ممارسة الأساليب المناسبة لمنع تفشى الأمراض

تعرف هذه الأساليب لغويًا 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 مُطهِّر (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 ميكانيكيًا .. إلخ.

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

ويفحص ماء الإدماع Guttation لنباتات طماطم مصابة جهازيًا بفيرس موزايك الطماطم ونباتات فلفل مصابة بفيرس تبرقش الفلفل المعتدل Pepper Mild Mottle Virus — وكلاهما ينتقل ميكانيكيًا — 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 وسيلة هامة لانتشار الأمراض الفيروسية — التى تنتقل ميكانيكيًا — فى الزراعات المحمية، علمًا بأن ظاهرة الإدماع تزداد فى ظروف الرطوبة النسبية الشديدة الارتفاع ليلاً.

المكافحة الحيوية

تحتل المكافحة الحيوية للأمراض والآفات موقعًا متميزًا فى الزراعات المحمية،

بالنظر إلى إمكان التحكم فى موقع المكافحة مكانيًا وبيئيًا. هذا بالإضافة إلى كونها أقل تكلفة وأكثر مناسبة لمحاصيل الصوبات التى قد تحصد ثمارها يوميًا، الأمر الذى يستحيل معه معاملتها بالمبيدات الحشرية والأكاروسية

مكافحة مسببات الأمراض

تتنوع كثيرا الكائنات المستخدمة فى المكافحة الحيوية لمسببات الأمراض، كما يلى:

المنتجات المستخدمة فى المكافحة الحيوية للمسببات المرضية التى تعيش فى التربة

إن أهم المنتجات المستخدمة فى هذا الشأن، ما يلى:

١- منتجات تحتوى على الفطر *Coniothyrium minitans*:

يقوم هذا المتطفل بإتلاف الأجسام الحجرية للفطرين *Sclerotinia sclerotiorum*، و *S. minor*، وهو يسوق كحبيبات قابلة للبلل تحت الاسم التجارى Contans.

٢- منتجات تحتوى على الفطر *Gliocladium virens* (= *Trichoderma virens*)

عزل هذا الفطر فى أواخر ثمانينات القرن الماضى من تربة بولاية ميرلاند الأمريكية. ثم تبين أنه يتواجد فى التربة فى جميع أنحاء العالم. وقد استخدم فى مكافحة الفطرين *Pythium ultimum*، و *Rhizoctonia solani* فى مخاليط الزراعات اللاأرضية. وهو يسوق تحت الاسم التجارى SoilGard.

٣- الفطر *Trichoderma harzianum* السلالة T-22):

أنتجت هذه السلالة فى أواخر ثمانينات القرن الماضى بطريقة إندماج البروتوبلاست بين كل من T-95 (وهى سلالة من *T. harzianum* عُزلت من تربة فى كولومبيا وتعد منافسًا قويًا على استعمار المحيط الجذرى النباتى)، و T-12 (وهى — كذلك — سلالة من *T. harzianum* عزلت من نيويورك) ويمكن لهذه السلالة (T-22) التى تعد منافسا قويًا بالمحيط الجذرى استعمار كل أجزاء المجموع الجذرى والبقاء لفترة طويلة عند استعمالها فى معاملة الجذور أو التربة سقيًا أو كحبيبات، وهو يُسوق

تحت الاسم التجارى RootShield كحبيبات، وكذلك الاسم PlantShield كمعلق مائى يحتوى على كونيديات الفطر.

ولقد أظهرت المنتجات التجارية للفطر قدرة على مكافحة عفن التاج والجذور الفيوزارى فى الطماطم، والفطريات *R. solani*، و *Catharanthus* sp.، و *Pythium* spp. فى عدد من نباتات الزينة. وتتساوى قوة المكافحة التى يوفرها الفطر مع تلك التى تُحدثها المبيدات الفطرية.

ويقوم الفطر *T. harzianum* بفعله من خلال عدة آليات، منها التطفل الفطرى mycoparasitism عن طريق إنتاج إنزيمات الشيتينات chitinases، والـ β-1-3 glucanases، والـ β-1-4 glucanases، ومضادات الحيوية antibotics، والتنافس competition، وإذابة المغذيات النباتية غير العضوية، وحث المقاومة، وتثبيط نشاط إنزيمات المسببات المرضة ذات الأهمية فى التطفل المرضى لها.

حققت هذه السلالة ومنتجاتها التجارية انتشارًا واسعًا، ومن بين السلالات الأخرى للفطر ذاته كل من: T-35 (أو Trichodex) من إسرائيل، و Binab T من السويد، و Supresivit من جمهورية التشيك.

٤- الاستربتوميسيت *Streptomyces griseovirids* (السلالة K61):

يُسوق هذا الاستربتوميسيت تحت الاسم التجارى Mycostop، وكان قد عزل ابتداءً من الاسفاجنم، واستُخدم فى المكافحة الحيوية للذبول الفيوزارى للقرنفل. كذلك يُفيد هذا المنتج فى مكافحة الفطر *Pythium aphanidermatum*.

٥- الفطر *Gliocladium catenulatum* (السلالة J1446):

عُزلت هذه السلالة من التربة بأحد الحقول فى فنلندة، وهى المكون الفعال فى المنتج التجارى Primastop. ومن بين الفطريات التى ينجح هذا الفطر فى مكافحتها: تساقط البادرات، وأعفان البذور، وأعفان الجذور، وأمراض الذبول. ويسوق المنتج التجارى كمسحوق قابل للبلل يمكن استخدامه فى معاملة التربة والجذور والنموات الخضرية،

ويُستخدم – خاصة في معاملة مخاليط الزراعة لمكافحة فطريات الذبول الطرى *Pythium* spp.، و *Rhizoctonia solani* وقد تبين من بعض الدراسات أن فاعلية *G. catenulatum* فى المكافحة كانت مماثلة لفاعلية المبيدين الفطرين propamocarb، و tolclofos.

٦- السلالة غير المرضية Fo47 من الفطر *Fusarium oxysporum*:

عُزلت هذه السلالة من تربة مثبطة للفيوزاريم بفرنسا، وهى فعالة ضد أمراض الذبول الفيوزارى فى عدد من النباتات، منها الطماطم والقرنفل، وضد مرض عفن التاج والجذور الفيوزارى فى الطماطم. ومن بين آليات فعل هذه السلالة: المنافسة على الكربون، والمنافسة المباشرة مع السلالات المرضة، وحث المقاومة بالعائل.

٧- البكتيريا *Bacillus subtilis* var. *amyloliquefaciens* (السلالة FZB24):

تأتى بعض الأنواع البكتيرية التابعة للجنس *Bacillus* الثانية فى الترتيب من حيث الاستخدام فى المكافحة الحيوية بعد البكتريا التابعة للجنس *Pseudomonas*، وذلك من بين كل الأجناس البكتيرية. وتسوق البكتيريا *Bacillus subtilis* تحت الاسم التجارى Kodiak، وتستخدم فى معاملة البذور وكإضافة للتربة. كذلك أنتج المستحضر BioYield الذى يحتوى على نوعى البكتيريا *Bacillus amyloliquefaciens*، و *B. subtilis* لأجل استخدامه فى الزراعات المحمية

ومن بين سلالات *B. subtilis* التى اختبرت لمكافحة الفطرين *Pythium aphanidermatum*، و *Phytophthora nicotianae* فى الطماطم والخيار بالزراعات المحمية، كانت أفضلها السلالتين FZB13، و FZB44، كما حفزت السلالة FZB-G نمو نباتات الطماطم، وأنتجت السلالتان FZB C، و FZB G مضادات حيوية من الببتيدات الفعالة ضد الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (Paulitz & Bélanger ٢٠٠١).

المنتجات المستخدمة فى المكافحة الحيوية لأمراض النموات الخضرية

إن من أهم المنتجات المستخدمة لهذا الغرض، ما يلى:

١- الفطر *Ampelomyces quisqualis*:

يعد الفطر *A. quisqualis* أول فطر عُرف بتطفله على فطريات البياض الدقيقى، وهو مضاد لأنواع من الرتب الفطرية: Erysiphales، و Mucorales، و Perisporiales. ولقد وجد أن *A. quisqualis* يستعمر الهيفات والجراثيم الكونيدية وحواملها conidiophores لعوائله.

لا يكون هذا الفطر فعّالاً فى المكافحة إلا فى ظروف الرطوبة النسبية العالية جدًا؛ ولذا .. اقترح الرش بالماء — عند المعاملة بالفطر — كوسيلة لرفع الرطوبة النسبية، إلا أن عملية الرش تلك تقلل — فى حد ذاتها — من شدة نشاط الفطر *S. fuliginea*. ويعد الفطر *A. quisqualis* متحملاً لبعض المبيدات الفطرية؛ مما يسمح باستخدامه ضمن برنامج المكافحة المتكاملة ضد البياض الدقيقى عندما تكون الرطوبة النسبية عالية. وتحت ظروف الحقل اقُترح استخدام مخلوط من *A. quisqualis* مع ٢٪ زيت بارافين لمكافحة البياض الدقيقى.

وقد أُنتج التحضير AQ-10 الذى يحتوى على الفطر *A. quisqualis* فى صورة حبيبيات قابلة للانتشار فى الماء على اعتبار كونه سلالة جديدة يمكن أن تعمل فى ظروف الرطوبة النسبية المنخفضة، وهو مسجل للاستخدام مع عديد من محاصيل الخضر والفاكهة، ويوصى بأن يستعمل معه مادة ناشرة للماء للتغلب على احتياجات الفطر للرطوبة.

٢- الفطر *Trichoderma harzianum* (السلالة T-39):

طُورت السلالة T-39 من الفطر *T. harzianum* فى إسرائيل واستخدمت فى إنتاج المستحضر التجارى TRICHODEX، وهو فعّال ضد الفطر *Botrytis cinerea*، ويستخدم فى مكافحته. وهو يعمل من خلال منافسته الفطر الممرض على الغذاء وإعاقته لقدرته على إنتاج الإنزيمات المحللة، كما يمنع اختراق الفطر الممرض لأنسجة العائل وتحليله لها.

٣- البكتيريا *Bacillus subtilis* (السلالة QST713):

يُعد المنتج التجارى Serenade أفضل تحضيرات هذه السلالة البكتيرية، وهو فعّال ضد أكثر من ٤٠ مرضًا نباتيًا، من بينها العفن الرمادى (*B. cinerea*)، وتساقط البادرات

(*P. ultimum*، و *R. solani*)، والبياض الدقيقى. وتعمل البكتيريا من خلال عدة آليات منها التنافس، والتطفل، والتضادية الحيوية، وحث المقاومة الجهازية (Paulitz & Bélanger ٢٠٠١)

ومن بين الدراسات التى أجريت فى مجال المكافحة الحيوية للفطريات، ما يلى:

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

- أمكن مكافحة فطريات البياض الدقيقى بالفطر المتطفل *Ampelomyces quisqualis* الذى ينتج جراثيم كونيدية لزجة 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 رطوبة عالية مع تعريض النباتات لرذاذ 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 مسببات مرضية أخرى خطيرة؛ مثل الفطر *Botrytis cinerea*.

- ومن الفطريات الأخرى التى تُضاد فطريات البياض الدقيقى كل من: *Tilletiopsis* spp.، و *Stephanoascus* (عن Jarvis ١٩٨٩).

- حقق استعمال الفطر *Gliocladium roseum* نجاحًا كبيرًا فى مكافحة مرض العفن الرمادى فى الفراولة، حيث ثبطت عزلاته نمو الفطر *B. cinerea* بنسبة ٩٨٪ فى اختبارات على مختلف الأجزاء النباتية (الأوراق، والبتلات، والأسدية الزهرية) المفصولة عن النبات وغير المفصولة، وكان أكثر كفاءة عن غيره من الكائنات المستخدمة فى المكافحة الحيوية. مثل *Trichoderma viride*، و *Alternaria alternata*، و *Myrothecium verrucaria*، و *Penicillium* spp.، كما كان أكثر كفاءة عن المبيد الفطرى

القياسى كابتان. وفى دراسة أخرى حقق استخدام الفطر *G. roseum* تثبيطًا للعفن الرمادى تراوح بين ٧٩٪، و ٩٣٪ فى أسدية أزهار الفراولة، وبين ٤٨٪، و ٧٦٪ فى ثمارها، وقد تماثل فى تلك الكفاءة مع الكائنات الرئيسية المستخدمة فى مكافحة الفطر *B. cinerea* بيولوجيًا أو كان أكفأ منها. وظهرت كفاءة هذا الفطر فى مكافحة العفن الرمادى حتى فى ظروف الرطوبة النسبية العالية جدًا فى البيوت المحمية البلاستيكية. كما أظهر فاعلية كبيرة فى المكافحة ليس فقط فى أزهار وثمار الفراولة، وإنما فى نمواتها الخضرية كذلك، وهى التى تعد المصدر الرئيسى للإصابة بالفطر تحت ظروف الحقل، وتراوحت كفاءته فى تثبيط إنتاج الفطر *B. cinerea* لجراثيمه بين ٩٠٪، و ١٠٠٪، وتشابه فى ذلك مع كفاءة أقوى المبيدات المستعملة فى مكافحة الفطر، وهى الكلوروثالونيل chlorothalonil.

● وقد جرت محاولات ناجحة لاستعمال نحل العسل فى نقل الفطر *G. roseum* إلى أزهار الفراولة. قامت فيها الحشرة بنقل الفطر بكفاءة إلى الأزهار أثناء زيارتها لها، واستخدم لأجل ذلك مسحوق من الفطر وضع فى موزع للقاح القطرى على خلية النحل (عن Sutton وآخرين ١٩٩٧).

● بينما أدت عدوى نباتات الطماطم فى مزرعة لا أرضية بالفطر *Phytophthora nicotianae* إلى خفض جوهرى فى الوزن الجاف للنموات الهوائية والجذرية، فإن معاملة المزرعة بالبكتيريا *Bacillus subtilis* ثبطت النمو الفطرى وأحدثت زيادة جوهرية فى محصول الطماطم مقارنة بمحصول نباتات الكنترول التى لم تعامل بالبكتيريا (Grosch & Grote ١٩٩٨).

● أفاد فى المكافحة الحيوية للفطر *F. oxysporum* f. sp. *fragariae* المسبب لمرض الذبول الفيوزارى فى الفراولة عدوى التربة بكائنين دقيقين، هما: العزلة B501 من البكتيريا *Bacillus* spp.، والعزلة S506 من الاستربتوميسس *Streptomyces* spp.، مع المحافظة على تواجدهما فى التربة بتركيز مرتفع حتى بداية الإزهار، وهى المرحلة التى تبدأ عندها أعراض الذبول فى الظهور على نباتات الفراولة. وبالمقارنة بالتبخير ببروميد الميثايل الذى أدى إلى مكافحة المرض بنسبة ١٠٠٪، أدت المعاملة بالباسيلّس على

تحقيق ٩٤٪ مكافحة وهم تختلف جوهريًا عن معاملة بروميد الميثيل، بينما أعطت معاملة الاستربتوميسس مكافحة بنسبة ٧٧٪ وكانت أقل جوهريًا من معاملتى بروميد الميثايل والباسلّس (Wang وآخرون ١٩٩٩)

o وجد أن لكل من التريكوديرما *Gliocladium virens* (كما فى التحضير التجارى RootShield)، والبكتيريا *Radoporidium diobovatum* (السلالة S33) القدرة على مكافحة تقرح الساق الذى يحدثه الفطر *Botrytis cinerea* بنباتات الطماطم فى الزراعات المحمية (Utkhede وآخرون ٢٠٠١)

o 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*، علما بأن فطر البنيسلّم استعمر المحيط الجذرى للطماطم ولم يؤثر على تواجد فطر الذبول فيه (DeCal وآخرون ١٩٩٧).

o 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 لتى تُعدُّ للاستعمال (ولكنها قد تخزن لفترات متباينة قبل استعمالها) كلا من البكتيريا *Bacillus subtilis*، والميكوريزا *Trichoderma harzianum* (Nemec ١٩٩٧)

o 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).

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

● تعطى المعاملة بالكومبوست المضاف إليه الفطر *Pythium oligandrum* مكافحة جيدة جدًا 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 تحقن — كانت مثبطة لإنبات الجراثيم الميكروكونيدية للفطر الممرض ولاستطالة أنابيبها الجرثومية فى البيئات الصناعية (Horinouchi وآخرون ٢٠٠٧).

● دُرس تأثير ثلاثة منتجات تجارية تستخدم فى المكافحة الحيوية على مكافحة ثلاثة من مسببات الأمراض التى تصيب الطماطم عن طريق الجذور فى مزارع لأرضية مغلقة تتكون فيها بيئة الزراعة إما من البيت، وإما من الخفَاف pumice. ولقد وجد أن مستوى المكافحة المرضية يتباين تبعًا لنوع الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية، وبيئة الزراعة، والمسبب المرضى، كما يلى.

١- أدت المعاملة بمستح Binab T (الذى يحتوى على خليط من كل من الفطرين *Trichoderma polysporum*، و *T. harzianum*)، أو Gliomix (الذى يحتوى على الفطر *Gliocladium cantenulatum*)، أو Mycostop (الذى يحتوى على الاستربتوميسيت *Streptomyces griseoviridis*) فى بيئة الخفاف إلى تقليل الإصابة المرضية بالمسببات الثلاثة: *Pythium aphanidermatum*، و *Pyhtophthora cryptogea*، و *Fusorium oxysporum* f. sp. *radices-lycopersici*

٢- لم يكن للـ Mycostop تأثير جوهرى على مستوى الإصابة بأى من المسببات المرضية الثلاثة فى البيت، على الرغم من أن كلا من الـ Binab T، والـ Gliomix حققا مكافحة بيولوجية ناجحة

٣- فى كلتا البيئتين كانت المكافحة الحيوية للفطر *F. oxysporum* f. sp. *raics-lycopersici* ضعيفة مقارنة بتلك التى تحققت مع أى من *P. aphanidermatum*، أو *P. cryptogea*.

٤- تحسن نمو نباتات الطماطم بعد معاملة بيئة الزراعة بأى من المنتجات الحيوية الثلاثة فى وجود أى من المسببات المرضية الثلاثة، مقارنة بنموها فى معاملات الكنترول (Khalil وآخرون ٢٠٠٩).

● أمكن عزل بكتيريا (أعطيت الكود LSW25) من المحيط الجذرى لنباتات الطماطم كانت سالبة لصبغة جرام. ومضادة للبكتيريا *Pseudomonas corrugata* — التى تُصيب أوعية نباتات الطماطم وتحللها — ومحفزة لنمو بادرات الطماطم. وقد انتخبت من هذه العزلة طفرة طبيعية مقاومة للمضاد الحيوى rifampicin (أعطيت الكود LSW25R) لتسهيل تتبعها، وعُرِّفت بأنها *Pseudomonas* spp.، وأُعطيت الاسم *Speudomonas* sp. LSW25R. ثبطت هذه البكتيريا النمو الهيفى لإثنى عشر فطرًا، مثل *Botrytis cinerea* على بيئة آجار V8. وبالاستعانة بالميكروسكوب الإليكترونى الماسح، وجد أن هذه العزلة لا تستعمر فقط سطح الجذور حول الفتحات الطبيعية للتفرعات الجذرية الدقيقة، وإنما — كذلك — تحت خلايا البشرة. ولقد نجحت العزلة LSW25R فى استعمار جذور بادرات

الطماطم والفلفل والباذنجان، وحفزت جوهريًا طول بادرات الطماطم ووزنها الطازج والجاف عند تلقيحها بتركيز ١٠[١١] وحدة مكونة للمستعمرات cfu/مل، وحفزت جوهريًا نمو بادرات الباذنجان والفلفل عند استعمالها بتركيز ١٠[٤] cfu/مل؛ بما يعنى أن التركيز المناسب من هذه البكتيريا لتحفيز النمو يختلف من نوع نباتى لآخر. كذلك فإن كثافة تواجد هذه البكتيريا داخل الجذور وأول أوراق الطماطم — عند قاعدة النبات — كانت أكثر من ٩٣ × ١٠[٣] cfu/جم. وقد وجد أن التأثير المحفز لهذه البكتيريا حدث فى كل من ظروف التغذية الطبيعية، وكذلك عند نقص أى من النيتروجين أو الكالسيوم، إلا أن امتصاص الكالسيوم لم يزدد إلاّ فى ظروف التغذية الطبيعية، وقد أسهمت تلك الزيادة فى خفض الإصابة بتعفن الطرف الزهرى (Lee وآخرون ٢٠١٠).

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 بيضة، كل منها منفردة على الطور الثالث — فقط — لحوريات الذبابة البيضاء. يفقس البيض خلال أربعة أيام فى حرارة ٢١°م؛ لتتطفل يرقات الزنبور على حوريات الذبابة.

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

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

ويتبين من ذلك ن لكفحة الحيوية للذبابة البيضاء تكون أكثر فاعلية في حرارة أعلى من ٢٠°م كذلك ينخفض نشاط الزنبور المتطفل في الإضاءة الضعيفة ويعتبر الزنبور أكثر حساسية للمبيدات الحشرية من الذبابة البيضاء ذاتها

يربى الزنبور المتطفل علي أوراق التبغ أو الطماطم. ويسمح له بالتطفل على حوريات الذبابة البيضاء قبل توزيعه بتجانس تام داخل البيوت المحمية (عن Gould ١٩٨٧)، ويستخدم الزنبور المتطفل لهذا الغرض منذ أكثر من ٧٠ عاما

كذلك تتطفل سلالة من الفطر *Cephalosporium lecanii* على ذبابة البيوت المحمية البيضاء التى عزلت منها ويتوفر الفطر فى صورة تحضير تجارى 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 أحسن توقيتهما لمكافحة الحشرة بصورة جيدة طوال موسم النمو ويلزم لإصابة الفطر للحشرة توفر رطوبة نسبية عالية (أقل من ٠,٢ كيلو باسكال Kpa Vpd 0 2 >) لمدة عشرة أيام أما عملية تطفل الفطر على الحشرة لحين قضائه عليها فلا يلزم — لاستمرارها - توفر رطوبة نسبية عالية، بينما تلزم رطوبة نسبية عالية مرة أخرى لأجل تجرثم الفطر (عن Grange & Hand ١٩٨٧)

وقد أفادت المعاملة بكل من الفطر *Beauveria bassiana* (التحضير التجارى BotaniGard الذى يحتوى على ٥,١٣ × ١٠[٣] كونيديا/مل)، والمفترس *Dicyphus hesperus*. والمتطفل *Encarsia formosa* فى مكافحة ذبابة البيوت المحمية البيضاء *Trialeurodes vaporariorum* (Labbé وآخرون ٢٠٠٩).

٢- مكافحة حشرة المنّ:

يُعرف عالميًا أكثر من ٤٠٠٠ نوع من المنّ، ومن أهمها — فى الزراعات المحمية — من الخوخ الأخضر *Myzus persicae*، ومن القطن *Aphis gossypii*، ومن البطاطس *Macrosiphum euphorbiae* ويُعد من الخوخ الأخضر أكثرها خطورة على محاصيل

البيوت المحمية بسبب اتساع مدى عوائله وكثرة الفيروسات التى يُسهم فى نقلها وصعوبة مكافحته.

هذا .. ويمكن لإناث المنّ إنتاج أجيال جديدة من الحشرة دون حاجة للتزاوج، حيث تنتج صغارًا مباشرة دون المرور بطور البيضة. وتسهم تلك الخاصية فى الازدياد الفجائى الكبير فى أعداد الحشرة. ويتعين تعليم المواقع التى يكتشف تواجد المنّ بها؛ ليمكن إحكام عملية المكافحة

وبينما تميل أفراد منّ الخوخ الأخضر للتعنقد على النموات الحديثة الغضة، فإن من القطن غالبًا ما ينتشر بانتظام على امتداد ساق النبات. كذلك يقل عدد أفراد منّ القطن المجنحة عما فى منّ الخوخ الأخضر.

ومن بين أهم أعراض الإصابة بالمنّ: إنتاج الإفرازات السكرية (العسلية) التى تنمو عليها الفطريات المترممة السوداء (sooty mold) على الأوراق، وتكون البقع الصفراء على سطح الأوراق العلوى، وظهور الجلود التى تطرحها الحشرات على الأوراق، والتفاف الأوراق، وتشوه النموات الجديدة.

ومن أهم المفترسات المستخدمة فى مكافحة المنّ فى الزراعات المحمية ما يلى:

أسد المنّ	*Chrysoperla carnea, C. rufilabris & Chrysopa* sp.
ذبابة المنّ	*Aphidoletes aphidimyza*
الزنابير المتطفلة	*Aphidius colemani & A. maticariae*
خنفساء أبو العيد	*Hippodamia convergens*

١- الفطر *Beauveria bassiana*

يعمل هذا الفطر من خلال اتصاله بالسطح الخارجى للحشرة، ثم اختراقه لها وقتلها، وهو يسوق تجاريًا تحت أسماء مختلفة، منها Naturalis-O، و BotaniGard.

٢- الفطر *Verticillium laccani*:

من بين التحضيرات التجارية لهذا الفطر Vertalec، و Mycotal.

يتطلب إنبات ونمو جراثيم هذا الفطر رطوبة نسبية لا تقل عن ٩٣٪ وحرارة بين ١٥ و ٢٧°م. ويجب ألا تقل الرطوبة عن تلك الحدود لمدة ١٠-١٢ ساعة يوميًا ويعد هذا الفطر حساسًا للمبيدات الفطرية (Greer ٢٠٠٠).

هذا ويتطفل الزنبور *Aphidius matricariea* على نوع المنّ *Myzus persicae* فقط يبلغ طول الحشرة المتطفلة البالغة نحو ملليمترين. وتضع الإناث بيضها في جسم حشرة المنّ الصغيرة، حيث تفقس إلى يرقات خلال ١٣ يومًا، وتخرج من ثقب تصنعه في حشرة المنّ التي تبقى كـ "مومياء" ملتصقة بالأوراق

وقد 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* (Rott & Ponsonby ٢٠٠٠)

كذلك تتطفل يرقات الذبابة *Aphidoletes aphidimyza* على عدة أنواع من المنّ، خاصة تلك التي تكوّن مستعمرات عنقودية، مثل *Aphis gossypii*. تضع الأنثى بيضها (نحو ٧٠ بيضة) على السطح السفلي للأوراق قريبًا من مستعمرات المنّ. وبعد فقس البيض تتغذى كل يرقة من الطفيل على نحو ١٠ أفراد من المنّ قبل أن تتحول إلى عذارى في غضون ٤ أيام من الفقس. يتم إدخال الطفيل إلى الصوبات كعذارى محمولة في البيت موس، حيث ينثر بالقرب من النباتات بمعدل ٢-٥ عذارى/م٢ بمجرد مشاهدة مستعمرات المنّ ويكرر ذلك بعد نحو ٢-٤ أسابيع أخرى.

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- استعمال مستحضر تجارى من الفطر *Verticillium lecanii* — يعرف باسم ميكوتال Mycotal فى مكافحة ذبابة البيوت المحمية البيضاء على الخيار.

٣- يتطفل فطران، هما *Cephalosporium aphidicola*، و *Entomophthora coronata* على حشرة منّ الخوخ الأخضر. ولكن مستحضرات النوع الثانى ليست مأمونة الاستعمال بالنسبة للإنسان (عن توفيق ١٩٩٣).

٤- يستعمل كذلك الفطر المتطفل *Cephalosporium lecanii* فى مكافحة عدة أنواع من المنّ؛ منها:

Myzus persicae	*Aphis gossypii*
Aphis fabae	*Brachycaudus helichrysi*

ويتوفر الفطر فى صورة تحضير تجارى يعرف باسم Vertale (نسبة إلى الاسم السابق لجنس الفطر *Verticillium*). والفطر حساس لعديد من المبيدات الفطرية. يرش التحضير التجارى المحتوى على الجراثيم الكونيدية للفطر عند وجود إصابة منخفضة بالمنّ. مع ضرورة توفير رطوبة عالية (تزيد على ٨٥٪) لمدة حوالى ١٠ ساعات يوميًا خلال فترة تطفل الفطر على المنّ. يلاحظ التطفل بظهور نمو أبيض قطنى من هيفات الفطر على المنّ.

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 منخفضة ابتداء

٤- مكافحة صانعات الأنفاق:

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

ويعرف حاليا عدد من المتطفلات التى تتطفل على صانعات الأنفاق، مثل: *Dactirsa sibirica*، و *Diglyphus isaea*، و *Opius pallipes*، وجميعها تستعمل على نطاق تجارى فى مكافحة صانعات الأنفاق فى الطماطم.

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

أما *Diglyphus* فهو متطفل خارجى، وتضع الأنثى بيضها منفردا، كل بيضة منها على إحدى يرقات صانعة الأنفاق. تتغذى يرقة الطفيل – بعد فقسها – على عائلها، ثم تتحول إلى عذراء داخل النفق.

وتزود البيوت المحمية بمتطفلات صانعات الأنفاق، إما كعذارى فى علب كرتونية صغيرة، وإما كأفراد فى أنابيب بلاستيكية.

٥- مكافحة يرقات حشرات رتبة حرشفية الأجنحة:

تعرف يرقات رتبة حرشفية الأجنحة Lepidopterae باسم الجرارات caterpillars، وتشمل يرقات أبو دقيق والفراشات التى تعد من أخطر الآفات الزراعية. تكافح هذه اليرقات بنجاح كبير برشها بجراثيم البكتيريا *Bacillus thuringiensis*، أو ببلورات البروتين الذى تفرزه البكتيريا. علمًا بأنه ليست لهذه المعاملة أية تأثيرات سلبية على

أية كائنات أخرى من تلك التى تستعمل فى المكافحة الحيوية. وتتوفر تحضيرات تجارية من هذه البكتيريا تستعمل فى المكافحة؛ مثل المبيد دايبل Dipel.

تكون هذه البكتيريا شديدة التأثير على اليرقات الصغيرة؛ ولذا .. يجب استعمالها بمجرد ملاحظة أضرار تغذية اليرقات على النباتات. وهى تعمل كَسُمّ مَعدى؛ حيث تتحلل البللورات البروتينية — داخل معدة اليرقة — إلى سُمّ يؤذى الأغشية المبطنة للقناة الهضمية للحشرة، ويؤدى إلى تورمها بشدة. هذا . وليس لهذا السُمّ أية تأثيرات على الإنسان أو الحيوانات الزراعية (عن Gould ١٩٨٧).

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

هذا .. ويبين جدول (٨–١) أمثلة لعديد من الأعداء الطبيعية الحشرية والأكاروسية المستخدمة فى مكافحة الحشرات والعناكب فى البيوت المحمية.

مكافحة الأكاروسات

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 كثيرًا من تكاثر العنكبوت الأحمر. فمثلاً .. 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 بسرعة كبيرة فى هذه الدرجة؛ حيث يكمل دورة حياته خلال ٣–٤ أيام.

جدول (٨-١). أهم الأعداء الطبيعية الحشرية والأكاروسية المستخدمة في البيوت المحمية

الاسم العادي	الاسم العلمي	الآفات المستهدفة بالمكافحة
متطفل الدبابة البيضاء	*Encarsia formosa*	الدبابة البيضاء، وخاصة دبابة البيوت المحمية البيضاء
متطفل الدبابة البيضاء	*Eretmocerous eremicus*	الذبابة البيضاء، وخاصة دبابة أوراق الكوسة الفضية
	Eretmocerus mundus	
متطفل صانعات الأنفاق	*Diglyphus* spp., *Dacnusa* spp.	صانعات الأنفاق
مدمر الخنفساء المغبرة	*Cryptolaemus montrouzieri*	خنفساء الوالج المغبرة
متطفل الخنفساء المغبرة	*Leptomastix dactylopii*	خنفساء الوالج المغبرة
دبابة المنّ	*Aphidoletes aphidimyza*	المنّ
متطفل المن	*Aphidius colemani*	منّ الخوخ ومنّ الكنتالوب
متطفل المن	*Aphidius ervi*, *Aphelinus abdomalus*	منّ البطاطس
مفترس حشرات التربة	*Atheta coriaria*	عارى تربس الأزهار الغربى
النيماتودا الـ Entomopathogenic	*Steinernema feltiae*, plus others	يرقات بعوضة الفطر
العناكب المفترسة للتربس	*Hypoaspis miles*	عارى تربس الأزهار الغربى
العناكب المفترسة للعنكبوت الأحمر	*Phytoseiulus persimilis*, other phytoseiids	العنكبوت الأحمر
	Amblyseius californicus	
أسد المنّ	*Chrysoperla* sp.	المنّ – الذبابة البيضاء – العنكبوت الأحمر
قرصان الحشرات	*Orius insidiosus*	التربس وآفات أخرى
مفترس التربس	*Neoseiulus cucumeris*, Amblyseius degenerans	التربس
	Amblyseius cucumeris	
متطفل الفراشات	*Trichogramma brassicae*	بيض لفراشات

يتعين إدخال العنكبوت المفترس إلى داخل البيوت سنويًا في كل موسم، لأنه – على خلاف العنكبوت الأحمر العادي – ليس له طور سكون، كما يجب توزيع أعداده بتجانس

داخل الصوبة. ويلاحظ أن العنكبوت المفترس شديد الحساسية لعديد من المبيدات التى تستعمل فى حماية المحاصيل المزروعة، خاصة المبيدات الفسفورية العضوية والبيرثرويدية. ويكثُر العنكبوت المفترس — عادة — على نباتات الفاصوليا (عن Gould ١٩٨٧).

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

وأمكن تحسين المكافحة الحيوية للعنكبوت الأحمر *Tetranychus urticae* فى زراعات الخيار المحمية بالاستعانة بالعدو الطبيعى المتخصص *Stethorus punctillum* مع العدو غير المتخصص *Neoseiulus californicus* (Rott & Ponsonby ٢٠٠٠).

مشاكل المكافحة الحيوية

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

١- مشاكل تقنية تتعلق بالإنتاج المكثف للمتطفلات أو المفترسات؛ فهى يجب أن تُنتج على نطاق تجارى بمعرفة شركات متخصصة، وأن يكون استعمالها على أسس ثابتة ومستقرة؛ لكى تستمر هذه الشركات فى عملها. وتنهض بهذا الدور فى مصر — حاليًا — وزارة الزراعة التى تقوم بالإنتاج التجارى لأسد المنّ، والفيروسات المستعملة فى مكافحة فراشة درنات البطاطس.

٢- مشاكل إدارية تتعلق بضرورة المتابعة الدائمة والمستمرة لأعداد الحشرة الضارة، وأعداد الطفيليات أو المفترسات، وبدء التطفل أو الافتراس، وتوطده، واستمراره، مع استمرار التوازن المطلوب بين الطفيل أو المفترس وعائله.

٣- مشاكل نفسية يجب أن يواجهها المنتج الذى تعود على الحصول على مكافحة سريعة وكاملة للآفات باستعمال المبيدات، فهذا الأمر لا يتحقق أبدًا فى المكافحة البيولوجية. وعلى المنتج أن يغير من فلسفته ونظرته إلى كثير من الأمور، كما يلى:

أ- يتعين - بداية - إدخال أعداد محدودة من الحشرة الضارة التى يرغب فى مكافحتها والسماح لها بالتكاثر واحداث ضرر محدود، لكى يتوفر الغذاء اللازم للمفترس أو الطفيل قبل إدخاله الصوبة، وإذا وجد المنتج صعوبة فى تقبل ذلك، فليس أقل من إدخال الحشرة ومفترسها أو طفيلها فى آن واحد، أو الانتظار لحين تكاثر الحشرة - طبيعيًا - وبداية أضرارها قبل إدخال أعدائها الطبيعيين

ب- لا يمكن - أبدا - تحقيق مكافحة كاملة عند الاعتماد على المكافحة الحيوية، فالحشرة الضارة يجب أن تكون متواجدة باستمرار، وإلا انقرضت أعداءها التى لا تجد - حينئذٍ - 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- تكون المكافحة الحيوية بطيئة، فمثلاً قد تستغرق مكافحة العنكبوت الأحمر العادى مدة ٦ أسابيع

٤- مشاكل فنية تتعلق بعملية التطبيق ذاتها، مثل:

أ- قد يؤدى أى تأخير فى إدخال الطفيل أو المفترس إلى الصوبة إلى حدوث أضرار كبيرة من جراء تكاثر وتغذية الآفة، التى قد تتزايد أعدادها إلى مستويات تفقد معها المكافحة الحيوية فاعليتها

ب- ضرورة تغيير نمط بعض عمليات الخدمة الزراعية، مثل تقليل عمليات إزالة الأوراق السفلية والفروع الزائدة التى تأوى أعدادًا كبيرة من الطفيليات أو المفترسات النشطة بيولوجيًا

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