٢- حوالى ٤٠٪ منها كانت من الأنواع *Agrobacterium*، و *Azospirillum*، و *Comamonas*، و *Entrobacter*، و *Xanthomonas*

٣- مثلت الأجناس *Alcaligenes*، و *Aureobacterium*، و *Cytophaga*، و *Falvobacterium*، و *Rhodococcus*، و *Yersinia* أقل من ٢٪ من العزلات

٤- لم يمكن تحديد حوالى ٢٠٪ من العزلات (Berkelmann وآخرون ١٩٩٤)

عيوب المزارع المائية

إلى جانب العيوب التى تشترك فيها المزارع المائية مع باقى أنواع المزارع اللاأرضية – والتى أسلفنا بيانها فى الفصل الخامس – فإن المزارع المائية تنفرد بعيوب إضافية نجملها فيما يلى

١- يعتقد أن استمرار استعمال المحاليل المغذية فى النظم المغلقة يؤدى إلى انتشار مسببات الأمراض التى يمكن أن تصيب النباتات عن طريق الجذور. وعلى الرغم من أن Cooper (١٩٨٢) أوضح أن هذا الأمر لم يتأيد حدوثه على أرض الواقع، فإن بعض الدراسات الحديثة تُلفت الانتباه إلى أهميته، كما يلى

أ- ذكر Larsen (١٩٨٢) أن الفطر *Pythium* أحدث خسائر كبيرة فى كل من الطماطم والخيار فى المزارع المائية المغلقة، مثل تقنية الغشاء المغذى ومزارع الحصى؛ وذلك عندما ارتفعت حرارة المحلول المغذى إلى ٣٠°م أو أكثر من ذلك. كذلك وجد Carrai (١٩٩٣) أن الفطر *Pythium aphanidermatum* – المسبب لعفن جذور الخس – انتشر فى مزارع تقنية الغشاء المغذى التى ارتفعت فيها حرارة المحلول المغذى إلى ٢٩-٣٩°م. ولكنه لم يظهر عندما بُرّد المحلول المغذى إلى ٢٠-٢٤°م.

وبالمقارنة لم ينتشر فطر البثيم فى المزارع الرملية الجيرية، علما بأن المزارع الرملية من النظم المفتوحة

ب- ينتقل عديد من الفيروسات إلى النباتات من خلال المحاليل المغذية الملوثة صناعيًا، أو التى تلوثت طبيعيًا بالفيرس. ومن أمثلة هذه الفيروسات ما يلى (عن Schuerger & Hammer ١٩٩٥).

فيرس موزايك الخيار المتبرقش الأخضر Cucumber Green Mosaic Virus.

مسبب العرق الكبير فى الخس Lettuce Big Vein.

فيرس بقع القاوون المتحللة Melon Necrotic Spot Virus.

فيرس إكس البطاطس Potato Virus X.

فيرس موزايك التبغ Tobacco Mosaic Virus.

فيرس تقزم الطماطم الشجيرى Tomato Bushy Stunt Virus.

فيرس موزايك الطماطم Tomato Mosaic Virus.

ولقد تبين أن كلا من النوعين البكتيريين *Pseudomonas corrugata*، و *Pseudomonas marginalis* – اللذان تكثر أعدادهما فى مزارع الصوف الصخرى – يرتبطان بظاهرة انهيار الطماطم فى تلك المزارع (Kudela وآخرون ٢٠١٠).

٢- ارتفاع حرارة المحلول المغذى:

إن أكثر مشاكل الماء شيوعًا هى الحرارة العالية جدًّا التى تصل إليها المحاليل المغذية صيفًا، حيث ترتفع حرارته أثناء دورانه فى قنوات النظام عندما تزيد حرارة هواء الصوبة عن ٣٢°م. ويحدث الضرر للنباتات عندما ترتفع حرارة المحلول المغذى عن ٢٧-٢٩°م؛ حيث يقل النمو النباتى. ولا يمكن للماء الدافئ أن يحمل الأكسجين بالقدر الكافى كما يحمله الماء الأبرد، كما أن ارتفاع حرارة بيئة الجذور يقود إلى مشاكل فى نمو الجذور وفى أدائها لوظائفها، كذلك تزداد مشاكل أعفان الجذور عند ارتفاع حرارة المحلول المغذى بشدة.

ولا تكون تلك المشكلة بنفس الحدة فى مزارع الصوف الصخرى أو البرليت أو الأكياس؛ نظرًا لأن المحلول الداخل إلى النظام يأتى من المصدر مباشرة، ولا يُعاد دورانه.

وللتحكم فى الحرارة العالية للمحاليل المغذية يجب أن تكون الأسطح الخارجية لأوعية بيئة الزراعة، والأكياس، والقنوات، والأنابيب بيضاء أو عاكسة للضوء، فذلك يحد من تراكم الحرارة فى البيئة.

أما فى تقنية الغشاء المغذى فإن المحاليل المغذية يجب إما تغييرها على فترات قصيرة أو تبريدها، علما بأن التبريد يمكن أن يتم باستعمال ملف تبريد يوضع فى تانك تجميع المحلول.

وأخيرًا فإن التحكم الجيد فى حرارة هواء الصوبة باستعمال المراوح الساحبة للهواء، والتظليل، ووسائد التبخير تُساعد فى خفض حرارة المحاليل المغذية (Hochmuth ٢٠٠١أ)

٣- قد يؤثر نقص الأكسجين فى المحاليل المغذية على النباتات النامية بها، الأمر الذى يتطلب توفير الوسائل التى تسمح بالمحافظة على تركيز عال من الأكسجين بالمحاليل

فمثلاً أدى التركيز المنخفض جدًا من الأكسجين فى المحلول المغذى بالمزارع المائية (٠,٠١ ملى مول) إلى إبطاء نمو الخس، مقارنة بالنمو فى التركيزات الأعلى (٠,١، و ٠,٢ ملى مول أكسجين)، وقد أُرجع ذلك إلى انخفاض امتلاء الأوراق فى تركيز الأكسجين المنخفض، بسبب ضعف قدرة الجذور على امتصاص الماء فى تلك الظروف (Yoshida وآخرون ١٩٩٧)

ولقد أوضحت دراسة استخدمت فيها تركيزات مختلفة من الأكسجين الذائب فى المحلول المغذى (٠,٠١، و ٠,١، و ٠,٢ ملى مول mM) للخيار أن خفض تركيز الأكسجين صاحبه خفض فى امتصاص الماء، والمساحة الورقية، والوزن الطازج والجاف للأوراق. دون التأثير على طول الساق أو عدد الأوراق. ولقد اقترح حدوث انخفاض فى نفاذية أغشية خلايا الجذر جراء انخفاض تركيز الأكسجين؛ بسبب تأثر عمليات حيوية تعتمد على توفر الغاز، وأن النمو تأثر سلبيًا بانخفاض امتلاء الخلايا، الذى حدث نتيجة نقص امتصاص الجذور للماء فى المحاليل التى نقص فيها تركيز الأكسجين (Yoshida وآخرون ١٩٩٧).

وعندما عرضت جذور شتلات الطماطم والخيار لمحاليل مغذية تحتوى على ١، أو

٢، أو ٤، أو ٨ أجزاء فى المليون من الأكسجين، مع ضبط حرارة المحلول المغذى على ٢٢ أو ٣٠°م للطماطم، و ٢٥ أو ٣٣°م للخيار، كان نمو نباتات الطماطم مترديًا فى تركيز ١، أو ٢ جزء فى المليون من الأكسجين مقارنة بنموها فى التركيز الأعلى، أيًا كانت حرارة المحلول المغذى. أما نمو نباتات الخيار فقد تأخر قليلاً فى تركيز جزء واحد فى المليون من الأكسجين على حرارة ٢٥°م، كما تردَّى النمو جوهريًا فى تركيز ١، أو ٢ جزء فى المليون على حرارة ٣٣°م (Rong & Tachibana ١٩٩٧).

وعندما دُرس تأثير نقص الأكسجين فى المحاليل المغذية للمزارع اللاأرضية على نمو نباتات الطماطم النامية بها، وجد أن لنقص الأكسجين تأثيرات فورية على امتصاص الماء والعناصر المغذية، ففى خلال ٤٨ ساعة حدث نقص قدره ٢٠٪-٣٠٪ فى امتصاص الماء، بينما توقف — تمامًا — امتصاص العناصر بعد ١٠ ساعات فقط، وذلك باستثناء النترات التى استمر امتصاصها. ولقد كان البوتاسيوم أكثر العناصر تأثرًا، حيث بدأ يقل امتصاصه بعد ٤ ساعات فقط من اختفاء الأكسجين من المحاليل المغذية (Morard وآخرون ٢٠٠٠).

وفى مزارع الصوف الصخرى للطماطم والخيار تبين أن المحلول المغذى يكون مشبعًا — تقريبًا — بالأكسجين لدى مروره فى الجزء العلوى من وسادة الصوف الصخرى بعد الرى مباشرة، ولكنه ينخفض سريعًا بمروره إلى أسفل حتى يصل إلى تركيز شبه ثابت قدره حوالى ٤ مجم/لتر (Rivière وآخرون ١٩٩٣).

وبالمقارنة .. لم تظهر أى اختلافات فى نمو الخس الورقى والجذرى فى مزرعة مائية بنظام الطفو floating system، قورن فيها تأثير مستويات الأكسجين التالية فى المحلول المغذى: ٢٥٪ تشبع على ٢٤°م (٢,١ مجم/لتر)، و ٥٠٪ تشبع (٤,٢ مجم/لتر)، وتشبع تام (٨,٤ مجم/لتر)، وتشبع زائد (١٦,٨ مجم/لتر). وكان المستوى الحرج للأكسجين للنمو الجيد للخس فى هذه الدراسة هو ٢,١ مجم/لتر (Goto وآخرون ١٩٩٧).

٤- تكون الخضر المنتجة فى المزارع المائية أقل فى قيمتها الغذائية عن تلك المنتجة فى التربة العادية تحت ظروف الحقل، وذلك بسبب سرعة النمو النباتى الكبيرة فى

المزارع المائية. مقارنة بسرعة النمو فى التربة. وعلى سبيل المثال . تكون السبانخ أقل فى محتواها من حامض الأسكوربيك عند إنتاجها فى المزارع المائية، مقارنة بالمحتوى فى السبانخ المنتجة فى التربة وعلى الرغم من ذلك، فإنه يمكن — كما أسلفنا — إدخال مركبات مغذية عضوية أو غير عضوية فى المحاليل المغذية فى الوقت المناسب لتمتصها النباتات، ويزداد محتواها منها مباشرة، مثل إدخال حامض الأسكوربيك والحديد والكالسيوم

٥- تزيد المزارع المائية من احتمالات سرعة التلوث بالميكروبات الضارة بصحة الإنسان، فقد أظهرت دراسة أجريت على الطماطم فى مزرعة مائية لوِّث فيها المحلول المغذى ببكتيريا السلمونيلا *Salmonella* بمعدل ٤,٤٦-٤,٦٥ لو (لوغاريتم) وحدة مكونة للمستعمرات CFU/مل أن البكتيريا يمكن أن تنتقل داخليًا فى نباتات الطماطم بعد دخولها عن طريق الجذور — سواء أكانت الجذور سليمة، أم مجروحة بقطع جزء منها — إلى الساق والأوراق. وقد وصلت أعداد البكتيريا فى السويقة الجينية السفلى والأوراق الفلقية والسيقان والأوراق الحقيقية لأكثر من ٣٨ ٣ لو CFU/جم من تلك الأنسجة، وذلك بعد ٩ أيام فى المزرعة التى لوِّث محلولها المغذى بالبكتيريا، أيًا كانت حالة جذورها (Guo وآخرون ٢٠٠٢).

مزارع المحاليل المغذية

تعتبر مزارع المحاليل المغذية Nutrient Solution Culture أول أنواع المزارع المائية استخدامًا على النطاقين البحثى والتجارى، وفيها تبقى الجذور فى المحلول المغذى داخل حيز مغلق قد يكون وعاءً بلاستيكيًا بحجم مناسب (للأغراض البحثية والتعليمية)، أو أحواضًا 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 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 ٦-١).