الفصل التاسع

المكافحة الحيوية للأمراض

تحظى المقاومة الحيوية للأمراض باهتمام بالغ من قبل المشتغلين بالمكافحة، وخاصة فى الإنتاج العضوى. ويفيد فى هذا الشأن الزراعة فى التربة المثبطة للأمراض suppressive soil (وهو أمر خارج اهتمامات هذا الكتاب)، والمعاملة بالـ EM (وقد أسلفنا الإشارة إليها)، والمعاملة بالكمبوست وبمستخلصات الكمبوست، وكذلك المعاملة بتحضيرات نقية لكائنات دقيقة معينة، وهما موضوع هذا الفصل.

وتجدر الإشارة إلى أن المادة العضوية فى الاسفاجنم بيت لا تحفز نشاط الكائنات الدقيقة لأن البيت يُقاوم التحلل. ويعد البيت الداكن المتحلل فقيرًا فى النشاط الميكروبى ويعتبر محفزًا للإصابة بعفن جذور بثيم، بينما يعد البيت الأفتح لونًا أقل تحللاً ويكون النشاط الميكروبى فيه أعلى.

وعند تواجد الكائنات المسببة لمسببات الأمراض فى التربة أو فى بيئة الزراعة، ولكنها لا تعمل بكفاءة، فإنه قد يمكن تحسين نشاطها بطريقة أو أكثر من الطرق التالية:

١- الدورة الزراعية.

٢- إضافة محسنات للتربة لتحفيز نشاط الكائنات المضادة.

٣- تعديل pH التربة ليكون أكثر مناسبة للكائنات المضادة.

٤- اختيار موعد للزراعة غير مناسب للإصابة المرضية.

٥- جعل الرطوبة الأرضية مناسبة للكائنات المضادة (الرطوبة العالية للبكتيريا والمنخفضة للأكيتنوميسيتات) (Zinati ٢٠٠٥).

دور الكمبوست فى المكافحة الحيوية

إضافات الكمبوست للتربة

التأثيرات الإيجابية لإضافة الكمبوست

إن إضافة الكمبوست إلى التربة قد تزيد من أعداد الكائنات الدقيقة التى تعيش فى المحيط الجذرى، والتى تكون مضادة للكائنات الممرضة التى تصيب النبات عن طريق الجذور، وقد وجد أن ذلك يرتبط إيجابيًا بزيادة إنتاج الـ siderophores — بواسطة كائنات المحيط الجذرى — فى التربة (Alvarez وآخرون ١٩٩٥).

ولقد أمكن عمل ٤٩٣ عزلة (٢٤٥ من البكتيريا، و ٧٣ من الأكتينوميسيتات، و ١٧٥ من الفطريات) من عينات كمبوست فى درجات مختلفة من التحلل، وأظهرت الدراسة الأولية المختبرية أن ١٧٩ عزلة منها ثبطت نمو الفطر *Fusarium oxysporum* sp. *melonis* فى البيئة الصناعية، كما تبين أن راشح ١٠ عزلات فطرية منها — الخالى من الخلايا — كان مضادًا لفطر الفيوزاريم، وتبين — كذلك — أن التهوية الجيدة خلال عملية كمر الكمبوست كانت مناسبة لعزل الكائنات المضادة لفطر الفيوزاريم. وقد حُصل على أكثر العزلات فاعلية كمضادات للفيوزاريم من الكمبوست المكتمل التحلل، وكانت غالبيتها من الـ *Aspergillus* spp. (Suarez-Estrella ٢٠٠٧).

وأفاد استعمال مختلف أنواع الكمبوست فى التسميد العضوى للطماطم فى تقليل إصابتها بالذبول الفيوزارى (Raj & Kapoor ١٩٩٧).

كذلك أدت إضافة الكمبوست إلى الأراضى الزراعية إلى تثبيط بعض الأمراض التى تظهر طبيعيًا فى كل من الخيار والكوسة، ومنها: الذبول الطرى ولفحة بثيم، وتبقع الأوراق الزاوى فى الخيار، والبقع البنية، وأعفان الجذور، والأنثراكنوز فى الفاصوليا (Stone وآخرون ٢٠٠٣).

وتفيد إضافة الكمبوست فى المكافحة الحيوية للذبول الطرى الذى يسببه الفطر *Pythium ultimum* فى كل من الخيار والبسلة. وقد أدى تعقيم الكمبوست إلى فقد ذلك

التأثير؛ بما يفيد أهمية محتوى الكمبوست من الكائنات الدقيقة فى هذا الشأن (Chen & Nelson ٢٠٠٨).

وبينما لم يكن لاستعمال أنواع مختلفة للكمبوست كإضافات للتربة سوى تأثير ضئيل على الحد من إصابة الكنتالوب بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* والباذنجان بالفطر *Verticillium dahliae*، فإن إضافة بكتيريا المحيط الجذرى *Paenibacillus alvei* (السلالة K16S) للكمبوست أسهمت بشكل فعال فى الحد من شدة الإصابة بالمرضين (Markakis وآخرون ٢٠٠٨).

وأوضحت الدراسات أن معاملة التربة بأى من الميكوريزا *Trichoderma viride* أو بكمبوست مخلفات البصل أدت إلى خفض حيوية الأجسام الحجرية للفطر *Sclerotium cepivorum* مسبب مرض العفن الأبيض فى البصل، وإلى مكافحة المرض بصورة جيدة، كانت — فى حالة استعمال كمبوست مخلفات البصل — مساوية لدرجة مكافحة المرض عندما استعمل المبيد tebuconazole (فى صورة Folicur). أما إضافة كمبوست مخلفات مزارع المشروم فلم يكن لها تأثير فى مكافحة المرض إلاّ عندما استعمل معه فطر الميكوريزا، حيث ساعد الكمبوست الفطر على التغلغل فى التربة، ومن ثم زيادة فاعليته فى مكافحة المرض (Coventry وآخرون ٢٠٠٦).

ولقد أظهرت دراسة تم فيها فصل جذور الخيار إلى مجموعتين — كل منها فى وعاء مستقل عن الأخرى — أن إضافة الكمبوست إلى بيئة نمو جذور إحدى المجموعتين أدى إلى الحد من إصابة جذور المجموعة الأخرى بعفن الجذور الذى يسببه الفطر *Pythium ultimum*، وهى الجذور التى كانت تتواجد فى بيئة ملوثة بالفطر الممرض (Lievens وآخرون ٢٠٠١).

وفى دراسة مماثلة .. أدت إضافة السلالة 382 من الميكودرما *Trichoderma hamatum* إلى كمبوست بيئة نمو إحدى مجموعتى جذور الخيار إلى تقليل إصابة المجموعة الأخرى بالفطر *Phytopthora capsici* مسبب مرض عفن الجذور والتاج

الفيتوفثورى، وهى الجذور التى كانت تتواجد فى بيئة ملوثة بالفطر، وهذا التأثير لم يختلف جوهريًا عن التأثير الذى أحدثته معاملة السقى بأى من المبيد benzothiadiazole أو mefenoxam (Khan وآخرون ٢٠٠٤).

يثبط معظم أنواع الكمبوست مدى واسع من فطريات التربة المرضة للنباتات؛ وجد ذلك — على سبيل المثال — بالنسبة لمسببات أمراض الطماطم *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*، و *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*، أو *Pyrenocheta lycopersici*. ويقوم بعملية التثبيط هذه مجموعة من البكتيريا والفطريات التى تتواجد فى الكمبوست. ونجد فى كثير من الأحيان أن تعقيم الكمبوست يقلل أو يلغى تأثيره المثبط؛ مما يعنى أن آلية تثبيط الأمراض هى بيولوجية بصفة أساسية. وفى كثير من الأحيان وجد أن الكمبوست المعقم استعاد خاصيته المثبطة للأمراض بعد التعقيم بعد سرعة استعماره بعشائر ميكروبية متنوعة؛ مما يدعم دور الكائنات الدقيقة فى خاصية التثبيط. هذا .. إلا إنه يعتقد بأن جزءًا من تلك الخاصية يعود إلى عوامل غير حيوية.

كذلك وجد أن إضافة الكمبوست للتربة تثبط النيماتودا المسببة للأمراض فى الطماطم (عن Yogev وآخرين ٢٠٠٩).

كما وجد أن زراعة الطماطم فى الكمبوست يحميها من الإصابة بالبكتيريا *Clavibacter michiganense* subsp. *michiganensis*، حيث كان استعمار البكتيريا للطماطم النامية فى الكمبوست صفر٪–٢٠٪، مقارنة بنسبة استعمار بلغت ٥٣٪–٩٠٪ فى حالة الزراعة فى البيت موس، و ٣٠٪–٩٠٪ عندما كانت الزراعة فى البرليت. وقد تبين أن البكتيريا المرضة اختفت — تقريبًا — من الكمبوست بعد ١٥–٢٠ يومًا من تلويثه بها، بينما استمر تواجدها بأعداد كبير فى البيت لمدة ٣٥–٤٠ يومًا (Yogev وآخرون ٢٠٠٩).

أهمية كمبوست قلف الأشجار

يعرف تأثير كمبوست قلف الأشجار فى مكافحة فطريات التربة — وخاصة فى

المشاتل — منذ عام ١٩٦٢. وازداد الاعتماد على كمبوست قلف الأشجار فى هذا الشأن خلال سبعينيات وثمانينيات القرن الماضى. كذلك عُرف تأثير كمبوست مخلفات المجارى فى مكافحة عديد من فطريات التربة خلال حقبة تسعينيات القرن العشرين. وأعقب ذلك استخدام مختلف أنواع الكمبوست فى مكافحة فطريات التربة، مثل:

Rhizoctonia solani

Sclerotinia sclerotiorum

Fusarium oxysporum

Phytophthora capsici

Pythium aphanidermatum

وقد أصبح من المعروف أن معظم أنواع الكمبوست تثبط الإصابة بكل من عفن جذور فيتوفثورا وعفن جذور بثيم، ولكن بعضها فقط هو الذى يثبط عفن الجذور الرايزكتونى، بينما القليل جدًا منها هو الذى يستحث مقاومة جهازية فى النباتات.

هذا .. وتُسهم الكائنات الدقيقة التى تزدهر فى الكمبوست فى تثبيط الإصابات المرضية فى الأراضى الملوثة بمسببات الأمراض التى تعيش فى التربة من خلال أربعة آليات، هى:

١- التضادية الحيوية.

٢- التنافس competition.

٣- التطفل الافتراسى predation hyperparasitism.

٤- حث مقاومة جهازية مكتسبة فى النباتات.

تنتج عديد من الكائنات الدقيقة، مثل الفطريات والأكتينومسيتات مضادات حيوية، ولقد عُرفت عديد من المسببات المرضية التى أمكن مكافحتها بالمضادات الحيوية، مثل *Armillaria mella* مسبب مرض عفن جذور أرميلاريا (بواسطة *Trichoderma viride*)، والذبول الطرى وأعفان الجذور التى يسببها فطر الرايزكتونيا، وبثيم (بواسطة

Pseudomonas fluroscens)، و *Agrobacterium tumefaciens* مسببه مرض عفن الجذور التاجي بواسطة *Agrobacterium radiobacter*.

أما التنافس فيحدث عندما تتنافس الكائنات الدقيقة على الغذاء (وخاصة المواد الكربوهيدراتية الغنية بالطاقة، والنيتروجين، والحديد)، وعلى مواقع الإصابة، وربما — كذلك — على الأكسجين.

أما الفطريات المتطفلة والمفترسة فإنها تتطفل على مسببات الأمراض النباتية، وتؤدى إلى تحللها وموتها، ومن أمثلتها تطفل ما يلى:

١- *Rhizoctonia solani* على أنواع من الـ *Pythium*.

٢- *Trichoderma viride* على *Armillaria mella*.

٣- *Tuberculina maxima*، و *Fusarium roseum* على فطر الصدأ *Cornartium ribicola*.

هذا .. وتعد الترايكودرما، وخاصة *Trichoderma hamatum*، و *T. harzianum* أكثر المتطفلات الفطرية تواجدًا فى الكمبوست المجهز من المخلفات الغنية باللجنين والسيليلوز مثل قلف الأشجار، ويمكنهما القضاء على الفطر *Rhizoctonia solani*. وفى المقابل يُستَعمر الكمبوست المجهز من لُب العنب الغنى فى السكريات بكل من الـ *Pencillum*، والـ *Asparagillus* اللذان يكافحان الأجسام الحجرية للفطر *Sclerotium rolfsii*.

كفاءة الكمبوست فى المكافحة الحيوية

كلما ازدادت نسبة المادة العضوية فى الكمبوست كلما ازدادت كفاءته فى المكافحة الحيوية؛ ذلك لأن الكائنات الدقيقة المفيدة فى المكافحة تكون أقدر على منافسة الكائنات المرضة ما بقيت نسبة اللجنين واللجنوسيليلوز عالية، وبعد أن تتحلل تلك المكونات تستعيد الكائنات المرضة قدرتها على استعمار الكمبوست.

ويمكن تقدير كفاءة التثبيط المرضى فى الكمبوست بقياس النشاط الميكروبى فيه.

ويمكن إجراء ذلك من خلال اختبار إنزيمى يعتمد على معدل تحلل الـ fluorescein diacetate (اختصارًا: FDA) بإنزيمات الـ lipases، والـ esterases، والـ proteases. ويعتقد أن معدل تحلل الـ FDA بواسطة الكائنات الدقيقة يرتبط بتثبيط أعفان الجذور التى تسببها فطريات الـ *Pythium*، والـ *Phytophthora* (Zinati ٢٠٠٥).

ويتحكم فى كفاءة الكمبوست فى المكافحة الحيوية لمسببات الأمراض العوامل التالية:

١- المواد الأولية التى تدخل فى إنتاج الكمبوست:

يتأثر محتوى الكمبوست من الفطريات بكيمياء المواد التى تدخل فى إنتاجه. فكما أسلفنا بيانه .. نجد أن الكمبوست المحضر من مخلفات تحتوى على اللجنوسيليلوز lignocellulose مثل قلف الأشجار تستعمره أساسًا أنواع الترايكودرما *Trichoderma* التى يمكنها القضاء على الفطر *Rhizoctonia solani*، وبالمقارنة فإن الكمبوست الذى يجهز من لُب العنب المتخلف عن عصر الثمار — وهو الذى يكون فقيرًا فى السيليلوز وغنيًا فى السكريات تستعمره أساسًا أنواع الـ *Penicillium*، والـ *Aspergillus* التى يمكنها القضاء على الأجسام الحجرية للفطر *Sclerotium rolfsii*.

٢- مدى نضج الكمبوست:

تتباين بيئات الزراعة المزودة بالكمبوست فى كفاءتها فى القضاء على الذبول الطرى الذى يسببه فطر الرايزكتونيا والذبول الفيوزارى؛ بسبب عشوائية إعادة استعمار الكمبوست بالكائنات الدقيقة المفيدة فى المكافحة الحيوية بعد وصوله إلى أقصى درجة حرارة له أثناء عملية التحلل. ويعد الفطر *Rhizoctonia solani* المترمم منافسًا قويًا، إذ يمكنه استخدام السيليلوز واستعمار القلف غير المتحلل، ولكنه لا يمكنه استعمار القلف المكتمل التحلل بسبب انخفاض محتواه من السيليلوز. هذا بينما يمكن لأنواع الترايكودرما النمو كمترممات فى الكمبوست الطازج (غير المكتمل التحلل)، والعمل كمتطفل على فطر *R. solani* فى الكمبوست المكتمل التحلل (الناضج).

٣- المحتوى الرطوبى والـ pH:

يؤثر المحتوى الرطوبى للكمبوست على قدرة البكتيريا على استعماره بعد بلوغه أقصى حرارة له أثناء تحلله، . فالكمبوست الذى يحتوى على أقل من ٣٤٪ رطوبة (وزن/وزن) يمكن أن يُستعمر بواسطة بعض الفطريات. ويعد محفزًا على الإصابة بأمراض البثيم. ويمكن الحد من الإصابة بالبثيم بزيادة الرطوبة إلى ما لا يقل عن ٤٠٪-٥٠٪ (وزن/وزن)، ليمكن للبكتيريا والفطريات المفيدة استعمار الكمبوست بعد بلوغه أقصى حرارة له.

هذا .. بينما يُثبط الـ pH (رقم الحموضة) الأقل من ٥,٠ نمو البكتيريا المفيدة فى المكافحة الحيوية.

٤- الأملاح:

تزداد الأملاح فى الكمبوست المجهز من سبلة حيوانات المزرعة، وتزداد مع ذلك فرصة الإصابة بعفن جذور فيتوفثورا؛ ولذا .. تجب إضافة هذه النوعية من الكمبوست قبل الزراعة بوقت كافٍ مع توفير الماء لأجل غسيل الأملاح منه. وبالمقارنة فإن كمبوست قلف الأشجار يُعد قليل الأملاح.

٥- وقت إضافة الكمبوست للحقل:

كلما بكرنا بإضافة الكمبوست — وما قد يضاف معه من مخلفات عضوية أخرى — كلما ازداد النشاط الميكروبى، وازدادت كفاءة مكافحة مسببات مرضية مثل الـ *Pythium*، و *Phytophthora*، والـ *Fusarium*، والـ *Rhizoctonia solani* (Zinati ٢٠٠٥).

ومن بين أهم الكائنات الدقيقة التى تفيد فى المكافحة الحيوية والتى وجدت فى الكمبوست ما يلى:

Bacillus spp.	*Entrobacter* spp.
Flavobacterium balustinum	*Pseudomonas* spp.
Streptomyces spp.	*Gliocladium virens*

وتعد رطوبة الكمبوست أكثر العوامل تأثيرًا فى استعمار البكتيريا له بعد انخفاض حرارته؛ ذلك لأن الكمبوست الجاف نسبيًا الذى تنخفض رطوبته عن ٣٤٪ (وزنًا بوزن) يُستعمر بواسطة الفطريات، ويكون محفزًا لأمراض البثيم. وللحد من الإصابة بالبثيم يجب أن تكون رطوبة الكمبوست عالية بالقدر الكافى (٤٠٪-٥٠٪ وزنًا بوزن) حتى يُستعمر بواسطة البكتيريا — إلى جانب الفطريات — بعد انخفاض حرارته. ولذا ..يتعين إضافة الماء دائمًا خلال مراحل الكمر لتجنب جفاف الكمبوست. كذلك يقل استعمار البكتيريا للكمبوست إذا انخفض رقم الـ pH فيه عن ٥,٠.

وأحيانًا .. تُلاحظ إصابة بالرايزكتونيا وبأمراض أخرى بعد إضافة الكمبوست للتربة، ويمكن تجنب ذلك إما بإطالة فترة تحضير الكمبوست إلى أربعة شهور، وإما بإضافة الكمبوست إلى حقل الزراعة قبل الزراعة بعدة شهور، وإما بتلقيح الكمبوست بالكائنات المستخدمة فى المكافحة الحيوية للرايزكتونيا وغيره من المسببات المرضية التى قد تظهر (Hoitink وآخرون ١٩٩٧).

استعمال مستخلصات الكمبوست رشًا على النموات الخضرية

تستخدم مستخلصات الكمبوست compost tea فى رش النموات الخضرية النباتية لمكافحة بعض الأمراض.

وتحضر تلك المستخلصات — غالبًا — بنقع الكمبوست التام التجهيز mature compost فى الماء بنسبة ١ : ١ (وزنًا بوزن) لمدة ٧-١٠ أيام، وقد يضاف إليه مواد تزيد من الأعداد الميكروبية فيه مثل المولاس، ويلى ذلك ترشيح المستخلص المائى للكمبوست. وتتأثر كفاءة استعمال الكمبوست لهذا الغرض حسب الكمبوست ذاته، والمحصول، والأمراض المستهدفة بالمكافحة. هذا مع العلم بأن تلك المستخلصات تحتوى على عديد من الأنواع البكتيرية والفطرية المستخدمة بالفعل فى المكافحة الحيوية.

كذلك يُنسب للكائنات الميكروبية الدقيقة الموجودة فى مستخلصات الكمبوست قدرتها

على حث تكوين مقاومة جهازية فى النباتات التى تعامل بها (Hoitink وآخرون ١٩٩٧).

يستعمل مستخلص الكمبوست رشًّا فى مكافحة عديد من الأمراض، كما يستعمل سقيًا للتربة لأجل مكافحة الذبول الطرى الذى يسببه الفطر *Pythium ultimum* (Scheuerell & Manaffee ٢٠٠٤)، ولزيادة النشاط البيولوجى للتربة.

ونظرًا لأن مستخلصات الكمبوست يمكن أن تفقد فاعليتها سريعًا عند استخدامها رشًّا بسبب تعرضها لأشعة الشمس، وخاصة الأشعة فوق البنفسجية؛ لذا تفضل إضافتها إلى سطح التربة، حيث تزيد من خصوبتها، وتُسرع من تحلل ما فيها من مادة عضوية.

ويكون نقع الكمبوست فى ماء غير مكلور بنسبة ١ : ٤ على التوالى، مع دفع تيار من الهواء فى المعلق لكى تستمر الظروف هوائية؛ بما يسمح باستمرار نمو وتكاثر البكتيريا المفيدة والفطريات والبروتوزوا وتستمر تهوية المنقوع لمدة ١٢–٤٨ ساعة حسب نوع الكائنات الدقيقة التى يرغب فيها بالمستخلص. فالتهوية والنقع لمدة ١٢ ساعة فقط يكون مناسبًا لنمو الفطريات، بينما يناسب النقع لمدة ٢٤ ساعة نمو البكتيريا، ويناسب النقع لمدة ٣٦–٤٨ ساعة نمو البروتوزوا.

وتفيد إضافة المولاس فى تحفيز نمو البكتيريا، بينما تحفز إضافة حامض الهيوميك نمو الفطريات. ويضاف أحيانًا الاسفاجنم بيت موس أو القش كمصدر للبروتوزوا.

وتجب المعاملة بمستخلصات الكمبوست بمجرد الحصول عليه لضمان أن يكون محتواه من الكائنات الدقيقة مازال بحالة نشطة.

ومن أمثلة حالات استخدام مستخلص الكمبوست فى مقاومة الأمراض، ما يلى:

● وَجِدَ أن المستخلص المائى لخلوط السماد العضوى + القش المتخمرين يحتوى على أعداد كبيرة ومتنوعة من الأكتينوميسيتات، والبكتيريا، والفطريات، والخمائر، وكان

المستخلص شديد الفاعلية فى مكافحة الفطر *B. cinerea* فى كل من الفاصوليا والخس. وقد أدى تعقيم المستخلص بالترشيح أو بالأوتوكليف إلى فقده لفاعليته (McQuilken وآخرون ١٩٩٤).

● أدى رش نباتات الخس بالمستخلص المائى لمنقوع كمبوست السبلة مع القش إلى خفض شدة الإصابة بالفطر *Botrytis cinerea*. وبفحص هذا المستخلص تبين احتواءه على أعداد كبيرة وأنواع عديدة من كل من الأكتينوميسيتات (١,٣–٢,٤ × ١٠^{٥} لكل مل)، والبكتيريا (١,٥–٥,٦ × ١٠^{١٠} لكل مل)، والفطريات الخيطية (٢٥–٤٥,٥ لكل مل)، والخمائر (٢٦,١–٦٢,٦ لكل مل) (McQuilken وآخرون ١٩٩٤).

● أمكن خفض معدل إصابة نباتات البامية بعفن كوانيفورا المائى choanephora rot بنسبة ٧٦٪ – مقارنة بالعفن فى نباتات الكنترول — عندما عوملت النباتات بمستخلص كمبوست قش الأرز المزود بالميكوريزا *Trichoderma harzianum* (Siddiqui وآخرون ٢٠٠٨).

● أمكن مكافحة الندوة المبكرة فى الطماطم (التى يسببها الفطر *Alternaria solani*) برش النباتات بمستخلص كمبوست أثناء تجهيزه وهو بعمر ١٤ يومًا (Tsror ١٩٩٩).

مجموعات الكائنات المستخدمة فى المكافحة الحيوية

إن من أهم الكائنات الدقيقة المستخدمة فى المكافحة الحيوية، مايلى (عن Sharma وآخرين ٢٠٠٤).

● **الفطريات:**

Trichoderma spp.
Aspergillus niger
A. flavus
Pythium nannum
Trichothecium spp.

Paecilomyces lilacinus

Penicillium spp.

Myrothecium spp.

Corticium spp.

Pythium oligandrum

Peniophora gigantea

Candida oleophila

Sporidesmium sclerotivorum

Coniothyrium minitans

Ampelomyces quisqualis

Chaetomium spp.

Cladosporium spp.

Fusarium semitectum

Tuberculina spp.

Phialophora spp.

Catenaria spp.

Verticillium spp.

● البكتيريا:

Pseudomonas spp.

Agrobacterium radiobactor

Bacillus spp.

● الأكتينوميسيتات:

Streptomyces griseus

S. rimosum

ونقدم – فيما يلي – أمثلة لبعض أمراض الخضر التي أمكن مكافحتها حيويًا بنوعيات مختلفة من الكائنات الدقيقة.

بكتيريا المحيط الجذرى
أمثلة متنوعة

إن الأنواع البكتيرية التى تتواجد فى المحيط الجذرى كثيرة ومتنوعة، ولا يقتصر دور بكتيريا المحيط الجذرى على حماية النباتات من الإصابة ببعض مسببات الأمراض الفطرية والبكتيرية فقط، وإنما يتعداه إلى حمايتها — كذلك — من الإصابة ببعض الفيروسات وبعض الأنواع النيماتودية والحشرية، وذلك كما يتبين من جدول (٩-١).

جدول (٩-١) أمثلة على المكافحة الحيوية لمسببات الأمراض والحشرات فى عدد من المحاصيل الزراعية باستعمال بكتيريا المحيط الجذرى المنشطة للنمو (عن Zahir وآخرين ٢٠٠٤).

المحصول	المرض أو الآفة	بكتيريا المحيط الجذرى
الشعير	البياض الدقيقى	*B. subtilis*
الفاصوليا	اللفحة الهالية	*Ps. fuorescens* strain 97
	Sclerotium rolfsii	*Ps. cpacia*
القرنفل	*Fusarium* wilt	*Pseudomonas* sp. (WCS417r)
القطن	الذبول الطرى	*Ps. flourescens*
	Meloidogyne incognita	*B. subtilis*
	M. arenaria	
	Rhizoctonia solani	*Ps. cepacia*
	Helicoverpa armigera	*Ps. gladioli*
الخيار	الأنثراكنوز	*Ps. putida* 89B-27)
		Serratia morcescens (90-166)
	Pythium ultimum	*Ps. cepacia*
	الذبول البكتيرى	*Ps. putido* (89B-27)
		S. marcescens (90-166)
	تبقع الأوراق الزاوى البكتيرى	*Ps. Putida* (89B-27)
		Flavomonas oryzihabitans INR-5

تابع جدول (٩-١).

الحصول	المرض أو الآفة	بكتيريا الحيط الجذرى
		S. marcescens (90-166)
		Bacillus pumilus (NR7)
	الذبول الفيوزارى	*Ps. Putida* (89B-27)
		S. marcescens (90-166)
	فيرس موزايك الخيار	*Ps. putida* (89B-27)
		S. marcescens (99-166)
	خنفساء الخيار المخططة	*Ps. putida* (89B-27)
		Flavomonas oryzihanitans INR-5
	خنفساء الخيار المبقعة	*S. marcescens* (90-166)
		B. pumilus (INR-7)
	الذبول الفيوزارى	Mixture of *Paenibacillus* sp. 300 and *Streptomyces* sp. 385
Green gram	*Aspergillus* sp.	*Pseudomonas* sp.
	Curvularia sp.	
	Fusarium oxysporum	
	Rhizoctonia solani	
الذرة	دودة كيزان الذرة	*Ps. maltophila*
	Fusarium moniliformae	*Ps. cepacia* strains 526 and 406, *Enterobacter agglomerans* strain 621
فاصوليا المنج	عفن الجذور ونيماتودا تعقد الجذور	*Ps. aeruginosa*
		B. subtilis
الأرز	لفحة أغماد الأرز	*Streptomyces* spp. and *Bacillus cereus* in combination with Ps. *fluorescens* and *Burkholderia*
	مسبب لفحة أغماد الأرز	Combination of *Ps. fluorescens* strains Pf1 and Fp7

تابع جدول (٩-١).

المحصول	المرض أو الآفة	بكتيريا المحيط الجذرى
	نيماتودا جذور الأرز	PGPR
بنجر السكر	نيماتودا التحوصل	*Ps. fluorescens*
	Pythium ultimum, Phoma betae, Rhizopus stolonifer, Fusarium oxysporum	*Pseudomonas* sp. strain F113
قصب السكر	الجذر الأحمر	PGPR
التبغ	فيرس تحلل التبغ	*Ps. fluorescens*
	اللفحة النارية	PGPR
	العفن الأزرق	*S. marcescens* 90-116, *B. pumilus* SE 34, *Ps. fluorescens* 89B-61, *B. pumilus* T4, *B. pasteurii* C-9
	دودة التبغ القرنية	Transgenic *Ps. cepacia* strain 526
الطماطم	نيماتودا تعقد الجذور	*Ps. chitinolytica*
	فيرس موزايك الخيار	*B. pumilus, Kluyvera cryocrescens, B. amyloliquifacians* strain IN 937a, *B. subtilis* strain IN 937b
	فيرس تبرقش الطماطم	*B. amyloliquifacians* strain IN 937a, *B. subtilis* strain IN 937b
القمح	Take all disease	*Bacillus, Pseudomonas, Penicillium,* Beauveria, *Rhodococcus*
		Mixture of *Pseudomonas* sp.
	Septoria tritici	*Ps. aeruginosa* strain Leci
		Ps. putida strain BK8661

ولقد وجد أن المعاملة بمخاليط من عزلات مختلفة لبعض الأنواع البكتيرية التى تعيش فى محيط الجذور والتى تنشط النمو النباتى plant growth promoting rhizobacteria (اختصارًا:

PGPR) تفيد أفضل من المعاملة بالعزلات المفردة فى حث المقاومة ضد بعض الأمراض، مثل: الذبول البكتيرى فى الطماطم (الذى تسببه البكتيريا *Ralstonia solanacearum*)، وفيرس موزايك الخيار فى الخيار، والأنثراكنوز فى الفلفل (الذى يسببه الفطر *Colletotrichum gloeosporioides*)، والذبول الطرى (الذى يسببه الفطر *Rhizoctonia solani*)، هذا علمًا بأن جميع العزلات لم تكن مؤثرة على أى من المسببات المرضية المذكورة أعلاه فى البيئات الصناعية (Jetiyanon & Kloepper ٢٠٠٢).

النوع البكتيرى *Bacillus subtilis* والأنواع القريبة منه

تنتشر البكتيريا *Bacillus subtilis* فى مختلف أنواع الأراضى وفى البقايا النباتية المتحللة، ولكنها تتواجد غالبًا فى صورة جراثيم ولا تكون نشطة بيولوجيًّا. ويتوفر من سلالات هذه البكتيريا طرازان يستعمل أحدهما رشًّا على النموات الخضرية (مثل: QST713)، بينما يُضاف الآخر إلى التربة أو تعامل به البذور (مثل: GB03 كما فى التحضير التجارى Kodiak).

تُنتج البكتيريا طرازًا من المضادات الحيوية (ببتيدات دهنية lipopeptides يتضمن الـ inurins؛ مما يجعلها منافسًا قويًّا للكائنات الدقيقة الأخرى بقتلها أو خفض معدلات نموها.

عند معاملة البذور بالبكتيريا فإنها تقوم — مباشرة — باستعمار المجموع الجذرى النامى وتكون منافسًا قويًّا لما قد تتعرض له الجذور من كائنات أخرى ممرضة.

كذلك تثبط البكتيريا إنبات جراثيم المسببات المرضية وتعطل أنابيبها الجرثومية، وتقف حائلاً أمام تعلق المسبب المرضى بالنبات، كذلك فإنها تستحث تطوير مقاومة جهازية مكتسبة.

ومن بين أهم سلالات هذه البكتيريا ما يلى:

١- السلالة QST713: تستخدم رشًّا لمكافحة البياض الدقيقى.

٢- السلالة GB03: تستخدم فى معاملة البذور لمكافحة الفطريات التى تصيب الجذور.

٣- السلالة MB1600: تستخدم فى معاملة البذور أو التربة.

٤- السلالة FZB24 من *B. subtilis* var. *amyloliquefaciens* تعامل بها التربة.

ومن التحضيرات التجارية المعروفة للبكتيريا: Seranade، و Kodiak (Resource Guide for Organic Insect and Disease Management — كورنل — الإنترنت — ٢٠٠٦).

تتوفر البكتيريا *Bacillus subtilis* تجاريًّا — محليًّا — فى مركبين، هما: ريزو إن، وكلين روت، وهما يستعملان إما بمعاملة البذرة بمعدل ١٠ جم/كجم بذرة إن لم تكن البذور قابلة للنقع، مثل الفاصوليا، وإما بنقع البذور — التى يمكن نقعها كالقرعيات فى معلق يحتوى على ٥ جم من المركب/لتر ماء، ويحتاج كل كيلوجرام من البذور لنحو لترين من المعلق، ويستمر النقع لمدة ١٢ ساعة قبل الزراعة. كذلك يمكن رى صوانى الشتلات بمعلق للمركب (كلين روت مثلا) يحتوى على ١٠ جم من المركب/لتر ماء، وذلك قبل نقل الشتلات إلى الحقل بنحو ١٢ ساعة. ويمكن كذلك غمر بعض الشتلات كالفراولة والطماطم، وكذلك درنات البطاطس المستعملة كتقاو لمدة ثلاث دقائق فى معلق من كلين روت يحتوى على كيلوجرام واحد منه لكل ١٠٠ لتر ماء.

وتفيد هذه البكتيريا فى الحماية من الإصابة بسقوط البادرات وأمراض أعفان الجذور.

وقد أوضحت الدراسات فاعلية معاملة البذور أو سقى التربة بمعلق لثلاثة أنواع من الجنس *Bacillus* (هى: *B. subtilis*، و *B. thuringiensis*، و *B. cereus*) فى مكافحة مسببات الأمراض الفطرية *Macrophomona phaseolina*، و *Rhizoctonia solani*، و *Fusarium* spp. فى اللوبيا (Dawar وآخرون ٢٠١٠).

ووجد أن معاملة بذور البطيخ ببعض الكائنات الدقيقة المستخدمة فى المقاومة الحيوية حفَّزت زيادة فى نشاط إنزيمات الـ phenylalanine ammonia lyase، والـ

peroxidase، والـ polyphenol oxidase، والـ β-1-3-glucanase، كما حفزت تراكم تراكم الفينولات، وذلك بعد عدوى النباتات بالفطر *Alternaria alternata* مسبب مرض لفحة ألترناريا، وبلغت قمة نشاط الإنزيمات — التي تعبر عن المقاومة الجهازية المستحثة — بعد ستة أيام من العدوى بالفطر. وقد كانت السلالة BsW1 من البكتيريا *Bacillus subtilis* أعلى كائنات المكافحة الحيوية تأثيرًا في النشاط الإنزيمي وتراكم الفينولات (Umamaheswari وآخرون ٢٠٠٩).

وتبين أن أربع عزلات من البكتيريا *Bacillus* spp. — من بين ١٥ عزلة — حُصل عليها من تربة مثبطة لنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* — كانت مثبطة لفقس بيض النيماتودا، وأكثر قدرة عن غيرها في استعمار جذور الطماطم، وفي تحفيز أو زيادة النمو النباتي، وتقليل تثآلل الجذور وتكاثر النيماتودا، كما كانت تلك العزلات (B1، و B4، و B5، و B11) أكثر العزلات إنتاجًا لإندول حامض الخليك (Singh & Siddiqui ٢٠١٠).

كذلك أظهرت السلالة YMF3.25 من البكتيريا *Bacillus megaterium* كفاءة عالية في مكافحة نيماتودا تعقد الجذور *M. incognita*، وتبين أن تلك البكتيريا تُطلق مركبات متطايرة هي التي تؤثر على النيماتودا، منها: 2-nonanone، و decanal، و 2-undecanone، و dimethyl disulphide، وقد أظهرت جميعها فاعلية ضد كل من اليرقات والبيض عند تركيز ٥,٠ مللي مول، هذا بالإضافة إلى إنتاج البكتيريا لمركبات متطايرة أخرى كانت أقل تأثيرًا (Huang وآخرون ٢٠١٠).

الزيدوموناوز الفلورية

تلعب عديد من الزيدوموناوز الفلورية fluorescent pseudomonads البكتيرية — وهي بكتيريا تعيش في المحيط الجذري للنباتات — دورًا في مكافحة عديد من مسببات الأمراض في عديد من المحاصيل الحقلية والخضر والفاكهة، وهي التي يمكن الرجوع إلى تفاصيلها في Anjaiah (٢٠٠٤).

ولقد أدت معاملة بيئة نمو جذور الفاصوليا بأى من السلالات WM35 من البكتيريا *Pseudomonas fluorescens*، أو MW09 من البكتيريا *P. aureofaciens*، أو WM06 من البكتيريا *P. putida* إلى حث مقاومة جوهرية ضد الفطر *Uromyces appendiculatus* مسبب مرض الصدأ لمدة ٣٠ يومًا من زراعة البذور، إلاّ أن السلالتين WM35، و WM06 – فقط – هما اللتان وفرتا حماية للنباتات من الإصابة بالصدأ طوال مدة الدراسة (Abeysinghe ٢٠٠٩).

كما وجد لدى اختبار تأثير عدد من السلالات البكتيرية من كل من *Pseudomonas*، و *Bacillus* على نمو البسلة وإصابتها بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* أن سلالات الـ *Pseudomonas* – وخاصة السلالة Pf1 كانت أقواها تأثيرًا فى تثبيط فقس بيض النيماتودا واختراقها للجذور، وكذلك فى تحفيز نمو بادرات البسلة. وقد تبين أن تلك السلالة (Pf1) كانت أكثر السلالات إنتاجًا للـ siderophores وأكثرها إنتاجًا لإندول حامض الخليك (Siddiqui وآخرون ٢٠٠٩).

أنواع الاستربتوميسيتات

تنتج الاستربتوميسيتات streptomycetes مضادات حيوية تفيد فى مكافحة بعض المسببات المرضية، كما يتبين من الأمثلة التالية:

- أمكن حماية البطاطس من الإصابة بالجرب الذى تسببه *Streptomyces scabies* بمعاملة التربة بأى من سلالتين من الـ *Streptomyces* مثبطتين لـ *S. scabies*، هما: السلالة PonSSII من *S. diastatochromogenes* والسلالة PonR من *S. scabies* (Liu وآخرون ١٩٩٥أ).
- أدت معاملة جذور الطماطم بالاستربتوميسيت *streptomyces plicatus* – الذى ينتج إنزيم الشيتينيز chitinase – بوفرة إلى حماية النباتات من الإصابة بكل من الفطريات *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* مسبب مرض الذبول الفيوزارى، و *Alternaria alternata* مسبب مرض تقرح الساق، و *Verticillium albo-atrum* مسبب مرض ذبول فيرتسيليم (Abd-Allah ٢٠٠١).

البكتيريا المتطفلة على المسببات المرضية

تتطفل بعض الأنواع البكتيرية على بعض مسببات الأمراض الفطرية التى تعيش فى التربة، كما يتبين من جدول (٩-٢).

جدول (٩-٢): أمثلة لبكتيريا تتطفل على بعض مسببات الأمراض الفطرية التى تعيش فى التربة (عن Whipps ١٩٩٧).

البكتيريا	المسبب المرضى
Actinoplanes spp.	*Phytophthora megasperma*
	Pythium spp.
Arthrobacter spp.	*Pythium debaryanum*
Bacillus spp.	*Sclerotium cepivorum*
Coryneforms	*Sclerotium cepivorum*
Enterobacter agglomerons	*Rhizoctonia solani*
Pseudomnonas cepacia	*Pythium ultimum*
	Rhizoctonia solani
	Sclerotium rolfsii
Serratia marcescens	*Rhizoctonia solani*
	Sclerotium rolfsii
Streptomyces griseoviridis	*Alternaria brassicola*
	Botrytis cinerea
	Phomopsis sclerotioides
	Mycocentrospora acerina
	Sclerotinia scleratiorum

البكتيريا المثبتة لآزوت الهواء الجوى

تلعب البكتيريا المثبتة لآزوت الهواء الجوى دورًا فى الحد من بعض المسببات المرضية كما يتبين من الأمثلة التالية:

● يؤدى تلقيح جذور الطماطم بالبكتيريا المنشطة للنمو النباتى *Azospirillum brasilense* إلى حماية البادرات من الإصابة بالبكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* مسبب مرض النقط البكتيرية (Bashan & Bashan ٢٠٠٢).

● تفيد البكتيريا المثبتة لآزوت الهواء الجوى *Alcaligenes faecalis* فى الحد — جوهريًا — من إصابة الطماطم بالذبول الطرى الذى يسببه الفطر *Rhizoctonia solani*، ويعتقد أن مرد ذلك التأثير إلى ما تنتجه البكتيريا من الهيدروكسيل أمين hydroxylamine، علمًا بأن هذه البكتيريا تثبط نمو ١٣ نوعًا من الفطريات فى البيئات الصناعية (Honda وآخرون ١٩٩٩).

● أفادت معاملة بذور الفاصوليا بأى من البكتيريا *Rhizobium leguninosarum* bv. *viceae* (السلالتين R12، و R21) أو *R. leguninosarum* bv. *phaseoli* (السلالة BR)، أو *Pantoea agglomerans* (السلالة PA) إلى مكافحة الذبول البكتيرى الذى تسببه البكتيريا *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* بصورة جوهرية، سواء أكانت البذور مصابة طبيعيًا بالبكتيريا الممرضة، أم تم عدواها بها (Huang وآخرون ٢٠٠٧).

الميكوريزا

عرفت فائدة بعض فطريات الميكوريزا mycorrhizae التابعة للجنس *Trichoderma* فى مجال المكافحة الحيوية لمسببات الأمراض النباتية منذ عشرينيات القرن العشرين. ولقد كان الاعتقاد السائد — حتى وقت قريب — أنها تعمل — أساسًا — من خلال قدرتها على التطفل على الفطريات mycoparasitism، والتضادية الحيوية antibiosis، وقدرتها التنافسية competition على مصادر الغذاء والحيز المكانى، إلا أن التقدمات الحديثة أظهرت — كذلك — أهمية الترايكودرما فى حث تطوير كلا من المقاومة الجهازية والموضعية.

وتظهر أهمية الميكوريزا فى مكافحة أمراض الجذور من الأمثلة التالية (عن Palti ١٩٨١، و White ١٩٨٧).

المحصول	المسبب المرضى	تأثير الميكوريزا
الفراولة	*Cylindrocarpon destructans*	تقليل الإصابة كثيرًا
فول الصويا	*Phytophthora megasperma*	يقل عدد النباتات الميتة
	Meloidogyne incognita	تقل أعداد النآليل ويزداد المحصول
القطن	*Thielaviopsis basicola*	يقل التقزم النباتى
	Meloidogyne incognita	يقل التقزم
	Pratylenchus brachyurus	تقل أعداد النيماتودا
الطماطم	*Fusarium oxysporum*	يقل التقزم وتقل الإصابة
	Meloidogyne incognita	تقل أعداد النيماتودا
الخيار	*Fusarium oxysporum*	يقل التقزم وتقل الإصابة
	Meloidogyne incognita	تقل أعداد النيماتودا ويزداد النمو النباتى
الموالح	*Phytophthora parasitica*	يقل الضرر
البصل	*Pyrenochaeta terrestris*	تقل الإصابة
الجزر	*Meloidogyne hapla*	تقل الإصابة

هذا .. وربما تحدث الحماية لجذور النباتات من الإصابة بالمسببات المرضية بسبب وجود الغطاء الكثيف لفطريات الميكوريزا التى تحيط بالجذور وتشكل عائقًا فيزيائيًا أمام الإصابات المرضية. ولا تتوفر هذه الحماية إلا فى أجزاء الجذور التى تكون على صلة بفطر الميكوريزا.

ومن المعروف أن فطريات الميكوريزا تغير من فسيولوجيا النبات؛ فالجذور التى تتصل بها تكون أكثر (لجننة) من الجذور غير المتصلة بها، وربما يكون لذلك صلة مباشرة بتقليل حدوث الإصابات المرضية.

وتحتوى النباتات على إنزيمات شيتينية Chitionlytic Enzymes تقوم بتحليل الـ

Arbuscules المسنة. ويمكن أن تكون هذه الإنزيمات مؤثرة على الفطريات الممرضة كذلك.

ويكون للتغيرات فى فسيولوجيا الجذور المتصلة بفطريات الميكوريزا تأثيرات أخرى على الكائنات الممرضة؛ فمثلاً .. يزداد الأرجنين الذى يقلل من تجرثم الفطر *Thielaviopsis basicola*، كما يزداد تركيز السكريات المختزلة التى قد تثبط نمو الفطر *Pyrenochaeta terrestris*.

كما أن تواجد فطريات الميكوريزا يؤدى إلى زيادة فى النمو النباتى؛ الأمر الذى يزيد من مقاومة النباتات للإصابات المرضية (عن Miller وآخرين ١٩٨٦).

تستعمر فطريات الميكوريزا خلايا البشرة والطبقات الخارجية من القشرة فى الجذور، وتفرز جزيئات كيميائية تتسبب فى إحاطة ميسيليوم الترايكودرما المتقدم بجدر عازلة. وإلى جانب إرسال الميكوديرما لإشارة البدء فى حث تطوير المقاومة الجهازية فإنها تسهم — بشدة — فى زيادة معدل النمو وإمتصاص العناصر.

وتفرز فطريات الترايكودرما خليطاً من الإنزيمات المضادة للفطريات تتضمن: β-1,3-glucanases، ولهذه الإنزيمات خاصية تداؤبية synergistic مع بعضها البعض، ومع مواد أخرى (Harman ٢٠٠٦).

وتفيد المعاملة بالـ arbuscular mycorrhizal fungi (فطريات الميكوريزا) فى الوقاية من العديد من المسببات المرضية، كتلك التى تتبع الأجناس.

Phytophthora	*Gauemannomyces*
Fusarium	*Chalara* (*Thielaviopsis*)
Pythium	*Rhizoctonia*
Sclerotium	*Verticillium*
Aphanomyces	

هذا .. إلا أن تلك الحماية لا تكون ضد جميع المسببات المرضية الفطرية، كما أن

مستوى الحماية التى توفرها الميكوريزا يختلف باختلاف كل من نوع الميكوريزا المستعمل والنوع النباتى المُعامل بها.

ولا تقتصر الحماية التى توفرها الميكوريزا على الأمراض التى تعيش مسبباتها فى التربة وتحدث الإصابة بها عن طريق الجذور، بل تتعداها – أحيانًا – إلى تلك التى تصيب النموات الخضرية كذلك.

كما أن الميكوريزا يمكن أن تغير من شدة قابلية النباتات للإصابات الحشرية، حيث تؤثر فى قدرتها على التغذية والتكاثر على النبات العائل وخاصة الحشرات القارضة (Harrier & Watson ٢٠٠٣).

تعد السلالة T-22 من *Trichoderma harzianum* من أكثر سلالات الترايكودرما استعمالاً فى المكافحة الحيوية، وكانت قد أنتجت بطريقة دمج البروتوبلاست؛ بهدف الحصول على سلالة على درجة عالية من القدرة على المنافسة فى المحيط الجذرى rhizosphere النباتى، مع قدرة عالية – أيضًا – على المنافسة مع البكتيريا التى تعرف باسم spermosphere bacteria. وكانت السلالتان اللتان أدمجتا من *T. harzianum* هما السلالة T-95، وهى طفرة ذات قدرة عالية على المنافسة فى المحيط الجذرى كانت قد أنتجت فى كولومبيا من سلالة عزلت من تربة مثبطة للرايزكتونيا، والسلالة T-12، وهى التى كانت بدورها أكثر قدرة على المنافسة مع الـ spermosphere bacteria عن T-95 تحت ظروف نقص الحديد، وكانت كلتاهما قويتين فى المكافحة الحيوية.

وعلى الرغم من ظهور سلالات كانت أكثر قدرة على التنافس فى المحيط الجذرى أو أكثر قدرة على التنافس مع الـ spermosphere bacteria، فإن السلالة T-22 كانت أكثرها فاعلية وجمعت الخاصيتين معًا (Harman ٢٠٠٠).

ويبين جدول (٩–٣) أهمية الميكوريزا فى مكافحة عدد من المسببات المرضية للخضر.

جدول (٩-٣): تأثير الميكوريزا arbuscular mycorrhizae على الإصابات المرضية في محاصيل الخضر (عن Sharma وآخرين ٢٠٠٤).

الفطر الممرض	العائل	الإصابة المرضية (أ)
Rhizoctonia solani	البطاطس	—
Aphanomyces euteiches	البسلة	—
Sclerotium cepivorum	البصل	—
F. oxysporum f. sp. *cepa*		—
F. oxysporum f. sp. *cumini*	الكمون	+
F. oxysporum f. sp. *lycopersici*	الطماطم	—
F. oxysporum f. sp. *lycopersici*		—
F. oxysporum f. sp. *radicis-lycopersici*		—
Phylophthora nicotianae f. sp. *parasitica*		—
Phylophthora parasitica		—
F. oxysporum f. sp. *asparagi*	الأسبرجس	—
Colletotrichum lindemuthianum	الفاصوليا	+
Phoma terrestris	البصل	....
Pyrenochaeta terrestris		—
Pyrenochoeta lycopersici	الطماطم	—
Pythium aphanidermatum		—
Sclerotium rolfsii	الفلفل	—
Sclerotium cepivorum	الثوم	....
Rhizoctonia solani	الطماطم	—

(أ): (-) غير موجودة، (+) موجودة، (....) لم تحدد>

وتوفر المعيشة التعاونية الكاملة بين جذور البسلة وفطر الميكوريزا حماية للبسلة من الإصابة بالفطر *Aphanomyces euteiches* مسبب مرض عفن جذور أفانوميس، ولذلك

علاقة بالإنزيمات الشيتينولية chitinolytic enzymes التى تحدثها الميكوريزا (Slezack وآخرون ٢٠٠٠).

كذلك أدت المعاملة بالميكوريزا (AMF) إلى مكافحة عدة أنواع نيماتودية فى عدد كبير من محاصيل الخضر، وكان من الأنواع النيماتودية المختبرة، ما يلى (عن Sharma وآخرين ٢٠٠٤).

Meloidogyne arenaria	*M. hapla*
M. incognita	*Pratylenchus penetrans*
Rotylenchus reniformis	

الخمائر

نجحت المعاملة ببعض أنواع الخمائر فى مكافحة بعض أمراض الخضر، كما يتبين من الأمثلة التالية:

● أمكن الحصول على نتائج جيدة عند محاولة مكافحة اثنين من الفطريات المسببة لمرض العفن الجاف الفيوزارى فى البطاطس — هما: *F. sambucinum* (*Gibberella pulicaris*)، و *F. solani* var. *coruleum* — باستعمال عدة سلالات من الخميرة، ولكن البكتيريا *Pseudomonas fluorescens* أعطت نتائج إيجابية (Schisler وآخرون ١٩٩٥). كذلك أمكن مكافحة الفطر *F. sambucinum* بواسطة البكتيريا *P. cepacia* (سلالة B37w) فى بيئة صناعية (Burkhead وآخرون ١٩٩٤).

● أدت المعاملة ببعض العزلات من الخمائر *Rhodotorula glutinis*، و *Cryptococcus albidus* إلى مكافحة الفطر *Botrytis cinerea* فى الفاصوليا (Elad وآخرون ١٩٩٤).

● أدى رش نباتات الخيار ثلاث مرات على فترات أسبوعية بمعلق لبعض طفرات الخميرة *Tilletiopsis washingtonensis* إلى حمايتها من الإصابة بالفطر *Sphaerotheca fuliginea* مسبب مرض البياض الدقيقى، وقد ظهرت هيفات *S. fuliginea* وهى منكمشة ومنهارة فى النباتات المعاملة بالخميرة (Abd El-Hafiz ١٩٩٩).

● أدت معاملة بذور الفول بمعلق من خميرة الخبز يحتوى على 10^9 وحدة مكونة للمستعمرات CFU/مل إلى إحداث خفض جوهرى فى الإصابة بالذبول الطرى السابق للإنبات والتالى له الذى تسببه مجموعة من الفطريات، منها *F. solani*، و *R. solani*، و *V. dahliae*، كما أدت المعاملة إلى إحداث زيادة جوهرية فى دلائل النمو الخضرى، وفى المحصول ومكوناته، كما أدت إلى زيادة محتوى الأوراق من الكلوروفيل والفينولات الكلية (Elwakil وآخرون ٢٠٠٩).

السلالات غير الممرضة من فطريات ممرضة

نجحت – أحيانًا – المعاملة بسلالات غير ممرضة من بعض المسببات المرضية فى حماية النباتات من الإصابة بنفس المسبب المرضى أو غيره، كما يتبين من الأمثلة التالية:

● أدت المعاملة بالسلالة غير المرضة Fo47 من *F. oxysporum* إلى حماية نباتات الطماطم من الإصابة بالذبول الفيوزارى، وذلك فى كل من المزارع المائية والأرضية. وقد أدت المعاملة إلى زيادة نشاط إنزيمات الـ chitinase، و β-1,3-glucanase، والـ β-1,4-glucosidase فى النباتات المعاملة بالسلالة غير المرضة (Fuchs وآخرون ١٩٩٧).

● أمكن بإضافة أى من ١٣ سلالة غير ممرضة من *Fusarium oxysporum* (سبق عزلها من التربة أو من المحيط الجذرى لنباتات أسبرجس) إلى تربة لوثت – كذلك – بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *aspargi* إلى خفض إصابة نباتات الأسبرجس بعفن الجذور الذى يسببه هذا الفطر بأكثر من ٥٠٪ (Blok وآخرون ١٩٩٧).

● وجد أن بعض عزلات الفيوزاريم غير الممرضة كانت عالية الفاعلية فى الحماية من الإصابة بالذبول الفيوزارى فى عديد من النباتات، منها: الطماطم، والبطيخ، والكنتالوب، وذلك من خلال إكساب النباتات مقاومة جهازية مستحثة (Larkin & Fravel ١٩٩٨).

● أمكن الحصول على مجموعة كبيرة من عزلات الفطر *Rhizoctonia* sp. لم تكن قادرة على إصابة الخيار، ولكن المعاملة ببعضها أكسبت الخيار مقاومة جيدة لكل من المسببات المرضية التالية:

١- الفطر *Rhizoctonia* مسبب مرض الذبول الطرى.

٢- الفطر *Pythium aphanidermatum* مسبب مرض الذبول الطرى.

٣- البكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* مسبب مرض تبقع الأوراق البكتيرى (Sneh & Ichielevich-Auster ١٩٩٨).

● أظهرت ثلاث عزلات من *Fusarium* spp. غير ممرضة قدرة على الحد من إصابة الطماطم والبطيخ بالذبول الفيوزاى، وكانت أعلاهم كفاءة السلالة CS-20، وذلك مقارنة بالسلالتين الأخرتين، وهما: CS-1، و Fo47 (Larkin & Fravel ١٩٩٩).

● أدى حقن الخيار بعزلات غير ممرضة من أى من الفطرين *Alternaria cucumarina* أو *Cladosporium flulvum* إلى حدث تكوين مقاومة جهازية بالنبات وفرت له حماية من الإصابة بالفطر *Sphaerotheca fuliginea* مسبب مرض البياض الدقيقى (Reuveni & Reuveni ٢٠٠٠).

● أمكن عزل سلالة غير ممرضة من الفطر *Fusarium oxysporun* f. sp. *melonis* كانت قادرة على استعمار جذور عدد من أصناف الكنتالوب والبطيخ دون أن تظهر عليها أى أعراض مرضية. وبعدوى النباتات بتلك السلالة — التى أعطيت الرمز 4/4 — فانها أكسبت الكنتالوب مقاومة ضد السلالة 1.2 من الفطر ذاته، كما أكسبت البطيخ مقاومة ضد السلالة رقم ٢ من الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* (Freeman وآخرون ٢٠٠٢).

الحيوانات التى تعيش على المسببات المرضية

يُستفاد من بعض الأنواع الحيوانية من الأميبا، والنيماتودا، والحشرات، والعناكب، وديدان الأرض فى التخلص من بعض المسببات المرضية كما يتضح من جدول (٩-٤).

وقد أمكن مكافحة فطر الرايزكتونيا *Rhizoctonia solani* فى الفجل بإطلاق العنكوب *Scheloribates azumaensis* الذى وجد أنه يتعيش على ميسيليوم الفطر (Enaml & Nakamura ١٩٩٦).

جدول (٩-٤): أمثلة لمسببات مرضية تهاجمها أو تلتهما حيوانات تعيش فى التربة soil fauna (عن Whipps ١٩٩٧).

حيوانات التربة	المسببات المرضية التى تُهاجَم أو تُلتَهم
أميبا	*Cochliobolus sativus*
	Fusarium oxysporum
	Fusarium solani
	Gaeumannomyces graminis
	Phytophthora cinammomi
	Thielaviopsis basicola
	Verticillium dahliae
نيماتودا	*Fusarium culmorum*
	Fusarium oxysporum
	Fusarium solani
	Pythium arrhenomanes
	Rhizoctonia solani
حشرات	*Botrytis cinerea*
	Fusarium oxysporum
	Gnomonia leptostyla
	Macrophomina phaseolina
	Pythium ultimum
	Rhizoctonia solani
	Verticillum dalhiae
	Sclerotinia sclerotiorum
ديدان الأرض	*Aspergillus* spp.
	Fusarium oxysporum

الطرق المستخدمة فى معاملات المكافحة الحيوية

معاملات المكافحة الحيوية عن طريق البذور وأعضاء التخزين المستخدمة فى التكاثر

إن أكثر الكائنات الدقيقة المستعملة في المعاملة البيولوجية للبذور هي ما يلي:

Pseudomonas	*Entrobacter*
Erwinia	*Bacillus*
Trichoderma	*Gliocladium*
Streptomyces	

وتتأثر كفاءة معاملة البذور بالبكتيريا والفطريات المستخدمة في المكافحة الحيوية بعديد من العوامل منها:

١- pH التربة.

٢- تركيز الحديد بالتربة.

٣- حرارة ورطوبة التربة.

٤- شدة تواجد المسبب المرضى فى التربة.

٥- شدة تواجد الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية على سطح البذور.

٦- المعاملات الأخرى التى تعطاها البذور.

هذا .. مع العلم أنه فى كل من الذرة السكرية وبنجر السكر يجب أن يعلق بسطح كل بذرة حوالى ٧,٥ بليون خلية بكتيرية (*Pseudomonas aureofacies* فى حالة الذرة السكرية و *P. putida* فى حالة بنجر السكر) لكى تكون المعاملة فعّالة ضد الفطر *Pythium ultimum* (Callan وآخرون ١٩٩٧).

ويعطى جدول (٩-٥) قائمة بحالات عوملت فيها البذور وأعضاء التخزين من الأبصال والدرنات بكائنات دقيقة بهدف المكافحة الحيوية للكائنات الدقيقة التى تعيش فى التربة.

جدول (٩-٥): أمثلة لحالات عوملت فيها البذور والأبصال والدرنات بكائنات دقيقة بهدف المكافحة الحيوية للمسببات المرضية التي تعيش في التربة (Whipps ١٩٩٧)

العائل	المسبب المرضي أو المرض	الكائن المستخدم في المكافحة الحيوية
		بكتيريا
البرسيم الحجازي	*Phytophthora megasperma* f. *medicaginis*	*Bacillus cereus* UW85
الفاصوليا	*Rhizoctonia solani*	*B. subtilis* AP183
القطن	*Fusarium oxysporum* f. vasinfectum *Rhizoctonia solani*	*B. subtilis* GB03
لفت الزيت	*Rhizoctonia solani*	*B. subtilis* 205
البامية فاصوليا المنج فول الصويا دوار الشمس	*Fusarium* spp. *Macrophomina Phaseoli* *Rhizoctonia solani* (Root rot Complex present in soil)	*Bradyrhizobium japonicum*
الخيار	*Pythium* spp.	*Enterobacter cloacae*
القمح	*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*	*Pseudomonas* spp.
Douglas fir القطن	*Fusarium oxysporum* *Pythium ultimum* *Rhizoctonia solani*	*Pseudomonas* spp.
فاصوليا أدزوكي	*Fusarium oxysporum* f. sp. *azukicola*	*P. aeruginosa* S-7
الطماطم	*Pythium* sp.	*P. aeruginosa* 7NSK2
القمح	*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*	*P. aureofaciens* 30-84 (= *P. chlororaphis* 30-84)
الذرة	*Pythium ultimum*	*P. aureofaciens* AB254 (= *P. fluorescens* AB254)
البسلة	*Aphanomyces euteiches* f. sp. *pisi*	*P. cepacia* AMMD
البسلة	*Pythium* spp.	
فاصوليا أدزوكي	*F. oxysporum* f. sp. *adzukicola*	*P. cepacia* B-17

تابع جدول (٩-٥).

العائل	المسبب المرضي أو المرض	الكائن المستخدم في المكافحة الحيوية
دوار الشمس	*Sclerotinia sclerotiorum*	*P. cepacia* J82rif
دوار الشمس	*Sslerotium rolfsii*	*P. cepacia* N24
الفاصوليا	*Macrophomina phaseolina*	*P. cepocia* UPR5C (= *Burkholderia cepacia* UPR5C)
القمح	*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*	*P. chlororaphis* 30-84
البنجر	*Pyhtium debaryanum*	*P. fluorescens* (+ *Penicillium* spp.)
	P. ultimum	
الخيار	*P. ultimum, Rhizoctonia solani*	*P. fliorescens*
لفت الزيت	*R. solani*	
دّوار الشمس	*Sclerotinia sclertiorum*	
الذرة	*P. ultimum*	*P. fluorescens* AB254
الخيار	*P. ultimum*	*P. fluorescens* Pf-5
البسلة	*Aphanomyces euteiches* f. sp. *pisi*	*P. fluorescens* PRA25
القمح	*G. graminis* var. *tritici*	*P. fluorescens* Q2-87
الحمص	*Pythium* spp.	*P. fluorescens* Q292-80
فاصوليا أدزوكى	*F. oxysporum* f. sp. *adzukicola*	*P. fluorescens* S-2
القمح	*G. graminis* var. *tritici*	*P. fluorescens* 2-79
القمح	*G. graminis* var. *tritici*	*P. fluorescens* 13-79
دوار الشمس	*Sclerotinia sclertiorum*	*P. putida*
الخيار	*Pythium ultimum*	*P. putida* NIR
البسلة		
فول الصويا		
القمح	*Rhizoctonia solani*	*P. putida* R104
البامية	*Fusarium* spp.	*Rhizobium* spp.
فاصوليا المنج	*Macrophomina*	
فول الصويا	*phaseolina*	
دوار الشمس	*Rhizoctonia*	
	solani	
	Root rot complex present in soil	
فاصوليا المنج	*Macrophomina phoseolina*	*Streptomyces* sp.
دوار الشمس		

تابع جدول (٩-٥).

العائل	المسبب المرضى أو المرض	الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية
الطماطم	*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*	*Streptomyces* sp.
	Verticillium albo-atrum	
الفاصوليا	*F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*	
فاصوليا أدزوكى	*F. oxysporum* f. sp. *adzukicola*	*Streptomyces flaveus* Y-1
القنبيط	*Alternaria brassicicola*	*Streptomyces griseoviridis*
الفلفل	Damping-off	
النرجس	*F. oxysporum* f. sp. *narcissi*	
		الفطريات
الشعير	*Bipolaris sorokiniana*	*Gliocladium roseum*
القمح	*Fusarium culmorum*	
الذرة	*Fusarium moniliforme*	
فاصوليا المنج	*Macrophomina phaseolina*	*G. virens*
دوار الشمس		
القطن	*Pythium ultimum*	
القمح	*Fusarium culmorum*	*Idriella bolleyi*
البطاطس	*Rhizoctonia solani*	*Laetisaria arvalis*
النرجس	*F. oxysporumi* f. sp. *narcissi*	*Minimedusa polyspora*
فاصوليا المنج	*Macrophomina phaseolina*	*Paecilomyces lilacinus*
دوار الشمس		
البنجر	*Pythium debaryanum*	*Penicillium* spp. (+ *P.*
	P. ultimum	*fluorescens*)
الحمص	*Pythium* spp.	*Penicillium oxalicum*
بنجر السكر	*Aphanomyces cochlioides*	*Pythium oligandrum*
الحمص	*Pythium* spp.	
الخيار	*Rhizoctomia solani*	*Rhizoctonia* (*binucleate*)
البطاطس		
فاصوليا المنج	*Macrophomina phaseolina*	*Trichoderma harzianum*
دوار الشمس		
الخيار	*Pythium* spp.	
الخيار	*Pythium ultimum*	*T. harzianum* 1295-22

تابع جدول (٩-٥).

الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية	المسبب المرضى أو المرض	العائل
T. viride	*F. oxysporum* f. sp. *sesame*	السمسم
	Rhizoctonia solani	

معاملات المكافحة الحيوية عن طريق العقل والجذور

إن من بين الطرق الناجحة المستخدمة فى المكافحة الحيوية معاملة العقل cuttings (المستخدمة فى التكاثر) والجذور بالكائنات الدقيقة، كما يتضح من الأمثلة المبينة فى جدول (٩-٦).

جدول (٩-٦): أمثلة لحالات عوملت فيها العقل cuttings (المستخدمة فى التكاثر) والجذور بكائنات دقيقة بهدف المكافحة الحيوية للمسببات المرضية التى تعيش فى التربة (عن Whipps ١٩٩٧).

الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية	المسبب المرضى أو المرض	العائل
بكتيريا		
Agrobacterium radiobacter K84, K1026	*Agrobacterium tumefaciens*	الخوخ
Bacillus spp.	*Rhizoctonia solani*	القطن
	Sclerotium rolfsii	
Bacillus subtilis EBW4	Replant disease	التفاح
Pseudomanas sp. WCS417r	*Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*	القرنفل
Pseudomonas spp.	*Rhizoctania solani*	البونسيتة
	Fusarium oxysporum f. sp. *lycopersici*	الطماطم
	F. oxysporum f. sp. *vasinfectum*	القطن
	Sclerotium rolfsii	الفاصوليا
P. cepacia	*Phytophthora cinnamomi*	البرُوطية protea
P. cepacia 5.5B	*Rhizoctonia solani*	البونسيتة
P. putida WCS 358r	*Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*	القرنفل

تابع جدول (٩-٦).

الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية	المسبب المرضى أو المرض	العائل
P. putida WCS 89B-27	*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	الخيار
Serratia marcescens 90-166	*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	الخيار
Streptomyces griseoviridis	*F. oxysporum* f. sp. *dianthi*	القرنفل
فطريات		
Fusarium spp.	*F. oxysporum* f. sp. *cyclaminis*	بخور مريم Cyclamen
Fusarium spp. (non-pathogenic)	*F. oxysporum* f. sp. *rdicis-lycopersici*	الطماطم
F. oxysporum (non-pathogenic)	*F. oxysporum* f. sp. *dianthi*	القرنفل
F. oxysporum f. sp. *dianthi*	*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*	الطماطم
Paecilomyces lilacinus 6.2F	*Rhizoctonia solani*	البوتسيتة
Verticillium chlamydosporium	*Phytophthora capsici*	اللفل

معاملات المكافحة الحيوية عن طريق التربة أو وسط الزراعات

إن من أكثر طرق المعاملة الحيوية استخدامًا معاملة التربة ذاتها أو وسط الزراعة بالكائنات الدقيقة، كما يتضح فى جدول (٩-٧)

جدول (٩-٧): أمثلة لحالات عوملت فيها التربة أو وسط الزراعة بكائنات دقيقة بهدف المكافحة الحيوية للمسببات المرضية التى تعيش فى التربة (عن Whipps ١٩٩٧).

الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية	المسبب المرضى أو المرض	العائل
البكتيريا		
Bacillus cereus UW85	*Phytophthora medicaginis*	البرسيم الحجازى
	Phytophuhora sojae	فول الصويا
B. subtilis	*Fusarium solani* f. sp. *Phaseolina* *Pythium ultimum* *Rhizoctonia solani* — Root rot Complex present in soil	الفاصوليا

تابع جدول (٩-٧).

الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية	المسبب المرضى أو المرض	العائل
B. subtilis spp.	*Phytophthora cactorum*	التفاح
B. subtilis EBW4	Apple replant disease	التفاح
Bradyrhizobium japonicum	*Fusarium* spp., *Macrophomina phaseolina*, *Rhizoctonia solani* — Root rot complex present in soil	فاصوليا المنج، الباميا، فول الصويا، دوار الشمس
Enterobacter agglomerans	*Rhizoctonia solani*	القطن
Enterobacter aerogenes B8	*Phytophthora cactorum*	التفاح
E. cloacae	*Pythium ultimum*	الخس
E. cloacae	*Sclerotinia homoeocarpa*	Creeping bentgrass
Pseudomonas spp.	*Pythium aphanidermatum*	الخيار
	Pythium ultimum	القطن
	Rhizoctonia solani	القطن
Pseudomonas aureofaciens PA147-2	*Phythophthora megasperma*	الأسبرجس
Pseudomonas cepacia	*Phythophthora cinnamomi*	البرُوطية
	Pythium ultimum	الخيار
	Rhizoctonia solani	القطن
	Sclerotium rolfsii	الفاصوليا
P. cepacia 89 G-120	*Rhizoctonia solani*	القطن
Pseudomonas corrugate	*Pythium aphanidermatum*	الخيار
P. corrugate 2140	*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*	القمح
Pseudomonas fluorescens	*Pythium ophanidermatum*	الخيار

تابع جدول (٩-٧).

العائل	المسبب المرضي أو المرض	الكائن المستخدم في المكافحة الحيوية
الخيار	*Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	*P. fluorescens* CHA0
القمح	*G. graninis* var. *tritici*	
الخيار	*Phomopsis sclerotioides*	
الكرسون	*Pythium ultimum*	
التفاح الخيار الذرة القمح	*Phytophthora cactorum*	*B. subtilis* spp.
الذرة	*Rhizoctonia solani*	
التبغ	*Thielaviopsis basicola*	
الخيار	*Pythium aphanidermatum*	*P. fluorescens* CH33
الجكراندا	*Phytophthora cinnamomi*	*P. fluorescens* M24
القرنفل	*Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*	*P. fluorescens* WCS417r
الفجل	*F. oxysporum* f. sp. *raphani*	
القرنفل	*F. oxysporum* f. sp. *dianthi*	*Pseudomonas putida* WCS358
فاصوليا المنج الباميا فول الصويا دوار الشمس	*Fusarium* spp. *Macrophomina* *Phaseolina* *Rhizoctonia solani* } Root rot complex present in soil	*Rhizobium* spp.
الفلفل	Damping-off	*Streptomyces griseovirdis*
		الفطريات
البصل	*Sclerotium cepivorum*	*Choetomium globosum*
بنجر السكر	*Pythium ultimum*	*Chaetomium flobosum* Cg-13

تابع جدول (٩-٧).

العائل	المسبب المرضى أو المرض	الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية
الباذنجان	*Rhizoctonia solani*	*Cladorrhinum foecundissimum*
القلفل		
بنجر السكر		
الجزر	*Sclerotinia sclerotiorum*	*Coniothyrium minitans*
الخس		
دوار الشمس	*Sclerotinia sclerotiorum*	*Coniothyrium minitans* (± *Talaromyces flavus*)
Creeping bentgrass	*Scleratinia homoeocapra*	*Fusarium heterosporum*
التفاح	*Phytophthora cactorum*	*B. subtilis* spp.
الخيار	*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	*Fusarium oxysporum* (non-pathogenic)
القرنفل	*F. oxysporum* f. sp. *dianthi*	
الطماطم	*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*	*F. oxysporum* Fo47 (non-pathogenic)
البسلة	*F. solani*	
الكتان	*F. oxysporum* f. sp. *lini*	(± *Pseudomonas* spp.)
الطماطم	*F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*	(± *Pseudomonas* C7)
القرنفل	*F. oxysporum* f. sp. *dianthi*	(± *Pseudomonas* WCS358)
الطماطم	*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*	*F. oxysporum* MT0062 (non pathogenic)
الباذنجان	*Verticillium dahliae*	
القرنفل	*F. oxysporum* f. sp. *dianthi*	*F. oxysporum* 618-12 (non-pathogenic)
البسلة	*F. solani*	
البطيخ	*F. oxysporum* f. sp. *niveum*	*F. oxysporum* f. sp. *niveum* (non-pathogenic)

تابع جدول (٩-٧).

العائل	المسبب المرضى أو المرض	الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية
القمح	*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*	*Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*
القمح	*G. graminis* var. *tritici*	*G. graminis* var. *graminis* (± *Pseudomonas* spp.)
	Verticillium dahliae	*Gliocladium roseum*
الفاصوليا	*Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*, *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani* } Root rot complex present in soil	*Gliocladium virens*
التفاح	*Phytophthora cactorum*	*G. virens*
التفاح	*Rhizoctonia solani*	
الجزر		
الفاصوليا	*Sclerotium rolfsii*	*G. virens* GL-3
الزينية	*Rhizoctonia solani*	*G. virens* GL-21
الجزر		
الخيار	*Pythium ultimum*	*G. virens* G2
القطن	*Rhizoctonia solani*	*G. virens* G-6
الخس	*Pythium ultimum*	*G. virens* G20(=GL21)
الزينية		
الأناناس	*Phytophthora cinnamomi*	*Glomus* sp.
الهيل (الحبهان)	*Fusarium moniliforme*	*Glomus fasciculatum*
القطيفة	*Pythium ultimum*	*G. intraradices*
القطيفة	*Pythium ultimum*	*G. mosseae*
تنّوب دوجلاس	*Fusarium oxysporum*	*Laccaria bicolor*
القطن	*Rhizoctonia solani*	*Laetisaria arvalis*
الخس		
الفجل		
بنجر السكر		
	Pyrenophora tritici-repentis	*Limonomyces roseipellis*

تابع جدول (٩-٧).

العائل	المسبب المرضي أو المرض	الكائن المستخدم في المكافحة الحيوية
Pinus resinosa	*Fusarium moniliforme* *Fusarium oxysporum*	*Paxillus involutus*
الآزالية البرتقال الحلو	*Phytophthora* spp.	*Penicillium funiculosum*
الطماطم	*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*	*Penicillium oxalicum*
القمح	*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*	*Phialophora* sp.
Cathoranthus roseus	*Phytophthora parasitica*	*Phytophthora parasitica* var. *nicotianae*
الجزر	*Rhizoctonia solani*	*Pythium acanthicum*
الآزالية البرتقال الحلو	*Phytophthora* spp.	*Pythium nunn*
التفاح	*Phytophthora cactorum*	*B. subtilis* spp.
الخيار	*Pythium ultimum*	*Pythium nunn* (± *Trichoderma harzianum* T-95)
الكرسون	*Pythium ultimum*	*Pythium oligandrum*
الفلفل الخيار البطاطس	*Rhizoctonia solani*	*Rhizoctonia* (*binucleate*)
الخس	*Sclerotinia minor*	*Sporidesmium sclerotivorum*
الباذنجان	*Verticillium dahliae*	*Talaromyces flavus*
دوار الشمس	*Sclerotinia sclerotiorum*	*Talaromyces flavus* (± *Coniothyrium minitans*)
الباذنجان	*Verticillium dohliae*	*Talaromyces flavus* Tf-1
البصل	*Sclerotium cepivorum*	*Trichoderma* sp. C62
القمح	*G. graminis* var. *tritici*	*Trichoderma* spp.
التفاح	*Phytophthora cactorum*	
الجربارة	*Phytophthora cryptogea*	

تابع جدول (٩-٧).

العائل	المسبب المرضى أو المرض		الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية
الخيار	*Pythium ultimum*		
الخس	*Rhizoctonia solani*		
القجل	*Rhizoctonia solani*		*Trichoderma hamatum*
	Fusarium graminearum		*Trichoderma harianum*
	Glomerella glycines		
	Macrophomina phaseolina		
الخس	*Pythium ultimum*		*Trichoderma hariamum*
الطماطم	*F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*		*T. harzianum* MTR 35
	Sclerotinia sclerotiorum		*T. harzianum* ThzIDI
الخيار	*Pythium ultimum*		*T. harzionum* T-95 (± *Pythium nunn*)
الطماطم	*Sclerotium rolfsii*		*Trichoderma koningii*
	Sclerotinia sclerotiorum		
	Typhula ishikariensis	Both pathogens present	*Typhula phacorrhiza*
	Typhula incarnata		
البطاطس	*Rhizoctonia solani*		*Verticillium biguttatum*

صلاحية مختلف كائنات المكافحة الحيوية لمختلف طرق المعاملة

يتبين من جدول (٩-٥)، و (٩-٦)، و (٩-٧) عددًا من الأمور، كما يلى:

١- تعد البكتيريا *Pseudomonas* spp. أكثر الأنواع البكتيرية انتشارًا أيًا كانت طريقة استعمالها.

٢- يتكرر كذلك ذكر عزلات من كل من *Bacillus* spp.، و *Entrobacter* spp.، و *Streptomyces* spp. ولكن بدرجة أقل، كما لم تنجح المعاملة بـ *Entrobacter* spp. - مباشرة - للجذور أو العقل.

٣- ذُكر عدد آخر كبير من الأنواع البكتيرية، ولكن بصورة غير متكررة.

٤- تُعدُّ معاملة البذور أفضل طريقة للمعاملة بالبكتيريا، بينما تعد معاملة التربة، وبيئة الزراعة، والجذور، والعقل أفضل طريقة للمعاملة بالفطريات.

٥- تُعد أكثر الفطريات نجاحًا: *Gliocladium* spp.، و *Trichoderma* spp. وهما اللذان تعامل بهما البذور والتربة وبيئات الزراعة.

٦- كثيرًا ما استعملت عزلات الفيوزاريم غير المرضة في معاملة التربة وبيئات الزراعة والجذور والعقل، ولكن لا تعامل بها البذور.

٧- كذلك ينجح استعمال أنواع من جنس الميكوريزا *Glomus* حيث تُعامل به التربة أو بيئات الزراعة (Whipps ١٩٩٧).

التحضيرات المستخدمة في المكافحة الحيوية للأمراض

إن التحضيرات التجارية المستخدمة في المكافحة الحيوية للأمراض كثيرة ومتنوعة، ولقد أسلفنا الإشارة إلى عديد من تلك التحضيرات خلال استعراضنا للكائنات المستخدمة في المكافحة الحيوية في هذا الفصل. ونقدم في جدول (٩-٨) بيانًا بالمنتجات التجارية المستخدمة في المكافحة الحيوية والتي تحتوى على بكتيريا من الجنس *Bacillus*، وخاصة *B. subtilis*. وجدير بالذكر أن المنتج التجارى كودياك Kodiak الذى يحتوى على البكتيريا *B. subitils* يستخدم في نحو ٦٠٪-٧٥٪ من مساحة القطن في الولايات المتحدة (إحصائيات ١٩٩٧)، للوقاية من الإصابة بكل من الفيوزاريم والرايزكتونيا (Zehnder وآخرون ٢٠٠١).

جدول (٩-٨): أمثلة لبعض المنتجات التجارية المستخدمة فى المكافحة الحيوية وتحتوى على البكتيريا *Bacillus* spp. (عن Schisler وآخرين ٢٠٠٤).

المنتج التجارى	الشركة المنتجة	محتواه من *Bacillus*	الصورة التى يتوفر عليها	المستهدف بالمكافحة
Serenade	AgraQuest, Davis, CA	*B. subtilis* QST ٧١٣	مسحوق قابل للبلل ومعلق مائى	فطريات وبكتيريا على عديد من الخضر والفاكهة
EcoGuard	Novozymes, Salem VA	*B. licheniformis* SB٣٠٨٦	معلق مركز	*Sclerotinia homoeocarpa* على المسطحات الخضراء
Kodiak	Gustafson, Plano, TX	*B. subyilis* GB٠٣	مسحوق قابل للبلل مركز، ومعلق مركز	فطريات على القطن والبقول ذات البذور الكبيرة وفول الصويا
Yield Shield	Gustafson	*B. punillus* GB٢٤	مسحوق قابل للبلل مركز	فطريات على فول الصويا
Bio Yield	Gustafson	*B. amyloliquefaciens* GB٩٩ + *B. subtilis* GB١٢٢	قشور جافة	فطريات على النباتات المكثرة خضريًا بالعقل فى المشاتل
Subtilex	Beker Underwood. Ames, IA	*B. subtilis* MB١٦٠٠	مسحوق قابل للبل مركز	فطريات على القطن والبقول ذات البذور الكبيرة وفول الصويا
Hi Stick L + Subtilex	Beker Underwood	*B. Subtilis* MB١٦٠٠ + Rhizobium	معلق مركز	فطريات على فول الصويا والفول السودانى

ومن بين المنتجات التجارية الأخرى المستخدمة فى المكافحة الحيوية ما يلى (عن Ristaino & Thomas ١٩٩٧):

الكائن الدقيق والمنتج التجارى	المحصول والمسبب المرضى المستهدف -
Agrobacterium radiobacter: GallTrol-A	التأثل التاجى الذى تسببه البكتيريا *A. tumefaciens* بأشجار الفاكهة والفجل وبشتلات نباتات الزينة
Bacillus subtilis MBI600: Epic-Gus 376 Concentrate Biological Fungicide	معاملة بذور الذرة والقطن والخضر البقولية والفول السودانى وفول الصويا والقمح والشعير لأجل مكافحة كل من الفطريات *Rhizoctonia solani*، و *Fusarium* spp.، و *Alternaria* spp.، و *Aspergillus* spp.
Candida oleophila I-182: Aspire	مكافحة كلا من *Botrytis* spp.، و *Penicillium* spp. بثمار الحمضيات والتفاحيات
Gliocladium virens GL-21: Soil Gard	مكافحة الـ *Pythium*، و *Rhizoctonia* فى مخاليط الزراعات المحمية اللاأرضية، كما يفيد كذلك فى مكافحة *Selerotium rolfsii* تحت ظروف الحقل.
Myrothecium verrucaria: DiTerra	مكافحة النيماتودا بمختلف أجناسها (*Meloidogyne*، و *Heterodera*، و *Globodera*، و *Protylenchus*، و *Tylenchulus semipenetrans*، و Xiplinema وغيرهما) فى جميع المحاصيل الحقلية والبستانية
Pseudomonas fluorescens EG-1053 Dagger	مكافحة البثيم والرايزكتونيا فى القطن
Pseudomonas fluorescens NCIB 12089 Victus	مكافحة التلطخ البكتيرى فى عيش الغراب الذى تسببه البكتيريا *Pseudomonas tolaasii*، وذلك بمعاملة الكمبوست بمراقد الزراعة.
Burkholderi (*Pseudomonas*) *cepaci type* Wisconsin: Deny (Blue Cirde: سابقاً) SM PcpWi	مكافحة الرايزكتونيا والبثيم والفيوزاريم ونيماتودا التقرح والحلزونية spiral، والرمحية Lance فى البرسيم الحجازى والفاصوليا ولفت الزيت والجزر والثوم والصليبيات والذرة والقطن والحبوب والخس والكنتالوب والبطاطس والكوسة وبنجر السكر ودوار الشمس والذرة الرفيعة وفول الصويا والطماطم.
Pseudomonas syringoe: ECC-10. ESC-11 Bio-Save 10 Bio-Save 11	مكافحة *Pencillium expansum*، و *P. italicum*، و *P. digitatum*، و *Botrytis cinerea*، و *Mucor pyriformis*، و *Geotrichum candidum* بالتفاح والليمون الحلو والجريب فورت والكمثرى والبرتقال أثناء التخزين.

الكائن الدقيق والمنتج التجارى	المحصول والمسبب المرضى المستهدف
Streptomyces griseoviridis K61: Mycostap	مكافحة الفطريات *Fusarium*، و *Alternaria*، و *Botrytis*، و *Phomopsis*، و *Pythium*، و *Pytophthora* فى المحاصيل الحقلية والخضر ونباتات الزينة تحت ظروف الحقل والزراعات المحمية.
Trichoderma harzianum T-22 (KRL-AG2): Rootshield Biotrek (F-Stop: سابقًا)	لمكافحة الفطريات *Pythium*، و *Rhizoctonia solani*، و *Fusarium*، و *Sclerotinia homoeocarpa* فى الفاصوليا والكرنب والذرة والقطن والخيار ونباتات الزينة فى الزراعات المحمية، والفول السودانى والبطاطس والذرة الرفيعة وفول الصويا وبنجر السكر والطماطم والمسطحات الخضراء.

ويتوفر الفطر *Trichoderma harzianum* فى المنتج التجارى Tricodex على صورة مسحوق قابل للبلل، ويستخدم فى مكافحة الفطر *Botrytis cinerea* فى الفراولة.

كذلك نقدم فى جدول (٩-٩) قائمة مفصلة ببعض المنتجات التجارية المتاحة للاستعمال فى المكافحة الحيوية للأمراض الفطرية والنيماتودية.

نوعيات المقاومة المستحثة بيولوجيًا

إن المقاومة الجهازية المستحثة فى النباتات يمكن أن تحدث بفعل عوامل حيوية أو غير حيوية، ومن أهم المستحثات الحيوية المسببات المرضية المحدثة للتحلل necrotizing pathogens، والكائنات الدقيقة غير المرضة non-pathogens، وبكتيريا المحيط الجذرى التى تستعمر الجذور.

فعند الإصابة بالفطريات التى تؤدى إلى موت وتحلل الخلايا فى موضع الإصابة (الإصابة بالـ necrotizing pathogens) تطور كثير من النباتات مقاومة ضد مجال واسع من المسببات المرضية فى أجزاء أخرى منها لم تتعرض أصلاً للإصابة. يعتمد هذا النوع من المقاومة على تراكم حامض السليسلك، ويعرف باسم المقاومة الجهازية المكتسبة systemic acquired resistance.

جدول (٩-٩): بعض المنتجات التجارية المتاحة للاستعمال فى المكافحة الحيوية للأمراض الفطرية والنيماتودية (عن Navi & Bandyopadhyay ٢٠٠٢).

المبيد الفطرى الحيوى	الكائن الدقيق	المرض أو المسبب المرضى المستهدف	المحصول	طبيعة المبيد	طريقة المعاملة
AQ١٠	*Ampelomcyes quisqualis isolate* M-١٠	البياض الدقيقى	التفاح – القرعيات – العنب – نباتات الزينة – الفراولة – الطماطم	حيوى	الرش
Bio-Fungus (formerly Anti-Fungus)	*Trichoderma* spp.	*Sclerotinia, Phytophthora, Rhizoctonia solani, Pythium* spp., *Fusarium, Verticillium*	الزهور – الفراولة – الأشجار – الخضر	حيوى	يضاف للتربة بعد تبخيرها رشًا على السطح أو حقنًا فيها
Aspire	*Candida oleophila* I-١٨٢	*Botrytis* spp, *Penicillum* spp.	الموالح – التفاحيات	حيوى	معاملات بعد الحصاد للثمار بالغمر أو الرش
Binab T	*Trichodema horzianum* (ATCC ٢٠١٧٦) and *Trichoderma polysporum* (ATCC ٢٠١٧٥)	فطريات ممرضة تسبب الذبول وأعفان الجذور	الزهور – الفاكهة – نباتات الزينة – الخضر	حيوى	الرش – الخلط مع بيئة الزراعة – الخلط مع الماء ودهان جروح الأشجار
Biofox C	*Fusarium oxysporum* (غير ممرض)	*Fusariun oxysporum, Fusarium moniliforme*	الريحان – القرنفل – بخور مريم – الطماطم	دقيقى	معاملة البذور أو الخلط بالتربة
Contans	*Coniothyrium minitans*	*Sclerotinia sclerotiorum* and *Sclerotinia minor*	لفت الزيت – دوار الشمس – الفول السودانى – الخضر (الخس – الفاصوليا – الطماطم)	حيوى	الرش

تابع جدول (٩-٩).

المبيد الفطرى الحيوى	الكائن الدقيق	المرض أو المسبب المرضى المستهدف	المحصول	طبيعة المبيد	طريقة المعاملة
Fusaclean	غير (*Fusarium oxysporum* (معرض	*Fusarium oxysporum*	الأسبرجس – الريحان – بخور مريم – الجربارة – الطماطم	جرائيم (حبيبات دقيقة)	بالتنقيط للصوف الصخرى – الخلط مع بيئة الزراعة – معاملة خطوط الزراعة
Koni	*Coniothyrium minitans*	*Sclerotinia sclerotiorum* and *S. minor*	الخيار – الطماطم – الفلفل – الخس – الزهور ونباتات الزينة فى البيوت المحمية	حبيبى	الخلط مع بيئة الزراعة أو التربة
Paecil (also known as Bioact)	*Paecilomyces lilacinus*	عدة أنواع نيماتودية	الوز – الطماطم – قصب السكر – الأناناس – الموالح – القمح – البطاطس، وغيرهم.	جرائيم جافة	رى الشتلات أو التربة
Polyversum (formerly Polygandron)	*Pythium oligandrum*	*Pythium* spp., *Fusarium* spp., *Botrytis* spp., *Phytopluhora* spp., *Aphanomyces* spp., *Alternaria* spp., *Tilletia caries*, *Pseudocercosporella herpotrichoides*, *Gaeumannomyces graminis*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium cepivorum*	الخضروات والفاكهة والحبوب ولفت الزيت ونباتات الزينة	مسحوق قابل للبلل	رى التربة أو رش النموات الخضرية

تابع جدول (٩-٩).

المبيد الفطرى الحيوى	الكائن الدقيق	المرض أو المسبب المرضى المستهدف	المحصول	طبيعة المبيد	طريقة المعاملة
Primastop	*Gliocladium catenulatum*	*Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Botrytis* spp., *Didymella* ssp.	نباتات البيوت المحمية	مسحوق قابل للبلل	رى التربة أو خلطه بها
Protus WG	*Talaromyces flavus*, *isolate V١١٨*	*Verticillium dahliae*, *Verticillium albo-atrum*, and *Rhizoctonia solani*	الطماطم – الخيار – الفراولة – لفت الزيت.	جراثيم أكية على صورة مسحوق	معاملة التربة أو البذور أو غمس الجذور
Root Pro	*Trichoderma harzianum*	*Rhizoctonia solani*, *Pythium* spp., *Fusarium* spp., and *Sclerotium rolfsii*	الخضر والزهور	جراثيم فطرية مخلوطة مع البيت ومادة عضوية	الخلط مع بيئة الزراعة قبل الزراعة أو الشتل
RootShield T-٢٢G, T-٢٢ Planter Box (also sold as Bio-Trek)	*Trichoderma harzianum* Rifai strain KRL-AG٢ (T-٢٢)	*Pythium* spp., *Rhizoctonia soloni*, *Fusarium* spp., and *Sclerotinia homeocarpa*	شتلات الأشجار والشجيرات – نباتات الزينة – الخضر – المحاصيل الحقلية – المسطحات الخضراء – الزراعات المحمية	حبيبى أو مسحوق	الإضافة لخط الزراعة – الخلط مع التربة أو بيئة الزراعة – النثر على المسطحات الخضراء – الخلط بالبذور – الإضافة للتربة مع الماء
Rotstop, P.g. Suspension	*Phlebia gigantea*	*Heterobasidion annosum*	الأشجار	جراثيم فى مسحوق خامل	الرش

تابع جدول (٩-٩).

المبيد الفطري الحيوي	الكائن الدقيق	المرض أو المسبب المرضي المستهدف	المحصول	طبيعة المبيد	طريقة المعاملة
SoilGard (formerly GlioGard)	*Gliocladium virens* GL-٢١	فطريات الذبول الطرى وأعفان الجذور خاصة *Rhizoctonia solani*، و *Pythium* spp.	نباتات الزينة – محاصيل الحقل – الزراعات المحمية – المشاتل	حبيبى	الإضافة للتربة أو بيئة الزراعة قبل وضع البذور
Supresivit	*Trichoderma harzianum*	عدة فطريات			
Trieco	*Trichoderma viride*	*Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp., *Fusarium* spp. أعفان الجذور والبادرات – عفن الرقبة – العفن الأحمر – الذبول الطرى – ذبول فيوزاريم	الخضر – الفاكهة – نباتات الزينة ونباتات المشروبات والتوابل – المحاصيل الحقلية	مسحوق	معاملة البذور أو الدرنات أو الشتلات بالغمس أو بالنثر على سطح التربة أو مع ماء الرى
Trichodex	*Trichoderma harzianum*	*Botrytis cinerea*, *Collectotrichum* spp., *Fulvia fulva*, *Monilinia laxa*, *Plasmopara viticola*, *Pseudoperonospora cubensis*, *Rhizopus stolonifer*, *Sclerotinia sclerotiorum*	الخضر – الفاكهة – المحاصيل الحقلية	مسحوق قابل للبلل	الرش

تابع جدول (٩–٩).

المبيد الفطرى الحيوى	الكائن الدقيق	المرض أو المسبب المرضى المستهدف	المحصول	طبيعة المبيد	طريقة المعاملة
Trichopel, Trichoject, Trichodowels, Trichoseal	*Trichoderma harzianum* and *T. viride*	*Armillaria, Botryosphaeria, Chondrosternum, Fusarium, Nectria, Phytophthora, Pythium, Rhizoctonia*			
Trichoderma ٢٠٠٠ (formerly "TY")	*Trichoderma* sp.	*Rhizoctonia solani, Sclerotium rolfsii, Pythium* spp., *Fusarium* spp.	المشاتل – المحاصيل الحقلية		يضاف للتربة أو بيئات الزراعة

ويعرف نوع آخر من المقاومة الجهازية المستحثة فى النباتات يحدث عند عدواها بسلالات معينة من بكتيريا المحيط الجذرى غير المرضة والمحفزة للنمو النباتى nonpathogenic rhizobacteria، يعرف باسم المقاومة الجهازية المستحثة induced systemic resistance. وهذا النوع الأخير من المقاومة الجهازية لا يتطلب لحدوثه حامض السلسيلك، ولكنه يعتمد على استجابات لكل من الهرمونين النباتيين: حامض الجاسمونك والإثيلين.

وتختلف المقاومة المستحثة المحلية localized induced resistance عن تلك المستحثة الجهازية systemic induced resistance فى أن الأولى تبقى فيها المقاومة المستحثة محدودة فى موقع الإصابة كما فى حالة فرط الحساسية ضد فيرس موزايك التبغ فى التبغ، حيث يُعبَّر عن المقاومة المحلية المكتسبة فى حلقة من الخلايا تحيط بالبقعة التى يحدث فيها تفاعل فرط الحساسية. ويعد حامض السلسيلك ضروريًّا لحث المقاومة المحلية، كما هو ضرورى لحث المقاومة الجهازية (Hammerschmidt وآخرون ٢٠٠١).

وتستحث بعض سلالات بكتيريا المحيط الجذرى تطوير مقاومة جهازية فى النباتات تعرف باسم rhizobacteria-mediated induced systemic resistance (اختصارًا: ISR) مماثلة لتلك التى تستحثها المسببات المرضية والتى تعرف باسم pathogen-induced systemic acquired resistance (اختصارًا: SAR).

وقد وجد أن كلا من الـ ISR والـ SAR يعملان مستقلين عن بعضهما البعض؛ الأمر الذى يمكن الاستفادة منه فى زيادة مستوى المقاومة النباتية ومداها (Pieterse وآخرون ٢٠٠١).

إن المقاومة الجهازية المستحثة لا تُخلق من العدم، فالنباتات تكون لديها القدرة على تطوير تلك المقاومة، ولكنها لا تظهر إلا عندما تُستحث على ذلك بمركب كيميائى، أو بكائن دقيق غير ممرض، أو بسلالة غير ممرضة من مسبب مرضى، أو بسلالة ممرضة من مسبب مرضى ولكن فى وجود تفاعل غير متوافق مع العائل، أو حتى بسلالة ممرضة

من مسبب مرضى وفى وجود تفاعل متوافق مع العائل ولكن عند توفر ظروف بيئية غير مناسبة لتطور المرض.

لكن لا يشترط أن تكون المقاومة المستحثة جهازية، فهى قد تكون كذلك موضعية، والفرق بينهما أن الأخيرة تنقصها إشارة نقل المقاومة فى صورة جهازية (Van Loon وآخرون ١٩٩٨).

الكائنات المحدثة للمقاومة الجهازية المستحثة بيولوجيًا

إن مستحثات المقاومة الجهازية فى النباتات تتباين كثيرًا من الفيروسات إلى آكلات الأعشاب، مرورًا بعديد من الأنواع الفطرية البكتيرية، وخاصة بكتيريا المحيط الجذرى. ولقد أسلفنا الإشارة إلى عشرات الأنواع من الكائنات الدقيقة الفطرية والبكتيرية المستخدمة فى المكافحة الحيوية، وجلها يستحث تطوير مقاومة جهازية فى النباتات.

ويعطى جدول (٩-١٠) قائمة بأمثلة لكائنات دقيقة أحدثت المعاملة بها حماية أو مقاومة جهازية مستحثة ضد مسببات مرضية معينة تعيش فى التربة.

وتشكل بكتيريا المحيط الجذرى أحد أهم فئات الكائنات الدقيقة الحاثة لتطوير تكوين المقاومة الجهازية فى النباتات، ويعطى جدول (٩-١١) عديدًا من الأمثلة على ذلك.

جدول (٩-١٠): أمثلة لكائنات دقيقة أحدثت المعاملة بها حماية أو مقاومة جهازية مستحثة ضد مسببات مرضية معينة تعيش فى التربة (عن Whipps ١٩٩٧).

النبات	الميكروب المعامل به	المسبب المرضى المقاوم	الحالات التى تأكدت فيها المقاومة الجهازية المستحثة
القرنفل	Non-or-less-pathogenic *Fusarium oxysporum*	*Fusarium oxysporum* f. sp. dianthi	—
	Pseudomonas sp. WCS٤١٧r	*F. oxysporum* f. sp. *dianthi*	✓
الحمص	Non-pathogenic *Fusarium oxysporum*	*Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*	✓
الخيار	*Colletotrichum orbiculare*	*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	✓
	Non-pathogenic *fusarium oxysporum*	*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	✓
	F. oxysporum f. sp. *niveum*	*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	✓
	Pseudomonas spp.	*Pythium aphanidermatum*	✓
	Pseudomonas putida ٨٨B-٢٧	*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	✓
	Serratia marcescens ٩٠-١١٦	*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	✓
	Tabacco necrosis virus	*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	✓
الباذنجان	Non-pathogenic *Fusarium oxysporum* MT-٠٦٢	*Verticillium dahliae*	—
الفناع	*Verticillium nigrescens*	*V. dahliae*	—
البسلة	Non-pathogenic *Fusarium oxysporum*	*Fusarium solani*	—
الفجل	*Pseudomonas* sp. WCS٣٧٤	*F. oxysporum* f. sp. *raphani*	✓
	Pseudomonas sp. WCS٤١٧r	*F. oxysporum* f. sp. *raphani*	✓
البطاطا	Non-pathogenic *F. oxysporum*	*F. oxysporum* f. sp. *batatas*	✓
الطماطم	Avirulent *Fusarium* spp.	*F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*	—
	Avirulent *Verticillium albo-atrum*	*Verticillium dahliae*	—
	F. oxysporum f. sp. *dianthi*	*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*	✓
	Non-pathogenic *F. oxysporum* MT-٠٦٢	*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*	—
البطيخ	Avirulent *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	*F. oxysporum* f. sp. *niveum*	—
	Avirulent *F. oxysporum* f. sp. *Niveum*	*F. oxysporum* f. sp. *niveum*	—
	Helminthosporium carbonum	*F. oxysporum*	—

جدول (٩-١١): بعض أنواع سلالات بكتيريا المحيط الجذرى والأمراض والمسببات المرضية التى أحدثت مقاومة جهازية ضدها فى أنواع نباتية معنية (عن Van Loon وآخرين ١٩٩٨).

النوع المحصولى	السلالة والنوع البكتيرى	المسبب المرضى أو الآفة المقاومة	المرض المقاوم
Arabidopsis	*Pseudomonas fluorescens* WCS٤١٧	*Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani*	Vascular wilt
		Pseudomonas syringae pv. *tomato*	Bacterial speck
		Peronospora parasitica	Downy mildew
	Pseudomonas putida WCS٣٥٨	*Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani*	Vascular wilt
		Pseudomonas syringae pv. *tomato*	Bacterial speck
الفاصوليا	*Pseudomonas aeruginosa* ٧NSK٢	*Botrytis cinerea*	Gray mold
		Colletotrichum lindemuthianum	Anthracnose
القرنفل	*Pseudomonas fluorescens* S١٧	*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*	Halo blight
الخيار	*Pseudomonas fluorescens* WCS٤١٧	*Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*	Vascular wilt
	Pseudomonas aureofaciens ٣٠-٣٣	*Colletotrichum orbiculare*	Anthracnose
	Pseudomonas aureofaciens ٩-١٨	*Colletotrichum orbiculore*	Anthracnose
	Pseudomonas aureofaciens ٥-٣٦	*Colletotrichum orbiculare*	Anthracnose
	Pseudomonas corrugate ١٣	*Pythium aphanidermatum*	Crown rot
	Pseudomonas fluorescens C١٥	*Pythium aphanidermatum*	Crown rot
	Pseudomonos fluorescens G٨-٤	*Colletotrichum orbiculare*	Anthracnose
	Pseudomonas putida ١٢-٢٤	*Colletotrichum orbiculare*	Anthracnose
	Pseudamonas putida ٨٩B-٢٧	*Acalymna vittatum*	Herbivory
	Pseudomonas putida ٨٩B-٢٧	*Colletotrichum orbiculare*	Anthracnose
	Pseudomonas putida ٨٩B-٢٧	Cucumber mosaic virus	Systemic mosaic
	Pseudomonas putida ٨٩B ٢٧	*Diabrotica undecimpunctata*	Herbivory
	Erwinia tracheiphila		Bacterial wilt

تابع جدول (٩-١١).

النوع المحصول	السلالة والنوع البكتيري	المسبب المرضي أو الآفة المقاومة	المرض المقاوم
	Pseudomonas putida ٨٩B-٢٧	*Fusarium oxysporum* f. sp. *lachrymans*	Angular leaf spot
	Pseudomonas putida ٨٩B-٢٧	*Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerium*	Vascular wilt
	Serratia marcescens ٩٠-١١١	*Acalymna vittatum*	Herbivory
	Serratia marcescens ٩٠-١١١	*Colletotrichum orbiculare*	Anthracnose
	Serratia marcescens ٩٠-١١١	Cucumber mosaic virus	Systemic mosaic
	Serratia marcescens ٩٠-١١١	*Diabrotica undecimpunctata*	Herbivory
	Serratia marcescens ٩٠-١١١	*Erwinia tracheiphila*	Bacterial wilt
	Serratia marcescens ٩٠-١١١	*Fusarium oxysporum* f. sp. *lachrymans*	Angular leaf spot
	Serratia marcescens ٩٠-١١١	*Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerium*	Vascular wilt
	Serratia plymuthica ٢-٦٧	*Colletotrichum orbiculare*	Anthracnose
الفجل	*Pseudomonas fluorescens* WCSr٧٤	*Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani*	Vascular wilt
	Pseudomonas fluorescens WCS٤١٧	*Alternaria brassicicola*	Necrotic lesions
	Pseudomonas fluorescens WCS٤١٧	*Fusarium oxysporum*	Necrotic lesions
	Pseudomonas fluorescens WCS٤١٧	*Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani*	Vascular wilt
	Pseudomonas fluorescens WCS٤١٧	*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*	Necrotic lesions
التبغ	*Pseudomonas fluorescens* vNSK٢	Tobacco mosaic virus	Necrotic lesions
	Pseudomonas fluorescens CHAO	*Thielaviopsis basicola*	Black root rot
	Pseudomonas fluorescens CHAO	Tobacco mosaic virus	Necrotic lesions
	Serratia marcescens ٩٠-١١١	*Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*	Wildfire
الطماطم	*Pseudomonas fluorescens* WCS٤١٧	*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*	Vascular wilt
	Pseudomonas putida ٨٩B-٢٧	Cucumber mosaic virus	Systemic mosaic
	Serratia marcescens ٩٠-١١١	Cucumber mosaic virus	Systemic mosaic