

الحس المنتج بهذه الطريقة أعلى من محصول الحس المزروع فى التربة العادية بمقدار ٢٤ ٪ .

مزارع الأنابيب

تستعمل فى مزارع الأنابيب Tube Cultures أنابيب من البولى فينايل كلورايد (PVC) بقطر ٤ بوصات تشق طوليا إلى نصفين ، ويغطى مكان القطع بالبلاستيك الأسود لمنع نفاذ الضوء . وتستخدم هذه الأنصاف فى زراعة النباتات ذات النمو الخضرى والجذرى المحدودين ، كالخس والشليك . ويتم عمل ثقوب فى البلاستيك تثبت فيها النباتات ، وتبقى الجذور داخل الأنبوبة التى يمر فيها المحلول المغذى بصورة دائمة ؛ ولهذا . . فإنها يجب أن تكون مائلة بمقدار ٧,٥ سم كل ٣٠ مترًا ؛ لتعمل على حسن انسيابه فيها . هذا . . ويعاد استعمال هذه الأنابيب فى الزراعة بعد تعقيمها بهيبوكلوريد الصوديوم ، لكن يستعمل معها غطاء بلاستيكي جديد .

وتتحقق التهوية اللازمة للمحلول المغذى فى هذه النوعية من المزارع أثناء مروره من الأنابيب إلى خزان المحلول . ويساعد وضع عددٍ من الحواجز فى طريقه إلى زيادة اختلاطه بالهواء (Resh ١٩٨٥) .

تقنية الغشاء المغذى

تتواجد جذور النباتات فى تقنية الغشاء المغذى - Nutrient Film Tech- nique (اختصاراً : NFT) فى قناة ضيقة مغلقة ، ينساب فيها المحلول المغذى بصورة دائمة على شكل غشاء بسُمك حوالى ثلاثة ملليمترات ؛ بحيث تبلل الجذور - على الدوام - بمحلول مغذٍ متجدد ، فى الوقت الذى يبقى فيه جل المجموع الجذرى للنبات معرضاً للهواء فى مستوى أعلى من مستوى المحلول المغذى ، الذى لا ينغمر فيه سوى نسبة يسيرة من جذور النباتات . ولأن الجذور التى فى الهواء تكون دائما محاطة بغشاء من المحلول المغذى ؛ لذا . . كان الاسم « تقنية الغشاء المغذى » .

وقد ابتكر هذه النوعية من المزارع المائية العالم Allen Cooper فى المملكة المتحدة عام ١٩٦٥ . ومنذ ذلك الحين انتشرت تقنية الغشاء المغذى فى أنحاء عديدة من

العالم ، خاصة فى أوروبا ، وأمريكا الشمالية ، وبعض دول جنوب شرق آسيا مثل اليابان وكوريا الجنوبية .

ويطلق على هذه المزارع - أحياناً - اسم تقنية المحلول المغذى المتدفق Nutrient Flow Technique ، بالنظر إلى استمرار تدفق المحلول المغذى خلال المزرعة بصورة دائمة .

وقد قدم A. Cooper لهذه النوعية من المزارع - بالتفصيل - فى كتابه Nutrient Film Technique (١٩٧٩) .

مميزات وعيوب تقنية الغشاء المغذى

المميزات

من أهم مميزات تقنية الغشاء المغذى ما يلى :

١ - لا حاجة إلى التعقيم بين الزراعات المتتالية ؛ نظراً 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 - توفير فى الماء ؛ نظراً لأن المحلول المغذى يمر فى نظام مغلق ؛ فلا يتعرض للتبخر .

٣ - أدت بساطة الفكرة التى يقوم عليها النظام إلى تطويره ؛ ليعمل بصورة آلية كلياً تقريباً .

٤ - يناسب النظام عديد من المحاصيل ، ويتميز بالإنتاجية العالية مع الجودة .

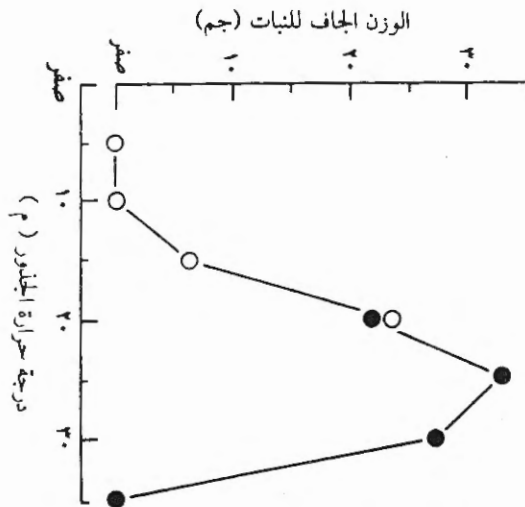
٥ - بسبب سهولة التحكم فى بيئة نمو الجذور فى هذا النظام ، فإنه يمكن التحكم فى النمو النباتى بصورة أفضل ؛ ويتحقق ذلك من خلال التحكم فى درجة حرارة المحلول المغذى ، ودرجة توصيله الكهربائى (EC) ، والتدفق المتقطع intermittent flow للمحلول المغذى (عن Burrage ١٩٩٣) .

٦ - يمكن مكافحة الأمراض والآفات بسهولة بإضافة المبيدات الجهازية التي تمتص عن طريق الجذور إلى المحلول المغذى .

٧ - انخفاض التكلفة الإنشائية نسبياً .

٨ - تعد من أنسب أنواع المزارع المائية لدول الشرق الأوسط التي تكون أراضيها الرملية جيرية ، أو تقل فيها المياه الصالحة للزراعة .

٩ - من السهولة بمكان تدفئة أو تبريد المحلول المغذى ؛ بحيث تبقى درجة حرارته - دائماً - فى المدى المناسب للنمو النباتى ، والذي يبلغ حوالى ٢٦ - ٢٧°م للطماطم ، و ٢٩°م للخيار . ففي الطماطم - على سبيل المثال - تغير نمو النباتات بتغير درجة حرارة المحلول المغذى من ٥° إلى ٣٥°م ، علماً بأن درجة حرارة الهواء كانت ثابتة عند ٢٠°م (شكل ٦-٢) . وقد صاحبت هذه الزيادة فى النمو النباتى زيادة مماثلة فى امتصاص النباتات من العناصر ، على الرغم من أن نسبة العناصر ظلت ثابتة فى الأنسجة النباتية عند مختلف درجات الحرارة المستعملة .



شكل (٦ - ٢) : تأثير درجة حرارة المحلول المغذى - فى مزرعة تقنية الغشاء المغذى - على الوزن الجاف لنباتات الطماطم عند ثبات درجة حرارة الهواء - ليلاً ونهاراً - عند ٢٠°م . تمثل الدوائر البيضاء والسوداء فى الشكل قيمًا حصل عليها فى تجربتين مختلفتين .

يلاحظ من شكل (٦ - ٢) أن نمو نباتات الطماطم يتوقف عندما تبلغ حرارة المحلول المغذى ١٠م أو ٣٥م ، وأن درجة الحرارة المثلى للنمو تقع بين ٢٦ و ٢٧م . ولكن يجب إما أن تبقى درجة الحرارة المحلول المغذى ثابتة ليلاً ونهاراً ، وإما أن تكون أعلى نهاراً منها ليلاً ؛ لأن عكس ذلك يكون له تأثير سيئ على النمو النباتي . ولكل محصول درجة الحرارة المثلى والعظمى الخاصة به .

١٠ - كذلك قد تفيد تدفئة المحاليل المغذية في توفير قدر - ولو ضئيل - من الحرارة للنموات الخضرية قد يحميها من أضرار الصقيع ، خاصة عندما تقام مزارع تقنية الغشاء المغذى خارج البيوت المحمية في المناطق التي تقترب فيها الحرارة ليلاً من درجة التجمد .

وأبسط الوسائل لتدفئة المحاليل المغذية هي بوضع سخان كهربائي - يتصل بمنظم حرارة - مغموراً في خزان المحلول (على ألا يكون السخان من النحاس) ولكن تكلفة التشغيل بهذه الطريقة تكون عالية ، ويفضل عليها استعمال ملفات من الصلب غير القابل للصدأ يمر فيها ماء ساخن أو بخار مع استعمال الزيت أو الغاز كمصدر للطاقة ويكفي نحو ١٢ متراً من ملفات بقطر ٥ سنتيمترات لتدفئة المحلول المغذى اللازم لكل هكتار من مزارع تقنية الغشاء المغذى .

١١ - قد يمكن الاستفادة من قدرة البكتريا التابعة للجنس Rhizobium على تثبيت آزوت الهواء الجوى في جذور البقوليات في إمداد النباتات غير البقولية باحتياجاتها من هذا العنصر ؛ وذلك بزراعتها مع النباتات البقولية - بنسبة معينة من كل منهما - في مزرعة واحدة ؛ حيث يؤدي تسرب النيتروجين من جذور النباتات البقولية إلى توفره في المحلول المغذى ؛ لكي تستفيد منه النباتات غير البقولية . وعلى الرغم من أن تركيز الآزوت يكون في هذه الحالة منخفضاً ، إلا أن المهم هو تأمين استمرار تواجده بالألا تنخفض نسبة النباتات البقولية في المزرعة عن حد معين .

١٢ - قد يكون من الممكن إقامة مزارع تقنية الغشاء المغذى بجانب الأنهار مع استعمال مياه النهر - مباشرة - ودون أية إضافات من العناصر المغذية . ومما يؤيد

ذلك أن مياه الأنهار تستعمل بالفعل فى إنتاج محصول قوى النمو من الكرسون المائى بطريقة تتدفق فيها مياه النهر على مزارع الكرسون المائى - بصورة مستمرة - لتعود المياه إلى النهر مرة أخرى بعد مرورها على طول معين - لا تتعداه - من المزرعة . كذلك تنمو الأعشاب المائية بغزارة على مياه الأنهار ، وتعتمد فى نموها على العناصر المغذية التى تتوفر فى هذه المياه .

وليس بمستغرب أن تكفى التركيزات المنخفضة من العناصر الضرورية - التى تتوفر فى مياه الأنهار - حاجة النباتات من تلك العناصر ما دامت هذه المياه متجددة على الدوام كما فى حالتى الأعشاب المائية ومزارع كرسون الماء ؛ وهو الشرط الذى يجب أن يتحقق - كذلك - فى مزارع تقنية الغشاء المغذى . فمياه النهر يجب أن تتدفق مرة واحدة خلال المزرعة ، ثم تعود إلى النهر مرة أخرى ، كما يجب ألا يزيد طول قنوات المزرعة عن حد معين ، وإلا تعرضت النباتات التى توجد فى نهاياتها لنقص فى العناصر المغذية .

وجدير بالذكر أن الزراعة بهذه الطريقة لا تحتاج إلى أكثر من قنوات تقنية الغشاء المغذى ؛ فالماء يمكن رفعه إلى خزانات بالوسائل البدائية ، ويترك لينساب من خلال قنوات الزراعة دون أية إضافات من الأسمدة ، أو تعديل للـ pH ، أو ضخ ... إلخ .

١٣ - الاستفادة من مزارع تقنية الغشاء المغذى فى تنقية مياه المزارع السمكية :

نجد فى المزارع السمكية أن براز السمك يجعل الماء غنيا بالعناصر الغذائية ، ولكنه يفسد الماء بالنسبة للسمك ، الأمر الذى يتطلب تغيير الماء على فترات متقاربة . وإذا لم تتم معالجة هذا الماء قبل التخلص منه فإنه قد يؤدي إلى تلوث البيئة . ولكن من حسن الحظ أن الـ pH ودرجة الحرارة المناسبين للماء المستعمل فى تربية الأسماك يناسبان كذلك مزارع تقنية الغشاء المغذى ؛ الأمر الذى قد يمكن معه استعمال هذه المياه فى تلك المزارع دونما حاجة إلى معالجتها قبل التخلص منها ، بل إنه قد يمكن إعادة استعمالها من جديد فى مزارع الأسماك بعد تنقيتها فى مزارع تقنية الغشاء المغذى .

ولكى تتم عملية تنقية المياه بصورة سليمة يجب أن يُضخ الماء لمرة واحدة في مزارع تقنية الغشاء المغذى بمعدل ثابت ليلاً ونهاراً ؛ وهو ما يتطلب وجود تلك المزارع مجاورة للمزارع السمكية وبمساحات تتناسب مع كمية المياه الناتجة من المزارع السمكية والتي يُراد معالجتها . وقد يتطلب الأمر زيادة مساحة مزارع تقنية الغشاء المغذى شتاءً ؛ نظراً لبطء النمو النباتي خلال فترة انخفاض درجة الحرارة شتاءً ، وقلة حاجة النباتات إلى الماء آنذاك .

وقد جُربت هذه الطريقة في إنتاج عشب grass لتغذية الحيوانات ، اعتمد في غوه على العناصر التي كانت متوفرة في مياه تربية الأسماك ، والتي كانت كما يلي بالجزء في المليون (عن Cooper ١٩٧٩) :

الكالسيوم : ٢٢ - ٢٦	المغنيسيوم : ٣,٤ - ٧,١	السيلكون : ٣,٧ - ٤,٢
الكلوريد : ١٨ - ٢٥	النيتروجين : ٠,٦ - ٠,٩	الصوديوم : ٩ - ١٠
النحاس : أقل من ٠,١	الفوسفور : ٠,٢ - ٠,٥	الزنك : أقل من ٠,١
الحديد : ٠,٣ - ٠,٦	البوتاسيوم : ٢,٥ - ٢,٨	

وقد أثبتت دراسات McMurtry وآخرين (١٩٩٣) التي جمعوا فيها بين مزارع الأسماك ومزارع الطماطم المائية (بتمرير مياه الأسماك على مزارع الطماطم في نظام مغلق) أن النواتج الأيضية لكل كيلو جرام واحد زيادة في النمو السمكي كانت كافية لتغذية نباتين من الطماطم لمدة ثلاثة شهور ، علماً بأن الأسماك كانت تعطي غذاءً يحتوى على ٣٢ ٪ بروتيناً .

كذلك قام Quilleré وآخرون (١٩٩٣) بالجمع بين السمك (من النوع *Oreochromis niloticus*) ، والنباتات (الطماطم) ، والبكتيريا (التي تقوم بتحليل براز السمك ليناسب النباتات) في نظام بيئي واحد مغلق أمكن فيه التوفير في مياه تربية الأسماك ، وتوفير الأسمدة اللازمة للنمو النباتي ، وتجنب التلوث البيئي . وقد زود النظام بالبكتريا من خلال فلتري حيبي احتوى على البكتريا

المرغوبة ، ووضع بين حوض تربية السمك ومزرعة الطماطم . وكانت نتائج هذه الدراسة مرضية ؛ حيث ثبت مستوى المركبات النيتروجينية - خاصة التترات - فى مياه تربية الأسماك عند مستوى منخفض ، فى الوقت الذى تكون فيه نمو نباتى جيد .

العيوب

من أهم عيوب تقنية الغشاء المغذى ما يلى :

١ - سرعة انتشار الأمراض التى تصيب النباتات عن طريق الجذور ، ولكن يفترض دائماً اتخاذ الاحتياطات اللازمة لمنع وصول هذه الأمراض إلى المزرعة ، خاصة أنها تكون فى البداية خالية تماماً منها .

٢ - احتمال إصابة قاعدة ساق النبات بما يشبه الاحتراق ؛ نتيجة تراكم الملح على قاعدة النبات بالقرب من مكان تلامس الساق مع غشاء المحلول المغذى . ولا يحدث ذلك إلا إذا كان المحلول راكداً فى هذه المنطقة (وهو الأمر الذى يحدث إن كان بها انخفاض) ، أو إن كان غشاء المحلول المغذى أكبر سمكاً من اللازم . وتعالج هذه المشكلة بالاهتمام بهندسة النظام لضمان تدفق المحلول المغذى فى غشاء بالسمك المناسب .

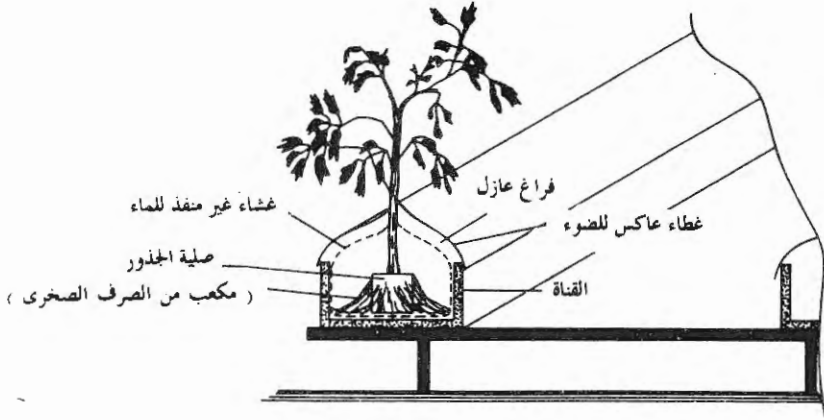
٣ - احتمال توقف مضخة المحلول المغذى عن العمل ؛ إما بسبب انقطاع التيار الكهربائى ، وإما بسبب خلل بالمضخة ذاتها ، ويتطلب ذلك توفر مولد كهربائى يعمل تلقائياً عند انقطاع التيار الكهربائى ، وتواجد مضختين تعملان بالتبادل لتأمين استمرار ضخ المحلول المغذى فى حالة تعطل إحداهما عن العمل .

٤ - الحاجة إلى أفراد ذوى مستوى عالٍ من الخبرة والكفاءة لإدارة هذه المزارع .

تصميم مزارع تقنية الغشاء المغذى

يتم أولاً إعداد قنواتٍ مستويةٍ تماماً وخاليةٍ من أية تعرجاتٍ، وتوضع على أرضية من الأسمنت تمل بمقدار ١ ٪ وتصنع هذه القنوات من الخشب ، أو البلاستيك ، أو

المعدن ، أو الأسمت (شكل ٦ - ٢) . وترجع أهمية استواء القنوات إلى عدم إعطاء أية فرصة لتوقف المحلول المغذى بأية انخفاضات قد توجد بها ؛ نظراً لأن البقع الراكدة تصبح خالية من الأكسجين بعد فترة قصيرة من تنفس الجذور



شكل (٦ - ٣) : قناة تقنية الغشاء المغذى ، وقد بظنت بالبولىلين .

يبلغ عرض القنوات - عادة - ٢٣ سم ، وارتفاعها ٥ سم فى مزارع الطماطم والخيار ، أما طولها ، فيجب ألا يزيد على ٣٠ - ٤٠ متراً كحد أقصى ، ويجب أن تكون غير منفذة للماء . وفى حالة صنعها من مواد منفذة للماء ، فإنه يلزم تبطينها بغشاء بلاستيكي . وفى هذه الحالة يجب أن يكون الغشاء عريضاً بالقدر الذى يكفى لتغطية قمة القناة ومكعبات إكثار الشتلات . ويستعمل لذلك الغرض غشاء بلاستيكي بسمك ١٣٠ ميكرونًا على الأقل ؛ لأن الأغشية الأقل سمكًا من ذلك يمكن أن تلتصق بها الجذور وتتشابك ؛ مما يجعل المحلول المغذى يمر من حول الجذور ، بدلاً 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 كونها :

١ - تمنع فقد الماء بالتبخر .

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

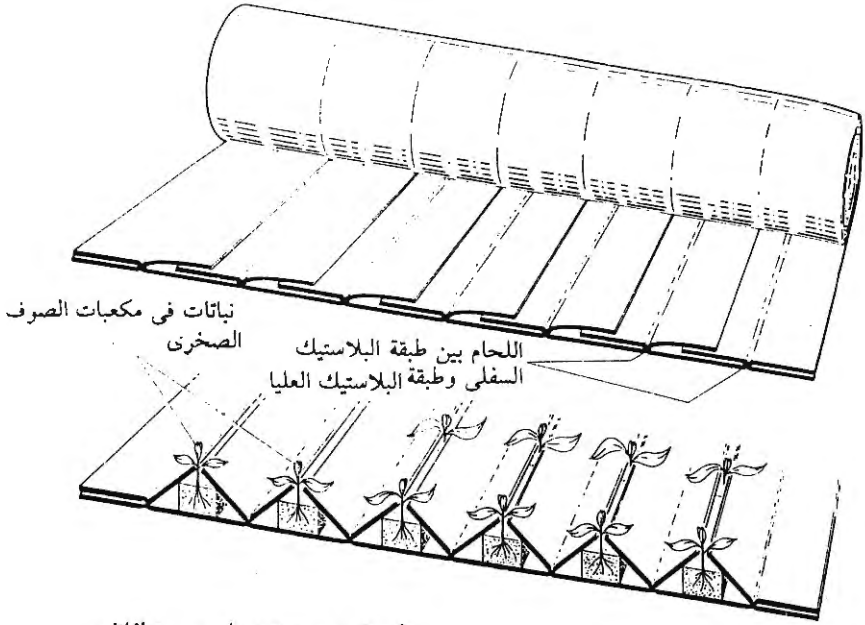
٣ - تساعد على التحكم فى درجة حرارة الجذور .

ومن المفضل أن يكون السطح الخارجى لأغطية القنوات أبيض أو فضى اللون ؛ لتقليل اكتساب الحرارة ، وللمعمل 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 كثيراً داخل القنوات فى الأيام الحارة صيفاً إلى القدر الذى قد يضر بالجذور . أما الغطاء البلاستيكي الأبيض فإنه لا يحجب الضوء بالقدر الكافى . وعليه . . فإن الغشاء البلاستيكي 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 لفائف بوليثلين جاهزة للاستعمال فى تقنية الغشاء المغذى (شكل ٦ - ٤ أ) ، كما تتوفر قنوات متعددة غير مطوية (شكل ٦ - ٤ ب) .

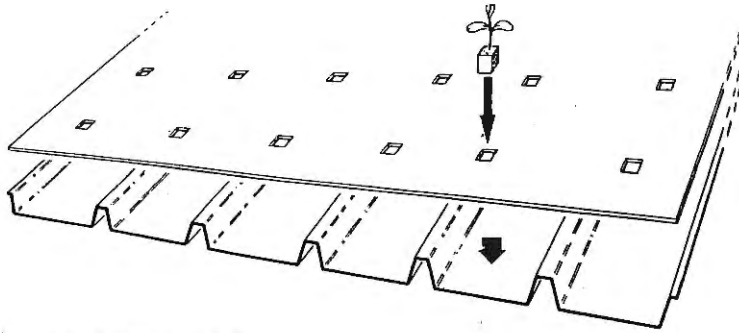
وأياً كانت المواد المستخدمة فى تبطين أو تغطية القنوات ، فإنها يجب ألا تكون سامة للنباتات ، ويعرف هذا التسمم باسم "Phytotoxicity" ، وهو قد يكون شديداً للغاية ويؤدى إلى سرعة تدهور النباتات وموتها ، أو أقل تأثيراً ؛ حيث تعاني النباتات ضعف النمو بدرجات متفاوتة .

ومن المواد المأمونة الاستعمال فى تبطين القنوات وتغطيتها : البوليثلين ، والبولى برويلين والـ Acrylonitrile Butadiene Styrene (اختصاراً : ABS) ، والبولى فينايل كلورايد الجامد Rigid PVC .

ومن المواد التى أحدث استعمالها تسمماً للنباتات : البولى فينايل كلورايد المرن Flexible PVC ، والمطاط . كما يجب تجنب استعمال المعادن التى تحتوى على عناصر دقيقة ؛ مثل النحاس ، والزنك ؛ حتى لا تتراكم بتركيزات عالية سامة فى المحلول المغذى .



أ - قنوات متعددة على صورة لفائف



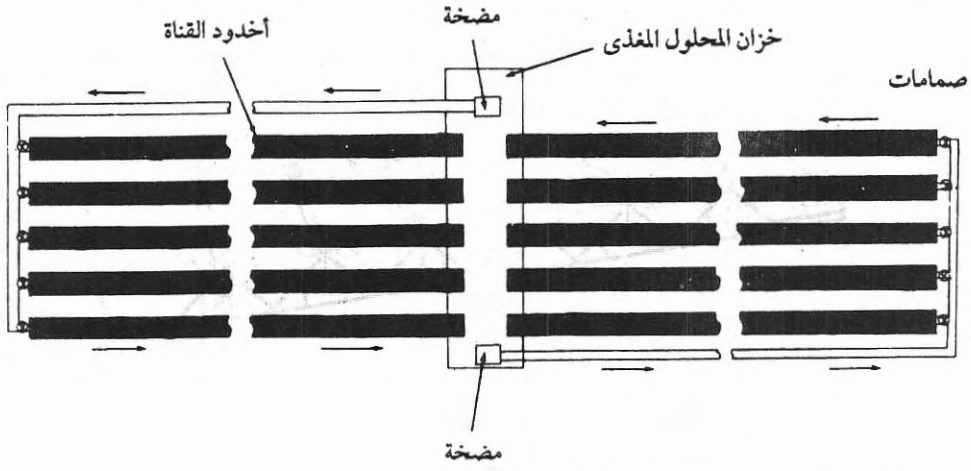
ب - قنوات متعددة جامدة غير مطوية

شكل (٦ - ٤) : قنوات مزارع تقنية الغشاء المغذى الجاهزة التحضير على صورة لفائف يتم فردها

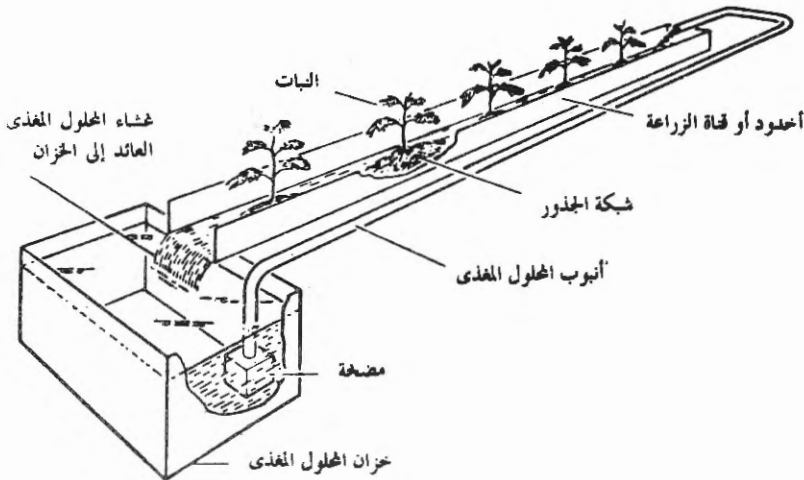
flexible (أ)، وأخرى غير مطوية Rigid (ب) .

يتجمع المحلول المغذى بالجاذبية الأرضية في خزان يوضع في 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 ٦ - ٥ ، ٦ - ٦) . ويتم ضبط معدل تدفق المحلول المغذى بحيث يكون على صورة غشاء بسمك

٣ مم على امتداد قاع القناة ؛ لأن زيادة سمكه عن ذلك تؤدي إلى حجب الأكسجين عن الجذور . ولتحقيق ذلك يفضل أن يكون معدل تدفق المحلول المغذي حوالي لترين / دقيقة بكل قناة . ويستمر تدفق المحلول طوال الوقت أحياناً ، أو لمدة ١٠ دقائق كل ١٥ دقيقة في أحيان أخرى . هذا . . وتخدم كل مضخة مساحة من المزرعة تتراوح بين ١٩٠٠ - ٢٠٠٠ متر مربع (Wittwer & Honma ١٩٧٩ ، Nelson ١٩٨٥) ، مجلة الزراعة في الشرق الأوسط - العدد الرابع (١٩٨٥) .



شكل (٥ - ٦) : تصميم مزرعة تقنية الغشاء المغذي .



شكل (٦ - ٦) : التصور العام لكيفية تصميم قناة الزراعة في تقنية الغشاء المغذي ، وحركة المحلول المغذي على شكل غشاء رقيق فيها .

وقد درس Evans-McLeod (١٩٩٣) تأثير استعمال محاليل مغذية تباينت في التركيز الكلى للأملاح فيها بين ٠,٢ ، و ٢,٠ ملليموز / سم ، بمعدلات تدفق تراوحت بين لترين ، و ١٢ لتراً / دقيقة على نمو عدة أصناف من الخس ، ووجد أن تركيزات الأيونات الكلية العالية (١,٢ - ٢,٠ ملليموز / سم) ومعدلات التدفق المنخفضة إلى المتوسطة (لترين إلى ستة لترات / دقيقة) أعطت أفضل النتائج .

ويذكر El-Behairy وآخرون (١٩٩١) أن ضخ المحلول المغذى على فترات (لمدة ١٥ دقيقة كلما تجمع ٠,٣ ميغاجول MJ من الأشعة القصيرة الموجة / م^٢ داخل الصوبة) فى مزرعة الطماطم أدى إلى زيادة كفاءة استخدام الماء ، وزيادة المحصول المبكر ، ونقص النمو الجذرى ، دون التأثير جوهرياً على المحصول الكلى مقارنةً بضخ المحلول المغذى بشكلٍ عاديٍّ على صورة غشاءٍ مستمر .

كذلك وجد Economakis (١٩٩٣) أن تدفئة المحلول المغذى إلى ٢٢م مع ضخه على فتراتٍ (لمدة ١٥ دقيقة متواصلةً فى كل نصف ساعة أو ساعة) أدت إلى زيادة محصول الطماطم المبكر خلال الشهر الأول من الحصاد ، ولكن تلك المعاملة أدت إلى نقص المحصول الكلى مقارنةً بمعاملة التدفق المستمر للمحلول المغذى مع عدم تدفئته .

المحاليل المغذية وخدماتها

تحضير المحاليل المغذية

اقترح A. Cooper استعمال المحلول المغذى المبينة مكوناته فى جدول (٦ - ١) ، والذي يبلغ تركيز مختلف العناصر به كما فى جدول (٦ - ٢) . وقد استعمله Cooper مع أكثر من ٥٠ نوعاً من الخضر ونباتات الزينة لمدة ثلاث سنوات متصلة دون أية مشاكل . هذا . . وتتوفر تحضيرات تجارية جاهزة من أملاح المحاليل المغذية خاصة بتقنية الغشاء المغذى ، وتباع - عادةً - فى مخلوطتين منفصلين يضاف كل

منهما منفرداً إلى خزان المحلول لمنع ترسب الأملاح . وفيما عدا ذلك . . فإن المحاليل المستعملة فى تقنية الغشاء الغذى لا تخرج فى جوهرها عما سبق بيانه فى الفصل الرابع .

جدول (٦ - ١) : كميات الأملاح اللازمة لتحضير المحلول الغذى المثالى لمزارع تقنية الغشاء الغذى .

الكمية اللازمة بالجرام / ١٠٠٠ لتر	التركيب الكيميائى	المركب
٢٦٣	KH_2PO_4	فوسفات البوتاسوم ثنائى الأيدروجين Potassium dihydrogen phosphate
٥٨٣	KNO_3	نترات البوتاسيوم
١٠٠٣	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	نترات الكالسيوم
٥١٣	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	كبريتات المغنيسيوم
٧٩	$[\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{COO})_2]_2\text{FeNa}$	الحديد المخلبى EDTA iron
٦, ١	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	كبريتات المنجنيز
١, ٧	H_3BO_3	حامض البوريك
٠, ٣٩	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	كبريتات النحاس
٠, ٣٧	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	مولبيدات الأمونيوم
٠, ٤٤	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	كبريتات الزنك

وعملياً . . يفضل تحضير محلولين قياسيين مركزين ؛ يحتوى أحدهما على نترات الكالسيوم والحديد المخلبى فقط ، بينما يحتوى الثانى على جميع الأملاح الأخرى المبينة فى جدول (٦ - ١) . ويجرى ذلك بإذابة عشرة أمثال الكميات الموضحة من كل ملح سمادى فى جدول (٦ - ١) فى ٤٥ لتراً من الماء لكل محلول قياسى مركز . فمثلاً . . يلزم لتحضير المحلول الأول ١٠٠٣ جراماً من نترات

الكالسيوم ، و ٧٩ جراماً من الحديد المخلبي تُذاب في ٤٥ لترًا من الماء . . . وهكذا بالنسبة للمحلول القياسي المركز الثانى ، مع أخذ نسبة نقاوة كل ملح في الحسبان ؛ لأن الكميات الموضحة في جدول (٦ - ١) حسبت على أساس أن نسبة النقاوة ١٠٠ %.

جدول (٦ - ٢) : التركيزات المناسبة للعناصر في المحاليل المغذية التي تستعمل في تقنية الغشاء المغذى .

العنصر	الرمز	التركيز (جزء فى المليون)
النيتروجين	N	٢٠٠
الفوسفور	P	٦٠
البوتاسيوم	K	٣٠٠
الكالسيوم	Ca	١٧٠
المغنيسيوم	Mg	٥٠
الحديد	Fe	١٢
المنجنيز	Mn	٢
البورون	B	٠,٣
النحاس	Cu	٠,١
المولبدنم	Mo	٠,٢
الزنك	Zn	٠,١

ونظراً لأن تركيز الأملاح في المحلولين القياسيين المركزين يبلغ ١٠ أمثال التركيز المطلوب في المحلول المغذى ؛ لذا . . فإن المحلول المغذى يحضر بإضافة المحلولين القياسيين المركزين إلى الماء بمعدل ٤,٥ لتراً من كلٍ منهما لكل ١٠٠٠ لتر من الماء . ولتجنب حدوث أية ترسبات يتعين بداية - إذا لزم الأمر - تعديل pH الماء المستخدم في تحضير المحلول إلى ٦,٠ ، ثم إضافة محلول نترات الكالسيوم مع

الحديد المخلبي والانتظار لفترة (مع تشغيل طلمبة تقليب الماء) ؛ لحين اكتمال خلط المحلول المركز مع الماء ، ثم إضافة المحلول القياسى المركز الثانى ، واستمرار التقليب لفترة أخرى قصيرة .

تجدر الإشارة إلى أن كل النيتروجين المستعمل فى تحضير المحاليل المغذية للمزارع المائية (مثل تقنية الغشاء المغذى) يجب أن يكون فى صورة نتراتية ، ويرجع ذلك إلى أن استعمال الصورة الأمونيومية للنيتروجين يؤدى إلى تحليق سيقان نباتات الطماطم أعلى مستوى سطح المحلول المغذى مباشرة ؛ حيث تظهر الأنسجة الخارجية للساق عند هذه النقطة وقد تحللت وأخذت لوناً بنياً ، وعلى الرغم من أن سيقان النباتات البالغة تكون أكثر تحملاً للنيتروجين الأمونيومى ، إلا أنه يضر جذورها بشدة . وحتى لو خفضت نسبة النيتروجين الأمونيومى إلى ٢٠ ٪ من النيتروجين الكلى فإن نباتات الطماطم الصغيرة تذبل قليلاً خلال الفترات التى ترتفع فيها درجة الحرارة .

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 تُشاهدْ 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 .

وتمشيا مع هذا الاتجاه وجد Aminuddin (١٩٩٣) أن اليوريا يمكن أن تستعمل كمصدر للنيتروجين فى مزارع الطماطم كبديل للنيتروجين النتراتى ، علماً بأن تحلل اليوريا إلى أمونيوم فى هذه الدراسة كان سريعاً ؛ ابتداءً من اليوم الرابع لإضافة اليوريا وحتى اليوم العشرين ؛ حيث بلغ تركيز أيون الأمونيوم أعلى مستوى له ، وكان ذلك مصاحباً بزيادة فى تركيز الأمونيوم فى أوراق وجذور النباتات .

ويستدل من الدراسات التى أجريت فى اليابان (عن Etoh ١٩٩٤) على أن معظم الخضروات تعطى نمواً ممتازاً عندما تكون التترات 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 التترات إلى الحد من سمية الأمونيوم ، وتحسّن النمو النباتى باستعمال مخلوط من التترات والأمونيوم . وكان أيون الأمونيوم أفضل للنمو النباتى من أيون التترات 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 التراتى فى المحلول المغذى من صفر : ١٠ إلى ٢ : ٨ أدت إلى نقص مساحة الأوراق الكلية ووزنها الجاف فى النباتات التى عُرِضَتْ للإشعاع الشمسى القوى ، كما كان ذلك مصاحباً بنقص فى معدل البناء الضوئى ، ولكن حدث العكس فى النباتات التى عُرِضَتْ لتظليل جزئى ؛ ولذا . . أوصى الباحثون باستعمال نيتروجين تراتى فقط - عند التغذية بالمحاليل المغذية - فى ظروف الإضاءة القوية ، واستعمال نسبة ١ : ٩ أو ٢ : ٨ نيتروجيناً أمونيومياً : نيتروجيناً تراتياً فى ظروف الإضاءة الضعيفة .

وفى الخس . . وجد Gunes وآخرون (١٩٩٤) أن استبدال اليوريا ، أو سماد البروتينيت Proteinate (وهو سماد تركبى يحتوى على نيتروجين بنسبة ٨ ٪ على صورة أحماض أمينية ، و ٨ ٪ أخرى على صورة نيتراتية) بـ ٢٠ ٪ من النيتروجين التراتى فى محلول مغذٍ يحتوى على ١٣,٤ مللى مولار نيتروجين (بنسبة ٩٤ نيتروجيناً تراتياً إلى ٦ ٪ نيتروجيناً أمونيومياً) لم يكن له تأثيرات معنوية على الوزن الطازج الكلى للنباتات عند الحصاد ، أو على محتوى النباتات الكلى من النيتروجين ، ولكن معاملتى اليوريا وسماد البروتينيت أحدثتا نقصاً كبيراً فى محتوى النباتات من النيتروجين التراتى .

خدمة المحاليل المغذية

تستعمل المحاليل المغذية - عادةً - لمدة أسبوعين ، ثم يستغنى عنها وتحضر محاليل جديدة ، وقد تستعمل لمدة أطول من ذلك . وفى كل الحالات يلزم تعويض الماء

المفقود بالنتح يوميا ؛ حتى يظل حجم المحلول ثابتاً . ويمكن أن يتم ذلك بأن يركب على مصدر الماء الذى يصب فى خزان المحلول صمام يفتح ويغلق آليا بواسطة عوامة خاصة .

وسواء استعمل المحلول المغذى لمدة أسبوعين أم لمدة أطول من ذلك ، فإنه يلزم اختباره يوميا لتقدير الـ pH ، ودرجة التوصيل الكهربائي (EC). فالـ pH يجب أن يظل دائما فى حدود ٦ - ٦,٥ ، ويعدل عند الضرورة بإضافة أيديروكسيد البوتاسيوم فى حالة انخفاض الـ pH عن ٦ ، أو حامض الكبريتيك عند ارتفاعه عن ٦,٥ . كما أن درجة التوصيل الكهربائي للمحلول المغذى المقترح استعماله (جدول ٦ - ١) تقدر بنحو ٣ ملليموز ، فإذا انخفضت مع الاستعمال إلى ٢ ملليموز لزمّت إضافة جميع المركبات المستعملة فى تحضير المحلول بالقدر الذى يكفى لإعادة القراءة إلى ٣ ملليموز، ويمكن أن يتم ذلك كله آليا .

وتجدر الإشارة - فى هذا المقام - إلى أن النباتات يناسبها مدى واسع للغاية من تركيز العناصر فى مزارع تقنية الغشاء المغذى ؛ فبالنسبة للطمطم - مثلاً - لم يختلف النمو النباتي ، والمحصول ، أو حتى امتصاص العناصر عندما تراوح مدى النيتروجين بين ١٠ أجزاء فى المليون و ٣٢٠ جزءاً فى المليون ، ومدى الفوسفور بين ٥ أجزاء فى المليون و ٢٠٠ جزءاً فى المليون ، ومدى البوتاسيوم بين ٢٠ جزءاً فى المليون و ٣٧٥ جزءاً فى المليون ، ويرجع ذلك إلى أن المحلول المغذى يتدفق باستمرار حول الجذور ، ولا تعاني النباتات مشكلة نقص العناصر أو زيادة تركيزها ؛ ولذا . . كان مجرد قياس درجة التوصيل الكهربائي للمحلول المغذى كافيا 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 استنفاد العناصر من المحلول المغذى بقياس مدى استنفاد النيتروجين منه على فترات .

أما بالنسبة لتوفر الأكسجين اللازم لتنفس الجذور ، فإنه لا يقل فى تقنية الغشاء المغذى عما فى الأراضى الجيدة الصرف ؛ لأن المحلول المغذى يتعرض دائماً 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 مباشرةً 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 يمدّها بحاجاتها من الغاز . فإذا توقفت حركة المحلول بين تفرعات الجذور الكثيفة ، فإن الأكسجين يقل كثيراً 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 المحتوية على بيئات قوامها البيت والرمل ، والتى استخدمت فى تثبيت النباتات فى تقنية الغشاء المغذى كانت سيئة التهوية ، وقلّ فيها كثيراً تركيز الأكسجين . وقد أدى استبدال هذه البيئات بأخرى غير عضوية أكثر مساميةً - مثل البرليت ، أو الصوف الصخرى - إلى التخلص تماماً تقريباً 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 معرضةً دائماً للهواء ؛ ولذلك تحصل منه على حاجتها من الأكسجين ؛ ولذا . . فإن وجود المحلول المغذى على صورة غشاء بهذا السمك يعد شرطاً أساسياً 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

الجدور ، وبينما تحصل عليه النباتات التى فى بداية خط الزراعة ، فإن باقى النباتات فى الخط تعاني نقص الغاز .

ولتأمين 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 يركد فيها جزء من المحلول المغذى .

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

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

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

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 يؤدي 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 (شكل ٦ - ٧) مع ربطها من قاعدتها فى خيوط تتدلى من الأسلاك العلوية لتبقى نامية رأسياً (شكل ٦ - ٨) ، يوجد فى آخر الكتاب) .



شكل (٦ - ٧) : وضع شتلات الطماطم على المسافات المرغوبة فى قاع قناة تقنية الغشاء المغذى ، ثم ضم البلاستيك عليها باستعمال دباسة (مجلة الزراعة فى الشرق الأوسط) .

توفر المزارع الهوائية أفضل تهوية ممكنة للجذور ؛ علما بأن النسبة الطبيعية للأكسجين فى الهواء الجوى (٢٠ ٪) هى أفضل نسبة للنمو النباتى . ففى دراسة أجراها Yand & Yang (١٩٩١) على الطماطم فى مزرعة هوائية ، عُرِضَتْ فيها الجذور للأكسجين بنسبة ١٠ ٪ أو ٢٠ ٪ ، أو ٣٠ ٪ ، أو ٤٠ ٪ ، كان أفضل نمو خضرى عندما عُرِضَتْ الجذور لـ ٢٠ ٪ أو ٣٠ ٪ أوكسجيناً ، علماً بأن معدل البناء الضوئى تضاعف فى هذه الظروف مقارنةً بمعاملة تعريض الجذور لنسبة ١٠ ٪ أو ٤٠ ٪ أوكسجيناً ، كما تأثر النمو الجذرى سلبياً بمعاملة التعريض لـ ٤٠ ٪ أوكسجيناً .

المزارع الهوائية

تظل جذور النباتات فى المزارع الهوائية Aeroponics عالقةً فى حيزٍ مغلقٍ ، مع تعريضها بصورةٍ منتظمةٍ للمحلول المغذى فى صورة رذاذٍ (مست) ؛ وبذلك تحصل