الفصل الثالث والعشرون

الزراعة بدون تربة والمزارع المائية

يعنى بالزراعة بدون تربة Soiless Culture إنتاج النباتات بأية طريقة غير زراعتها فى التربة الزراعية ، علمًا بأن مفهوم الأراضى الزراعية يتضمن الأراضى المعدنية أيًّا كان قوامها ، والأراضى العضوية أيًّا 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 بدونة 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 لنمو 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 لنمو 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 بهما ، 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 صناعيًّا ، وتخلو 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 إلّا داخل البيوت المحمية .

وبرغم معرفة المزارع المائية منذ ما قبل الميلاد ، إلّا أنها لم تتطور وتستخدم لغرض إنتاج الغذاء على نطاق واسع إلّا 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) .

٢٣ – ١ : مزايا وعيوب المزارع المائية

لا يعد الإنتاج الزراعى فى المزارع المائية أمرًا اقتصاديًا أو منطقيًا فى منطقة ما إلّا فى غياب الأرض الصالحة للزراعة ، أو إذا كانت التربة ملوثة بآفات خطيرة لايمكن مكافحتها . والسبب فى ذلك أن التكلفة الإنشائية للمزارع المائية مرتفعة كثيرًا ، إلّا أن ذلك يجب أن يقارن بتكلفة استصلاح الأراضى ، نظرًا لأن إقامة مزرعة مائية يعنى استغلال أرض غير مستصلحة فى الإنتاج الزراعى .

٢٣ – ١ – ١ : المزايـــا

تحقق المزارع المائية المزايا التالية :

١ – إمكانية الإنتاج الزراعى فى مناطق تستحيل فيها الزراعة بالطرق الأخرى .

٢ – تتقارب الإنتاجية فى المزارع المائية مع الزراعات المحمية العادية (فى أرض الصوبة) ، ولكنها تتفوق على إنتاجية الزراعات المكشوفة ، وتتبقى 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 . ويبين جدول (٢٣ – 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 للإيكر (الإيكر = ٠,٩٦٣ فدان) ، بينما بلغت مدة شغل الطماطم للأرض (بخلاف المشتل) ١٣٠ يومًا ، ويعنى ذلك أن محصول الطماطم بلغ ٣٧٧ طنًا للإيكر . وبالمقارنة .. فقد بلغ محصول الخيار ٥٥٦ طنًا للإيكر . 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 – كاللفت – 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 (٢٣ - ١) : مقارنة معدل الإنتاج اليومى ومدة النمو لعدد من الخضروات فى مزرعة رملية بجزيرة السعديات فى « أبو ظبى » (عن Fontes 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
البامية	١,٠	١٤٢
الطماطم	٢,٩	١٣٠
اللفت	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 .

٢٣ - 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) .

٢٣ – 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 .

٢٣ – 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 ionization ، 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 .

٢٣ - ٢ - ٢ : التركيز الكلى للأملاح بالمحلول المغذى

يوجد بالمحاليل 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 تدريجيًّا 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 قياسيًّا 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 (٢٣ - 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 سلبيًّا بزيادة الضغط الإسموزى إلى ١,٤ ضغط جوى ، واستمر التدهور فى نموها بزيادة الملوحة عن ذلك .

جدول (٢٣ - 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 الغذائى 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
المسترد	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	(*)	(*)

(*) موت النباتات بسبب زيادة الملوحة

٢٣ – 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 النباتى ، على أن تكون العناصر المغذية الكبرى فى حالة توازن أيونى فيما بينها . ويوضح جدول (٢٣ – ٣) النسبة المئوية المناسبة والمجال المناسب لهذه النسبة لكل من الأيونات الستة الرئيسية فى المحلول المغذى ، على اعتبار أن مجموع نسب الأنيونات (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 المركبات المبينة فى جدول (٢٣ – ٤) فى لتر ماء .

جدول (٢٣ – 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
	Mg^{++}	٢٠	٣٠ - ١٥

جدول (٢٣ – ٤) : كميات الأسمدة اللازمة لتحضير محلول مغذ فى حالة توازن أيونى بالصورة المبينة فى جدول (٢٣ – ٣) .

المادة	الكمية (ملليجرام / لتر ماء)
فوسفات البوتاسيوم	١٣٦
نترات الكالسيوم	١٠٦٢
كبريتات المغنسيوم	٤٩٢
نترات البوتاسيوم	٢٩٣
كبريتات البوتاسيوم	٢٥٢
أيدروكسيد البوتاسيوم	٢٢٤

هذا .. ويُبين جدول (٢٣ – 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 ، إلّا

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 لنمو الجذور ، وإنما تكون فيها الجذور مغمورة فى المحلول المغذى .

جدول (٢٣ – 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 ـ ٣٠٠
الفوسفور	٥٥	٥٠ ـ ١٠٠
البوتاسيوم	١٧٥	١٠٠ ـ ٤٠٠
الكالسيوم	١٠٥	٣٠٠ ـ ٥٠٠
المغنسيوم	٩٠	٥٠ ـ ١٠٠
الكبريت	١٢٥	٢٠٠ ـ ١٠٠٠
الصوديوم		١٥٠ ـ ١٠٠٠
الحديد	١,٠	٢ ـ ١٠
البورون	٠,٠٠٨	٠,٠٥ ـ ٥,٠
المنجنيز	٠,٣٦	٠,٠٥ ـ ٥,٠
الزنك	٠,٠٤٦	٠,٠٥ ـ ١,٠
النحاس	٠,٠٢٦	٠,٠١ ـ ٠,٥
الموليبدنم	٠,٠٠١	٠,٠٠١ ـ ٠,٠٠٢

(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 الملبد 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 أُريدت أقلمة الشتلات ، بينما يجب أن تكون التركيزات فى الحدود الموصى بها أو نصفها فى الإضاءة القوية ، نظرًا لزيادة النتح تحت هذه الظروف .

٢ – نوع المزرعة المائية : إذ تتوقف التركيزات المناسبة لمختلف العناصر الغذائية على نوع المزرعة المستعملة .

٣ – المحصول المزروع : فيزداد تركيز النيتروجين فى المحاصيل الورقية ، كالخس ، عنه فى مزارع الطماطم أو الخيار .

٤ – مرحلة النمو النباتى : 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

سبقت مناقشة أعراض نقص العناصر تحت ظروف الحقل بالتفصيل فى الفصل التاسع . ولا تختلف أعراض النقص فى المزارع المائية عما سبق ذكره . هذا .. إلّا 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 المائية ما يلى :

١ – تظهر أحيانًا تشققات دائرية سطحية جدًّا 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 .

وسبقت كذلك مناقشة أعراض التسمم النباتى الناشئة عن زيادة تركيز العناصر الغذائية فى المزارع الحقلية فى الفصل التاسع وفى الجزء (١٨ – ١ – ١) ، وهى لا تختلف أيضًا عما 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 التقسية 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 النتراتى 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 تكوّن 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 الأخضر .

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 الفاتح 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 .

٢٣ – ٢ – ٤ : pH المحلول المغذى

يتراوح الـ pH المناسب للمحاليل المغذية من ٦ – ٦,٥ ، وهو يتأثر بدرجة كبيرة بالتوازن بين أيونى 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 لنمو 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) .

٢٣ – 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 – بالمللى مولار (mM) : يحضر محلول بتركيز مولار واحد 1M (أو 1 molar) بإذابة الوزن الجزيئى للمادة فى لتر من الماء . ويحضر محلول بتركيز واحد مللى مولار 1 mM بإذابة الوزن الجزيئى للمادة فى ١٠٠٠ لتر من الماء .

٣ – بالمللى مكافىء/ لتر (millequivalents/ liter . واختصارًا .. me/l) : الوزن المكافىء بالجرام gram equivalent هو الوزن الجزيئى بالجرام مقسومًا على الشحنة valency . فمثلاً .. الوزن المكافىء لملح كلوريد البوتاسيوم الذى يتكون من أيونات أحادية 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 لهما نفس التركيز بالملى مكافىء/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) .

٢٣ – 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 البوليثيلين ، 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 ٢٣ – ١) ، ثم تخفن فى ماء الرى عند الاستعمال كما سبق بيانه فى الجزء (١٨ – ٨ – ٣) . 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 قياسى 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 ٢٣ – ٢ – ٩) .

شكل ٢٣ – ١ : خزانات المحاليل القياسية المركزة Stock solutions للعناصر المغذية التى تخفن بنسب

٢٣ - 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 تمامًا . فإن لم يكن كذلك (وهو الأمر الغالب) لزم إضافة المزيد من نترات الكالسيوم لتعويض النقص الناشىء عن عدم النقاوة . فمثلًا .. 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

$$\therefore ١ \text{ ملليجرام/ لتر} = \frac{١ \text{ ملليجرام}}{١ \text{ لتر}} \times \frac{٠,٠٠٠٠٠٢٢٠٤٦}{١ \text{ ملليجرام}} \times \frac{١ \text{ لتر}}{٠,٢١٩٩٨ \text{ جالون إنجليزى}}$$

= 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 . فمثلًا .. 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 ٠,٠٠٠٧٦١ 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 أولًا ، ثم استعمال سماد آخر فى تأمين باقى الاحتياجات من العنصر الأول (Resh ١٩٨١) .

٢٣ - ٢ - ٨ : الأسمدة التى يشيع استخدامها فى تحضير المحاليل المغذية

يتضمن جدول (٢٣ - 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 تخّير الأسمدة التى يمكن استعمالها كمصادر للعناصر المختلفة .

كما يبين جدول (١٨ - ١١) كيفية حساب الكميات اللازمة من الأسمدة البسيطة إذا عرفت الكميات المطلوبة من العناصر أو العكس .

أما جدول (٢٣ - ٧) فإنه يعطى النسبة المئوية للنقاوة فى أهم الأسمدة التجارية المستخدمة كمصادر للعناصر الكبرى .

ولتسهيل العمليات الحسابية ، فإن جدول (٢٣ - 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 .

٢٣ - 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 نتراتى فقط ، بينما يتوفر النيتروجين فى المحلول الثانى فى صورتيه النتراتية والأمونيومية . ويحضران من تسعة محاليل قياسية standard stock solutions مختلفة . هذا .. وتحضر المحاليل القياسية ، كما فى جدول (٢٣ - ٩) ، بينما يحضر محلولا هوجلاند من هذه المحاليل القياسية ، كما هو مبين فى جدول (٢٣ - ١٠) ، وهى التى تستعمل فى تغذية النباتات (عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠) . ويقتصر استعمال محاليل هوجلاند غالبًا على دراسات فسيولوجيا النبات .

جدول (٢٣ - 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 ثنائى 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	تجب إذابته فى الماء الساخن
فوسفات أحادى الكالسيوم $Ca(H_2PO_2) H_2O$	٢٥٢,١	$Ca^{++}, 2H_2 PO_4^-$	١ : ٦٠	منخفضة	

جدول (٢٣ - 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		
		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	F^{+3} $3Cl^-$	١ : ٢		

جدول (٢٣ - 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 (٢٣ – ٧) : نسبة النقاوة فى بعض الأسمدة التجارية الهامة .

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 (٢٣ – 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
نتروفوسكا (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 (٢٣ - ٩) : طريقة تحضير المحاصيل القياسية اللازمة لعمل محلولى هوجلاند (أ) ، (ب) .

رقم المحلول القياسى	المركب وتركيبه الكيميائى		الكمية اللازمة من المركب بالجرام لتحضير لتر من المحلول القياسى
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 ٪[1]

(١) مثال : إذا استخدم التحضير التجارى Seque strene 330 كمصدر للحديد ، فإنه يلزم منه ١٠ جم تذاب فى الماء لعمل لتر من محلول الحديد القياسى ، نظرًا لاحتواء هذا المركب على الحديد بنسب ١٠٪ .

جدول (٢٣ - ١٠) : طريقة تحضير محلولى هوجلاند أ ، ب من المحاليل القياسية المبينة فى جدول (٤ - ٩) .

محلول هوجلاند[1]	المحلول القياسى (انظر جدول ٢٣ - ٩)	الكمية اللازمة بالمليلتر (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 (٢٣ – ١١) من الأملاح النقية والماء المقطر ، ويستخدم غالبًا فى دراسات فسيولوجيا النبات (Devlin ١٩٧٥) .

جدول (٢٣ – ١١) : الأملاح المستخدمة فى تحضير محلول هيوت Hewitt المغذى وتركيزاتها به .

الملح	التركيز		
	جم / لتر	جزء فى المليون	ملى 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 $Na\ H_2\ PO_4 . 2H_2O$	٠,٢٠٨٠٠٠	الفوسفور = ٤١	١,٣٣
كبريتات المغنسيوم $Mg\ SO_4 . 7H_2\ O$	٠,٣٦٩٠٠٠	المغنسيوم = ٢٤	٣,٠٠
سترات الحديديك	٠,٠٢٤٥٠٠	الحديد = ٥,٦	٠,١
كبريتات المنجنيز $Mn\ SO_4$	٠,٠٠٢٢٣٠	المنجنيز = ٠,٥٥	٠,٠١
كبريتات النحاس $Cu\ SO_4 . 5H_2O$	٠,٠٠٠٢٤٠	النحاس = ٠,٠٦٤	٠,٠٠١
كبريتات الزنك $Zn\ SO_4 . 7H_2O$	٠,٠٠٠٢٩٦	الزنك = ٠,٠٦٥	٠,٠٠١
حامض البوريك $H_3\ BO_3$	٠,٠٠١٨٦٠	البورون = ٠,٠٣٧	٠,٠٣٣
موليبدات الأمونيوم $(NH_4)_6\ MO_7\ O_{24}.4H_2O$	٠,٠٠٠٠٣٥	الموليبدنم = ٠,٠١٩	٠,٠٠٠٢
كبريتات الكوبالت $Co\ SO_4\ 7H_2O$	٠,٠٠٠٠٢٨	الكوبالت = ٠,٠٠٦	٠,٠٠٠١
كلوريد الصوديوم $Na\ Cl$	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 القياس رقم (١) الكميات التالية من الأملاح ومحلول العناصر الدقيقة المركزة :

	الكمية اللازمة لكل ٢٠٠ لتر ماء
نترات البوتاسيوم $K\ NO_3$	٩,٦ كجم
فوسفات البوتاسيوم $K\ H_2\ PO_4$	٥,٥ كجم
كبريتات المغنسيوم $Mg\ SO_4 . 7\ H_2O$	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 (شكل ٢٣ - 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 (٢٣ - ١٢) : تركيز العناصر فى المحلول المغذى المستعمل فى كاليفورنيا .

العنصر	التركيز بالجزء فى المليون	التركيز بالملى مكافىء/ لتر
النيتروجين النيتراتى	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 جدًّا .

	الكمية بالجرام
كبريتات الحديد	١١٣
كبريتات المنجنيز	٧,٥
كبريتات النحاس	٣,٥
بوراكس (Sodium tetraborate)	٨٥
كبريتات الزنك	٣,٥

٣ – يستعمل فى تكساس المحلول المغذى التالى بنجاح (Wittwer & Honma ١٩٧٩)

السمـــاد	التحليل	كمية السماد بالجرام لكل ١٠٠ جالون من المحلول السمادى
نترات البوتاسيوم	١٣ – صفر – ٤٤	٦٧
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	٧٥٪ P_2O_5	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 المخلوطين 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 مل

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 شتاءًا ، وزيادة كبريتات النحاس صيفًا ، وإضافة ٠,٣ جم كبريتات بوتاسيوم فى الجو الملبد 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 ماء	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 (٢٣ – 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 .. ويُبين جدول (٢٣ – 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) .

٢٣ – 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 ، والفيرميكيوليت ، 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 Systems

٢ – نظم لا توجد فيها بيئة صلبة لدعم الجذور Liquid System ، ويتم فيها تدعيم وتثبيت الجذور بوسائل خاصة .

كما تقسم المزارع 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 المزارع تسقى بماء يحقن أثناء الرى بالمحاليل القياسية المركزة للعناصر الغذائية كما سبق بيانه فى الجزء (٢٣ – 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 المزارع تسقى بالمحاليل المغذية المخففة مباشرة ، لذا فإنها لا تحتاج إلى أجهزة لخلط المحاليل السمادية المركزة بالماء ، ولكن تلزم لها خزانات كبيرة لحفظ المحاليل المغذية المستعملة فى الرى .

جدول (٢٣ – ١٣) : طريقة تحضير محاليل مغذية خاصة بمحاصيل فى مراحل معينة من نموها[١] .

المركب السمادى (الدرجة التجارية) وتركيبه الكيمائى وتحليله (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 إيسوم) $M_g SO_4 . 7 H_2 o$	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 جيريًا .
(٤) أنظر جدول (٢٣ – ١٤) بخصوص طريقة تحضير محلول العناصر الدقيقة .

جدول (٢٣ - ١٤) : طريقة إعداد محلول العناصر الدقيقة الذى يستخدم فى تحضير المحاليل المغذية المبينة فى جدول (٢٣ - ١٣) .

الملح ورمزه الكيميائى	العنصر الذى يوفره الملح	تركيز العنصر بالجزء فى المليون فى المحاليل النهائية (المبينة فى جدول ٢٣ - 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 MoO_3	الموليبدنم	٠,٠٣	٠,١٥
كبريتات الزنك $ZnSO_4.7H_2O$	الزنك	٠,٠٩	١,١٨

(١) يضاف محلول العناصر الدقيقة إلى المحاليل المغذية المبينة فى جدول (٢٣ - ١٣) بنسبة ١٥٠ مل منه لكل ١٠٠٠ لتر من المحاليل المغذية .

(٢) يحتوى المخلوط على ١٥,٩٥ جرامًا 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 .

٢٣ - 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 يحقن أثناء عملية الرى بالمحاليل القياسية المركزة Stock Solutions للعناصر المغذية ، ويكون الرى فيها بطريقة التنقيط . وستقتصر 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 (٢٣ - ١٥) : التوزيع المثالى لحجم حبيبات الرمل فى المزارع الرملية .

حجم حبة الرمل (بالملليمتر)	التوزيع (٪)
أكثر من ٤,٧٦٠	١
٢,٣٨٠ - ٤,٧٦٠	١٠
١,١٩٠ - ٢,٣٨٠	٢٦
٠,٥٩٠ - ١,١٩٠	٢٠
٠,٢٧٧ - ٠,٥٩٠	٢٥
٠,١٤٩ - ٠,٢٧٧	١٥
٠,٠٧٤ - ٠,١٤٩	٢
أقل من ٠,٠٧٤	١

والمزارع الرملية المثالية هى التى يكون توزيع حجم حبيبات الرمل فيها كما هو مُبين فى جدول (٢٣ – ١٥) ، ويساعد ذلك التوزيع على تحسين النفاذية والتهوية ، مع الاحتفاظ بالقدر المناسب من الرطوبة فى بيئة نمو الجذور . وعمومًا .. فإن الرمال المستعملة يجب أن تغسل جيدًا من السلت والطين .

وتقام المزارع الرملية بإحدى الطرق الآتية :

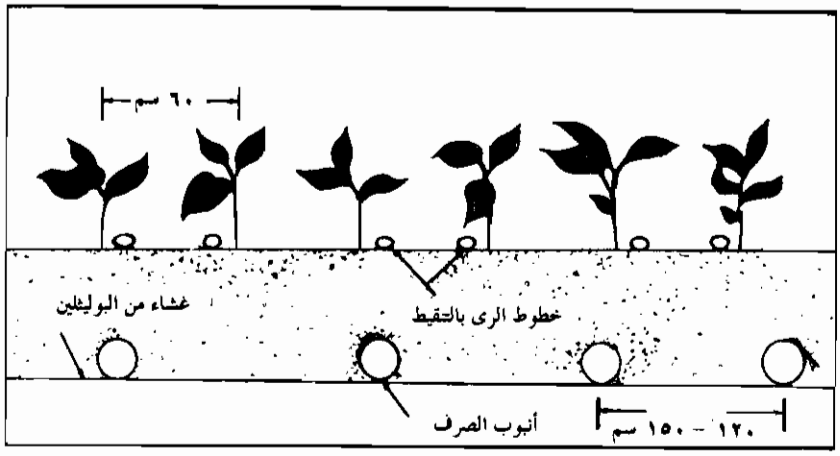
١ – بالزراعة مباشرة فى رمال الشواطىء بعد غسلها جيدًا بالماء كما كان عليه الحال فى المزارع الرملية بجزيرة السعديات فى « أبو ظبى » (Fontes ١٩٧٣) . ولا تختلف الزراعة فى هذا النوع من المزارع كثيرًا عن الزراعة فى البيوت المحمية العادية .

٢ – بالزراعة على سطح أرض البيت بعد فرشه بالبلاستيك ، ثم بالرمل المستخدم كبيئة للزراعة . وفى هذه الطريقة تحضر الأرض أولًا بالتسوية الجيدة ، مع ميل يبلغ ١٥ سم لكل ٣٠ مترًا للمساعدة على تحسين الصرف وغسل المزرعة إذا دعت الضرورة لذلك . تفرش الأرض بعد ذلك بشرائح بوليثيلين سوداء بسمك ١٥٠ ميكرون ، مع جعل الشرائح المتجاورة متداخلة لمسافة متر تقريبًا . توضع بعد ذلك أنابيب للصرف بقطر ١ ١/٤ – ٢ بوصة على سطح البلاستيك فى خطوط تبعد عن بعضها البعض بمسافات موحدة من ١٢٠ – ١٥٠ سم ، ويتوقف ذلك على طبيعة الرمل المستخدم فى المزرعة . ويجب أن تكون خطوط الأنابيب مع اتجاه ميل الأرض . وتوصل هذه الأنابيب فى الجانب ذى المستوى المنخفض من البيت بأنبوب صرف رئيسى . وقد تصمم المزرعة بحيث يكون انحدارها من الجانبين نحو الوسط ، حيث يوضع أنبوب رئيسى للصرف يكون متصلًا بأنابيب فرعية متعامدة عليه من الجانبين المائلين ، مع جعل أرضية البيت كلها مائلة من أحد جانبى أنبوب الصرف الرئيسى نحو الجانب الآخر لتسهيل حركة ماء الصرف . هذا .. وتحتوى أنابيب الصرف على ثقوب من جانبها السفلى تسمح بدخول الماء الزائد إليها . ويفيد هذا الوضع السفلى للثقوب فى تقليل فرصة نمو جذور النباتات خلالها . ويجب أن تكون أطراف أنابيب الصرف بارزة فوق سطح التربة من بداياتها (من عند الأطراف التى توجد فى مستوى مرتفع من المزرعة) حتى يمكن تنظيفها كلما دعت الضرورة . تلى ذلك تغطية المساحة كاملة بالرمل لعمق ٣٠ سم ، مع مراعاة أن يكون سطح الرمل منحدرًا بنفس انحدار سطح البيت المغطى بالبلاسيتك . ويلاحظ أن نقص عمق طبقة الرمل عن ٣٠ سم فى بعض المناطق يجعل من الصعب الاحتفاظ بمستوى واحد من الرطوبة فى كل أرجاء المزرعة ، كما تزيد فرصة نمو جذور النباتات داخل أنابيب الصرف (شكل ٢٣ – ٢) .

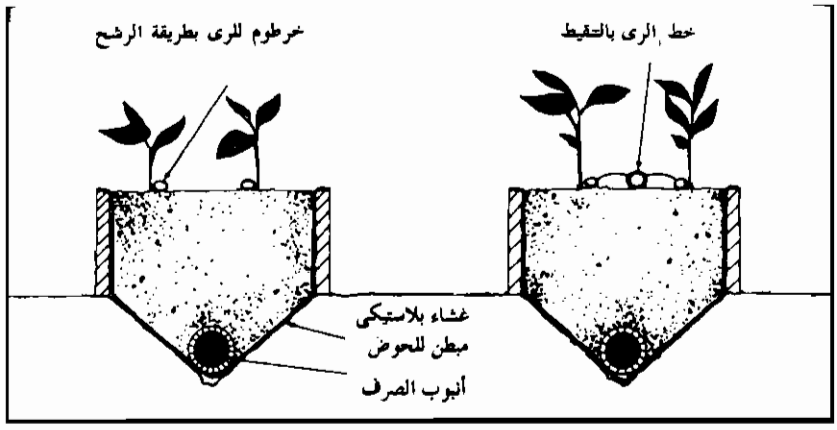
وتروى النباتات فى هذا النوع من المزارع بطريقة التنقيط ٤ مرات يوميًا لمدة ٥ – ٨ دقائق فى كل مرة ، مع حقن ماء الرى بالمحاليل المغذية كما سبق الذكر . هذا .. ولا يعاد استخدام ماء الصرف فى هذا النظام وإن كان من الممكن جمعه وتخزينه لحين استعماله فى الزراعات المكشوفة .

٣ – بالزراعة فى أحواض خاصة تصمم إما على سطح التربة مباشرة (شكل ٢٣ – ٣) ، أو على مناضد خاصة . وتُبطن هذه الأحواض بالبوليثيلين الأسود ، كما فى الطريقة السابقة . ويكون قاع الحوض مائلًا بمقدار ١٥ سم لكل ٦٠ مترًا ، ويوضع أنبوب للصرف فى 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 ٢٣ – ٢ : مزرعة رملية مقامة على أرض البيوت المحمية بعد فرشها بالبلاستيك ، ثم بالرمل الذى يستخدم كبيئة للزراعة .



شكل ٢٣ – 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 رية محلولًا مغذيًا بالقدر الذى يكفى لتسرب ٨ – ١٠٪ فقط من كمية المحلول المضافة ، وبذلك نضمن غسل الأملاح المتجمعة أولًا بأول ، دون الإسراف فى استعمال المحاليل 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 المحاليل السمادية المركزة فى ماء الرى مرتين أسبوعيًا للتأكد من دقة عمله . كما يجب فحص تركيز الأملاح الذائبة فى الماء المستخدم فى الرى بعد حقنها بالمحاليل السمادية المركزة .

وبرغم أن حقن المحاليل السمادية المركزة فى ماء الرى تعد أفضل طريقة لإيصال المحلول المغذى للنباتات 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 المحاليل 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 بالمحاليل المغذية بعد تحضيرها سوى تقدير الـ pH كل فترة إن كان الماء المستخدم فى تحضير هذه المحاليل قلويًا بدرجة عالية . كما يلزم تنظيف خزانات المحاليل 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 بالتعقيم بالبخار .

٢٣ – ٥ : مزارع الحصى

تعتبر مزارع الحصى Gravel Culture ثانى أكثر المزارع المائية انتشارًا ، وهى من النظم المغلقة Closed Systems التى تستعاد فيها المحاليل 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 – المحصول المزروع

٤ – مقدار 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 ملبدًا 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 رية . وتزداد سرعة تركيز الأملاح مع زيادة معدل النتح ، لكن الرية 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 الملبد 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 ، إلّا أن تكرار الرى بنفس المحلول يؤدى حتمًا إلى تغيرات فى تركيبه ، بما فى ذلك تركيز الأملاح ، ونسبة العناصر لبعضها البعض ، والـ pH ، ولهذا 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 الاكسجين 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 تدريجيًّا ، 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 .

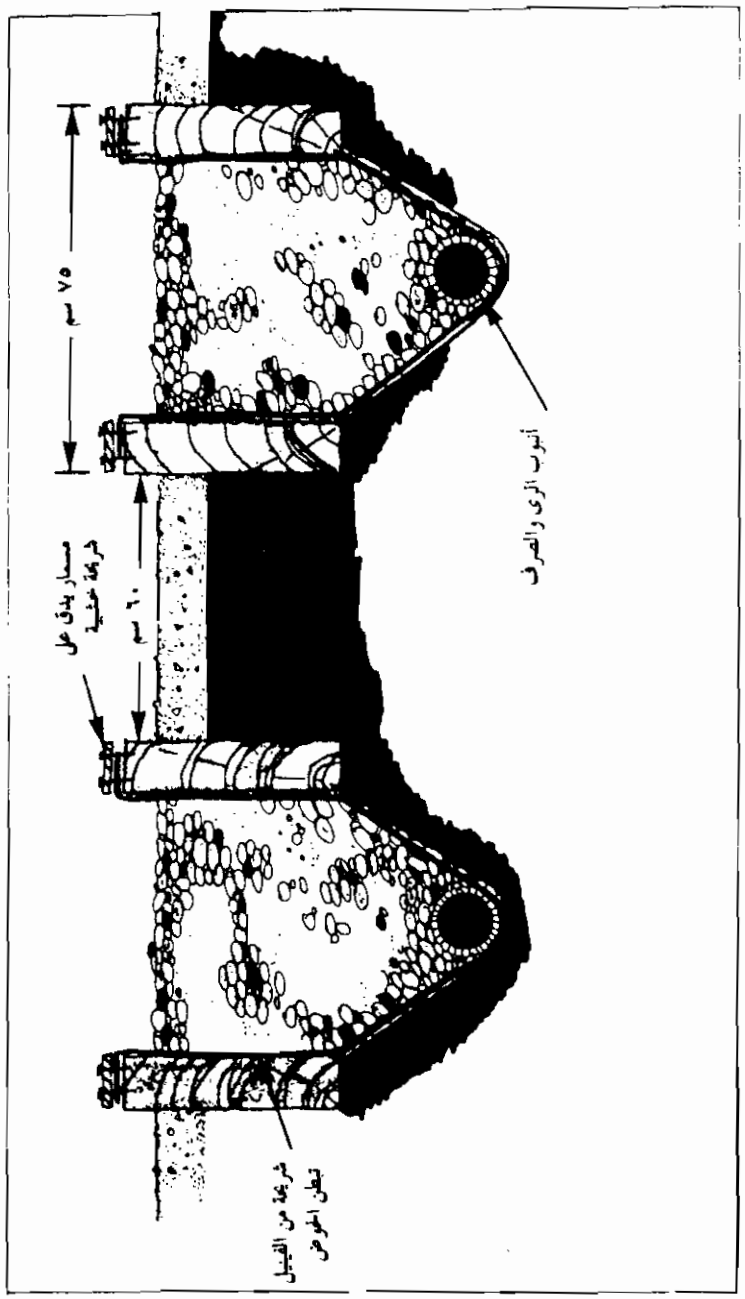
ويكفى عادة مدة ٢٠ – ٣٠ دقيقة لضخ المحلول المغذى ، وصرف الزائد منه بالكامل ، بحيث لا يتبقى منه سوى غشاء رقيق يحيط بالحصى حتى الرية التالية . ويمكن تحقيق ذلك بوضع أنابيب صرف كبيرة فى قاع مزرعة الحصى .

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 بالتبخر ، 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 صناعيًّا ، فإنه يمكن إجراء ذلك بسهولة بالطرق الكهربائية ، على ألا يكون بملفات 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 ٢٣ – 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 إلّا 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 ٢٣ – ٤ : مزرعة حصى تروى بطريقة الرى تحت السطحى .

ويتم دخول المحلول المغذى من الأنابيب إلى البيئة ، ثم يصرف منها إلى الأنابيب ثانية من خلال ثقوب صغيرة يتراوح 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 الفينايل 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 الفينايل ، 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 أفقيًّا ، 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 سنويًّا 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 ، إلّا 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 نسبيًّا من هيبوكلوريد الصوديوم ، أو حامض الأيدروكلوريك يتراوح 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 بهيبوكلوريد 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 المزرعة 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) .

٢٣ – 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 . ولهذه 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 تغيير 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 .

٢٣ - ٦ : مزارع بالات القش

تعتبر مزارع بالات القش Straw Bale Culture من النظم المفتوحة Open Systems التى لا يعاد فيها استعمال المحاليل المغذية .

وقد استخدمت مزارع بالات القش فى أوروبا وفى بعض البلدان العربية ، كالعراق ، لغرض إنتاج الخيار . ومن أهم عيوبها أن القش يكون سريع التحلل ؛ فلا يمكن استعماله إلّا لموسم زراعى واحد ، لكن هذا التحلل يساعد على رفع درجة حرارة جذور النباتات ، وزيادة نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فى الصوبة .

تفرش أرضية البيت أولًا بشرائح البوليثيلين ، ثم توضع بالات قش القمح أو الشعير عليها فى موضع خطوط الزراعة ، على أن يزيد عرض شرائح البوليثيلين عن عرض البالات المستعملة بمقدار ٣٠ سم من كل جانب ، ثم تشبع البالات جيدًا بالماء ، ويلزم لذلك عادة ٦٠ لتر ماء يوميًّا لكل بالة (زنة ٢٠ كجم) لمدة أربعة أيام . وبعد ذلك تضاف نترات الأمونيوم بمعدل ١٤٠ - ١٧٠ جم لكل بالة ، ثم تروى يوميًّا لعدة أيام . ويضاف فى كل من اليومين السابع والعاشر نحو ٨٥ جرامًا أخرى من نترات الأمونيوم ، كما تضاف أيضًا فى اليوم العاشر الكميات التالية من الأسمدة لكل ٢٠ كيلو جرامًا من القش :

٣٠٠ جم سوبر فوسفات أحادى

٣٠٠ جم نترات بوتاسيوم

٨٥ جم كبريتات مغنسيوم

٥٥ جم كبريتات الحديدوز

ثم تروى النباتات يوميًّا إلى أن تصبح بالات القش جاهزة للزراعة . ويجب عدم استخدامها فى الزراعة قبل أن تنخفض درجة حرارتها إلى ٣٨°م ، لأنها قد تصل إلى ٦٠°م وهى فى ذروة التحلل .

وتجرى الزراعة بوضع نباتات الخيار أو الطماطم فى حفرة صغيرة تعمل فى 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 فى الرى بالمحاليل الغذائية القياسية المركزة .

ويراعى فى هذا النظام عمل حساب النقص الذي يحدث فى ارتفاع البالة نتيجة التحلل بجعل الخيوط التى تربى عليها النباتات مرتخية قليلًا ، حتى لا يؤدى تحلل البالة ونقص ارتفاعها إلى نزع النباتات من جذورها خارج القش . كما يراعى أن الاحتياجات المائية تكون أكبر ، نتيجة لزيادة مسطح التبخر من بالات القش .

ومن أهم مميزات هذا النظام فى الزراعة عدم الحاجة إلى تعقيم المزرعة ، إلّا أن القش المستخدم يجب أن يكون خاليًا تمامًا من بقايا مبيدات الحشائش (Wittwer & Honma ١٩٧٩) .

هذا .. وتروى مزارع القش بطريقة الرش مع إضافة الأسمدة الصلبة إلى سطح البالات لتذوب تدريجيًا فى ماء الرى . وفى هذه الحالة .. فإن مزارع بالات القش لا تعد من المزارع المائية ، برغم استمرار كونها من المزارع اللاأرضية .

٢٣ - 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 اللباد) 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 ٢٣ - 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 يبله 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 بالبوليثيلين لمنع التبخر والنمو الجانبى للجذور فى المكعبات المجاورة . ويمكن أن تجهز المكعبات الكبيرة بانخفاضات صغيرة فى مركزها لتوضع بها المكعبات الصغيرة .

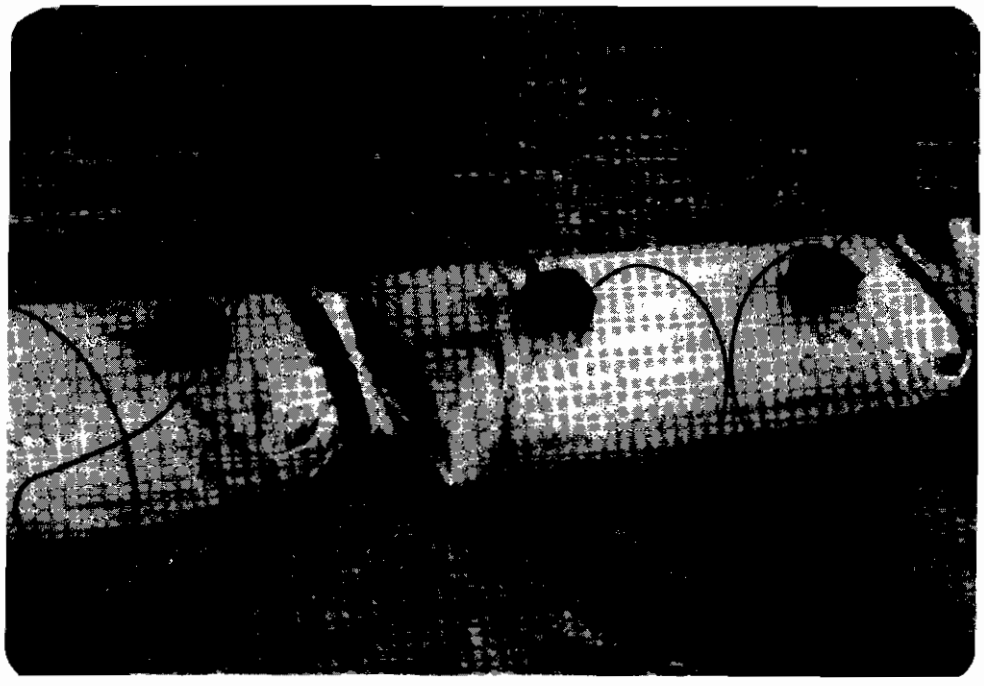
٣ - على شكل وسائد بسمك ٧,٥ سم ، وعرض ١٥ - ٣٠ سم ، وبطول ٧٥ ، ١٠٠ ، ١٢٥ سم .

تنتج الشتلات أولًا فى المكعبات الصغيرة بزراعة البذور فى حفر تعمل فى المكعبات ، وتغطى بصوف صخرى محبب ، ثم توزع الشتلات على مكعبات أكبر (شكل ٢٣ - ٥) . ويتم أثناء ذلك إعداد البيت بفرشة بالبلاستيك ، وتوزيع الوسائد على خطوط الزراعة بعد تغليفها بالبلاستيك

(شكل ٢٣ – 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 ٢٣ – ٧) . أو ثلاثة نباتات طماطم (شكل ٢٣ – ٨) . ويكون الرى بطريقة التنقيط باستعمال أنابيب رفيعة (أشكال ٢٣ – ٨ ، ٢٣ – ٩ ، ٢٣ – ١٠) . ويوضح شكل (٢٣ – ١١) التصميم العام للمزرعة .

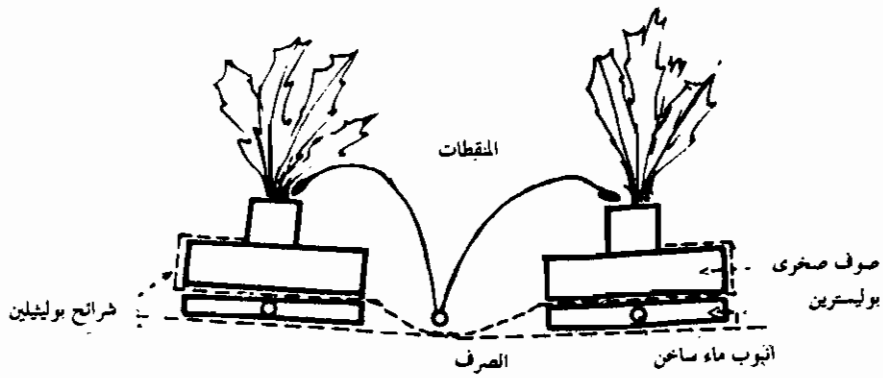
شكل ٢٣ - ٦ : وسائد الصوف الصخرى المغلفة بالبلاستيك ، وقد وزعت على أرضية البيت بعد فرشها بالبلاستيك .

شكل ٢٣ – ٨ : نباتات طماطم مربأة رأسيًا فى مزرعة صوف صخرى بمعدل ثلاثة نباتات بكل وسادة . يلاحظ فيها أنابيب الرى بالتقيط التى تزود كل نبات على حدة بحاجته من المحلول المغذى .

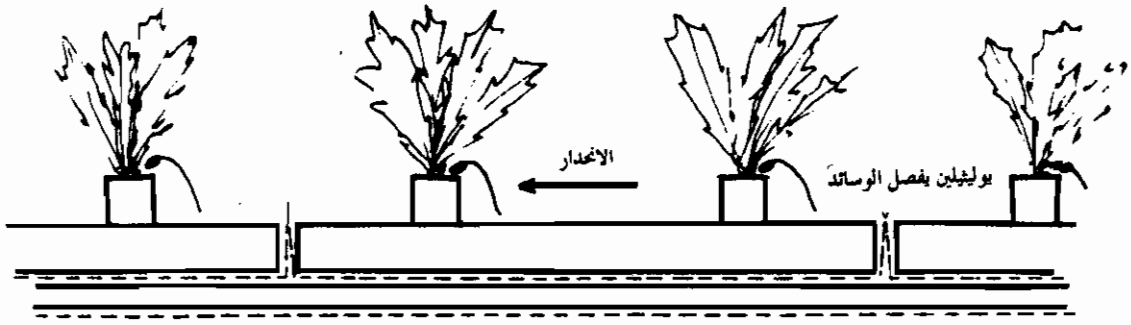


شكل ٢٣ – ٩ : خيار مشتول حديثًا فى مزرعة صوف صخرى . يلاحظ بالصورة أن الفتحة التى قطعت فى كيس الوسادة بقدر مساحة مكعب الشتلة دون زيادة أو نقصان ، وأن كل نبات يروى على حدة بأنبوب خاص يمده بالمحلول المغذى بطريقة التقيط .

شكل ٢٣ – ١٠ : رى نبات الفلفل فى مزرعة صوف صخرى بطريقة التنقيط .



مقطع خط الزراعة



منظر جانبى لخط الزراعة

شكل ٢٣ – ١١ : تصميم مزرعة الصوف الصخرى .

ويؤدى تغليف وسائد الصوف الصخرى بالبوليثيلين 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 يوميًّا 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 رية 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 تدريجيًّا 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 ، 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 ملى 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) .

٢٣ – ٨ : مزارع مخاليط البيت والمواد الأخرى

تعتبر مزارع مخاليط البيت Peat Mixtures والمواد الأخرى ، كالرمل ، والفيرميكيوليت ، 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 . وقد يكون أى من المخاليط التى لا تحتوى على تربة معدنية وسبق بيانها فى الجزء (١٢ – ٧) . كما يمكن استعمال المخلوط المبين فى جدول (٢٣ – 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 (٢٣ - ١٦) : 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
فرتز 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 جيدًا بعد المعاملة ، مع العلم بأن أثر الكبريت يظهر بعد نحو ٦ - ٩ أسابيع من إضافته (Collins & Jensen ١٩٨٣) .

ونقدم فيما يلى عرضًا موجزًا لأهم أنواع هذه المزارع ، والتى تعد جميعها من المزارع اللاأرضية .

٢٣ - ٨ - ١ : مزارع الأغوار

الغور trough هو المكان المنخفض الطويل الضيق ومزارع الأغوار Trough Cultures هى زراعات تتم فى أحواض بهذا الشكل بعد ملئها بمخلوط زراعة مناسب يكون أساسه البيت موس غالباً .

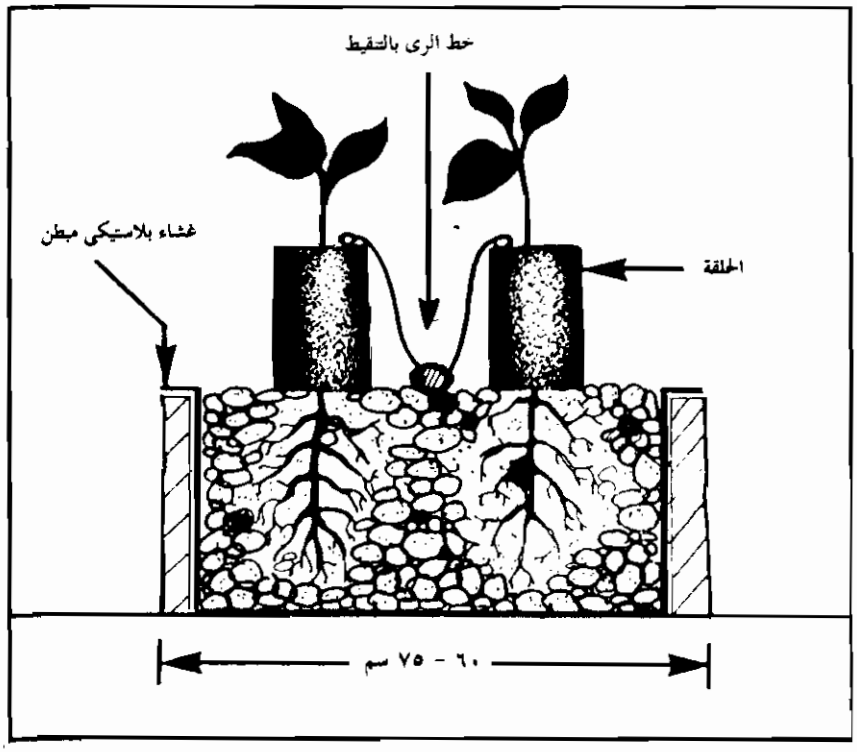
وتقام جوانب الاحواض بعوارض خشبية أو أسمنتية ، وقد تكون من الفيبرجلاس أو الطوب (الطابوق) ، وتبطن من الداخل بغشاء من البوليثيلين الأسود بسمك ١٠٠ ميكرون ليفصل الجذور عن التربة . يبلغ عمق الحوض حوالى ١٥ سم ، وعرضه حوالى ٧٥ سم . ويتراوح الطول المناسب من ٤٠ – ٦٠ مترًا . ويعتمد الصرف على ثقوب يتم عملها فى جوانب الحوض من أسفل ، أو على أنبوب للصرف يوضع بالقاع بعد فرش بطانة البوليثيلين 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) .

٢٣ – ٨ – ٢ : مزارع الحلقات

لا تختلف مزارع الحلقات Ring Cultures عن مزارع الأغوار سوى فى وجود أسطوانات مفتوحة الطرفين من البلاستيك أو الورق غير المنفذ 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 ٢٣ – ١٢) .



شكل ٢٣ – ١٢ : مقطع عرضى فى مزرعة حلقات Ring culture .

٢٣ - ٨ - ٣ : مزارع الأكياس

يطلق على الأكياس المستخدمة فى مزارع الأكياس Bag Culture اسم peat modules ، نظرًا لأنها تملأ بمخاليط 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 ٢٣ - ١٢أ) . وتوضع هذه الأكياس على الأرض بامتداد خط الزراعة (شكل٢٣ - 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 ٢٣ - ١٢ أ : كيس من مخلوط للزراعة أساسه البيت موس peat module بحجم ٥٠ لتر .

تستعمل فى هذه المزارع أكياس بلاستيكية خاصة لونها الداخلى أسود ليناسب نمو الجذور ،

شكل ٢٣ – ١٢ ب : مزرعة أكياس Bag Culture (دائرة الزراعة والإنتاج الحيوانى – العين – الإمارات العربية المتحدة) .

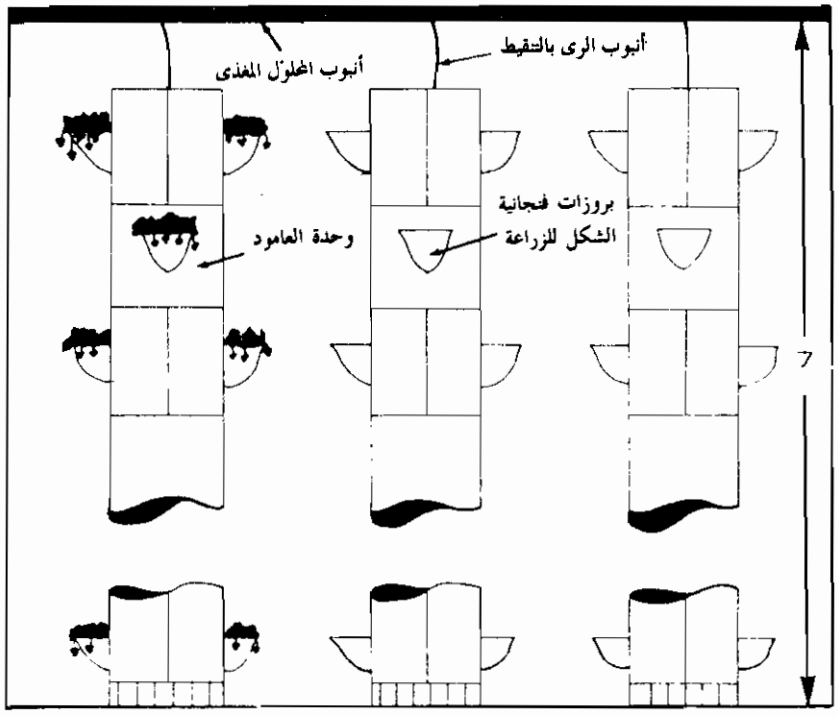
٢٣ – ٨ – ٤ : مزارع الأعمدة

تنمو النباتات فى هذا النوع من المزارع (Column Culture) فى أعمدة رأسية وقد تطورت هذه الطريقة للزراعة فى أوروبا ، خاصة فى إيطاليا ، وإسبانيا .

تستخدم حاليًا أنابيب من الأسبستوس asbestos تثبت فوق بعضها البعض ، وبكل منها عدد من البراويز على شكل فنجانى تزرع فيها النباتات ، وتوزع هذه البراويز حلزونيًا على امتداد الأنبوبة وتملأ الأنابيب بخلطة أساسها البيت موس ، وتسقى بمحلول مغذ بطريقة التنقيط من أعلى الأنبوبة . وتسمح هذه الطريقة للزراعة بصرف المحلول المغذى الزائد من قاع العمود (شكل ٢٣ – ١٣) . ويصلح هذا النظام خاصة لزراعة الشليك .

٢٣ – ٨ – ٥ : مزارع الأجولة المدلاة

تعتبر مزارع الأجولة المدلاة Sac Culture طريقة محورة عن مزارع الأعمدة ، وتتميز بأنها أكثر بساطة ، وفيها تستخدم أجولة sacs ، بدلًا من الأنابيب . تصنع الأجولة من البوليثيلين (باللون المناسب لدرجة الحرارة السائدة) ، وبسمك ١٥٠ ميكرون ، وتكون بقطر ١٥ سم وطول ٢,٠ متر ، وتملأ بمخلوط البيت مع الفيرميكيوليت ، ويربط طرفها السفلى لمنع سقوط بيئة الزراعة ، وتثبت من طرفها العلوى فى هيكل البيت ، وتترك لتتدلى لأسفل . وتزرع النباتات من خلال ثقوب بقطر ٢,٥ – ٥ سم على محيط هذه الأجولة .



شكل ٢٣ – ١٣ : مزرعة أعمدة Column Culture .

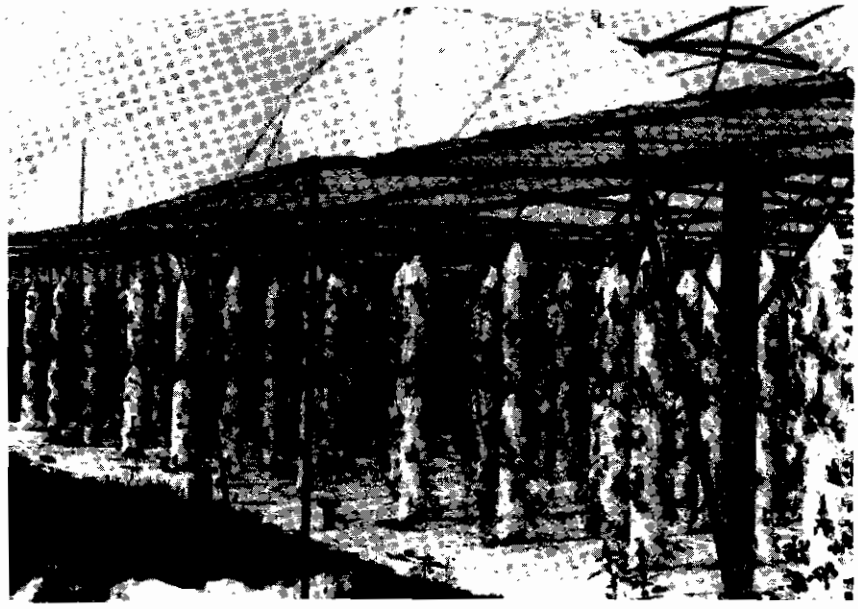
يجرى الرى بطريقة التنقيط وتستغرق دورة الرى من ٢ – ٥ دقائق ، ويتم فيها تنقيط نحو ١ – ٢ لتر من المحلول المغذى فى كل جوال ، ولا يعاد استخدام المحلول الزائد ، بل يصرف من ثقوب خاصة لهذا الغرض . هذا .. ويتم غسل الأجولة جيدًا بالماء مرة كل شهر للتخلص من الأملاح المتراكمة ويفيد هذا النظام خاصة مع الخس والشليك (٢٣ – ١٤) ، وهى محاصيل لا ترتفع كثيرًا فى نموها عن سطح الأرض ، وبذلك لا يستفاد جيدًا من الجو 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 مملوءة بالبرليت ، ومربوطة بأحزمة من منتصفها لمنع تكدس البرليت فى جزئها السفلى (شكل ٢٣ – ١٥) .

ويعمل هذا النوع من المزارع 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 للتلوث بالتربة . وقد قُدّر فى المملكة العربية السعودية أنه يمكن إنتاج محصولين من الشليك فى السنة بإنتاجية تصل إلى ٧ كجم لكل متر مربع ، أو ما يعادل تقريبًا ٧٠ طنًا من الثمار للهكتار ، بالمقارنة

بنحو ١٣ – ١٤ طنًا للهكتار فى الزراعات المكشوفة فى المناطق الباردة (Arab World Agribusiness العدد الرابع ١٩٨٥) .

شكل ٢٣ – ١٤ : إنتاج الشليك فى مزارع الاجولة المدلاة (شركة .j.t. provence – فرنسا) .



شكل ٢٣ - ١٥ : منظر عام لمزرعة أجولة مدلاة (شركة Topad Agrodevelopment ، عن مجلة الزراعة فى الشرق الأوسط - العدد الرابع ، ١٩٨٥) .

٢٣ - 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 اللاأرضية . 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 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. 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 المجرى 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 تستنفذ ما يوجد بالمحلول المغذى من أكسجين خلال فترة قصيرة ، فى حين يستمر استعماله لمدة طويلة . وتختلف طرق توفير احتياجات الأكسجين اللازمه لتنفس 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 سبق شرحها تحت مزارع الحصى فى الجزء (٢٣ – ٥ – ١) .

ومن أهم مزايا المزارع المائية ذات النظم المقفلة أنه يمكن التحكم التام فى بيئة الجذور من حيث محتواها من العناصر الغذائية ، ودرجة حرارتها ، وضمان خلوها من مسببات الأمراض التى تصيب النباتات عن طريق الجذور .

فمن حيث محتوى المحلول المغذى من العناصر الغذائية ، فإنه يمكن تحضير المحلول المثالى الذى يناسب المحصول ومرحلة النمو النباتى (الجزء ٢٣ – ٢ – ٩) ، مع مراقبته وتعديل تركيبه كلما لزم الأمر أثناء الاستعمال (الجزء ٢٣ – ٥ – ١) .

كما يمكن التوفير فى تدفئة البيوت المحمية شتاءًا 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 ، إلّا 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 السبانخ المتسببة 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 محاولات 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 يوميًّا 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 تقنية الغشاء المغذى فى انجلترا ، 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 ، إلّا أنها تسببت أيضًا فى تحويل الحديد إلى صورة غير ميسرة لامتصاص النبات ، وهو الأمر الذى تطلب إضافة المزيد من الحديد بعد كل معاملة تعريض للأشعة .

٢٣ - ٩ - ١ : مزارع المحاليل المغذية

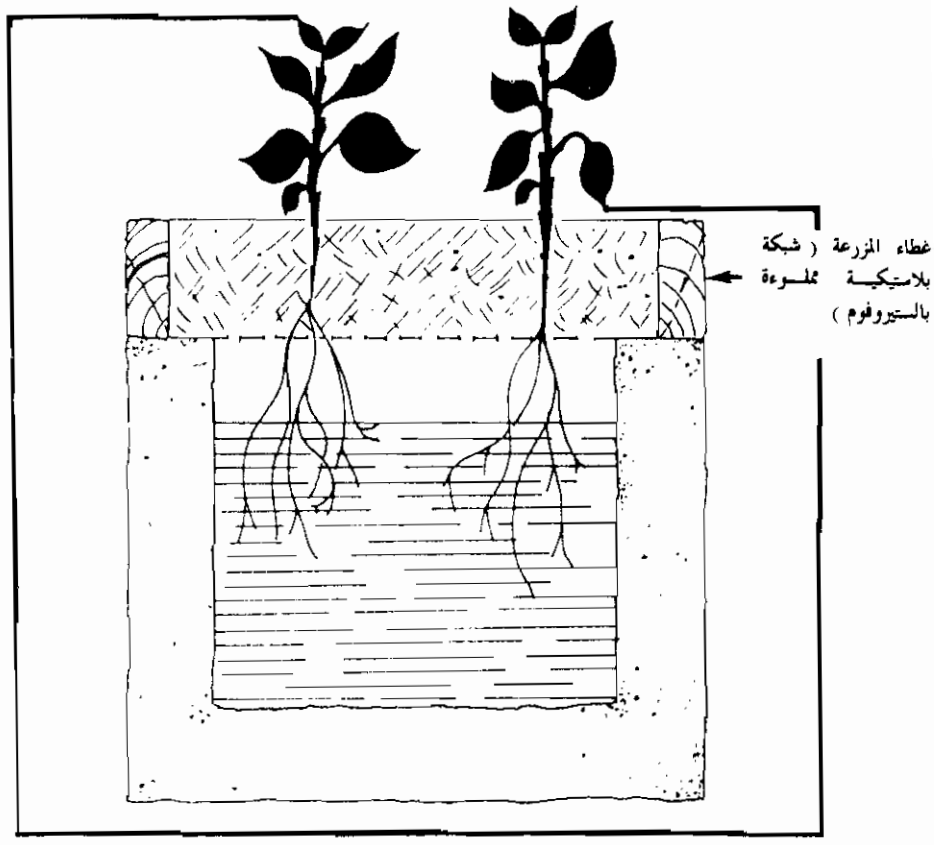
تعتبر مزارع المحاليل المغذية Nutrient Solution Culture اول أنواع المزارع المائية استخدامًا على النطاقين البحثى والتجارى ، وفيها تبقى الجذور فى المحلول المغذى داخل حيز مغلق قد يكون وعاءًا بلاستيكيًّا بحجم مناسب (للأغراض البحثية والتعليمية ، شكل ٢٣ - ١٦)أو أحواض أسمنتية مطلية بالبيتومين (الزفت) تصلح للإنتاج 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 ٢٣ - ١٧) .

يتكون غطاء الحوض (يطلق عليه اسم طاولة مهاد الركام المبعثر litter tray) من شبكة بلاستيكية (بدلًا من شباك السلك المجلفن التى كانت تستعمل سابقًا ، حتى يمكن تلافى مشكلة التسمم من الزنك) تملأ بالستيروفوم styrofoam وجزئيات بلاستيكية أخرى (بدلًا من القش ، وبرى الخشب ، ونشارة الخشب ، والبيت موس ، وقشور الأرز ، وهى المواد التى كانت تستعمل سابقًا) . تكون 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 ينخفض مستوى المحلول المغذى تدريجيًّا 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 ، فيخرج 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 تربى النباتات بحيث تمتد جذورها خلال حيز هوائى عريض تحصل منه على احتياجاتها من الأكسجين قبل أن تمتد فى المحلول المغذى (شكل ٢٣ - ١٨) (Asiarn Veg. Res. Dev. Center ١٩٨٦) .

شكل ٢٣ – ١٦ : مزرعة محاليل مغذية للأغراض البحثية والتعليمية .

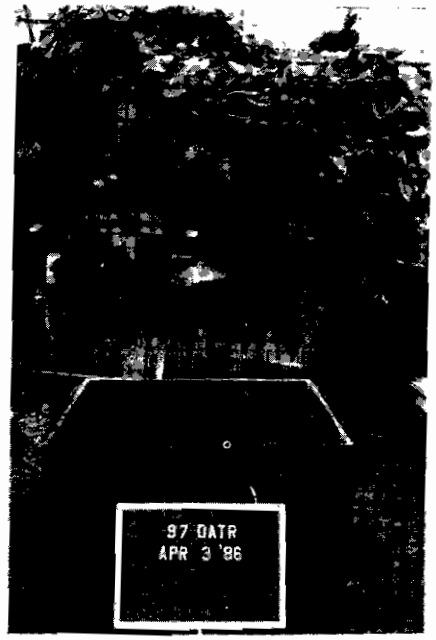


شكل ٢٣ - ١٧ : مقطع عرضى فى مزرعة محلول مُغذٍّ تجارية .

٢٣ - ٩ - ٢ : مزارع الأنابيب

تستعمل فى مزارع الأنابيب Tube Cultures أنابيب من البولى فينايل كلورايد (PVC) بقطر ٤ بوصة تشق طوليًّا 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 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 خزان المحلول . ويساعد وضع عدد من الحواجز فى طريقه إلى زيادة اختلاطه بالهواء (Resh ١٩٨١) .



شكل ٢٣ – ١٨ : نباتات الطماطم وقد أنتجت نموًا جذريًا كثيفًا فى مزرعة محلول مُغذٍ . 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) .

٢٣ – 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 نسبيًّا .

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 إلّا 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 مزارع 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 ٢٣ – 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 .

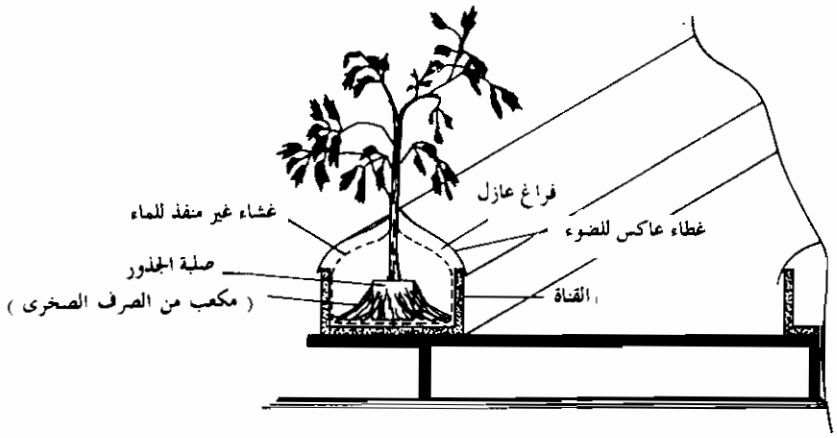
يبلغ عرض القنوات عادة ٢٣ سم ، وارتفاعها ٥ سم فى مزارع الطماطم والخيار ، أما طولها ، فيجب ألا يزيد عن ٣٠ – ٤٠ مترًا كحد أقصى ، ويجب أن تكون غير منفذة للماء . وفى حالة صنعها من مواد منفذة للماء ، فإنه يلزم تبطينها بغشاء بلاستيكى . وفى هذه الحالة يجب أن يكون الغشاء عريضًا بالقدر الذى يكفى لتغطية قمة القناة ومكعبات إكثار الشتلات . ويستعمل لذلك الغرض 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 .

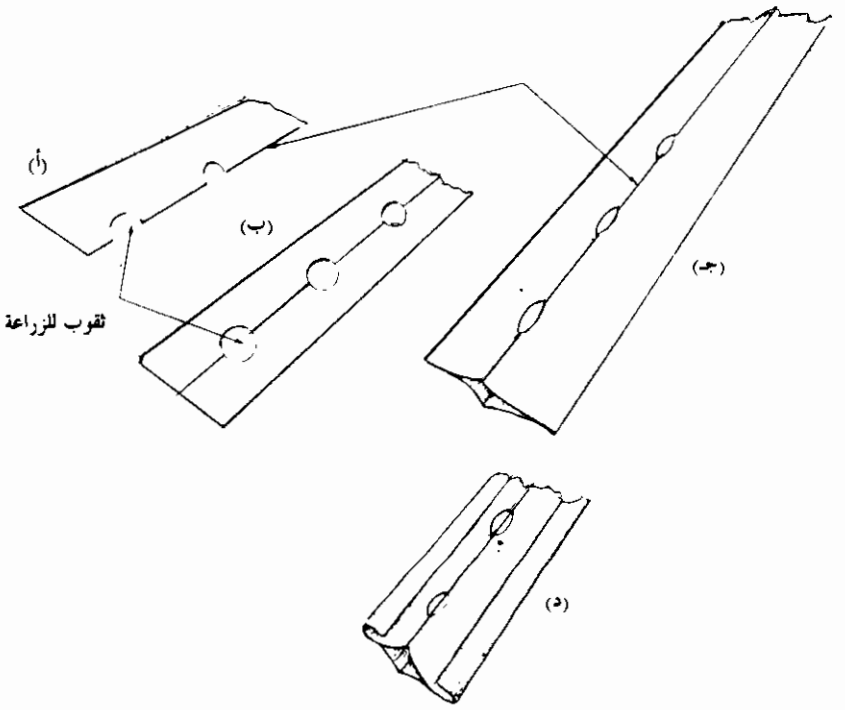


شكل ٢٣ – ١٩ : قناة تقنية الغشاء المغذى ، وقد بطنت بالبوليثيلين .

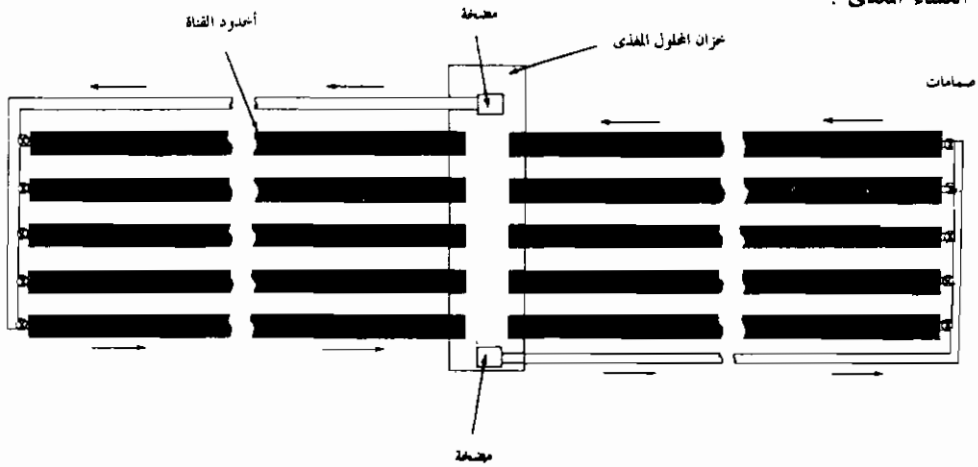
ومن المفضل أن يكون السطح الخارجى لأغطية القنوات أبيض أو فضى اللون لتقليل اكتساب الحرارة ، وللعمل على عكس الضوء وتشتيته حول النباتات التى قد تكون بحاجة إليه فى المناطق والظروف التى تقل فيها شدة الإضاءة . هذا .. بينما يؤدى الغطاء الأسود إلى رفع درجة حرارة الهواء كثيرًا داخل القنوات فى الأيام الحارة صيفًا 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 بوليثيلين جاهزة للاستعمال فى تقنية الغشاء المغذى (شكل ٢٣ – 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 ٢٣ – ٢١ ، ٢٣ – 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

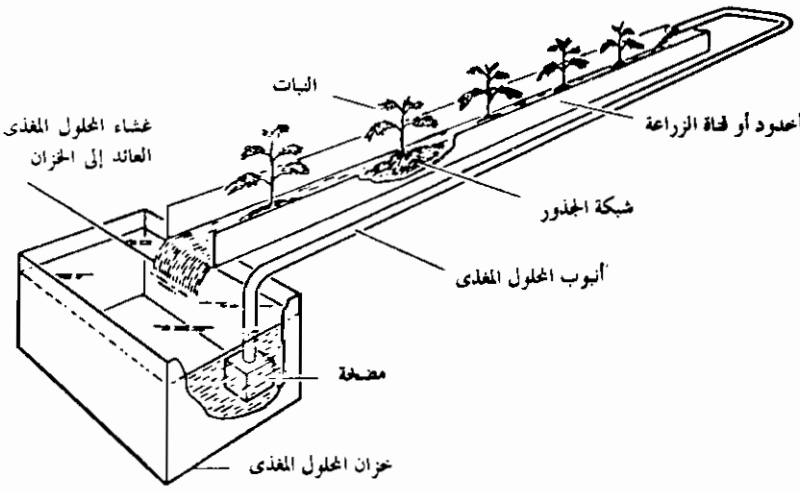
المغذى حوالى ٢ لتر/ دقيقة بكل قناة . ويستمر تدفق المحلول طول الوقت أحيانًا أو لمدة ١٠ دقائق كل ١٥ دقيقة فى أحيان أخرى . هذا .. وتخدم كل مضخة مساحة من المزرعة تتراوح من ١٩٠٠ - ٢٠٠٠ متر مربع (Wittwer & Honma ١٩٧٩ ، Nelson ١٩٨٥ ، مجلة الزراعة فى الشرق الأوسط - العدد الرابع ١٩٨٥) .



شكل ٢٣ - ٢٠ : خطوات إعداد شرائط البولييلين الجاهزة التى تستخدم فى تبطين قنوات تقنية الغشاء المغذى .



شكل ٢٣ - ٢١ : تصميم مزرعة تقنية الغشاء المغذى .



شكل ٢٣ – ٢٢ : التصور العام لكيفية تصميم قناة الزراعة فى تقنية الغشاء المغذى ، وحركة المحلول المغذى على شكل غشاء رقيق بها .

المحلول المغذى

اقترح A. Cooper استعمال المحلول المغذى المبينة مكوناته فى جدول (٢٣ – ١٧) ، والذى يبلغ تركيز مختلف العناصر به كما فى جدول (٢٣ – 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 مخلوطين 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 (٢٣ – ٢ – ٩) .

تستعمل هذه المحاليل عادة لمدة أسبوعين ، ثم يستغنى عنها وتحضر محاليل جديدة ، وقد تستعمل لمدد أطول من ذلك وفى كل الحالات يلزم تعويض الماء المفقود بالنتح يوميًّا ، حتى يظل حجم المحلول ثابتًا . ويمكن أن يتم ذلك بأن يركب على مصدر الماء الذى يصب فى خزان المحلول صمام يفتح ويغلق آليًّا بواسطة عوامة خاصة .

وسواء استعمل المحلول المغذى لمدة أسبوعين أم لمدة أطول من ذلك ، فإنه يلزم اختباره يوميًّا 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 ٢٣ – 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 (٢٣ - ١٧) : كميات الأملاح اللازمة لتحضير المحلول المغذى المثالى لمزارع تقنية الغشاء المغذى .

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	$Ca(NO_3)_2 . 4H2^O$	١٠٠٣
كبريتات المغنسيوم	$MgSO_4 . 7H_2O$	٥١٣
الحديد المخلبى EDTA iron	$[CH_2 . N(CH_2 . COO)_2]_2FeNa$	٧٩
كبريتات المنجينز Manganous sulphate	$MnSo_4 . H_2O$	٦,١
حامض البوريك	H_3BO_3	١,٧
كبريتات النحاس	$CuSO_4 . 5H_2O$	.,٣٩
موليبدات الأمونيوم	$(NH_4)_6 Mo_7O_2 . 4H_2o$	.,٣٧
كبريتات الزنك	$ZnSO_4 . 7H_2o$	.,٤٤

جدول (٢٣ - ١٨) : التركيزات المناسبة للعناصر فى المحاليل المغذية التى تستعمل فى تقنية الغشاء المغذى .

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
الموليبدنم	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 الأراضى الجيدة الصرف ، لأن المحلول المغذى يتعرض دائمًا للهواء ، كما أنه يهتز ويختلط بالهواء فى أماكن تساقط المحلول فى الخزان وفى الغشاء المغذى الذى ينحدر قليلًا 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 الغاز . 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 ، أو الكابوجرو Capogro إلى التخلص تمامًا تقريبًا من أعراض سوء التهوية (Jackson 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

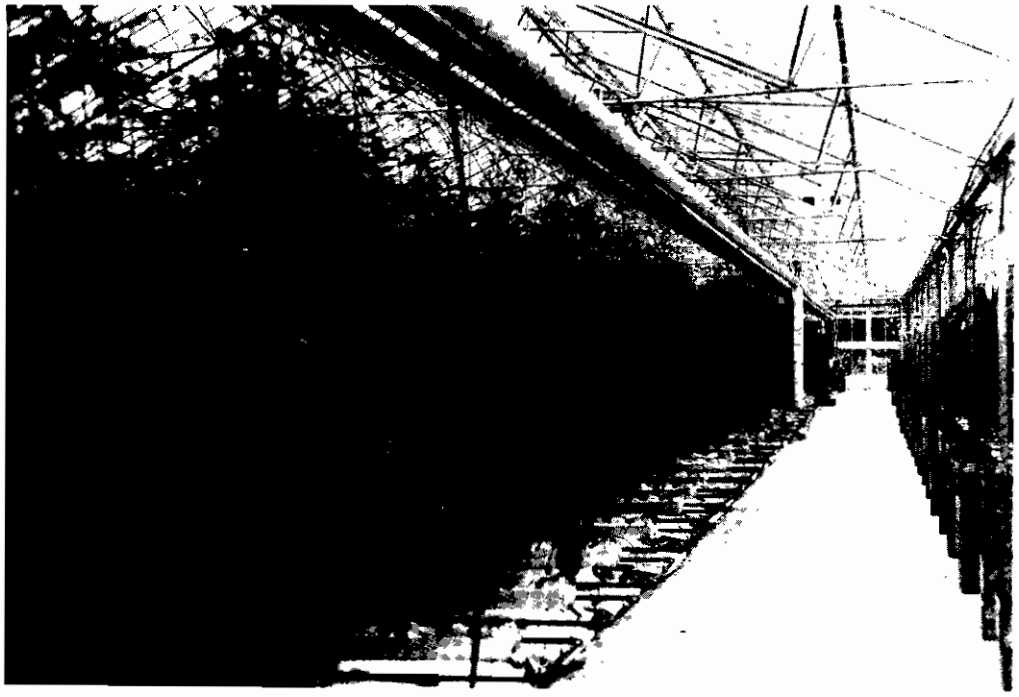
تكثر النباتات التى يراد زراعتها فى مزارع تقنية الغشاء المغذى فى أوعية خاصة ، مثل : أصص البيت ، أو مكعبات الصوف الصخرى ، أو أقراص الجفى . ويفضل استعمال مكعبات الصوف الصخرى ، حتى لا يؤدى البيت موس الموجود فى الأوعية الأخرى إلى انسداد قنوات الزراعة وسوء التهوية كما سبق بيانه . وتوضع الأصص فى القناة ، ويحافظ على النباتات فى مكانها بضم البلاستيك بمشابك الغسيل أو بالدبابيس (شكلا ٢٣ - ٢٣ ، ٢٣ - ٢٤) مع ربطها من قاعدتها فى خيوط تتدلى من الأسلاك العلوية لتبقى نامية رأسيًّا (شكل ٢٣ - ٢٥) .

٢٣ - ٩ - ٤ : المزارع الهوائية

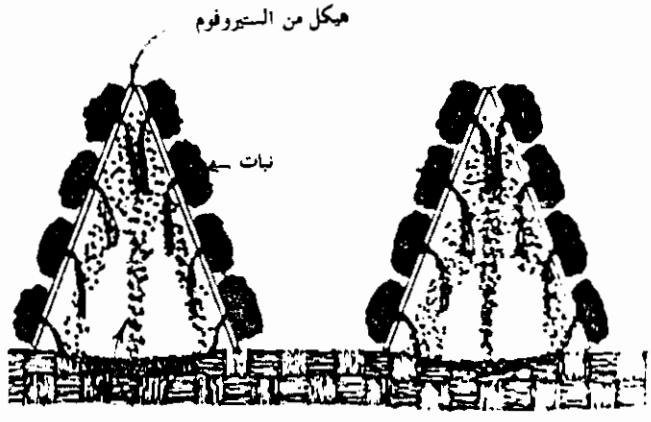
تظل جذور النباتات فى المزارع الهوائية Aeroponics عالقة فى حيز مغلق مع تعريضها بصورة منتظمة للمحلول المغذى فى صورة ضباب ، وبذلك تحصل النباتات على حاجتها من الماء والغذاء والأكسجين اللازم لتنفس الجذور التى تبقى فى هواء رطوبته النسبية ١٠٠٪ ويحقق هذا النظام أكبر استفادة ممكنة من المساحة المتوفرة من البيوت المحمية ، نظرًا لأن النباتات تثبت فى ثقوب على جانبى هيكل على شكل حرف A (شكل ٢٣ - ٢٦) . وقد استخدمت هذه المزارع فى إنتاج الخس (شكل ٢٣ - ٢٧) (Collins & Jensen ١٩٨٣) .

شكل ٢٣ – ٢٣ : وضع شتلات الطماطم على المسافات المرغوبة فى قاع قناة تقنية الغشاء المغذى ، ثم ضم البلاستيك عليها باستعمال دباسة (مجلة الزراعة فى الشرق الأوسط) .

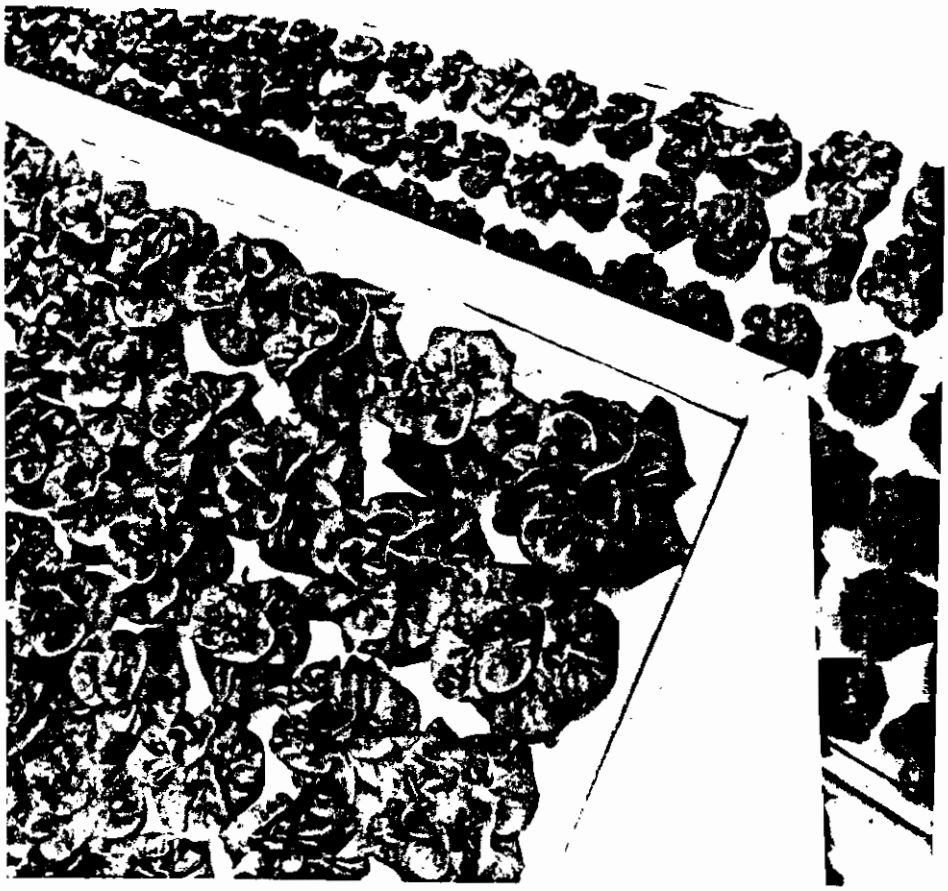
شكل ٢٣ – ٢٤ : إنتاج الخيار فى مزارع الغشاء المغذى بالمملكة العربية السعودية (عن مجلة الزراعة والتنمية فى الوطن العربى – العدد الأول ، السنة الخامسة ١٩٨٦) .



شكل ٢٣ – ٢٥ : تربية الطماطم رأسيًا فى مزارع الغشاء المغذى .



شكل ٢٣ – ٢٦ : تصميم المزارع الهوائية . تزرع النباتات على جانبى هياكل بشكل حرف A ، وتروى بضخ المحلول المغذى على جذورها فى شكل ضباب .



شكل ٢٣ – ٢٧ : إنتاج الخس فى المزارع الهوائية.

٢٣ - ١٠ : المراجـــع

Asian Vegetable Research and Development Center. 1986. Hydroponics breakthrough. Centerpoint 5 (1): 5.

Buyanovsky, 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 Co. N.Y. 600p.

Douglas, J.S. 1976. Advanced guide to hydroponics. Pelham Books, London. 333p.

Fontes, 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 hydroponie conditions. Phytopathology 75: 333-337.

Hewitt, E.J. 1966. Sand and water eulture 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: • 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 coneentration 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 ring culture or in trough culture. Cornell Vetetable Crops Mimeo 149. 12p.

Snyder R.G. and W.L. Bauerle. 1985. „atering frequency and media volume affect growth, water 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. Honma 1979. Greenhouse tomatoes, lettuce and cucumbers. Michigan| StateUniv. Press, East Lansing. 225p.