الفصل الثامن

أسس مكافحة الأمراض والآفات

مقدمة

لا تختلف الأسس العامة لمكافحة الآفات فى الزراعات المكشوفة كثيرًا عما فى الزراعات المحمية ، إلا أن الطبيعة المغلقة للبيوت المحمية وزيادة التكلفة الإنتاجية للمتر المربع الواحد من البيت يجعلان من الممكن ـ بل ومن الضرورى أحيانًا ـ اتباع طرق معينة فى المكافحة قد يستحيل إجراؤها فى الزراعات المكشوفة ، ويكون إجراؤها أمرًا غير اقتصادى .

تعد بيئة البيوت المحمية مثاليةً لتطبيق مبدأ المكافحة المتكاملة للآفات ؛ فيشكل كل بيت حيزًا مغلقًا ومنعزلًا عن البيئة الخارجية ؛ يمكن التحكم فيه ، خاصة فيما يتعلق بإطلاق الأعداء الحيوية للقضاء على الآفات المختلفة ، سواء أكانت حشرية ، أم مرضية ، أم غير ذلك ؛ إذ يمكن التحكم فى درجة الحرارة ، والرطوبة النسبية ، والرطوبة الأرضية بدرجة كبيرة ، وتعديل أيٍّ منها لتصبح فى المجال غير المناسب لآفات وراثية معينة ، كذلك تحتوى معظم الأصناف المستخدمة فى الزراعات المحمية على مقاومة وراثية لمعظم الأمراض . ويمكن الوقاية من بعض الأمراض بسهولة ؛ وذلك باتخاذ الاحتياطات اللازمة لمنع وصول مسببات الأمراض إلى داخل البيت . ومع أن المكافحة الكيميائية يتم التحكم فيها بصورة جيدة فى الزراعات المحمية ـ وذلك نظرًا لعدم وجود مشاكل أمطار ، أو رياح قوية ، تحد من فاعلية الرش إلا أن ـ لها مساوئها الخاصة فى الزراعات المحمية ؛ فقد يُحْدِث استخدام المبيدات مثلاً أثناء ضعف شدة الإضاءة أو ارتفاع درجة الحرارة تسممًا للنباتات ، وهو ما يعرف

باسم Phytotoxicity ، كما أن قطف الثمار يستمر لفترةٍ طويلةٍ لا يجوز خلالها المكافحة بالمبيدات الخطرة على صحة الإنسان .

وعلى الرغم من أن هذا الفصل يتضمن بعض أساليب المكافحة التى لم ترد فى كتابنا « الأساليب الزراعية المتكاملة لمكافحة أمراض ، وآفات ، وحشائش الخضر » (حسن ١٩٩٨) ، إلا أنه ليس بديلاً عنه ، وتعد الإحاطة بما جاء فى كليهما أمراً ضروريا للسيطرة على أمراض وآفات الخضر فى الزراعات المحمية .

تعقيم التربة والمواد والبيئات المستخدمة فى الزراعة

يعد تعقيم التربة ـ وكذلك تعقيم المواد والبيئات المستعملة فى إنتاج الشتلات ـ أمرا روتينيا وضروريا فى الزراعات المحمية ، وقد تناولنا هذا الموضوع بإسهابٍ فى حسن (١٩٩٨) ، كما أشرنا إليه فى الفصل السابق .

استعمال أصول مقاومة للأمراض الهامة

يراجع الموضوع فى الفصل السابع من هذا الكتاب .

التغطية بالشباك غير المنفذة للحشرات

تستعمل لذلك شِباك ذات فتحات دقيقة لا تسمح بمرور الحشرات حتى الصغيرة منها ؛ مثل الذبابة البيضاء . وتعرف هذه الشباك ـ عادةً ـ باسم « الشباك المضادة للفيروسات "Anti-Virus Nets" ؛ لأن كثيرًا من الحشرات التى تمنع هذه الشباكُ مرورَها (مثل الذبابة البيضاء ، والمن ، والجاسيدز . . . إلخ) تَنْقُل إلى النباتات عديدًا من الفيروسات الخطيرة ؛ مثل فيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم فى الطماطم ، وفيروسات الاصفرار (بين العروق فى الأوراق السفلى) وموزايك الزوكينى الأصفر ، وموزايك البطيخ ، وموزايك الباباظ فى القرعيات ، وموزايك الفاصوليا الذهبى فى الفاصوليا .

توضع هذه الشباك إما على فتحات التهوية والأبواب المزدوجة فقط ، وإما أن تُغَطَّى بـها البيوت المحمية بالكامل ، مع توفير أكبر قدرٍ من التهوية فى المواسم

الحارة . وتعامل هذه الشباك عند تصنيعها بمواد تجعلها تقاوم الأشعة فوق البنفسجية ؛ بحيث يمكن استعمالها لعدة سنوات .

استعمال لوحات ملونة جاذبة للحشرات ولاصقة لها

من المعروف علميا أن بعض الحشرات تنجذب نحو ألوان معينة ، كما هى الحال بالنسبة للذبابة البيضاء التى تفضل اللون الأصفر . وقد أمكن الاستفادة من هذه الخاصية بجذب الحشرات نحو لوحات ملونة ومغطاة بمادة لاصقة لا تستطيع الحشرة الفكاك منها إذا لامستها ؛ كتلك المبينة فى شكل (٨ ـ ١ ، يوجد فى آخر الكتاب)؛ حيث وضعت لوحات صفراء لاصقة فى مواجهة وسائد التبريد ؛ للتخلص من حشرة الذبابة البيضاء التى قد تتسرب إلى داخل البيت .

التحكم فى الرطوبة النسبية

تناولنا بالشرح فى الفصل الثالث وسائل التحكم فى الرطوبة النسبية داخل البيوت المحمية . ومن الأهمية بمكان المحافظة على مستوى معتدل من الرطوبة النسبية لوقف انتشار الأمراض التى تناسبها الرطوبة العالية ؛ مثل أمراض البياض الزغبى والبياض الدقيقى من جهة ، و لتجنب التكثيف الرطوبى الذى يحدث عند انخفاض درجة الحرارة والذى يحفز الإصابة بمسببات مرضية أخرى خطيرة ـ مثل الفطر B. cinerea ـ من جهة أخرى .

ممارسة الأساليب المناسبة لمنع تفشى الأمراض

تعرف هذه الأساليب لغويا باسم التصحاح Sanitation ، والهدف منها الحد من تفشى الأمراض وانتشارها ؛ ومنها : تعقيم تربة الصوبة ، واستعمال بذور وشتلات خالية من الإصابات المرضية ، واستعمال أبواب مزدوجة للحد من دخول مسببات الأمراض والحشرات إلى داخل البيت عند فتح الباب الخارجى ، ووضع مُطهّر (مثل الفورمالين) فى المسافة بين البابين ؛ لتطهير أحذية الداخلين إلى الصوبة ، وتطهير جميع الآلات الحقلية قبل استعمالها فى الصوبة ، وتطهير الأيدى ومقصات التقليم بعد تداول نبات مصاب بأحد الفيروسات التى تنتقل ميكانيكيا . . . إلخ .

هذا . وتكون الفيروسات التى تنتقل ميكانيكا (أى باللمس مثلاً) سريعة الانتشار فى البيوت المحمية ؛ لأن عمليات التقليم والتربية الرأسية التى تجرى للنباتات تزيد كثيراً من تعرض النباتات السليمة للإصابة بعد ملامسة العامل لنبات مصاب ، أو بعد استعمال العمال لمقصات التقليم فى تقليم نباتات مصابة ؛ ولذا . . يفضل ـ دائمًا ـ استعمال أصناف مقاومة لهذه الفيروسات فى الزراعات المحمية .

وبفحص ماء الإدماع Guttation لنباتات طماطم مصابة جهازيا بفيرس موزايك الطماطم ونباتات فلفل مصابة بفيرس تبرقش الفلفل المعتدلPepper Mild Mottle Virus ـ وكلاهما ينتقل ميكانيكا ـ وجد French وآخرون (١٩٩٣) أنه يحتوى على جزيئات من الفيروسين فى المحصولين ؛ على التوالى . وكان تركيز كلا الفيروسين فى ماء الإدماع كافيًا لإحداث الإصابة فى النباتات السليمة . ويرى الباحثون أن ماء الإدماع هذا يمكن أن يشكل وسيلةً هامةً لانتشار الأمراض الفيروسية ـ التى تنتقل ميكانيكيا ـ فى الزراعات المحمية ؛ علما بأن ظاهرة الإدماع تزداد فى ظروف الرطوبة النسبية الشديدة الارتفاع ليلاً .

استعمال مبيدات فى صورة أدخنة وايروسولات وابخرة

نظرًا للطبيعة المغلقة للبيوت المحمية ، لذا فإنه كثيراً ما يتم القضاء على الآفات الحشرية والعناكب التى فيها ؛ وذلك باستعمال مبيدات فى صورة أدخنة smokes ، أو أيروسولات aerosols، لكن يجب التنبيه إلى أن المبيد المستخدم بهذه الصورة لايتبقى منه شىء بعد تهوية البيت ؛ وعليه . . فإنه يجب توقيت إعادة المعاملة بالمبيد حسب دورة حياة الحشرة . فإذا كانت دورة الحياة تستغرق ٧ أيام ، فإن المعاملة الأولى تقتل معظم الحشرات الكاملة ، ولكنها لا تقتل البيض . وتؤدى المعاملة الثانية إلى قتل بقية الحشرات التى لم يتم التخلص منها فى المعاملة الأولى ، وكذلك قتل الحشرات التى فقست من البيض قبل أن تضع بيضًا جديداً ، ولكن الحشرات التى لم تقتل فى المعاملة الأولى تكون قد وضعت بيضها . وهذه تفقس ، ويتم التخلص منها فى المعاملة الثالثة . وتتوقف الفترة بين المعاملة والأخرى على مدة دورة حياة الحشرة . وتتراوح دورة حياة معظم الحشرات بين ٥ ـ ٧ أيام ، لكن

المدة قد لا تزيد على ثلاثة أيام في الجو الحار ، كما في العنكبوت الأحمر ، وبعض الحشرات ، كالذبابة البيضاء . وعلى العكس من ذلك . . تطول دورة حياة الحشرات مع انخفاض درجة الحرارة . هذا . . ومن الطبيعي أن تزداد فترة فعالية المبيد عندما يتبقى جزء على الأوراق (Nelson ١٩٨٥).

المبيد	الآفات التي يستعمل لأجل مكافحتها
أولاً : المبخرات Fumigants	
الـ Aphid Smoke	المن ، ونطاطات النباتات ، والذبابة البيضاء (الطور البالغ)
الـ Ditho Smoke	العنكبوت الأحمر ، والمن ، والذبابة البيضاء ، والتربس
النيكوتين Nicotine	المن والتربس
الثيودان Thiodan	المن والذبابة البيضاء
الفابونا Vapona	العنكبوت الأحمر ، والمن ، والذبابة البيضاء ، والخنفساء المغبرة
ثانيًا الأيروسولات Aerosols	
الرزمثرين Resmethrin	الذبابة البيضاء (الطور البالغ) ، والتربس ، وخنافس الخيار
الأورثين Orthene	المن ، وصانعات الأنفاق ، والتربس ، والذبابة البيضاء

كما أمكن مكافحة البياض الدقيقي في البيوت المحمية بأبخرة مبيد الفانجارد Vangard . تبلل قطع من الشاش، أو القماش القطني، أو قماش البولي بروبيلين ، أو Polypropylene أو حبل بالمبيد، ثم تعلق قطع القماش في أجزاءٍ متفرقةٍ من البيت، أو يربط الحبل بامتداد خطوط الزراعة. يؤدي بخار المبيد إلى وقف النمو الفطري ومنع إنبات الجراثيم. وقد استمرت فعاليته حتى مع تهوية البيوت. وقد أمكن بهذه الطريقة مكافحة البياض الدقيقي في القرعيات وغيرها من المحاصيل (Szkolnik ١٩٨٣).

المكافحة الحيوية

تحتل المكافحة الحيوية للأمراض والآفات موقعًا متميزاً في الزراعات المحمية، بالنظر إلى إمكان التحكم في موقع المكافحة مكانيا وبيئيا. هذا بالإضافة إلى كونها أقل تكلفةً وأكثر مناسبةً لمحاصيل الصوبات التي قد تحصد ثمارها يوميا ؛ الأمر الذي يستحيل معه معاملتها بالمبيدات الحشرية والأكاروسية.

مكافحة مسببات الأمراض

من أمثلة حالات المكافحة البيولوجية للأمراض ما يلى :

١ - أمراض البياض الدقيقى:

يمكن مكافحة فطريات البياض الدقيقى بالفطر المتطفل Ampelomyces quisqualis الذى ينتج جراثيم كونيديةً لزجةً يمكن أن تنتشر مع رذاذ الماء، وكذلك بجراثيم الفطر المضاد Sporothrix spp. الشبيه بالخميرة. يعد كلا الكائنين فعالاً ضد الفطر Sphaerotheca fuliginea المسبب للبياض الدقيقى فى القرعيات فى الرطوبة العالية. ويعنى ذلك ضرورة توفير رطوبةٍ عاليةٍ مع تعريض النباتات لرذاذٍ من الماء على فترات للمساعدة على انتشار جراثيم الكائنات المستعملة فى المكافحة الحيوية، ولكن يراعى ألا تتبقى أغشية مائية على النباتات لفترات طويلة؛ لكى لا تساعد على انتشار مسبباتٍ مرضيةٍ أخرى خطيرة؛ مثل الفطر Botrytis cinerea .

ومن الفطريات الأخرى التى تُضاد فطريات البياض الدقيقى كلٌّ من: Tilletiopsi spp، و Stephanoascus spp. (عن Jarvis ١٩٨٩).

مكافحة الحشرات

١ - مكافحة الذبابة البيضاء :

يتطفل الزنبور Encarsia formosa على حشرة الذبابة البيضاء . يبلغ طول أنثى الزنبور البالغة حوالى ٠,٥مم، وهى تعيش لمدة ١٤ يومًا ، تتغذى خلالها على الإفرازات السكرية للذبابة البيضاء. تضع الأنثى خلال حياتها حوالى ٦٠ بيضةً، كل منها منفردة على الطور الثالث - فقط - لحوريات الذبابة البيضاء . يفقس البيض خلال أربعة أيامٍ فى حرارة ٢١م؛ لتتطفل يرقات الزنبور على حوريات الذبابة.

ولدرجة الحرارة تأثير كبير على سرعة تكاثر كلٍّ من الطفيل (الزنبور) والحشرة (الذبابة البيضاء) ؛ حيث تكون مدة دورة حياة كلٍّ منهما - باليوم - كما يلى:

الحرارة (°م)	الذبابة البيضاء	Encarsia
١٠	٧٢	-
١٥	٥١	٥٥
٢٠	٣٧	٢٥
٣٠	٢٥	١٥

ويتبين من ذلك أن المكافحة الحيوية للذبابة البيضاء تكون أكثر فاعليةً فى حرارةٍ أعلى من ٢٠°م. كذلك ينخفض نشاط الزنبور المتطفل فى الإضاءة الضعيفة. ويعتبر الزنبور أكثر حساسيةً للمبيدات الحشرية من الذبابة البيضاء ذاتها.

يُربى الزنبور المتطفل على أوراق التبغ أو الطماطم، ويسمح له بالتطفل على حوريات الذبابة البيضاء قبل توزيعه بتجانسٍ تامٍ داخل البيوت المحمية (عن Gould ١٩٨٧).

كذلك تتطفل سلالة من الفطر Cephalosporium lecanii على ذبابة البيوت المحمية البيضاء التى عزلت منها . ويتوفر الفطر فى صورة تحضيرٍ تجاريٍ يعرف باسم Mycotal، وهو لا يؤثر على الزنبور Encarsia formosa المتطفل على الذبابة.

يتطفل الفطر على جميع أطوار الذبابة البيضاء T. Vaporariorum فيما عدا البيض. ويكفى - عادة - رشّتان بالفطر إذا أُحسن توقيتهما لمكافحة الحشرة بصورة جيدةٍ طوال موسم النمو. ويلزم لإصابة الفطر للحشرة توفر رطوبة نسبيةٍ عاليةٍ (أقل من ٠,٢ كيلو باسكال O.2 Kpa Vpd >) لمدة عشرة أيام. أما عملية تطفل الفطر على الحشرة لحين قضائه عليها فلا يلزم - لاستمرارها - توفر رطوبة نسبيةٍ عاليةٍ، بينما تلزم رطوبة نسبية عالية مرة أخرى لأجل تجرثم الفطر (عنGrange & Hand ١٩٨٧).

٢ - مكافحة حشرة المنّ :

يتطفل الزنبور Aphidius matricariea على نوعٍ المن Myzus Persicae فقط.

يبلغ طول الحشرة المتطفلة البالغة نحو ملليمترين، وتضع الإناث بيضها فى جسم حشرة المن الصغيرة؛ حيث تفقس إلى يرقات خلال ١٣ يومًا، وتخرج من ثقف تصنعه فى حشرة المن التى تبقى كـ «مومياء» ملتصقةً بالأوراق.

كذلك تتطفل يرقات الذبابة Aphidoletes aphidimyza على عدة أنواعٍ من المنّ، خاصة تلك التى تكونّ مستعمرات عنقوديةً؛ مثل Aphis gossypii تضع الأنثى بيضها (نحو ٧٠ بيضةً) على السطح السفلى للأوراق قريباً من مستعمرات المن. وبعد فقس البيض تتغذى كل يرقةٍ من الطفيل على نحو ١٠ أفراد من المن قبل أن تتحول إلى عذارى فى غضون ٤ أيامٍ من الفقس. يتم إدخال الطفيل إلى الصوبات كعذارى محملةٍ فى البيت موس؛ حيث ينثر بالقرب من النباتات بمعدل ٢-٥ عذارى/م٢ بمجرد مشاهدة مستعمرات المنّ. ويكرر ذلك بعد نحو ٢ - ٤ أسابيع أخرى.

ويستعمل كذلك الفطر المتطفل Cephalosporium lecanii فى مكافحة عدة أنواع من المن؛ منها:

Myzus persicae	Aphis gossypii
Aphis fabae	Brachycaudus helichrysi

ويتوفر الفطر فى صورة تحضيرٍ تجاريّ يعرف باسم Vertalec (نسبة إلى الاسم السابق لجنس الفطر Verticillum). والفطر حساس لعديدٍ من المبيدات الفطرية. يرش التحضير التجارى المحتوى على الجراثيم الكونيدية للفطر عند وجود إصابةٍ منخفضةٍ بالمن، مع ضرورة توفير رطوبةٍ عاليةٍ (تزيد على ٨٥٪) لمدة حوالى ١٠ ساعات يوميا خلال فترة تطفل الفطر على المن. يلاحظ التطفل بظهور نموٍّ أبيض قطنيٍّ من هيفات الفطر على المن.

٣ - مكافحة التربس :

يتوفر للمكافحة البيولوجية للتربس نوع مفترس من العناكب يعرف باسم Amblyseius mackensie، وكذلك سلالة متطفلة من الفطر C. lecanii.

كما تستعمل فى مكافحة التربس شرائط لاصقة، تلتصق بها يرقات الحشرة التى تسقط من الأوراق إلى التربة عندما يأتى وقت تحولها إلى عذارى . تعرف هذه الشرائط باسم Thripstick ؛ وهى توضع أسفل النباتات لاصطياد اليرقات (عن Gould ١٩٨٧) .

كذلك نجح Chambers وآخرون(١٩٩٣) فى مكافحة التربس Frankliniella occidentalis على الفلفل باستعمال الـ anthocorid المفترس Orius laevigatus ، وكانت المكافحة أفضل فى ظروف الإضاءة الجيدة ، وعندما كانت الإصابة بالتربس منخفضةً ابتداء .

٤ ـ مكافحة صانعات الأنفاق :

تكافح صانعة الأنفاق Liriomyza bryoniae على الطماطم بالرش بالدايثويت ، والمالاثيون ، والدايازينون ، والبيروثرويدات الجهازية ، ولكن أمثال هذه المبيدات لا يمكن استعمالها ضمن برامج المكافحة المتكاملة التى تشتمل على عنصر المكافحة الحيوية .

ويعرف حاليًا عدد من المتطفلات التى تتطفل على صانعات الأوراق ؛ مثل : Dacnusa sibirica ، و Diglyphus isaea ، و Opius pallipes ، وجميعها تستعمل على نطاقٍ تجاريّ فى مكافحة صانعات الأنفاق فى الطماطم .

تضع المتطفلات الداخلية Dacnusa ، و Opius بيضها داخل أجسام يرقات صانعات الأنفاق ، وهى تحفر داخل الأنفاق ، ويستغرق الطفيل ١٦ يوماً إلى أن ينضج (فى حرارة ٢١ م) ؛ حيث تعيش الأنثى الناضجة لمدة ١٠ أيامٍ تضع خلالها حوالى ٩٠ بيضة .

أما Diglyphus فهى متطفل خارجى ، وتضع الأنثى بيضها منفردًا ، كل بيضةٍ منها على إحدى يرقات صانعة الأنفاق . تتغذى يرقة الطفيل ـ بعد فقسها ـ على عائلها ، ثم تتحول إلى عذراء داخل النفق .

وتزود البيوت المحمية بمتطفلات صانعات الأنفاق ؛ إما كعذارى فى علبٍ كرتونيةٍ صغيرةٍ ، وإما كأفرادٍ بالغة فى أنابيب بلاستيكية .

٥ ـ مكافحة يرقات حشرات رتبة حرشفية الأجنحة :

تعرف يرقات رتبة حرشفة الأجنحة Lepidopterae باسم الجرارات caterpillars ، وتشمل يرقات أبو دقيق والفراشات التى تعد من أخطر الآفات الزراعية . تكافح هذه اليرقات بنجاح كبير برشها بجراثيم البكتريا Bacillus thurin-giensis ، أو ببلورات البروتين الذى تفرزه البكتريا ، علما بأنه ليست لهذه المعاملة أية تأثيرات سلبية على أية كائنات أخرى من تلك التى تستعمل فى المكافحة الحيوية . وتتوفر تحضيرات تجارية من هذه البكتريا تستعمل فى المكافحة ؛ مثل المبيد دايبل Dipel .

تكون هذه البكتريا شديدة التأثير على اليرقات الصغيرة ؛ ولذا . . يجب استعمالها بمجرد ملاحظة أضرار تغذية اليرقات على النباتات . وهى تعمل كَسُمٍّ مَعِدِيٍّ ؛ حيث تتحلل البللورات البروتينية ـ داخل معْدَة اليرقة ـ إلى سُمٍّ يؤذى الأغشية المبطنة للقناة الهضمية للحشرة ، ويؤدى إلى تورمها بشدة . هذا . . وليس لهذا السم أية تأثيرات على الإنسان أو الحيوانات الزراعية (عن Gould ١٩٨٧) .

وقد أمكن نقل الجين المسئول عن تصنيع هذا البروتين السام ـ بطرق الهندسة الوراثية ـ من البكتريا إلى عدد من الأنواع النباتية الهامة ؛ منها الطماطم ، والبطاطس ، والقطن ؛ الأمر الذى يجعل الأصناف التى تحمع هذا الجين مقاومةً بطبيعتها لجميع يرقات الفراشات وأبو دقيق (يرقات رتبة حرشفية الأجنحة) .

مكافحة الاكاروسات

مكافحة العنكبوت الأحمر العادى :

يستعمل العنكبوت المفترس Phytoseiulus persimilis فى مكافحة العنكبوت الأحمر العادى ، ولكن يشترط لذلك أن تكون الحرارة بين ١٨° م، و ٢٤° م ؛ حيث يكون تكاثر العنكبوت المفترس أسرع كثيراً من تكاثر العنكبوت الأحمر . فمثلا . . يتكاثر العنكبوت المفترس بمعدل يبلغ ضعف معدل تكاثر العنكبوت الأحمر فى حرارة ٢٠° م ؛ وبذا . . يمكن الحيلولة دون زيادة أعداد العنكبوت الأحمر إذا أُدخل

العنكبوت المفترس إلى الصوبة قبل بدء تكاثر العنكبوت الأحمر . هذا . . إلا أن كفاءة العنكبوت المفترس تقل كثيرًا فى الحرارة المنخفضة ، ويتوقف عن التكاثر فى حرارة ٢٧° م ، بينما يتكاثر العنكبوت الأحمر بسرعةٍ كبيرةٍ فى هذه الدرجة ؛ حيث يكمل دورة حياته خلال ٣ ـ ٤ أيام .

يتعين إدخال العنكبوت المفترس إلى داخل البيوت سنويا فى كل موسم ؛ لأنه ـ على خلاف العنكبوت الأحمر العادى ـ ليس له طور سكون ، كما يجب توزيع أعداده بتجانسٍ داخل الصوبة . ويلاحظ أن العنكبوت المفترس شديد الحساسية لعديدٍ من المبيدات التى تستعمل فى حماية المحاصيل المزروعة ، خاصة المبيدات الفسفورية العضوية والبيرثرويدية . ويكثُر العنكبوت المفترس ـ عادة ـ على نباتات الفاصوليا (عن Gould ١٩٨٧) .

وقد تمكن Nihouls (١٩٩٣) من إحداث التوازن المطلوب بين العنكبوت المفترس P. persimilis والعنكبوت الأحمر T. urticae فى زراعات الطماطم المحمية ، بإدخال العنكبوت المفترس من أحد جانبى الصوبة ، مع مكافحة العنكبوت الأحمر ـ فى جانب الصوبة الآخر ـ باستعمال المبيدات (توركيو ٥٠ ٪ Torque 50% ، ونسّورن ٥٠ ٪ Nissorun 50 %) . وقد احتاج الأمر إلى ٣٣٠٠ فردٍ ـ فقط ـ من العنكبوت المفترس / ١٠٠ م٢ من الصوبة ، وثلاث رشاتٍ بالمبيدات ـ على ٥٠ ٪ من النباتات ـ لأجل تأمين مكافحة العنكبوت الأحمر لمدة ٣٠ أسبوعًا ؛ حيث إن التوازن المطلوب بين الكائنين استمر تلقائيا بمجرد حدوثه .

هذا . . ويمكن ـ لمن يرغب ـ الرجوع إلى مزيدٍ من التفاصيل عن المكافحة الحيوية للحشرات والأكاروس فى الزراعات المحمية فى توفيق (١٩٩٣) .

مشاكل المكافحة الحيوية

من أهم مشاكل تطبيق مبدأ المكافحة الحيوية فى الزراعات المحمية ما يلى :

١ ـ مشاكل تقنية تتعلق بالإنتاج المكثف للمتطفلات أو المفترسات ؛ فهى يجب أن تُنتج على نطاقٍ تجاريّ بمعرفة شركاتٍ متخصصةٍ ، وأن يكون استعمالها على

أسسٍ ثابتةٍ ومستقرةٍ ؛ لكى تستمر هذه الشركات فى عملها . وتنهض بهذا الدور فى مصر ـ حاليًا ـ وزارة الزراعة التى تقوم بالإنتاج التجارى لأسد المن ، والفيروسات المستعملة فى مكافحة فراشة درنات البطاطس .

٢ ـ مشاكل إداريـة تتعلـق بضرورة المتابعة الدائمة والمستمـرة لأعـداد الحشرة الضارة ، وأعداد الطفيليات أو المفترسات ، وبدء التطفل أو الافتراس ، وتوطده ، واستمراره ، مع استمرار التوازن المطلوب بين الطفيل أو المفترس وعائله .

٣ ـ مساكل نفسية يجب أن يواجهها المنتج الذى تعود على الحصول على مكافحةٍ سريعةٍ وكاملةٍ للآفات باستعمال المبيدات ؛ فهذا الأمر لا يتحقق أبداً فى المكافحة البيولوجية ، وعـلى المنتج أن يغير من فلسفته ونظرته إلى كثيرٍ من الأمور ، كما يلى :

أ ـ يتعين ـ بدايةً ـ إدخال أعدادٍ محدودةٍ من الحشرة الضارة التى يرغب فى مكافحتها والسماح لها بالتكاثر وإحداث ضررٍ محدودٍ ؛ لكى يتوفر الغذاء اللازم للمفترس أو الطفيل قبل إدخاله الصوبة . وإذا وجد المنتج صعوبةً فى تقبل ذلك ، فليـس أقـل من إدخـال الحشـرة ومفترسـها أو طفـيلها فى آنٍ واحـدٍ ، أو الانتظـار لحين تكاثر الحشرة ـ طبيعيا ـ وبداية ظهور أضرارها قبل إدخال أعدائها الطبيعيين .

ب ـ لا يمكن ـ أبدًا ـ تحقيق مكافحةٍ كاملةٍ عند الاعتماد على المكافحة الحيوية ؛ فالحشرة الضارة يجب أن تكون متواجـدةً باستمرار ، وإلا انقرضت أعـداؤها التى لا تجد ـ حينئذٍ ـ غذاءً مناسبًا لها . وبذا . . فإنه يتعين تقبل بعض الأضرار الحشرية البسيطة فى ظل نظام المكافحة الحيوية، ولكن هذه الأضرار تبقى فى الحدود المسموح بها والمحددة سلفًا .

جـ ـ تكون المكافحة الحيوية بطيئةً ؛ فمثلاً قد تستغرق مكافحة العنكبوت الأحمر العادى مدة ٦ أسابيع .

٤ ـ مشاكل فنية تتعلق بعملية التطبيق ذاتها ؛ مثل :

أ ـ قد يؤدى أى تأخيرٍ فى إدخال الطفيل أو المفترس إلى الصوبة إلى حدوث

أضرارٍ كبيرةٍ من جراء تكاثر وتغذية الآفة ، التى قد تتزايد أعدادها إلى مستوياتٍ تفقد معها المكافحة الحيوية فاعليتها .

ب ـ ضرورة تغيير نمط بعض عمليات الخدمة الزراعية ؛ مثل تقليل عمليات إزالة الأوراق السفلية والفروع الزائدة التى تأوى أعدادًا كبيرةً من الطفيليات أو المفترسات النشطة بيولوجيا .

جـ ـ قد يؤدى القضاء على الآفات الهامة ـ مع عدم استعمال المبيدات فى المكافحة ـ إلى تكاثر آفاتٍ أخرى واستفحال أخطارها . ويؤدى استعمال المبيدات فى مكافحة هذه الآفات إلى فشل المكافحة الحيوية .

المكافحة بالرش بالمبيدات

على الرغم من الوعى العام بأخطار المبيدات على صحة الإنسان والبيئة ، إلا أن استعمالها فى مكافحة الآفات فى البيوت المحمية ما زال هو أكثر طرق المكافحة شيوعًا .

ومن أهم المشاكل التى تواجه استعمال المبيدات فى المكافحة فى البيوت المحمية ما يلى :

١ ـ قلة أعداد المبيدات المرخص باستعمالها فى البيوت المحمية ؛ فليست كل المبيدات المرخص باستعمالها على محصولٍ معينٍ فى الزراعات المكشوفة بصالحةٍ له فى الزراعات المحمية ؛ حيث تلاحظ زيادة حالات التسمم للإنسان وللنبات عند استعمال مبيداتٍ معينةٍ على محاصيل الصوبات ؛ ويرجع ذلك إلى اختلاف الظروف البيئية كثيرًا بين نوعَى الزراعات ، ولكون البيوت المحمية ذات بيئةٍ مغلقة .

٢ ـ قِصَر فترة دورة حياة الحشرات والأكاروسات فى ظل ظروف الحرارة العالية فى الزراعات المحمية ؛ الأمر الذى يتطلب تكرار الرش على فتراتٍ قصيرةٍ ؛ مما يؤدى إلى ظهور سلالاتٍ جديدةٍ من تلك الآفات مقاومةٍ للمبيدات المستعملة ؛ وهو ما يحدث باستمرار فى كلٍّ من : الذبابة البيضاء ، والعنكبوت الأحمر .

٣ ـ صعوبة مقاومة أطوارٍ معينةٍ من بعض الحشرات بالمبيدات ؛ كما هى الحال

بالنسبة لطور الحوريات فى حشرة الذبابة البيضاء ، التى تعد من أخطر آفات الزراعات المحمية . وبمجرد تحول الحورية ـ التى تقاوم فعل المبيدات ـ إلى حشرة كاملة ، فإنها تعاود التكاثر من جديد ؛ الأمر الذى يتطلب تكرار الرش على فترات متقاربة .

٤ ـ حصاد جميع محاصيل الزراعات المحمية على فترات متقاربة ؛ الأمر الذى يستحيل معه استعمال المبيدات الحشرية والأكاروسية خلال موسم الحصاد دون تعريض صحة الإنسان للخطر .

ممارسات خاصة لمكافحة الأمراض والآفات فى الزراعات اللاأرضية

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

المعاملة بالسيليكون

عرفت أهمية السيليكون فى زيادة مقاومة النباتات للأمراض منذ أواخر السبعينيات ، عندما وجد أنه يفيد فى مكافحة أمراض عصفة الأرز Rice Blast ، ولفحة الغمد Sheath Blight فى الأرز ، والبياض الدقيقى فى الشعير . والقمح ، والخيار .

وفى البداية كان يضاف السيليكون إلى التربة بكميات كبيرة ، وصلت إلى ٤,٥ طنا من SiO_2 / هكتار لمكافحة البياض الدقيقى فى القمح ، بينما تطلبت مقاومة البياض الدقيقى فى الخيار إضافة ٢ ـ ٤ أطنان من سيليكات الكالسيوم ، أو ٢,٢٥ ـ ٤,٥ طنا من سيليكات البوتاسيوم للهكتار .

وتَلَتْ ذلك محاولة إضافة السيليكون إلى النباتات بطريقة الرش على النموات الخضرية ؛ حيث استعملت كل من ميتاسيليكات الصوديوم sodium metasilicate بتركيز ٤٤٠ جزءًا فى المليون ، وإيثوكسى سيلاتران l-ethoxysilatran بتركيز ١٨٠ جزءًا فى المليون فى مكافحة مرض عصفة الأرز .

وقد وجد Menzies وآخرون (١٩٩٢) أن رش نباتات الخيار ، والقاوون والكوسة بمحلول سيليكات البوتاسيوم بتركيز ١٧ مللى مولار سيليكون ، أو إضافة السيليكون ـ بالتركيز نفسه ـ إلى المحاليل المغذية للمزارع المائية التى تنمو فيها النباتات ـ قبل يوم من حقنها بالفطر Sphaerotheca fuliginea (المسبب للبياض الدقيقى فى الخيار والقاوون) ، أو بالفطر Erysiphe cichoracearum (المسبب للبياض الدقيقى فى الكوسة) ـ أحدث نقصًا معنويا فى إصابتها بالبياض الدقيقى مقارنةً بمعاملة الشاهد . وأوضحت الدراسة أن السيليكون ـ وليس البوتاسيوم فى معاملة سيليكات البوتاسيوم ـ كان هو المسئول عن المقاومة للبياض الدقيقى .

كذلك وجد أن إضافة السيليكون إلى المحاليل المغذية فى المزارع المائية يحد كثيراً من الإصابة بالفطرين Pythium ultimum ، و Pythium aphanidermatum فى الخيار ، وكلاهما من الفطريات الخطيرة التى يمكن أن تنتشر بسرعة كبيرة فى المزارع المائية فى الظروف البيئية المناسبة . ويتبين من دراسات Chérif وآخرين (١٩٩٤) أن إضافة السيليكون بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون (١,٧ مللى مولار) إلى المحاليل المغذية أحدثت نقصًا جوهريا فى الإصابة بالفطر P. aphanidermatum (عند حقن المزارع به) ، مع زيادة المحصول الكلى للخيار ، والمحصول الصالح للتسويق ، والوزن الجاف للنباتات مقارنةً بمعاملة الحقن بالفطر دون إضافة للسيليكون . كما أوضحت الدراسة أن معاملة السيليكون وحدها ـ دون الحقن بالفطر ـ لم يكن لها تأثيرات إيجابية على النباتات.

التحكم فى نسب ومستويات العناصر

تلعب نسب ومستويات العناصر فى المحاليل المغذية ـ خاصة مستويات العناصر الكبرى ، ونسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين ـ دورًا هامًا 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 ، و ٤٠٠ : ٢٠٠ ، و ٤٨٠ : ١٢٠) على إصابة الطماطم بمرض

عفن الساق البكتيرى ، الذى تسببه البكتيريا Erwinia carotovara subsp. carotovora فى مزارع الصوف الصخرى . وقد كان متوسط طول العفن الذى أحدثته البكتيريا على سيقان النباتات ـ عندما بلغت من العمر ١١ أسبوعًا ـ هو : ٤٣٥ ، و ٥٠٧ ، و٦٣ ملليمترًا لمعاملات نسب البوتاسيوم إلى النيتروجين المنخفضة ، والمتوسطة ، والعالية (المبينة أعلاه) ، على التوالى .

التحكم فى درجة حرارة المحلول المغذى

يفيد التحكم فى درجة حرارة المحلول المغذى فى الحد من انتشار بعض الأمراض الهامة . وقد أمكن بهذه الطريقة الحد من انتشار أعفان جذور السبانخ المتسببة عن الفطريات Pythium aphanidermatum ، و P. dissotocum (Gould & Stanghellini ١٩٨٥) .

المعاملة بالمركبات الشيتينية

المركبات الشيتينية Chitinic هى مركبات مستخلصة من الجدر الخارجية الصلدة للكائنات البحرية . ويصنع من هذه المركبات تحضيرات تجارية تفيد فى مكافحة الأمراض النباتية ؛ مثل تحضير الشيتوسان Chitosan .

وقد وجد El-Ghaouth وآخرون (١٩٩٤) أن إضافة الشيتوسان إلى المحاليل المغذية ـ فى مزارع تقنية الغشاء المغذى ـ بتركيز ١٠٠ أو ٤٠٠ جزء فى المليون ـ أدى إلى حماية نباتات الخيار من الإصابة بالفطر Pythium aphanidermatum ، ونشّط فى النباتات عدة استجابات دفاعية ؛ منها : تكوين موانع فيزيائية تركيبية structural barriers فى أنسجة الجذر ، وتحفيز تكوين الإنزيمات المضادة للفطريات Chitinase ، و Chitosanase ، و β -1,3 -glucanase فى كلٍّ من : الجذور ، والأوراق . وبينما لم يكن للشيتوسان تأثيرات ضارة على الخيار ، فإنه أثر سلبيا على نمو الفطر المسبب للمرض ؛ حيث أحدث تورمات فى جدره الخلوية ، وأدى إلى تكوين فجوات بخلاياه ، وتسبب ـ أحيانًا ـ فى تحلل البروتوبلازم فيه .

المعاملة بالمبيدات

يمكن إضافة المبيدات الفطرية والحشرية الجهازية بيسرٍ وسهولةٍ ، وبكفاءةٍ عاليةٍ إلى المحاليل المغذية فى المزارع المائية ، خاصة المزارع المغلقة منها ؛ الأمر الذى يحد كثيراً من تكلفة المعاملة بالمبيدات ؛ فمثلاً . . وجد Grote & Bucsi (١٩٩٢) أن إضافة مبيد رادوميل زينب إلى المحاليل المغذية بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون وفَّر حمايةً لنباتات الطماطم من الإصابة بالفطر Pytophthora nicotianae var. nicotianae لمدة ٤٠ يومًا فى مزارع الصوف الصخرى . وقد نقصت الحماية التى وفرها المبيد بمرور الوقت ، ولكن أمكن توفير حمايةٍ كاملةٍ ضد المرض بمعاملتين من المبيد يفصل بينهما ٢١ يومًا ؛ لتجنب حدوث أى تسممٍ للنباتات من المبيد . وكانت المعاملة الوقائية بالمبيد أفضل من المعاملة العلاجية ، إلا أن المعاملات العلاجية التى أجريت فى المراحل الأولى للإصابة بالفطر كانت فعّالةً كذلك . وبمقارنة النمو النباتى للطماطم فى مختلف المعاملات كان أفضل نموٍّ فى المزارع غير المعاملة بالمبيد وغير المحقونة بالفطر ، ثم فى المزارع المعاملة بالمبيد والمحقونة بالفطر ، ثم أخيرًا فى المزارع غير المعاملة بالمبيد والمحقونة بالفطر .

كما أفاد استعمال الميتالاكسيل Metalaxyl فى مكافحة الفطر Pythium aphanidermatum فى المزارع المائية .

كذلك . . فإن ٥٠ جزءًا فى المليون من البينوميل فى المحاليل المغذية لمزارع تقنية الغشاء المغذى تحمى نباتات الخيار من الإصابة بالبياض الدقيقى .

ولا يمكن استعمال المبيدات الجهازية ـ بالصورة السابقة ـ مع النباتات النامية فى التربة ، عن طريق إضافتها مع مياه الرى بالتنقيط ؛ بسبب تعارض التربة مع تيسر المبيد للنبات ؛ الأمر الذى يتطلب زيادة الكمية المستعملة منه ، مع ضرورة إضافته على فتراتٍ أكثر تقاربًا مما فى حالة المزارع المائية .

المكافحة الحيوية

من أمثلة وسائل المكافحة الحيوية التى يسهل تطبيقها فى المزارع المائية المغلقة ما يلى :

إضافة بكتيريا الـ Pseudomonads

تعرف عدة أنواعٍ بكتيرية مفيدة للنباتات تتبع الجنس Pseudomonas . تعيش هذه البكتيريا فى التربة فى منطقة النمو الجذرى (الـ Rhizosphere) للنباتات ، وتعمل على تحفيز النمو النباتى ، كما تُضاد نمو وتكاثر بعض الأنواع الميكروبية الأخرى الممرضة للنباتات .

وقد وجد Buysens وآخرون (١٩٩٣) أن تزويد مزارع الطماطم المائية (تقنية الغشاء المغذى) بالسلالة 7NSK2 من البكتيريا Pseudomonas aeruginosa أعطى مكافحةً جيدةً للفطر Pythium spp. وأمكن التغلب على الذبول الطرى لبادرات الطماطم بمعاملة البذور بالفطر P. aeruginosa ، ووفرت حمايةً إضافيةً من الإصابة بالفطر ؛ وذلك بإضافة البكتيريا إلى المحلول المغذى ذاته .

كذلك درس Rankin & Paulitz (١٩٩٤) تأثير إضافة عددٍ من عزلات النوعين البكتيريين Pseudomonas corrugata ، وP. fluorescens على نمو نباتات الخيار وحمايتها من الإصابة بالفطر Pythium aphanidermatum فى مزارع الصوف الصخرى . وعلى الرغم من تباين العزلات فى مدى تأثيرها ، إلا أن كلا النوعين البكتيريين أحدثا زيادةً كبيرةً فى الوزن الجاف للنبات ، وزيادةً بنسبة ٣٢ ٪ ـ ٤١ ٪ فى عدد الثمار فى غياب الفطر ، بينما كانت الزيادة فى عدد الثمار الصالحة للتسوق عند إضافة البكتريا ـ مقارنةً بمعاملة الشاهد ـ أكثر من ٦٠٠ ٪ فى وجود الفطر .

إضافة فطريات الميكوريزا Mycorhizae

توفر فطريات الميكوريزا ـ التى تعيش وهى متصلة اتصالاً بيولوجيا وثيقًا بجذور النباتات ـ عدة فوائد للنباتات ، لعل من أبرزها توفير العناصر المغذية للنبات ، خاصةً عنصر الفوسفور ، ومساعدة النبات على تحمل الظروف البيئية القاسية ،

-خاصةً ظروف الجفاف - وتوفير الحماية للنباتات من الإصابة ببعض الأمراض التى تعيش مسبباتها فى التربة ، خاصةً تلك التى تحدث فيها الإصابة عن طريق الجذور .

وقد وجد Rattink (١٩٩٣) أن إضافة فطر الميكوريزا Trichoderma harzianum إلى مزارع تقنية الغشاء المغذى أدت إلى حماية نباتات الطماطم من الإصابة بمرض عفن التاج والجذر الفيوزارى الذى يسببه الفطر Fusarium oxysporum f. sp. radicis - lycopersici ؛ حيث انخفضت نسبة النباتات المصابة - نتيجةً لإضافة فطر الميكوريزا بنحو ٧٠ ٪ أو أكثر . وبالمقارنة .. فإن معاملة المزرعة المائية - بعزلةٍ من Streptomyces griseoviridis أو بعزلتين غير ممرضتين non- pathogenic من الفطر F. oxysporum - لم تنجح فى مقاومة مرض عفن التاج والجذر الفيوزارى بكفاءة فطر الميكوريزا نفسها .

تعقيم المحاليل المغذية فى النظم المغلقة

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

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

التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية Ultra-Violet

تفيد هذه المعاملة 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 يوميا طوال فترة زراعة الطماطم - أدت نقصًا فى عدد الكائنات الدقيقة بالمحلول المغذى من ٥٠٠ - ٨٠٠ × ١٠^{٣} إلى ١٠ -

٥٠ × ١٠^{٣} مل ، لكن Collins & Jensen (١٩٨٣) يذكران أنه بينما كانت معاملة التعريض للأشعة فوق البنفسجية مجديةً فى تقليل أعداد البكتيريا المسببة للأمراض فى تقنية الغشاء المغذى فى انجلترا ، فإن هذه المعاملة لم تكن مفيدة فى أريزونا ؛ 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 ، إلاّ أنها تسببت أيضًا فى تحويل الحديد المخلوب إلى صورةٍ غير ميسرةٍ لامتصاص النبات ؛ وهو الأمر الذى تطلب إضافة مزيدٍ من الحديد بعد كل معاملة تعريضٍ للأشعة .

ولكن وُجِدَ ـ لحسن الحظ ـ أن طرز الحديد المخلوبة تتباين فى مدى تأثرها بالأشعة فوق البنفسجية (عن Cooper ١٩٧٩) .

وقد أثبتت دراسات Schwartzkopf وآخرين (١٩٨٧) على المزارع المائية للخس أن معاملة المحاليل المغذية بجرعاتٍ منخفضةٍ من الأشعة فوق البنفسجية كانت وسيلةً فعالةً للتخلص من البكتيريا فى المحلول المغذى ، كما أحدثت المعاملة تحسناً فى النمو النباتى . وعلى الرغم من أن الجرعات العالية من الأشعة أحدثت خفضًا قدره ٩٨ ٪ فى أعداد البكتيريا ـ مقارنةً بخفضٍ قدره ٨١ ٪ فقط فى حالة الجرعات المنخفضة ـ إلا أن الجرعات العالية أحدثت ـ كذلك ـ نقصًا جوهريا فى النمو النباتى .

التعقيم بالموجات فوق الصوتية Ultra-Sonic

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

التعقيم بالترشيح

من السهولة بمكانٍ تمريرِ 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 ميكرسكوبية (ذات فتحات بقطر ٠,٢٢ ملليميكرون) فى مزارع مائية للخس ، أدت إلى التخلص من البكتيريا بنسبة وصلت إلى ٩٩ ٪ ، وأحدثت تحسنًا فى النمو النباتى مقارنةً بمعاملة الشاهد .

ويذكر Goldberg وآخرون (١٩٩٢) أن الفطر Pythium aphanidermatum يحدث مشاكل كبيرةً 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 ميكرومتير ، وثانيهما ذو ثقوب بقطر ٧ ميكروميترات . ولم يكن المرشح الأول (ذو الثقوب الأوسع) ـ وحده ـ كافيًا للتخلص من الجراثيم السابحة للفطر .

هذا . . إلا أن Lillo وآخرين (١٩٩٣) وجدوا أن المحاليل المغذية المرشحة سرعان ما تلوثت مرةً أخرى بالبكتيريا ؛ حيث لم يجدوا فرقًا معنويا 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 .

التعقيم بالحرارة

تبدو فكرة تعقيم المحاليل المغذية بالحرارة أمرًا سهلاً وممكناً ، وكل ما تتطلبه هو توفير حلٍ مناسبٍ لضرورة برودة المحلول المغذى إلى درجة الحرارة العادية قبل إعادة ضخه فى المزرعة من جديد . ويمكن أن يتحقق ذلك إما بإجراء التعقيم فى بداية الليل حينما يتوقف ضخ المحلول المغذى بصورةٍ طبيعيةٍ ، 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 .