الفصل الخامس عشر

المكافحة المتكاملة لأمراض وآفات الزراعات المحمية

إن الغالبية العظمى من الوسائل المتنوعة للمكافحة المتكاملة التى أسلفنا الإشارة إليها فى القسمين الأول والثانى من هذا الكتاب هى — كذلك — صالحة للتطبيق فى الزراعات المحمية. ونخص بالذكر فى هذا الفصل وسائل المكافحة التى تطبق — فقط — فى الزراعات المحمية بما لها — أى لتلك الزراعات — من خصوصية فى طرق الإنتاج.

استعراض لوسائل المكافحة المتكاملة فى الزراعات المحمية

إجراءات عامة

تتضمن المكافحة المتكاملة للآفات فى الزراعات المحمية الإجراءات التالية:

١- برنامج للمراقبة وتتبع الإصابة Monitoring or Scouting Program .. يتضمن:

أ- فحص نباتات فردية.

ب- استعمال الكروت اللاصقة الصفراء أو الزرقاء أو الوردية القاتمة اللون.

جـ- زراعة النباتات الدالة indicator plants.

٢- التعرف على الآفة ومراحل حياتها.

٣- تسجيل النباتات للتعرف على الاتجاهات وتوجيه برنامج المكافحة المتكاملة.

٤- استخدام أساليب الاستبعاد لمنع دخول الآفة إلى مكان الإنتاج؛ فتستخدم — مثلاً — شباك السيران لمنع دخول المنّ والذباب الأبيض والتربس من خلال الأبواب وفتحات التهوية.

٥- اتباع الممارسات الزراعية لأجل منع المشاكل، مثل إجراء اختبارات التربة واتباع أساليب النظافة العامة.

٦- اللجوء إلى المكافحة البيولوجية باستعمال كائنات حية من شأنها خفض تواجد الآفة المستهدفة.

٧- استعمال منظمات النمو الحشرية والمبيدات الحشرية التى تتعارض مع تطور النمو الحشرى الطبيعى أو مع عملية الانسلاخ.

٨- المكافحة الكيميائية:

أ- الاختيار المناسب للمبيدات.

ب- التوقيت المناسب للمعاملة بالمبيدات.

جـ- اختيار الطريقة المناسبة للمعاملة بالمبيدات.

٩- اتباع الأساليب التى تساعد على زيادة فرصة نجاح برنامج المكافحة المتكاملة، مثل:

أ- تغطية كل السطوح غير المزروعة (وكذلك المزروعة فى حالة المزارع المائية) بالخرسانة أو بالبلاستيك الأسود.

ب- عدم دخول الأفراد إلا للضرورة القصوى.

جـ- بسترة بيئة الزراعة.

د- غلق الأبواب دائمًا (Integrated Pest Management for Greenhouse Crops — أترا Attra — الإنترنت — ٢٠٠٧).

١٠- تعقيم أو بسترة التربة التشميس:

أسلفنا شرح هذا الموضوع بالتفصيل فى الفصل الثانى، وكمثال تطبيقى على الزراعات المحمية، وجد أن تعقيم أو بسترة التربة بالتشميس solarization فى البيوت البلاستيكية أعطى — فى إيطاليا — مكافحة جيدة لكل من *Verticillium dahliae*، و *Pyrenochaeta lycopersici*، و *Meloidogyne* spp. (Cartia وآخرون ١٩٩١ — FAO Production and Protection Bulletin 109 — الإنترنت).

إجراءات محددة التوقيت أو الأهداف

إن من أهم ما تجب مراعاته بشأن مختلف جوانب المكافحة المتكاملة فى الزراعات المحمية، ما يلى:

أولاً: قبل بدء موسم الزراعة

١- العمل على توفير مدة شهر كامل قبل الزراعة يكون خاليًا من أى زراعات أو أى نمو للحشائش.

٢- تطهير كافة الأسطح.

٣- التخلص من بيئات الزراعة التى سبق استعمالها أو تعقيمها.

٤- تطهير شبكة الرى.

ثانيًا: عند إنتاج الشتلات

١- استعمال تقاوٍ سبقت معاملتها بالماء الساخن.

٢- استعمال بيئةً زراعة جديدة أو بيئة عُقِّمت بالبخار فى إنتاج الشتلات.

٣- زراعة الأصناف المقاومة للأمراض ما أمكن ذلك.

٤- إنتاج الشتلات فى صوبة منفصلة عن صوبات إنتاج المحصول.

ثالثًا: عند إنتاج المحصول

١- الاحتفاظ بسجل يومى لكل عمليات الخدمة الزراعية ودرجات الحرارة الدنيا والعظمى وتواريخ مختلف مراحل النمو.

٢- اختبار مياه الرى لمدى تواجد الكربونات والعناصر التى يمكن أن تتعارض مع بقاء الـ pH مناسبًا لأجل ذوبان الأملاح السمادية.

٣- قياس pH الماء قبل إضافة الأسمدة للتأكد من إمكان ذوبانه، وكذلك قياس pH المحلول السمادى المستعمل، وذلك بصفة دورية.

٤- إجراء تحليل شهرى للنموات الخضرية للتأكد من سلامة برنامج التسميد.

٥- تعديل برنامج التسميد تبعًا لنتائج تحليل النموات الخضرية.

٦- استعمال جهاز لقياس درجة التوصيل الكهربائى لمتابعة تركيز المحلول المغذى.

رابعًا: مكافحة الآفات بصورة عامة

١- عدم زراعة أكثر من محصول واحد فى الصوبة الواحدة.

٢- عدم السماح بنمو أى حشائش فى الصوبة.

٣- مراقبة الإصابات المرضية والحشرية أسبوعيًا.

٤- المحافظة على سجلات لمراقبة الإصابات وكذلك لعمليات الرش لأجل المكافحة.

٥- المحافظة على وجود مساحة خالية من النمو النباتى حول الصوبة.

خامسًا: مكافحة الأمراض

١- خفض الكثافة النباتية لأجل توفير التهوية الكافية حول النباتات.

٢- توفير تهوية جيدة لخفض تكثف الماء وخفض الرطوبة النسبية.

٣- إزالة جميع الأوراق التى تتواجد أسفل العناقيد الثمرية العاقدة والتخلص منها خارج الصوبة. تقطع الأوراق من المكان الذى يحدث فيه الانفصال الطبيعى عند شيخوختها.

٤- إزالة أى أوراق أو ثمار مصابة بالأمراض والتخلص منها خارج الصوبة.

٥- عدم السماح بالتدخين لأى فرد يمكن أن يلمس النباتات أو هياكل الصوبة.

٦- قيام أى فرد يلامس النباتات بغسيل يديه، مع تطهير الأدوات قبل دخولها الصوبة.

٧- لا تتم المعاملة بالمبيدات إلاّ عند بداية ظهور المرض.

٨- التربية الرأسية بهدف سرعة جفاف النموات الخضرية وخفض الرطوبة النسبية حولها. وعلى سبيل المثال — أفادت — تربية الأصناف الطويلة من الفاصوليا رأسيًّا — حتى مع زيادة كثافة الزراعة — فى خفض شدة الإصابة بالفطر *Sclerotinia sclerotiorum* مسبب مرض العفن الأبيض (Saindon وآخرون ١٩٩٥).

٩- خفض الرطوبة النسبية فى البيوت المحمية إلى أدنى مستوى ممكن بمراعاة ما يلى:

أ- تغطية سطح التربة بشريحة بلاستيكية بيضاء.

ب- عدم بلّ النموات الخضرية أثناء الرى.

جـ- تجنب تراكم الماء على سطح التربة.

د- إدخال هواء جديد باستمرار فى الصوبة عندما تكون مراوح الشفط فى حالة توقف.

هـ- الاهتمام التام بالتهوية الجيدة للصوبة.

سادسًا: مكافحة الحشرات

١- وضع شباك (سِران) على جميع الفتحات.

٢- مراقبة أعداد الحشرات باستعمال كروت صفراء لاصقة مع تسجيل الأعداد أسبوعيًا وتغيير الكروت كلما تطلب الأمر ذلك.

٣- إطلاق الأعداء الطبيعية المناسبة بالمعدلات وعلى الفترات الموصى بها مع بداية ظهور أولى علامات الآفة المطلوب مكافحتها.

٤- لا تُستعمل المبيدات الحشرية إلا ضد الآفات التى لا تتوفر لها أعداء طبيعية (عن Elements of IPM for greenhouse tomatoes in NY state — الإنترنت — ٢٠٠٨).

ولقد أمكن على سبيل المثال حماية الطماطم من الإصابة بفيرس ذبول الطماطم المتبقع الذى ينقله التربس *Frankiniella occidentalis* بزراعتها فى بيوت مغطاة بشبك ١٤ × ١٠ خيط/سم (Diez وآخرون ١٩٩٩).

مثال .. مكافحة الفطر بوتريتس مسبب مرض العفن الرمادى

إن من أهم وسائل المكافحة المتكاملة للفطر *Botrytis cinerea* المسبب لمرض العفن الرمادى فى الزراعات المحمية للخضر، ما يلى:

١- مراعاة إجراءات النظافة فى البيوت المحمية، فيتم تنظيفها جيدًا بين الزراعات، مع التخلص من كافة المخلفات النباتية، بما فى ذلك الأوراق الميتة والأجزاء المقلمة.

٢- تجنب تجريح النباتات قدر المستطاع لأن الإصابة تبدأ غالبًا من الجروح، ولذا .. يجب عدم إزالة النموات أو تقليم النباتات بأكثر مما يكون ضروريًا، كما يتعين عدم السماح للأوراق بملامسة بيئات الزراعة، ويجب التخلص من الأزهار المتبقية الصلاحية بأسرع ما يمكن.

٣- المحافظة على بقاء النموات الخضرية جافة.

٤- تهوية البيت المحمى جيدًا لأجل خفض الرطوبة النسبية ولمنع الندى من السقوط على النباتات ليلاً.

٥- تجنب الرى بالرش، وكذلك تجنب زيادة الرى عما ينبغى.

٦- عدم زيادة كثافة الزراعة عما ينبغى؛ لأجل لتحسين التهوية بين النباتات.

٧- عدم بقاء نباتات المشاتل فى الصوبة لأكثر مما ينبغى.

التحكم فى الطول الموجى للأشعة النافذة من الأغطية البلاستيكية

يمكن عن طريق الغطاء البلاستيكى للبيوت المحمية التحكم فى أطوال الموجات الضوئية التى يُسمح بنفاذها؛ الأمر الذى يمكن أن يؤثر فى نمو وتجرثم عديد من الفطريات الممرضة للنباتات. فمن المعروف منذ ستينيات القرن العشرين أن الأشعة فوق البنفسجية — وخاصة فى المدى الموجى من ٢٨٠ إلى ٣٢٠ نانو ميتر (أى الـ UV-B) — تؤثر فى تجريم كثير من الأجناس الفطرية، مثل: *Alternaria*، و *Botrytis*، و *Cercospora*، و *Cercosporella*، و *Fusarium*، و *Helminthosporium*، و *Stemphylium*، و *Trichoderma*. وربما يكون للضوء الأزرق تأثير حاث للتجرثم كما فى *Trichoderma viride*، و *Verticillium agaricinum*، أو تأثير مثبط كما يحدث مع *Alternaria cichorii*، و *Alternaria tomato*، و *Helminthosporium oryzae*. وقد وجد أن تجرثم *Botrytis cinerea* يُستحث بواسطة الأشعة البنفسجية UV-B، ويُثبط بواسطة الضوء الأزرق. كما وجد تأثير عكسى لكل من الضوء الأزرق والأشعة فوق البنفسجية على كل من إنتاج الحوامل الكونيدية وعلى المراحل الأخيرة للتجرثم فى الفطريات. كذلك وجد أن التعريض للضوء الأزرق يثبط إنتاج الجراثيم الاسبورانجية فى أوراق الخيار المصابة بالفطر *Pseudoperonospora cubensis*.

كذلك أظهرت الدراسات أن تعريض مزارع الفطر *B. cinereae* لومضات قصيرة من الضوء الأحمر يثبط التجرثم، بينما يؤدى تعريضها لومضات الأشعة تحت الحمراء إلى تحفيز التجرثم. كذلك فإن التجرثم الذى يحدث فى الظلام يمكن تثبيطه بالتعريض بعد ذلك للضوء الأزرق. وهذا التثبيط يبدأ بتحول صبغة ميكوكروم mycochrome من صورة M_B التى تستحث التجرثم إلى صورة M_{Nuv} التى تثبطه (Raviv & Reuveni ١٩٩٨).

ويُستعمل فى معظم البيوت البلاستيكية أغطية بلاستيكية تحتوى على مواد تعترض الأشعة فوق البنفسجية بهدف زيادة طول فترة حياة الغطاء، الذى يكون منفذًا للأشعة النشطة فى البناء الضوئى. تنقسم تلك الأغطية إلى فئتين تعترض إحداهما معظم الموجات الضوئية التى تكون بطول ١٦٠ نانوميترًا أو أقصر من ذلك (360 nm>)، بينما تعترض الثانية الموجات الضوئية التى تكون بطول ٣٨٠ نانوميترًا أو أقل (380 nm>).

وقد أوضحت عديد من الدراسات أن الأغطية الـ 380 nm> تقلل من تجرثم الفطر *Botrytis cinerea*، وتقلل من أعداد الآفات الحشرية، ومن الإصابات الفيروسية التى تنقلها الحشرات إلى النباتات (عن Costa وآخرين ٢٠٠١).

كما وجد أن الأغطية الـ 380 nm> تتميز — كذلك — بأنها تزيد من دوام حيوية جراثيم الفطر *Beauveria bassiana* المستعمل فى المكافحة الحيوية، وذلك مقارنة بحالة الجراثيم عند استعمال الأغطية الـ 360 nm > (Costa وآخرون ٢٠٠١).

إن بداية التفكير فى مكافحة الإصابات المرضية فى البيوت المحمية بالتحكم فى الطول الموجى للضوء النافذ من خلال الغطاء كانت فى عام ١٩٧٣، وذلك بالنسبة لفطر *Botrytis cinerea*. ولقد ذكر أن استعمال غطاء vinyl film ماص للأشعة فوق البنفسجية (الأقصر من ٣٩٠ نانوميترًا) توفر مكافحة جزئية للعفن الرمادى فى كل من الخيار والطماطم مقارنة باستعمال غطاء غير ماص للأشعة فوق البنفسجية. كذلك أوضحت الدراسات أن الأغطية الماصة للأشعة فوق البنفسجية تثبط تكوين الأجسام الثمرية (الأبوثيسيا apothecia) فى الفطر *Sclerotinia sclerotiorum* فى الخيار والباذنجان، كما تثبط تجرثم *Alternaria dauci* مسبب لفحة الأوراق فى الجزر، و *A. porri* مسبب لفحة أوراق ألترناريا فى بصل ويلز، و *A. solani* مسبب الندوة المبكرة فى الطماطم، و *Botrytis squamosa* مسبب لفحة الأوراق فى الشيف الصينى (عن Raviv & Reuveni ١٩٩٨).

ومن أمثلة الدراسات التى أجريت على التحكم فى الطول الموجى للأشعة النافذة من خلال أغطية البيوت المحمية؛ لأجل مكافحة الأمراض، ما يلى:

- أدى استعمال غشاء بلاستيكى يمتص الأشعة فوق البنفسجية فى الزراعات

المحمية للسبانخ إلى إحداث نقص كبير فى إصابة النباتات بالذبول الفيوزارى وفطريات الذبول الطرى *Pythium* spp.، و *Fusarium* spp.، و *Rhizoctonia* spp، وذلك مقارنة بالوضع فى نباتات الكنترول (Naito & Honda ١٩٩٤).

● انخفضت أعداد الذبابة البيضاء المتواجدة على النباتات فى البيوت المحمية البلاستيكية المغطاة بأغشية الفينيل vinyl films المتصة للأشعة فوق البنفسجية عما فى البيوت المحمية المغطاة بأغشية الفينيل العادية (Shimada ١٩٩٤).

● أدى استعمال أغطية بلاستيكية مانعة للأشعة فوق البنفسجية فى البيوت المحمية إلى إحداث خفض كبير فى أعداد الحشرات الرئيسية: صانعات الأنفاق *Liriomyza trifolii*، وتربس الأزهار *Frankliniella occidentalis*، والذبابة البيضاء *Bemisia tabaci*، وكذلك خفض معدلات الإصابات الفيروسية التى تنقلها تلك الحشرات (Antignus وآخرون ١٩٩٦).

● درس تأثير ستة أنواع من شرائح البوليثيلين توجد بها صبغة زرقاء أو لا توجد، وأقصى امتصاص لها فى منطقة الضوء الأصفر (٥٨٠ نانوميتر) فى توافقات مع ثلاثة مستويات من الامتصاص للأشعة فوق البنفسجية UV-B (من ٢٨٠ إلى ٣٢٠ نانوميتر) .. دُرس تأثيرها على إنتاج الفطر *Pseudoperonospora cubensis* للجراثيم الاسبورانجية واستعماره لنباتات الخيار فى غرف النمو، وكذلك على وبائية الإصابة بالبياض الزغبى فى البيوت المحمية. أحدثت إضافة الصبغة الزرقاء للأغشية تثبيطًا جوهريًا فى إنتاج الفطر للجراثيم الاسبورانجية وفى قدرته على استعمار نباتات الخيار، بينما أسرع ترشيح المدى الموجى للأشعة فوق البنفسجية من استعمار الفطر للنباتات دون أن يكون لذلك تأثير على إنتاج الجراثيم. وقد تأخر ظهور أول أعراض المرض على النباتات تحت الأغطية البلاستيكية الزرقاء، ومن ثم انخفضت حدة الإصابة جوهريًا بالمرض (Reuveni & Raviv ١٩٩٧).

● يستدل من دراسات Naito وآخرين (١٩٩٧) أن تعريض نباتات السبانخ للأشعة فوق البنفسجية UV-B تحفز إصابتها بالذبول الفيوزارى الذى يسببه الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *spinaciae*.

● بينما كان تعريض أوراق الفول الرومى للضوء الأحمر فعالاً فى الحد من إصابتها بالفطر *Botrytis cinerea*، فإن تلك المعاملة لم يكن لها تأثير على الفطر فى البيئات الصناعية؛ مما يدل على أن معاملة الأوراق تسببت فى تراكم مركب أو مركبات مضادة للفطريات كانت هى المسئولة عن مقاومتها للفطر *B. cinerea*. وقد تبين — كذلك — أن تراكم تلك المركبات يزداد — فى الضوء الأحمر — مع العدوى بالفطر (Islam وآخرون ١٩٩٨).

● أدى استعمال غطاء فينيل ماص للأشعة فوق البنفسجية UV-absorbing vinyl film إلى تثبيط تجرثم كلاً من *Botrytis cinerea*، و *Sclerotinia sclerotiorum*. و *Alternaria solani* وخفض شدة الإصابة بها على الطماطم بنسبة ٦٠٪-٧٠٪ تحت ظروف الحقل (Shim وآخرون ١٩٩٨).

● أدى استعمال شرائح من البولى إثيلين قادرة على منع نفاذ الأشعة ذات الطول الموجى حتى ٤٠٥ نانوميتر (near ultra violet light) إلى إحداث خفض شديد فى إنتاج الجراثيم الكونيدية للفطر *Botrytis cinerea*، مع خفض مماثل فى نسبة الإصابة بالعفن الرمادى فى كل من الفاصوليا والفراولة (West وآخرون ٢٠٠٠).

● أدت معاملة بادرات الطماطم والفلفل والقرع العسلى بالضوء الأحمر إلى خفض معدل إصابتها بالذبول الطرى الذى يسببه الفطر *Phytophthora* sp. بنسبة وصلت إلى ٧٩٪، حيث أصيبت ٢١٪ إلى ٣٦٪ من البادرات التى عُوملت بالضوء الأحمر، مقارنة بإصابة ٧٨٪ إلى ١٠٠٪ من نباتات الكنترول (Islam وآخرون ٢٠٠٢).

● أدى استعمال الأغشية البلاستيكية المتصة للأشعة فوق البنفسجية إلى الحد من أعداد المنّ *Macrosiphum euphorbiae*، و *Acyrthosiphum lactucae* وتأخير استعماره لزراعات الخس المحمية، مع تقليل أعداد النباتات التى أصيبت بالفيروسات التى ينقلها المنّ (أساسًا الـ poty viruses)، كما أحدث استعمال تلك الأغشية خفضًا مماثلاً فى أعداد التربس *Frankliniella occidentalis* وانتشار فيرس ذبول الطماطم المتبقع، هذا إلاّ أن الغطاء لم يكن مؤثرًا على أعداد ذبابة البيت المحمية البيضاء (Diaz وآخرون ٢٠٠٦).

تعديل هواء البيوت المحمية

أدى غياب الأكسجين فى الصوبات لمدة ساعة واحدة إلى قتل ١٠٠٪ من حشرات الذبابة البيضاء البالغة، ولكن لزم ٨ ساعات من غياب الأكسجين للتخلص من ٨٠٪ من بيض وحوريات الحشرة. وعلى الرغم من ذلك، فإن الصوبات التى تزود بثانى أكسيد الكربون لمدة ثمانى ساعات يوميًا يقل فيها تواجد الحشرة، ربما بسبب زيادة تركيز المواد الكربوهيدراتية فى أنسجة تلك النباتات؛ بما يعنى حصول الذبابة على قدر أقل – نسبيًا – من النيتروجين فى غذائها.

معاملات خاصة لزيادة فاعلية الرش بالمبيدات

أفاد استخدام جهاز لتوليد الضباب يعمل بالموجات فوق الصوتية ultrasonic fogging device فى الصوبات فى توصيل المبيدات إلى السطح السفلى للأوراق بدرجة مؤثرة جدًا، حيث وجدت أفراد ميتة من الذبابة عند المعاملة بالاميداكلوبرد imidacloprid بهذه الطريقة بمعدل منخفض جدًا وصل إلى ٧,٠٧ جم من المادة الفعالة للهكتار (Simmons & Jackson ١٩٩٩).

التحكم فى مستويات العناصر بالمحاليل المغذية

بدراسة تأثير التباين فى مستوى مختلف العناصر فى المحاليل المغذية بمزارع الصوف الصخرى على شدة الإصابة بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* مسبب مرض عفن التاج والجذر الفيوزارى، وجد ما يلى:

١– ازدادت شدة الإصابة بالمرض جوهريًا بزيادة تركيز أى من النيتروجين الأمونيومى (مثل سلفات النشادر)، وفوسفات أحادى الصوديوم، والحديد المخلبى، وسلفات المنجنيز، وسلفات الزنك.

٢– انخفضت شدة الإصابة بزيادة تركيز أى من النيتروجين النتراتى (مثل نترات الكالسيوم) وكبريتات النحاس.

٣– قللت المستويات المنخفضة من نترات النشادر (عند ٣٩ إلى ٧٩ جزء فى المليون

من النيتروجين/لتر) من شدة الإصابة، إلاّ أن المستويات العالية منها (أكثر من ١٠٠ جزء في المليون نيتروجين/لتر) أدت إلى زيادة الإصابة بالمرض.

٤- لم تتأثر شدة الإصابة بتركيز سلفات المغنيسيوم في المحلول المغذى (Duffy & Défago ١٩٩٩).

وتؤدى زيادة النيتروجين في الطماطم بزيادة تركيز العنصر في المحلول المغذى إلى:

١- زيادة القابلية للإصابة بكل من البكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* مسبب مرض النقط البكتيرية، والفطر *Oidium lycopersicum* مسبب مرض البياض الدقيقى.

٢- خفض القابلية للإصابة بالفطر *Botrytis cinerea*.

هذا بينما لم يكن لتركيز النيتروجين بالنبات تأثيرًا على قابليته للإصابة بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* مسبب مرض الذبول الفيوزارى (Hoffland وآخرون ٢٠٠٠).

كما تزداد قدرة نباتات الطماطم على مقاومة البكتيريا *Ralstonia solacearum* مسبب مرض الذبول البكيترى — في كل من الأصناف المقاومة والقابلة للإصابة — بزيادة تركيز الكالسيوم في المحاليل المغذية، علمًا بأن الأصناف ذات المقاومة العالية تتميز بالقدرة العالية على امتصاص الكالسيوم (Yamazaki ٢٠٠١).

لكن ليس من الممكن الحد من إصابة الخيار في الزراعات المحمية بالبياض الزغبى عن طريق خفض تركيز النيتروجين في المحاليل المغذية والتحكم في محتوى الأوراق من العنصر (Tanaka وآخرون ٢٠٠٠).

تعقيم أو تطهير المحاليل المغذية في المزارع المائية

إن المحافظة على البيئة من التلوث والجوانب الاقتصادية يقتضيان إعادة استخدام المحاليل المغذية في المزارع اللاأرضية؛ مما يتطلب تطهير تلك المحاليل من مسببات الأمراض لكى لا تحدث إصابات مرضية خطيرة.

وأكثر طرق تطهير المحاليل المغذية شيوعًا هي ما يلي:

١- التسخين لمدة ٣٠ ثانية على ٩٥°م.

٢- المعاملة بالأوزون ozonation بمعدل ١٠ مجم أوزون/م^3 لمدة ساعة.

٣- التعريض للأشعة فوق البنفسجية حتى ٢٥٠ ميجامول/سم^2.

٤- المعاملة بفوق أكسيد الأيدروجين بمعدل ١٠٠ جم/م^3 مع منشط لمدة خمس دقائق.

هذا مع العلم بأن الطرق الثلاث الأخيرة تؤثر بالأكسدة، بما قد يؤثر على كل من الحديد والمنجنيز ويقلل من تيسرهما للنباتات (عن Acher وآخرين ١٩٩٧).

٥- ترشيح المحاليل المغذية فى المزارع المائية المغلقة:

دُرِس تأثير الفلترة البطيئة بالرمل slow filtration على إمكانية التخلص من المسببات المرضية الفطرية والفيروسية فى المحاليل المغذية المستعملة فى المزارع المائية المغلقة للطماطم، حيث تم تلويث المحلول المغذى بكل من الفطرين *Phytopthora cinnamomi*، و *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* وفيرس موزايك الطماطم، ووجد أنه فى خلال الأيام الثلاثة الأولى من تلويث المحول المغذى بالمسببات المرضية أن فطر الذبول الفيوزارى قد تم التخلص منه بالفلاتر بنسبة ٩٩,٩٪ عندما كان انسياب المحلول خلالها بمعدل ١٠٠ لتر/م^2، بينما أمكن التخلص من فيرس موزايك الطماطم خلال نفس الفترة بنسبة ٩٩٪، أما *P. cinnamomi* فقد مرَّ من خلال كل الفلاتر (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^{٢} 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).

إضافة المواد الناشرة إلى المحاليل المغذية فى المزارع المائية

تعتمد عديد من المسببات المرضية على الجراثيم السابحة zoospores فى إحداث الإصابة، حيث يعرف حوالى ١٤٣ نوعًا من تلك المسببات المرضية المكونة للجراثيم السابحة، والتى تتباين كثيرًا فى وضعها التقسيمى (جدول ١٥-١).

تشترك تلك المسببات المرضية فى صفة مشتركة وهى إنتاجها لجراثيم غير جنسية وحيدة الخلية متحركة ذات هدب واحدة أو هدبين تعرف باسم الجراثيم السابحة، وهى تنتج إما داخل أوعية خاص بها vesicles، وإما فى أكياس اسبورانجية sporangia. وبعد انطلاقها من أوعيتها — وفى وجود الرطوبة الحرة — فإنها تسبح لفترة قصيرة تختلف من دقائق إلى ساعات إلى أن تتمكن من خلال آلية كيميائية من رصد عائلها المناسب. وتعد الجراثيم السابحة هى المسئول الأول عن انتشار المسبب المرضى المنتج لها والتعرف على عائله المناسب.

تحاط الجراثيم السابحة بغشاء بلازمى، ولا يوجد بها جدار خلوى.

ولقد استخدمت المواد الناشرة المحضرة صناعيًا synthetic biosurfactants — التى تقلل من التوتر السطحى — فى مكافحة الأمراض التى تنتشر بواسطة الجراثيم

السابحة، وكان أول استعمال لهذا الغرض فى مكافحة فيرس العرق الكبير فى الخس الذى ينتقل للخس بواسطة الجراثيم السابحة للفطر *Olpidium brassicae*؛ الأمر الذى اكتشف دون قصد حين وجد أن بعض المبيدات — مثل benzimidazole — تكافح الفطر، ثم تبين أن المواد الخاملة inert material التى توجد فى هذا المبيد — وفى عدد كبير غيره — تعد مواد ناشرة، وأنها هى التى تؤثر فى الجراثيم السابحة للفطر. وقد استخدم بعد ذلك مادة ناشرة غير أيونية هى أجرال ٩٠ Agral 90 (إنتاج ICI) فى مكافحة المرض فى المزارع المائية التجارية للخس، ثم ثبتت فاعليته فى مكافحة فيرس بقع الكنتالوب المتحللة melon necrotic spot virus فى الخيار، والذى ينقله نفس الفطر.

جدول (١٥-١): المسببات المرضية الهامة المنتجة للجراثيم السابحة (عن **Stanghellini & Miller** ١٩٩٧).

الجنس	العائلة	الرتبة	الصف
Albugo	Albuginaceae	Peronosporales	Oomycetes
Peronophythora	Pythiaceae		
Phytophthora			
Pythium			
Plasmopara	Peronosporaceae		
Pseudoperonospora			
Sclerophthora			
Sclerospora			
Aphanomyces	Saprolegniaceae	Saprolegniales	
Synchytrium	Synchytriaceae	Chytridales	Chytridiomycetes
Olpidium	Olpidiaceae	Spizellomycetales	
Physoderma	Physodermataceae	Blastocladiales	
Plasmodiophora	Plasmodiophoraceae	Plasmodiophorales	Plasmodiophoromycetes
Polymyxa			
Spongospora			

وقد أعقب ذلك استخدام المواد الناشرة المصنعة فى مكافحة بعض المسببات المرضية لأمراض الجذور، مثل: *Pythium aphanidermatum*، و *Phytophthora parasitica*. و *Phytophthora capsici*.

يؤدى استعمال تلك المواد الناشرة إلى فقدان الغشاء البلازمى للجراثيم السابحة لنفاذيتها؛ ومن ثم فقدها لقدرتها على الحركة، ثم موتها (Stanghellini & Miller ١٩٩٧).

وقد أمكن مكافحة الفطر *Olpidium brassicae* الناقل لمرض تحلل الخس الحلقى lettuce ring necrosis disease فى مزارع الغشاء المغذى للخس، وذلك بمعاملة المحلول المغذى بكل من الـ thiophenate-methyl والزنك مجتمعين، علمًا بأن المعاملة بأى منهما منفردًا لم تُعط نفس المستوى من المكافحة (Vanachter ١٩٩٥).

كما أمكن مكافحة الفطر *Phytophthora nicotianae* فى المزارع اللاأرضية للطماطم باستعمال المواد الناشرة الـ non-ionic alcohol alkoxylate (مثل MBA1301، و MBA1303). أدت تلك المركبات إلى موت الجراثيم السابحة كلية وخفض إنتاج الأكياس الجرثومية الاسبورنجية لدى استعمالها بتركيز ٥ ميكروجرام/مل. إلا أنها لم تكن مؤثرة على النمو الميسيليومى حتى عندما استعملت بتركيز ١٠٠ ميكروجرام/مل (De Jonghe وآخرون ٢٠٠٧).

إضافة حامض السلسيلك إلى المحاليل المغذية

أدت إضافة حامض السلسيلك بتركيز ٢٠٠ ميكرومول إلى المحلول المغذى فى مزارع الطماطم المائية إلى إحداث زيادة جوهرية فى محتوى النباتات الطبيعى من الحامض، حيث ازداد محتواه الحر بمقدار ٦٥ مرة فى خلال ٤٨ ساعة، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة فى نشاط الجين PR-1B المسئول عن إنتاج بروتين متعلق بالمقاومة، وذلك فى خلال ٢٤ ساعة فقط من بدء المعاملة بحامض السلسيلك. وقد أدى حقن تلك النباتات بكونيديات الفطر *Alternaria solani* إلى ظهور المرض بدرجة أقل بنسبة ٧٧٪ مما فى نباتات الكنترول، وذلك من خلال تنشيط مقاومة جهازية فى النبات (Spletzer & Enyedi ١٩٩٩).

تجميع الجراثيم الفطرية المتواجدة فى المحاليل المغذية

تمكن العلماء اليابانيين من تطوير جهاز يقوم بتوليد الأوزون وتجميع الجراثيم الفطرية، وباستعماله فى المزارع المائية للطماطم فإن النباتات لم تصب بأى من البكتيريا *Ralstonia solanacearum* أو الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *Radicis-lycoperscici* اللذان يصيبا النبات عن طريق الجذور، أو الفطر المسبب للبياض الدقيقى *Oidium neolycopersici* الذى يصيب النبات عن طريق النموات الهوائية (Shimizu وآخرون ٢٠٠٧).

معاملة بيئات الزراعة بالشيتوسان

أحدثت معاملة بيئات زراعة الطماطم بالشيتوسان chitosan بمعدل ١٢,٥–٣٧,٥ مجم/لتر نقصًا جوهريًا فى الإصابة بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* وما يحدثه من أضرار بالنمو الجذرى وموت للنباتات، وكان التركيز الأعلى هو الأفضل فى تقليل الإصابة حيث انخفض معها معدل موت النباتات بأكثر من ٩٠٪، وكان محصول الثمار معادلاً للمحصول فى حالة غياب الفطر المرض. وقد أثر الشيتوسان من خلال زيادته مقاومة النباتات لاستعمار الفطر لها، حيث ظل الفطر فى النباتات المعاملة بالشيتوسان محصورًا فى طبقتى البشرة والقشرة، وظهر بالهيفات الفطرية اضطرابات خلوية على صورة زيادة فى الفجوات وغياب كامل للبروتوبلازم، كما تكون بالعائل حواجز تركيبية عند أماكن محاولة اختراق الفطر له، كذلك حدث فيه انسداد للأوعية الخشبية بتكوين تيلوزات tylosis، وفقاقيع، ومواد الـ osmophilic (Lafontaine & Benhamou ١٩٩٦).

المكافحة الحيوية فى الزراعات المحمية

الاستخدام المباشر للكائنات المؤثرة فى المكافحة

تتمتع الزراعات المحمية بميزة وجودها داخل حيز مُحَدَّد؛ وبذا .. يمكن إطلاق المتطفلات والمفترسات بالأعداد المناسبة وفى المواعيد التى تحقق أعلى كفاءة من المكافحة الحيوية للحشرات والأكاروسات، مع ضمان استمرار تواجدها داخل الصوبات.

ومن أهم آفات الصوبات التي تكافح بهذه الطريقة: العنكبوت الأحمر، والذبابة البيضاء، والمنّ، وناخرات الأوراق؛ كما يلي:

١- تكافح العناكب الحمراء في المناطق الباردة — التي تدخل فيها الحشرة في طور بيات شتوي داخل الصوبات — بالمفترس *Phytoseiulus*.

٢- تكافح ذبابة البيوت المحمية البيضاء *Trialeuroides vaporariorum* - داخل الصوبات — منذ أكثر من ٦٠ عامًا بالطفيل *Encarsia*.

٣- استخدم في مكافحة منّ الخوخ الأخضر، ونوع المنّ *Macrosiphum euphorbiae* على نباتات الباذنجان مجموعة من الأعداء الطبيعية للمنّ تشكلت من الطفيل *Aphelinus asychis*، ونوعي أسد المنّ *Chrysoperla perla*، و *C. formosa*.

٤- استُخدم في مكافحة ناخرة الأوراق *Liriomyza trifolii* على الطماطم حشرتان نافعتان؛ هما: *Dactirsa sibirica*، ونوع آخر يتبع جنس *Diglyphus*.

٥- أمكن تحسين المكافحة الحيوية للعنكبوت الأحمر *Tetranychus urticae* في زراعات الخيار المحمية بالاستعانة بالعدو الطبيعي المتخصص *Stethorus punctillum* مع العدو غير المتخصص *Neoseiulus californicus* (Rott & Ponsonby ٢٠٠٠).

كذلك استخدمت بعض أنواع الفطريات المتطفلة على الحشرات - منفردة أو مع الحشرات المتطفلة والمفترسة - في مكافحة آفات البيوت المحمية، ومن أمثلة ذلك ما يلي:

١- استخدمت الجراثيم الكونيدية للفطر *Aschersonia* — الذي يتطفل على الذباب الأبيض — في مكافحة ذبابة البيوت المحمية البيضاء.

٢- استعمل مستحضر تجاري من الفطر *Verticillium lecanii* — يعرف باسم ميكوتال Mycotal في مكافحة ذبابة البيوت المحمية البيضاء على الخيار.

٣- يتطفل فطران، هما: *Cephalosporium aphidicola*، و *Entomophthora coronata* على حشرة منّ الخوخ الأخضر. ولكن مستحضرات النوع الثاني ليست مأمونة الاستعمال بالنسبة للإنسان.

٤- يستعمل المستحضر التجاري فرتال Vertale للفطر *Verticillium lecanii* مع الطفيل *Aphidius matricariae* في مكافحة غالبية أنواع المنّ (عن توفيق ١٩٩٣).

كذلك يستفاد من المكافحة الحيوية فى مكافحة العديد من الأمراض كما يتبين من الأمثلة التالية:

● أدت معاملة الطماطم بالفطر *Penicillium oxalicum* — فى كل من الزراعات المائية والزراعات العادية فى التربة — إلى الحد من إصابتها بفطر الذبول الفيوزارى *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*، علمًا بأن فطر البنيسلّم استعمر المحيط الجذرى للطماطم ولم يؤثر على تواجد فطر الذبول فيه (DeCal وآخرون ١٩٩٧).

● تبين لدى اختبار عدد من الكائنات الدقيقة المستخدمة فى المكافحة الحيوية للمسببات المرضية التى تعيش فى التربة أن أكثرها قدرة على الاحتفاظ بحيويتها لفترات طويلة فى مخاليط الزراعة التى تُعدُّ للاستعمال (ولكنها قد تخزن لفترات متباينة قبل استعمالها) كلا من البكتيريا *Bacillus subtilis*، والميكوريزا *Trichoderma harzianum* (Nemec ١٩٩٧).

● وجد تحت ظروف الصوبات أن كفاءة كلا من *T. harzianum* T39، و *A. pullulans* فى مكافحة فطر البوترتيس كانت أعلى من كل من المبيد الفطرى ذو التأثير الواسع المدى tolylfluanid والمبيد الفطرى المتخصص iprodione، إلاّ أن المكافحة كانت أفضل بالنسبة لإصابات السوق عنها بالنسبة لإصابات الثمار (Dik & Elad ١٩٩٩).

● أفادت المعاملة بالسلالة BACT-O من *Bacillus subtilis* فى الحد من إصابة الخس بالفطر *Pythium aphanidermatum* فى المزارع المائية (Utkhede وآخرون ٢٠٠٢).

● تعطى المعاملة بالكمبوست المضاف إليه الفطر *Pythium oligandrum* مكافحة جيدة جدًّا للفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* فى مزارع الطماطم فى البيت موس، وتحدث المقاومة بتكوين تراكيب فيزيائية فى المواقع المحتملة للإصابة تعيق حدوث الإصابة وتقدم الفطر (Pharand وآخرون ٢٠٠٢).

● أظهر عديد من أنواع الكائنات الدقيقة قدرة عالية على الحد من إصابة الطماطم فى الزراعات المائية بعفن الجذور الذى يسببه الفطر *Pythium ultimum*، وكان منها ما يلى:

Penicillium brevicompactum

Penicillum solitum strain 1.

Pseudomonas fluorescens subgroup G strain 2.

Pseudomonas marginalis

Pseudomonas putida subgroup B strain 1.

Pseudomonas syringae strain 1.

Trichoderma atroviride

(Gravel وآخرون ٢٠٠٧).

● أدت معاملة نباتات الطماطم النامية فى مزارع الصوف الصخرى بسلالات من الفطر المحفز للنمو النباتى *Fusarium equiseti* إلى توفير حماية جيدة للنباتات ضد الإصابة بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* مسبب مرض عفن التاج والجذر الفيوزارى. وقد أظهرت الدراسة أن مستخلصات ساق النباتات المعاملة بالفطر *F. equiseti* — سواء أكانت قد حقنت بفطر عفن التاج والجذر الفيوزارى أم لم تحقق — كانت مثبطة لإنبات الجراثيم الميكروكونيدية للفطر المرض ولاستطالة أنابيبها الجرثومية فى البيئات الصناعية (Horinouchi وآخرون ٢٠٠٧).

إعادة استعمال الصوف الصخرى مع تدوير وإعادة استعمال المحاليل المغذية

أوضحت دراسات Postma وآخرون (٢٠٠٠) أن الصوف الصخرى المستعمل والذى سبق أن استخدم فى إنتاج خيار لم تحدث فيه إصابة بالفطر *Pythium aphanidermatum* مسبب مرض عفن الجذر والتاج .. هذا الصوف الصخرى إذا ما استعمل فى إنتاج محصول جديد من الخيار دونما تعقيم فإن الخيار النامى عليه لا يصاب بالمرض. هذا فى الوقت الذى قد تتعرض فيه نباتات الخيار للإصابة بالفطر إذا ما تم تعقيم هذا الصوف الصخرى قبل استعماله فى الزراعة، أو إذا ما استعمل صوف صخرى جديد.وقد تبين احتواء الصوف الصخرى المستعمل المثبط للفطر المرض على مجموعات بكتيرية وفطرية معينة لا تتواجد فى الصوف الصخرى الجديد.

وقد أوضحت الدراسات أن بكتيريا المحيط الجذرى التى توجد فى مزارع الصوف الصخرى قد تلعب دورًا فاعلاً فى حماية الخيار من الإصابة بعفن جذور بثيم، ولذا .. فإن اتباع النظام المغلق closed system الذى يستمر فيه ضخ وإعادة استعمال المحلول المغذى أفضل من الـ open system (Tu وآخرون ١٩٩٩).

المعاملة بمستخلص الكومبوست

أدت المعاملة بمستخلصات كمبوست كلا من سبلة الماشية وسبلة الخيل إلى مكافحة الفطر *Pseudoperonospora cubensis* — مسبب مرض البياض الزغبى فى الخيار — بشكل جيد تحت ظروف الزراعات المحمية (Ma وآخرون ١٩٩٦).