذلك تحتاج إلى خبرة فنية كبيرة لتشغيل وصيانة مكونات هذه النظم الزراعية الحديثة.

تقسم المزارع بدون تربة عمومًا حسب إمكانية إعادة استخدام المحاليل الغذائية أو محاليل الصرف مرة أخرى إلى:

- **النظم المفتوحة** :**Opened system** وفيها لايعاد استخدام محاليل الصرف مرة أخرى.
- **النظم المغلقة** :**Closed system** وفيها يعاد استخدام محاليل الصرف مرة أخرى.

أهم نظم الزراعة بدون تربة الشائع استخدامها تحت نظم الزراعة المحمية :

1- المزارع الرملية Sand Culture:

وهى من أكثر المزارع انتشارًا فى المناطق التى يتوفر فيها الرمال، وعادة ما تكون من النظم المفتوحة Open System، التى لايعاد فيها استخدام محلول الصرف، وفيها تنمو النباتات فى الرمل الخالى تقريبًا من السلت والطين، وتروى بالمحاليل الغذائية، ويستخدم لذلك نظام الرى بالتنقيط.

وتقام المزارع الرملية بعديد من الطرق، من أهمها:

أ- **تقام على أرض تعانى من مشاكل طبيعية يصعب علاجها**: حيث يتم حفر قطاع بطول الصوبة، وبعرض المصطبة، مع مراعاة أن يكون عدد المساطب وعرضها متناسبًا مع عرض الصوبة ونوع النبات المزمع زراعته، ويتم تسوية قاع الحفرة بحيث تسمح بوجود ميل يبلغ 3سم /10م (0.3٪). ثم يغطى قاع وجوانب الحفرة بالبلاستيك، على أن لا يقل سمكه عن 150 ميكرون، ويوضع فوق البلاستيك مباشرة ماسورة صرف بقطر 3 بوصة، مغطاة باللباد والزلط؛ لمنع نمو الجذور بداخلها، مع السماح بمرور المياه فقط دون الرمل إلى داخلها، ويجب أن تكون خطوط مواسير الصرف فى اتجاه ميل الأرض، وتوصل هذه المواسير فى الجانب المنخفض بماسورة صرف مجمع، وتكون عمودية على مواسير الصرف. وتصمم المزرعة بحيث يكون انحدارها من الجانبين نحو الوسط؛ حيث توضع ماسورة الصرف المجمع لتكون متصلة بمواسير الصرف الفرعية (حقليات)، وتكون عليها من الجانبين المائلين، مع جعل أرضية الصوبة كلها مائلة من أحد جانبى ماسورة الصرف المجمع نحو الجانب الآخر؛ لتسهيل حركة ماء الصرف. ويجب أن تكون أطراف مواسير الصرف بارزة فوق سطح التربة من بدايتها (من عند الأطراف التى توجد فى مستوى مرتفع من المزرعة)؛ حتى يمكن تنظيفها كلما دعت الضرورة. وبعد ذلك تغطى

المساحة كاملة بالرمل لعمق 30 - 50سم. ويلاحظ أن نقص عمق طبقة الرمل عن 30 سم فى بعض المناطق، يجعل من الصعب الاحتفاظ بمستوى واحد من الرطوبة فى كل أرجاء المزرعة، كما تزيد فرصة نمو جذور النباتات داخل مواسير الصرف.

وتروى النباتات فى هذا النوع من المزارع بطريقة التنقيط 4 مرات يوميًّا لمدة 5 - 10 دقائق فى كل مرة، مع حقن ماء الرى بالمحاليل المغذية.

ب- الزراعة فى أحواض خاصة، توضع على سطح التربة مباشرة، وتبطن هذه الأحواض بالبولى إثيلين: **كما فى** الطريقة السابقة، ويكون قاع الحوض مائلًا بمقدار 15 سم لكل 60 مترًا، وتوضع ماسورة للصرف فى القاع، بامتداد طول الحوض، وتتصل مواسير الصرف الخاصة بالأحواض المختلفة بماسورة صرف رئيس بالقطر نفسه على الأقل؛ لتجميع المحلول الزائد. وتتكون الأحواض بعرض 60 - 75سم، وبعمق 30 - 40سم.

2- **مزارع الحصى Gravel Culture:**

تعتبر مزارع الحصى ثانى أكثر المزارع الصناعية انتشارًا، وهى من النظم المغلقة Closed Systems، التى يعاد فيها استخدام المحاليل الغذائية عدة مرات، وتتكون بيئة نمو الجذور فى هذه المزارع من حصى صغير، يكون أغلبه بحجم حبة البسلة.

أفضل أنواع الحصى لهذه المزارع هو الجرانيت المجروش فى صورة حبيبات صغيرة غير منتظمة، تتراوح فى قطرها من 1.6 - 18مم، على أن يكون أكثر من نصف الحصى المستعمل بقطر 12مم تقريبًا، وأن يكون من نوعية صلبة، لا تتفتت مع الاستعمال، كذلك يستخدم للغرض نفسه الزلط البركانى حيث يتميز بخفة وزنه.

تصمم مزارع الحصى بحيث تسقى النباتات فيها إما بطريقة الرى تحت السطحى، أو بطريقة التنقيط .. وفى الطريقة الأولى يضخ المحلول المغذى من أسفل حتى يصل مستواه إلى نحو 2.5 سم من سطح المزرعة، ثم يسمح له بالصرف ثانية إلى خزان المحلول؛ ليعاد ضخه من جديد بعد فترة .. وهكذا يستمر استعمال المحلول نفسه لمدة تتراوح من 2 - 6 أسابيع، ثم يتم التخلص منه، ويحضر محلول جديد.

تؤثر الفترة بين الريات تأثيرًا كبيرًا على إمداد النباتات بحاجتها من الماء، والعناصر الغذائية، والأكسجين اللازم لتنفس الجذور. وتتأثر الفترة المناسبة بين الريات بعدد من العوامل، أهمها حجم الحبيبات، والنبات المنزرع، ومرحلة النمو، والعوامل الجوية. ويتراوح عدد مرات الرى

لمعظم مزارع الحصى من 3 - 4 مرات يوميًّا خلال فصل الشتاء، إلى كل ساعة على الأكثر نهارًا فى الجو الحار أثناء الصيف، ونظرًا لأن النباتات تمتص الماء بسرعة أكبر مما تمتص العناصر المغذية؛ لذا فإننا نجد أن تركيز الأملاح يزداد تدريجيًّا فى الغشاء المائى المحيط بحبيبات الحصى بعد كل رية، وتزداد سرعة تركيز الأملاح مع زيادة معدل النتح، لكن الرية التالية تخفض تركيز الأملاح فى الغشاء المحيط بحبيبات الحصى إلى المستوى الموجود فى المحلول المغذى. ويجب العمل على عدم تأخير الرى كثيرًا فى الجو الملبد بالغيوم، خاصة **عندما تكون الرطوبة النسبية قريبة من درجة التشبع.**

تؤثر سرعة ضخ المحلول المغذى فى بيئة الحصى وانصرافه منها، على توفير الأكسجين اللازم لتنفس الجذور، والنمو الطبيعى للنباتات. ويكفى عادة مدة 20 - 30 دقيقة لضخ المحلول المغذى، وصرف الزائد منه بالكامل؛ بحيث لا يتبقى منه سوى غشاء رقيق يحيط بالحصى حتى الرية التالية. ويمكن تحقيق ذلك بوضع مواسير صرف كبيرة فى قاع مزرعة الحصى.

ويمكن تعويض الماء الممتص بإحدى الطرق التالية:

1- بإعادة المحلول المغذى إلى حجمه الأصلى يوميًّا.

2- بإعادة المحلول المغذى إلى أكثر من حجمه الأصلى أسبوعيًّا؛ حيث يتناقص إلى أقل من حجمه الأصلى من نهاية الأسبوع قبل إضافة الماء إليه من جديد.

3- إمداد خزان المحلول المغذى بمصدر للماء ذو صمام، يتحكم فيه عوامة طافية، تعمل على غلق الصمام عند وصول مستوى المحلول المغذى إلى المستوى المطلوب، وهى أفضل طريقة.

تؤدى كثرة استعمال المحلول إلى تغيرات فى الـ pH؛ نتيجة عدم امتصاص النباتات للعناصر بالقدر نفسه، كما تزداد هذه التغيرات عند المحافظة على حجم المحلول، بإضافة ماء يحتوى على نسبة مرتفعة من الصوديوم والكالسيوم والبيكربونات؛ لذلك فإنه يلزم اختيار pH المحلول المغذى أسبوعيًّا؛ للوقوف على أى تغيير فيه، مع تعديله إذا لزم الأمر؛ ليكون دائمًا فى المجال المناسب، وهو من 6 - 6.5، وأفضل وسيلة لتعديل درجة الـ pH هى استخدام الأحماض، خاصة حمض النيتريك أو الفوسفوريك.

3- **مزارع بالات القش Straw bale cultures:**

تعتبر مزارع بالات القش من النظم المفتوحة Open Systems، التى يعاد فيها استعمال المحاليل المغذية. وقد استخدمت مزارع بالات القش بكثرة لإنتاج الخضر. ومن أهم عيوبها أن القش يكون سريع التحلل؛

فلايمكن استعماله إلا لموسم زراعى واحد، لكن هذا التحلل يساعد على رفع درجة حرارة جذور النباتات، وزيادة نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فى الصوبة. ولإنشاء مزرعة من بالات القش يفرد أولًا على أرضية الصوبة شرائح البولى إيثيلين، وتوضع بالات قش القمح أو الشعير عليها فى مكان خطوط الزراعة، على أن يزيد عرض شرائح البولى إيثيلين عن عرض البالات المستعملة، بمقدار 30سم من كل جانب، ثم تشبع البالات جيدًا بالماء، ويلزم لذلك عادة 60 لتر ماء يوميًّا لكل بالة (زنة 20 كجم) لمدة أربعة أيام.

4- **مزارع الصوف الصخرى Rockwool Cultures:**

تعتبر مزارع الصوف الصخرى من النظم المغلقة Clossed Systems، التى يعاد فيها استعمال المحاليل المغذية. وفيها تنمو جذور النباتات فى بيئة صناعية تسمى بالصوف الصخرى Rockwool (يشبه اللباد)، وتروى بماء يحقن - أثناء عملية الرى - بالمحاليل القياسية المناسبة للعناصر الغذائية، ويكون الرى فيها عادة بطريقة التنقيط.

ويصنع الصوف الصخرى بتسخين الجير وصخر البازلت معًا إلى درجة 1600هـ؛ حيث تنصهر، ثم يتدفقا فى جهاز يدور بسرعة عالية جدًّا؛ 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 5 ميكرون، وتحتوى على 97٪ منسافات بينية مملوءة بالهواء، وتبلغ كثافتها 70 كجم / متر مكعب. وتكون الألياف فى وسائد الصوف الصخرى المستعمل فى الأغراض الزراعية رأسية؛ لتسمح بتحرك الماء ونمو الجذور رأسيًّا وبصورة جيدة. أما الألياف الأفقية، فإن الجذور لا تتعمق خلالها كثيرًا، بل تميل للنمو الأفقى.

يتميز الصوف الصخرى بصعوبة تحلله بيولوجيًّا، ولا يحتوى على أية مواد ذائبة؛ ولذلك فإنه لا يمد النبات بأى عناصر غذائية أو غيرها، كما أنه لا يدمص العناصر الغذائية المضافة؛ لأن سعته التبادلية الكاتيونية منخفضة للغاية .. ويتراوح الـ pH فيه من 7 - 8.5؛ ولذلك فإنه فى بداية الزراعة نجد أن الصوف الصخرى يؤدى إلى رفع pH المحلول المغذى، الذى يبله لأول مرة

بمقدار وحدة pH؛ ولهذا فإنه يجب أن يقل pH المحلول المغذى بهذا القدر عند أول استخدام لهذه الوسائد.

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 3 نباتات خيار أو نباتات طماطم، ويكون الرى بطريقة التنقيط، باستعمال مواسير Pe حوالى 16 جم.

ويؤدى تغليف وسائد الصوف الصخرى بالبولى إيثيلين 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 الوسائد.

تسقى النباتات دائمًا بالمحاليل المغذية بنظام حقن المحاليل الغذائية المناسبة فى ماء الرى. وتحتاج النباتات إلى حوالى ثلاث ريات يوميًّا، وقد يختلف عن ذلك حسب حجم النباتات ودرجة حرارة الجو. ويجب أن يتوقف الرى عندما يبدأ تنقيط المحلول المغذى من الوسادة كماء صرف زائد، مع إعطاء رية غزيرة كل فترة؛ لمنع تراكم الأملاح داخل الوسائد.

ولا يمكن توزيع المحلول المغذى متجانسًا فى كل أنحاء الوسادة. فعندما يكون سمك الوسائد 15سم، نجد أن 2.5 سم السفلية، تكون مشبعة تقريبًا بالماء، ثم تقل درجة التشبع بالماء تدريجيًّا كلما اتجهنا لأعلى، إلى أن تصل 10٪ فقط من المسافات البينية فى الـ 2.5 سم العلوية. أما عندما تكون الوسائد بسمك 7.5، فإن المحلول المغذى يضاف لها بما يكفى لملء 77٪ من المسافات البينية بالماء، ويترك الجزء الباقى مملوءًا بالهواء.

ويمكن التخلص من بالماء 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 باستعمبال بروميد الميثايل، أو بالبخار لمدة 30 دقيقة بعد رص الوسائد فوق بعضها البعض، وتغطيتها بغطاء مناسب لهذا الغرض. ويفضل قلب الوسائد على الجانب الآخر قبل استعمالها فى الزراعة التالية.

5- مزارع المخاليط (البيت والمواد الأخرى):

تعتبر مزارع مخاليط البيت Reat Mixtures والمواد الأخرى - كالرمل، والفير مكيكوليت والبرليت، والبوليسترين، ونشارة الخشب - من النظم المفتوحة Open Systems، التى لا تستعمل فيها المحاليل المغذية سوى مرة واحدة. وفيها تنمو النباتات فى مخاليط خاصة، أساسها البيت موس غالبًا. ويمكنه عمل عديد من التصميمات الهيكلية، التى يمكن استخدامها لإنشاء مزارع مخاليط البيت والمواد الأخرى، مثل الفرمكيوليت والبرليت والإستروفوم .. ومن أهم هذه التصميمات:

أ - مزارع الأعمدة Column Cultures:

وهى عبارة عن أسطوانات مفتوحة الطرفين من البلاستيك PVC، أو الورق غير المنفذ للرطوبة، وتكون بقطر 20 - 35 سم، وتملأ هذه الأسطوانات بالمخلوط المناسب للنباتات المزمع زراعتها، وتروى النباتات بنظم الرى بالتنقيط، وتوضع هذه الأسطوانات رأسيًّا.

ب- مزارع الأكياس Bag Culture:

وهى عبارة عن أكياس من البلاستيك، وتكون عادة بطول متر، وبعرض 20سم، ويتسع هذا الكيس لزراعة نبات خيار أو ثلاثة نباتات طماطم، وهناك أكياس بطول 70 سم وبعرض 35سم .. وعادة ما توضع هذه الأكياس على امتداد خط الزراعة. وعمومًا فإن الحجم المناسب لنمو النبات حوالى 14لتر / نبات طماطم. ويجب أن يكون لون الكيس أسود من الداخل؛ يناسب نمو الجذور، وأبيض من الخارج فى المناطق الحارة، وأسود من الخارج فى المناطق الباردة.

6- المزارع المائية Water Cultures:

وهى أنواع من 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 اللا أرضية. وهى تعتبر من النظم التى يستخدم فيها المحلول المغذى لمدة طويلة قبل التخلص منه وتحضير غيره من جديد. وفيها تروى النباتات بالمحلول المغذى مباشرة؛ فلاحاجة لحقن محاليل سمادية مركزة فى ماء الرى، لكن تكون هناك حاجة لخزانات كبيرة، تتسع لضعف كمية المحلول المغذى التى تحتاجها جميع نباتات المزرعة يوميًّا؛ لتحقيق نوع من

الأمان بالنسبة لتغذية النباتات، وتثبيتها فى مكانها .. وفى هذه النوعية من المزارع، يجب جعل منطقة التاج (قاعدة الساق) تستند إلى طبقة رقيقة من وسط صلب، يكون غالبًا هو الغطاء البذرى، أو المكان الذى تنمو فيه الجذور.

ويلزم لنجاح هذه النوعية من المزارع المائية تحقيق شرطين أساسيين، هما:

1- توفير الأكسجين الكافى لنمو الجذور:

نظرًا لأنها تستنفد ما يوجد بالمحلول المغذى من أكسجين خلال فترة قصيرة، وتختلف طرق توفير احتياجات الأكسجين اللازمة للجذور نفسها حسب نوع المزرعة.

2- 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 نموها .. ويؤدى نموها إلى منافسة النباتات على العناصر الغذائية وإلى رفع pH المحلول المغذى، كما تتنافس النباتات على الأكسجين ليلًا .. ويؤدى تحللها إلى إنتاج مواد سامة، قد تتعارض مع النمو الطبيعى للنباتات.

نظم المزارع المائية التى يستخدم فيها المحلول المغذى كبيئة أساسية لنمو النباتات:

أ- مزارع المحاليل الغذائية Nutrient solution cultures:

تعتبر مزارع المحاليل المغذية أول أنواع المزارع المائية استخدامًا على النطاقين البحثى والتجارى، وفيها تبقى الجذور فى المحلول المغذى داخل حيز مغلق، يكون وعاءً بلاستيكيًا بحجم مناسب أو أحواض أسمنتية مطلية بالبيتومين، وتختلف الأحواض المستعملة لهذا الغرض فى العرض من 30 - 100سم، وفى الطول من 60 - 250 سم، وفى العمق من 15 - 22.5 سم. وهى تملأ بالمحلول المغذى لعمق 10 -15 سم، وتترك مسافة 5 - 7.5 سم حتى غطاء الحوض، الذى يكون صالحًا لكل من زراعة البذور، أو تثبيت الشتلات حسب طريقة الزراعة المتبعة.

يتكون غطاء الحوض من شبكة بلاستيكية (بدلًا من شباك السلك المجلفن، التى كانت تستعمل سابقًا؛ حتى يمكن تلافى مشكلة التسمم من الزنك)، تملأ بالإسيتروفوم Styrofoam وجزيئات بلاستيكية أخرى (بدلًا من القش، وبرى الخشب، ونشارة الخشب، والبيت موس،

وقشور الأرز، وهى المواد التى كانت تستعمل سابقًا، وتكون الشبكة - بما فيها من مواد مالئة - بسمك 5 – 10 سم.

ويتم توفير الأكسجين اللازم لتنفس الجذور فى هذا النوع من المزارع، بواسطة مضخة صغيرة، تعمل بصفة دائمة، وتدفع الهواء من خلال ثقوب توجد فى قاعدة مسامية Porus بقاع حوض الزراعة، فيخرج على شكل فقاقيع، فيذوب بذلك جزء من الأكسجين فى المحلول المغذى، وقد تم التوصل إلى طريقة لنمو النباتات فى محاليل مغذية، دون الحاجة لتهويتها، وفى هذه الطريقة تربى النباتات، بحيث تمتد جذورها خلال حيز هوائى عريض، تحصل منه على احتياجاتها من الأكسجين قبل أن تمتد فى المحلول المغذى.

ب- مزارع الأنابيب Tube Cultures:

تستعمل فى مزارع مواسير أنابيب من البولى فينايل كلورايد (PVC)، بقطر 4 بوصة، تشق طوليًا إلى نصفين، ويغطى مكان القطع بالبلاستيك الأسود؛ لمنع نفاذ الضوء. وتستخدم هذه الأنصاف فى زراعة النباتات ذات النمو الخضرى والجذرى المحددين؛ 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 7.5 سم كل 30 مترًا؛ لتعمل على حسن انسيابه فيها. ويعاد استعمال هذه الأنابيب فى الزراعة بعد تعقيمها بهيبوكلوريد الصوديوم، لكن يجب أن يستعمل معها غطاء بلاستيكى جديد.

وتتحقق التهوية اللازمة للمحلول المغذى فى هذه النوعية من المزارع أثناء مروره من الأنابيب إلى خزان المحلول .. ويساعد وضع عدد من الحواجز فى طريقه إلى زيادة اختلاطه بالهواء.

ج- مزارع الأغشية المغذية الرقيقة: "NFT" (Nutrient Film Techinique)

تتواجد جذور النباتات فى الأغشية المغذية بين طبقتين من البلاستيك، تحصران بينهما حيزًا ضيقًا، ينساب فيه المحلول المغذى بصورة دائمة على شكل غشاء بسمك 3 ملليمتر فقط.

مزايا وعيوب نظم الأغشية المغذية:

من أهم مميزات نظم الأغشية المغذية:

1- 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 2٪ بين الزراعات المتتالية.

2- التوفير فى الماء؛ نظرًا لأن المحلول المغذى يمر فى نظام مغلق، فلا يتعرض للتبخر، ويستعمل أكثر من مرة.

3- يحضر المحلول المغذى ويختبر ويعدل فى نقطة واحدة، ويمكن أن يتم ذلك آليًا، كما يمكن تدفئته بسهولة إلى الدرجة المناسبة، وبذلك يمكن التوفير فى الطاقة.

4- يمكن مكافحة الآفات بسهولة، بإضافة المبيدات الجهازية التى تمتص عن طريق الجذور إلى المحلول المغذى.

ومن أهم عيوب الأغشية المغذية الرقيقة:

1- سرعة انتشار الأمراض التى تصيب النباتات عن طريق الجذور، لكن يفترض دائمًا اتخاذ الاحتياطات اللازمة؛ لمنع وصول هذه الأمراض إلى المزرعة، خاصة أنها فى البداية خاليًا تمامًا منها.

2- احتمال إصابة قاعدة ساق النبات بما يشبه الاحتراق؛ 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 المحلول بالسمك المناسب.

3- تحتاج إلى نوعية جيدة من المياه.

4- تحتاج إلى إمداد طاقة مستمر.

5- زيادة التكاليف الإنشائية نسبيًا.

ولتصميم مزرعة الأغشية المغذية الرقيقة، يتم أولًا إعداد قنوات مستوية تمامًا، وتوضع على أرضية من الأسمنت مائلة بمقدار 1٪، وتصنع هذه القنوات من الخشب، أو البلاستيك، أو المعدن، أو الأسمنت. 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 23 سم، وارتفاعها 5سم فى مزارع الطماطم والخيار، أما طولها، فيجب ألا يزيد عن 30 - 40 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 القناة (Calle) ومكعبات إكثار الشتلات. ويستعمل لذلك الغرض غشاء بلاستيكى بسمك 130 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 من أية مادة غير صلبة. **وترجع أهمية أغطية القنوات إلى أنها**:

1- تمنع فقد الماء بالتبخر.

2- تحجب الضوء عن القنوات؛ فتمنع بذلك نمو الطحالب التى تمتص الغذاء، وتؤدى إلى بطء انسياب غشاء المحلول المغذى.

3- تساعد على التحكم فى درجة حرارة الجذور.

من المفضل أن يكون السطح الخارجى لأغطية القنوات أبيض أو فضى اللون؛ لتقليل اكتساب الحرارة، وللعمل على عكس الضوء وتشتيته حول النبات، التى قد تكون بحاجة إليه فى الظروف التى تقل فيها شدة الإضاءة. 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 ذات لون أسود من الداخل وأبيض من الخارج. وقد تستعمل فى المناطق شديدة الحرارة أغطية للقنوات، تتكون من غشاءين من البلاستيك، بينهما مسافة من الهواء الساكن؛ لتقليل التبادل الحرارى.

وفى هذه النظم يتجمع المحلول المغذى بالجاذبية الأرضية فى خزان، يوضع فى نهاية القنوات، ثم يعاد ضخه من الخزان إلى قناة رئيسة، تكون متعامدة على النهايات العلوية للقنوات، وتزودها بالمحلول من خلال مواسير رفيعة أو صمامات خاصة. ويتم ضبط معدل تدفق المحلول

المغذى، بحيث يكون على صورة غشاء بسمك 3 مم على امتداد قاع القناة؛ لأن زيادة سمكه عن ذلك تؤدى إلى حجب الأكسجين عن الجذور.

وسواء استعمل المحلول المغذى لمدة أسبوعين أو لمدة أطول من ذلك، فإنه يلزم اختباره يوميًّا؛ لتقدير الـ pH، ودرجة التوصيل الكهربى (EC)؛ فالـ pH يجب أن تظل دائمًا فى حدود 6- 6.5، ويعدل عند الضرورة، بإضافة الأحماض المذكورة سابقًا فى حالة ارتفاع الـ pH عن 65، كما أن درجة التوصيل الكهربى للمحلول المغذى المقترح استعماله، تقدر بنحو 3 ملليموز / سم، فإذا انخفضت مع الاستعمال إلى 2 ملليموز / سم، لزمت إضافة جميع المركبات المستعملة فى تحضير المحلول بالقدر الذى يكفى لإعادة القراءة إلى 3 ملليموز / سم، ويمكن أن يتم ذلك كله أتوماتيكيًّا.

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 الأكسجين .. 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 oxideوتوضع النباتات التى يراد زراعتها فى مزارع الأغشية المغذية الدقيقة فى أوعية خاصة، مثل: أصص البيت، أو مكعبات الصوف الصخرى، أو أقراص الجفى GVS، ويفضل استعمال مكعبات الصوف الصخرى؛ حتى لايؤدى البيت موس الموجود فى الأوعية الأخرى إلى انسداد قنوات الزراعة وسوء التهوية، وتوضع الأصص فى القناة، ويحافظ على النباتات فى مكانها بضم البلاستيك بمشابك خاصة.

7- المزارع الهوائية Aeroponics: 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 100٪، ويحقق هذا النظام أكبر استفادة ممكنة من المساحة المتوفرة من البيوت المحمية؛ نظرًا لأن النباتات تثبت فى ثقوب على جانبى هيكل على شكل حرف A، وقد استخدمت هذه المزارع بنجاح فى إنتاج الخس.