ويتعين مع ذلك إلقاء مزيد من الضوء على هذه الظاهرة فى المناطق التى تكون مياهها قلوية، والتى يناسبها استعمال الصورة الأمونيومية للنيتروجين؛ لتجنب الارتفاع الشديد فى pH المحلول المغذى، خاصة وأن ظاهرة التحليق التى أسلفنا بيانها لم تُشاهَدْ على المحاصيل الأخرى غير الطماطم. كما يجب — مع الطماطم — تحديد أعلى نسبة من النيتروجين الأمونيومى يمكن استخدامها بأمان مع كل مرحلة من مراحل نمو النباتات.

ويستدل من الدراسات التى أجريت فى اليابان (عن Etoh ١٩٩٤) على أن معظم الخضروات تعطى نموًّا ممتازًا عندما تكون النترات هى المصدر الوحيد للنيتروجين فى المحاليل المغذية، بعكس ما إن كانت الأمونيا هى المصدر الوحيد للنيتروجين. وقد تأثر مدى سمية الأمونيوم على النباتات بكل من المحلول المغذى وتركيز الأمونيوم فيه. وأدت إضافة كميات قليلة من النترات إلى الحد من سمية الأمونيوم، وتحسن النمو النباتى باستعمال مخلوط من النترات والأمونيوم. وكان أيون الأمونيوم أفضل للنمو النباتى من أيون النترات تحت ظروف الإضاءة العالية والتركيزات المرتفعة من غاز ثانى أكسيد الكربون.

ويتبين من دراسات Jung وآخرين (١٩٩٤) على الفلفل فى مزارع تقنية الغشاء المغذى أن زيادة نسبة النيتروجين الأمونيومى: النيتروجين النتراتى فى المحلول المغذى من صفر : ١٠ إلى ٢ : ٨ أدت إلى نقص مساحة الأوراق الكلية ووزنها الجاف فى النباتات التى عرضت للإشعاع الشمسى القوى، كما كان ذلك مصاحبًا بنقص فى معدل البناء الضوئى، ولكن حدث العكس فى النباتات التى عُرِّضت لتظليل جزئى؛ ولذا .. أوصى الباحثون باستعمال نيتروجين نتراتى فقط — عند التغذية بالمحاليل المغذية — فى ظروف الإضاءة القوية، واستعمال نسبة ١ : ٩ أو ٢ : ٨ نيتروجينًا أمونيوميًّا : نيتروجينا نتراتيًا فى ظروف الإضاءة الضعيفة.

خدمة المحاليل المغذية

تستعمل المحاليل المغذية — عادة — لمدة أسبوعين، ثم يستغنى عنها وتحضر محاليل جديدة، وقد تستعمل لمدة 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 آليًا بواسطة عوامة خاصة

المحافظة على pH المحلول المغذى فى المجال المناسب

سواء استعمل المحلول المغذى لمدة أسبوعين أم لمدة أطول من ذلك، فإنه يلزم اختباره يوميًا لتقدير الـ pH، ودرجة التوصيل الكهربائى (EC) فالـ pH يجب أن يظل دائمًا فى حدود ٦-٦,٥، ويعدل عند الضرورة بإضافة أيدروكسيد البوتاسيوم فى حالة انخفاض الـ pH عن ٦، أو حامض الكبريتيك عند ارتفاعه عن ٦.٥

وقد وجد أن بالإمكان استخدام حامض الأيدروكلوريك بدلاً من أى من حامضى النيتريك أو الفوسفوريك فى خفض pH المحلول المغذى فى مزارع تقنية الغشاء المغذى التى يرتفع فيها pH المحلول المغذى مع استمرار استعماله، علمًا بأن حامض الأيدروكلوريك أرخص سعرًا، ولم تكن له تأثيرات سلبية على كمية محصول الطماطم وجودة ثمارها عندما استعمل لهذا الغرض (Papadopoulos & Pararajasingham ١٩٩٨)

المحافظة على التركيز المناسب للعناصر المغذية والأملاح بالمحلول المغذى

إن درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى المقترح استعماله (جدول ٦-١) تقدر بنحو ٣ ملليموز، فإذا انخفضت مع الاستعمال إلى ٢ ملليموز لزمت إضافة جميع المركبات المستعملة فى تحضير المحلول بالقدر الذى يكفى لإعادة القراءة إلى ٣ ملليموز، ويمكن أن يتم ذلك كله آليًا.

وتجدر الإشارة — فى هذا المقام — إلى أن النباتات يناسبها مدى واسع للغاية من تركيز العناصر فى مزارع تقنية الغشاء المغذى، فبالنسبة للطماطم — مثلاً — لم يختلف النمو النباتى، والمحصول، أو حتى امتصاص العناصر عندما تراوح مدى النيتروجين بين ١٠ أجزاء فى المليون و ٣٢٠ جزءا فى المليون، ومدى الفوسفور بين ٥ أجزاء فى المليون و ٢٠٠ جزءا فى المليون، ومدى البوتاسيوم بين ٢٠ جزءًا فى المليون و ٣٧٥ جزءًا فى

المليون، ويرجع ذلك إلى أن المحلول المغذى يتدفق باستمرار حول الجذور، ولا تعانى النباتات مشكلة نقص العناصر أو زيادة تركيزها؛ ولذا .. كان مجرد قياس درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى كافيًا للتعرف على محتواه من العناصر المغذية.

وقد أوضحت دراسات Schacht & Schenk (١٩٩٥) على الخيار – فى مزرعة مائية مغلقة — أن النسبة ظلت ثابتة بين معدل امتصاص النباتات للنيتروجين ومعدل امتصاصها من كل من الفوسفور والبوتاسيوم خلال مختلف مراحل النمو؛ الأمر الذى يمكن معه الاستدلال على معدل استنفاذ العناصر من المحلول المغذى بقياس مدى استنفاذ النيتروجين منه على فترات.

وقد قورنت طريقتان لتعديل المحلول المغذى للكنتالوب فى مزارع تقنية الغشاء المغذى، هما: بتعديل درجة التوصيل الكهربائى (EC) للمحلول، وبإضافة العناصر المغذية، وذلك تأسيسًا على معرفة مسبقة بالاحتياجات الأسبوعية للمحصول من كل من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم، دون أى محاولة للمحافظة على قيمة ثابتة لتركيز المحلول المغذى أو درجة توصيله الكهربائى. وقد تبين عدم وجود أى فرق بين الطريقتين على المحصول أو جودة الثمار، إلاّ أن الطريقة الثانية قللت من استهلاك المحصول من كل من الماء والنيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم بنسبة ٤٠٪–٦٠٪ مقارنة بطريقة ضبط درجة التوصيل الكهربائى (Pardossi وآخرون ٢٠٠٢).

وجد أن إضافة الحجر الرخامى السُماقى quartz porphyry للمحلول المغذى أدت إلى خفض التأثيرات الضارة لكل من أيونات الصوديوم، والكلوريد، والنيتريت، والكبريتات بخفضه لتركيزاتها فى المحلول المغذى (Azad وآخرون ٢٠١٠).

المحافظة على مستوى مناسب من الأكسجين فى المحاليل المغذية

يعد الأكسجين عنصرًا ضروريًا لعمل الجذور بكفاءة. ولذا .. يجب أن تكون المحاليل المغذية قادرة على مد الجذور بالأكسجين، أو أن تُعدل دورة تشغيل وإيقاف مضخة ضخ المحلول المغذى بحيث تُزود الجذور باحتياجاتها من الغاز. ويجب عدم السماح بغمر نسبه

تزيد عن ٢٪ إلى ٣٪ المجموع الجذرى — فى مزارع تقنية الغشاء المغذى — بالمحلول المغذى أثناء دورة تشغيل المضخة كما يجب فحص الجذور بانتظام لتحديد ما إذا كانت هناك تهوية مناسبة من عدمه ومن مشاكل تقنية الغشاء المغذى أن كتلة النمو الجذرى تكون — عادة — سطحية ولا يريد سمكها عن ١.٢٥–٢.٥ سم، الأمر الذى يجعل من الصعوبة الالتزام بقاعدة عدم غمر ٣٣٪–٥٠٪ من النمو الجذرى بالمحلول المغذى.

وللمساعدة فى تحسين تهوية المحلول المغذى يجب أن يكون المحلول المتجمع فى خزان المحلول المنصرف مهوى جيدا ولتحقيق ذلك يجب إمرار المحلول المنصرف عند دخوله خزان التجميع — على حاجز مثقب يقوم بنثره قبل سقوطه فى الخزان، حيث يبقى معرض للهواء لفترة أطول كما يمكن تهوية المحلول المتجمع من خلال أنابيب PVC بسمك نصف بوصة مثقبة ومسدودة من طرفها الذى يغمر فى قاع خزان تجميع المحلول المغذى المنصرف، ويدفع فيها الهواء النظيف المرشح (غير الملوث) بواسطة مضخة (Hochmuth ٢٠٠١أ)

وعموما فإن توفر الأكسجين اللازم لتنفس الجذور لا يقل فى تقنية الغشاء المغذى عما فى الأراضى الجيدة الصرف، لأن المحلول المغذى يتعرض دائمًا للهواء، كما أنه يتدفق ويختلط بالهواء فى أماكن تساقط المحلول فى الخزان وفى الغشاء المغذى الذى ينحدر قليلاً على امتداد قاع القناة.

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 بحاجاتها من الغاز فإذا توقفت حركة المحلول بين تفرعات الجذور الكثيفة، فإن الأكسجين يقل كثيرًا حولها، بينما يزداد تركيز الغازات الناتجة من نشاط وتنفس الجذور، مثل ثانى أكسيد الكربون، والإثيلين، وأكسيد ثنائى النيتروجين dinitrogen oxide.

وقد وجد بالفعل أن الأصص المحتوية على بيئات قوامها البيت والرمل، والتى استخدمت 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 — إلى التخلص تمامًا تقريبًا من أعراض سوء التهوية (Jackson وآخرون ١٩٨٤).

وعلى الرغم من 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، إلا أن وجود المحلول المغذى على صورة غشاء — لا يزيد سمكه على ٣ مم — يجعل معظم الجذور معرضة دائمًا للهواء؛ ولذلك تحصل منه على حاجتها من الأكسجين؛ ولذا .. فإن وجود المحلول المغذى على صورة غشاءٍ بهذا السمك يعد شرطًا أساسيًا لنمو النباتات بصورة طبيعية فى هذه النوعية من المزارع؛ فبدون توفر هذا الشرط يكون الأكسجين الذائب فى المحلول المغذى هو المصدر الوحيد للأكسجين اللازم لتنفس الجذور، وبينما تحصل عليه النباتات التى فى بداية خط الزراعة، فإن باقى النباتات فى الخط تعانى نقص الغاز.

خدمة نظام تقنية الغشاء المغذى

لتأمين تواجد المحلول فى صورة غشاء رقيق تتعين مراعاة ما يلى:

١- أن يكون قاع القناة المنحدرة خاليًا تمامًا من أية انخفاضات — ولو لعدة ملليمترات — حتى لا يَرْكد فيها جزء من المحلول المغذى.

٢- أن يكون معدل ضخ المحلول المغذى فى القناة معتدلاً؛ حتى لا تؤدى سرعة تدفقه إلى تواجده بعمق كبير غير مناسب.

٣- ألا تكون القنوات ضيقة أكثر من اللازم؛ حتى لا تنحصر فيها الجذور بصورة تعوق تدفق المحلول المغذى.

٤- أن تكون قاعدة القناة مستوية وليست مقوسة؛ حتى لا يتواجد المحلول المغذى بعمق زائد فى منتصف القناة

ويلزم قبل تغيير المحاليل المغذية فى مزارع تقنية الغشاء المغذى غسيل خزانات تجميع المحلول المغذى والتخلص مما قد يوجد بها من مادة عضوية وجذور نباتية ويتم الغسيل فى نهاية اليوم بتفريغها مما قد يكون فيها من محلول مغذٍ، ثم ملئها بماء عُدِّل فيه الـ pH إلى ٨ ٥-٦ وأضيف إليه الكالسيوم بتركيز ٢٥-٥٠ جزءًا فى المليون، مع تمريره فى المزرعة خلال الليل بنفس دورة التشغيل المستعملة مع المحلول ويضاف الكالسيوم لأجل المحافظة على قمة الجذور سليمة أثناء عملية الغسيل وفى الصباح الباكر يفرغ التنك ويملأ من جديد بمحلول غذائى كامل كالمستعمل فى تانك المحلول الغذائى القياسى

هذا . وليس من الضرورى ترشيح المحاليل المغذية المستعملة فى نظام تقنية الغشاء المغذى؛ نظرًا لأن خزان تجميع المحلول (sump tank) يتم شطفه أسبوعيًّا وغالبًا ما تتجمع فيه بعض النموات الطحلبية وبعض الجذور النباتية، إلا أنه يتم التخلص منها بعملية الشطف كما يجب وضع شبكة حول مكان سحب المحلول المغذى المتجمع حتى لا تدخل المواد الصلبة — مثل الأوراق والجذور — فى مضخة السحب (عن Hochmuth ٢٠٠١أ)

المزارع الهوائية

تظل جذور النباتات فى المزارع الهوائية Aeroponics عالقة فى حيز مغلق، مع تعريضها بصورة منتظمة للمحلول المغذى فى صورة رذاذ (مست)؛ وبذلك تحصل النباتات على حاجتها من الماء والغذاء والأكسجين اللازم لتنفس الجذور التى تبقى فى هواء تبلغ 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 ٦-٦)