يستخدم فى مكافحة المنّ. والذبابة البيضاء، والديدان القياسية، ودودة ثمار الطماطم، والخنافس البرغوثية. الـ PHI – بالنسبة للمنتج Fulex Thiodan Smoke هو ٤ أيام للطماطم. و ٧ أيام للخيار، وبالنسبة للمنتج Thionex 50WP فإن الـ PHI يومان للطماطم.

## ممارسات خاصة لمكافحة الأمراض والآفات فى الزراعات اللاأرضية

تتميز الزراعات اللاأرضية – خاصة المائية منها – بإمكان تطبيق وسائل لمكافحة الآفات فيها بيسر وسهولة وفاعلية كبيرة يصعب – أو يستحيل – تطبيقها فى الزراعات المحمية العادية، ومن هذه الوسائل ما يلى:

### تعقيم أو تطهير المحاليل المغذية فى النظم المغلقة

إن المحاليل المغذية المستعملة فى المزارع المائية ذوات النظم المغلقة – مثل تقنية الغشاء المغذى – تكون فى البداية خالية تمامًا من جميع المسببات المرضية وإذا ما حدث وتلوثت تلك المحاليل بمسببات الأمراض فإنه يمكن تعقيمها بصورة أيسر مما فى حالة تعقيم التربة أو بيئات الزراعة الأخرى. وسبب هذه السهولة فى التعقيم أن المحلول الغذائى المستعمل يمر جميعه من خلال ماسورة واحدة قبل تجمعه فى خزان المحلول.

**ومن أهم الوسائل المستعملة فى تعقيم المحاليل المغذية فى النظم المغلقة ما يلى:**

**(التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية Utra-Violet:**

تفيد هذه المعاملة – وحتى ٢٥٠ ميجا جول/سم$^{2}$ – فى خفض أعداد الكائنات الدقيقة فى المحاليل المغذية، فمثلاً. وجد Buyanovsky وآخرون (١٩٨١) أن معاملة التعريض للأشعة فوق البنفسجية ($572\ Jm^{-2}h^{-1}$) – لمدة ٣ ساعات يوميًّا طوال فترة زراعة الطماطم – أحدث نقصًا فى عدد الكائنات الدقيقة بالمحلول المغذى من ٥٠٠–٨٠٠ × ١٠$^{3}$ إلى ١٠– ٥٠ × ١٠$^{3}$/مل، لكن Collins & Jenswn (١٩٨٣) يذكران أنه بينما كانت معاملة التعريض للأشعة فوق البنفسجية مجدية فى تقليل أعداد البكتيريا

المسببة للأمراض فى تقنية الغشاء المغذى فى المملكة المتحدة، فإن هذه المعاملة لم تكن مفيدة فى أربزونا؛ لأنها أحدثت نقصًا فى أعداد البكتيريا خلال اليومين الأولين فقط من المعاملة. أعقبته زيادة أعداد البكتيريا 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، إلا أنها تسببت أيضًا فى تحويل الحديد المخلوب إلى صورةغير ميسرة لامتصاص النبات؛ وهو الأمر الذى تطلب إضافة مزيد من الحديد بعد كل معاملة تعريض للأشعة.

ولكن وُجد — لحسن الحظ — أن طرز الحديد المخلوبة تتباين فى مدى تأثرها بالأشعة فوق البنفسجية (عن Cooper ١٩٨٢).

وقد أثبتت دراسات Schwartzkopf وآخرون (١٩٨٧) على المزارع المائية للخس أن معاملة المحاليل المغذية بجرعات منخفضة من الأشعة فوق البنفسجية كانت وسيلة فعالة للتخلص من البكتيريا فى المحلول المغذى، كما أحدثت المعاملة تحسنًا فى النمو النباتى وعلى الرغم من أن الجرعات العالية من الأشعة أحدثت خفضًا قدره ٩٨٪ فى أعداد البكتيريا — مقارنة بخفض قدره ٨١٪ فقط فى حالة الجرعات المنخفضة — إلا أن الجرعات العالية أحدثت — كذلك — نقصًا جوهريًّا فى النمو النباتى.

### التعقيم بالموجات فوق الصوتية Ultra-Sonic

تفيد هذه المعاملة — كذلك — فى خفض أعداد الكائنات الدقيقة فى المحلول المغذى. ولكن يعتقد أنها تؤدى — مثل معاملة الأشعة فوق البنفسجية — إلى التأثير على تيسرهما الحديد المخلبى فى المحلول المغذى.

### المعاملة بفوق أكسيد الأيدروجين

تكون المعاملة بفوق أكسيد الأيدروجين بمعدل ١٠٠ جم/م$^3$ مع منشط لمدة خمس دقائق. علما بأن هذه الطريقة تؤثر بالأكسدة، بما قد يؤثر على كل من الحديد والمنجنيز ويقلل من تيسرهما للنبات (عن Archer وآخرين ١٩٩٧)

### المعاملة بالأوزون

تكون المعاملة بالأوزون ozonation بمعدل ١٠ مجم أوزون/م$^{٣}$ لمدة ساعة، علمًا بأن هذه الطريقة — كذلك — تؤثر بالأكسدة

### التعقيم بالترشيح فى المزارع المائية المغلقة

من السهولة بمكان تمرير المحلول على مرشحات (فلاتر) تعمل على منع مرور الكائنات المسببة للمرض قبل وصول المحلول المغذى إلى خزان التجميع. وقد استعمل Schwartzkopf وآخرون (١٩٨٧) فلاتر تحت ميكروسكوبية (ذات فتحات بقطر ٠.٢٢ مللى ميكرون) فى مزارع مائية للخس، أدت إلى التخلص من البكتيريا بنسبة وصلت إلى ٩٩٪، وأحدثت تحسنًا فى النمو النباتى مقارنة بمعاملة الشاهد.

ويذكر Goldberg وآخرون (١٩٩٢) أن الفطر *Pythium aphanidermatum* يحدث مشاكل كبيرة فى المزارع المائية المغلقة للخيار والطماطم؛ لأن جراثيمه السابحة تنتقل مع المحلول المغذى لتصيب جميع النباتات فى المزرعة وقد أمكن مكافحة الفطر بصورة كاملة بإمرار المحلول المغذى الملوث بالجراثيم السابحة للفطر ثلاث مرات على مرشحين؛ أولهما ذو ثقوب بقطر ٢٠ ميكروميتر، وثانيهما ذو ثقوب بقطر ٧ ميكروميترات ولم يكن المرشح الأول (ذو الثقوب الأوسع) — وحده — كافيًا للتخلص من الجراثيم السابحة للفطر.

هذا .. إلا أن Lillo وآخرين (١٩٩٣) وجدوا أن المحاليل المغذية المرشحة سرعان ما تلوثت مرة أخرى بالبكتيريا؛ حيث لم يجدوا فرقًا معنويًا بين أعداد البكتيريا فى المحاليل المغذية المرشحة وغير المرشحة، وكل ما تأثر بعملية الترشيح هو تواجد المركبات العضوية (الكربونية) التى كان تركيزها الكلى ٢٣ جزءًا فى المليون فى المحاليل غير المرشحة، انخفض إلى ١٥ جزءًا فى المليون فى المحاليل المرشحة، وكانت جميعها من المركبات الشبيهة بالتانين واللجنين

وكان الترشيح الرملى البطئ slow sand filter كافٍ للتخلص من نحو ٨٢٪–٩٥٪

من فطر *Fusarium oxysporum* غير الممرض فى المحاليل المغذية بالمزارع المائية المغلقة للخس (Oberti ١٩٩٥)

ويتوقف مدى كفاءة التخلص من المسببات المرضية من المحاليل المغذية فى مزارع الصوف الصخرى المغلقة – باستعمال مرشحات رملية – على كل من دقة حبيبات الرمل فى المرشحات، وسرعة عملية الترشيح. ولقد قورنت مرشحات رملية من ثلاثة أحجام لحبيبات الرمل المستخدمة فيها دقيقة (٠,١٥–٠,٢٠ مم)، ومتوسطة الدقة (٠,٢–٠,٨ مم). وخشنة (١,٦–٥,٠ مم) مع سرعتين للترشيح، هما ١٠٠، و ٣٠٠ لتر/م$^{٢}$ فى الساعة. وذلك على نفاذ كل من الفطرين *Phytophthora cinamomi*، و *Fusarium oxysporum* f sp *lycopersici*. وفيرس موزايك الطماطم فى مزارع الصوف الصخرى للطماطم وقد أوضحت الدراسة، ما يلى.

١– مُنع الفطر *P cinamomi* – تمامًا – من النفاذ من خلال المرشحين الدقيق والمتوسط الدقة عندما كانت سرعة الترشيح ١٠٠ لتر/م$^{٢}$ فى الساعة.

٢– أمكن التخلص من الفطر *F. oxysporum* f sp *lcopersici* وفيرس موزايك الطماطم بنسبة ٩٩٪ خلال الأيام الثلاثة الأولى من الترشيح بسرعة ١٠٠ لتر/م$^{٢}$ فى الساعة، ولكن استمر تواجدهما فى المحلول المغذى لفترة طويلة، أى أفادت المرشحات فى إبطاء حركتيهما، ولكنها لم تلغ تواجدهما.

٣– نفذت المسببات المرضية الثلاثة من جميع الفلاتر عندما كانت سرعة الترشيح ٣٠٠ لتر/م$^{٢}$ فى الساعة (Runia وآخرون ١٩٩٧).

وقد أفاد الترشيح البطئ فى الفلاتر الرملية فى تخليص المحاليل المغذية فى المزارع المائية المغلقة من مسببات بعض الأمراض، وتبين فى إحدى الدراسات أن كفاءة التخلص من مسببات الأمراض بلغت ٨٦٪. وقد أمكن باتباع تلك الطريقة إبطاء انتشار الإصابة بالذبول البكتيرى فى الطماطم بدرجة كبيرة (Mine وآخرون ٢٠٠٢).

كما نجح استعمال المرشحات المانعة للتسرب وذات الثقوب الدقيقة ( leak-proof, micropore filters) فى التخلص من الجراثيم السابحة لفطر البثيم – مسبب مرض عفن

بثيم الجذرى — من المحلول المغذى الدوار فى المزارع المائية للطماطم. استخدم لأجل ذلك نوعان من الفلاتر، هما.

أ– Membrane Module Filter ذات ثقوب سعة ٠,٠١ ميكروميتر يمكنه التخلص نهائيًا من الجراثيم السابحة والبكتيريا.

ب– Sediment Filter Cartridge ذات ثقوب سعة ٠,٥ ميكروميتر يمكنه التخلص من الجراثيم السابحة دون البكتيريا.

ويمكن لكلا النوعين من الفلاتر تحمل ضغط يصل إلى ٢,٥ كجم/سم$^{2}$ وتسمح بانسياب المحلول المغذى بمعدل ٥٠ لتر/دقيقة

تعد هذه الطريقة لتعقيم المحاليل المغذية أقل تكلفة من الطرق الأخرى، مثل المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية، والتعقيم الحرارى، والتعريض للأوزون، والمعاملة بالموجات فوق الصوتية (Tu & Harwood ٢٠٠٥)

كما دُرس تأثير كل من الترشيح الفائق tangential ultrafiltration system، والترشيح البطئ خلال الرمل slow sand filtration فى التخلص من المسببات المرضية التى قد تتواجد فى المزارع المائية، واستخدام — كبديل لتلك المسببات — الفطر *Pythium oligandrum*، والبكتيريا *Bacillus subtilis*، علمًا بأنهما من الكائنات المفيدة وليستا من المسببات المرضية، ولكنهما اختيرا كموديلين للكائنات الدقيقة لسهولة زراعتهما فى البيئات الصناعية، ولعدم إضرارهما بالنباتات، ولتشابههما مع الفطريات البيضية العادية والمسببات المرضية البكتيرية. ولقد أوضحت الدراسة أن الترشيح الفائق شديد الفاعلية فى التخلص من كل من *P. oligandrum*، و *B. subtilis* ، حيث لم يظهر أى أثر لهما باختبار الـ PCR فى المحاليل المغذية المرشحة. كذلك أدى الترشيح البطئ خلال الرمل إلى التحلص التام من *P. oligandrum*، ولكنه كان أقل كفاءة فى التخلص من *B. subtilis* (Belbahri وآخرون ٢٠٠٧).

ويُستدل من دراسة أجريت على انتشار جراثيم وأعضاء تكاثر الفطر *Phytophthora*

*cactorum* مُسبب مرض عفن التاج فى المزارع المائية المغلقة للفراولة إمكان منعه بالترشيح البطئ للمحلول المغذى باستخدام الفلاتر الرملية (Martinez وآخرون ٢٠١٠)

### التعقيم بالحرارة

تبدو فكرة تعقيم المحاليل المغذية بالحرارة أمرًا ممكنا، وكل ما تتطلبه هو توفير حل مناسب لضرورة برودة المحلول المغذى إلى درجة الحرارة العادية قبل إعادة ضخه فى الزرعة من جديد ويمكن أن يتحقق ذلك إما بإجراء التعقيم فى بداية الليل حينما يتوقف ضخ المحلول المغذى بصورة طبيعية، وإما بتخصيص خزانين للمحلول يتم تعقيم المحلول فى أحدهما، بينما يستعمل المحلول فى الآخر، على أن يُعْكَس الأمر كلما دعت الضرورة إلى تكرار عملية التعقيم

ويكفى تسخين المحلول المغذى لمدة ٣٠ ثانية على ٩٥°م لأجل تطهيره بدرجة مقبولة (عن Archer وآخرين ١٩٩٧).

## التحكم فى نسب ومستويات العناصر بالمحاليل المغذية

تلعب نسب ومستويات العناصر فى المحاليل المغذية — خاصة مستويات العناصر الكبرى. ونسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين — دورًا هامًّا فى حماية النباتات من بعض الإصابات المرضية

فمثلاً درس Dhanvantari & Papadopoulos (١٩٩٥) تأثير استعمال نسب مختلفة من البوتاسيوم إلى النيتروجين فى المحاليل المغذية (هى النسب: ٣٠٠:٣٠٠، ٤٠٠:٢٠٠، و ٤٨٠ ١٢٠) على إصابة الطماطم بمرض عفن الساق البكتيرى، الذى تسببه البكتيريا *Erwinia carotovara* subsp. *carotovara* فى مزارع الصوف الصخرى وقد كان متوسط طول العفن الذى أحدثته البكتيريا على سيقان النباتات — عندما بلغت من العمر ١١ أسبوعا — هو ٤٣٥، و ٥٠٧، و ٦٣ ملليمترًا لمعاملات نسب البوتاسيوم إلى النيتروجين المنخفضة، والمتوسطة، والعالية (المبينة أعلاه)، على التوالى