التجهيز الجيد لحقل الزراعة

تؤدى الحراثة الجيدة وقلب المخلفات النباتية فى التربة إلى سرعة التخلص من مصدر الغذاء الذى يمكن أن يعتمد عليه المسبب المرضى فى غياب العائل، كما يعرضه للمنافسة القوية من كائنات التربة الأخرى.

كذلك يفيد تمزيق ودفن بقايا النباتات فى التربة فى زيادة فاعلية الدورة الزراعية وسرعة التخلص من المسببات المرضية التى قد توجد فيها. كذلك يساعد دفن البقايا النباتية فى تقليل فرصة وصول المسببات المرضية إلى المحاصيل التالية فى الدورة. أما تمزيق البقايا النباتية فإنه يساعد فى سرعة تحلل كلاً من المادة العضوية والمسببات المرضية المتواجدة فيها. فمثلاً.. يمكن للبكتيريا المسببة للعفن الأسود فى الصليبيات أن تعيش على البقايا النباتية – غير المقطعة – فى التربة لمدة عام، ولكن تمزيق تلك البقايا يقلل مدة بقاءها إلى أقل من شهرين (عن Isakeit & Philley ٢٠٠٧).

هذا.. وتشتد الإصابة بعفن الجذور الفيوزارى الذى يسببه الفطر *Fusarium solani* – عادة – فى الأراضى المندمجة compact؛ ولذا .. فإن التجهيز الجيد لحقل الزراعة وتفكيك التربة يفيد فى تجنب الإصابة الشديدة بهذا المرض. وكمثال على ذلك فإن تقليل انضغاط التربة بالحراثة الجيدة يعمل على خفض إصابة الفاصوليا بعفن الجذور الفيوزارى الذى يسببه الفطر *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* (Harveson وآخرون ٢٠٠٥). وبينما يؤدى تفكيك التربة إلى سهولة النمو الجذرى فيها. فإن المجموع الجذرى الضعيف لا يمكنه النمو فى الأراضى المندمجة. وفى المقابل.. وجد أن سلالات البسلة ذات المجموع الجذرى القوى تميزت بالقدرة الأكبر على النمو فى تلك الأراضى وفى وجود الفطر *F. solani* (Kraft & Boge ٢٠٠١).

قلب الأسمدة الخضراء والمخلفات النباتية والحيوانية والكمبوست فى التربة

إن تكاثر البكتيريا التى تتواجد طبيعيًا فى التربة الزراعية وتزايد أعدادها يُسهم فى تثبيط الإصابات المرضية بها؛ الأمر الذى يحدث عند قلب مخلفات زراعية فيها،

وليس أدل على ذلك من أن إضافة المضادات الحيوية البكتيرية إلى التربة يقلل أو يلغى تقريبًا عملية التثبيط المرضى التى تصاحب قلب المخلفات الزراعية فى التربة (Kasuya وآخرون ٢٠٠٦).

الأسمدة الخضراء

الأسمدة الخضراء green manure crops هى المحاصيل التى تزرع وتقلب فى التربة فى مرحلة مبكرة من نموها؛ لغرض زيادة نسبة المادة العضوية فى التربة. وأغلب المحاصيل التى تستعمل كأسمدة خضراء هى من النباتات البقولية، إلا أن بعضها من النباتات النجيلية والكرنبية وغيرها من الأنواع النباتية.

لقد أدت معاملة التربة بالأسمدة الخضراء لسنتين أو ثلاث سنوات متتالية إلى مكافحة ذبول فيرتسيليم – الذى يسببه الفطر *V. dahliae* – فى البطاطس، مع إحداث زيادة فى محصول الدرنات فى السنة الأولى لزراعتها بعد المعاملة بالأسمدة الخضراء، لكن المحصول انخفض فى السنة التالية. ولقد أحدثت الأسمدة الخضراء تأثيرات جوهرية إيجابية على النشاط الميكروبى تناسبت عكسيًّا مع شدة الإصابة بذبول فيرتسيليم (Davis وآخرون ٢٠١٠).

إضافات الأسمدة الحيوانية

إن إضافة الأسمدة العضوية الحيوانية الكاملة التحلل – والخالية من مسببات الأمراض – إلى التربة تؤدى إلى تثبيط نشاط وتكاثر مختلف مسببات الأمراض التى تعيش فى التربة؛ ويرجع ذلك إلى التحول المفاجئ الذى يحدث فى أعداد ونوعيات مختلف الكائنات الدقيقة فى التربة لدى إضافة السماد العضوى الحيوانى إليها؛ ذلك لأن هذه الأسمدة تحتوى على أعداد هائلة من هذه الكائنات، فضلاً عما توفره من طاقة لنمو وتكاثر هذه الكائنات والكائنات المماثلة الموجودة أصلاً فى التربة. ويكون لنشاط هذه الكائنات الدقيقة – وما تفرزه خلال نشاطها من مضادات حيوية – تأثيرات سلبية كبيرة على نشاط مسببات الأمراض فى التربة.

تتوفر أدلة عديدة على أن التسميد العضوى الجيد يمكن أن يؤدى إلى مقاومة عديد من المسببات المرضية، منها:

Aphanomyces spp.	*Fusarium* spp.
Macrophomina phaseolina	*Pyrenochaeta omnivorum*
Phytophthora spp.	*Pyrenochaeta lycopersici*
Rhizoctonia solani	*Sclerotinia* spp.
Sclerotium spp.	*Streptomyces* spp.
Thielaviopsis basicola	*Verticillium* spp.

وفى بعض الأحيان يُنشِّط السماد العضوى إنبات التراكيب الساكنة مثل الأجسام الحجرية sclerotia والجراثيم الكلاميدية chlamydospores والجراثيم البيضية oospores، ولكنها لا يمكنها منافسة النشاط الميكروبى الرمِّى، كما قد لا يتوفر لها العائل المناسب فتموت. وفضلاً عن ذلك فإن النشاط الحيوى القوى الذى يوفره السماد العضوى يمكن أن يمنع إنبات الجراثيم أو يؤدى إلى تحللها وموتها المباشر، ويُسهم فى هذا الأمر كلاً من *Pseudomonas* spp.، و *Streptomyces* spp.، والبروتوزوا protozoa (Whipps ١٩٩٧).

كما تُنشِّط الأسمدة العضوية نُموّ الكائنات المترممة فى التربة، التى تثبط – بدورها – نمو الكائنات المرضة للنباتات. وعلى سبيل المثال.. وجد Asirifi وآخرون (١٩٩٤) أن تسميد حقول الخس بأى من سماد الماشية أو زرق الدواجن (سماد الكتكوت) ثبط نمو الفطر *Sclerotinia sclerotiorum* مسبب مرض عفن اسكليروتنيا الطرى.

إضافات الكمبوست للتربة

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

ولقد أمكن عمل ٤٩٣ عزلة (٢٤٥ من البكتيريا، و٧٣ من الأكتينوميسيتات، و١٧٥ 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 مضادًّا 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 (Rag & Kapoor ١٩٩٧).

كذلك أدت إضافة الكمبوست إلى الأراضى الزراعية إلى تثبيط بعض الأمراض التى تظهر طبيعيًّا 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 المرض (Lievens وآخرون ٢٠٠١).

وفى دراسة مماثلة .. أدت إضافة السلالة ٣٨٢ 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 جوهريًّا 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 أنه 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 michiganensis* subsp. *michiganensis*، حيث كان استعمار البكتيريا للطماطم النامية فى الكمبوست صفر٪ – ٢٠٪، مقارنة بنسبة استعمار بلغت ٥٣٪–٩٠٪ فى حالة الزراعة فى البيت موس، و٣٠٪–٩٠٪ عندما كانت الزراعة فى البرليت. وقد تبين أن البكتيريا الممرضة 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).

وأدت إضافة الكمبوست إلى التربة إلى تثبيط نشاط فطريات الذبول الطرى *Pythium aphanidermatum*، و*P. irregulare*، و*P. myriotylum*، وذلك عندما كانت إضافتها بمعدل ٨٠ كجم من كمبوست الأوراق أو ٤٠ كجم من كمبوست مخلفات المجارى/م^{٣} من التربة (Ben-Yephet & Nelson ١٩٩٩).

وأكدت عدة دراسات قدرة الكمبوست على تثبيط عديد من المسببات المرضية التى تعيش فى التربة وتسبب تساقط البادرات وأعفان الجذور (مثل: *Pythium ultimum*، و*Rhizoctonia solani*، و *Phytophthora* sp.) والذبول (مثل: *Fusarium oxysoprum*، و *Verticillium dahilae*). وكانت نتائج تلك الدراسات أكثر وضوحًا وثباتًا فى الزراعات اللاأرضية منها تحت ظروف الحقل. هذا.. وتزداد كفاءة الكمبوست فى المكافحة بزيادة معدل

إضافته، مع إضافة الكمبوست بما لا يقل عن ٢٠٪ بالحجم لتحقيق نتائج ثابتة فى مكافحة الأمراض، وخاصة فى بيئات البيت موس، وأقل من ذلك فى التربة. ويؤدى تعقيم الكمبوست – عادة – إلى فقده لخاصية تثبيط الأمراض؛ بما يعنى أن تأثيره – غالبًا – بيولوجى، على الرغم من أن له تأثيرات أخرى فيزيائية وكيميائية. وقد وجد أن تلقيح الكمبوست بكائنات المكافحة الحيوية يُحسِّن من كفاءته فى مكافحة الأمراض (Noble & Coventry ٢٠٠٥).

لطالما استخدمت إضافات الكمبوست للتربة فى توفير درجة من المكافحة للمسببات المرضية التى تعيش فيها. وتتأثر كفاءة الكمبوست فى هذا الشأن بكل من تركيب المادة العضوية التى يُجهز منها الكمبوست، وعملية الكمر ذاتها، ومدى ثبات ونضج الكمبوست، ومدى غناه بالمغذيات النباتية الميسرة، والكميات المستعملة منه (De Ceuster & Hoitink ١٩٩٩).

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 جدًّا 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.

ولقد أمكن زيادة قدرة الكمبوست على تثبيط الأمراض، وذلك بتخصيبه أو تلقيحه بكائنات دقيقة ذات قدرة على تثبيط أمراض معينة، أو بتخصيبها بإضافات أخرى.

يُعرف هذا الكمبوست المعدل أو المحسن باسم الكمبوست "المَفصَّل" tailored compost، وقد شاع استخدامه كبديل لعديد من المبيدات الفطرية والنيماتودية.

ومن أمثلة الأمراض التى أمكن مكافحتها باستخدام الكمبوست المفصَّل، ما يلى:

١- عفن جذور بثيم.

٢- عفن جذور فيتوفثورا فى الفلفل.

٣- لفحة الساق الرمادية (ashy) وعفن الجذور فى الفاصوليا واللوبيا.

٤- النيماتودا (USEPA ١٩٩٧).

زراعة المحاصيل الشراكية والصائدة والحاجزة

المحاصيل الشراكية والصائدة

تعرف المحاصيل الشراكية باسم Decoy Crops، وهى ليست من عوائل مسببات الأمراض التى تستعمل فى مكافحتها، ولكنها تزرع بهدف تنشيط إنبات ونمو الأطوار الساكنة من مسببات الأمراض التى تعيش فى التربة – فى غياب عوائلها المناسبة – الأمر الذى يؤدى إلى سرعة موتها والتخلص منها.

أما المحاصيل الصائدة Trap Crops فهى نباتات شديدة القابلية للإصابة بالآفات أو مسببات الأمراض التى تُستخدم تلك النباتات فى مكافحتها. ويستفاد من هذه النباتات فى المكافحة بزراعتها ثم قلبها فى التربة – أو حصادها – بعد إصابتها، ولكن قبل أن تتكاثر عليها المسببات المرضية وتكمل دورة حياتها؛ حيث يؤدى ذلك إلى خفض تواجد تلك المسببات المرضية فى التربة.

إن زراعة محصول صائد محبب للآفات الخطيرة فى منطقة الإنتاج يجعل من الممكن الحد من استخدام المبيدات فى المكافحة؛ نظرًا لأن الآفة ستجد غذاءها فى حافة الحقل، ولا تكون بحاجة لبذل مزيدٍ من الجهد للانتقال إلى الأجزاء الأخرى من الحقل. ومع عدم استخدام المبيدات مع المحصول المزروع تتم المحافظة على الأعداد الطبيعية للآفات